

**36**

## DERA Rohstoffinformationen



**Rohstoffrisikobewertung – Kobalt**

## Impressum

Editor: Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)  
Wilhelmstraße 25–30  
13593 Berlin  
Tel.: +49 30 36993 226  
dera@bgr.de  
www.deutsche-rohstoffagentur.de

Autor: Siyamend Al Barazi  
Unter Mitarbeit von: Torsten Brandenburg, Thomas Kuhn,  
Michael Schmidt, Sebastian Vetter

Datenstand: Februar 2018

Titelbilder: © BGR  
© malp-Fotolia.com

Zitierhinweis: AL BARAZI, S. (2018): Rohstoffrisikobewertung – Kobalt. –  
DERA Rohstoffinformationen 36: 120 S.; Berlin.

ISBN: 978-3-943566-48-2 (Druckversion)  
ISBN: 978-3-943566-49-9 (PDF)  
ISSN: 2193-5319

Berlin, 2018





## **DERA Rohstoffinformationen**

### Rohstoffrisikobewertung – Kobalt



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>8</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>9</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Rohstoff Kobalt</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Einführung</b>	13
<b>1.2 Gewinnung und Verarbeitung von Kobalt</b>	15
1.2.1 Gewinnung aus Primärquellen	16
1.2.2 Aufbereitung kobalthaltiger Erze	20
<b>1.3 Transparenz in der Lieferkette</b>	25
<b>1.4 Verwendung</b>	26
<b>2 Risikobewertung</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Datenbasis</b>	32
<b>2.2 Preisentwicklung und -risiken</b>	32
<b>2.3 Angebot</b>	36
2.3.1 Bergwerksförderung Kobalt	36
2.3.2 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Bergwerksförderung	40
2.3.3 Produktionskosten der Bergwerksförderung	43
2.3.4 Firmenkonzentration der Bergwerksförderung	43
2.3.5 Raffinadeproduktion	45
2.3.6 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Raffinadeproduktion	49
2.3.7 Firmenkonzentration der Raffinadeproduktion	51
2.3.8 Recycling	53
<b>2.4 Lagerhaltung</b>	57
<b>2.5 Nachfrage</b>	58
<b>2.6 Derzeitige Marktdeckung</b>	59
<b>2.7 Handel</b>	61
2.7.1 Nettoexporte	62
2.7.2 Importe Deutschlands	67
<b>2.8 Angebots- und Nachfrageentwicklung</b>	71
2.8.1 Vorräte	71
2.8.2 Zukünftiges Angebot	74
2.8.2.1 Wichtige Produzenten und neue Bergbauprojekte nach Ländern	75
2.8.2.2 Recycling	87
2.8.3 Zukünftige Nachfrage	87
2.8.3.1 Zukünftige Nachfrage wichtiger Anwendungsgebiete	89

2.8.4	Zukünftige Marktdeckung	95
2.8.4.1	Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko des zukünftigen Angebots aus dem Bergbau	97
<b>3</b>	<b>Fazit</b>	<b>99</b>
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>105</b>
	Indikatoren und Risikobewertung für Kobalt	106
	Glossar	114
	Internationaler Handel	116

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	„Central NW“ Tagebau der Kupfer-Kobalt-Lagerstätte Mutanda (Mutanda Mining Sarl/Glencore Plc.), DR Kongo.	14
Abb. 2:	Vereinfachte Wertschöpfungskette von Kobalt.	15
Abb. 3:	Artisanal- und Kleinbergbau auf der Mutoshi-Konzession von Chemaf SARL (links) und auf der ZEA Kasulo in Kolwezi in der DR Kongo.	17
Abb. 4:	Vereinfachte Wertschöpfungskette für Kobalt-Kupfer-Erze und -Konzentrate aus dem Artisanal- und Kleinbergbau und dem industriellen Bergbau in der DR Kongo.	18
Abb. 5:	Sogenannte „Depots“ (Handelsposten) für Kobalt-Kupfererz-Konzentrate aus ASM.	18
Abb. 6:	Handelsposten auf der ZEA Kasulo in Kolwezi für Ankauf, Sortierung, Beprobung und Verladung von Kobalterz aus ASM.	19
Abb. 7:	Handelsposten auf der Konzession Mutoshi für Ankauf, Registrierung, Homogenisierung, Beprobung, Analyse und Verladung des angelieferten Kobalt-(Kupfer)-Erzes aus ASM Abbau.	19
Abb. 8:	Flussdiagramm für die Aufbereitung von Kobalt-Kupfer-Erzen der Lagerstätte Tenke Fungurume, DR Kongo.	22
Abb. 9:	Flussdiagramm für die Aufbereitung von sulfidischen Kobalt-Kupfer-Erzen in der DR Kongo und Sambia.	23
Abb. 10:	Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung lateritischer Erze.	24
Abb. 11:	Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung sulfidischer kobaltführender Nickelerze im Elektroofen (electric furnace) bzw. mittels Schwebeschmelzen (flash smelting).	24
Abb. 12:	Kobaltnachfrage nach Anwendungsbereichen im Jahr 2017.	26
Abb. 13:	Kobaltnachfrage in wiederaufladbaren Batterien im Jahr 2016.	27
Abb. 14:	Anteile der genutzten Kathodenmaterialien in LIB im Jahr 2015.	28
Abb. 15:	Produktpalette von AlNiCo-Magneten.	30
Abb. 16:	Preisentwicklung von Kobalterz und -konzentrat (6–8 % Co CIF, US\$/t Co-Inh.) für den Zeitraum Juni 2011 bis Mai 2018.	33
Abb. 17:	Nominale und reale Preisentwicklung der Monatsdurchschnittspreise für Kobaltmetall (High grade, min. 99,8 %, free market, in warehouse) in US\$/t von 1968 bis 2018.	34
Abb. 18:	Kobaltpreise (min. 99,8 % Co) unterschiedlicher Anbieter normiert auf den LME-Kobaltpreis (min. 99,8 %, cash, in LME warehouse) von März 2015 bis Mai 2018.	34
Abb. 19:	Kobaltpreisentwicklung von März 2015 bis Mai 2018 für Kobaltmetall (min. 99,8 % Co, unterschiedliche Anbieter) im Vergleich zur Entwicklung des Kobaltsulfatpreises (Cobalt Sulfate 20,5 % min, del. China, umgerechnet auf 99,8 Co-Inh.).	35
Abb. 20:	Historische Jahresvolatilität für die Monatsdurchschnittspreise von Kobaltmetall (High grade, min. 99,8 %, MB free market, in warehouse) für den Zeitraum 1968–2018.	36
Abb. 21:	Entwicklung der Bergwerksförderung von Kobalt zwischen 1967 und 2017.	37
Abb. 22:	Jährliches Wachstum der Bergwerksförderung von Kobalt im Vergleich zum Nominalpreis von Kobalt für den Zeitraum 1967–2017.	38
Abb. 23:	Entwicklung der Bergwerksförderung von Kobalt der Länder DR Kongo und Russland im Vergleich zur übrigen Welt zwischen 1967 und 2017.	39
Abb. 24:	Entwicklung der Länderkonzentration (HHI) und des gewichteten Länderrisikos (GLR) der Bergwerksförderung von Kobalt.	40

Abb. 25:	Länder mit einer Bergwerksförderung von Kobalt im Jahr 2017 und deren Länderrisiko für das Jahr 2016.	41
Abb. 26:	Grenzkostenverteilung („Cash-Cost-Verteilung“) wichtiger Produzenten für 73.600 t Co-Inh. auf Basis von Preisdaten und Umrechnungskursen aus dem Jahr 2016.	42
Abb. 27:	Entwicklung der Raffinadeproduktion von Kobalt zwischen 1967 und 2017.	46
Abb. 28:	Jährliches Wachstum der Raffinadeproduktion von Kobalt im Vergleich zum Nominalpreis von Kobalt für den Zeitraum 1967–2017.	47
Abb. 29:	Entwicklung der Raffinadeproduktion von Kobalt der Länder China, Belgien, kumuliert Finnland, Kanada und Norwegen im Vergleich zu der übrigen Welt zwischen 1967 und 2017.	48
Abb. 30:	Entwicklung der Länderkonzentration (HHI) und des gewichteten Länderrisikos (GLR) der Raffinadeproduktion von Kobalt.	49
Abb. 31:	Länder mit einer Raffinadeproduktion von Kobalt im Jahr 2017 und deren Länderrisiko für das Jahr 2016.	50
Abb. 32:	Schematische Übersicht möglicher Verfahrenswege des Recyclings von LIB.	54
Abb. 33:	Entwicklung der globalen Kobaltnachfrage 2001–2017.	58
Abb. 34:	Entwicklung der Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt zwischen 2001–2017 im Verhältnis zum Kobaltpreis.	59
Abb. 35:	Entwicklung von Angebot (Raffinadekobalt) und Nachfrage sowie der Marktdeckung.	60
Abb. 36:	Nettoexporte von kobalthaltigen Erzen und Konzentraten 2016.	62
Abb. 37:	Importe von kobalthaltigen Erzen und Konzentraten aus der DR Kongo für den Zeitraum 1998–2016.	63
Abb. 38:	Nettoexporte von Kobaltoxiden und -hydroxiden (HS-Position 2822.00) für das Jahr 2016.	64
Abb. 39:	Nettoexporte von Kobaltchlorid (HS-Position 2827.39.xx) für das Jahr 2016.	64
Abb. 40:	Nettoexporte von kobalthaltigen Waren der HS-Position 8105.20 für das Jahr 2016.	65
Abb. 41:	Vergleich der chinesischen Importe für Produkte der HS-Position 8105.20 für den Zeitraum 1990–2016.	66
Abb. 42:	Nettoexporte von kobalthaltigen Abfällen und Schrotten (HS-Position 8105.30) für das Jahr 2016.	66
Abb. 43:	Gewichtetes Länderrisiko und Diversifizierung der globalen Nettoexporte im Vergleich zur Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt.	67
Abb. 44:	Herkunft der deutschen Importe von Kobaltoxiden und -hydroxiden (HS-Position 2822.00) im Jahr 2016.	68
Abb. 45:	Herkunft der deutschen Importe von Kobaltchlorid (HS-Position 2827.39.30) im Jahr 2016.	69
Abb. 46:	Herkunft der deutschen Importe von Produkten der HS-Position 8105.20 im Jahr 2016.	70
Abb. 47:	Herkunft der deutschen Importe von Kobaltabfällen und -schrotten (HS-Position 8105.30) im Jahr 2016.	70
Abb. 48:	Gewichtetes Länderrisiko und Diversifizierung der deutschen Importe im Vergleich zur Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt.	71
Abb. 49:	Verteilung der globalen Kobaltreserven.	72
Abb. 50:	Manganknollen aus dem deutschen Lizenzgebiet für die Exploration auf Manganknollen im Nordost-Pazifik (oben), Manganknollenfeld in 4.200 m Wassertiefe im Nordost-Pazifik (unten links) und Eisen-Mangankruste vom Louisville-Rücken nordöstlich von Neuseeland.	73



Abb. 51:	Erwartete Entwicklung der Kobaltförderung in Australien bis 2026	77
Abb. 52:	Aufbereitungsanlage Mutanda Mining Sarl.	79
Abb. 53:	Aufbereitungsanlage zur Herstellung von Kobalthydroxid bei Tenke Fungurume Mining Sarl.	80
Abb. 54:	„Lubumbashi Slag Hill“ bei Lubumbashi.	81
Abb. 55:	Vorbereitende Arbeiten im Erdbau zur Errichtung der Aufbereitungsanlage auf der Konzession Mutoshi.	82
Abb. 56:	Prognostizierte Nachfrageentwicklung 2018–2026.	88
Abb. 57:	Kobaltnachfrage nach Anwendungsbereichen im Jahr 2017.	89
Abb. 58:	Möglicher Markthochlauf der Elektromobilität.	90
Abb. 59:	Erwartete Entwicklung der Marktanteile verschiedener Zellchemien bis 2026.	91
Abb. 60:	Erwartete Entwicklung der Kobaltnachfrage durch die E-Mobilität bis 2026	92
Abb. 61:	Zellchemien entscheiden maßgeblich über die zukünftige Kobaltnachfrage aus dem Bereich der E-Mobilität.	93
Abb. 62:	Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Kobalt bis 2026.	96
Abb. 63:	Veränderung der Länderkonzentration und des Länderrisikos der Bergwerksförderung bis 2026.	97
Abb. 64:	Internationale Handelswege 2016 (Nettoexporte Kobalterze und Konzentrate (HS 2605.00)) (GTIS 2018).	116
Abb. 65:	Internationale Handelswege 2016 (Nettoexporte Kobaltmatte und andere Zwischenprodukte (HS 8105.20)) (GTIS 2018).	117

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Physikochemische Eigenschaften von Kobalt.	13
Tab. 2:	Wichtige kobaltführende Minerale.	13
Tab. 3:	Kobalthaltige Erztypen und deren charakteristische Art der Förderung und Aufbereitung.	21
Tab. 4:	Initiativen in der nachgelagerten Kobalt-Lieferkette.	25
Tab. 5:	Zusammensetzung des aktiven Kathodenmaterials bei LIB.	28
Tab. 6:	Marken und Hersteller für LME-Kobalt.	32
Tab. 7:	Bergwerksförderung von Kobalt.	37
Tab. 8:	Jährliche Wachstumsraten der Bergwerksförderung von Kobalt für ausgewählte Zeitintervalle ab 1967.	38
Tab. 9:	Anteil der wichtigsten Unternehmen an der Bergwerksförderung von Kobalt.	43
Tab. 10:	Raffinadeproduktion von Kobalt.	45
Tab. 11:	Jährliche Wachstumsraten der Raffinadeproduktion von Kobalt für ausgewählte Zeitintervalle ab 1967.	47
Tab. 12:	Anteil der wichtigsten Unternehmen an der Raffinadeproduktion von Kobalt.	51
Tab. 13:	Übersicht zu Verfahren und Kapazitäten von Recyclingunternehmen für LIB und weitere Batterien.	55
Tab. 14:	Forschungsvorhaben entlang der Wertschöpfungskette von LIBs.	56
Tab. 15:	Warengruppen nach dem Harmonized System (HS) der Weltzollorganisation (WCO 2016) für Kobalt und Kobaltprodukte.	61
Tab. 16:	Importe Deutschlands von kobalthaltigen Waren in Tonnen für das Jahr 2016.	68
Tab. 17:	Übersicht über bestehende Kobaltproduzenten und mögliche Bergbauprojekte bis 2026 in Australien.	76
Tab. 18:	Übersicht über wichtige bestehende Kobaltproduzenten und mögliche industrielle Bergbauprojekte bis 2026 in der DR Kongo.	79
Tab. 19:	Übersicht über bestehende Kobaltproduzenten und mögliche Bergbauprojekte bis 2026 in Kanada.	84
Tab. 20:	Prognostizierte Nachfrageentwicklung für den Zeitraum 2018–2026.	88
Tab. 21:	Prognostizierte Nachfrageentwicklung für LIB für weitere Anwendungen für den Zeitraum 2018–2026.	94
Tab. 22:	Prognostizierte Nachfrageentwicklung für NiMH-/NiCd-Batterien für den Zeitraum 2018–2026.	94
Tab. 23:	Prognostizierte Nachfrageentwicklung für Magnete für den Zeitraum 2018–2026.	94
Tab. 24:	Marktdeckung 2026 unter Verwendung der Nachfrageszenarien BASE und DRIVE.	97

## Zusammenfassung

Die Rohstoffrisikoberichte der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) haben das Ziel, deutsche Unternehmen dabei zu unterstützen, potenzielle Preis- und Lieferrisiken auf den Rohstoffmärkten frühzeitig zu erkennen, um gegebenenfalls geeignete Ausweichstrategien in der Beschaffung zu entwickeln. In der vorliegenden Studie werden die aktuelle Versorgungslage sowie Risiken der zukünftigen Versorgung mit Kobalt für den Zeitraum bis einschließlich **2026** detailliert betrachtet.

Die Kobaltnachfrage wird sich in den kommenden Jahren hochdynamisch entwickeln. Wir gehen davon aus, dass sich der Gesamtbedarf nach Kobalt, je nach Szenario, von heute knapp 110.000 t auf 187.500 t bis 225.360 t im Jahr 2026 mehr als verdoppeln wird. Größter Wachstumstreiber der Nachfrage sind vor allem wiederaufladbare Batterien, in denen Kobalt als Kathodenmaterial eingesetzt wird. Das größte Wachstum entfällt mit Abstand auf Anwendungen in der E-Mobilität, aber auch die Speicherung regenerativer Energien sowie mobile Applikationen wirken sich steigernd auf die zukünftige Nachfrage aus. Dies stellt eine große Herausforderung in die Bereitstellung neuer Kobalteinheiten dar – sowohl im Up- als auch im Downstream-Bereich.

Ein unübersehbarer Vorboten dieser neuen Konstellation im Kobaltmarkt ist die jüngste Preisentwicklung: Seit Ende 2016 hat sich der Preis für Kobalt mehr als verdreifacht und stieg kurzfristig auf knapp 97.000 US\$/t an. Die historische Preisentwicklung zeigt, dass Kobalt eine hohe Volatilität aufweist und es auch in der Vergangenheit zu kurzfristigen Preispeaks kam.

Wenngleich der stark gestiegene Kobaltpreis die Abnehmer belastet, werden dadurch notwendige Investitionsentscheidungen zum Ausbau neuer Kapazitäten beschleunigt. Entsprechend sind wir optimistisch, dass es der Bergbauindustrie durch die Erschließung neuer Projekte und die Erweiterung bestehender Anlagen gelingen wird, die stark steigende Kobaltnachfrage zu bedienen. Insgesamt könnte sich das Kobaltangebot im Jahr 2026 auf rund 224.740 t erhöhen. Dieses optimistische Szenario unterstellt, dass fast alle Projekte mit den heute angekündigten Kapazitäten auch in Produktion gehen. Mit Blick auf die Vergangenheit zeigt sich jedoch, dass meist nicht alle Projekte pünktlich und in vollem Umfang die Produktion aufnehmen. Diese Annahme greifen wir durch eine Reduzierung der erwarteten Bergwerksförderung 2026 um 15 % auf, womit dem Markt ein Kobaltangebot von lediglich rund 192.930 t zur Verfügung steht. Die Deckung von Kobaltbedarfen jenseits 250.000 t im Jahr 2026, wie derzeit von einigen Analysten angenommen, ist unserer Meinung nach nicht realisierbar.

Temporäre Angebotsdefizite aufgrund von Verzögerungen in der Inbetriebnahme der neuen Projekte können zudem zu erheblichen Problemen in der Versorgung (Upstream) führen. Insgesamt wären Ausfälle von Produktionskapazitäten aufgrund von bspw. Streiks, Unruhen, politischer Einflussnahme, Naturereignissen etc. in dem sehr engen Gesamtmarkt derzeit kaum zu kompensieren.

Der weltweite Kobaltmarkt ist insbesondere durch eine hohe Angebotskonzentration bei der Bergwerksförderung als auch bei der Weiterverarbeitung von kobalthaltigen Erzen und Zwischenprodukten gekennzeichnet. Aus der DR Kongo stammen bereits heute mehr als 60 % der Bergwerksförderung – der Anteil wird 2026 auf über 70 % steigen. Mit dieser weiterhin steigenden Angebotskonzentration verbunden mit hohen Länderrisiken der Bergwerksförderung bleiben die Beschaffungsrisiken insgesamt in einem sehr kritischen Bereich.

Ein Großteil der neuen Kobalteinheiten aus der DR Kongo stammt aus industriellem Bergbau. Die stark gestiegenen Kobaltpreise haben jedoch auch zu einem Zustrom von Arbeitskräften in den Artisanal- und Kleinbergbau (ASM) geführt. Der ASM wird auch zukünftig einen substanziellen Beitrag zur Gesamtförderung beitragen. Zu groß ist die wirtschaftliche Bedeutung des Kleinbergbaus für die lokale Bevölkerung. Entsprechend wichtig ist die Etablierung anerkannter und durch alle beteiligten Gruppen akzeptierter

Standards für einen verantwortungsvollen Bezug von Kobalt, um gemeinsam mit den lokalen Behörden und Unternehmen vor Ort die Arbeitsbedingungen zu verbessern.

Neben der hohen Angebotskonzentration im Bereich der Bergwerksförderung hat China in der Weiterverarbeitung mittlerweile eine marktbeherrschende Position aufgebaut. China kontrolliert heute bereits mehr als 60 % der globalen Raffinadeproduktion. Signifikante Produktionskapazitäten außerhalb Chinas bestehen zwar in Finnland, Belgien, Kanada, Russland, Japan, Norwegen und Australien, jedoch überwiegend für Kobaltmetall. Aktuelle Entwicklungen deuten darauf hin, dass China seine Produktionskapazitäten weiter ausbauen wird. Dies gilt insbesondere für Kobaltchemikalien. Hier ist der Marktanteil von China mit 81 % sogar noch größer.

Vor allem asiatische Zell- und Batterieproduzenten versuchen sich durch Übernahmen, Joint Ventures und langfristige Abnahmeverträge die Kobaltversorgung zu sichern. Ein Beispiel für eine Übernahme im Bereich der Bergwerksförderung war im Jahr 2015 die Akquisition der Lagerstätte Tenke Fungurume durch China Molybdenum Co. Ltd. im Wert von 2,65 Mrd. US\$. Für Aufsehen hat auch der publik gewordene Liefervertrag zwischen GEM und Glencore gesorgt. Nach übereinstimmenden Medienberichten hat sich GEM bis 2020 Lieferungen von insgesamt rund 53.000 t Kobalt gesichert. Daneben wurde ein Joint Venture zwischen Huayou Cobalt und LG Chem zur Lieferung von Vorläufer- und Kathodenmaterial bekannt. Diese bekannten Vereinbarungen zeigen, dass sich die asiatischen Produzenten im Bereich der Kobaltsicherung strategisch positionieren, um sich in dem expandierenden Markt zu behaupten.

Prognosen zu zukünftigen Angebotsmengen sind mit einem Unsicherheitsfaktor behaftet, weshalb die dargestellten Szenarien zur zukünftigen Marktdeckung nur als Marktbarometer zu verstehen sind. Verlässliche Aussagen über das Jahr 2026 hinaus sind aufgrund zahlreicher Unwägbarkeiten bei der Quantifizierung von Explorationsfortschritten oder von Technologieentwicklungen auf der Anwenderseite nicht sinnvoll. Zusätzlich gilt es anzumerken, dass es trotz Angebotsüberschüssen bei einzelnen Produktqualitäten durchaus zu Lieferengpässen kommen kann.

Die Rückgewinnung von Kobalt durch das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien wird heute bereits durchgeführt; entsprechende großtechnische Prozesse stehen zur Verfügung. Bei einem Markthochlauf der E-Mobilität werden, unter Berücksichtigung der potenziellen Lebensdauer der Batterien, das Recycling und die Wiederverwertung in Zukunft eine wichtige Komponente im Rohstoffkreislauf darstellen. Jedoch wird vor dem Jahr 2030 kein signifikanter Beitrag des Recyclings von LIB-Zellen aus der E-Mobilität für die Rohstoffversorgung erwartet. Ein geschlossener Kreislauf sollte dennoch oberstes Ziel sein.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse sollten deutsche Unternehmen, die Kobalt verarbeiten oder in ihren Produkten einsetzen, den Markt intensiv beobachten und geeignete Ausweichstrategien wie etwa langfristige Lieferverträge oder Projektbeteiligungen gegen eventuelle Lieferengpässe und starke Preissteigerungen entwickeln.

## Executive Summary

The availability of mineral raw materials and their secure and sustainable supply is essential for the German economy. As a major industrialised nation, Germany is a leading consumer of cobalt and cobalt-containing products. With no domestic mine production, the country is entirely reliant on imports of cobalt raw materials and cobalt-containing products as well as on cobalt recycling.

The commodity risk analysis reports published by the German Mineral Resources Agency (DERA, as part of the German Federal Institute for Geosciences and Resources (BGR)) have the principal goal to increase market transparency. Directed at German companies they aim to help identify potential price and supply risks and assist with mitigation and supply strategies for mineral raw materials.

This report was prepared as part of DERA Rohstoffinformationen and presents a comprehensive review of the cobalt market, the status quo and potential future supply up until **2026**.

The cobalt market has been very volatile in the last two years due to the industry's high expectations for the application of rechargeable batteries, particularly for e-mobility. In addition, renewable energy storage and portable applications will play an increasingly important role in this context. Due to its specific characteristics, cobalt will continue to be an indispensable key component in the coming years in lithium-ion based batteries. That is why the market expects very high annual growth rates in demand in the near future. We assume, depending on our two scenarios, that total global cobalt demand will more than double by 2026 from currently 110,000 t to 187,500 t or 225,360 t, respectively. This implies a major challenge to the market to provide additional cobalt units, both upstream and downstream.

An obvious harbinger of this new constellation in the cobalt market is the price development: Cobalt prices have tripled since the end of 2016 and peaked at 97,000 US\$/t in March 2018. Cobalt's historic price development shows that there have already been major price fluctuations and short-term price peaks in the past.

Even though the temporarily sharp increase in prices had a negative impact on customers, it accelerated necessary investment decisions to expand new production capacity. Accordingly, we are optimistic that the mining industry is able to provide additional cobalt units by developing new projects and expanding existing operations. Overall, cobalt supply could increase to about 224,740 t in 2026, assuming that all projects will commence production at full capacity. The past has shown however that this is highly unlikely in the mining industry. Therefore, we reduced the anticipated mine production by 15 % to 192,930 t. Currently, we do not believe that the market can supply over 250,000 t of cobalt per annum by 2026.

Delays in the commissioning of new mining projects due to strikes, unrest, political influence, natural events, etc. could lead to significant supply problems in the future and could hardly be compensated.

Forecast scenarios of future supply volumes are uncertain and subject to a number of variables and should be interpreted with caution. This is why the scenarios presented are only to be understood as market indicators. Reliable statements beyond 2026 are not useful due to many uncertainties. These include for example the quantification of advances in exploration technology or new industrial applications for cobalt. In addition, we should also note that despite possible primary supply surpluses, production bottlenecks in the downstream sector may lead to shortages of certain product specifications.

Global cobalt mine supply is dominated by the DRC. In 2017 the country was already responsible for over 60 % of global mine supply. We forecast that this figure will rise to over 70 % in 2026. Procurement risks remain critical, due to the increasing country concentration for primary cobalt production in combination with geopolitical risks of the country.

Additional DRC supply growth will mainly come from conventional industrial mining operations. However, artisanal and small-scale mining (ASM) of cobalt has long been established in the DRC and represents

an essential livelihood for large parts of the population in the Haut-Katanga and Lualaba provinces. Both industrial and artisanal and small-scale mining will remain relevant to meet global cobalt demand. Accordingly, the establishment of internationally recognized and accepted standards for a responsible sourcing of cobalt from ASM is essential to improve working conditions in this sector.

China is the dominant supplier of primary refined cobalt. It is controlling more than 60 % of global refined cobalt production. The market share for refined cobalt chemicals is even higher with about 80 %. Production capacities outside China exist in Finland, Belgium, Canada, Russia, Japan, Norway and Australia but predominately for cobalt metal.

Particularly cell and battery producers in Asia are securing their cobalt supply through takeovers, joint ventures and long-term offtake agreements. For example, China Molybdenum Co. Ltd. finalized their acquisition of Freeport-McMoRan's 56 % share of Tenke Fungurume for US\$ 2,65 billion in 2015. GEM secured an offtake agreement of 53,000 t of cobalt hydroxide between 2018 and 2020 and LG Chem and Huayou Cobalt agreed to establish two joint ventures to produce precursors and cathodes from 2020 onwards. This shows the strategic positioning of Asian companies to secure their long term cobalt supply.

The supply of cobalt from secondary sources plays an important role. Recycling of lithium-ion batteries is possible, and corresponding large-scale processes are available. If the e-mobility market develops as predicted, and if we take the batteries' potential life expectancy into account, then recycling of battery cells will play an important role in the raw material cycle. However, we do not expect a significant contribution of secondary cobalt from electric vehicle battery recycling until 2030. A closed loop should be the main goal.

Based on these findings, mitigation strategies such as long-term offtake agreements, project participation and a diverse supply chain for cobalt or cobalt compounds are recommended in order to help minimize exposure to supply shortages and price hikes and ensure a secure and sustainable supply of cobalt to the German industry.

## 1 Rohstoff Kobalt

### 1.1 Einführung

Kobalt (Co) ist ein Übergangsmetall mit der Ordnungszahl 27. Es steht im Periodensystem der Elemente in der achten Nebengruppe zwischen Eisen und Nickel. In seiner elementaren Form ist Kobalt ein glänzendes silbergraues Metall, das sich insbesondere durch Härte, Festigkeit und Zähigkeit auszeichnet. Die physikochemischen Eigenschaften von Kobalt sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Der durchschnittliche Kobaltgehalt der Erdkruste beträgt 25 ppm. Damit steht Kobalt an 33. Stelle in der Häufigkeitsreihe der chemischen Elemente in der Erdkruste und ist damit halb so häufig wie Kupfer oder ein Drittel so häufig wie Nickel. Kobalt ist geochemisch eng mit Nickel verwandt, beide Metalle treten häufig gemeinsam auf. Die wichtigsten Kobaltminerale für die bergbauliche Gewinnung sind Sulfide, Arsenide und Oxide sowie Hydroxide (Tab. 2).

Tab. 1: Physikochemische Eigenschaften von Kobalt.

Kobalt	
Ordnungszahl	27
Atomgewicht	58,93u
Dichte (20 °C)	8,85 g/cm <sup>3</sup>
Härte (nach Mohs)	5–5,5
Schmelzpunkt	1.495 °C (1.768 K)
Siedepunkt	2.927 °C (3.200 K)
Spezifische Wärmekapazität	420 J/(kg · K)
Natürliche stabile Isotope [1]	<sup>59</sup> Co
Elektronenkonfiguration	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>
Oxidationsstufen in binären Verbindungen	+II, +III
Ionenradius	82 pm (+II); 64 pm (+III)
Elektronegativität (Pauling-Skala)	1,88
Elektrische Leitfähigkeit	17,2 · 10 <sup>6</sup> S/m
Thermische Leitfähigkeit	100 W/(m · K)

Tab. 2: Wichtige kobaltführende Minerale (Datenquelle: BGR 2007, BGS 2009, Roskill 2017).

Mineral	Alter deutscher Mineralname	Formel	Co-Gehalt (M.-%)
<b>Sulfide</b>			
Linneit/Carrollit	Kobaltkies	Co <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	58
Siegenit	–	(Co,Ni) <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	28
–	Kobaltnickelkies	(Co,Ni,Fe) <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	27–42
Cattierit	Kobaltpyrit	(Co,Fe)S <sub>2</sub>	48
Bravoit	Nickelpyrit	(Ni,Fe,Co)S <sub>2</sub>	48
Cobaltin	Kobaltglanz	CoAsS	36
<b>Arsenide</b>			
Safflorit	–	CoAs <sub>2</sub>	28
Skutterudit	Speiskobalt	CoAs <sub>3</sub>	21
Skutterudit-Reihe	–		
<b>Arsenate</b>			
Erythrin	Kobaltblüte	Co <sub>3</sub> [AsO <sub>4</sub> ] · 8H <sub>2</sub> O	< 29,5
<b>Oxide und Hydroxide</b>			
Heterogenit	–	CoO · H <sub>2</sub> O	40–60
Asbolan	Erdkobalt	(Co,Ni)O x MnO <sub>2</sub> · nH <sub>2</sub> O	4–35
<b>Karbonate</b>			
Sphärokobaltit	Kobaltspat	CoCO <sub>3</sub>	50

Obwohl Kobalt weitverbreitet in vielen unterschiedlichen Gesteinen vorkommt, beschränkt sich die wirtschaftliche Gewinnung nur auf bestimmte Gesteinsarten, in denen Kobalt durch natürliche geologische Prozesse angereichert wurde. Von Wichtigkeit für die Kobaltförderung und Kobaltreserven und -ressourcen sind die nachfolgend aufgeführten Lagerstättentypen:

Der gegenwärtig wirtschaftlich bei weitem wichtigste Lagerstättentyp für die Kobaltgewinnung sind die schichtgebundenen synsedimentären kobaltführenden Kupferlagerstätten (Abb. 1), die in der Demokratischen Republik Kongo (DR Kongo) und in Sambia an den afrikanischen Kupfergürtel gebunden sind (CAILTEUX et al. 2004).

Die durch magmatische Differentiation entstandenen basischen und ultrabasischen Gesteine, in denen Kobalt gemeinsam mit Nickel, Chrom und weiteren Metallen angereichert wurde, werden als liquidmagmatische sulfidische Nickel-(Kupfer)-Lagerstätten beschrieben. Wichtige Lagerstätten finden sich in den alten Kratonen der Erde, u. a. Selebi-Pikwe (Botswana), Shangani, Empress, Madziwa, Trojan (alle Simbabwe), Kotalahati, Vuonos, Hitura (alle Finnland), Montschegorsk, Petsamo (Kola-Halbinsel, Russland), im Sudbury-Distrikt (Ontario/Kanada), im Thompson-Wabowden-Distrikt (Manitoba/Kanada), im

Norilsk-Distrikt (NW-Sibirien/Russland) und im Kalgoorlie-Kambalda-Distrikt in Westaustralien (BGR 2007).

Eine weitere Kobaltanreicherung findet bei der lateritischen Verwitterung ultramafischer Gesteine statt, die zur Bildung kobaltführender Nickellateritlagerstätten führen kann. Hierbei erfolgt eine chemische Anreicherung von Nickel und Kobalt in der Verwitterungskruste des Gesteins. Bedeutende Lagerstätten dieses Typs finden sich vor allem in Papua-Neuguinea, Neukaledonien, Indonesien, Philippinen, Kuba und Australien (BGR 2007). Unter den kobaltführenden vulkanogen-hydrothermal gebildeten Lagerstätten wird eine Reihe polymetallischer Lagerstättentypen zusammengefasst (SMITH 2001, BGS 2009). Eine noch im Abbau befindliche Lagerstätte dieses Typs ist die Lagerstätte Bou Azzer in Marokko; die derzeit weltweit einzige Lagerstätte, die im industriellen Maßstab primär auf Kobalt abgebaut wird.

Polymetallische kobaltführende Manganknollen und kobaltreiche Eisen-Mangankrusten der Tiefsee haben bisher noch keine wirtschaftliche Bedeutung. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) schloss im Juli 2006 einen Vertrag über die Exploration polymetallischer Manganknollen in einem Lizenzgebiet im zentralen Nordostpazifik mit der Internationalen



**Abb. 1:** „Central NW“ Tagebau der Kupfer-Kobalt-Lagerstätte Mutanda (Mutanda Mining Sarl/Glencore Plc.), DR Kongo (BGR 2018).



Meeresbodenbehörde (IMB) (s. Kap. 2.8.1). Ein zentraler Bestandteil bei der Entscheidung über einen zukünftigen Abbau der bisherigen Ressourcen wird die Verpflichtung zur Vorlage einer Umweltverträglichkeitsprüfung sein.

Eine geringfügige Kobaltförderung als Beiprodukt erfolgt auch:

- bei der Verhüttung von Zinkkonzentraten, z. B. aus vulkanogen-sedimentären Blei-Zink-Lagerstätten in Australien,
- aus den Silber-Kobalt-Nickel-Erzen der Ganglagerstätten des Kobalt-Distriktes in Ontario, Kanada sowie
- bei der Verhüttung von Erzkonzentraten aus den niederschlesischen Kupferschieferlagerstätten.

## 1.2 Gewinnung und Verarbeitung von Kobalt

Kobalt erreicht den Weltmarkt aus primärer und sekundärer Herkunft. Die primäre Angebotsseite umfasst die folgenden Quellen:

- Erze und Konzentrate aus industrieller Förderung im Tage- und Untertagebau
- Erze und Konzentrate aus artisanalem und kleinbergbaulichem Abbau

Im Jahr 2017 stammten etwa 84 % der Primärförderung von Kobalt aus dem industriellen Abbau, der artisanale und kleinbergbauliche Anteil an der Gesamtförderung betrug etwa 16 %. Die sekundäre Angebotsseite umfasst das Recycling von Kobalt aus diversen Quellen (s. Kap. 2.3.8).

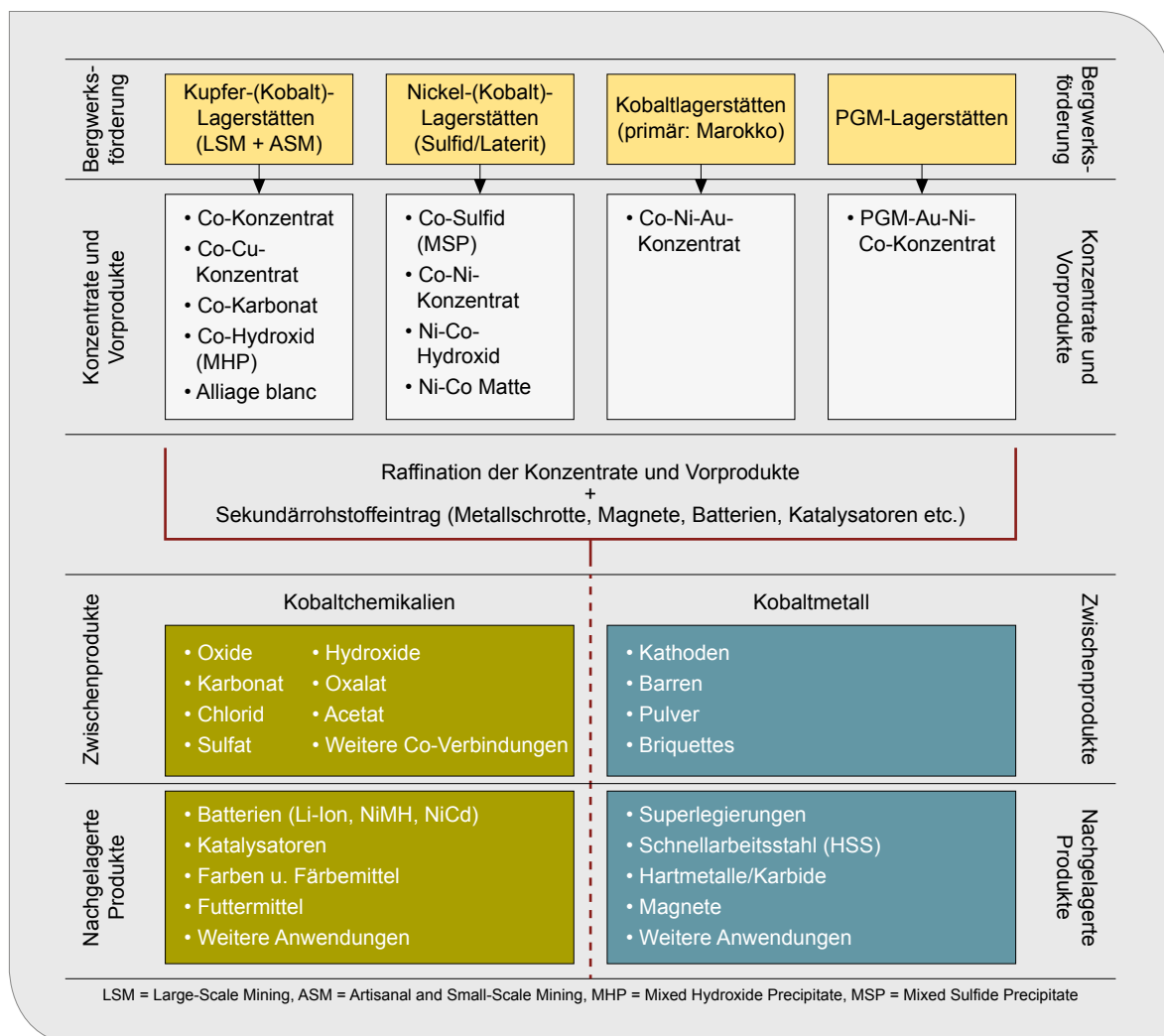


Abb. 2: Vereinfachte Wertschöpfungskette von Kobalt.

Eine vereinfachte schematische Darstellung der Wertschöpfungskette von Kobalt kann grob in drei Produktkategorien unterteilt werden und ist in Abb. 2 dargestellt.

### 1.2.1 Gewinnung aus Primärquellen

#### Industrieller Bergbau

Die industrielle Gewinnung von Kobalt erfolgt derzeit in fast allen Gewinnungsbetrieben als Beiprodukt der Nickel- und Kupferproduktion. CRU (2016) schätzt, dass im Jahr 2016 etwa 61 % der Kobaltproduktion als Beiprodukt aus dem Kupferbergbau und 37 % aus dem Nickelbergbau gewonnen wurden. Dieses Verhältnis ist stets schwankend und in erster Linie von der Nachfrage und der damit verbundenen Produktion von Kupfer und Nickel abhängig. Weltweit werden derzeit lediglich 2 % des Kobalts als Primärprodukt gefördert, dabei handelt es sich um die industrielle Förderung aus der Primärkobaltlagerstätte Bou Azzer in Marokko.

Die heute industriell geförderten Nickel- und Kupfererze haben im Allgemeinen durchschnittliche Kobaltgehalte zwischen 0,1 und 0,5 %. Die Höhe der Anreicherung der Aufbereitung hängt von der Mineralzusammensetzung, dem Verwachsungsgrad und der Korngrößenverteilung der Minerale des aufgegebenen Erzes ab. Im Allgemeinen liegt der Anreicherungsgrad bei der Aufbereitung bei 1 : 5 bis 1 : 8, in sehr günstigen Fällen auch bei 1 : 10. Der Kobaltgehalt im Konzentrat kann bei Einsatz von Nickel- und Kupfersulfiderzen zwischen 1 und 1,5 % und bei Einsatz von Kupfer-Mischerzen zwischen 2,5 und 3,0 % liegen. Die Ausbringungsrate von Kobalt aus Sulfiderzen liegt bei 80 %, bei Mischerzen bei 65–70 % und bei oxidischen Erzen bei 50–55 %. Eine Ausnahme bilden die marokkanischen Erze mit 1–2 % Kobalt, die im Konzentrat Gehalte von 12 bis 14 % Kobalt und > 50 % Arsen aufweisen. Die Ausbringungsverluste liegen hier bei 20–25 % (BGR 2007).

Die Verfahren der bergmännischen Gewinnung kobalthaltiger Erze orientieren sich am Lagerstättentyp sowie der räumlichen Lage des Erzkörpers in der Erdkruste. Generell werden für steil stehende, geringmächtige Erzkörper, die einen hohen vertikalen Abbaufortschritt aufweisen, mit fortschreitendem Lebensalter der Grube untertägige

Abbauverfahren erforderlich. Die untertägigen kobaltführenden Nickel-(Kupfer)-Lagerstätten sind überwiegend hydrothermalen oder magmatischen Ursprungs (Kanada, Russland, Australien), wobei die hohe Festigkeit der Erze eine Gewinnung im Bohr- und Schießbetrieb erforderlich macht.

Die schichtgebundenen, synsedimentären kobaltführenden Kupferlagerstätten in der DR Kongo und in Sambia werden im industriellen Maßstab überwiegend noch im Tagebau abgebaut (Abb. 1). Das oberflächennahe Erz wird schichtweise abgetragen bzw. im konventionellen Bohr- und Schießbetrieb gewonnen. Mit fortschreitendem Abbau kommen auch hier untertägige Abbauverfahren zum Einsatz, wie bspw. bei den sambischen Lagerstätten Nchanga, Konkola und Nampundwe, die von Konkola Copper Mines Plc. betrieben werden.

Schichtgebundene kobaltführende Nickellateritlagerstätten sind aufgrund des geringen Abraum-/Erz-Verhältnisses ideal für die Gewinnung im Tagebau geeignet. Die typische Gewinnungskonfiguration in Laterittagebauen besteht aus Hydraulik- bzw. Löffelbaggern als Gewinnungsgeräte und Schwerlastkraftwagen für den Transport der Erze aus der Grube.

#### Artisanal- und Kleinbergbau

Der Artisanal- und Kleinbergbau (ASM – Artisanal and Small-Scale Mining) von Kobalt in der DR Kongo ist stets direkt mit dem Kupferabbau assoziiert (nachfolgend unter dem Begriff artisanaler Kobaltbergbau zusammengefasst) und stellt in den ostkongolesischen Provinzen Haut Katanga und Lualaba (Ex-Katanga) eine wichtige Lebensgrundlage für die lokale Bevölkerung dar.

Ein erster Höhepunkt des artisanalen Kobaltbergbaus wurde mit einem Anteil von mehr als 90 % der nationalen Kobaltbergwerksförderung unmittelbar nach dem Zweiten Kongokrieg (2002) erreicht, als bis zu 120.000 Personen am Kobaltabbau beteiligt waren. Im Jahr 2011 waren Schätzungen zufolge zwischen 67.000 und 79.000 Menschen ganzjährig im Kleinbergbau beschäftigt, im Verbund mit saisonalen Abbautätigkeiten beliefen sich die Schätzungen auf bis zu 90.000–108.000 Menschen (ÖKO-INSTITUT E. V. 2011). AMNESTY INTERNATIONAL (2016) schätzt, dass nach wie

vor 110.000–150.000 Menschen im artisanalen Kobaltbergbau aktiv sind.

Der relative Förderanteil des Kleinbergbaus an der gesamtkongolesischen Kobaltbergwerksförderung schwankt entsprechend der Entwicklung im industriellen Kobaltbergbau stark. Die konstant hohen Schätzungen der im Kleinbergbau von Kobalt beschäftigten Menschen entsprechen in etwa der im Ostkongo an der Förderung von Zinn, Wolfram und Tantal beteiligten Bevölkerung und unterstreichen die Bedeutung dieses Sektors für die Weltbergwerksproduktion von Kobalt.

Die Förderung im artisanalen Kobaltbergbau erfolgt in der DR Kongo sowohl im Untertage- als auch im Tagebau auf historischen Halden, häufig unmittelbar auf Kobalterz (Heterogenit) mittels Handklaubung und manueller Auswaschung (Abb. 3). Diese Art der Aufbereitung führt häufig zu hohen Kupfer-Kobalt-Verhältnissen im Konzentrat und deutet auf eine artisanale Herkunft des Materials hin.

Der seit Anfang des Jahres 2017 kontinuierlich steigende Kobaltpreis, die Instabilität in den benachbarten Kasai-Provinzen und die – noch – hohe geologische Verfügbarkeit von oberflächennahen

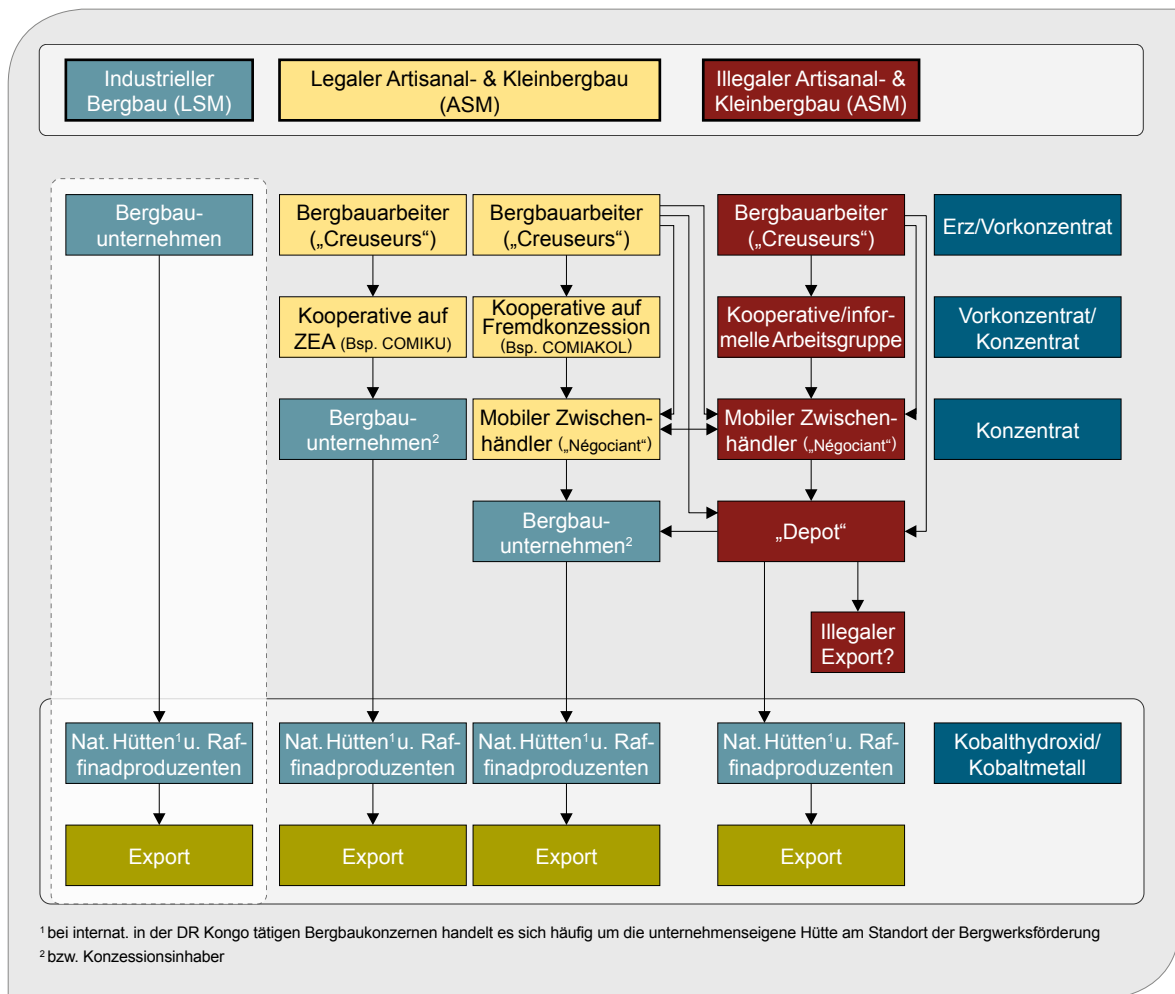
Vererzungszonen führten in den vergangenen zwei Jahren zu einer steten und zuletzt deutlichen Steigerung des Artisanal- und Kleinbergbaus von Kobalt in der DR Kongo.

Obwohl der Kleinbergbau im Bergbaugesetz DRC Mining Code 2002 und auch im neuen DRC Mining Code 2018 verankert ist und somit eine legale Bergbauaktivität auf formell eingerichteten artisanalen Abbaugebieten (Zone d'Exploitation Artisanale – ZEA) in der DR Kongo darstellt, erfolgt der artisanale Kobaltbergbau in der Praxis überwiegend unreguliert und informell, teilweise auf Fremdkonzessionen größerer Bergbauunternehmen. Trotz seiner informellen Struktur weisen die artisanalen Bergbauaktivitäten jedoch häufig einen gut organisierten Aufbau inklusive interner Arbeitsteilung, wie bspw. untertägige Erzförderung, Förderung nach über Tage, Sortieren und Transport, auf.

In der Regel werden die illegal im Kleinbergbau gewonnenen Konzentrate an lokale Zwischenhändler in den Abbauregionen verkauft und von diesen an die größeren im Land etablierten Handelsgesellschaften und Aufbereiter weiterveräußert. Dabei kann es auch zur undokumentierten Mischung von Material aus artisanaler und



**Abb. 3:** Artisanal- und Kleinbergbau auf der Mutoshi-Konzession von Chemaf SARL (links) und auf der ZEA Kasulo in Kolwezi in der DR Kongo (BGR 2018).



**Abb. 4: Vereinfachte Wertschöpfungskette für Kobalt-Kupfer-Erze und -Konzentrate aus dem Artisanal- und Kleinbergbau und dem industriellen Bergbau in der DR Kongo.**



**Abb. 5: Sogenannte „Depots“ (Handelsposten) für Kobalt-Kupfererz-Konzentrate aus ASM entlang der Hauptverkehrsstraße Lubumbashi-Kolwezi (BGR 2018).**

industrieller Förderung kommen (Abb. 4). Signifikante Mengen an Kobalt-(Kupfer)-Erz-Konzentraten aus illegaler ASM-Förderung werden in den ca. 100–200 „Depots“ (Handelsposten) entlang der Straße Lubumbashi-Kolwezi offen verkauft und gehandelt (Abb. 5, Stand Mai 2018).

Der legale artisanale Kobaltabbau auf ausgewiesenen ZEAs wird in einigen Fällen von Kooperativen organisiert und durchgeführt; die gesamte Produktion wird von Zwischenhändlern und/oder Bergbauunternehmen aufgekauft (Abb. 4). Ein Beispiel hierfür ist Kasulo, ein Wohnviertel, in dem bis Oktober 2017 illegal Kleinbergbau betrie-



**Abb. 6: Handelsposten auf der ZEA Kasulo in Kolwezi für Ankauf, Sortierung, Beprobung und Verladung von Kobalterz aus ASM (BGR 2018).**

ben wurde (AMNESTY INTERNATIONAL 2016). Kasulo wurde administrativ in eine ZEA umgewandelt. Die Bewohner wurden umgesiedelt bzw. entschädigt. Derzeit graben nach Angaben der dort tätigen Kooperative COMIKU bis zu 16.000 Menschen auf einem abgegrenzten Bereich des ehemaligen Wohnviertels (Abb. 3). Congo Dongfang International Mining (CDM), zu 100 % ein Tochterunternehmen von Huayou Cobalt Co. Ltd., hat das Vor-

kaufsrecht für die gesamte artisanale Produktion von Kobalt-(Kupfer)-Erz aus Kasulo, weshalb CDM großflächige überdachte Handelsposten für Ankauf, Sortierung, Beprobung und Verladung des Erzes auf LKW eingerichtet hat (Abb. 6).

Ein weiteres Beispiel für die Kooperation von ASM und einem industriellen Bergbauunternehmen zeigt Chemaf SARL auf. Auf der Konzession



**Abb. 7: Handelsposten auf der Konzession Mutoshi für Ankauf, Registrierung, Homogenisierung, Beprobung, Analyse und Verladung des angelieferten Kobalt-(Kupfer)-Erzes aus ASM Abbau (BGR 2018).**

sion Mutoshi arbeiten nach Angaben von Chemaf SARL derzeit bis zu 3.000 artisanale Bergleute, die sich in der Kooperative COMIAKOL zusammengeschlossen haben. Aktuell erfolgt der ASM-Abbau auf der Konzession Mutoshi überwiegend mittels manuell abgeteufter Schächte, welche die hochgradig erzführenden Schichten in 10–40 m Tiefe erschließen. Chemaf kooperiert derzeit mit COMIAKOL und kauft das Kobalt-(Kupfer)-Erz in einem auf der Konzession liegenden zentralen Handelsposten auf, wo eine geordnete Registrierung, Homogenisierung, Beprobung und Analyse des angelieferten Erzes durchgeführt wird (Abb. 7). Anschließend erfolgt eine Verpackung in Big Packs (ca. 600 kg–1 t Gewicht) und Verladung auf 40 t Lastkraftwagen. Das ASM-Erz wird zur Weiterverarbeitung an die Gewinnungsanlage Usoke in Lubumbashi geliefert.

Ein auf eine Laufzeit von vorerst drei Monaten beschränktes Memorandum of Understanding (MoU) zur Formalisierung der Handelsbeziehung zwischen Chemaf SARL und COMIAKOL befindet sich derzeit zur Durchsicht bei der staatlichen ASM-Aufsichtsbehörde SAEMAPE (Service d'Assistance et d'Encadrement de la Mine Artisanale et à Petite Echelle) (Stand Mai 2018). Geplant ist, die Verträge kurzfristig zu halten und vorerst lediglich mit der o. g. Kooperative zusammenzuarbeiten. Zukünftig sollen eigens abgetrennte Bereiche auf den Konzessionen Chemafs entstehen, in welche die artisanalen Bergleute parallel zur Entwicklung des industriellen Projekts Mutoshi (s. Kap. 2.8.2.1) versetzt werden sollen.

Die Bezahlung der Kleinbergleute für das angelieferte Kobalt-(Kupfer)-Erz richtet sich derzeit ausschließlich nach dem Kobaltgehalt. Der lokale Ankaufpreis ist nach 0,5 % Gehaltsspannen gestaffelt und orientiert sich grob am tagesaktuellen Preis der London Metals Exchange (LME-Preis). Derzeit zahlt Chemaf SARL für 2%iges Kobalterz 500 US\$/t, je weitere 0,5 % Kobalt werden 125 US\$/t zusätzlich gezahlt. Angeliefertes Erz mit 1–2 % Kobaltgehalt wird mit 200 US\$/t bezahlt. Der durchschnittliche Gehalt des aufgekauften Erzes beträgt laut Chemaf SARL 1,8 % Kobalt. Täglich werden ca. 400 t kobaltführendes Erz aufgekauft und anschließend zur Aufbereitungsanlage Usoke in Lubumbashi transportiert (~10 · 40 t LKW), wo das angelieferte Material nochmals zur Verifizierung analysiert wird. Bei einem durchschnittlichen Kobaltgehalt von 1,8 %

Kobalt im ASM-Erz und unter der Annahme von 90 % Ausbringen wäre eine Jahresproduktion von 2.138 t Kobalt-Inhalt allein aus ASM auf der Konzession Mutoshi möglich.

## 1.2.2 Aufbereitung kobalthaltiger Erze

Die Aufbereitung kobalthaltiger Erze sowie die erforderlichen Prozesse zur metallurgischen bzw. chemischen Gewinnung des Kobalts hängen hauptsächlich vom Erztyp ab. Hierbei können grundsätzlich fünf unterschiedliche Erztypen unterschieden werden (Tab. 3).

Bei der Gewinnung von Kobalt kommen, abhängig vom Lagerstättentyp und der Mineralogie, unterschiedliche erzspezifische Aufbereitungs- und Verhüttungsverfahren zum Einsatz, die bspw. in CRUNDWELL et al. (2011) dargestellt werden. Zur Extraktion des Kobalts aus den Konzentraten, und zuweilen auch direkt aus den Erzen, werden pyro-, hydro- und elektrometallurgische Methoden angewandt. Die wichtigsten Verfahren werden nachfolgend kurz behandelt.

### Aufbereitung von kongolesischen Kobalt-Kupfer-Erzen

Durch hydrometallurgische Prozesse werden oxidische und nichtoxidische Minerale gelaugt, ausgefällt oder zu Metall reduziert. Diese Verfahren werden auch zur Behandlung von Kobaltstein sowie zur Reinigung der Rohprodukte vor der Elektrolyse angewendet. Bei der Reinigung der Lauge spielen die Solventextraktion und Ionenaustauschprozesse eine wichtige Rolle (Abb. 8).

### Aufbereitung von kongolesischen Kupfersulfiderzen

Typische kongolesische Flotationskonzentrate können bis zu 46 % Kupfer und 0,4–2,5 % Kobalt beinhalten. Im Regelfall werden die in der Flotation erzeugten reinen Kupferkonzentrate einem sulfatisierenden Röstprozess unterworfen, bevor sie in einer schwefelsauren Lösung gelaugt werden. Hierbei gelangt neben dem Kupfer auch das Kobalt in die Lösung (Abb. 9).

Tab. 3: Kobalthaltige Erztypen und deren charakteristische Art der Förderung und Aufbereitung.

Erztyp	Beispiel	Kobaltminerale	Art der Förderung	Art der Aufbereitung
Kupfersulfid	Kongolesisches oder sambisches Erz	Carrolit $\text{Cu}(\text{CO},\text{Ni})_2\text{S}_4$ Auch in Verbindung mit $\text{CuFeS}_2$ und $\text{Cu}_2\text{S}$	Tagebau, da oberflächennah; stark verwittert, ansonsten konventioneller Bohr- und Schießbetrieb mit mechanischem Laden und Fördern	Mechanische Aufbereitung, Hydrometallurgie. Produkte: Kobaltkathode oder granuliertes Kobalt
Nickelsulfid	Sudbury, Kanada und Norilsk, Russland	Cobaltin $\text{CoAsS}$ ; auch in z. B. Pentlandit $(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$	Gewinnung unter Tage, Abbaufverfahren sind Weitungsbau sowie Firstenstoßbau mit und ohne Versatz	Mechanische Aufbereitung, Röstung, Hydrometallurgie. Produkte: Kobaltpulver oder $\text{Co}(\text{OH})_3$
Arsensulfid	Bou Azzer, Marokko	Cobaltin $\text{CoAsS}$	Abbaufverfahren Firstenstoßbau mit Versatz, da steil stehende Erzlager geringer Mächtigkeit	Magnettrennung, Röstung, Hydrometallurgie. Produkte: Kobaltkathode
Kobalt-/Kupfererz	Kongolesisches Erz	Heterogenit $\text{CoO}(\text{OH})$	Abbau im Tagebau, da oberflächennah. Artisanale Gewinnung möglich	Direktverhüttung bzw. Laugung zur Produktion von $\text{CoO}$ , $\text{CoCO}_3$ und $\text{Co}(\text{OH})_2$
Lateritisches Erz	Murrin Murrin, Australien und Goro, Neukaledonien	Garnierit $(\text{Mg},\text{Ni})_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , Kobaltoxid $\text{CoO}$	Abbau im Tagebau, da oberflächennah, mechanische Gewinnungsverfahren, da geringe Festigkeit des Erzes	Röstung, Ammoniumlaugung, Kobalt-/Nickel-Fällung als Karbonat und Sulfat oder Drucklaugung

### Aufbereitung von lateritischen Erzen

Für die Aufkonzentrierung von lateritischen, kobalthaltigen Nickelerzen, wie z. B. aus den Lagerstätten Moa Bay (Kuba), Murrin Murrin (Australien), Goro (Neukaledonien), wird limonitischer Erzschlamm mit heißer Schwefelsäure unter Druck behandelt (High Pressure Acid Leach – HPAL- bzw. PAL-Verfahren) und aus der Lösung mittels Schwefelwasserstoff ein Gemisch aus Nickel- und Kobaltsulfid ausgefällt (Abb. 10).

Ein anderes Verfahren zur Aufbereitung insbesondere limonitischer Erze ist der sogenannte Caron-Prozess, ein Verfahren mit thermischer Vorbehandlung zur Laugung. Dieses Verfahren zur Kobalt- und Nickelgewinnung findet Anwendung in Kuba (Punta Gorda und Nicaro), Brasilien (Niquelândia) und Australien (Yabulu). Da dieser Prozess sehr energieintensiv und durch ein geringes Ausbringen der Wertmetalle geprägt ist (70–85 %

Nickel, 20–50 % Kobalt), wird derzeit nicht davon ausgegangen, dass neue Anlagen mit dieser Technologie in Betrieb genommen werden (CRUNDWELL et al. 2011).

Für saprolitische Erze mit geringen Eisen- und hohen Magnesiumgehalten wird der größte Teil des Nickels und Kobalts durch selektive pyrometallurgische Reduktion zu einem kobalthaltigen Nickelfeinstein reduziert; der Großteil des Eisens verbleibt in Oxidform in der Schlacke.

### Aufbereitung der marokkanischen Erze

Die marokkanischen Kobalterze werden durch ein gravimetrisches Verfahren von der Gangart abgetrennt und anschließend zusammen mit dem bei der Aufmahlung der Erze anfallenden Feinstaub flotiert. In einer vorausgehenden Flotation muss der Talk entfernt werden, der in relativ großer

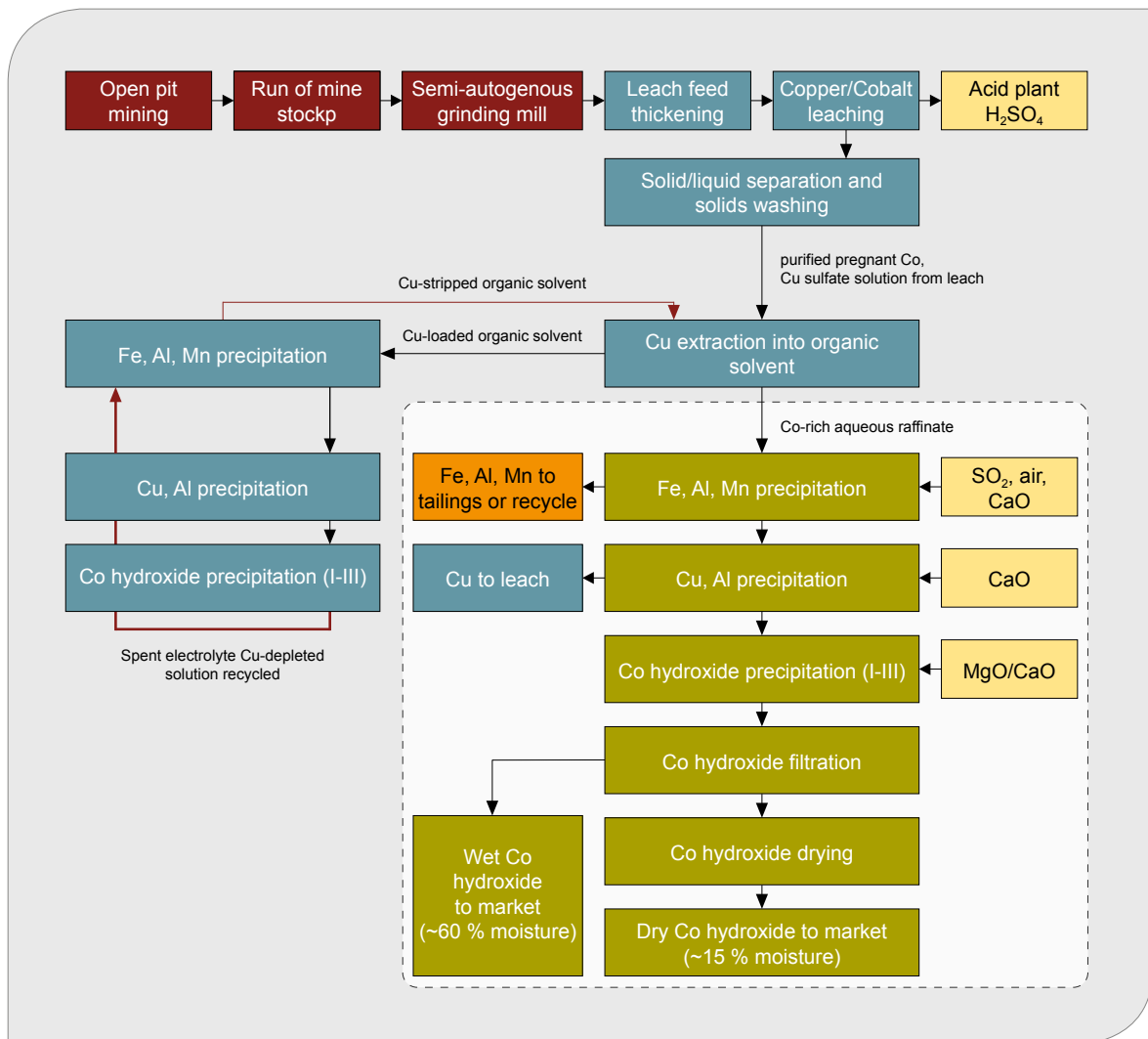


Abb. 8: Flussdiagramm für die Aufbereitung von Kobalt-Kupfer-Erzen der Lagerstätte Tenke Fungurume, DR Kongo (modifiziert nach CRUNDWELL et al. 2011).

Menge in Form von Serpentin im Erz enthalten ist. Anschließend folgt eine Aktivierung des Kobaltanteils mit ammoniakalischer Kupfersulfatlösung und eine Sulfidisierung mit Natriumsulfid. Das aufgeschwommene Konzentrat enthält durchschnittlich 11–12 % Kobalt (BARTHOLOMÉ et al. 1997).

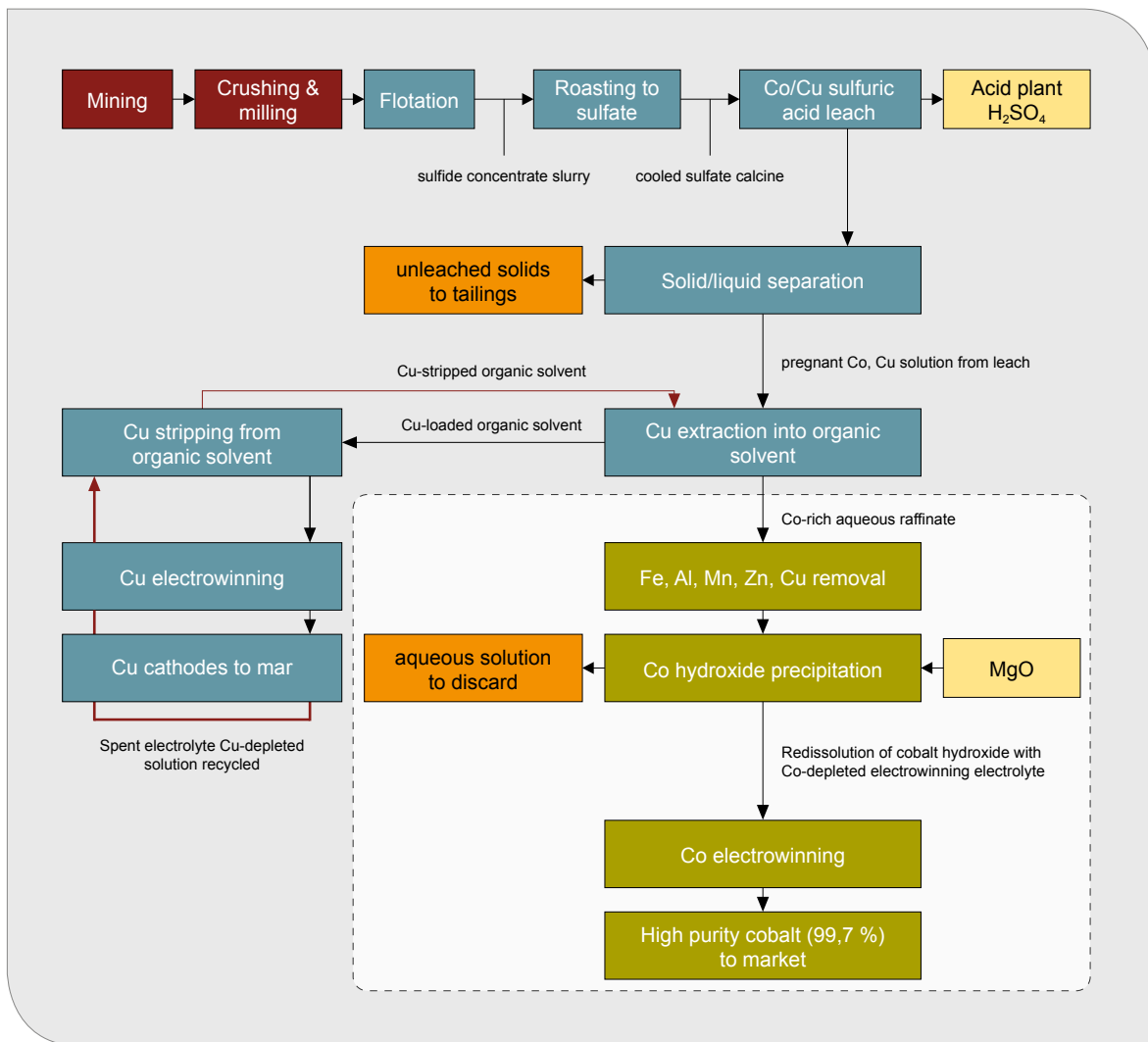
#### Aufbereitung von Nickelsulfid Erzen

Nickelkonzentrate werden partiell geröstet, um sulfidisch vorliegendes Eisen nachfolgend als Oxid im Elektroofen bzw. im Blaskonverter verschlacken zu können. Der Schmelzprozess wird so geführt, dass eine möglichst nickelarme Schlacke anfällt. Nickel und Kobalt reichern sich im Nickelfeinstein (Matte) an, der zu Anoden gegossen wird. Die

Nickelsteinanoden werden der Reduktionselektrolyse in einem Medium aus verdünnter Schwefelsäure unterworfen, wobei an den Kathoden der Elektrolysezellen Nickel handelsüblicher Reinheit abgeschieden wird. Die weiteren Bestandteile der Nickelsteinanode, wie z. B. Kobalt, Eisen, Kupfer und Arsen, verbleiben im Elektrolyt und werden in einem mehrstufigen nasschemischen Prozess nachfolgend gewonnen (Abb. 11).

Ein weiteres Verfahren zur Behandlung von Nickelkonzentraten sieht ein Schwebschmelzen des Konzentrats vor. Die hierbei entstehende Nickelmatte wird in einem Konverter zu Nickelfeinstein verblasen (Abb. 11). Dieser wird anschließend aufgemahlen und mit Ammonsulfatlauge unter Zusatz von Ammoniak einer mehrstufigen Drucklaugung





**Abb. 9: Flussdiagramm für die Aufbereitung von sulfidischen Kobalt-Kupfer-Erzen in der DR Kongo und Sambia (modifiziert nach CRUNDWELL et al. 2011).**

unterworfen. Besonderer Vorteil dieses Verfahrens ist die kontinuierliche Erzeugung von Ammoniumsulfat, das als Mineraldünger verkauft wird. Die Reduktion des metallischen Nickels aus der gereinigten Lauge erfolgt mit Wasserstoff, ebenfalls unter Druck, wobei ein Nickelpulver entsteht, das gesintert und als Rondelle in den Handel gebracht wird. Das in der Lauge verbleibende Kobalt fällt bei der Laugungsreinigung als Schlamm an und muss in nachfolgenden nasschemischen Verfahren gewonnen werden.

Die kobalthaltigen Schlämme, die typischerweise 8–10 % Kobalt, 28–34 % Nickel, 0,4–0,8 % Kupfer sowie 5–6 % Zink enthalten, werden mit Schwefeldioxid in einem ersten Schritt selektiv mit dem Ziel reduziert, Kobalt und Nickel aus

den Schlämmen zu laugen und auf diese Weise das Eisen und ein Teil des Kupfers abzutrennen, die im Schlamm verbleiben. Die Lauge enthält danach 14–16 g/l Kobalt, 45–65 g/l Nickel, 0,4–0,8 g/l Kupfer sowie 3–5 g/l Zink. In nachfolgenden Reinigungsprozessen wird das Kobalt aus der Nickellösung durch Hypochlorit gefällt, wobei Kobalhydroxid produziert wird. Das gereinigte Kobalhydroxid wird kalzinert, wobei Kobaltoxid entsteht, welches eingeschmolzen, reduziert und zu Kobaltanoden (> 95 % Kobalt, < 0,45 % Nickel, < 0,05 % Kupfer und < 1 % Zink) vergossen wird. Die Kobaltanoden werden wiederum in einer Elektrolyse zu Kathodenkobalt raffiniert. Dabei entsteht ein handelbares Produkt hoher Reinheit mit über 99,98 % Kobalt.

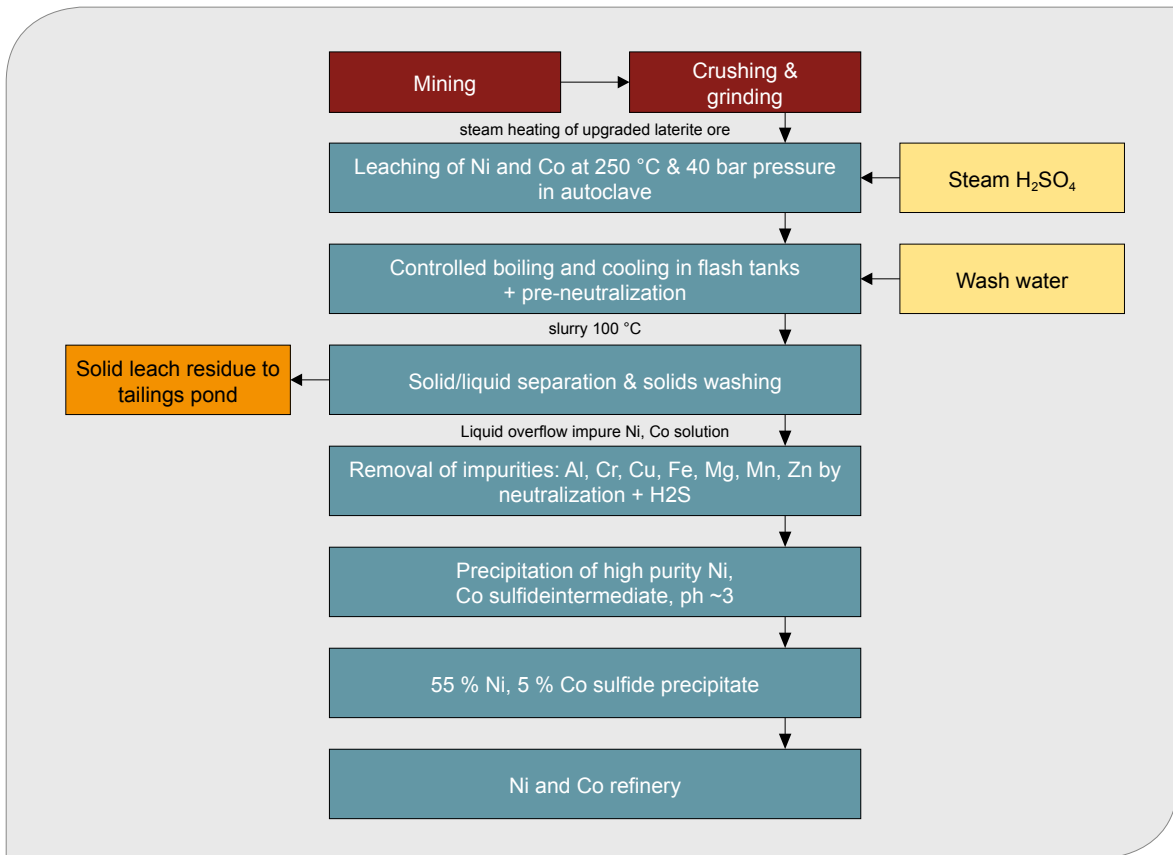


Abb. 10: Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung lateritischer Erze (modifiziert nach CRUNDWELL et al. 2011).

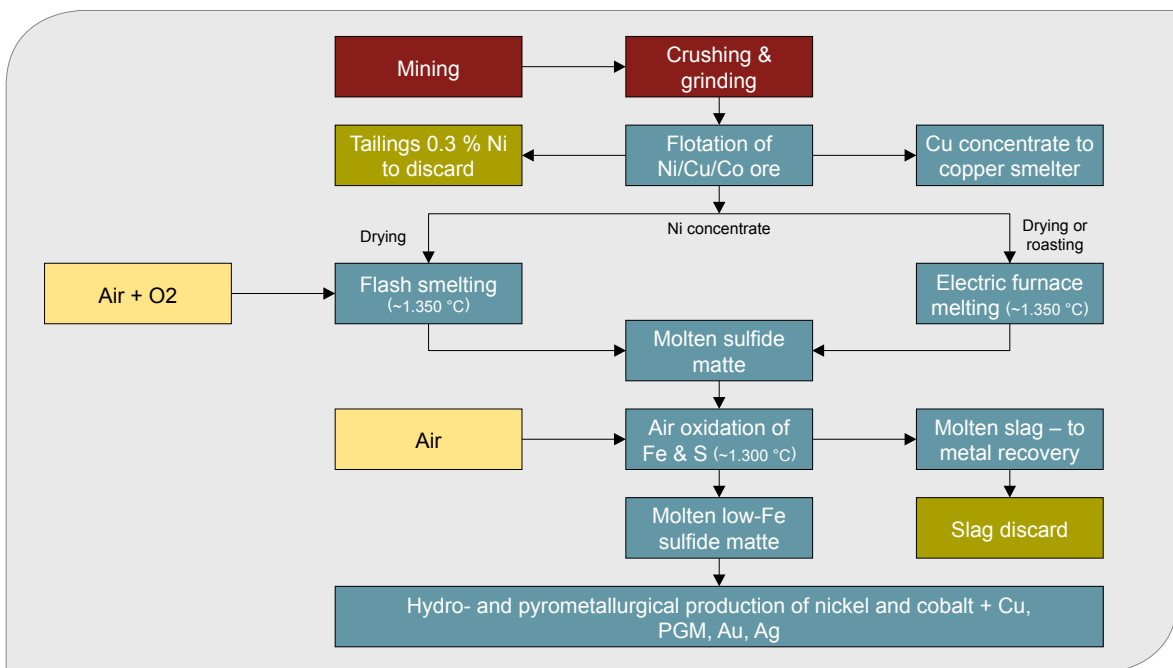


Abb. 11: Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung sulfidischer kobaltführender Nickelerze im Elektrofen (electric furnace) bzw. mittels Schwebeschmelzen (flash smelting) (modifiziert nach CRUNDWELL et al. 2011).

### 1.3 Transparenz in der Lieferkette

Zu Kobalt-Lieferketten mit Bezug zur DR Kongo wurde in den letzten Jahren wiederholt Kritik von zivilgesellschaftlicher Seite geäußert und die verstärkte Umsetzung von Sorgfaltspflichten der Abnehmer eingefordert, um sozialen Missständen wie Kinderarbeit oder prekären Arbeitsbedingungen bei der Förderung zu begegnen (z. B. ÖKO-INSTITUT e. V. 2011, AMNESTY INTERNATIONAL 2016 & 2017, SOMO 2016, WASHINGTON POST 2016).

Als wesentliche Grundlage zum Umgang mit entsprechenden Lieferkettenrisiken dienen die Leitsätze der OECD zur Sorgfaltspflicht in Rohstofflieferketten aus Konflikt- und Hochrisikogebieten (OECD 2016), die generell für alle Rohstoffe und damit auch für Kobalt anwendbar sind. Auch wenn Kobalt nicht als sogenanntes Konfliktmineral definiert wird, unterliegt es jedoch aufgrund der Rahmenbedingungen im Artisanal- und Kleinbergbau-sektor der DR Kongo teils ähnlichen Risiken. Dabei ist nicht die artisanale Herkunft an sich problematisch, sondern es sollte auf eine Überprüfung und Verbesserung der Förderbedingungen hingearbeitet werden (OECD 2016). Die OECD-Richtlinien sind ein freiwilliges Instrument für Unternehmen und haben zum Ziel, einen verantwortungsbe-

wussten Rohstoffbezug aus Konfliktregionen zu ermöglichen (KILLICHES et al. 2014).

Die OECD empfiehlt internationalen Abnehmern und deren Kunden beim Bezug von Kobalt aus der DR Kongo sicherzustellen, dass Erzförderung und -aufbereitung im Lande den Anforderungen der Sorgfaltspflichten entsprechen (OECD 2016), wie etwa Legalität, keine Form der Kinderarbeit, keine Konfliktfinanzierung und Nachverfolgbarkeit der Lieferkette. Dieser Anspruch ist insbesondere bei einer dokumentierten oder vermuteten Herkunft der Erze aus dem artisanalen Kleinbergbau kritisch zu prüfen. Da Lieferketten mit vermeintlich nur industriell geförderten Kobalt auch artisanal gefördertes Kobalt enthalten können, ist eine detaillierte Bewertung von Lieferkettenrisiken unerlässlich. Dies führte dazu, dass auch einige Unternehmen und Industrieverbände in der nachgelagerten Kobalt-Lieferkette die Notwendigkeit zur Sorgfaltspflicht besonders betonen. Eine Übersicht über die derzeit aktiven Initiativen ist in Tab. 4 zusammengefasst.

Konkret sind für den Kobaltbezug aus der DR Kongo zwei generelle Risikokategorien zu unterscheiden. Zum einen bestehen lieferkettenbezogene Risiken, die im Kontext der Sorgfaltspflichten

**Tab. 4: Initiativen in der nachgelagerten Kobalt-Lieferkette.**

Initiative	Organisator	Hintergrund/Ziele	Bezug zu Deutschland
Responsible Cobalt Initiative (RCI)	Chinese Chamber of Commerce for Metals, Minerals & Chemicals (CCCMC)	Repräsentiert die Abnehmer in der Kobaltlieferkette Lieferketten-Standards ggf. über die CCCMC Guidelines etablieren	BMW (Vizevorsitz zusammen mit Huayou) GIZ unterstützt CCCMC Guidelines im Rahmen bilateraler TZ mit China
Responsible Sourcing	Cobalt Institute (CI, vormals CDI) Partner: RCS Global	Guidance für Lieferkettenrisikomanagement (CIRAF: Cobalt Industry Risk Assessment Framework)	Keine deutschen Mitglieder, einige EU (z. B. Sandvik, Umicore, Eramet)
Global Battery Alliance, „responsible sourcing“ und weitere Themen	World Economic Forum	Multi-Stakeholder Initiative mit Unternehmen, internationalen Organisationen, Zivilgesellschaft, Verbände, Universitäten zur Erhöhung der Transparenz in der Lieferkette	Audi, BASF, VW GIZ OECD
Cobalt Due Diligence	Responsible Minerals Initiative (RMI) (Ehemals Conflict-free Sourcing Initiative)	Das für 3T+G Minerale <sup>1</sup> entwickelte Smelter-Auditprogramm (und Risikobewertungen/Guidance) soll in Kooperation mit RCI ggf. auf Kobalt angewandt werden	Sehr große Industrieinitiative mit Hunderten RMI-Mitgliedern; in DEU z. B. BMW, Telekom, HC Starck, Osram, Bosch, Siemens, VW

<sup>1</sup> 3T+G= Tin, Tungsten, Tantalum + Gold (Zinn, Wolfram, Tantal + Gold)

pflicht und Unternehmensreputation zu betrachten sind. Neben diesen lieferkettenbezogenen Risiken bestehen beim Rohstoffbezug aus der DR Kongo außerdem allgemein erhöhte Länderrisiken aufgrund relativ schwacher staatlicher Strukturen sowie der Volatilität der Sicherheitslage und der politischen Situation des Landes, die auch relativ stabile Gebiete wie die ehemalige Provinz Katanga, in der der Großteil der Kupfer- und Kobaltproduktion des Landes stattfindet, beeinflussen können.

## 1.4 Verwendung

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften findet Kobalt in vielen unterschiedlichen Bereichen Anwendung. Grundsätzlich lässt sich der Kobaltmarkt in die zwei Hauptanwendungssegmente Kobaltmetall und Kobaltchemikalien unterteilen (Abb. 12). Im Jahr 2017 entfielen rund 63 % des Kobaltbedarfs auf den Bereich der Chemikalien sowie 37% auf den Bereich der Metalle (Abb. 12).

Das mit Abstand wichtigste Anwendungsfeld von Kobalt liegt im Bereich der wiederaufladbaren Batterien (Lithium-Ionen-Batterien (LIB), Nickel-Metallhydrid (NiMH) und Nickel-Cadmium

(NiCd)-Akkumulatoren). Dieser Bereich machte 2017 in Summe knapp 46 % der Verwendung aus und kann grob in vier Anwendungsbereiche aufgeteilt werden.

Den größten Anteil an diesen Batterien hatte 2017 der Bereich 3C (Computing, Communication, Consumer). In diese Kategorie fallen Produkte wie bspw. Laptops, Tablets, Smartphones sowie Smartwatches. Es folgt der Bereich E-Mobilität mit Batterien für die Verwendung in E-Fahrzeugen (Battery-Electric-Vehicle, BEV) bzw. unterschiedlichen Hybridfahrzeugen (Plug-in-Hybrid-Vehicle, PHEV; Hybrid-Electric-Vehicle, HEV). In den Bereich Powertools/Motive fallen z. B. Produkte wie E-Bikes, E-Trikes, Gartengeräte, Werkzeuge usw. Der Bereich E-Speicher (Energy-Storage-Systems, ESS) für erneuerbare Energien spielt bisher noch eine untergeordnete Rolle.

Der zweitgrößte Anwendungsbereich von Kobalt liegt im Bereich der Superlegierungen. Rund 16,5 % der Kobaltnachfrage entfielen 2017 auf diesen Bereich, gefolgt von Karbiden und Diamantwerkzeugen (8,5 %), Magneten (5,1 %) sowie weiteren chemischen und metallischen Anwendungen (16,5 %).

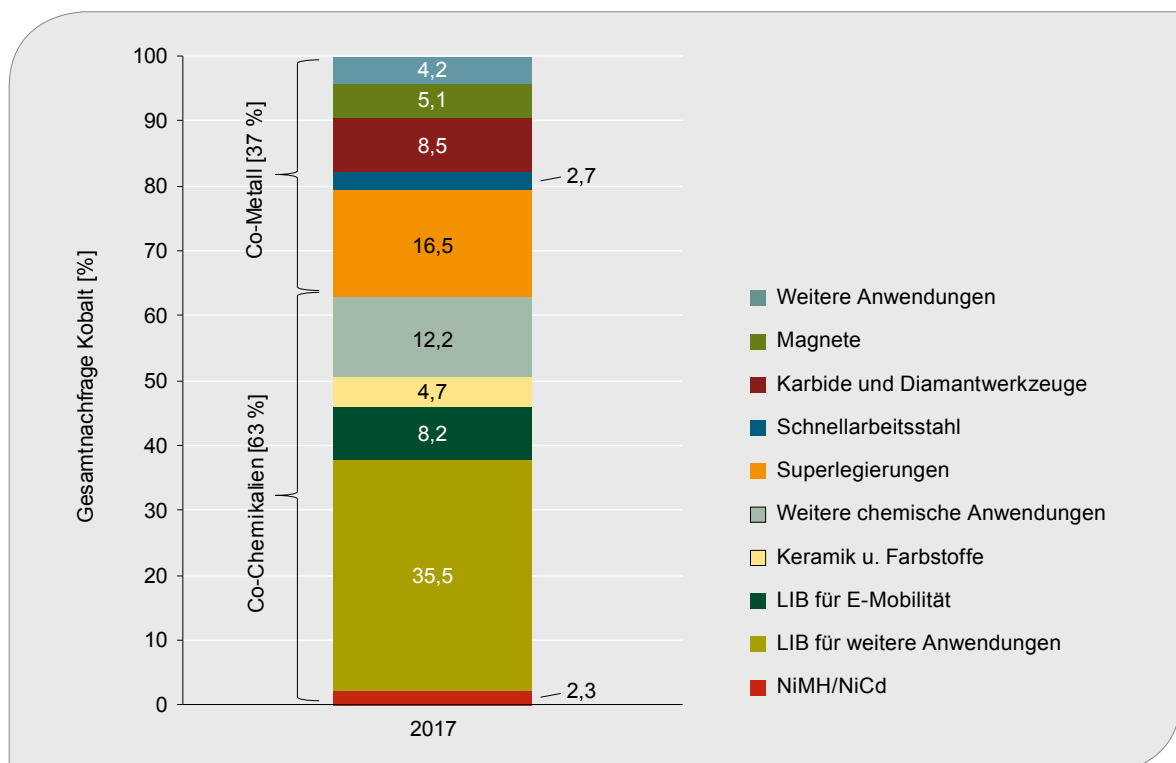


Abb. 12: Kobaltnachfrage nach Anwendungsbereichen im Jahr 2017 (Datenquelle: CRU 2017).

### Wiederaufladbare Batterien (LIB)

Dieser komplexe Anwendungsbereich hat in den letzten Jahren einen starken Wachstumsschub erlebt. Die wichtigsten Wachstumstreiber hierbei sind im Bereich der E-Mobilität sowie der stationären Speicherung erneuerbarer Energien zu suchen.

Der typische Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie (LIB) besteht aus einer Wechsellagerung von Anode – Separator – Kathode – Separator. Dieses Paket wird, je nach Zellformat, gewickelt, geschichtet oder gefaltet und in das Gehäuse eingeführt. Nach dem Einfüllen des Elektrolyts wird die Zelle formatiert. Diese erste Ladung der Zelle bewirkt die Ausbildung der Solid Electrolyte Interphase. Diese ist notwendig, um die Zersetzung der Anode durch den Elektrolyt zu verhindern (BAUER 2017).

Als Vorläufermaterialien („precursor“) für wiederaufladbare Batterien wird Kobalhydroxid (für NiMH- und NiCd-Akkumulatoren), Kobaltoxid (für LCO-LIB) und Kobaltsulfat (für NMC- und NCA-LIB) verwendet. Im Jahr 2016 entfiel der größte Anteil noch auf LCO-LIB für überwiegend 3C-An-

wendungen und Powertools (Abb. 13). Der größte Wachstumstreiber wird in den kommenden Jahren der Bereich von Kobaltsulfat für NMC- und NCA-LIB sein.

Derzeit werden die folgenden Verbindungen für Kathoden in LIB genutzt (Abb. 14). Dabei handelt es sich, bis auf LFP, um Übergangsmetalloxide.

- Lithium-Kobalt-Oxide (LCO)
- Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt Oxide (NMC)
- Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxide (NCA)
- Lithium-Mangan-Oxide (LMO)
- Lithium-Eisen-Phosphate (LFP)

Die Zusammensetzung des aktiven Kathodenmaterials der LIB ist in Tab. 5 zusammengefasst.

**Lithium-Kobalt-Oxide (LCO):** Dieser Zelltyp geht auf Entwicklungen von Sony im Jahr 1991 zurück und zeichnet sich durch eine hohe spezifische Energiedichte aus. Demgegenüber stehen eine relativ geringe Lebensdauer, eine geringe thermische Stabilität sowie Limitierungen bezüglich des maximalen Ladestroms. Diese Zellen bestehen aus einer Kobaltoxidkathode und einer Graphitanode. Der Kobaltgehalt liegt im Schnitt bei 60 %, wendungen und Powertools (Abb. 13). Der größte Wachstumstreiber wird in den kommenden Jahren der Bereich von Kobaltsulfat für NMC- und NCA-LIB sein.

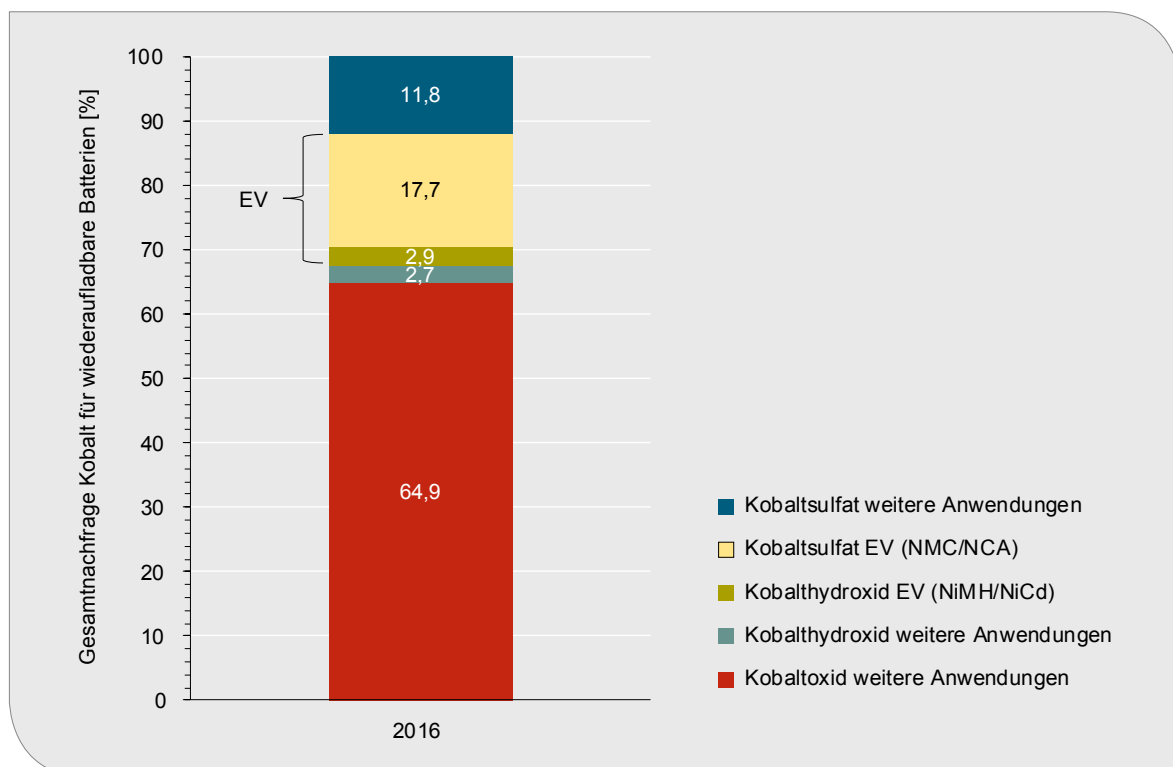
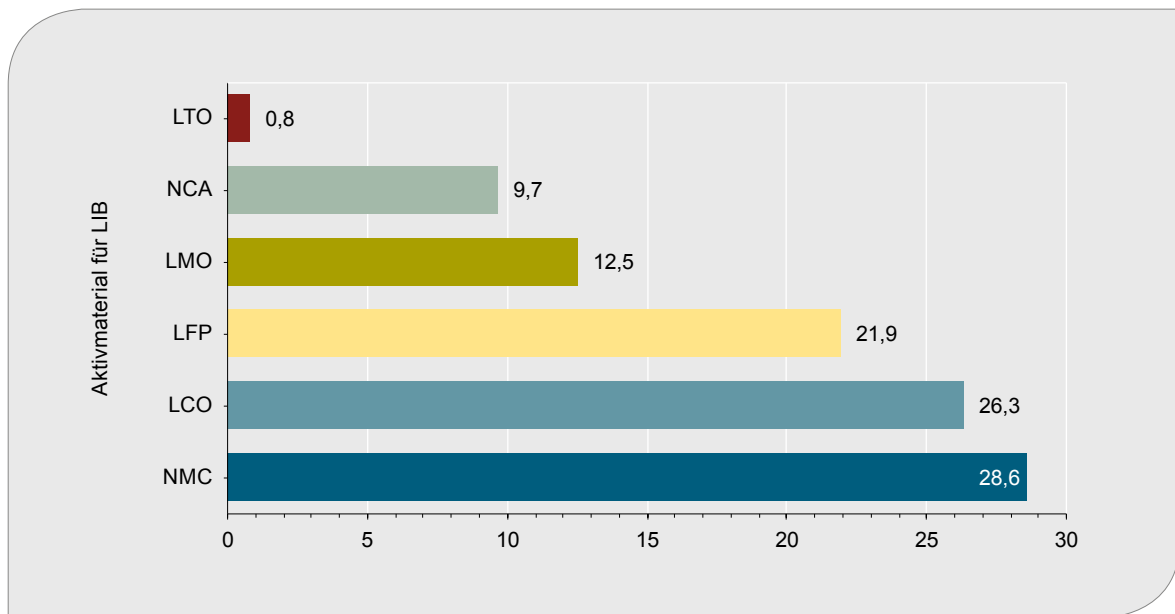


Abb. 13: Kobaltnachfrage in wiederaufladbaren Batterien im Jahr 2016 (Datenquelle: CRU 2017).



**Abb. 14: Anteile der genutzten Kathodenmaterialien in LIB im Jahr 2015 (Datenquelle: ROSKILL 2016).**

was diesen Zellentyp relativ teuer macht. Zusätzlich zu den anderen genannten Eigenschaften ist auch dies ein Grund, warum LIB, basierend auf LCO, in den letzten Jahren durch neue Kathodenformulierungen ersetzt wurden.

**Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxide (NMC):** Kommerziell wird die NMC-Kathode seit etwa 2008 genutzt. Sie zeichnet sich durch eine relativ hohe spezifische Energiedichte aus. Ihre thermische Stabilität ist im Vergleich zu LCO deutlich besser. Gleiches gilt für die Lebensdauer und die geringeren Produktionskosten aufgrund niedrigerer Kobaltgehalte.

Die Charakteristik dieses Typs kann durch die Veränderung des Ni-Mn-Co-Verhältnisses variiert werden. Eine kostengünstige Variante stellt bspw. die 1:1:1-NMC-Kathode dar, in der alle drei Metalle im gleichen Verhältnis eingesetzt werden. Abweichende Kombinationen sind bspw. 5:2:3, 6:2:2 und 8:1:1. Es besteht auch die Möglichkeit, innerhalb von komplexen Batteriesystemen die Zusammensetzung einzelner Zellen zu variieren, um unterschiedliche Anforderungsprofile erfüllen zu können. Gerade im Bereich E-Mobilität und ESS finden LIB, basierend auf NMC-Kathoden, breite Anwendung.

**Tab. 5: Zusammensetzung des aktiven Kathodenmaterials bei LIB.**

Kathode	Zusammensetzung	Molekulargewicht	Li [wt %]	Nickel [wt %]	Mn [wt %]	Co [wt %]	O [wt %]
LCO	LiCoO <sub>2</sub>	97,9	7,1 %	0,0 %	0,0 %	60,2 %	32,7 %
NMC [1:1:1]	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub>	95,9	7,2 %	20,2 %	18,9 %	20,3 %	33,4 %
NMC [4:4:2]	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub>	96,2	7,2 %	24,4 %	22,9 %	12,3 %	33,3 %
NMC [5:3:2]	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub>	96,6	7,2 %	30,4 %	17,1 %	12,2 %	33,1 %
NMC [6:2:2]	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub>	96,9	7,1 %	36,2 %	11,3 %	12,1 %	32,9 %
NMC [8:1:1]	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub>	97,3	7,1 %	48,3 %	5,6 %	6,1 %	32,9 %
NCA	Li(NiCoAl)O <sub>2</sub>	96,1	7,2 %	48,9 %	0,0 %	9,2 %	33,3 %

**Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxide (NCA):**

Die Eigenschaften von NCA-Kathoden sind vergleichbar zu NMC-Kathoden. Die thermische Stabilität ist im Vergleich zu NMC geringer bei gleichzeitig höheren Produktionskosten. Auch dieser Typ kann im Bereich Automotive eingesetzt werden. So basieren z. B. die Lithiumzellen in Modellen des Herstellers Tesla auf dieser Technologie.

**Lithium-Mangan-Oxide (LMO):** Dieser Typ wird seit etwa 1996 kommerziell genutzt. Während LCO-Kathoden eine planare Struktur aufweisen, handelt es sich bei LMO-Kathoden um dreidimensionale Strukturen (Spinell). Dadurch wird der Ladungstransport innerhalb der LIB deutlich verbessert. Somit sinkt der innere Widerstand und diese Zellen können schneller geladen werden.

Weiterhin zeichnen sich Zellen auf Basis von LMO-Kathoden durch eine höhere thermische Stabilität und somit Sicherheit aus. Durch die Variation des Chemismus und die Kombination mit anderen Kathodentypen kann eine vielseitig nutzbare Batterietechnologie hergestellt werden. Einige Autohersteller verwenden daher in ihren Fahrzeugen Batterien, die eine Kombination aus LMO-Zellen (Schnellentladung) und NMC-Zellen (Kapazität) darstellen.

**Lithium-Eisen-Phosphate (LFP):** LIB, basierend auf LFP, zeichnen sich durch eine hohe Stromabgabe und Stabilität bezogen auf die Ladezyklen aus. Darüber hinaus ist ihre thermische Stabilität sehr gut. Da die spezifische Energiedichte jedoch nur mittelmäßig ist, eignet sich diese Technologie nicht für reine E-Antriebe, jedoch könnte sie eine Alternative für Starterbatterien und ESS-Applikationen darstellen. Kommerziell genutzt werden solche LIB seit etwa 2000. Weiterführende Informationen zur LIB sind in SCHMIDT (2017) zusammengefasst.

**Nickel-Metallhydrid- und Nickel-Cadmium-Akkumulatoren (NiMH u. NiCd):** NiMH- und NiCd-Akkumulatoren kommen vor allem dort zum Einsatz, wo hoher Strombedarf besteht. Insbesondere NiCd-Batterien kommen nur in ausgewählten Nischen, wie bspw. in ferngesteuertem Spielzeug, Notbeleuchtungsanlagen und einigen elektrischen Werkzeuggruppen zum Einsatz.

NiMH- und NiCd-Batterien wurden in den letzten Jahren vor allem in 3C-Anwendungen durch LIB

so gut wie vollständig verdrängt. NiMH-Batterien kommen aufgrund ihrer höheren Energiedichte zunehmend auch in HEV und in Produkten wie E-Bikes und E-Trikes zum Einsatz.

**Weitere chemische Anwendungen**

Neben der Hauptanwendung von Kobaltoxid in LCO-LIB finden **Kobaltoxide** auch in der Glas-, Email- und Keramikindustrie als Färbemittel Verwendung. Kobaltoxid ist das Ausgangsmaterial für unterschiedliche Katalysatoren und findet Anwendung in Kobalt-Molybdän-Katalysatoren (CoMoX), die für die Entschwefelung von raffinierten Erdölzerzeugnissen erforderlich sind. Auch bei der Fischer-Tropsch-Synthese kommt Kobaltoxid als Katalysator für GTL-Prozesse („Gas to Liquid“) zur Anwendung.

**Kobaltkarbonat** findet ebenfalls Anwendung als Färbemittel bzw. Entfärber in der Glasindustrie. Des Weiteren wird es als Ausgangsstoff zur Herstellung von anderen Kobaltsalzen benutzt und kommt als Mineralstoffergänzung in Futtermittel für die Tierzucht zum Einsatz.

**Kobaltacetat** hat sein Hauptanwendungsgebiet als Katalysator bei der Herstellung von Vorstufen (Terephthalsäure und Dimethylterephthalat) für die Herstellung von Polyesterfasern für die Textilindustrie und PET-Flaschen. Ferner dient es auch in der Galvanotechnik für die Herstellung von Kobalt-Decküberzügen sowie als Farbstoff bei der Behandlung von Aluminium. Auch **Kobaltchlorid** hat ein breites Anwendungsfeld und kommt in der Galvanotechnik, in der keramischen Industrie und Glasindustrie sowie als Zuschlagsstoff in Tierfutter und bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte zum Einsatz.

**Kobaltoxalat** findet vor allem in der Metallurgie Anwendung, wo es als Ausgangsstoff zur Herstellung von Kobalt-Pulvern genutzt wird. **Kobaltnitrat** wird hauptsächlich zur Herstellung von Katalysatoren für die Erdölindustrie benutzt. Auch für die Pigmentherstellung, Tinten und bei der Ton- und Porzellanherstellung wird es verwendet.

**Kobaltcarbonyl** haben vor allem als Katalysator Bedeutung erlangt und spielen eine wichtige Rolle in der chemischen Industrie (BARTHOLOMÉ et al. 1997).

### Superlegierungen

Superlegierungen sind der wichtigste Verwendungsbereich für Kobaltmetall. Bezogen auf die Gesamtnachfrage nach Kobalt entfielen im Jahr 2017 rund 16,5 % auf Superlegierungen (Abb. 12). Hochtemperaturbeständige Legierungen auf Kobaltbasis haben je nach Verwendungszweck eine sehr komplizierte Zusammensetzung und kommen aufgrund ihrer Eigenschaften vor allem in der Luftfahrt zum Einsatz, vor allem für die Leitschaufeln der ersten Turbinenstufe, für Turbinenschaufeln sowie für flächige Bauteile der Abgaskanäle und Brennerauskleidung. Daneben kommen kobalthaltige Superlegierungen in Rennfahrzeugen und Schiffen sowie in industriellen Anlagen zum Einsatz, in denen hohe mechanische Beständigkeit und gutes Heißkorrosionsverhalten erforderlich sind (z. B. in der Petrochemie und für Industrieöfen) (BARTHOLOMÉ et al. 1997).

### Schnellarbeitsstahl (HSS)

Schnellarbeitsstahl (High Speed Steel – HSS) bezeichnet eine Gruppe legierter Werkzeugstähle mit bis zu 30 % Anteil an karbidbildenden Legierungselementen wie Wolfram, Molybdän, Vanadium, Kobalt, Nickel und Titan. Die Kobaltgehalte von HSS liegen abhängig von Hersteller und Güte in der Regel zwischen 0,6 und 2,6 % Kobalt.

HSS-Werkstoffe zeichnen sich durch große Härte, Verschleißfestigkeit und einer Warmfestigkeit bis 600 °C aus. Sie werden hauptsächlich in der spanenden Fertigung auf Werkzeugmaschinen

als Schneidstoff für Werkzeuge verwendet. Aufgrund ihrer Eigenschaften ermöglichen sie höhere Schnittgeschwindigkeiten als niedriglegierte Werkzeugstähle. Gegenüber modernen Hartmetall- oder Keramik-Schneidplatten sind die Schnittgeschwindigkeiten bei HSS-Werkzeugen zwar wesentlich niedriger, aber sie sind weit unempfindlicher gegen Stöße und Schwingungen, die bei härteren Schneidwerkstoffen zu Brüchen führen können. HSS-Schneidwerkzeuge werden gewöhnlich als Bohrer, (Spiralbohrer, Zentrierbohrer), in Gewindefräsköpfen, Sägeblättern, Fräsern, Drehmeißeln und Wendeschneidplatten eingesetzt.

### Karbide und Diamantwerkzeuge

Kobalt kommt in Hartmetallwerkzeugen in Form von extrem harten, hitzebeständigen und verschleißfesten Legierungen zum Einsatz. Hartmetalle werden vor allem aus Wolframkarbid hergestellt, Kobalt (und/oder Nickel) dient als metallisches Bindemittel. Auf diesen Anwendungsbereich entfielen im Jahr 2017 rund 8,5 % der Kobaltgesamtnachfrage (Abb. 12).

Hartmetalle werden in einer Vielzahl von verschleißfesten Anwendungen eingesetzt, angefangen bei Kugeln für Kugelschreiber bis Warmwalzen für Stahl-Walzwerke, in Verschleißteilen, in Werkzeugen für die spanlose Umformung und Schneidwerkzeugen für Gusseisen und NE-Legierungen. Hauptabnehmer sind der Maschinenbau, die metallverarbeitende Industrie, der Bausektor und der Bergbausektor (Bohrkronen).

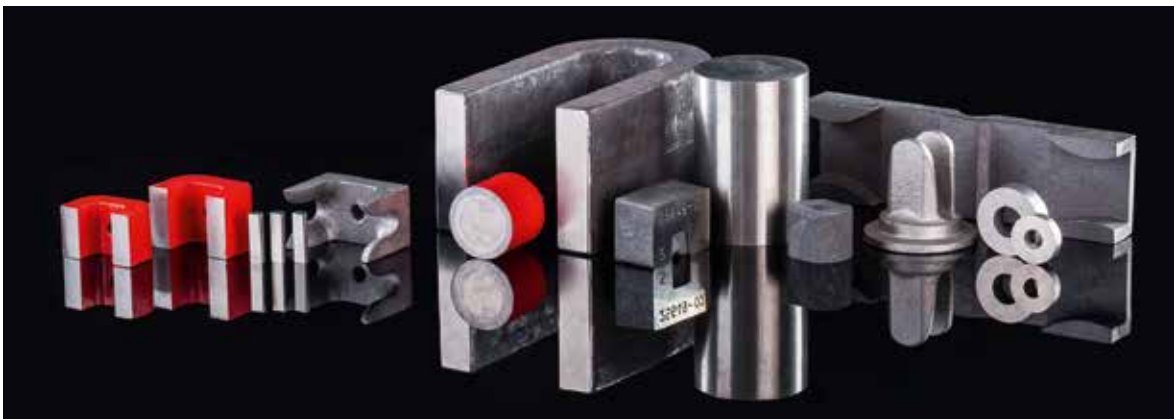


Abb. 15: Produktpalette von AlNiCo-Magneten (mit freundlicher Genehmigung der GMB Deutsche Magnetwerkstoffe GmbH).



### **Magnete**

Dank seiner ferromagnetischen Eigenschaften wird Kobalt zur Herstellung von Magneten verwendet. Rund 5 % der Gesamtnachfrage entfielen 2017 auf diesen Anwendungsbereich (Abb. 12). Die auf Eisen, Aluminium, Nickel und Kobalt basierenden AlNiCo-Magnete (Abb. 15) kommen in zahlreichen Applikationen zum Einsatz und stellen von allen Magnetwerkstoffen die mit der geringsten Temperaturempfindlichkeit dar.

AlNiCo-Magnete können im Guss- oder Sinterverfahren hergestellt werden. Im Rahmen des Gussverfahrens werden die Ausgangsmaterialien geschmolzen und anschließend in Sand- oder Feingussformen gegossen.

Beim Sinterverfahren werden die Pulver der Ausgangsmaterialien zunächst gemischt, in das Matrizenhohl eines Presswerkzeuges gefüllt und danach zu Formkörpern verpresst. Anschließend werden die Teile unter Schutzgas oder im Vakuum bei Temperaturen von etwa 1300 °C gesintert. Durch diesen Prozess entstehen die gewünschte Legierung und die Verdichtung des Formkörpers. Im Anschluss daran werden die Magnete verschiedenen Warmbehandlungen unterzogen, um die elementare Struktur weiter auszurichten und zu festigen. Der Temperatureinsatzbereich von AlNiCo-Magneten liegt abhängig von der Magnetzusammensetzung zwischen 450 und 525 °C (THYSSENKRUPP MAGNETTECHNIK 2018a).

Weiter kommt Kobalt in Samarium-Kobalt-Permanentmagneten (SmCo) zum Einsatz. Der Temperatureinsatzbereich von SmCo-Magneten liegt abhängig von der Magnetzusammensetzung zwischen 250 und 350 °C (THYSSENKRUPP MAGNETTECHNIK 2018b). Zusammen mit Neodym-Eisen-Bor (NdFeB)-Magneten kommen SmCo-Permanentmagnete in diversen Anwendungen wie bspw. Satellitensystemen, Festplatten und Sensoren zum Einsatz.

### **Weitere metallische Anwendungen**

Kobalt findet weiterhin Anwendung in der Oberflächenveredelung/Oberflächenhärtung, bei der ein korrosions- und verschleißbeständigeres Material auf eine weniger haltbare Oberfläche aufgetragen wird („hard facing“). Zum Aufbringen der Hart-

auftragsschicht werden in der Regel thermische Spritz-, Sprüh- und Schweißprozesse eingesetzt.

Bei der Herstellung von synthetischen Diamanten mittels des Hochdruck-Hochtemperaturverfahrens (HPHT) kommt Kobalt als Lösungsmittelmetall zum Einsatz.

## 2 Risikobewertung

### 2.1 Datenbasis

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird der Zeitraum 1967 bis 2017 betrachtet. Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich sämtliche Angaben auf das Jahr 2017. Die Datenbasis für den Handel ist das Jahr 2016.

Wichtige Datengrundlage der vorliegenden Rohstoffrisikostudie bildet das Fachinformationssystem Rohstoffe der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR 2018) mit Zeitreihen zur weltweiten Bergwerksförderung, zu Vorräten sowie Preisinformationen und ein Volltextarchiv, in dem relevante Artikel aus einschlägigen Fachzeitschriften sowie der Tagespresse kontinuierlich abgelegt werden.

Informationen zu aktuellen Explorations- und Bergbauprojekten basieren auf eigenen Recherchen im Fachinformationssystem der BGR und im Internet, hier insbesondere auf den Internetseiten der Bergbauunternehmen (Jahresberichte, Firmenpräsentationen, Fact Sheets, News Releases), sowie in kostenpflichtigen Datenbanken.

Bei den Daten zur Jahresförderkapazität neuer Bergbauprojekte und Betriebserweiterungen handelt es sich um Planzahlen der Explorations- und Bergbauunternehmen. Häufig werden geplante Bergbauvorhaben nicht umgesetzt bzw. der Zeitpunkt

der Inbetriebnahme eines neuen Bergwerks wird verschoben oder die angekündigten Kapazitäten werden nicht erreicht.

### 2.2 Preisentwicklung und -risiken

Kobalt wird am Weltmarkt in einer Reihe von Formen und Qualitäten gehandelt. Handelsübliche Metallprodukte sind Kathodenkobalt in unterschiedlichen Formen („briquettes“, „rounds“, „broken cathode“, „cut cathode“) mit Gehalten von 99,3 % Co bis 99,9 % Co sowie Kobaltpulver. Nornickel stellte die Produktion von Kobalt-Ingots im Jahr 2016 ein und produziert seitdem Kathodenkobalt (99,8 % Co minimum, „cut cathode“) und Kobaltsulfat. Weltweit werden seitdem keine Kobalt-Ingots mehr produziert.

Neben Kathodenkobalt werden Kobaltverbindungen in unterschiedlichen Qualitäten, überwiegend in Form von Pulvern, Salzen und Chemikalien gehandelt. Es existiert eine Reihe von kommerziellen Informationsdienstleistern für Rohstoffpreise, welche Preise für diverse Kobaltverbindungen erheben und kostenpflichtig anbieten. Unabhängig davon werden die Preise für viele Kobaltverbindungen zwischen Produzenten, Händlern und Endabnehmern individuell und abhängig von den geforderten Produktqualitäten und Spezifikationen ausgehandelt.

Die London Metal Exchange (LME) bietet seit dem Jahr 2010 den Handel mit Terminkontrakten auf

**Tab. 6: Marken und Hersteller für LME-Kobalt (LME 2018).**

Land	Marke	Hersteller	Form
Kanada	VALE ELECTROLYTIC COBALT ROUNDS	Vale Canada Limited	Rounds
China	CASH	Yantai Cash Industrial Co., Ltd.	Cathodes (Cut)
	GOLDEN CAMEL 9995	Jinchuan Group Co., Ltd.	Cathodes (Cut)
	KLK 9995	GEM (Jiangsu) Cobalt Industry Co Ltd.	Cathodes (Cut)
Finnland	FC COARSE COBALT POWDER S1 d200/1000	Freeport Cobalt Oy	Coarse grain powder
Japan	SMM CO 99.8%	Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.	Cathodes (Cut)
Marokko	CMBA (produced on or after 26 April 2011)	CTT – Compagnie de Tifnout Tiranimine	Cathodes (Broken)
Sambia	CMA	Chambishi Metals Plc.	Cathodes (Broken)
	CMP	Chambishi Metals Plc.	Cathodes (Broken)

Kobalt an. Seit Januar 2018 liegt als Spezifikation Kobaltmetall mit mindestens 99,8 % Co zugrunde („briquettes“, „rounds“, „broken & cut cathodes“, „coarse grained powder“). Rohstoff-Futures werden in Kontrakten („Lot size“) gehandelt. Die Standardgröße wird von der LME festgelegt und beträgt im Fall von Kobalt eine Tonne  $\pm 2\%$  Toleranz. Die von der LME derzeit genehmigten Marken sind in Tab. 6 zusammengefasst. Die Preisermittlung für Kobalt an der LME erfolgt einmal täglich im Ringhandel. Insgesamt neun Handelshäuser (Kategorie 1) sind für den Ringhandel zugelassen (LME 2018).

### Preisentwicklung

#### Kobalterz und -konzentrat

Für Kobalterz und -konzentrat (6–8 % Co CIF, US\$/t Co-Inh.) liegen Daten für den Zeitraum Juni 2011 bis Mai 2018 vor (Abb. 16). Der Kobaltinhalt im Konzentrat ist hier die Preisgrundlage. Im Dezember 2015 bildete der Preis ein Verlaufstief bei 14.764 US\$/t aus. Insbesondere seit Dezember 2016 ist ein markanter Preisanstieg zu verzeichnen und die Preise verdreifachten sich inner-

halb von knapp zwei Jahren. Lag der Preis pro Tonne im Mai 2016 noch bei ca. 16.000 US\$, so stieg er im Mai 2018 auf ein Allzeithoch von rund 73.000 US\$ (Abb. 16).

#### Preise für Kobaltmetall

Die politische und wirtschaftliche Destabilisierung der DR Kongo hatte bereits in der Vergangenheit (Ende der 1970er/Anfang der 1980er und 1990er Jahre) zu deutlichen Preispeaks (Abb. 17) und zu einer vergleichsweise hohen Preisvolatilität (Abb. 20) bei Kobalt geführt.

Der Preisanstieg für Kobaltmetall (*High grade, min. 99,8 %, free market, in warehouse*) ab dem Jahr 2006 ist vor allem auf die steigende Nachfrage aus China, verbunden mit einem Angebotsdefizit verursacht durch leichte Produktionsrückgänge in den Jahren 2006 und 2007, zurückzuführen, welche durch die Finanzmarktkrise 2008/2009 abrupt einbrach (Abb. 17). Im Jahresdurchschnitt lagen die Kobaltpreise 2008 bei 84.892 US\$/t und erreichten im Monatsdurchschnitt März 2008 Spitzenwerte von 112.790 US\$/t, bevor die Preise im Jahresdurchschnitt 2009 auf 38.028 US\$/t und damit auf das Niveau von 2006 zurückfielen.

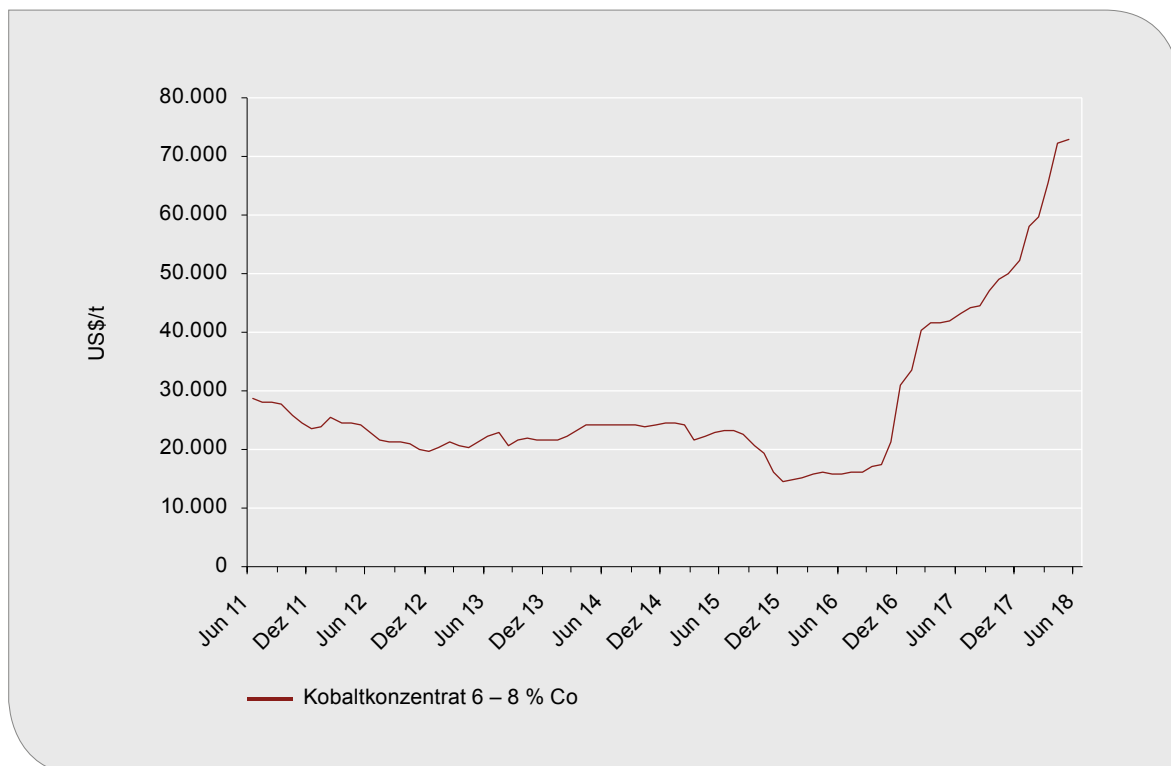
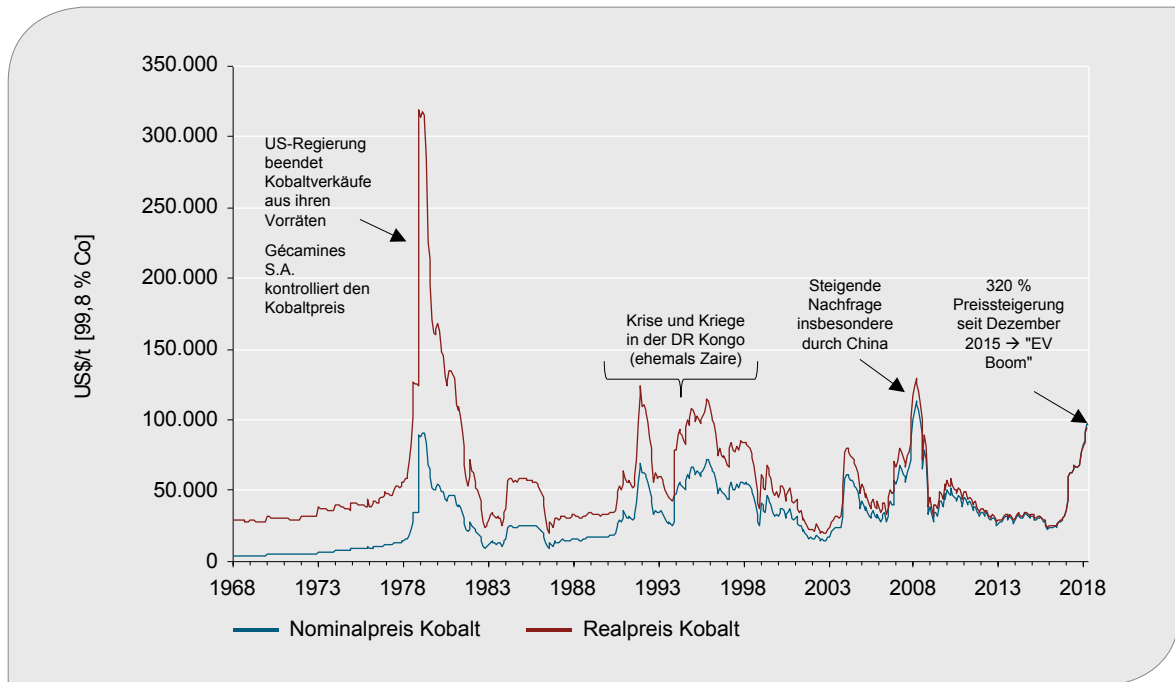
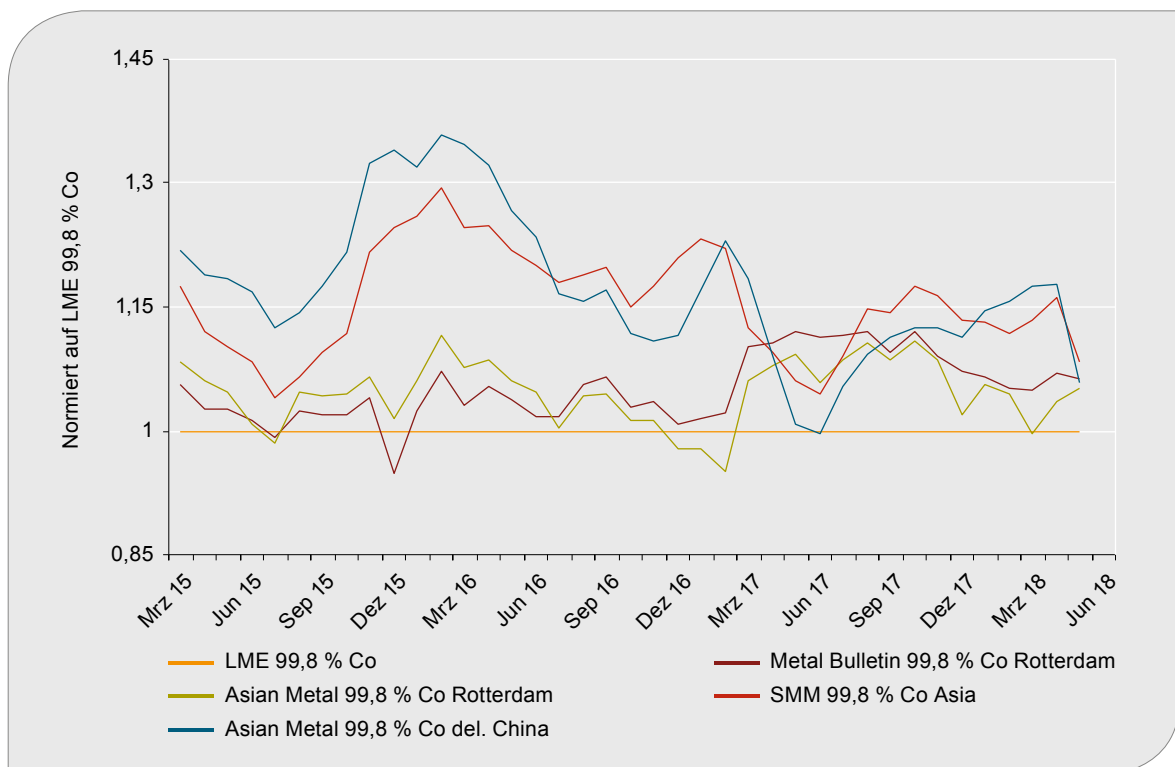


Abb. 16: Preisentwicklung von Kobalterz und -konzentrat (6–8 % Co CIF, US\$/t Co-Inh.) für den Zeitraum Juni 2011 bis Mai 2018 (Datenquelle: ASIAN METAL 2018).



**Abb. 17:** Nominale und reale Preisentwicklung der Monatsdurchschnittspreise für Kobaltmetall (High grade, min. 99,8 %, free market, in warehouse) in US\$/t von 1968 bis 2018. Die Realpreise sind mit dem Consumer-Price-Index der USA (CPI) (2017 = 100) deflationiert (Datenquelle: BGR 2018).



**Abb. 18:** Kobaltpreise (min. 99,8 % Co) unterschiedlicher Anbieter normiert auf den LME-Kobaltpreis (min. 99,8 %, cash, in LME warehouse) von März 2015 bis Mai 2018 (Datenquellen: ASIAN METAL 2018, METAL BULLETIN 2018, SHANGHAI METAL MARKETS 2018, LME 2018).

Im Dezember 2015 markierte der Kobaltpreis mit 22.780 US\$/t ein markantes Verlaufstief und stieg im Jahresverlauf 2016 zunächst kontinuierlich auf knapp 32.000 US\$/t an. Der Jahresverlauf 2017 und 2018 war durch kontinuierlich deutliche Preissteigerungen gekennzeichnet und führte im April 2018 zu einem Verlaufshoch bei 96.981 US\$/t. Von seinem Dezembertief im Jahr 2015 stieg der Kobaltpreis in der Spitze bisher um 326 % an. Im Mai 2018 notierte der Preis bei knapp 96.000 US\$/t, was einem Preisaufschlag von etwa 35 % gegenüber dem Jahresdurchschnittspreis 2017 entspricht.

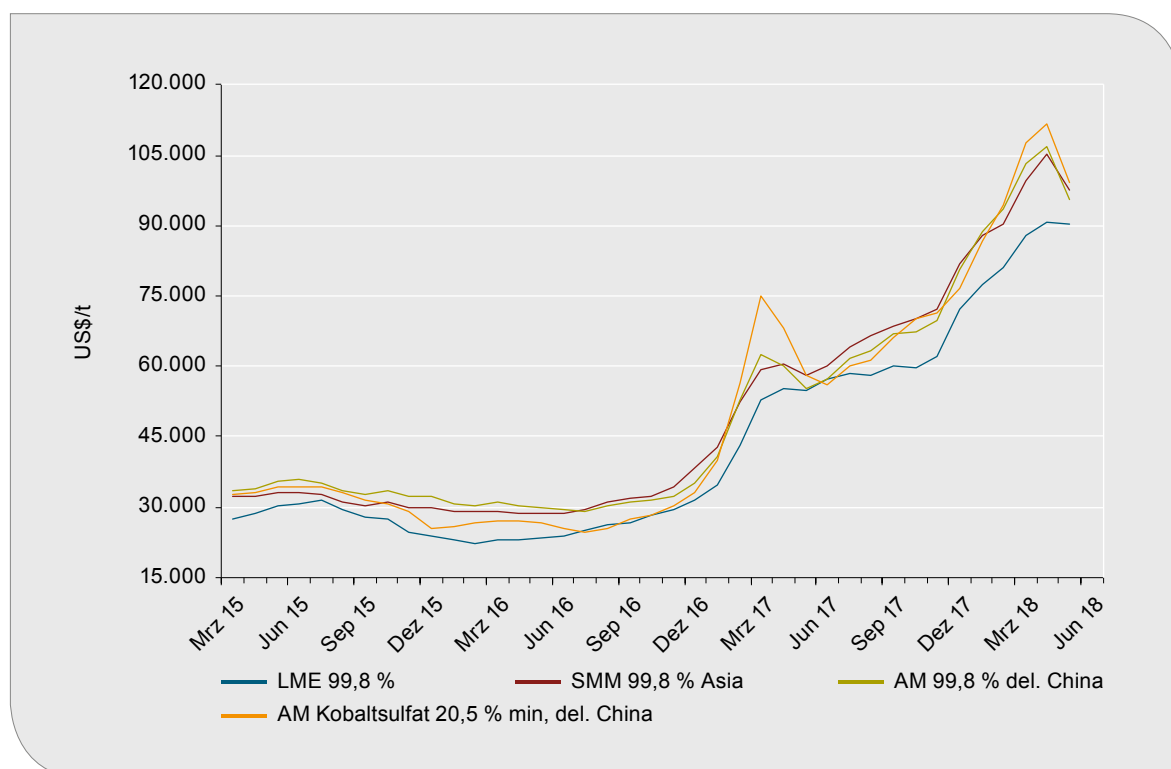
Abb. 18 zeigt die Kobaltpreise (min. 99,8 % Co) unterschiedlicher Anbieter für den asiatischen Raum und Europa normiert auf den LME-Kobaltpreis (*min. 99,8 %, cash, in LME warehouse*) für den Zeitraum März 2015 – Mai 2018. Insbesondere die Preise für den asiatischen Raum liegen für den Zeitraum März 2015 – Mai 2018 deutlich über den LME-Preisen und stiegen nach einer Annäherung an den hier gewählten Referenzpreis im Juni 2017 wieder deutlich an. Die Preise für

in Europa gehandeltes Kobaltmetall (min. 99,8 % Co) schwanken für den Zeitraum März 2015 – Mai 2018 um den LME-Kobaltpreis. Eine Steigerung ist hier für den Zeitraum März 2017 – November 2017 zu beobachten, bevor sich die Preise wieder annähern.

#### Kobaltsulfat

Für Kobaltsulfat (Cobalt Sulfate 20,5 % min, del. China) liegen Preisdaten für den Zeitraum März 2015 bis Mai 2018 vor. Die Preise für Kobaltsulfat wurden zur besseren Vergleichbarkeit mit Monatsdurchschnittspreisen in US\$/t und auf 99,8 % Co-Inh. umgerechnet (Abb. 19).

Für den abgebildeten Zeitraum ist ein Gleichlauf der asiatischen und europäischen Kobaltpreise zu beobachten, wobei die Preise für Kobaltmetall auf dem asiatischen Markt kontinuierlich über dem LME-Preis liegen. Im Juli 2016 verzeichnete der Preis von Kobaltsulfat ein Verlaufstief bei 24.570 US\$/t und hat sich seitdem mehr als verdreifacht. Ein markantes Verlaufshoch erreichte der Kobaltpreis im März 2017 mit knapp 75.000 US\$/t



**Abb. 19: Kobaltpreisentwicklung von März 2015 bis Mai 2018 für Kobaltmetall (min. 99,8 % Co, unterschiedliche Anbieter) im Vergleich zur Entwicklung des Kobaltsulfatpreises (Cobalt Sulfate 20,5 % min, del. China, umgerechnet auf 99,8 Co-Inh.) (Datenquellen: ASIAN METAL 2018, SHANGHAI METAL MARKETS 2018, LME 2018).**

und stieg damit signifikant über die Metallpreise für Kobalt an. Ein weniger ausgeprägter Anstieg über die Metallpreise ist seit Februar 2018 zu beobachten. Zuletzt hatten sich die Preise für Kobaltsulfat und Kobaltmetall für den asiatischen Raum wieder angenähert (Abb. 19).

### Preisvolatilität

Eine hohe Preisvolatilität ist charakteristisch für Rohstoffe, bei denen der größte Teil des Angebots aus der Beiprodukterzeugung eines Hauptwertmetalls stammt und die Primärförderung auf wenige Bergbauländer verteilt ist.

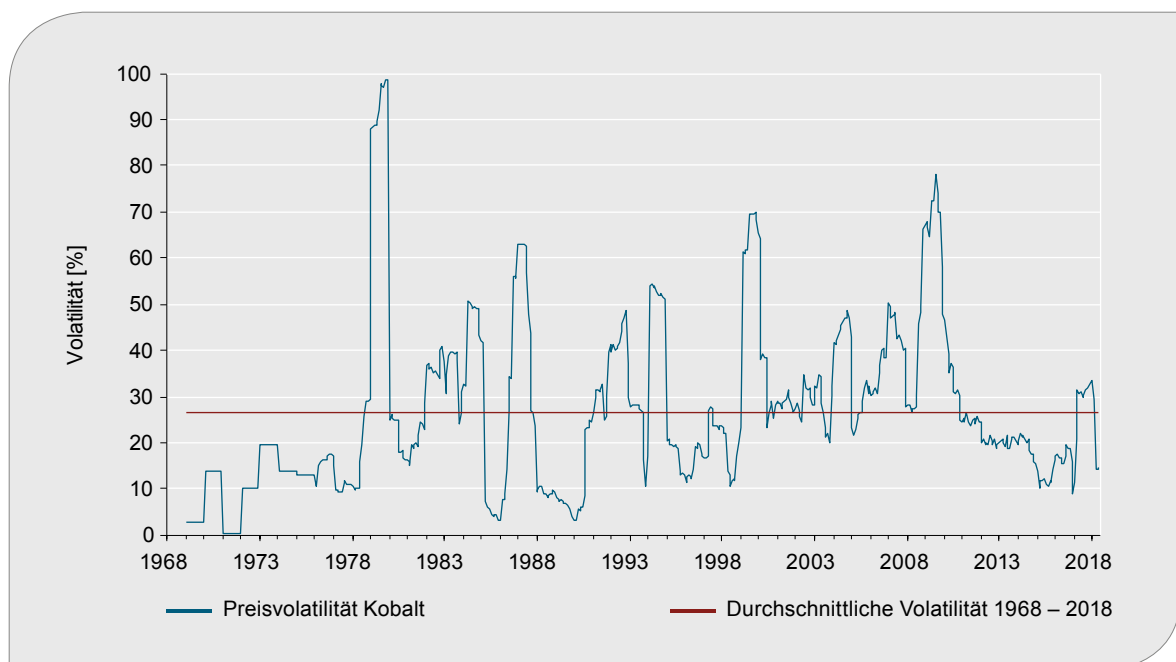
Die Volatilität des Kobaltmetallpreises (*High grade, min. 99,8 %*) für den Zeitraum 1968–2018 schwankt im betrachteten Zeitraum zum Teil beträchtlich (Abb. 20). Die gemittelte Preisvolatilität (1969–05/2018) liegt bei 26,6 %. Im Jahr 1979 lag die Jahresdurchschnittsvolatilität bei 93,6 % und erreichte damit im betrachteten Zeitraum einen Höchstwert. Die Jahre 2008–2010 waren ebenfalls durch eine vergleichsweise hohe Preisvolatilität gekennzeichnet, bevor die Volatilität ab November 2010 bis einschließlich 2016 unter das langfristige Mittel zurückfiel. Für das Jahr 2016

ergibt sich eine gemittelte Volatilität von lediglich 16,6 %, die im Jahresverlauf 2017 auf durchschnittlich 28,9 % anstieg. Die geringe Schwankungsbreite des Kobaltpreises seit Jahresbeginn 2018 hat zu einem Rückgang der Volatilität auf 21,4 % geführt.

## 2.3 Angebot

### 2.3.1 Bergwerksförderung Kobalt

Im Jahr 2017 wurden weltweit etwa 118.500 t Kobalt (Co-Inh.) durch Bergwerksförderung gewonnen (Tab. 7, Abb. 21). Das größte Förderland war mit etwa 76.000 t Co-Inh. die DR Kongo (Marktanteil 64 %). Es folgte bereits mit großem Abstand Russland mit rund 5.500 t Co-Inh. (Marktanteil 4,6 %). Weitere wichtige Förderländer von Kobalt sind in Tab. 7 zusammengefasst. Auf die Kategorie „Weitere Länder“ entfielen im Jahr 2017 lediglich rund 1.800 t Co-Inh., die in den Ländern Indonesien, Simbabwe, USA und Vietnam gefördert wurden. Brasilien war bis 2016 ebenfalls ein wichtiger Kobaltproduzent, hat die Förderung aufgrund der niedrigen Nickelpreise aber derzeit eingestellt.



**Abb. 20: Historische Jahresvolatilität für die Monatsdurchschnittspreise von Kobaltmetall (*High grade, min. 99,8 %, MB free market, in warehouse*) für den Zeitraum 1968–2018 (Datenquelle: BGR 2018).**

Tab. 7: Bergwerksförderung von Kobalt (Datenquelle: BGR 2018, CRU 2018).

Bergwerksförderung [t Co-Inhalt]					
Land	1997	2007	Weltanteil 2007 [%]	2017	Weltanteil 2017 [%]
Kongo, DR	4.000	25.400	35,9	75.931	64,1
Russische Föderation	4.000	4.700	6,6	5.500	4,6
Australien	3.000	4.730	6,7	4.982	4,2
Kuba	2.358	4.549	6,4	4.602	3,9
Philippinen	0	1.000	1,4	4.100	3,5
Madagaskar	0	0	0,0	3.666	3,1
Kanada	5.709	8.692	12,3	3.607	3,0
Papua-Neuguinea	0	0	0,0	3.308	2,8
Neukaledonien	1.000	1.920	2,7	2.780	2,3
Marokko	714	1.800	2,5	1.851	1,6
Sambia	5.126	7.500	10,6	1.800	1,5
Südafrika	318	294	0,4	1.800	1,5
China	466	6.100	8,6	1.788	1,5
Finnland	0	115	0,2	987	0,8
Weitere Länder <sup>1</sup>	3.067	3.880	5,5	1.821	1,5
<b>Welt</b>	<b>29.758</b>	<b>70.680</b>	<b>100,0</b>	<b>118.523</b>	<b>100,0</b>

<sup>1</sup> 1997: Indonesien, Simbabwe, Botswana, Brasilien, Kasachstan; 2007: Indonesien, Simbabwe, Botsuana, Brasilien, Uganda; 2017: Indonesien, Simbabwe, USA, Vietnam

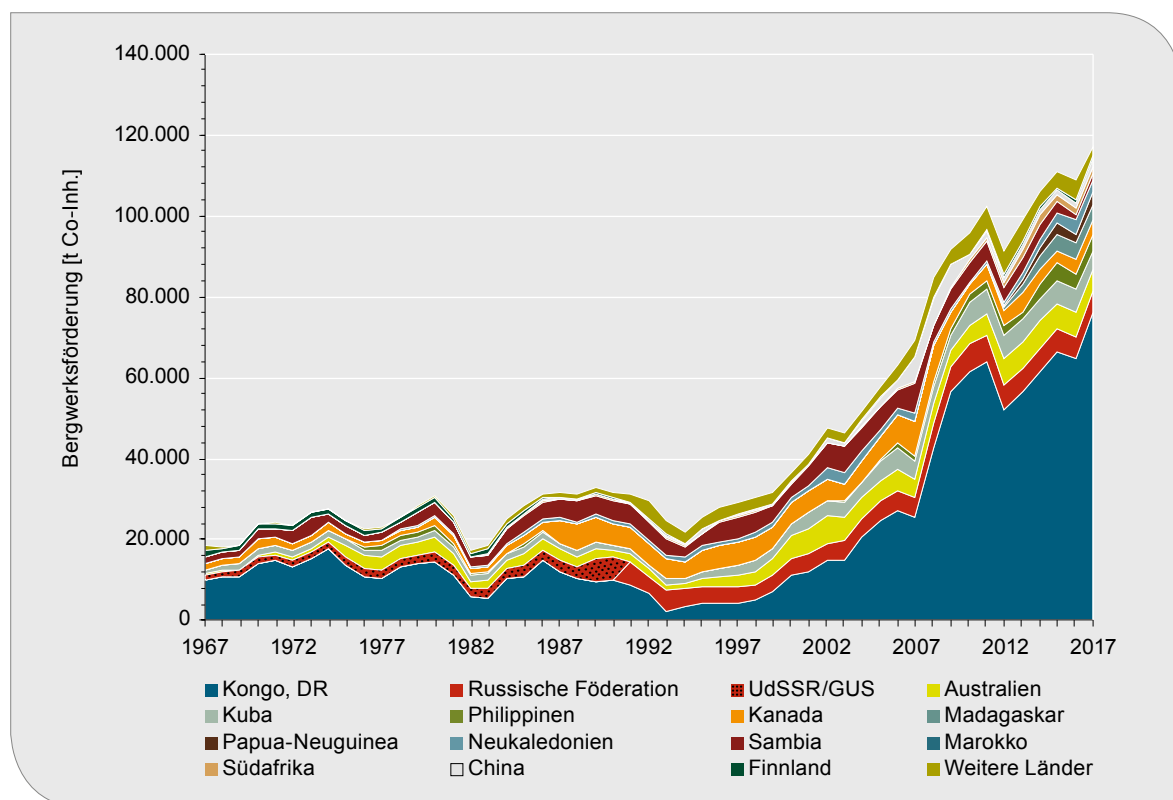
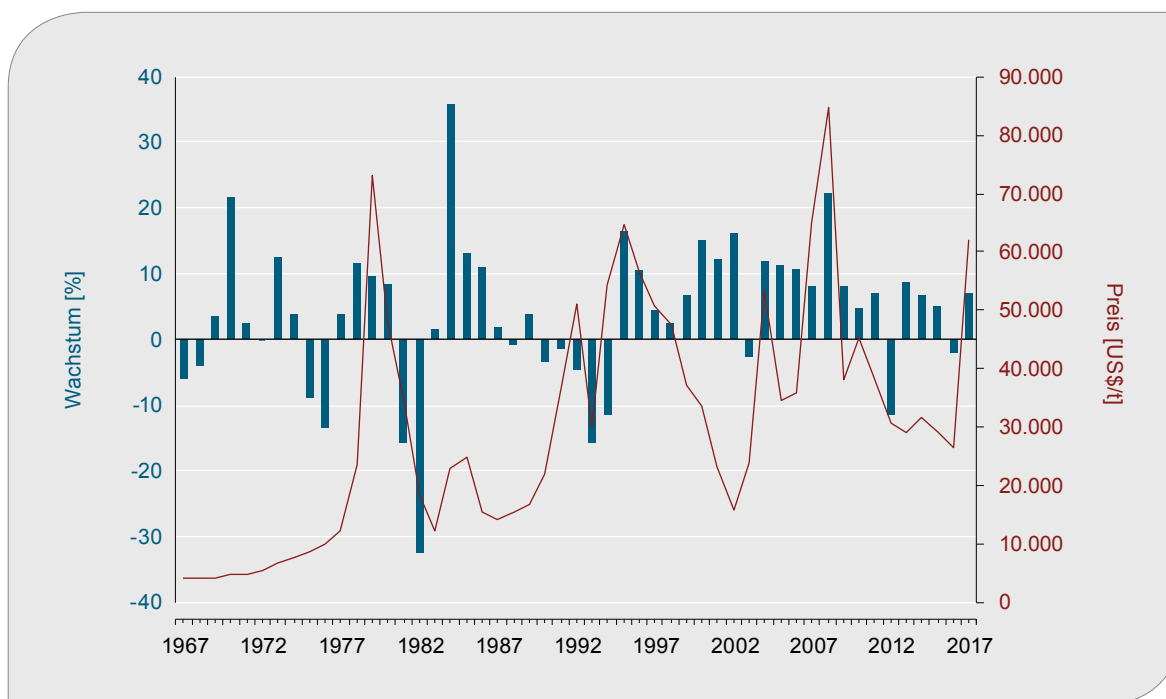


Abb. 21: Entwicklung der Bergwerksförderung von Kobalt zwischen 1967 und 2017 (Datenquelle: BGR 2018, CRU 2018).

**Tab. 8: Jährliche Wachstumsraten der Bergwerksförderung von Kobalt für ausgewählte Zeitintervalle ab 1967.**

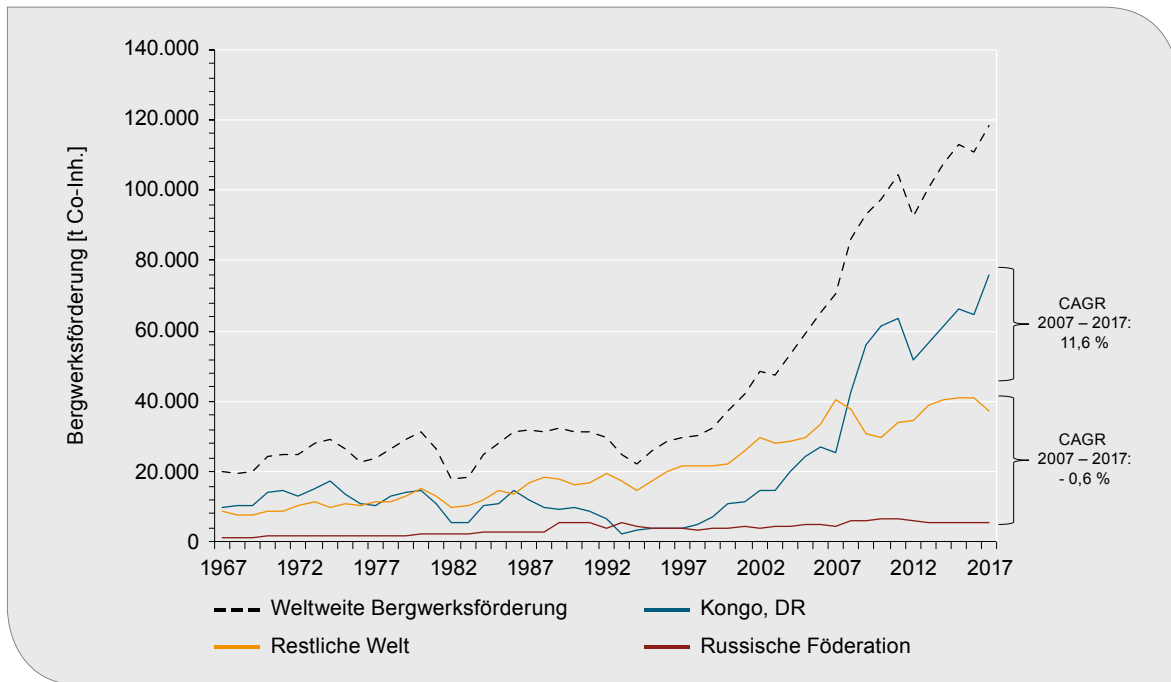
Jährliche Wachstumsraten der Bergwerksförderung [CAGR]					
Zeitraum	1967–2017	1967–1981	1982–2017	1995–2010	2011–2017
Kongo, DR	4,2 %	1,0 %	7,7 %	20,0 %	3,0 %
Russische Föderation (UdSSR/GUS) <sup>1</sup>	2,8 %	3,4 %	2,5 %	3,2 %	-3,2 %
Australien	7,3 %	23,6 %	3,5 %	5,4 %	0,1 %
Kuba	3,0 %	3,6 %	3,3 %	9,2 %	-4,6 %
Philippinen	–	–	6,4 %	–	11,0 %
Kanada	1,6 %	1,7 %	3,0 %	-5,3 %	-2,8 %
Madagaskar	–	–	–	–	–
Papua-Neuguinea	–	–	–	–	–
Neukaledonien	–	–	6,9 %	-3,7 %	22,0 %
Sambia	0,4 %	4,1 %	-0,9 %	3,3 %	-15,1 %
Marokko	0,1 %	-5,5 %	2,5 %	8,8 %	-3,1 %
Südafrika	–	–	10,6 %	8,3 %	14,1 %
China	–	–	–	1,5 %	3,7 %
Finnland	-1,2 %	-3,9 %	0,1 %	–	11,4 %
Weitere Länder	0,9 %	-3,6 %	2,5 %	4,6 %	-17,4 %
<b>Welt</b>	<b>3,6 %</b>	<b>2,0 %</b>	<b>5,5 %</b>	<b>9,3 %</b>	<b>2,1 %</b>

<sup>1</sup> UdSSR/GUS bis 1990



**Abb. 22: Jährliches Wachstum der Bergwerksförderung von Kobalt im Vergleich zum Nominalpreis von Kobalt für den Zeitraum 1967–2017 (Datenquelle: BGR 2018, CRU 2018).**





**Abb. 23: Entwicklung der Bergwerksförderung von Kobalt der Länder DR Kongo und Russland im Vergleich zur übrigen Welt zwischen 1967 und 2017 (Datenquelle: BGR 2018, CRU 2018).**

Im Jahr 1967 belief sich die Bergwerksförderung auf 20.060 t Co-Inh. und verteilte sich auf insgesamt neun Förderländer. Schon damals war die DR Kongo mit knapp 9.715 t Co-Inh. das weltweit größte Förderland.

Im Zeitraum 1976–1979 führte eine Reihe von Ereignissen zu einem drastischen Realpreisanstieg, in der Spitze auf 291.300 US\$/t im März 1979. Im Jahr 1976 beendete die US-Regierung die Kobaltverkäufe aus ihrer Lagerhaltung. In Verbindung mit dem hohen Kobaltpreis führte dies zu einer Steigerung der Bergwerksförderung in den Jahren 1978–1980, die jedoch 1982–1983 aufgrund einer deutlich geringeren Förderung in der DR Kongo direkt wieder einbrach. Erst seit dem Jahr 1995 ist, bis auf die Jahre 2003 und 2012, eine kontinuierliche Steigerung der weltweiten Bergwerksförderung zu verzeichnen (Abb. 22). Obwohl die globale Finanzmarktkrise in den Jahren 2008/2009 den Kobaltpreis deutlich einbrechen ließ (Abb. 17, s. Kap. 2.2), wirkte sich dies nicht direkt auf die globale Bergwerksförderung von Kobalt aus. Diese konnte von 86.300 t Co-Inh. im Jahr 2008 auf 93.200 t Co-Inh. im Jahr 2009 gesteigert werden. In diesem Zeitraum steigerte die DR Kongo die Bergwerksförderung um

13.800 t Co-Inh. bei einem gleichzeitigen Rückgang der Förderung in bspw. Australien und Kanada.

Vergleicht man die Entwicklung der kongolesischen Bergwerksförderung mit dem Rest der Welt, wird deutlich, dass insbesondere das Wachstum der Bergwerksförderung seit dem Jahr 2007 fast ausschließlich auf eine kontinuierliche Steigerung der Förderung in der DR Kongo zurückzuführen ist (Abb. 23). Das Land konnte zwischen 2007 und 2017 seine Bergwerksförderung um durchschnittlich jährlich 12 % steigern. Russland (2017: ca. 6.000 t Co-Inh.) und weitere Länder (2017: ca. 40.000 t Co-Inh.) liefern seit 2007 einen kontinuierlichen Beitrag zur Förderung, ohne jedoch in Summe deutliche Zuwächse verzeichnen zu können.

Von 1967 bis 2017 lag die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) der Weltbergwerksförderung von Kobalt bei 3,6 % (Tab. 8). Zwischen 1995 und 2010 stieg die globale Kobaltnachfrage und die Bergwerksförderung nahm im gleichen Zeitraum um durchschnittlich 9,3 % pro Jahr zu. Die höchsten Wachstumsraten (CAGR: 20 %) wies in diesem Zeitraum die DR Kongo auf, die

ihre Förderung von knapp 4.000 t Co-Inh. auf über 61.000 t Co-Inh. steigern konnte. Für den Zeitraum 2011 bis 2017 konnte das Land seine Bergwerksförderung insgesamt noch weiter ausbauen (2017: rund 76.000 t Co-Inh.), obwohl diese von 2011 auf 2012 kurzfristig um etwa 11.700 t Co-Inh. einbrach. Die größten Zuwächse verzeichneten in diesem Zeitraum jedoch Neukaledonien (22 %), Südafrika (14 %), die Philippinen (11 %) und Finnland (11 %) (Tab. 8).

### 2.3.2 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Bergwerksförderung

Etwa 63 % der Weltbergwerksförderung entfielen im Jahr 2017 auf die DR Kongo. Diese sehr hohe Länderkonzentration drückt sich auch im Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)<sup>1</sup> aus, der im Jahr 2017 mit > 4.000 Punkten im bedenklichen Bereich lag (Abb. 24).

<sup>1</sup> Für die Ermittlung des Konzentrationsgrads wird der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) berechnet (s. Anhang). HHI-Werte zwischen 1.500 und 2.500 werden als mäßig risikoreich bewertet, Werte > 2.500 gelten als bedenklich. Diese Einteilung gilt auch für die Firmenkonzentration (U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE 2015).

Die historische Entwicklung des HHI zeigt bereits zwischen 1967 und 1974 eine hohe Länderkonzentration, die zwischen 1974 und Mitte der 1990er Jahre sank und Tiefstwerte unter 1.500 erreichte (Abb. 24). Mit einem Anteil von etwa 36 % an der weltweiten Bergwerksförderung im Jahr 2007 leistete die DR Kongo im Vergleich zu heute einen deutlich geringeren Beitrag. Die deutliche Steigerung der Bergwerksförderung in der DR Kongo seit dem Jahr 2007 führte zu einem wesentlichen Anstieg des HHI auf über 4.000 Punkte im Jahr 2010, welcher sich seitdem im bedenklichen Bereich befindet.

Das auf den „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbank für 2016 (WORLD BANK 2018) und der Bergwerksförderung basierende gewichtete Länderrisiko (GLR, s. Glossar) der Weltbergwerksförderung von Kobalt lag 2017 mit einem Wert von -0,96 im kritischen Bereich. Für diese kritische Bewertung ist insbesondere der hohe Förderanteil der DR Kongo ausschlaggebend.

Die DR Kongo wurde im Jahr 2016 mit einem Länderrisikowert von -1,56 als Land mit hohem politischem Risiko eingestuft. Gegenüber dem Jahr 2007 (GLR = -0,46) hat sich das gewichtete Länderrisiko der Weltbergwerksförderung extrem verschlechtert.

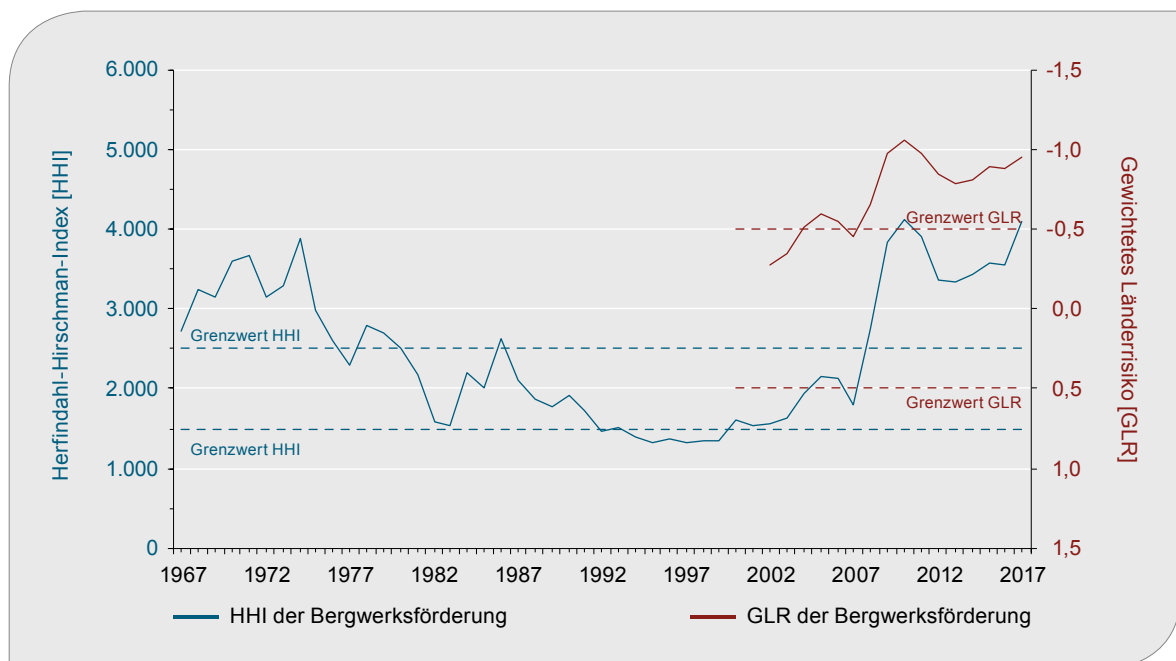


Abb. 24: Entwicklung der Länderkonzentration (HHI) und des gewichteten Länderrisikos (GLR) der Bergwerksförderung von Kobalt (Datenquelle: BGR 2018).

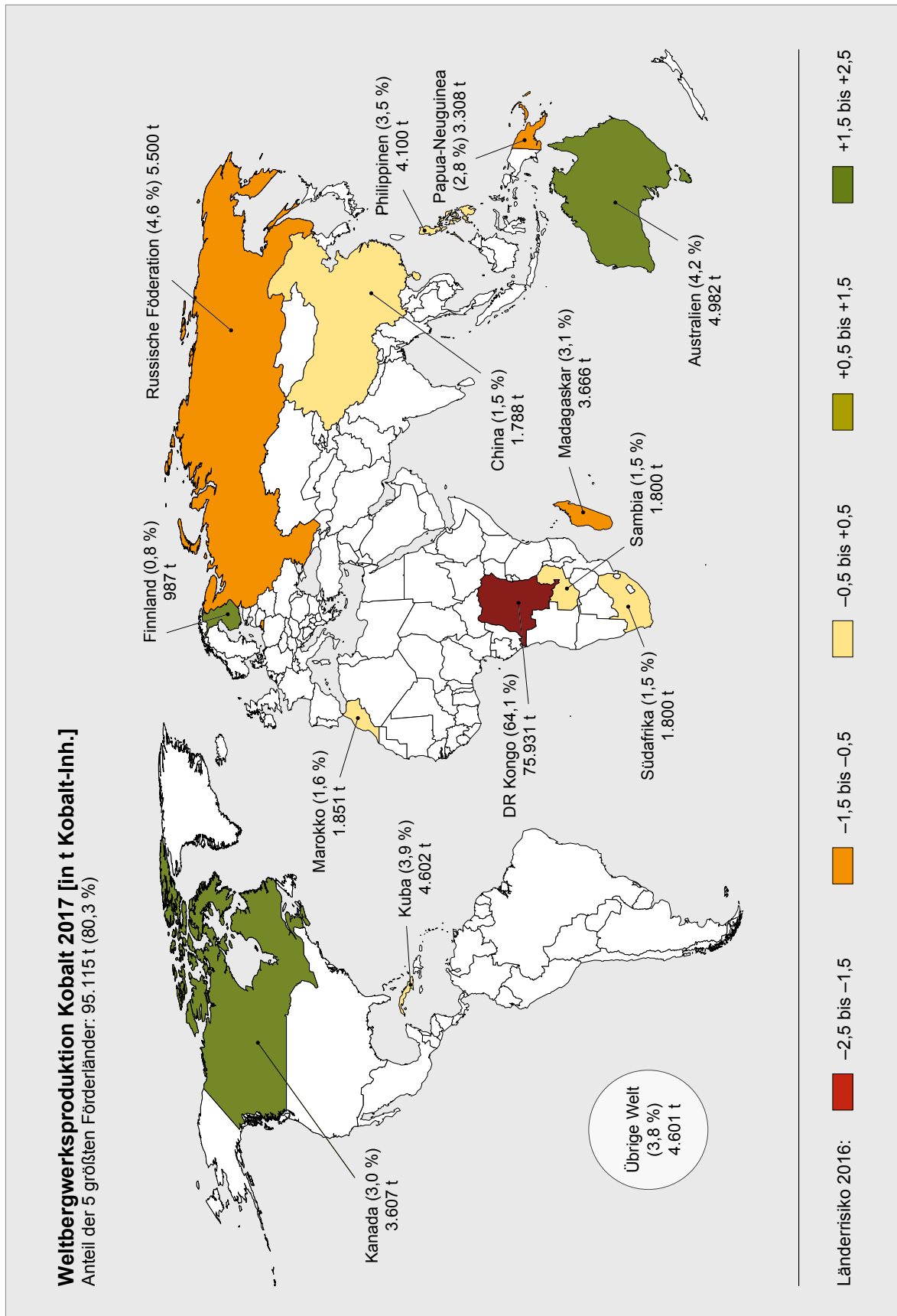


Abb. 25: Länder mit einer Bergwerksförderung von Kobalt im Jahr 2017 und deren Länderrisiko für das Jahr 2016 (Datenquelle: BGR 2018, CRU 2018, WORLD BANK 2018).

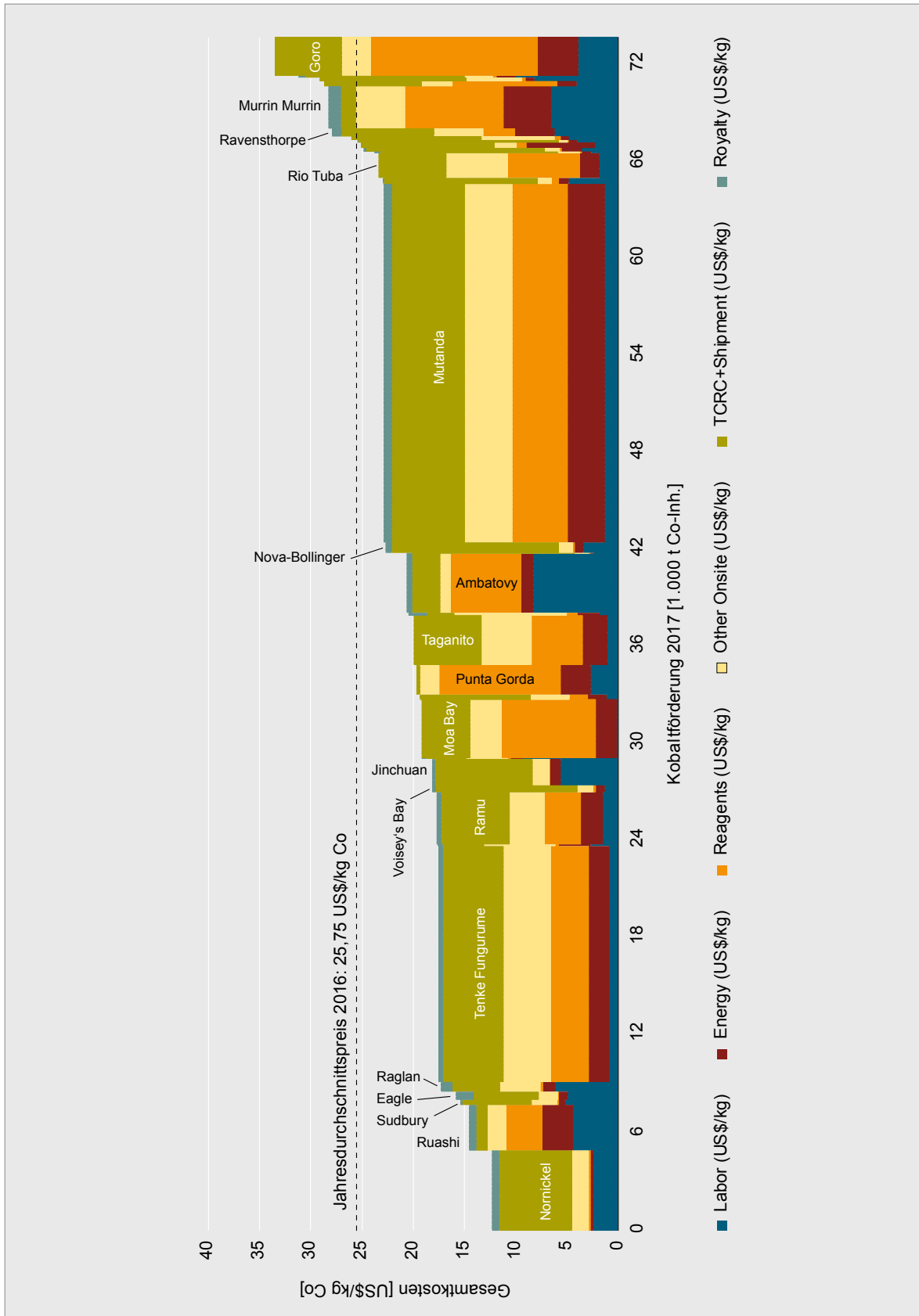


Abb. 26: Grenzkostenverteilung („Cash-Cost-Verteilung“) wichtiger Produzenten für 73.600 t Co-Inh. auf Basis von Preisdaten und Umrechnungskursen aus dem Jahr 2016 (Datenquelle: S&P GLOBAL 2018).

Die Länderkonzentration der Weltbergwerksförderung sowie das gewichtete Länderrisiko von Kobalt liegen im bedenklichen Bereich. Damit ist das geopolitische Risiko der Weltbergwerksförderung insgesamt als stark bedenklich zu bewerten.

### 2.3.3 Produktionskosten der Bergwerksförderung

Durch die überwiegende Gewinnung von Kobalt als Beiprodukt der Kupfer- und Nickelförderung orientieren sich Abbau und Aufbereitung im Wesentlichen an einer Maximierung des Ausbringens der Hauptwertmetalle.

Die Produktionskosten zur Herstellung von Kobalt variieren aufgrund unterschiedlicher Faktoren zum Teil sehr stark. Eine direkte Vergleichbarkeit der Produzenten ist dadurch nur bedingt möglich. Die Grenzkosten für das Jahr 2017 liegen zwischen 12,30 US\$/kg und 33,50 US\$/kg Co-Inh. (Abb. 26).

Die niedrigsten Produktionskosten hat Nornickel für seine Kobaltgewinnung in Russland (Abb. 26). Die höchsten Produktionskosten werden für die Gewinnung von Kobalt aus der Nickellateritlagerstätte Goro in Neukaledonien ausgewiesen. Legt man den Jahresdurchschnittspreis von 25,75 US\$/

kg (99,8 % Co) zugrunde, wird deutlich, dass insbesondere die Kobaltgewinnung aus Nickellateritlagerstätten in Neukaledonien und Australien im Jahr 2016 nicht kostendeckend erfolgte. Die zeitgleich auftretenden niedrigen Nickelpreise haben dazu geführt, dass eine ganze Reihe von Bergbauunternehmen in Australien und Brasilien ihre Förderung und Produktion eingestellt hat.

Die großen industriellen Bergbaubetriebe in der DR Kongo konnten auch in den Jahren niedriger Kobaltpreise kostendeckend Kobalt gewinnen (Abb. 26). Der momentan hohe Kobaltpreis wirkt insbesondere bei den industriellen Kupfer-Kobalt-Produzenten in der DR Kongo als Katalysator für die Wirtschaftlichkeit des Kupferabbaus. Die derzeitigen Produktionskosten auf Nebenproduktbasis liegen bei etwa –2 US\$/lb Kupfer.

### 2.3.4 Firmenkonzentration der Bergwerksförderung

Im Jahr 2017 hatten 38 Unternehmen in 24 Ländern die Kontrolle über eine Bergwerksförderung von rund 91.000 t Co-Inh. (etwa 73 % der gesamten Bergwerksförderung). Für die Ermittlung der Firmenkonzentration der Bergwerksförderung werden die jeweiligen Projektanteile der Eigentümer

**Tab. 9: Anteil der wichtigsten Unternehmen an der Bergwerksförderung von Kobalt (Datenquelle: S&P GLOBAL 2018)**

Unternehmen	Land (Firmensitz)	Bergwerke	Förderung [t]	Anteil [%]
Glencore Plc.	Schweiz	Murrin Murrin, Mutanda, Raglan, Sudbury Operations	31.086	27,0
China Molybdenum Co., Ltd.	China	Tenke Fungurume	9.184	8,0
Gécamines S.A	DR Kongo	Boss, Kolwezi, Lubumbashi Slag Hill, Ruashi, Tenke Fungurume	5.760	5,0
Vale S.A.	Brasilien	Goro, Manitoba Division, Ontario Division, Voisey's Bay	5.587	4,9
Shalina Resources Ltd./Chemaf Sarl	Vereinigte Arabische Emirate	Etoile	5.000	4,3
BHR Newwood Investment Management Ltd.	Britische Jungferninseln	Tenke Fungurume	3.936	3,4
Jinchuan Group International Resources Co. Ltd.	Hong Kong	Ruashi	3.479	3,0
Metallurgical Corporation of China Ltd.	China	Ramu	3.308	2,9

Unternehmen	Land (Firmensitz)	Bergwerke	Förderung [t]	Anteil [%]
Nickel Asia Corporation	Philippinen	Rio Tuba, Taganito	2.915	2,5
Eurasian Resources Group B.V.	Niederlande	Boss	2.205	1,9
Sherritt International Corporation	Kanada	Moa Bay, Ambatovy	2.167	1,9
Managem, Société Anonyme	Marokko	Bou Azzer	1.902	1,7
Cubanique	Kuba	Punta Gorda	1.806	1,6
General Nickel Co SA	–	Moa Bay	1.801	1,6
Jinchuan Group Co., Ltd.	China	Jinchuan	1.682	1,5
Pacific Metals Co., Ltd.	Japan	Rio Tuba, Taganito	1.579	1,4
Sumitomo Corporation	Japan	Ambatovy	1.455	1,3
Groupe Forrest International S.A.	Großbritannien	Lubumbashi Slag Hill	875	0,8
Korea Resources Corporation	Südkorea	Ambatovy, Boleo	687	0,6
Boliden AB	Schweden	Kevitsa	587	0,5
Vedanta Resources Plc.	Großbritannien	Nchanga	555	0,5
Korean Consortium	–	Boleo	536	0,5
African Rainbow Minerals Ltd.	Südafrika	Nkomati	407	0,4
PJSC Mining and Metallurgical Company Norilsk Nickel	Russland	Nkomati	407	0,4
Private Interest	–	Ambatovy	392	0,3
Independence Group NL	Australien	Nova-Bollinger	288	0,3
Jilin Jien Nickel Industry Co., Ltd.	China	Nunavik,	250	0,2
BHP Billiton Group	Australien	Leinster	248	0,2
Eramet	Frankreich	Société Le Nickel	168	0,1
ZCCM Investments Holdings Plc.	Sambia	Nchanga	144	0,1
Posco Daewoo Corp.	Südkorea	Ambatovy	122	0,1
Sojitz Corporation	Japan	Rio Tuba, Taganito	107	0,1
Xinjiang Xinxin Mining Industry Co., Ltd.	China	Kalatongke	106	0,1
Société Territoriale Calédonienne de Participation Industrielle	–	Société Le Nickel	102	0,1
Yuanjiang Nickel	China	Yuanjiang	82	0,1
Zimplats Holdings Ltd.	Großbritannien	Zimplats	67	0,1
STX Corporation	Südkorea	Ambatovy	31	0,0
Nisshin Steel Co., Ltd.	Japan	Société Le Nickel	30	0,0
<b>Summe</b>			<b>91.039 t</b>	<b>73 %</b>
<b>HHI</b>				<b>919</b>
<b>Weltbergwerksförderung</b>			<b>125.445 t</b>	

am Vorhaben berücksichtigt. So verteilt sich bspw. die Förderung von insgesamt 16.400 t Co-Inh. aus der Lagerstätte Tenke Fungurume im Jahr 2017 anteilig auf die Unternehmen China Molybdenum Co. Ltd. (56 %), BHR Newwood Investment Management Ltd. (24 %) und Gécamines S. A. (20 %).

Das Unternehmen mit dem größten Anteil an der Gesamtbergwerksförderung im Jahr 2017 war Glencore Plc. Das Unternehmen förderte in seinen Bergwerken in der DR Kongo, Australien und Kanada etwa 31.000 t Co-Inh. und kontrollierte damit insgesamt 27 % der weltweiten Bergwerksförderung. Dennoch wird die Firmenkonzentration der Bergwerksförderung mit einem HHI von 919 als unbedenklich bewertet (Tab. 9).

### 2.3.5 Raffinadeproduktion

Im Jahr 2017 wurden weltweit etwa 117.000 t Raffinadekobalt produziert (Tab. 10, Abb. 27). Die

Produktion konzentrierte sich im Jahr 2017 insbesondere auf China (Marktanteil 59,5 %), Finnland (Marktanteil 10,5 %), Belgien (Marktanteil 6 %) und Kanada (Marktanteil 5,6 %). Weitere wichtige Raffinadeproduzenten von Kobalt sind in Tab. 10 zusammengefasst. Auf die Kategorie „Weitere Länder“ entfielen im Jahr 2017 lediglich rund 423 t Co-Inh., die in den Ländern Frankreich und Indien produziert wurden.

Daten zur Raffinadeproduktion von Kobalt stehen ab dem Jahr 1967 zur Verfügung. Bis in das Jahr 1990 hinein waren die DR Kongo (Marktanteil: 36 %), Sambia (Marktanteil: 17 %) und die UdSSR/GUS (Marktanteil: 16 %) die dominierenden Raffinadeproduzenten von Kobalt (Abb. 27). Aufgrund der Krisen und Kriege in der DR Kongo brach die Raffinadeproduktion ab dem Jahr 1990 ein und erholte sich bis heute nicht.

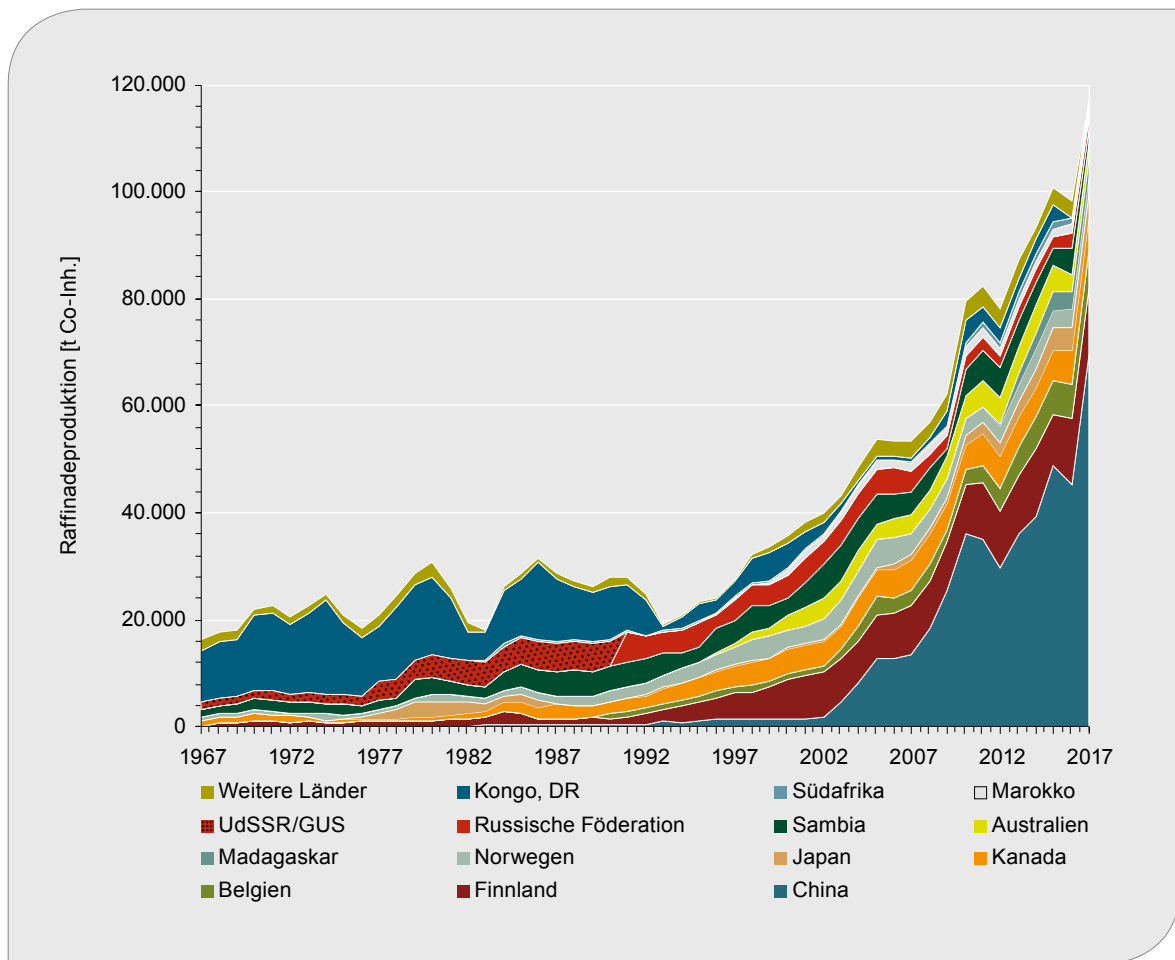
Erst seit dem Jahr 1995 ist, bis auf die Jahre 2006 und 2007 sowie 2012 und 2016, eine kontinuierliche Steigerung der weltweiten Raffinadeproduktion zu beobachten.

**Tab. 10: Raffinadeproduktion von Kobalt (Datenquelle: BGR 2018, COBALT INSTITUTE 2018).**

Raffinadeproduktion [t Co-Inhalt]					
Land	1997	2007	Weltanteil 2007 [%]	2017	Weltanteil 2017 [%]
China	1.200	13.245	24,9	69.600	59,5
Finnland	5.000	9.173	17,3	12.221	10,5
Belgien <sup>1</sup>	1.200	2.825	5,3	6.987	6,0
Kanada	3.792	5.620	10,6	6.507	5,6
Japan	264	1.084	2,0	4.159	3,6
Norwegen	3.417	3.939	7,4	3.500	3,0
Madagaskar	0	0	0,0	3.053	2,6
Australien	617	3.684	6,9	3.000	2,6
Sambia	4.403	4.335	8,2	2.520	2,2
Russische Föderation	3.800	3.587	6,8	2.077	1,8
Marokko	225	1.591	3,0	1.428	1,2
Südafrika	316	307	0,6	1.062	0,9
Kongo, DR	2.808	606	1,1	400	0,3
Weitere Länder <sup>2</sup>	1.735	3.131	5,9	423	0,4
<b>Welt</b>	<b>27.577</b>	<b>53.127</b>	<b>100,0</b>	<b>116.937</b>	<b>100,0</b>

<sup>1</sup> Beinhaltet die Raffinadeproduktion von Umicore in China;

<sup>2</sup> 1997: Frankreich, Indien, Brasilien; 2007: Frankreich, Indien, Brasilien, Uganda; 2017: Frankreich, Indien



**Abb. 27: Entwicklung der Raffinadeproduktion von Kobalt zwischen 1967 und 2017**  
(Datenquelle: BGR 2018, COBALT INSTITUTE 2018).

tion zu verzeichnen (Abb. 28). In den Jahren 2006 und 2007 produzierten Russland und Norwegen weniger Kobalt, 2012 und 2016 reduzierte sich die Raffinadeproduktion in China im Vergleich zum Vorjahr.

Obwohl die globale Finanzmarktkrise den Kobaltpreis deutlich einbrechen ließ (Abb. 17), wirkte sich dies nur in einigen Ländern auf die Raffinadeproduktion von Kobalt aus. Insgesamt konnte sie von 56.600 t Co-Inh. im Jahr 2008 auf 62.000 t Co-Inh. im Jahr 2009 gesteigert werden. Insbesondere Belgien, Kanada und Sambia verzeichneten im Jahr 2009 eine geringere Produktion als im Vorjahr, welche aber in den Folgejahren wieder auf das Niveau von 2007 und darüber hinaus gesteigert werden konnte. China und Australien steigerten ihre Produktion in diesem Zeitraum sogar.

Von 1967 bis 2017 stieg die weltweite Raffinadeproduktion von Kobalt mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 4 % (Tab. 11).

Der Zeitraum 1967–1990 ist lediglich durch eine CAGR von 2,4 % gekennzeichnet. Die größten Zuwächse in diesem Zeitraum hatten Finnland (CAGR: 19,1 %), Norwegen (CAGR: 5,7 %), Sambia (CAGR: 5,4 %) und die UdSSR (CAGR: 5,3 %), wohingegen die Produktion in der DR Kongo bereits stagnierte.

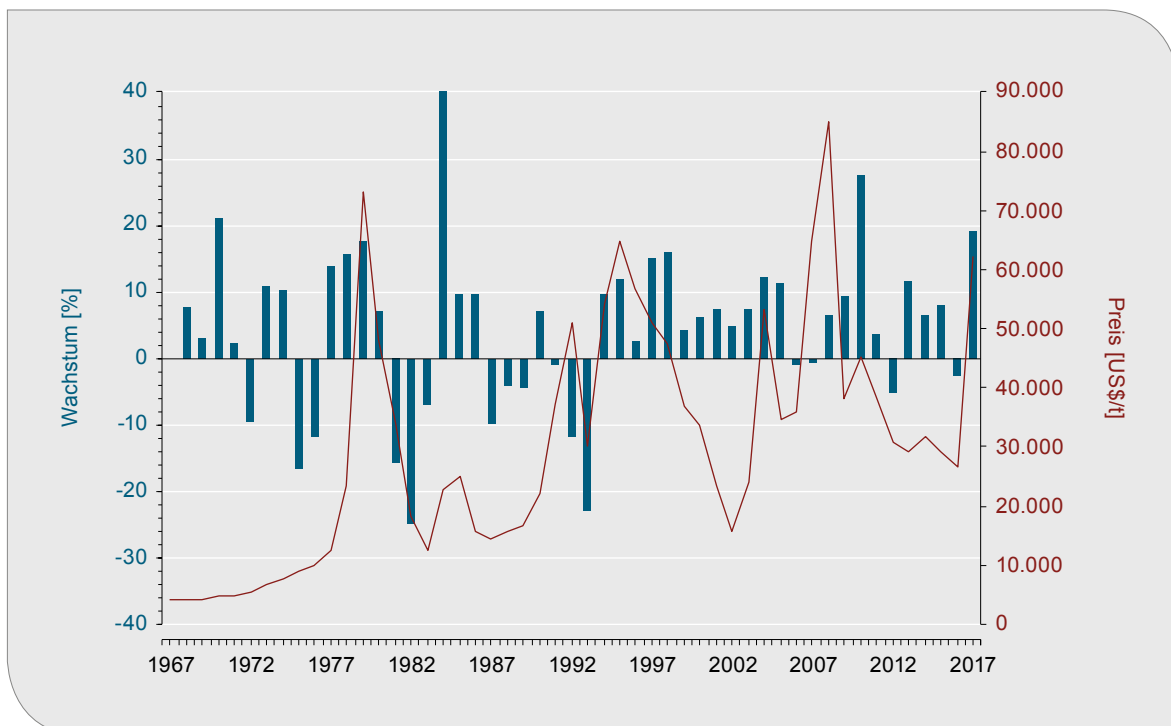
Seit dem Jahr 1991 konnte die weltweite Raffinadeproduktion von Kobalt kontinuierlich gesteigert werden. Bis ins Jahr 2017 hatten China (CAGR: 22,6 %) und Japan (CAGR: 12,7 %), gefolgt von Finnland (CAGR: 8,4 %), Belgien (CAGR: 7,8 %) und Kanada (CAGR: 4,2 %) die höchsten durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten,



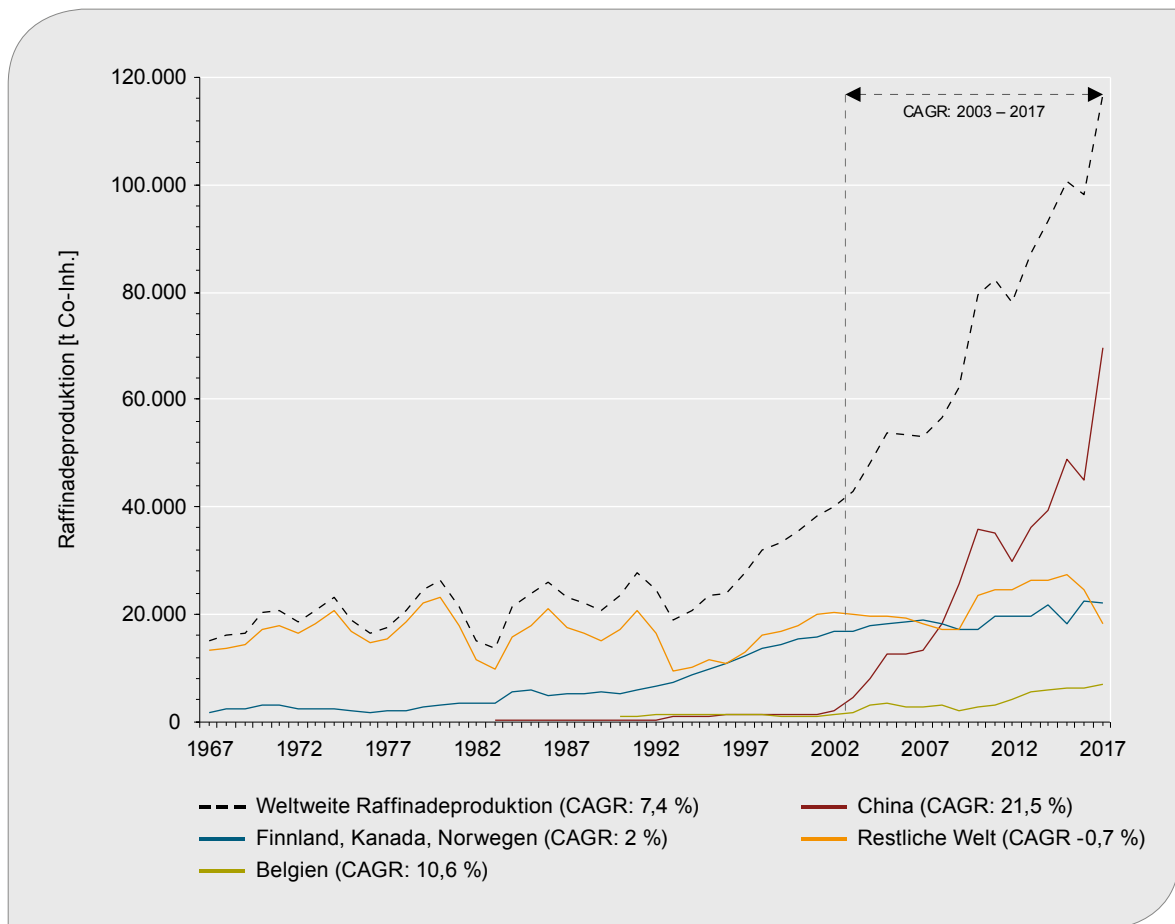
**Tab. 11: Jährliche Wachstumsraten der Raffinadeproduktion von Kobalt für ausgewählte Zeitintervalle ab 1967.**

Jährliche durchschnittliche Wachstumsraten der Raffinadeproduktion [CAGR]					
Zeitraum	1967–2017	1967–1990	1991–2017	2003–2017	2007–2017
China	–	–	22,6 %	21,5 %	18,0 %
Finnland	13,7 %	19,1 %	8,4 %	3,1 %	2,9 %
Belgien	–	–	7,8 %	10,6 %	9,5 %
Kanada	3,6 %	2,7 %	4,2 %	3,1 %	1,5 %
Japan	–	–	12,7 %	18,7 %	14,4 %
Norwegen	3,9 %	5,7 %	2,2 %	–1,9 %	–1,2 %
Madagaskar	–	–	–	–	–
Australien	–	–	–	–1,7 %	–2,0 %
Sambia	1,1 %	5,4 %	–2,5 %	–6,7 %	–5,3 %
Russische Föderation (UdSSR/GUS) <sup>1</sup>	0,9 %	5,3 %	–3,7 %	–5,6 %	–5,3 %
Marokko	–	–	–	0,0 %	–1,1 %
Südafrika	–	–	6,5 %	9,9 %	13,2 %
Kongo, DR	–6,2 %	0,1 %	–11,1 %	–7,5 %	–4,1 %
Weitere Länder	–3,1 %	0,6 %	–4,2 %	–8,8 %	–18,1 %
<b>Welt</b>	<b>4,0 %</b>	<b>2,4 %</b>	<b>5,7 %</b>	<b>7,4 %</b>	<b>8,2 %</b>

<sup>1</sup> UdSSR/GUS bis 1990



**Abb. 28: Jährliches Wachstum der Raffinadeproduktion von Kobalt im Vergleich zum Nominalpreis von Kobalt für den Zeitraum 1967–2017 (Datenquelle: BGR 2018, COBALT INSTITUTE 2018).**



**Abb. 29: Entwicklung der Raffinadeproduktion von Kobalt der Länder China, Belgien, kumuliert Finnland, Kanada und Norwegen im Vergleich zu der übrigen Welt zwischen 1967 und 2017 (Datenquelle: BGR 2018, COBALT INSTITUTE 2018).**

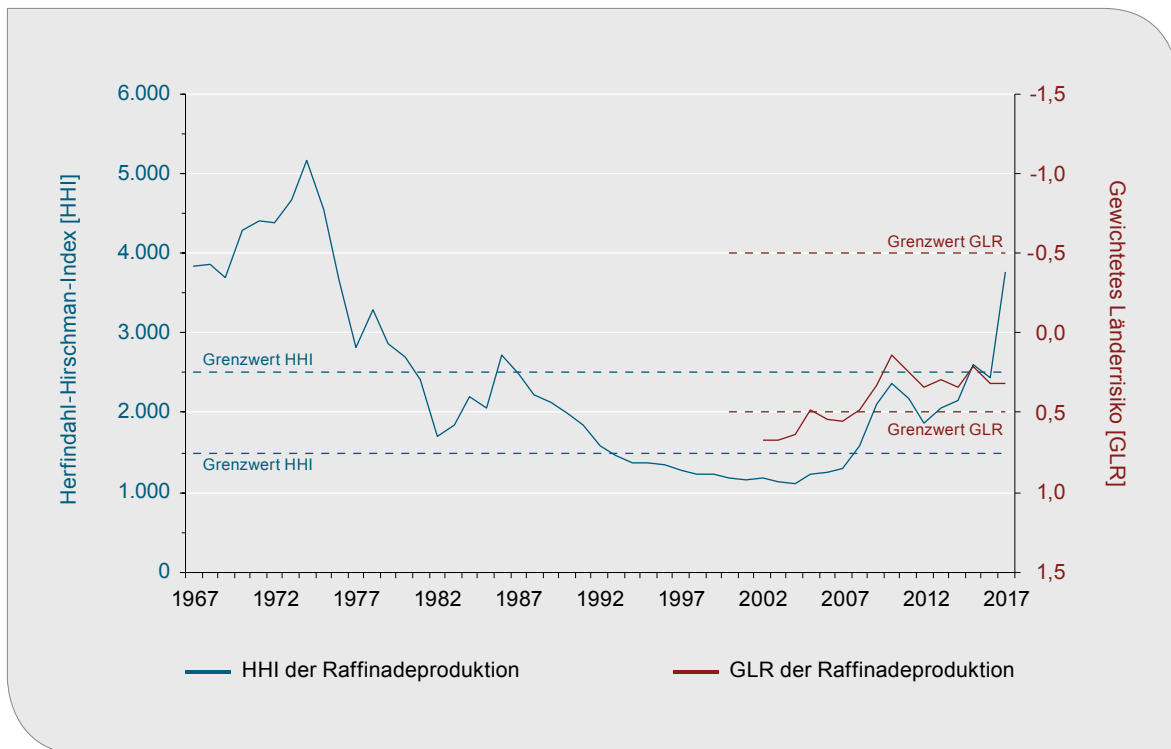
wohingegen die DR Kongo ihre Raffinadeproduktion von 17.500 t Co-Inh. im Jahr 1974 auf etwa 3.200 t Co-Inh. im Jahr 2015 reduzierte. In den Jahren 2016 und 2017 wurden lediglich geringe Mengen an Raffinadekobalt in der DR Kongo produziert. Mit der Wiederaufnahme der Förderung und Produktion durch Katanga Mining Ltd. ist ab 2018 wieder mit einer höheren Raffinadeproduktion in der DR Kongo zu rechnen.

Für den Zeitraum 2003–2017 konnte China seine hohen durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten aufrechterhalten, Belgien und Japan sogar noch leicht steigern (Tab. 11). Weltweit konnte die Raffinadeproduktion von Kobalt in diesem Zeitraum jährlich um 7,4 % gesteigert werden.

Auch in den letzten zehn Jahren kam der Weltmarkt der steigenden Nachfrage nach Kobaltraffnade

mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von 8,2 % im Zeitraum 2007–2017 nach (Tab. 11, Abb. 27).

Vergleicht man die Entwicklung der chinesischen Raffinadeproduktion von Kobalt mit dem Rest der Welt, wird deutlich, dass insbesondere das Wachstum der Raffinadeproduktion seit dem Jahr 2003 fast ausschließlich auf eine kontinuierliche Steigerung der Produktion in China zurückzuführen ist (Abb. 29). Das Land konnte zwischen 2003 und 2017 die Raffinadeproduktion von Kobalt mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von 21,5 % steigern. Belgien folgte mit einer CAGR von 10,6 %, wohingegen die kumulierte Produktion von Finnland, Kanada und Norwegen auf hohem Niveau stagniert und für die restliche Welt leicht rückläufig ist (CAGR: –0,7 %).



**Abb. 30: Entwicklung der Länderkonzentration (HHI) und des gewichteten Länderrisikos (GLR) der Raffinadeproduktion von Kobalt (Datenquelle: BGR 2018).**

### 2.3.6 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Raffinadeproduktion

Die historische Entwicklung des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)<sup>2</sup> seit dem Jahr 1967 zeigt, dass eine anfangs hohe Länderkonzentration der Raffinadeproduktion von Kobalt, wie sie bis Ende der 1970er Jahre bestand, bis in das Jahr 2007 hinein sogar in den unbedenklichen Bereich sank (Abb. 30).

Die bis Anfang der 1980er Jahre hohe Länderkonzentration basierte auf der dominierenden Rolle der Länder DR Kongo, Sambia und Russland, die zusammen für mehr als 70 % der Raffinadeproduktion von Kobalt verantwortlich waren.

Die deutliche Steigerung der Raffinadeproduktion von Kobalt seit dem Jahr 2007 in China führte zu einem deutlichen Anstieg des HHI bis in den hoch

konzentrierten Bereich, auf 3.760 Punkte im Jahr 2017.

Das auf den „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbank für 2016 (WORLD BANK 2018) und der Raffinadeproduktion basierende gewichtete Länderrisiko (GLR, s. Glossar) der Raffinadeproduktion von Kobalt lag 2017 mit einem Wert von 0,32 im mäßig kritischen Bereich. Gegenüber dem Jahr 2007 (GLR: 0,56) hat sich das gewichtete Länderrisiko vom unbedenklichen in den mäßig kritischen Bereich verschlechtert.

Mit einem Länderrisiko von  $-0,42$  hat China zu dieser Entwicklung beigetragen. Raffinadeproduzenten von Kobalt wie Finnland, Belgien, Kanada, Japan, Norwegen und Australien mit einem positiven Länderrisiko tragen insbesondere dazu bei, dass sich das GLR nicht weiter in den bedenklichen oder gar kritischen Bereich verschiebt.

Mittelfristig wird eine weiterhin negative Entwicklung hinsichtlich der Länderkonzentration erwartet, da China die Raffinadepkapazitäten derzeit stark ausbaut und die Produktion weiterhin steigern wird.

<sup>2</sup> Für die Ermittlung des Konzentrationsgrads wird der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) berechnet (s. Anhang). HHI-Werte zwischen 1.500 und 2.500 werden als mäßig risikoreich bewertet, Werte  $> 2.500$  gelten als bedenklich. Diese Einteilung gilt auch für die Firmenkonzentration (U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE 2015).

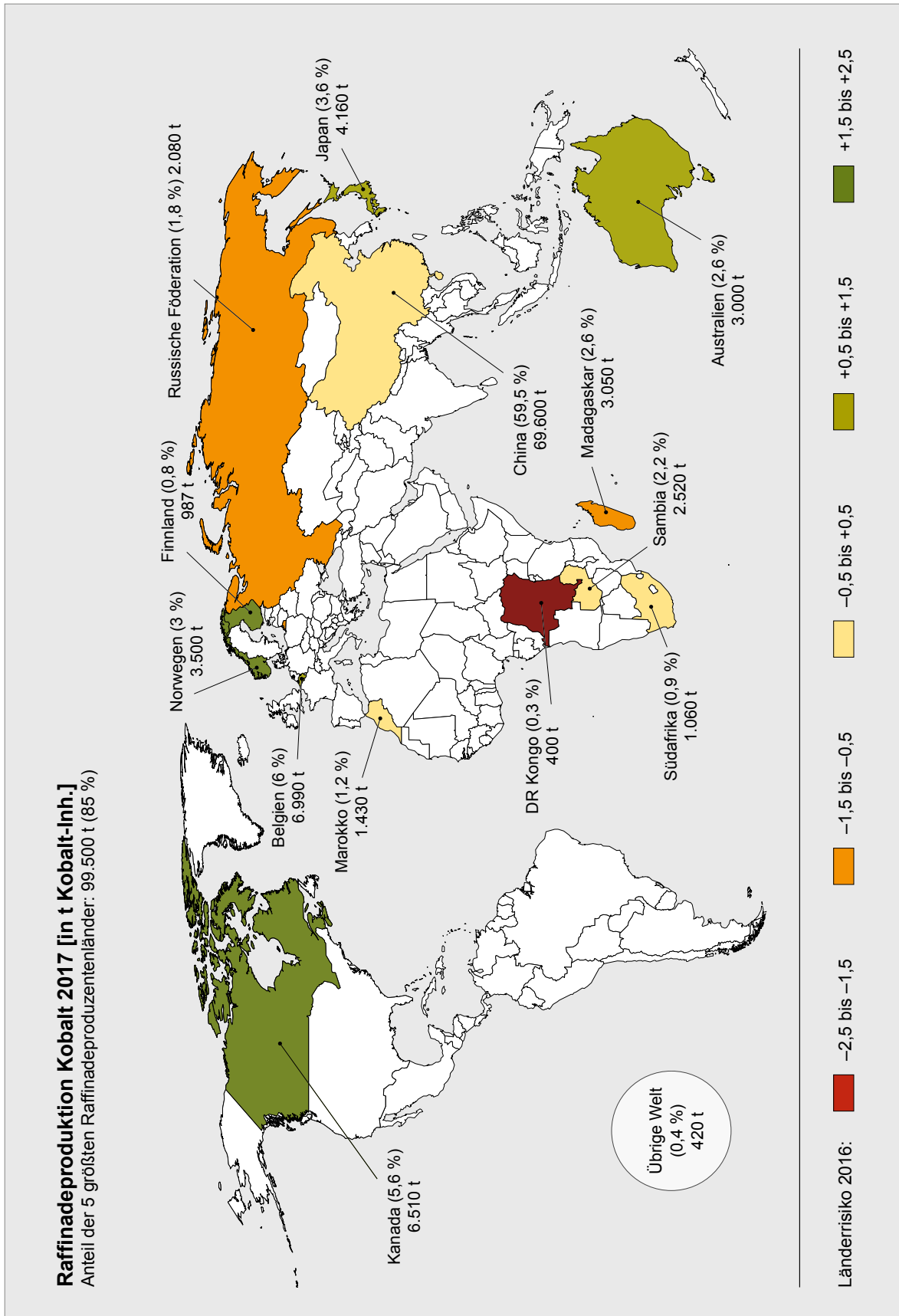


Abb. 31: Länder mit einer Raffinadeproduktion von Kobalt im Jahr 2017 und deren Länderrisiko für das Jahr 2016 (Datenquelle: BGR 2018, COBALT INSTITUTE 2018).

### 2.3.7 Firmenkonzentration der Raffinadeproduktion

Für das Jahr 2017 konnten 20 Unternehmen in 15 Ländern identifiziert werden, die eine Raffinadeproduktion von rund 97.500 t Co-Inh. kontrollierten (etwa 83 % der gesamten Raffinadeproduktion 2017). Weitere 19.400 t Co-Inh. (17 %) der Raffinadeproduktion entfallen auf China, sodass sich die Gesamtproduktion auf knapp 117.000 t Co-Inh. beläuft (s. Kap. 2.3.5).

Insgesamt elf Unternehmen in elf Ländern produzierten im Jahr 2017 insgesamt etwa 30.100 t in Form von Kathodenkobalt in unterschiedlichen Formen („briquettes“, „rounds“, „broken cathode“, „cut cathode“) mit Gehalten von 99,3 % Co bis 99,9 % Co und Kobaltpulver (etwa 93 % der gesamten Raffinadeproduktion an Kathodenkobalt 2017) (Tab. 12). Glencore Plc. hat an seinen Pro-

duktionsstandorten in Norwegen und Australien insgesamt 6.700 t Raffinadekobalt in Form von „cut cathode“, „briquettes“ und „powder“ hergestellt (Weltmarktanteil: 20 %), gefolgt von Sumitomo Metal Mining (12,4 %) und Jinchuan (11,5 %). Die Firmenkonzentration für die Herstellung von Kathodenkobalt liegt mit einem HHI von 1.070 im unbedenklichen Bereich.

Die Herstellung von kobalthaltigen Salzen und Chemikalien konzentriert sich stark auf China. Von insgesamt knapp 83.500 t in Co-Inh. wurden etwa 67.400 t (81 % der Salze und Chemikalien) in China produziert. Die drei größten Unternehmen sind Huayou Cobalt (26,5 %), gefolgt von Freeport Cobalt (14,6 %) und GEM/CLK (11,4 %). Die Firmenkonzentration für 79,7 % (66.557 t Co-Inh.) der produzierenden Unternehmen wird mit einem HHI von 1.185 als unbedenklich bewertet (Tab. 12).

**Tab. 12: Anteil der wichtigsten Unternehmen an der Raffinadeproduktion von Kobalt**  
(Datenquelle: BGR 2018, COBALT INSTITUTE 2018, CRU 2017, HUAYOU COBALT 2017, JINCHUAN GROUP CO. LTD. 2017).

Unternehmen	Land (Fimensitz)	Raffinerie	Produkt	Produktion [t]	Anteil [%]
<b>Kobaltmetall („briquettes“, „rounds“, „broken cathode“, „cut cathode“ und Kobaltpulver)</b>					
Sumitomo Metal Mining	Japan	Niihama	„cut cathode“ „powder“	4.159	12,4
Jinchuan	China	Gansu Jinchuan	„cut cathode“	3.850	11,5
Sherritt International	Kanada	Fort Saskatchewan	„briquettes“ „powder“	3.601	10,8
Glencore (Sudbury, Raglan → Nikkelverk)	Norwegen	Nikkelverk	„cut cathode“	3.500	20,0
Glencore	Australien	Murrin Murrin	„briquettes“ „powder“	3.200	
Ambatovy	Madagaskar	Ambatovy	„briquettes“ „powder“	3.053	9,1
Eurasian Resources Group	Sambia	Chambishi	„broken cathode“	2.520	7,5
Vale	Kanada	Thompson, Voisey's Bay, Port Colborne	„rounds“	2.906	8,7
Nornickel	Russland	Nadezhda (Kola MMC, Polar Division)	„cut cathode“	1.800	5,4
Managem S.A. (Cie. de Tifnout Tighanimine)	Marokko	Bou Azzer	„broken cathode“	1.428	4,3

Unternehmen	Land (Fimensitz)	Raffinerie	Produkt	Produktion [t]	Anteil [%]
Minera y Metalurgica del Boleo (Camrova Resources)	Mexiko	El Boleo	„briquettes“ „powder“	541	1,6
Gécamines	DR Kongo	Gécamines	„cut cathode“	400	1,2
			<b>Summe</b>	<b>30.958</b>	
			<b>HHI</b>	<b>1.070</b>	
Weitere Unternehmen <sup>1</sup>	China		„cut cathode“ „powder“	2.500	7,5
<b>Summe Metall Gesamt:</b>				<b>33.458</b>	<b>100,0</b>
<b>Überwiegend Co-Salze und weitere Co-Verbindungen</b>					
Huayou	China	Quzhou	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	13.000	26,5
Huayou	China	Zhejiang/Tongxiang	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	9.150	
Freeport Cobalt	Finnland	Kokkola	Co-Salze, Co-Pulver u. weitere Co-Verbindungen	12.221	14,6
GEM/KLK	China	Jiangsu	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	9.500	11,4
Jinchuan Advanced Materials	China	Lanzhou	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	5.800	6,9
Tengyuan Cobalt	China	HongKin	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	5.600	6,7
Ganzhou Yi Hao Umicore	China	Shuixi	Co-Salze, Co-Pulver u. weitere Co-Verbindungen	4.401	5,3
Umicore	Belgien	Hoboken	Co-Salze, Co-Pulver u. weitere Co-Verbindungen	2.585	3,1
Nornickel	Finnland	Harjavalta	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	1.300	1,6
Hanrui Cobalt	China	Nanjing	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	1.100	1,3
Maolian	China	Tianjin	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	900	1,1
Anglo Platinum	Südafrika	Rustenburg	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	700	0,8
Eramet	Frankreich	Sandouville	Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	300	0,4
			<b>Summe</b>	<b>66.557</b>	
			<b>HHI</b>	<b>1.185</b>	
Weitere Unternehmen <sup>1</sup>	China		Co-Salze u. weitere Co-Verbindungen	16.920	20,3
<b>Summe Salze und Co-Verbindungen:</b>				<b>83.477</b>	<b>100,0</b>

<sup>1</sup> Nicht bekannt bzw. einem Unternehmen zuzuordnen

### 2.3.8 Recycling

Die sekundäre Angebotsseite umfasst das Recycling von Kobalt aus diversen Quellen. Bisher spielen hierbei insbesondere verbrauchte Katalysatoren, kobalthaltige Schrotte, Legierungen, Magnete, Hartmetalle und Batterien eine wichtige Rolle. CRU (2017) schätzt, dass im Jahr 2016 insgesamt knapp 6.000 t Co-Inh. aus sekundären Quellen zurückgewonnen wurden. ROSKILL (2017) geht von 10.000 bis 15.000 t Co-Inh. weltweit aus, wobei etwa 6.500 t auf China entfielen. ANTAIKE (2017) schätzt, dass in China etwa 5.000 t Co aus Sekundärmaterial gewonnen werden.

Laut UNEP (2011) liegt der Sekundäranteil an der gesamten Produktion (Recycling Content, RC) von Kobalt bei etwa 25–50 %. Die End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR) wird mit über 50 % angegeben (UNEP 2011).

#### *Magnete, Hartmetalle, kobalthaltige Schrotte und Legierungen*

Es liegen keine genauen Angaben zu den Gesamtmengen des aus Magneten, Hartmetallen und kobalthaltigen Legierungen und Schrotten zurückgewonnenen Kobalts vor.

**Glencore Plc.** betreibt weltweit mehrere Recyclinganlagen. In der unternehmenseigenen Nickelhütte in Sudbury, Kanada, werden nickel- und kobalthaltige Katalysatoren, Legierungen und Batterien in den Primärprozess der Nickelgewinnung integriert und recycelt. Die Nickel-Kobalt-Matte wird zur Raffination nach Nikkelverk in Norwegen exportiert.

**Umicore** recycelt in Hoboken, Belgien, Elektronikschrotte und metallhaltige Industrierückstände, u. a. Hartmetalle und Katalysatoren. Derzeit investiert das Unternehmen in die Kapazitätserweiterung von jährlich 350.000 t auf 500.000 t Schrott pro Jahr.

**Freeport Cobalt** recycelt ebenfalls kobalthaltige Rückstände und Hartmetallschrotte in Finnland. Mehr als die Hälfte des eingesetzten Materials stammt aus sekundärer Quelle (FREEPORT COBALT 2018). Im Jahr 2017 stellte Freeport Cobalt 12.200 t Co-Inh. in Raffinade her (COBALT INSTITUTE 2018).

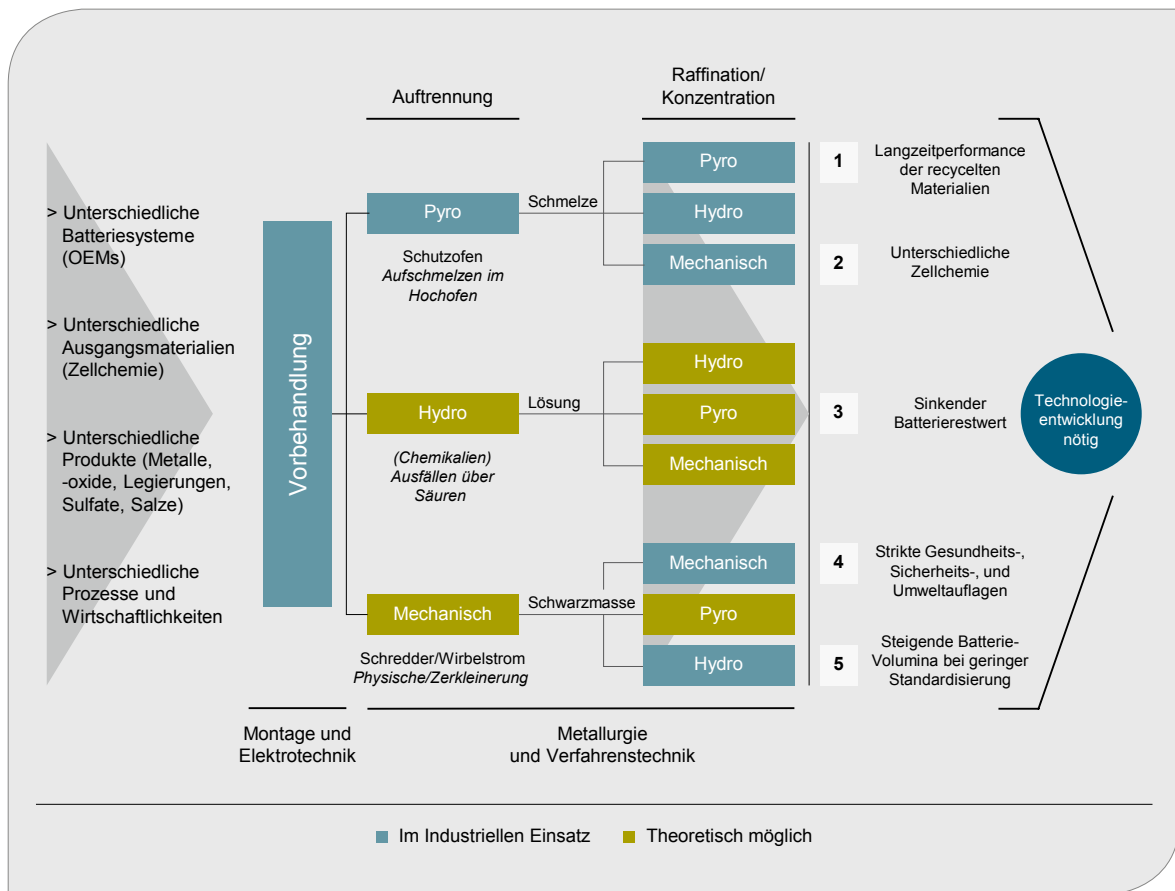
Die **Nickelhütte Aue** stellt in ihrem Schmelzbetrieb in Deutschland aus Galvanikschlämmen und Rückständen der Metallverarbeitung NE-Metallkonzentrate her, die in nachfolgenden metallurgischen Prozessen zu Kobalt-, Nickel-, Kupfer- und Vanadium-Chemikalien veredelt werden (NICKELHÜTTE AUE 2018). Jährlich werden derzeit etwa 50 t Co-Inh. gewonnen. Eine Erweiterung auf 100 t Co-Inh. jährlich wird angestrebt.

#### *Lithium-Ionen-Batterien*

Zum Recyclingpotenzial von LIB und zur Rückgewinnung der enthaltenen Wertmetalle wurden in den vergangenen Jahren bzw. werden aktuell unterschiedlichste Forschungsprojekte durchgeführt (z. B. NeW-Bat, AutoBatRec2020). Eine detaillierte Beschreibung dieser Projekte erfolgt an dieser Stelle nicht, jedoch sei auf die entsprechenden frei verfügbaren Publikationen bzw. Abschlussberichte verwiesen.

In Abb. 32 sind die grundlegenden Verfahrenswege zum Batterierecycling schematisch dargestellt. Diese beinhalten die Prozessschritte Vorbehandlung (Zerlegung), Auftrennung und Raffination/Konzentration zur Rückgewinnung der wertgebenden Inhalte.

Eine großtechnische Recyclinganlage für LIB im Industriemaßstab befindet sich bei dem Unternehmen Umicore in Hoboken, Belgien. Diese hat eine Kapazität von ca. 7.000 t Batterien pro Jahr. Dies entspricht in etwa 250 Mio. Mobiltelefonen (30 g pro Gerät), 200.000 HEV (ca. 35 kg pro Fahrzeug) oder 35.000 EVs (ca. 200 kg pro Fahrzeug) (HAGELÜKEN 2016). Vor allem die Metalle Nickel, Kobalt und Mangan werden hierbei in einem kombinierten Prozess (Pyrometallurgie, Hydrometallurgie) zurückgewonnen. In einem ersten Schritt werden die Batterien pyrometallurgisch aufgeschlossen. Dieser Prozessschritt ist energieeffizient darstellbar und hat den Vorteil, dass unterschiedliche Zusammensetzungen recycelt werden können. Eine sortenreine Trennung nach Kathodenchemie (LCO, NMC, NCA usw.) ist nicht notwendig. Es folgt der hydrometallurgische Aufschluss der Metalllegierungen, die Raffination der Metalle Kobalt, Nickel und Kupfer bzw. die Herstellung von deren Metallsalzen.



**Abb. 32: Schematische Übersicht möglicher Verfahrenswege des Recyclings von LIB (modifiziert nach ROLAND BERGER GmbH 2017).**

In Deutschland betreibt die Accurec Recycling GmbH in Mülheim a. d. Ruhr eine Recyclinganlage für NiCd- und NiMh-Batterien. In Krefeld befindet sich eine für ca. 10 Mio. € gebaute neue Recyclinganlage für LIB. Nach Unternehmensangaben besteht zwischen Accurec und Currenta ein Abkommen über die thermische Vorbehandlung (Pyrolyse) von LIB. Currenta wird im Rahmen dieses Vertrages Altbatterien in einem Drehrohrofen aufschließen. Bei diesem Prozess gasen der Elektrolyt und Kunststoffe aus. Die so aufgeschlossenen Zellen werden zur weiteren Behandlung an Accurec nach Krefeld geliefert (ACCUREC 2017).

In Tab. 13 sind neben Umicore und der Accurec Recycling GmbH weitere Unternehmen aufgeführt, die das Recycling von Altbatterien inkl. LIB und weiterer Batterien durchführen. Der Großteil dieser Unternehmen stellt kobalthaltige Zwischenprodukte her.

Aufgrund der Charakteristik der LIB müssen hohe Sicherheitsstandards beim Transport und dem Recycling selbst gelten (FRAUNHOFER ISI 2015). Hier gilt es bspw., hohe elektrische Restladungen sowie die Zusammensetzung der Batterien (Kathoden, Elektrolytsubstanzen) zu beachten. Zusätzlich müssen diese Recyclingprozesse kompatibel zu den unterschiedlichen aktuell verfügbaren Batterietypen und somit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen sein (HAGELÜKEN 2016).

Das zukünftige Recycling von Batteriesystemen aus Elektromobilen bzw. Hybridfahrzeugen stellt dementsprechend besondere Ansprüche an die Industrie. Die Batteriesysteme müssen vor ihrer Verwertung bis auf Modul- bzw. Zellebene zerlegt werden, da im gesamten System weitere Komponenten wie Leistungs- und Steuerungselektronik, Kühlsysteme sowie die Verkabelung der Module enthalten sind. Die Trennung einzelner Komponenten kann sich jedoch schwierig gestalten, da



**Tab. 13: Übersicht zu Verfahren und Kapazitäten von Recyclingunternehmen für LIB und weitere Batterien.**

Unternehmen	Land	Prozess	Batterietyp	Kapazität [t/Jahr]	Produkte
Umicore	Belgien	pyrometallurgisch hydrometallurgisch	LIB	7.000	LiCoCO <sub>2</sub> und LiNiMnCoO <sub>2</sub> für neue Batterien, Cu, Fe, Schlacke für Zement
Glencore	Kanada Norwegen	pyrometallurgisch hydrometallurgisch	LIB	> 4.000	Co-Ni-Matte à Raffination in Nikkelverk, Norwegen
Nickelhütte Aue	Deutsch- land	pyrometallurgisch hydrometallurgisch	LIB NiMH	3.000	Co, Ni, Cu–Matte CoSO <sub>4</sub> , NiSO <sub>4</sub> , CuSO <sub>4</sub>
Retriev Technologies	Kanada	pyrometallurgisch	LIB NiMH NiCd	3.500	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Co cake
Sumitomo	Japan	pyrometallurgisch	LIB NiMH NiCd?	k. A.	Co + Teile von Fe, Cu, Al
Eramet/Valdi	Frankreich	pyrometallurgisch	k. A.	20.000	k. A.
Accurec	Deutsch- land	Vorbehandlung + pyrometallurgisch	LIB NiMH NiCd	2.500 4.000 (NiMH + NiCd)	CoMn-Legierung, Lithiumchlorid
Akkuser	Finnland	Trocken- technologie zerkleinern	LIB NiMH NiCd Weitere	> 300	Co- und Ni-Fractionen
Batrec/Veolia	Schweiz	zerkleinern	NiMH NiCd LIB?	1.000	Co, NE-Schrott, Ni Schrott, Plastik
Recupyl	Frankreich	hydrometallurgisch	LIB Weitere	110	Co-Oxid, Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NE-Metalle, Edelstahl
SNAM	Frankreich	Vorbehandlung + mahlen	NiMH NiCd LIB	350	Co-Pulver, Graphit
GEM	China	pyrometallurgisch hydrometallurgisch	LIB Weitere?	30.000	k. A.
Brunp	China	pyrometallurgisch hydrometallurgisch	NiMH NiCd LIB	6.000	Nickel manganese cobalt hydroxides Nickel manganese acid lithium cobalt Lithium cobalt oxide Cobalt chloride, Nickel sulfate, Cobaltous sulfate Cobaltosic oxide
High Powertech	USA/China	k. A.	Ni-MH LIB	k. A.	Nickel sulfate, Cobaltous sulfate, Cobalt chloride, Lithium carbonate

diese im besten Fall verschraubt und im schlechtesten Fall verklebt oder in Harzen bzw. Kunststoffen eingegossen sind. Die Zellen bzw. Module sind häufig fest mit Kühlelementen oder stabilisierenden Strukturen verbunden, um eine verbesserte Kühlleistung bzw. mechanische Stabilität zu gewährleisten (LIBRI 2011).

Eine Trennung in einzelne Komponenten oder Materialgruppen führt zu einer effizienteren Rückgewinnung. Gehäusematerialien (Stahl, Aluminium, Plastik), Kabel (Kupfer) und Elektronikkomponenten (Gold, Silber, PGM) können so direkt in die entsprechenden Recyclingkreisläufe eingebracht werden.

**Tab. 14: Forschungsvorhaben entlang der Wertschöpfungskette von LIBs**  
(Datenquelle: EIT RawMaterials 2018).

Projekt	Thema	Partner	Laufzeit bis
SO4 Control	New water purification technology to improve environmental sustainability of mines. Case study Cu-Ni-Zn-Co mine of Sotkamo, Terrafame.	Aalto University, DMT GmbH & Co. KG, LTU Business AB, Miljötekniskt Center AB (MTC), RISE Research Institutes of Sweden Holding AB, Skyscape Ltd., Spinverse Innovation Management Oy, Sulfator Ltd., VTT, Terrafame Group Oy	31.03.2020
NewEco	Industrial symbiosis between ERAMET (Fr) and Boliden (SE) to extract Ni, Co, and PGM from sulphides from European sources.	ERAMET, Boliden, Aalto University, University of Liège	31.05.2018
ALIM	Advanced LI Metal electrodes. Mastering the production process of extra-thin lithium electrodes.	BlueSolutions, Bühler Redex, Uppsala Universitet, CEA,	31.12.2020
ECO COM'BAT	New composites for the next generation of Li ion batteries, based on green (less toxic, resource efficient and biobased) and high-performance (high-voltage stable and highly conductive) substitutes	Umicore, Arkema, Heraeus, CustomCells I., Fraunhofer, CEA, CSIC, ENEA, Vito, TU Darmstadt	30.09.2018
SIRIUS	High capacity anodes for Li ion batteries based on carbon coated silicon nanoparticles	Nanomakers, SGL Carbon, Varta, CEA, Uppsala Universitet	30.09.2019
AutoBat-Rec2020	Battery recycling process that provides a sustainable raw materials source for the European high-tech industry.	Umicore, Daimler, Samsung, ImpulsTec, Fraunhofer, CEA, TUBA Freiberg	31.12.2020
Display	Process cascade specified to recover raw materials from electronic display appliances and printed circuit boards (PCBs), incl. the removal of batteries.	Suez, Orange, Fraunhofer, CEA, ENEA	18.07.2020
COFREE	Co-free solutions for cemented carbides using Fe-Ni based alloys as substitute for Co-binders in cemented tungsten carbides	AtlasCopco, Freeport Co Oy, Sandvik, KTH, Uppsala Universitet	22.03.2019
FASTRAM	Upscaling of FAST sintering processes for the substitution of critical materials in cemented carbides: W and Co	Metso, Ames, EXOTE, VTT, Tecnalia	31.03.2020
SPAcE-MAN	Sustainable Powders for AdditivE MANufacturing. New Fe-based powder alloys with less critical elements (60 to 80 % reduction for Cr, 100 % for Ni!) and better performance	Fiat, Gestamp Hardtch AB, Höganäs, IMR Metal Powder Technologies, Fraunhofer, Certema, LTU, Politecnico Milano	01.01.2021

Auf Systemebene wird das Batteriedesign für ein späteres Recycling bereits berücksichtigt und entsprechend weiterentwickelt. Dies spielt auch in der Wartungsfreundlichkeit solcher Systeme in Fahrzeugen oder stationären Speichern in Bezug auf Austausch und Reparatur eine sehr wichtige Rolle. Auf der Zellenebene wird eine spätere Rückgewinnung der eingesetzten Rohstoffe bisher nur sehr bedingt berücksichtigt. Hier stehen aktuell Parameter wie Sicherheit, Energie- und Leistungsdichte, Lade- und Entladeverhalten, Temperaturverhalten eine übergeordnete Rolle (MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. 2016).

Um das Jahr 2020 werden nach MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. (2016) günstigere Recycling- und Trennverfahren sowie großmaßstäbliche Recyclinganlagen zur Verfügung stehen. Vor allem das spätere Recycling von Batterien aus E-Fahrzeugen wird einen großen Stellenwert einnehmen, umso mehr, da diese Technologie nachhaltig und umweltschonend sein soll. Dies kann jedoch nur gelingen, wenn es einen geschlossenen bzw. teilweise geschlossenen Kreislauf zwischen Produktion, Ersteinsatz, Zweiteinsatz und Wiederverwertung dieser Batterien geben wird. Existierende Recyclinggesetze (z. B. Batteriedirektive) können (ggf. nach Revision) in diesem Zusammenhang wichtige Anreize für die Rückgewinnung wichtiger Rohstoffe aus Batterien und die Etablierung einer Recyclingindustrie setzen.

Das Angebot an Sekundärrohstoffen, bezogen auf Altbatterien, wird jedoch begrenzt sein. Es kann maximal nur die Menge rückgewonnen werden, die auch zuvor eingesetzt wurde. Zu berücksichtigen sind dabei die Lebensdauer der Produkte, und somit eine zeitliche Verzögerung bis zur Verwertung, sowie Verluste im Recyclingprozess.

#### **Weitere Forschungsvorhaben zur Rückgewinnung von Kobalt in Deutschland und EU**

Im Rahmen der Fördermaßnahme „r4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe“ beschäftigen sich die Forschungsvorhaben „ResErVar“, „WISTAMERZ“, „REWITA“, „Theisenschlamm“ und „TransTech“ mit der Erkundung von Kobaltpotenzialen in deutschen Lagerstätten bzw. mit der Rückgewinnung von Kobalt aus Aufbereitungsrückständen und LIBs. Eine detaillierte

Beschreibung dieser Projekte erfolgt an dieser Stelle nicht, jedoch sei auf die entsprechenden frei verfügbaren Publikationen bzw. Zwischenberichte verwiesen (siehe [www.r4-innovation.de](http://www.r4-innovation.de)).

Entlang der Wertschöpfungskette von LIBs wird derzeit in Europa eine ganze Reihe weiterer Forschungsvorhaben gefördert. Eine Übersicht hat die EIT RawMaterials GmbH zusammengestellt (Tab. 14).

## **2.4 Lagerhaltung**

Lagerhaltung wird sowohl auf Staatsebene als auch auf Unternehmensebene betrieben. Auf Staatsebene war in der Vergangenheit vor allem die Vorratshaltung der US-amerikanischen Defense Logistics Agency (DLA) von Bedeutung; der Lagerbestand an Kobalt wurde von 2,7 t im Jahr 2006 auf 0,3 t im Jahr 2016 reduziert (DLA 2017). Im Jahr 2015 begann die DLA, Lithium-Kobalt-Oxide und Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxide zu erwerben. Das über die DLA verfügbare Angebot an Kobalt und Kobaltverbindungen spielt aktuell eine untergeordnete Rolle für die Angebotsseite von Kobalt.

Das State Bureau of Material Reserve in China hat im Jahr 2015 insgesamt 2.200 t Kobaltmetall als strategische Reserve erworben (METAL BULLETIN 2015). Laut dem chinesischen Informationsdienstleister Antaika betrug die chinesische Lagerhaltung im Jahr 2016, inklusive der Mengen des State Bureau of Material Reserve, insgesamt 10.000 t Kobalt (ANTAIKE 2017).

Der betrieblichen Lagerhaltung durch Kobalt produzierende und verarbeitende Unternehmen kommt ebenfalls eine Bedeutung zu. Angaben zu den Mengen werden jedoch firmenintern gehalten, der Beitrag zum Kobaltgesamtangebot ist nicht bekannt.

Das börsennotierte kanadische Unternehmen Cobalt27 hat im Jahr 2017 insgesamt knapp 3.000 t Kobaltmetall erworben, welches in LME-zertifizierten Lagerhäusern in Baltimore, Antwerpen und Rotterdam gelagert ist (COBALT27 2018). Das Unternehmen möchte interessierten Investoren auf diese Weise die Möglichkeit geben, möglichst direkt an der Kobaltpreisentwicklung zu partizipieren.

## 2.5 Nachfrage

Die Gesamtnachfrage nach Kobalt wird zum überwiegenden Teil über das Primärangebot der Bergwerksförderung bedient. Die Angaben zum Beitrag des Sekundärangebots schwanken zum Teil erheblich (s. Kap. 2.3.8). Für das Jahr 2017 wird die globale Kobaltnachfrage mit 112.000 t Co-Inh. bzw. 115.000 t Co-Inh. angegeben (CRU 2018, ROSKILL 2017).

Von 2001 bis 2017 stieg die globale Kobaltnachfrage mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 6,6 %. Für den Zeitraum 2009–2017 variieren die Angaben je nach verwendeter Quelle zwischen 8,1 % und 8,6 %. Insbesondere für den Zeitraum 2014–2017 gehen

CRU (2018) und ROSKILL (2017) von unterschiedlichen Wachstumsraten aus (Abb. 33).

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften findet Kobalt in vielen unterschiedlichen Bereichen Anwendung (s. Kap. 1.4). Die Nachfrage in den Hauptanwendungssegmenten für Kobaltmetall steigt seit dem Jahr 2001 mit kontinuierlichen Wachstumsraten von 3,8 % (Superlegierungen), 4,2 % (Schnellarbeitsstahl), 3,7 % (Karbide und Diamantwerkzeuge) und 3,2 % (Magnete). Auch die Nachfrage in den Segmenten der Oberflächenveredelung/Oberflächenhärtung und synthetische Diamanten weisen mit durchschnittlich jährlich 4,5 % bzw. 8,7 % kontinuierlich steigende Wachstumsraten auf und sind unter „Weitere Anwendungen“ zusammengefasst.

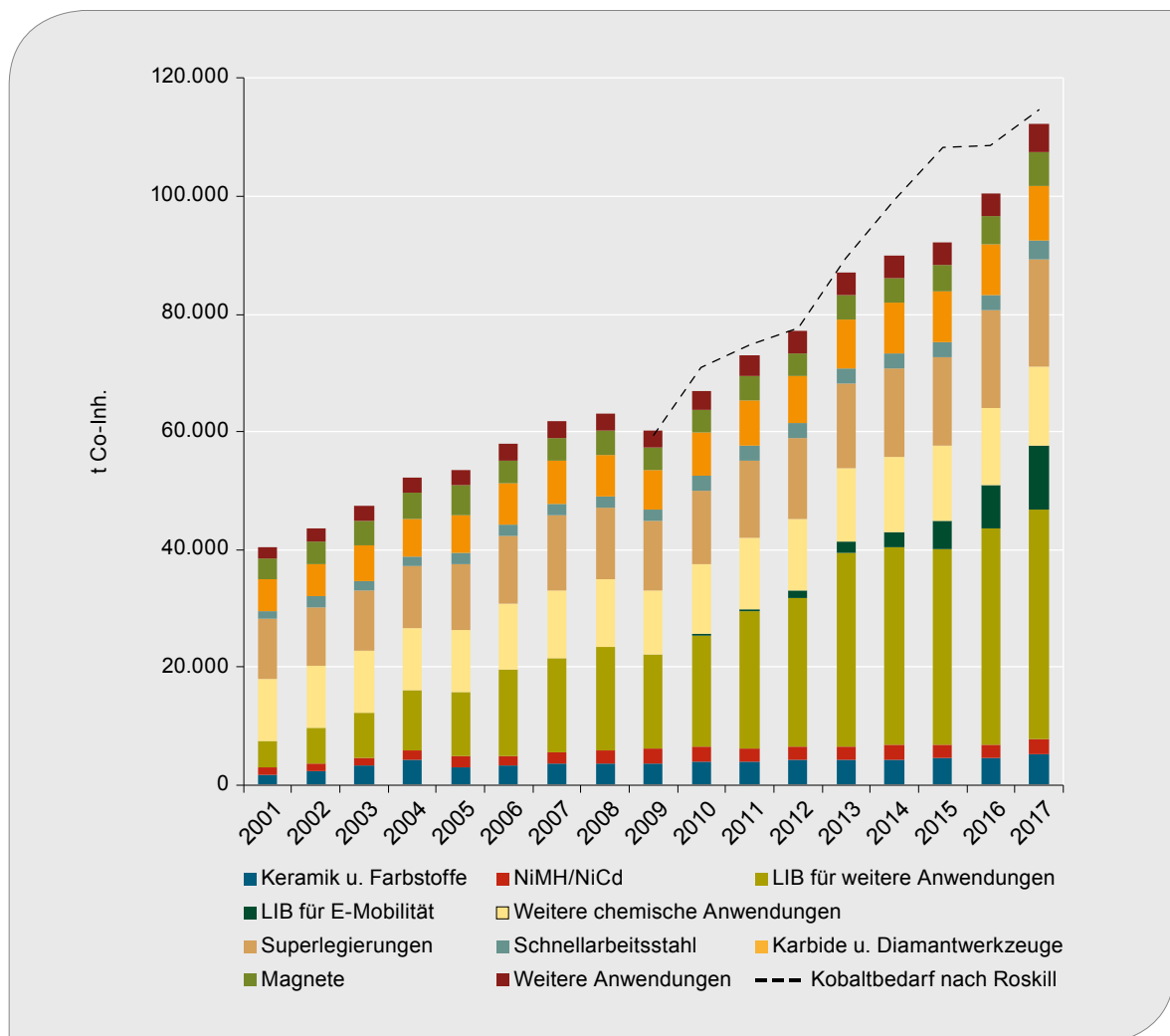


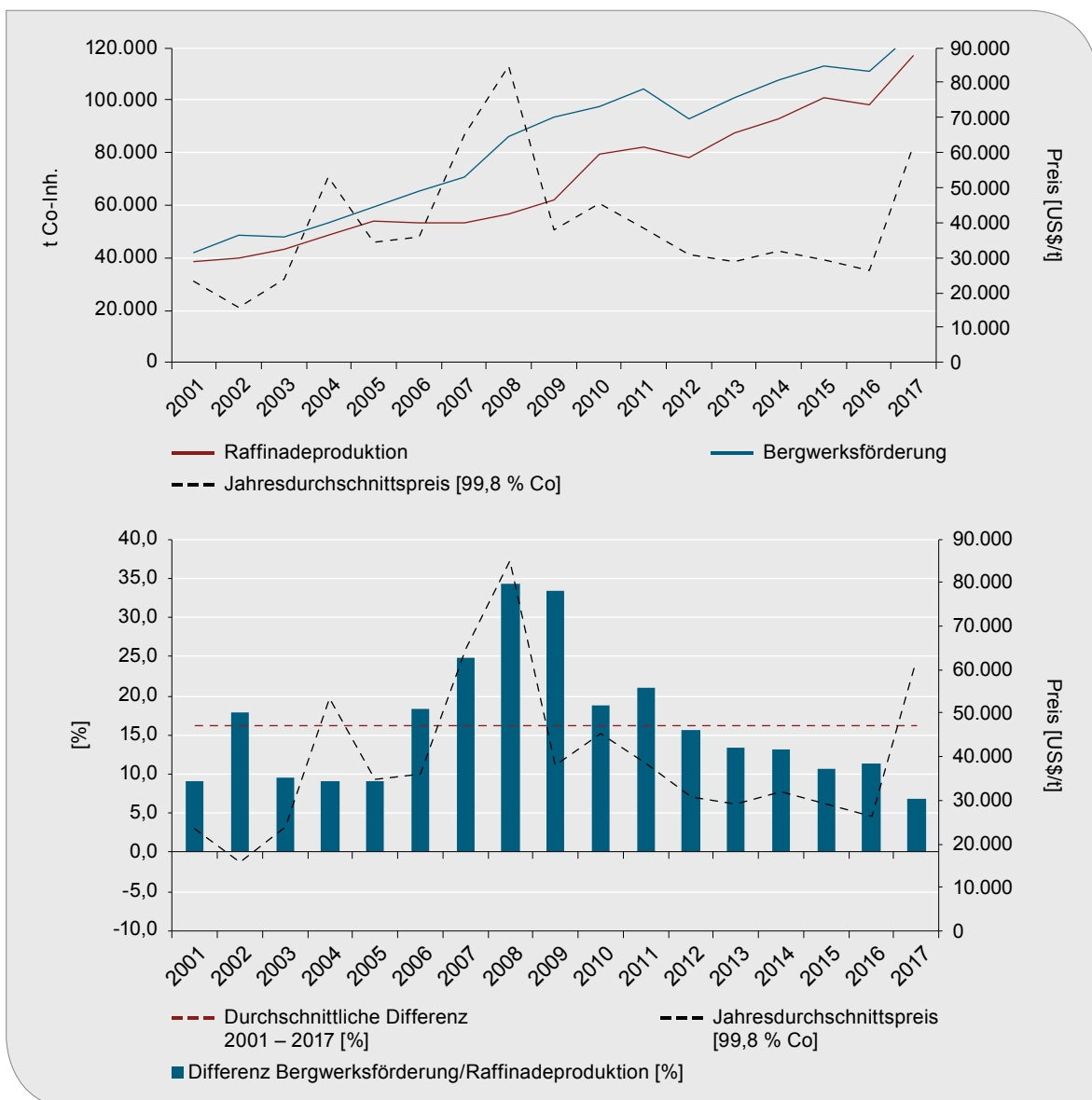
Abb. 33: Entwicklung der globalen Kobaltnachfrage 2001–2017 (modifiziert nach CRU 2018, ROSKILL 2017).

Die höchsten Wachstumsraten im Zeitraum 2001–2017 entfallen auf die Bereiche Keramik und Farbstoffe mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 8,1 % und LIB für weitere Anwendungen mit 14,7 %. Unter LIB für weitere Anwendungen ist der Bereich 3C (Computing, Communication, Consumer) zusammengefasst. In diese Kategorie fallen Produkte wie bspw. Laptops, Tablets, Smartphones, Smartwatches. Der Anteil an der Gesamtnachfrage von LIB für den Bereich E-Mobilität machte im Jahr 2017 knapp 10 % aus und verzeichnet seit dem Jahr 2011 die höchsten Wachstumsraten.

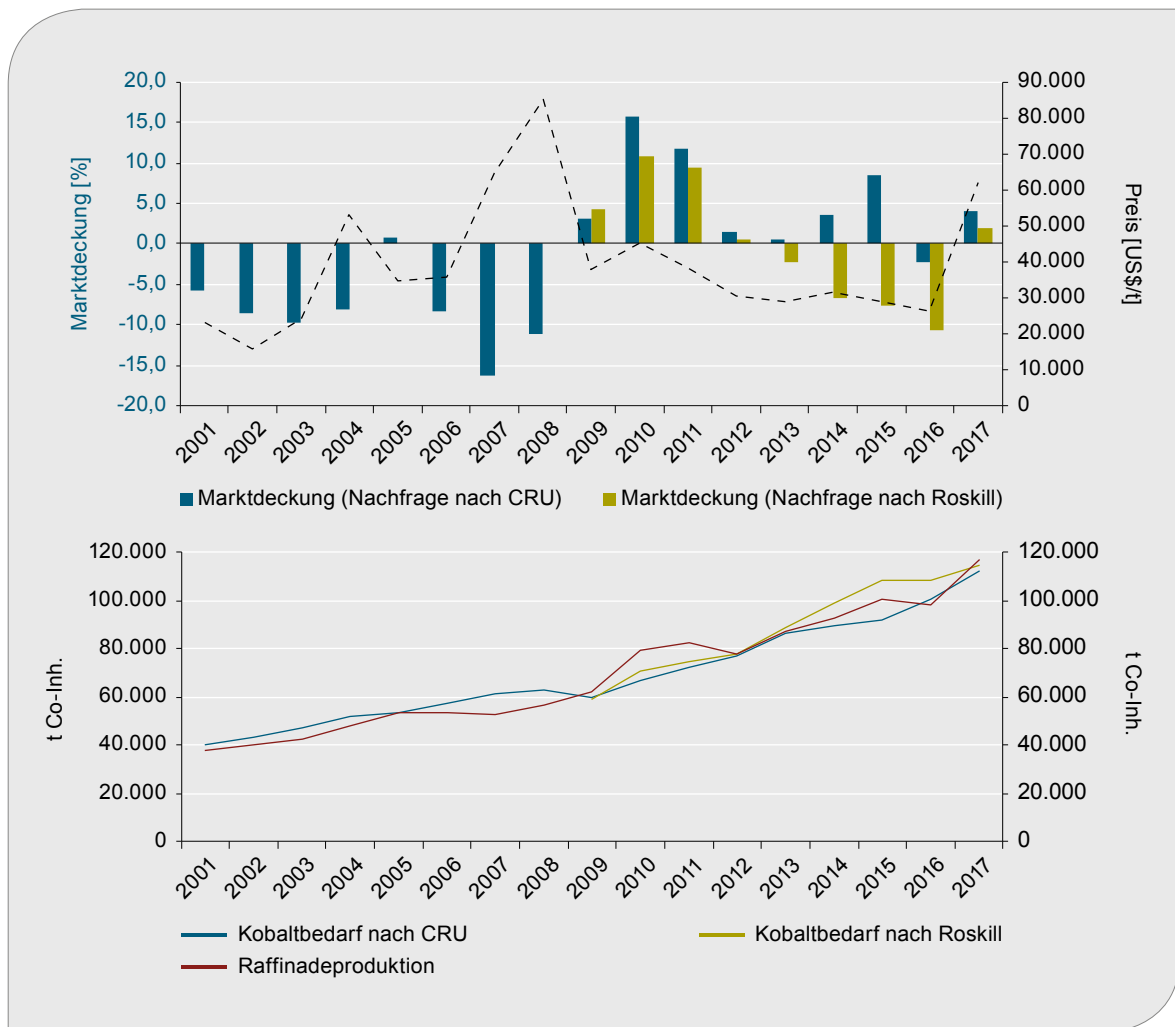
Die Finanzmarktkrise 2008/2009 ließ die globale Kobaltnachfrage kurzfristig und geringfügig um etwa 2.800 t Co-Inh. zurückgehen. Im Folgejahr lag die Nachfrage bereits wieder deutlich über dem Niveau von 2007 und 2008.

### 2.6 Derzeitige Marktdeckung

Aus der Differenz von Angebot und Nachfrage ergibt sich die Marktdeckung für Kobalt. Marktüberschüsse bzw. -defizite werden ins Verhältnis zum Angebot gesetzt und in Prozent angegeben.



**Abb. 34:** Entwicklung der Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt zwischen 2001–2017 im Verhältnis zum Kobaltpreis (Datenquelle: COBALT INSTITUTE 2018, CRU 2018, BGR 2018).



**Abb. 35: Entwicklung von Angebot (Raffinadekobalt) und Nachfrage sowie der Marktdeckung (Angebot = Raffinadekobalt nach COBALT INSTITUTE 2018, Nachfrage nach CRU 2018 und ROSKILL 2017).**

Die direkte Nachfrage für die Bergwerksförderung ergibt sich aus der Raffinadeproduktion. Für den Zeitraum von 2001 bis 2017 liegt die Bergwerksförderung immer deutlich über der Raffinadeproduktion. Die Differenz zwischen der Bergwerksförderung in t Co-Inh. und Raffinadeproduktion in t Co-Inh. schwankt für diesen Zeitraum zwischen 6,8 % und 33,4 % (Abb. 34). Der Mittelwert liegt für diesen Zeitraum bei 16,3 %.

Das verfügbare Angebot für die Weiterverarbeitung ergibt sich bei Kobalt, aufgrund von Aufbereitungsverlusten bei der Raffination der Konzentrate und kobalthaltigen Zwischenprodukten (s. Kap. 1.2), nicht direkt aus der Primärförderung, sondern aus der Raffinadeproduktion von Kobalt. Die Angaben

zur Gesamtnachfrage basieren auf Daten von CRU (2018) und ROSKILL (2017).

Der Verlauf der historischen Marktdeckung von Kobalt zeigt, dass sich der Markt von 2001 bis 2008, bis auf das Jahr 2005, im Defizit befand (Abb. 35). Die ab dem Jahr 2002/2003 steigende Kobaltnachfrage ließ den Kobaltpreis aufgrund der unzureichenden Verfügbarkeit bis in das Jahr 2004 hinein deutlich steigen. Verzögert kam die Bergwerksförderung der Nachfrage im Jahr 2005 nach. Jedoch stagnierte die Raffinadeproduktion in den Jahren 2005–2008, was weitere Preisaufschläge zur Folge hatte (Abb. 34). Erst verzögert konnte die Weiterverarbeitung von kobalthaltigen Konzentraten und Zwischenprodukten gesteigert werden, was zu einer Entspannung am Markt führte.

Durch die Finanzmarktkrise 2008/2009 brach der Kobaltpreis deutlich ein, die Nachfrage nur kurzfristig und geringfügig, während die globale Bergwerksförderung und nun auch die Raffinadeproduktion von Kobalt wesentlich gesteigert werden konnten (v. Kap. 2.3.1 u. 2.3.5), was in den Jahren 2009–2011 zu einem deutlich sichtbaren Angebotsüberschuss führte (Abb. 35).

Obwohl die Marktdeckung in den Jahren 2012 und 2013 ausgeglichen erscheint, kann hier von einem größeren Angebotsüberschuss ausgegangen werden. Der in den Jahren 2009–2011 aufgebaute Angebotsüberschuss stand dem Markt zusätzlich zur Raffinadeproduktion der Jahre 2012/2013 ggf. sogar länger zur Verfügung. Diese Annahme wird durch den Preisverlauf gestützt, der bis ins Jahr 2016 weiter nachgab. Es ist davon auszugehen, dass Lagerhaltung entlang der gesamten Wertschöpfungskette für Kobalt die Marktdeckung positiv beeinflusst und Versorgungsdefizite durch Materialzuflüsse aus Vorratshaltung gedeckt werden bzw. Lagerbestände in Zeiten von Versorgungsüberschüssen und bei günstigen Preisen aufgebaut werden.

Für die Jahre 2014–2015 gehen die Annahmen zur Kobaltnachfrage der Consultingunternehmen CRU und Roskill auseinander (Abb. 35). Die Zahlen für 2016 zeigen jedoch ein deutliches Defizit am Markt, was sich direkt und deutlich in der Kobaltpreisentwicklung widerspiegelt (v. Kap. 2.2). Die Zeiträume geringer Differenz zwischen der Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt (Abb. 34), wie bspw. Anfang der 2000er Jahre und im Jahr 2017, sind durch deutliche Preissteigerungen gekennzeichnet. Eine Differenz von < 10 % kann in diesem Fall als Risikoindikator für eine unzureichende Verfügbarkeit von Primärmaterial aus dem Bergbau herangezogen werden.

Die aktuellen Zahlen zur Raffinadeproduktion von Kobalt (COBALT INSTITUTE 2018) für das Jahr 2017 liegen über der erwarteten Nachfrage für 2017 (CRU 2017, ROSKILL 2017).

## 2.7 Handel

Neben kobalthaltigen Erzen bzw. Konzentraten wird Kobalt am Weltmarkt in unterschiedlichsten Formen und Qualitäten gehandelt. Handelsübliche Metallprodukte sind Kathodenkobalt in unter-

schiedlichen Formen („briquettes“, „rounds“, „broken cathode“, „cut cathode“) mit Gehalten von 99,3 % Co bis 99,9 % Co und Kobaltpulver. Neben Kathodenkobalt werden kobalthaltige Matte, Kobaltverbindungen in unterschiedlichen Qualitäten, überwiegend in Form von Pulvern, Salzen und Chemikalien sowie kobalthaltige Abfälle und Schrotte gehandelt.

Daten zum globalen Handel von Kobalt und Kobaltprodukten liegen für die in Tab. 15 aufgeführten Spezifikationen vor. Bezugsjahr für die Betrachtung des globalen Handels ist das Jahr 2016. Die hier angegebenen Daten beziehen sich primär auf die positiven Nettoexporte der jeweiligen HS-Warengruppen, da der Fokus dieser Studie auf der Angebotsseite liegt (siehe Glossar im Anhang).

**Tab. 15: Warengruppen nach dem Harmonized System (HS) der Weltzollorganisation (WCO 2016) für Kobalt und Kobaltprodukte (Datenquelle: GTIS 2018).**

Handelsname	HS-Code
Kobalterze und ihre Konzentrate	2605.00 <sup>1</sup>
Kobaltoxide und -hydroxide; handelsübliche Kobaltoxide	2822.00 <sup>2</sup>
Chloride, Chloroxide und -hydroxide; Bromide und -oxide; Iodine und Iodoxide ( <b>Kobaltchlorid</b> )	2827.39.xx <sup>3</sup>
Kobaltmatte und andere Zwischenerzeugnisse der Kobaltmetallurgie; Kobalt in Rohform; Pulver aus Kobalt	8105.20 <sup>1</sup>
Abfälle und Schrott aus Kobalt (ausg. Aschen und Rückstände, Kobalt enthaltend)	8105.30

<sup>1</sup> Nettoexporte DR Kongo über „Reverse Trade“ (globale Importe aus einem Land) abgeleitet;

<sup>2</sup> Nettoexporte der Länder: Belgien, DR Kongo, Finnland und Südkorea über „Reverse Trade“ (globale Importe aus einem Land) abgeleitet;

<sup>3</sup> diese Warengruppe enthält neben Kobaltchlorid weitere Produkte, die Ermittlung der Handelsdaten erfolgt daher über erweiterte Ländercodes.

Prinzipiell gilt es zu bemerken, dass die Datenverfügbarkeit und deren Qualität zum Teil stark schwanken. Länder, die keine Exportdaten melden, stellen ein großes Problem dar. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, dass einzelne Produkte unter falschen Warennummern deklariert werden.

Kobalthaltige Erze bzw. deren Konzentrate werden in der HS-Position 2605.00 geführt. Da der wichtigste Exporteur, die DR Kongo, keine Exportdaten veröffentlicht, wurden diese über den Import der entsprechenden Partnerländer abgeleitet (s. Glossar). Des Weiteren wurden die ermittelten Exporte der DR Kongo zusätzlich rückwirkend bis zum Jahr 2000 betrachtet.

Die HS-Position 2822.00 enthält neben Kobaltoxiden auch Kobalhydroxide. Lediglich der wichtigste Exporteur, China, unterteilt diese Warengruppe in „Cobalt Tetroxide“ (HS 2822.00.10) und „Other Cobalt Oxides and Hydroxides, Commercial Cobalt“ (HS 2822.00.90). Für die übrigen Länder ist eine vergleichbare Unterteilung nicht möglich, sodass die Gruppe als Gesamtes betrachtet werden muss. Hinzu kommt, dass die Exporte der Länder Belgien, Finnland, Südkorea und der DR Kongo aus globalen Importen abgeleitet werden müssen („Reverse Trade“).

Unter der HS-Position 2827.39 werden Chloride unterschiedlicher Metalle zusammengefasst. Unter anderem enthält diese Warengruppe auch Kobaltchlorid. Um den Handel dieses spezifischen Produktes nachvollziehen zu können, wurden die länderspezifischen Warennummern in einer neuen Warengruppe aggregiert und analysiert. So wird dieses Produkt bspw. in Deutschland bzw. der EU unter dem Warencode 2829.39.30 geführt. Da es

Länder gibt, die keine spezifische Warennummer für Kobaltchloride ausweisen, besteht die Möglichkeit, dass der ermittelte Datensatz lückenhaft ist.

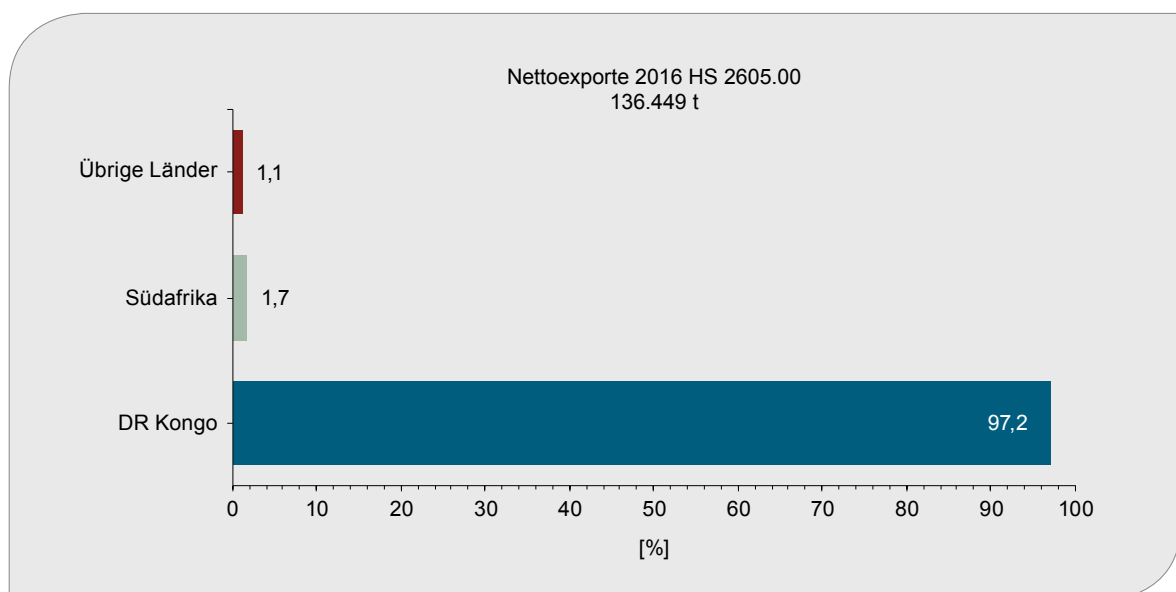
Die mit Abstand wichtigste Warengruppe für den Kobalthandel stellt die HS-Position 8105.20 dar. Hierbei handelt es sich um „Kobaltmatte und andere Zwischenerzeugnisse der Kobaltmetallurgie; Kobalt in Rohform und Pulver aus Kobalt“. Analog zur Warengruppe der Erze und Konzentrate wurde der Export der DR Kongo über globale Importe ermittelt. Für den wichtigsten Importeur China wurde zusätzlich der Import dieser Warengruppe betrachtet.

## 2.7.1 Nettoexporte

### Waren der HS-Position 2605.00

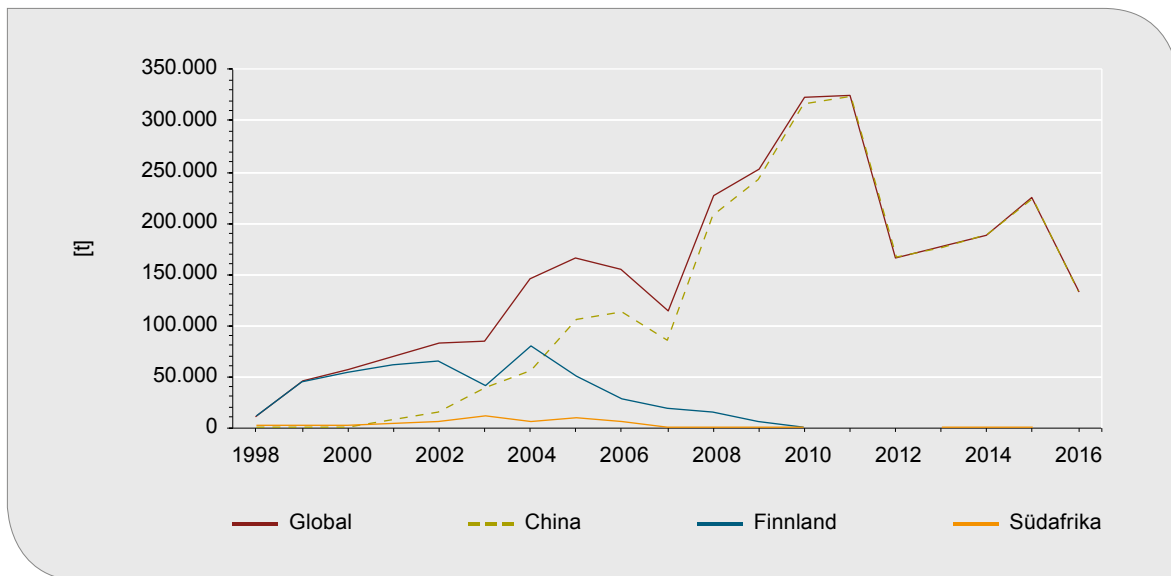
Im Jahr 2016 wurden weltweit ca. 136.652 t kobalthaltige Erze und Konzentrate exportiert. Die weltweiten Importe betragen ca. 151.981 t. Die Summe der Nettoexporte (NX > 0) lag bei etwa 136.449 t (siehe Glossar). Gegenüber dem Vorjahr ist eine Abnahme der NX um ca. 40 % zu verzeichnen.

Größter Nettoexporteur von kobalthaltigen Erzen und Konzentraten war im Jahr 2016 die DR Kongo mit rund 132.673 t (Weltanteil 97,2 %) (Abb. 36).



**Abb. 36: Nettoexporte von kobalthaltigen Erzen und Konzentraten 2016**  
(Datenquelle: GTIS 2018).





**Abb. 37: Importe von kobalthaltigen Erzen und Konzentraten aus der DR Kongo für den Zeitraum 1998–2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**

Diese Menge ergibt sich, wenn man die globalen Importe dieser Warengruppe aus diesem Land zugrunde legt. Größter und wichtigster Importeur ist seit etwa 2004 China (2016 > 99 %) (Abb. 37). Zweitgrößter Nettoexporteur von kobalthaltigen Erzen und Konzentraten war Südafrika (ca. 2.296 t, 1,7 %). Geringe Mengen wurden von Ländern wie den Niederlanden (496 t), Belgien (376 t), Irland (351 t), Thailand (125 t) und Deutschland (85 t) exportiert. Dabei handelt es sich vermutlich um sogenannten Durchgangshandel.

In den letzten Jahren kam es vermehrt zu Ausfuhrbeschränkungen und auch -verboten für Produkte dieser Warengruppe aus der DR Kongo. Die Weiterverarbeitung der Erze und Konzentrate sollte im Land erfolgen. Teilweise wurden diese Beschränkungen auch wieder aufgehoben bzw. galten bzw. gelten nur für vereinzelte Unternehmen. Somit erklären sich einerseits die abnehmenden Exporte aus dem Land sowie die schwankenden Mengen (Abb. 37). Die höchsten Ausfuhrmengen aus der DR Kongo wurden im Jahr 2011 mit rund 324.354 t erreicht. Seitdem sind die Exporte aus dem Land rückläufig. Im Jahr 2016 betragen diese nur noch etwa 41 % gegenüber dem Jahr 2011.

Die mithilfe des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2016 mit einem Wert von 9.457 nah am Maximum von 10.000 und

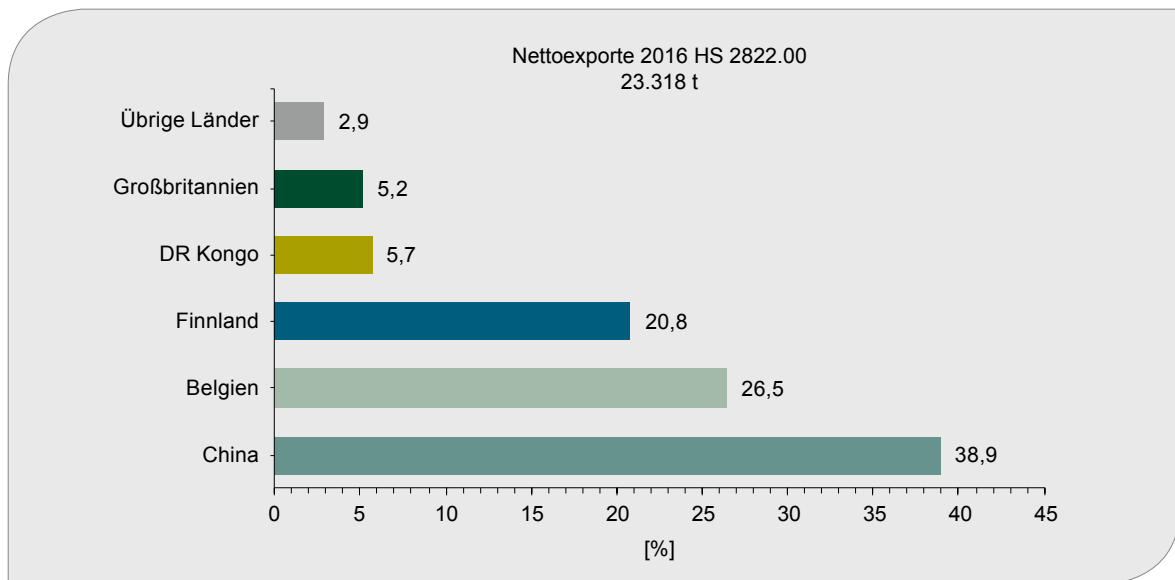
somit im hochbedenklichen Bereich. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) ist mit einem Wert von –1,5 ebenfalls als sehr bedenklich zu bewerten. Vor allem die extrem hohen Liefermengen aus der DR Kongo (Länderrisikobewertung –1,56) führen zu diesem GLR. Alle anderen Lieferländer haben aufgrund der geringen Liefermengen keinen nennenswerten Effekt auf das GLR.

#### **Export von Waren der HS-Position 2822.00**

Im Jahr 2016 wurden weltweit 26.396 t der HS-Position 2822.00 (Kobaltoxide und -hydroxide; handelsübliche Kobaltoxide) exportiert. Die weltweiten Importe betragen 25.774 t. Die Summe der Nettoexporte (NX > 0) lag bei ca. 24.318 t (Abb. 38). Gegenüber dem Vorjahr haben die Nettoexporte um ca. 3,9 % zugenommen.

Der größte Nettoexporteur war China mit rund 9.467 t (Weltanteil 38,9 %), gefolgt von Belgien (ca. 6.435 t, 26,5 %), Finnland (ca. 5.068 t, 20,8 %), der DR Kongo (ca. 1.385 t, 5,7 %) und Großbritannien (ca. 1.257 t, 5,2 %). Auf die Kategorie „Übrige Länder“ entfallen ca. 706 t (2,9 %).

Die Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2016 mit einem HHI von 2.712 im bedenklichen Bereich mit Tendenz in den mäßig bedenklichen Bereich. Das GLR liegt mit

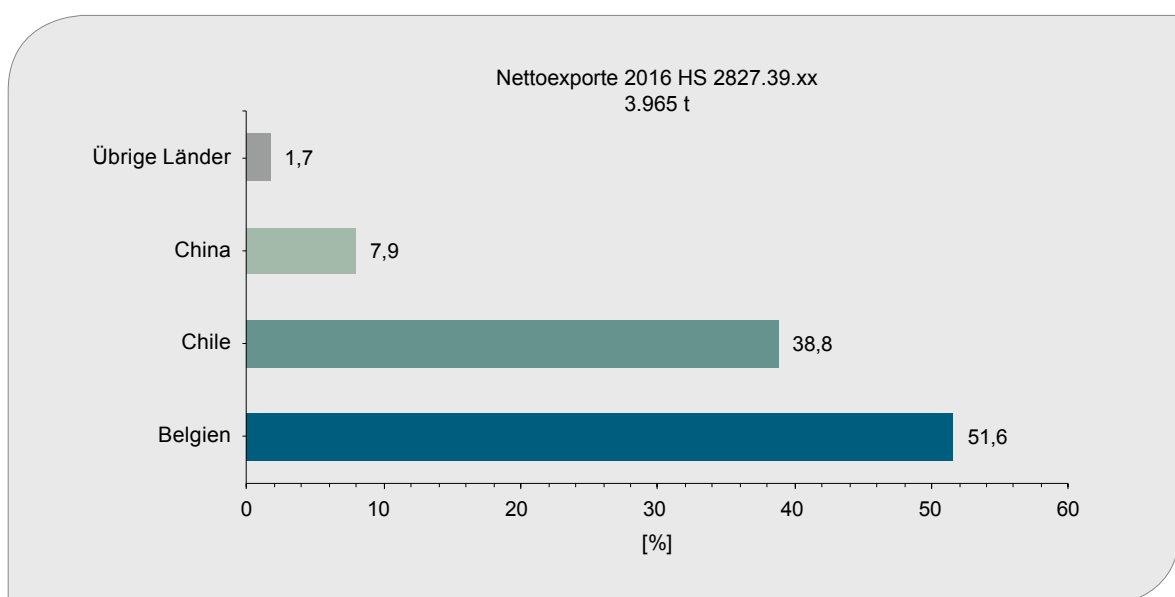


**Abb. 38: Nettoexporte von Kobaltoxiden und -hydroxiden (HS-Position 2822.00) für das Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**

einem Wert von 0,52 im Übergangsbereich von unbedenklich zu mäßig bedenklich. Vor allem die Liefermengen aus China und der DR Kongo, in Verbindung mit den Länderrisikobewertungen von  $-0,42$  bzw.  $-1,56$  dieser Länder, führen zu diesem GLR. Alle anderen Lieferländer haben aufgrund ihrer positiven Länderrisikobewertungen verbunden mit den jeweiligen Liefermengen einen positiven, jedoch geringen Effekt auf das GLR.

#### Export von Waren der HS-Position 2827.39.xx

Im Jahr 2016 wurden weltweit 4.100 t der HS-Position 2827.39.xx (Kobaltchlorid) exportiert. Die weltweiten Importe betragen 2.115 t. Die Summe der Nettoexporte (NX > 0) lag bei ca. 3.965 t (Abb. 39) und somit etwa 26,5 % unter dem Vorjahresniveau. Aufgrund der bereits angesprochen Datenproblematik besteht die Möglichkeit, dass



**Abb. 39: Nettoexporte von Kobaltchlorid (HS-Position 2827.39.xx) für das Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**

in diesem Datensatz Länder nicht berücksichtigt sind, die große Exporteure sind, dies jedoch nicht spezifisch ausweisen (s. o.).

Der größte Nettoexporteur war Belgien mit rund 2.045 t (Weltanteil 51,6 %), gefolgt von Chile (ca. 1.538 t, Weltanteil 38,8 %) und China (ca. 315 t, Weltanteil 7,9 %). Auf die Kategorie „Übrige Länder“ entfallen ca. 76 t (1,7 %).

Die mittels Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte von Kobaltchlorid lag im Jahr 2016 mit einem Wert von 4.230 im bedenklichen Bereich. Das GLR wird mit einem Wert von 1,03 als unbedenklich bewertet. Den größten Einfluss auf das GLR haben die hohen Liefermengen aus Belgien (Länderrisiko 1,25) und Chile (Länderrisiko 1,02).

#### Export von Waren der HS-Position 8105.20

Im Jahr 2016 lagen die Exporte der Warengruppe 8105.20 (Kobaltmatte und andere Zwischenerzeugnisse der Kobaltmetallurgie; Kobalt in Rohform; Pulver aus Kobalt) bei etwa 209.986 t. Die weltweiten Importe betragen 225.556 t. Die Summe der berechneten Nettoexporte ( $N_x > 0$ ) lag bei etwa 190.017 t, gegenüber 2015 ist das ein Rückgang von 1 %.

Größter Nettoexporteur war im Jahr 2016 die DR Kongo mit rund 159.101 t (Weltanteil 83,7 %) (Abb. 40), gefolgt von Kanada (9.931 t, Weltanteil 5,2 %), Russland (5.434 t, Weltanteil 2,9 %), Neukaledonien (5.379 t, Weltanteil 2,8 %) und Madagaskar (3.460 t, Weltanteil 1,8 %). Auf die Kategorie „Übrige Länder“ entfallen 6.712 t (Weltanteil 3,5 %).

Der Konzentrationsgrad der Exporte liegt mit einem HHI von 7.323 im bedenklichen Bereich. Das GLR ist mit einem Wert von  $-1,21$  ebenfalls als bedenklich zu bewerten. Maßgeblich hierfür sind die Exportmengen der DR Kongo und Russlands in Verbindung mit den jeweiligen Länderrisikobewertungen von  $-1,56$  bzw.  $-0,74$ .

Der bei weitem wichtigste Importeur dieser Warengruppe ist China. Über die letzten 15 Jahre haben die chinesischen Kobaltimporte sehr stark zugenommen. Lag der Anteil Chinas 2005 an den Gesamtimporten noch bei ca. 4,3 % (2.793 t), so stieg er im Jahr 2016 auf etwa 80 % (179.071 t) an (Abb. 41). Etwa 89 % dieser Importe stammten im Bezugsjahr 2016 aus der DR Kongo (158.446 t).

Innerhalb der Warengruppe 8105.20 lassen sich für China die Untergruppen 8105.20.10 (Intermediate Products, Smelted by Cobalt Hydrometallurgy), 8105.20.90 (Other Cobalt, Intermediate Products, Scrap & Powders) und 8105.20.20 (Unwrought

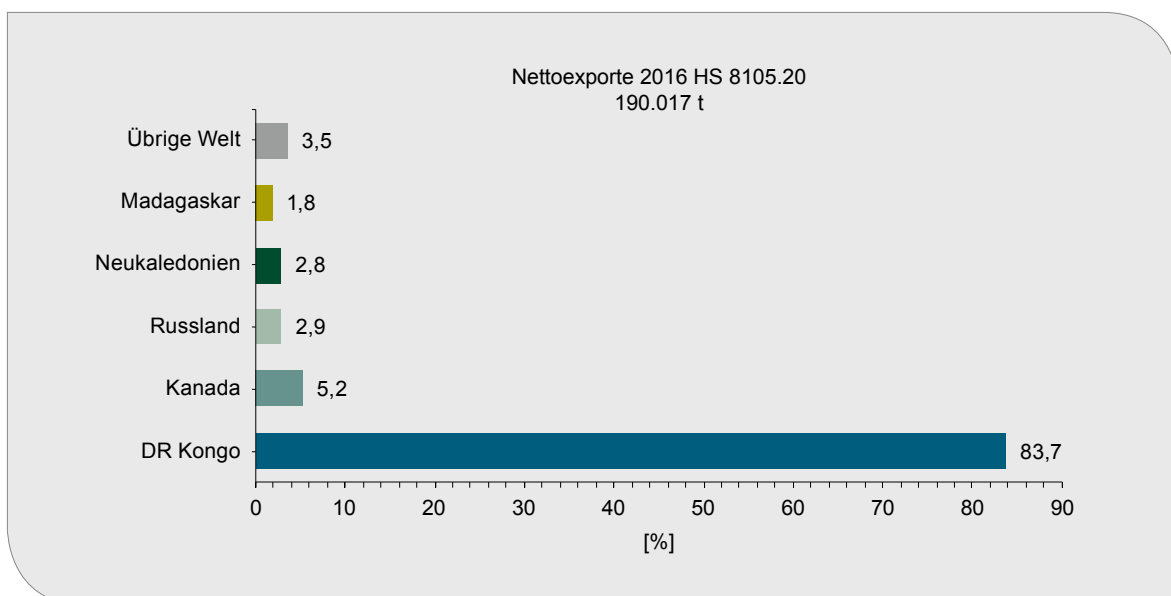
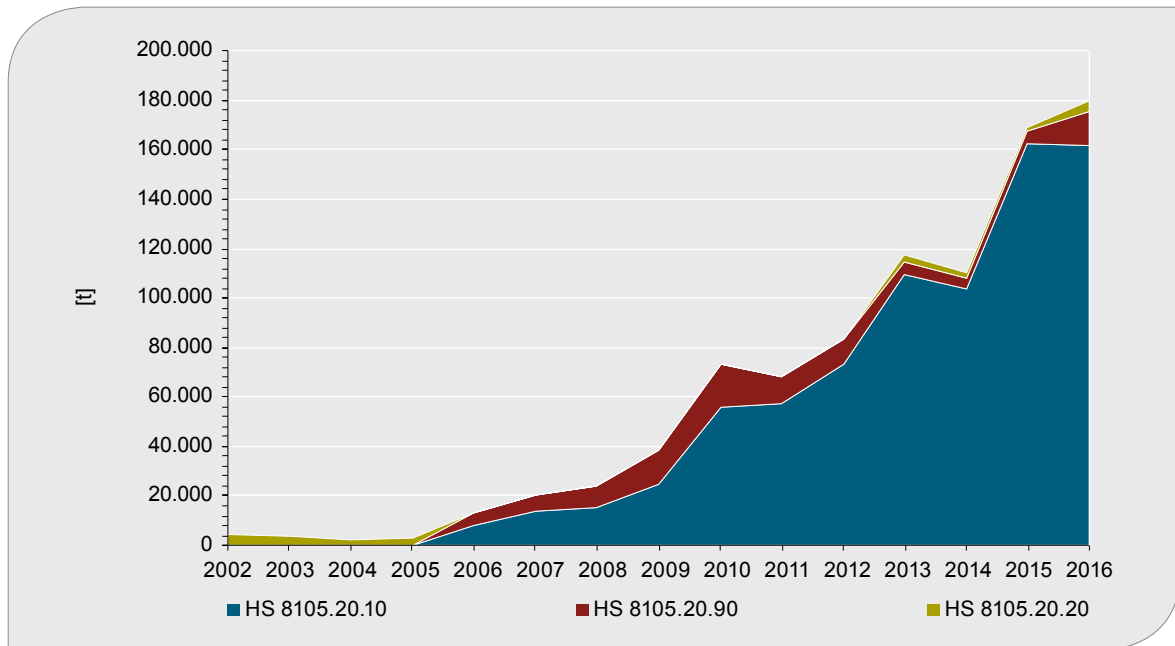


Abb. 40: Nettoexporte von kobalthaltigen Waren der HS-Position 8105.20 für das Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).

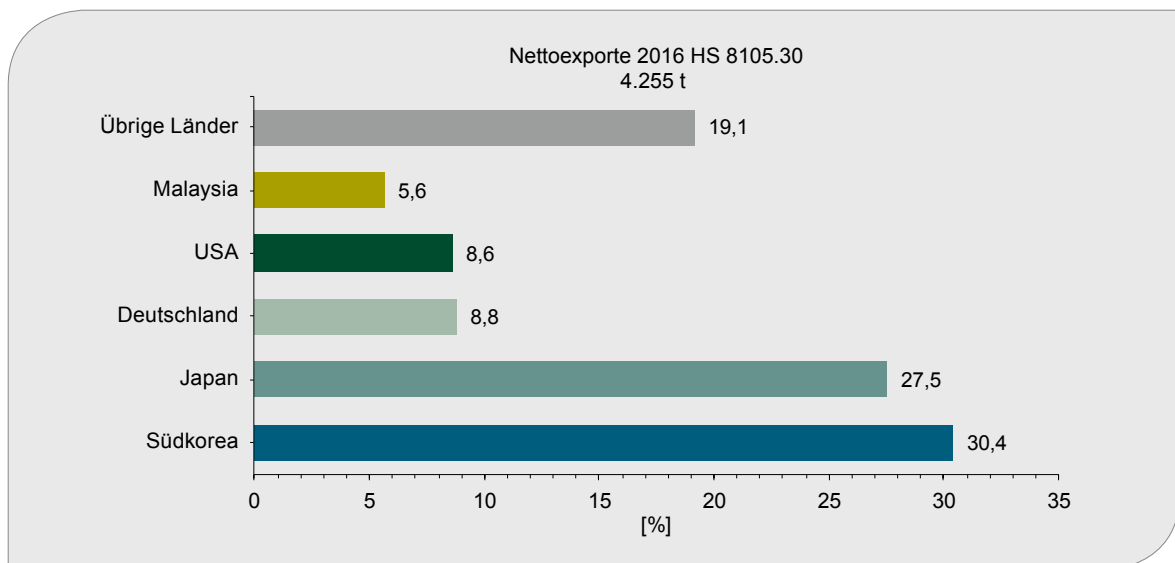


**Abb. 41: Vergleich der chinesischen Importe für Produkte der HS-Position 8105.20 für den Zeitraum 1990–2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**

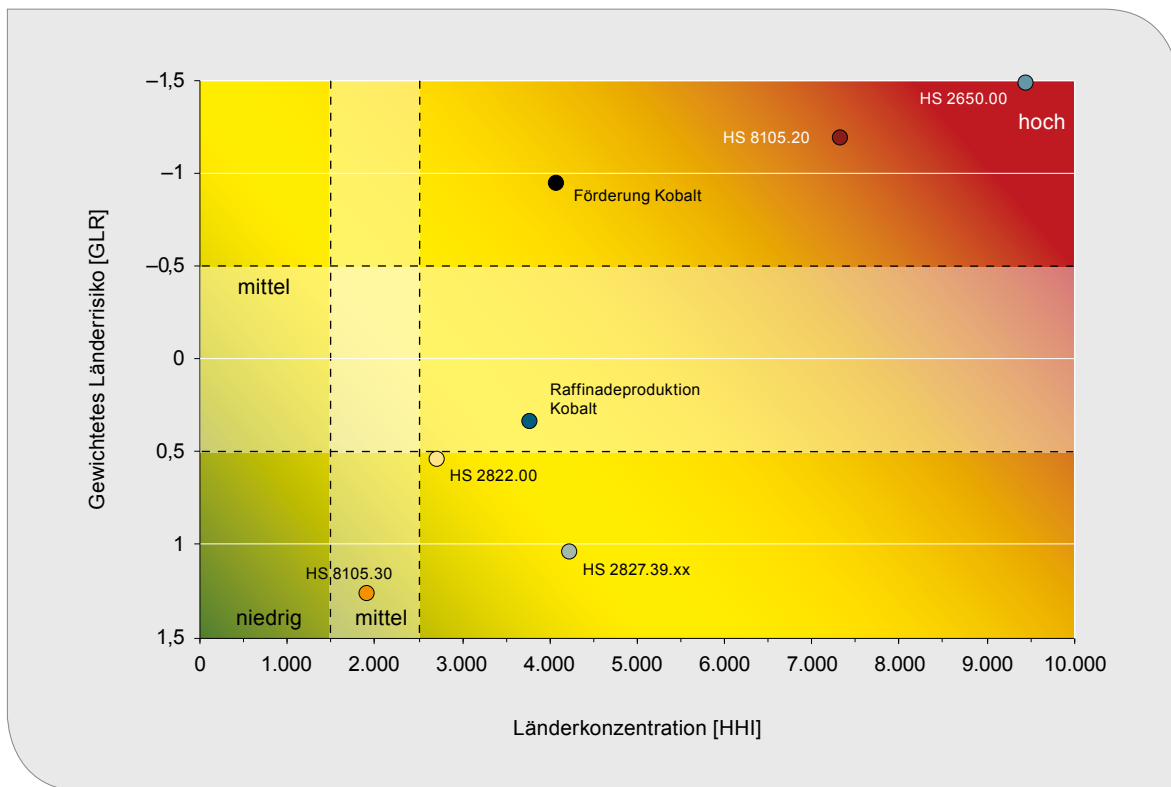
Cobalt) unterscheiden. Den mit Abstand größten Anteil an den chinesischen Gesamtimporten hat die Untergruppe 8105.20.10 (Intermediate Products, Smelted by Cobalt Hydrometallurgy). Diese machte 2016 etwa 90 % der Gesamtimporte aus (Abb. 41). In diese Untergruppe fallen die großen Mengen an Kobalhydroxid, die China aus der DR Kongo importiert.

#### Exporte von Waren der HS-Position 8105.30

Die weltweiten Exporte der Warengruppe 8105.30 (Abfälle und Schrott aus Kobalt) betragen im Jahr 2016 ca. 7.771 t. Die weltweiten Importe betragen ca. 6.375 t. Die Summe der Nettoexporte (NX > 0) lag bei etwa 4.255 t. Gegenüber dem Vorjahr ist eine Zunahme der NX um ca. 65 % zu verzeichnen.



**Abb. 42: Nettoexporte von kobalthaltigen Abfällen und Schrotten (HS-Position 8105.30) für das Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**



**Abb. 43: Gewichtetes Länderrisiko und Diversifizierung der globalen Nettoexporte im Vergleich zur Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt (Datenquelle: GTIS 2018).**

Größter Nettoexporteur war im Jahr 2016 Südkorea mit rund 1.293 t (Weltanteil 30,4 %), gefolgt von Japan (1.171 t, Weltanteil 27,5 %), Deutschland (373 t, Weltanteil 8,8 %), den USA (365 t, Weltanteil 8,6 %) und Malaysia (239 t, Weltanteil 5,6 %) (Abb. 42). Diese fünf genannten Länder machten 2016 etwa 81 % der globalen Nettoexporte aus. Auf die Kategorie „Übrige Länder“ entfallen 814 t (Weltanteil 19 %).

Der Konzentrationsgrad der Nettoexporte liegt mit einem HHI von 1.898 im mäßig bedenklichen Bereich. Das GLR ist mit einem Wert von 1,24 als unbedenklich zu bewerten. Maßgeblich hierfür sind die Exportmengen der wichtigsten Exporteure Südkorea, Japan, Deutschland und die USA verbunden mit den jeweiligen Länderrisikobewertungen.

## 2.7.2 Importe Deutschlands

In Tab. 16 sind die verfügbaren Daten zu den Importmengen Deutschlands für das Jahr 2016 im Vergleich zu den weltweiten Importen der betrach-

teten Warengruppen dargestellt. Kobalterze und -konzentrate (Warengruppe 2605.00) wurden 2016 nicht importiert.

### Waren der Position 2822.00

Im Jahr 2016 wurden 1.427 t der Warengruppe 2822.00 (Kobaltoxide und -hydroxide) mit einem Gesamtwarenwert von 26,8 Mio. € nach Deutschland eingeführt (GTIS 2018). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten von 25.774 t bei ca. 5,6 % (Weltrang 5).

Die Importe erfolgten hauptsächlich aus Finnland (ca. 1.249 t, Weltanteil 87,5 %) und Belgien (ca. 150 t, Weltanteil 10,5 %) (Abb. 44). In Summe stammten etwa 98 % der deutschen Importe aus lediglich zwei Lieferländern.

Der mithilfe des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der Importe von Produkten der HS-Position 2822.00 lag im Jahr 2016 mit einem Wert von 7.773 im bedenklichen Bereich. Mit einem Wert

**Tab. 16: Importe Deutschlands von kobalthaltigen Waren in Tonnen für das Jahr 2016**  
(Datenquelle: GTIS 2018, DESTATIS 2018).

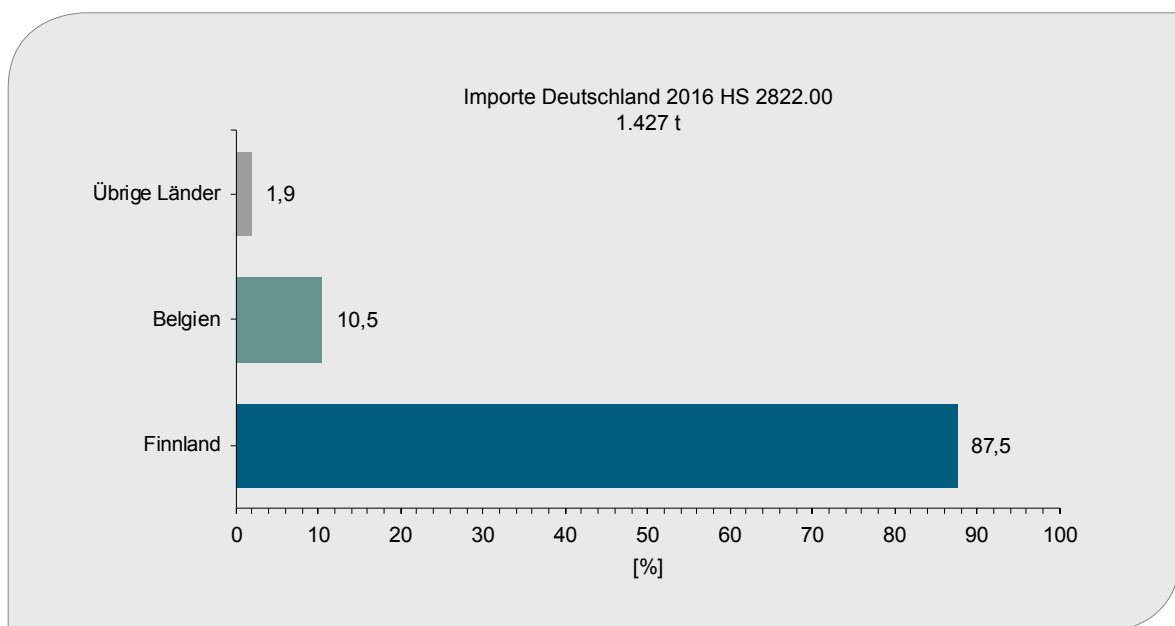
HS-Warennummer <sup>1</sup>		Importe Global [t]	Importe Deutschland [t]	Anteil Deutschland [%]	Weltrang Deutschland
Kobalterze und ihre Konzentrate	2605.00	151.981	0	0	k. A.
Kobaltoxide und -hydroxide; handelsübliche Kobaltoxide	2822.00	25.774	1.427	5,6	5
Chloride, Chloroxide und -hydroxide; Bromide und -oxide; Iodine und Iodoxide (Kobaltchlorid)	2827.39.30 <sup>2</sup>	2.115	251	11,9	3
Kobaltmatte und andere Zwischenerzeugnisse der Kobaltmetallurgie; Kobalt in Rohform; Pulver aus Kobalt	8105.20	225.556	2.659	1,2	6
Abfälle und Schrott, aus Kobalt (ausg. Aschen und Rückstände, Kobalt enthaltend)	8105.30	6.375	432	6,8	5

<sup>1</sup> HS = Harmonized System der Weltzollorganisation (WCO);

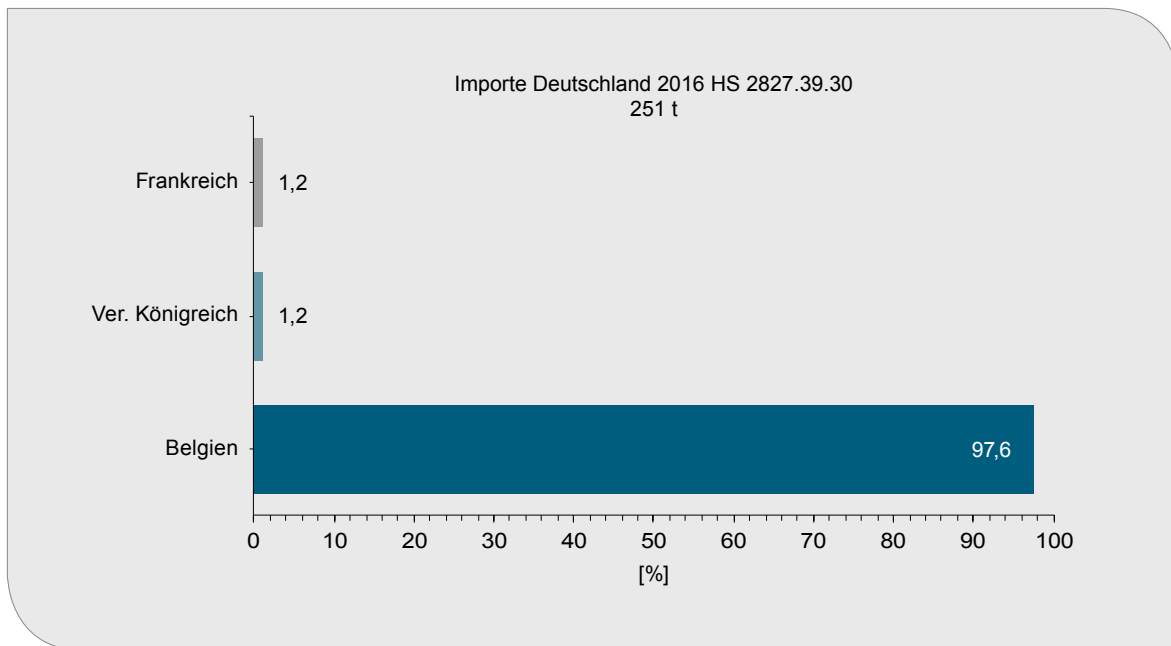
<sup>2</sup> Länder- bzw. EU-spezifischer Code für Kobaltchlorid innerhalb der HS Position 2827.39

von 1,67 ist das GLR jedoch als unbedenklich zu bewerten. Ursächlich hierfür sind die Länderrisikobewertungen von 1,74 und 1,25 der beiden wichtigen Lieferländer Finnland und Belgien.

Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für Produkte dieser Warengruppe basierend auf den Indikatoren HHI und GLR als mäßig bedenklich zu bewerten.



**Abb. 44: Herkunft der deutschen Importe von Kobaltoxiden und -hydroxiden**  
(HS-Position 2822.00) im Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).



**Abb. 45: Herkunft der deutschen Importe von Kobaltchlorid (HS-Position 2827.39.30) im Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**

#### Waren der Position 2827.39.30

Im Jahr 2016 wurden 251 t der Warengruppe 2827.39.30 (Kobaltchlorid) mit einem Gesamtwarenwert von knapp 0,88 Mio. € nach Deutschland eingeführt (GTIS 2018). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten von 2.115 t bei ca. 11,9 % (Weltrang 3).

Die Importe erfolgten hauptsächlich aus Belgien (245 t, Weltanteil 97,6 %), Großbritannien (3 t, Weltanteil 1,2 %) und Frankreich (3 t, Weltanteil 1,2 %) (Abb. 45).

Der HHI der Importe nach Deutschland lag im Jahr 2016 mit einem Wert von 9.530 nah am Maximalwert von 10.000 und somit im hochbedenklichen Bereich. Mit einem Wert von 1,25 ist das GLR hingegen als unbedenklich zu bewerten. Vor allem die Importmengen aus Belgien, verbunden mit der entsprechenden Länderrisikobewertung von 1,25, führen zu dem berechneten GLR. Auch Großbritannien und Frankreich wiesen 2016 unbedenkliche Risikobewertungen auf.

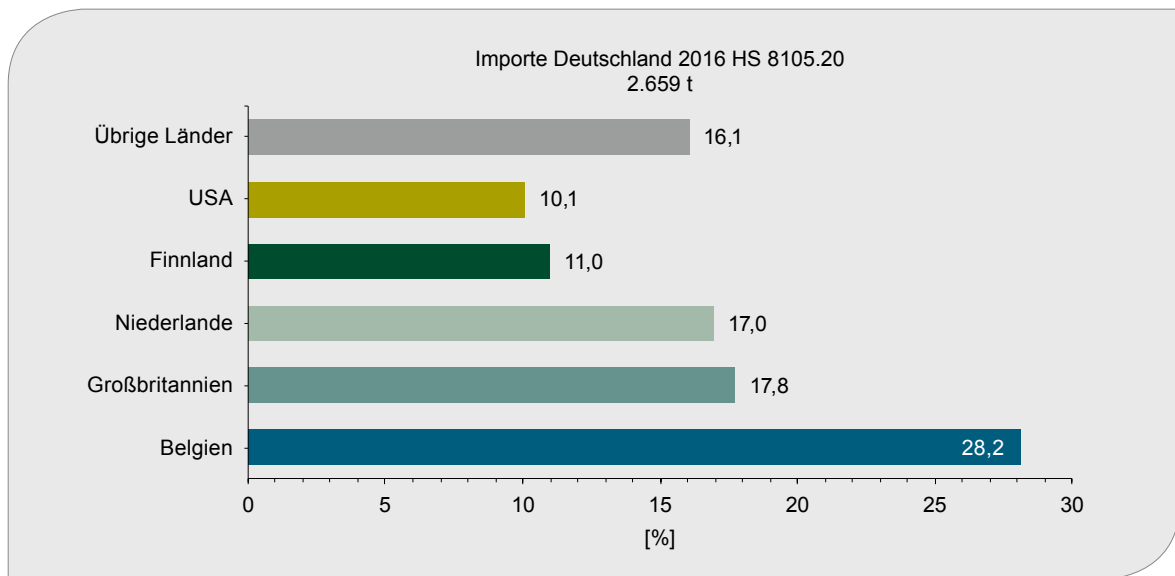
Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für Produkte dieser Warengruppe basierend auf den Indikatoren HHI und GLR als mäßig bedenklich zu bewerten.

#### Waren der Position 8105.20

Insgesamt wurden im Jahr 2016 2.659 t der Warengruppe 8105.20 (Kobaltmatte und andere Zwischenerzeugnisse der Kobaltmetallurgie; Kobalt in Rohform; Pulver aus Kobalt) mit einem Gesamtwarenwert von 78,3 Mio. € nach Deutschland eingeführt (GTIS 2018). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten von 225.556 t bei ca. 1,2 % (Weltrang 6). Bezogen auf alle kobaltrelevanten Importe Deutschlands stellt diese Warengruppen wertmäßig die wichtigste dar.

Die Importe erfolgten hauptsächlich aus Belgien (ca. 749 t, Weltanteil 28,2 %), Großbritannien (ca. 472 t, Weltanteil 17,8 %), den Niederlanden (ca. 451 t, Weltanteil 17 %), Finnland (292 t, Weltanteil 11 %) und den USA (268 t, Weltanteil 10 %) (Abb. 46). In Summe stammten etwa 84 % der deutschen Importe aus fünf Lieferländern.

Der mithilfe des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der Importe von Produkten der Warengruppe 8105.20 lag im Jahr 2016 mit einem Wert von 1.677 im unbedenklichen Bereich. Mit einem Wert von 1,32 ist das GLR ebenfalls als unbedenklich zu bewerten. Von den 16 identifizierten Lieferländern weist lediglich China eine negative



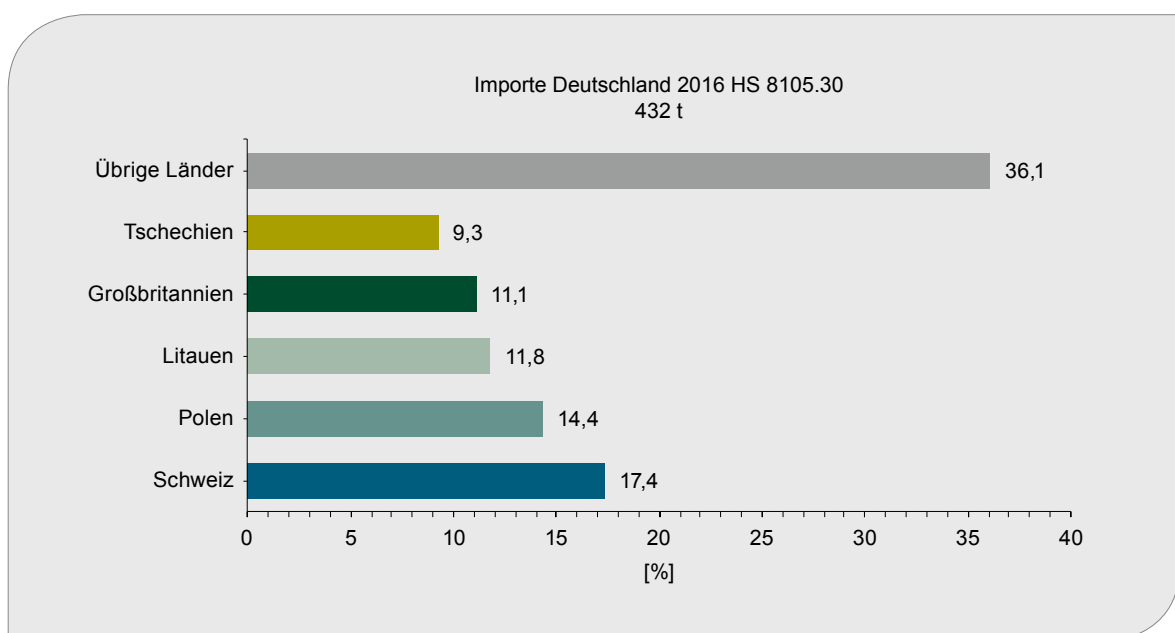
**Abb. 46: Herkunft der deutschen Importe von Produkten der HS-Position 8105.20 im Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**

Länderrisikobewertung (-0,42) auf. Das GLR wird hauptsächlich von den fünf wichtigsten Lieferländern (s. o.) bestimmt.

Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für Produkte dieser Warengruppe basierend auf den Indikatoren HHI und GLR als unbedenklich zu bewerten.

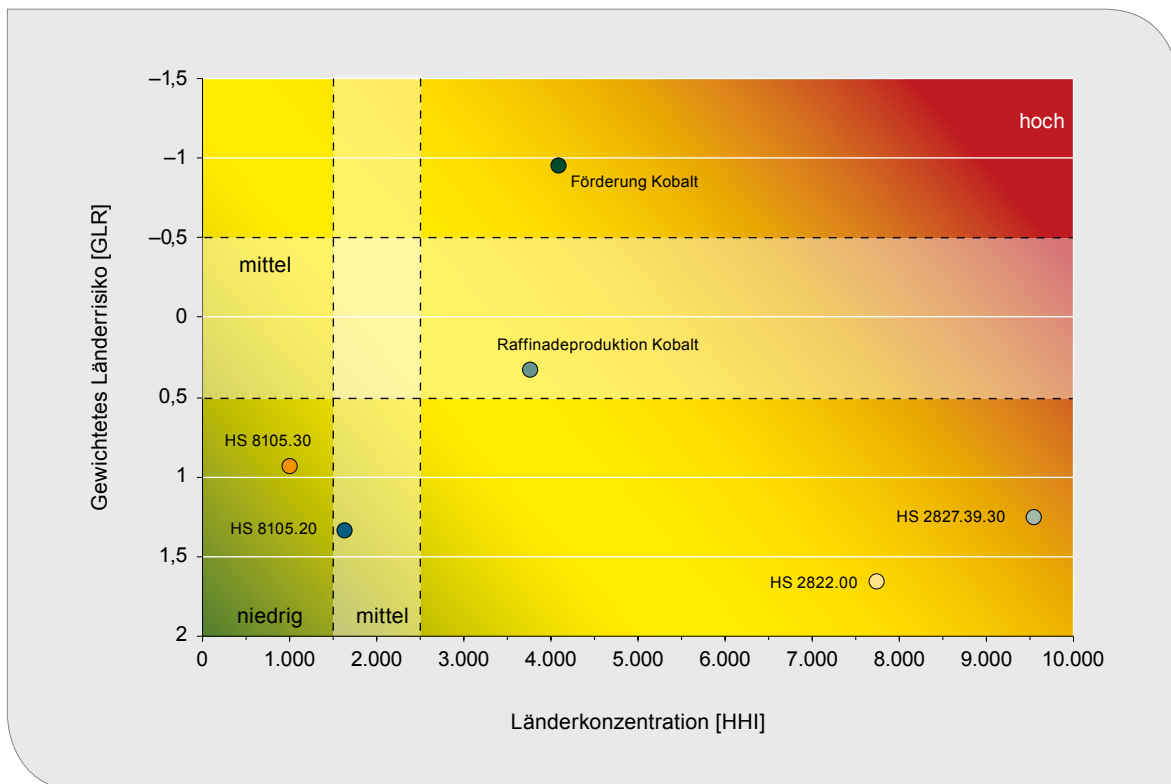
#### Waren der Position 8105.30

Im Jahr 2016 wurden 432 t Kobaltabfälle und -schrotte mit einem Gesamtwarenwert von knapp 1,4 Mio. € nach Deutschland eingeführt (GTIS 2018). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten von 6.375 t bei ca. 6,8 % (Weltrang 5).



**Abb. 47: Herkunft der deutschen Importe von Kobaltabfällen und -schrotten (HS-Position 8105.30) im Jahr 2016 (Datenquelle: GTIS 2018).**





**Abb. 48: Gewichtetes Länderrisiko und Diversifizierung der deutschen Importe im Vergleich zur Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion von Kobalt.**

Die größten Mengen wurden aus bzw. über die Schweiz importiert (75 t, Weltanteil 17,4 %), gefolgt von Polen (62 t, Weltanteil 14,4 %), Litauen (51 t, Weltanteil 11,8 %), Großbritannien (48 t, Weltanteil 11,1 %) und der Tschechischen Republik (40 t, Weltanteil 9,3 %). Auf die Kategorie „Übrige Länder“ entfallen 156 t (36,1 %) (Abb. 47).

Die Diversifizierung der Importe nach Deutschland dieser Warengruppe lag im Jahr 2016 mit einem HHI von 1.023 im unbedenklichen Bereich. Ebenfalls unbedenklich wird das GLR mit 0,95 bewertet. Vor allem die Importmengen aus den fünf größten Lieferländern, verbunden mit den jeweiligen Länderrisikobewertungen, führen zu dieser Bewertung.

Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für Produkte dieser Warengruppe basierend auf den Indikatoren HHI und GLR als unbedenklich zu bewerten.

## 2.8 Angebots- und Nachfrageentwicklung

### 2.8.1 Vorräte

Die weltweiten Kobaltreserven werden für das Jahr 2017 vom USGS (2018) mit 7,143 Mio. t Co-Inh. angegeben. Nachfolgend werden die Angaben des USGS zu den Kobaltreserven für die Länder Neukaledonien und Brasilien aus den Jahren 2015 und 2016 für die globalen Reserven berücksichtigt, sodass sich die Gesamtreserven 2017 auf 7,285 Mio. t Co-Inh. schätzen lassen.

Die Angaben zu den globalen Kobaltreserven beruhen auf Berechnungen des USGS zum Metallinhalt bekannter Lagerstätten, die sowohl nach ihrem Erkundungsgrad als auch nach ihrer Bauwürdigkeit nur mit Einschränkungen vergleichbar sind. Da bei einer Reihe von Vorkommen die Reserven nicht bekannt bzw. nicht ausgewiesen sind, ist eine genaue Quantifizierung im Einzelnen nicht immer möglich.

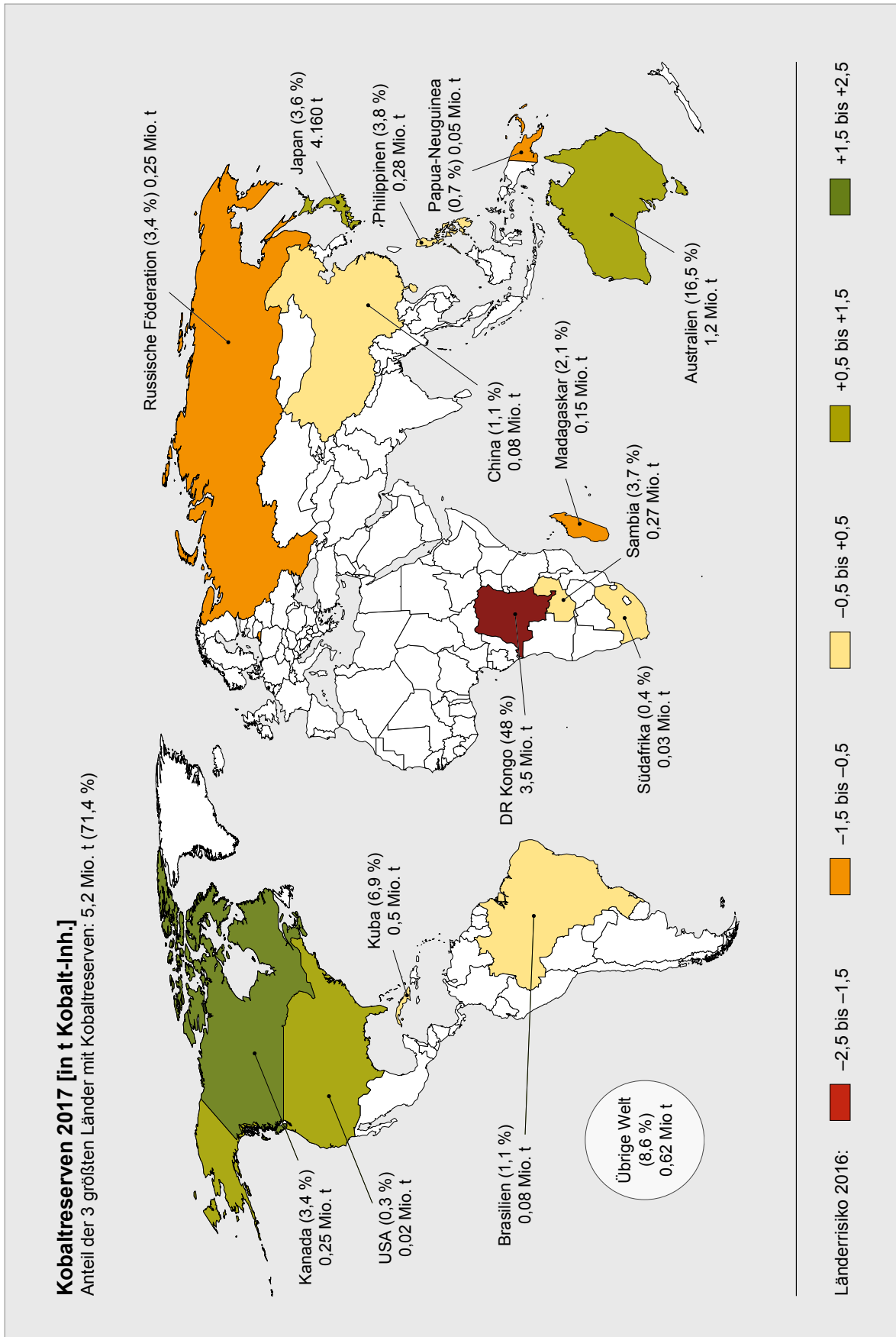


Abb. 49: Verteilung der globalen Kobaltreserven (Datenquelle: USGS 2018 + weitere Jahre).

Die mit Abstand größten Kobaltvorräte der Erde lagern in der DR Kongo (48 %, in kobaltführenden Kupfererzlagerstätten), gefolgt von Australien (16,5 %, in Nickel-Kupfererzlagerstätten und Nickellateritlagerstätten) und Kuba (6,9 %, in Nickellateritlagerstätten). Diese drei Länder vereinen über 70 % der globalen Kobaltreserven auf sich (Abb. 49).

Bei der Betrachtung von Kobaltvorräten ist zu beachten, dass die DR Kongo größtenteils noch immer nicht gut genug erkundet ist und auch die Nickellateritlagerstätten in Bereichen der unterdurchschnittlich explorierten Tropen noch deutliches Potenzial für das Auffinden weiterer Reserven bieten. MUDD et al. (2012) führen insgesamt 26,8 Mio. t als weltweite Kobaltressourcen auf, wovon 15,9 Mio. t mit gängigen Aufbereitungsmethoden gewonnen werden könnten.

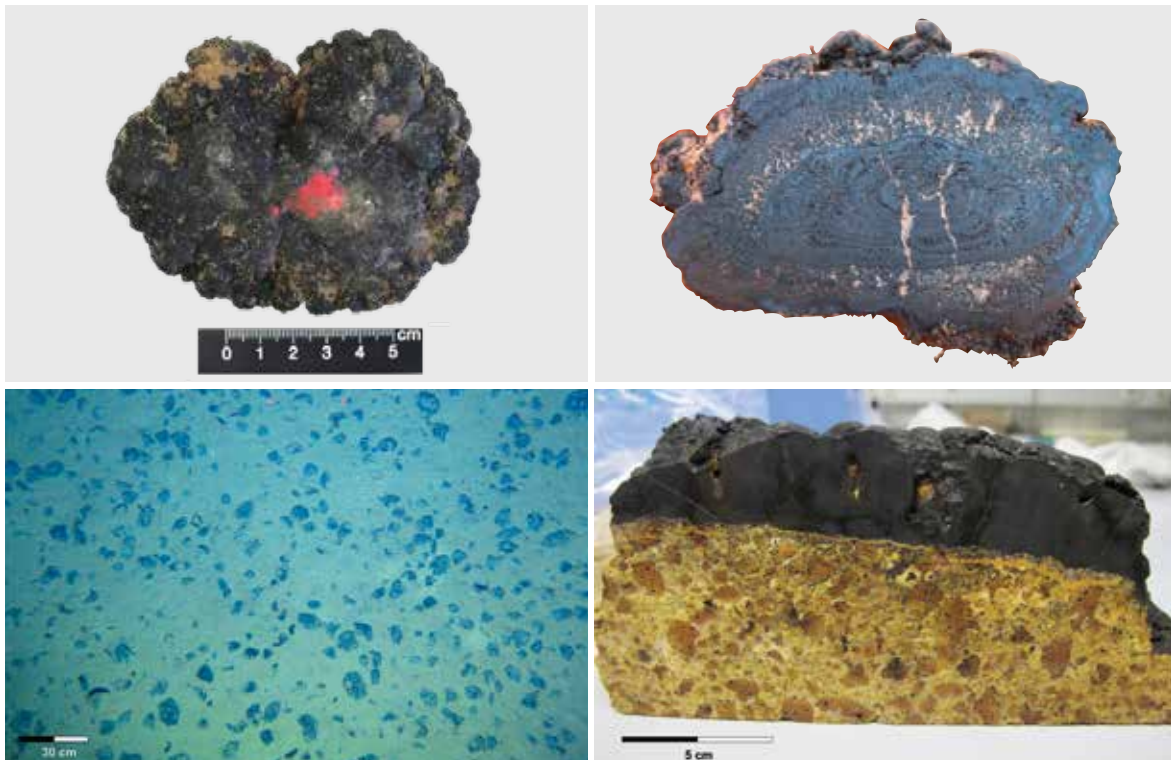
Die Lebensdauer Kennziffer (s. Glossar im Anhang) errechnet sich aus dem Verhältnis der weltweiten Reserven zur weltweiten Bergwerksförderung

eines Jahres. Die Ziffer gibt einen Hinweis auf den Stand der Exploration. Ausgehend von der aktuellen Bergwerksförderung von Kobalt von etwa 118.500 t Kobalt für das Jahr 2017 liegt die berechnete statische Reichweite der bekannten Reserven bei 58 Jahren und damit noch im unbedenklichen Bereich.

#### **Marine mineralische Kobaltressourcen**

Zu den marinen mineralischen Rohstoffen mit signifikanten Kobaltgehalten gehören die Eisen-Mangankrusten und die polymetallischen Manganknollen (Abb. 50).

Die Eisen-Mangankrusten stellen Zentimeter bis Dezimeter dicke Überzüge auf Festgesteinsubstrat dar, die u. a. auf den Hängen von untermeerischen Bergen, sogenannten Seamounts, in ca. 800 m–2.500 m Wassertiefe vorkommen (HEIN et al., 2010, 2013; HALBACH et al., 2017).



**Abb. 50:** Manganknollen aus dem deutschen Lizenzgebiet für die Exploration auf Manganknollen im Nordost-Pazifik (oben), Manganknollenfeld in 4.200 m Wassertiefe im Nordost-Pazifik (unten links) und Eisen-Mangankruste vom Louisville-Rücken nordöstlich von Neuseeland (BGR 2013, 2018).

Eisen-Mangankrusten treten besonders häufig im Gipfelbereich und an den sedimentfreien Hängen von Seamounts auf. Im Pazifik, Atlantik und Indik wird die Anzahl dieser Seamounts mit insgesamt ca. 11.000 angegeben, die eine Fläche von ca. 8,8 Mio. km<sup>2</sup> umfassen (HARRIS et al. 2014). Der Kobaltgehalt in den Krusten variiert sowohl regional als auch mit der Wassertiefe. Im Durchschnitt liegt er jedoch zwischen 0,3 % und 0,67 %, er kann in einzelnen Vorkommen auch bei knapp 2 % liegen (z. B. auf der Galicia Bank vor der Nordostküste Spaniens; GONZÁLEZ et al. 2016). Seamounts kommen häufig entweder als Cluster oder perlenschnurartig aufgereiht (sogenannten Seamountketten) vor. Prominentes Beispiel ist die Hawaii-Emperor-Kette im Pazifischen Ozean, deren südlichste Ausbildung die Inselgruppe Hawaii darstellt.

Besonders viele untermeerische Berge treten im westlichen Pazifik auf, die aufgrund ihres hohen Alters besonders dicke Krusten ausbilden konnten. Dieser Bereich wird als Prime Crust Zone (PCZ) bezeichnet. Dort gibt es bereits drei Lizenzen für die Erkundung des ökonomischen Potenzials dieser Krusten, die von der Internationalen Meeresbodenbehörde vergeben wurden. HEIN et al. (2013) schätzen die Menge an Kobalt, die in den Krusten der PCZ enthalten sind, auf ca. 50 Mio. t (basierend auf dem Trockengewicht der Krusten). Diese Menge übersteigt die globalen, terrestrischen Reserven an Kobalt um den Faktor 6,7. Andere Regionen mit hohem Krustenpotenzial sind der Rio Grande Rise im südlichen Atlantik und die Canary Islands Seamount Province im Nordostatlantik. HALBACH et al. (2017) geben für alle Seamounts zwischen 50°N und 50°S, in Wassertiefen zwischen 800 m und 2.500 m und 50 % Gewinnungsrate eine Gesamttonnage von 207,5 Mio. t Kobalt an. Neben Kobalt enthalten die Krusten als weitere Wertmetalle signifikante Mengen an Tellur, den Seltenen Erden, Zirkon, Hafnium, Niob und Tantal.

Polymetallische Manganknollen sind meist kartoffelgroße Konkretionen, die an der Sedimentoberfläche der Tiefsee-Ebenen aller Ozeane in 4.000 m bis 6.000 m Wassertiefe vorkommen. Sie sind zwiebelschalenartig aus sogenannten diagenetischen und hydrogenetischen Einzellagen aufgebaut. Die diagenetischen Lagen entstehen durch Präzipitation von im sauerstofffreien Porenwasser gelösten Metallen, wenn dieses nahe der

Sedimentoberfläche mit sauerstoffhaltigem Meerwasser in Kontakt kommt. Diese Lagen bestehen aus gut kristallisierten Manganoxiden, bei denen die Wertmetalle (vorwiegend Nickel und Kupfer) in die Kristallgitter eingebaut sind. Die hydrogenetischen Lagen entstehen unter oxischen Bedingungen. Der Mechanismus der Abscheidung entspricht der Entstehung der Eisen-Mangankrusten. Insofern sind in den hydrogenetischen Lagen auch die gleichen Metalle (u. a. Kobalt) wie in den Krusten angereichert.

Polymetallische Manganknollen bedecken große Flächen in den Tiefsee-Ebenen des zentralen Pazifischen und Indischen Ozeans. Allein in der sogenannten Clarion-Clipperton-Zone im nordöstlichen äquatorialen Pazifik werden auf einer Fläche von ca. 4 Mio. km<sup>2</sup> ca. 21 Mrd. t Manganknollen mit insgesamt ca. 44 Mio. t Kobalt vermutet (HEIN et al. 2013; KUHN et al. 2017). Das Hauptwertmetall in den Knollen ist derzeit Nickel, was auf die relativ hohen Gehalte (1 bis 1,5 % Nickel) und den aktuellen Weltmarktpreis zurückzuführen ist. Die durchschnittlichen Kobaltgehalte der Knollen im zentralen Pazifik liegen bei ca. 0,2 % und im Indischen Ozean bei 0,11 % (KUHN et al. 2017). In einzelnen Regionen können auch hier die Kobaltgehalte signifikant ansteigen. So liegen die durchschnittlichen Kobaltgehalte in sechs Teilgebieten der 200 Seemeilen-Zone der Cookinseln bei ca. 0,41 % mit einem Gesamtvorrat an Kobalt von ca. 7,2 Mio. t auf 120.000 km<sup>2</sup> (HEIN et al. 2015). Das entspricht in etwa den gesamten derzeitigen terrestrischen Kobaltreserven (v. Kap. 2.8.1). Die 200-Seemeilen-Zone um die Küstenstaaten unterliegt der Jurisdiktion des jeweiligen Staates und erlaubt ihm die ausschließliche wirtschaftliche Nutzung der natürlichen Ressourcen dieser Region.

## 2.8.2 Zukünftiges Angebot

Die Abschätzung des zukünftigen Angebotes basiert auf geplanten Betriebserweiterungen von bestehenden und bereits in Betrieb befindlichen Bergwerken, neuen Bergwerksprojekten, deren Jahresförderkapazität und dem geplanten Produktionsbeginn. Bei den Angaben zu den Kapazitäten aus neuen Bergwerksprojekten und Betriebserweiterungen handelt es sich um Planzahlen der Bergbau- und Explorationsunternehmen. Zuverlässig kann dies lediglich für die industriell betriebenen Bergwerke und für in der Entwicklung befindliche

industrielle Bergbauprojekte erfolgen. Die informelle Struktur und Flexibilität des Artisanal- und Kleinbergbaus in der DR Kongo erschweren eine Abschätzung der zukünftigen Kobaltproduktion erheblich.

Nachfolgend werden bestehende Bergbauunternehmen beschrieben, die bereits Kobalt fördern sowie eine Auswahl an Kobaltprojekten, die unserer Meinung nach bis 2026 das Potenzial haben, die Produktion aufzunehmen. S&P GLOBAL (2018) führt insgesamt 1.091 Projekte auf, die mit Kobalt assoziiert sind. Insgesamt etwa 120 davon befinden sich entweder bereits in Produktion bzw. in einem bewertbaren fortgeschrittenen Projektstadium (Pre-Feasibility oder Feasibility-Stadium). Die restlichen Projekte befinden sich entweder in einem frühen bis sehr frühen Projektstadium bzw. lassen aufgrund unzureichender Datenlage keine Auswertung zu.

### 2.8.2.1 Wichtige Produzenten und neue Bergbauprojekte nach Ländern

#### Australien

Im Jahr 2017 förderten und verarbeiteten insgesamt fünf Unternehmen kobalthaltige Erze in Australien.

**Western Areas Ltd.** fördert aus dem Nickellagerstättenkomplex Forrestania, bestehend aus den Lagerstättenteilen Flying Fox und Spotted Quoll. Die Aufbereitungsanlage Cosmic Boy hat eine Jahreskapazität von ca. 550.000 t Erz, die im Geschäftsjahr 2017 mit 547.186 t Erz ausgelastet war. Im Geschäftsjahr 2017 hat Western Areas Ltd. ein Konzentrat mit einem Ni-Inhalt von 23.005 t hergestellt (WESTERN AREAS LTD. 2017). Western Areas Ltd. gibt selbst keine Kobaltgehalte im Erz und für das produzierte Nickelkonzentrat an. Unter der Annahme eines Kobaltgehaltes der Sulfiderze von 0,1 % und einer Ausbringungsrate von 50 % könnte das Nickelkonzentrat etwa 270 t Co-Inh. enthalten. Das gesamte Nickelerz-Konzentrat wird auf Grundlage neu verhandelter Abnahmeverträge an die Tsingshan Group und an BHP Billiton verkauft (WESTERN AREAS LTD. 2017).

**BHP Billiton Ltd.** produziert in Western Australia Nickel (LME-Qualität) und Nickelmatte, die auch Kobalt und Kupfer enthält. Die unter Nickel West zusammengefasste Operation umfasst die Bergwerke Leinster, Cliffs, Rocky Reward und Mt Keith, die Aufbereitungsanlage in Leinster, die Hütte Kalgoorlie mit einer Jahreskapazität von 650.000 t Erz, um Nickel-Kobalt-Kupfer-Matte herzustellen, und die Nickelraffinerie Kwinana. Dort können jährlich etwa 71.000 t Nickelmetall (LME-Qualität) erzeugt werden (BHP BILLITON LTD. 2017a). Außerdem werden dort Kupfersulfide, Kobalt-Nickelsulfide und Ammoniumsulfide hergestellt. Ein Teil der Matte wird zum Großteil nach China exportiert. Der Kobaltinhalt wird auf jährlich 1.100 t geschätzt. BHP Billiton Ltd. prüft derzeit, inwieweit die Produktion von Nickelsulfat (100.000–200.000 t) und Kobaltsulfat in Kwinana realisiert werden kann (BHP BILLITON LTD. 2017b).

Die Aufbereitungsanlage Kambalda von BHP Billiton (jährliche Nominalkapazität 1,6 Mio. t Nickelerz) wurde in den letzten Jahren allein durch „Fremderz“ der umliegenden Nickelproduzenten Independence Group NL, Panoramic Resources Ltd., Western Areas Ltd. und Mincor Resources NL mit Nickelerz bzw. Nickelkonzentrat beliefert. Da der Großteil dieser Produzenten die Produktion aufgrund niedriger Nickelpreise eingestellt hat, findet derzeit keine bzw. nur eine geringe Produktion in Kambalda statt.

**Minara Resources Ltd.** (100 % **Glencore Plc.**) betreibt die Nickellagerstättenstätte **Murrin Murrin** in Western Australia. Nickel und Kobalt werden mittels dem HPAL-Verfahren gewonnen (s. Kap. 1.2.2). Auf diese Weise werden Nickel- und Kobaltpulver und -briketts sowie auch Ammoniumsulfat als Nebenprodukt für die Düngemittelindustrie hergestellt. Im Geschäftsjahr 2017 produzierte Glencore etwa 2.700 t Kobaltmetall (GLENCORE 2017). Die jährliche Maximalkapazität von Murrin Murrin liegt nach Firmenangaben bei 40.000 t Nickel und 5.000 t Kobalt. Es wird davon ausgegangen, dass Minara Resources Ltd. die Produktion bis zum Jahr 2026 auf jährlich 3.200 t steigern wird. Die Reserven („Proven & Probable“) von Murrin Murrin beliefen sich zum Ende 2017 auf 237,9 Mio. t Erz @ 0,94 % Ni sowie ca. 0,064 % Co (GLENCORE 2017), was nach Firmenangaben bei einer jährlichen Abbaukapazität von etwa 4,5 Mio. t Erz eine Lebensdauer des Projekts von mehr als 30 Jahren ergibt.

Die **Independence Group NL** hat das Projekt Nova-Bollinger in Western Australia erfolgreich in Produktion gebracht und im Jahr 2017 112 t Co-Inh. im Konzentrat produziert (INDEPENDENCE GROUP NL 2017). Für das Jahr 2018 werden 850–1.050 t im Konzentrat angestrebt. Abnehmer des produzierten Nickelsulfid-Konzentrats sind für die kommenden drei Jahre BHP Billiton Nickel West Pty Ltd. und Glencore Plc. (50 : 50). Das Kupfersulfidkonzentrat wird von Trafigura Pty. Ltd. angekauft. Nach Firmenangaben beläuft sich der Co-Inh. der Lagerstätte auf 9.000 t, die Lebensdauer des Bergwerks wird mit neun Jahren angegeben (INDEPENDENCE GROUP NL 2017).

Im Februar 2010 erwarb **First Quantum Minerals Ltd.** die Lagerstätte Ravensthorpe von BHP Billiton. Die kommerzielle Produktion in Ravensthorpe wurde im Dezember 2011 aufgenommen. Im Jahr 2017 wurden noch etwa 800 t Co-Inh. produziert, bevor die Produktion aufgrund niedriger Nickelpreise Anfang Oktober 2017 eingestellt wurde (FIRST QUANTUM MINERALS LTD. 2017). Mit steigenden Preisen ist mit einer Wiederaufnahme der Produktion zu rechnen. In der zum Projekt gehörenden Nickelraffinerie kommt ein kombiniertes PAL („Pressure Acid Leach“)-Verfahren für die

Limoniterze und ein AL („Atmospheric Leach“)-Verfahren für Saproliterze zum Einsatz. Es wird ein „Mixed-Hydroxide-Product“ (MHP) produziert. Das trockene MHP führt ca. 40 % Nickel und 1,4 % Kobalt.

### Neue Bergbauprojekte bis 2026

Es existiert eine Vielzahl an Nickelprojekten in Australien (AL BARAZI et al. 2017), die bei wieder steigenden Nickelpreisen grundsätzlich das Potenzial hätten, Kobalt als Beiprodukt zu gewinnen. An dieser Stelle wird auf die bis zum Jahr 2026 aussichtsreichen Vorhaben eingegangen.

Von 2004 bis 2016 hat **Panoramic Resources Ltd.** Nickel und Kobalt aus den Lagerstätten Savannah und Lafranchi gewonnen. Für die Lagerstätte Savannah liegt eine aktualisierte Feasibility-Studie vor. Die Reserven belaufen sich auf 7,65 Mio. t Erz @1,42 % Ni und 0,1 % Co (7.300 t Co-Inh.). Die Lebensdauer wird mit acht Jahren angegeben. Sollte Savannah die Produktion bei steigenden Nickelpreisen wieder aufnehmen, könnten jährlich 800 t Co-Inh. im Konzentrat produziert werden (PANORAMIC RESOURCES LTD. 2017).

**Tab. 17: Übersicht über bestehende Kobaltproduzenten und mögliche Bergbauprojekte bis 2026 in Australien.**

Projekt	Unternehmen	Status	Geplanter Produktionsbeginn	Förderung 2017 [Co t-Inh.]	Geplante Förderung 2026 [Co t-Inh.]
Forrestania	Western Areas Ltd	in Betrieb	–	270	270
Leinster Cliffs/ Rocky Reward Mt Keith	BHP Billiton	in Betrieb	–	1.100	1.100
Murrin Murrin	Glencore Plc. (Minara Resources)	in Betrieb	–	2.700	3.200
Nova-Bollinger	Independence Group	in Betrieb	–	112	1.050
Ravensthorpe	First Quantum Minerals Ltd	Care & Maintenance	2021/2022	800	1.051
Savannah Lafranchi	Panoramic Resources Ltd	Feasibility	2021/2022	–	650
Syerston	Clean Teq	Feasibility	Ramp up 2021–2023	–	4.640

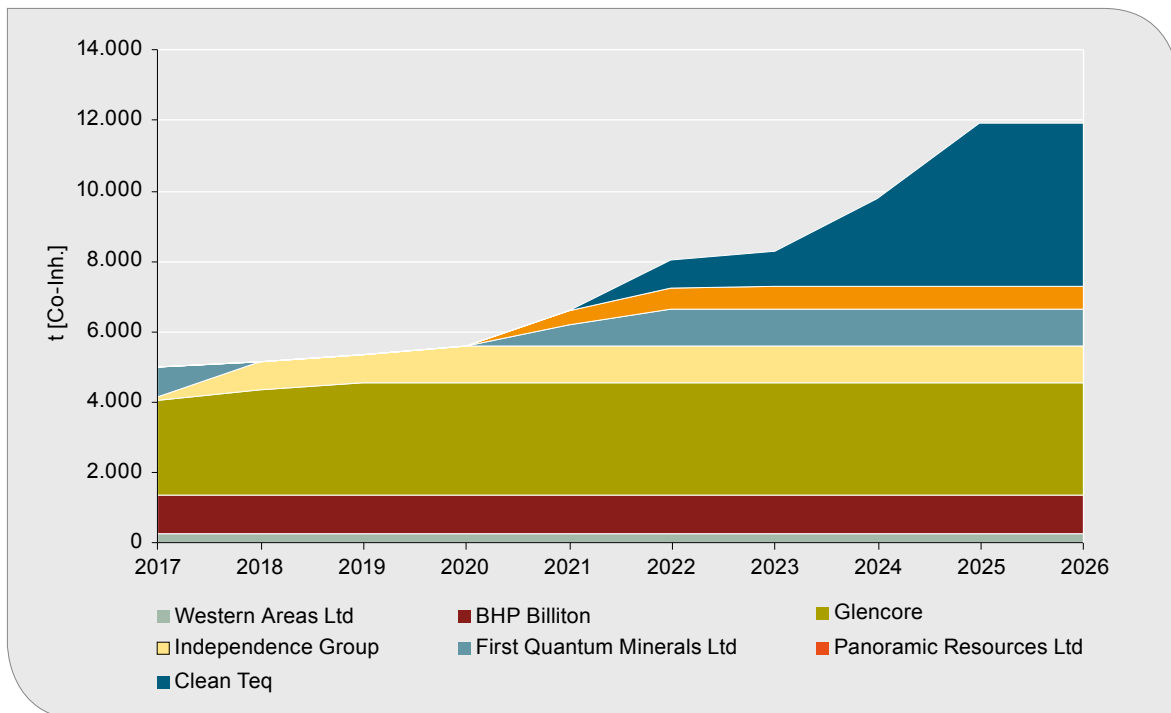


Abb. 51: Erwartete Entwicklung der Kobaltförderung in Australien bis 2026

Das Unternehmen **Clean TeQ** arbeitet an der Entwicklung der polymetallischen Ni-Co-Sc-Lagerstätte Syerston in New South Wales. Die Reserven („Proven & Probable“) der Lateritlagerstätte werden vom Unternehmen mit 147 Mio. t Erz @ 0,09 % Co (132.000 t Co-Inh.) angegeben. In der im Juni 2018 vorgestellten Feasibility-Studie geht das Unternehmen von einer jährlichen Produktion von 4.640 t Co-Inh. in den ersten vier Jahren nach Aufnahme der Produktion aus (CLEAN TEQ 2018). Die Entwicklung der Lagerstätte wird mit großer Wahrscheinlichkeit umgesetzt. Die Produktion soll in den Jahren 2021–2023 hochgefahren werden.

Unter der Annahme, dass die Betriebserweiterungen und die neuen Projekte umgesetzt werden und die Independence Group NL die Produktion ab dem Jahr 2021/2022 wieder aufnimmt, könnte Australien die Kobaltproduktion bis 2026 um etwa 6.980 t auf dann knapp 12.000 t steigern (Tab. 17, Abb. 51).

### Botswana

**Bamangwato Concessions Ltd.** hat bis 2016 Nickelmatte aus der Lagerstätte Selebi-Phikwe hergestellt und zur Weiterverarbeitung nach Nor-

wegen und Simbabwe exportiert. Der Kobaltinhalt in der Matte belief sich auf jährlich 100–150 t. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Produktion nicht wieder aufgenommen wird.

### Brasilien

Bis zum Jahr 2016 hat das Unternehmen **Mirabella Nickel** die Nickellagerstätte Santa Rita entwickelt und zuletzt im Jahr 2015 insgesamt 16.100 t Nickelkupferkonzentrat produziert (S&P GLOBAL 2018). Aufgrund niedriger Nickelpreise wurde das Vorhaben eingestellt. Es liegen keine Informationen zum derzeitigen Projektstatus vor.

Bereits im Januar 2016 hat **Votorantim S. A.** bzw. Votorantim Metais die Förderung und Produktion von Nickel und Kobalt in Brasilien eingestellt. Votorantim S. A. hat Nickellateriterze aus den Lagerstätten Tocantins und Fortaleza gefördert und kobalthaltige Nickelmatte, Co-Karbonat und Kobaltmetall in den Hütten Niquelândia und São Miguel Paulista hergestellt. Seit Oktober 2017 führt **Nexa Resources** die Vorhaben weiter (NEXA RESOURCES 2017). Eine Wiederaufnahme der Förderung und Produktion scheint mit steigenden Nickelpreisen ab 2021/2022 möglich.

## China

Die **Jinchuan Group Co. Ltd.** ist der größte Nickelproduzent in China. Die Nickellagerstätte Longshou (auch Lanzhou) wurde bereits vor über 50 Jahre entdeckt. Für das Jahr 2009 führt S&P GLOBAL (2018) Reserven von 520 Mio. t @ 1,06 % Ni und 0,031 % Co (161.000 t Co-Inh.) für die Lagerstätte auf. Im Jahr 2017 wurden insgesamt 68.000 t Ni-Inh. und etwa 1.700 t Co-Inh. gefördert. Die Jahreskapazität wird mit 73.000 t Ni-Inh. und 2.200 t Co-Inh. angegeben (JINCHUAN GROUP CO. LTD. 2018).

Das Unternehmen **Xinjiang Xinxin Mining Industry Co. Ltd.** fördert u. a. aus dem Bergwerk Kalatongke und produziert ein Nickel-Kupfer-Kobalt-Konzentrat und verarbeitet dieses zu Nickel- und Kupferkathoden. Für das Jahr 2017 gibt S&P GLOBAL (2018) die Produktion von knapp 21.000 t Ni-Inh. und 106 t Co-Inh. an.

Es wird davon ausgegangen, dass weitere Unternehmen Kobalt als Beiprodukt in China gewinnen und verarbeiten. Hierzu liegen jedoch keine belastbaren Datensätze vor.

## DR Kongo

Mit einem Marktanteil > 60 % an der weltweiten Bergwerksförderung spielt die DR Kongo für die weltweite Kobaltversorgung eine herausragende Rolle. Eine Übersicht über die wichtigsten bestehenden Bergbauvorhaben sowie die industriellen Bergbauprojekte, die bis 2026 entwickelt werden sollen, sind in Tab. 18 zusammengefasst.

Der Kleinbergbau ist auch im neuen DRC Mining Code 2018 verankert und stellt somit eine legale Bergbauaktivität auf formell eingerichteten artisanalen Abbaugebieten (Zone d'Exploitation Artisanale – ZEA) in der DR Kongo dar (s. Kap. 1.2.1). Unabhängig davon erfolgt der artisanale Kobaltbergbau in der Praxis überwiegend unreguliert und informell, teilweise auf Fremdkonzessionen größerer Bergbauunternehmen, was die systematische Erfassung der Mengen des legal und illegal geförderten Kobalt-Kupfer-Erzes erheblich erschwert.

Der größte Kobaltproduzent weltweit und in der DR Kongo ist **Glencore Plc.** Dort hält das Unternehmen 100 % an **Mutanda Mining Sarl** und 75 %

an **Katanga Mining Ltd.** Der staatliche Bergbaukonzern **Gécamines S. A.** hält eine Minderheitsbeteiligung von 25 % an Katanga Mining Ltd.

Die Ressourcen der Lagerstätte Mutanda umfassen 660 Mio. t Erz @ 1,16 % Cu und 0,43 % Co. Auf dieser Grundlage hat die Lagerstätte derzeit eine Lebensdauer bis 2035. Die Jahreskapazität beläuft sich auf etwa 200.000 t Kupfer und 23.000 t Co-Inhalt im Kobalhydroxid. Das Kobalhydroxid hat einen Kobaltgehalt von 34 bis 36 % Co. Derzeit wird aus drei Tagebauen mit einer aktuellen Teufe von 100 bis 180 m Oxiderz gefördert. Erz mit höheren Co-Gehalten kommt vorwiegend aus dem East Pit. Aktuell wird an einer Feasibility-Studie für den Tiefbau (Sulfiderz) gearbeitet.

Das Oxiderz aus den drei Tagebauen wird zu einem „Run of mine“(ROM)-Erz mit einem Durchschnittsgehalt von etwa 4 % Kupfer verschnitten (low grade: 1,5–3 %, medium grade: 3–5 %, high grade: > 5 %) und vor Ort aufbereitet (Abb. 52). Die Gesamtkapazität der drei Mühlen beträgt 18.000–19.000 t pro Tag (entsprechend einer angenommenen Jahreskapazität von 6,3 Mio. t Erz bei 330 Tagen). Die Kupfergewinnung erfolgt mittels Laugung, Solventextraktion und Elektrolyse; parallel erfolgt die Reinigung der Lösung mittels Fällungsprozessen zur Kobaltgewinnung. Die Tagesproduktion des im Kupfererz enthaltenen Kobalts beträgt 70–80 t Co-Inh. Derzeit wird Kobalhydroxid mit unterschiedlichen Feuchtegehalten produziert (~60 % und < 15 %), ein weiterer Trockner soll im Jahresverlauf 2018 installiert werden, um vermehrt die trockene Variante herzustellen.

**Katanga Mining Ltd.** hat in den Jahren 2016–2017 umfangreiche Instandsetzungs- und Modernisierungsarbeiten durchgeführt, um das WOL-Vorhaben („whole ore leach“) zu realisieren. Die Arbeiten wurden im Dezember 2017 abgeschlossen und das Unternehmen nahm die Produktion erneut auf. Derzeit wird Erz aus den Tagebauen KOV und Mashamba East gefördert. Ergänzend werden die Aufbereitungsrückstände des Kamoto Interim Tailing Dam reprozessiert. Der untertägige Abbau der Erzkörper KTE und KTO ist für 2019 geplant. Ab 2022 sollen auch KOV und T17 untertägig abgebaut werden. Die Gesamtressourcen belaufen sich auf 451 Mio. t Erz @ 3,67 % Cu und 0,5 % Co, wovon 138,1 Mio. t Erz @ 3,67 % Cu und 0,51 %



**Tab. 18: Übersicht über wichtige bestehende Kobaltproduzenten und mögliche industrielle Bergbauprojekte bis 2026 in der DR Kongo.**

Projekt	Unternehmen	Status	Geplanter Produktionsbeginn	Förderung 2017 [Co t-Inh.]	Geplante Förderung 2026 [Co t-Inh.]
Mutanda	Glencore	in Betrieb	–	23.900	23.000
Tenke Fungurume	TF Holdings	in Betrieb/ Erweiterung	–	16.400	18.000
Kasulo (artisanal)	CDM (Huayou)	in Betrieb	–	12.000	12.000
Usoke	Chemaf SPRL (Shalina Resources)	in Betrieb	–	2.200	3.200
Etoile	Chemaf SPRL (Shalina Resources)	in Betrieb	–	2.900	4.200
Mutoshi	Chemaf SPRL (Shalina Resources)	Im Bau	2.020	–	14.200
Ruashi	Jinchuan Group Ltd.	in Betrieb/ Erweiterung	–	4.638	7.000
Big Hill	Gécamines S.A	in Betrieb	–	3.568	4.500
Boss Mining	ERG	in Betrieb	–	2.929	–
Comide	ERG	in Betrieb	–	–	2.000
Kamoto/KOV/T17 (Katanga)	Glencore	in Betrieb/ Erweiterung	–	–	34.000
Roan Tailings Reclamation (RTR)	ERG	Im Bau	2.019	–	21.000
Lubumbashi, Kimpe, Kasenga, (teils artisanal)	Société Minière du Katanga SPRL (SOMIKA)	in Betrieb	–	2.300	2.500
Sicomines	La Sino-Congo- laise des Mines (SICOMINES)	in Betrieb/ Erweiterung	–	554	7.000
Weitere	divers	in Betrieb		4.542	6.400
<b>Gesamt</b>				<b>75.931</b>	<b>159.000</b>



**Abb. 52: Aufbereitungsanlage Mutanda Mining Sarl (Foto: BGR 2018).**

Co als Reserven ausgewiesen werden (S&P GLOBAL 2018). Zum Vorhaben gehören der Kamoto Concentrator und die Raffinerie Luilu, wo Kathodenkupfer und Kobaltmetall hergestellt werden. Ein Teil des produzierten Kupfer-Kobalt-Konzentrats wird zur Hütte Mopani nach Sambia exportiert. Glencore kündigte im Rahmen von Phase 1 des WOL-Projects in 2018 eine Produktion von 11.000 t Co-Inh. an. Ab 2019 ist eine Produktion von jährlich 34.000 t Co-Inh. vorgesehen. Wir rechnen für 2018 mit einer geringeren Jahresproduktion von 7.000 t und nehmen erst ab 2023 eine Jahresproduktion von 34.000 t Co-Inh. an.

**Tenke Fungurume Mining Sarl** (56 % China Molybdenum Co. Ltd., 24 % BHR Newwood Investment Management Ltd., 20 % Gécamines S. A.) betreibt die Lagerstätte Tenke Fungurume. Diese setzt sich aus mindestens 17 Teillagerstätten zusammen, die sich teils bereits im Abbau befinden, teils momentan intensiv exploriert werden, um bevorzugt Erz mit hohen Kobaltgehalten in den aktiven Abbau zu bringen. Das Oxiderz aus den Tagebauen wird zu einem „Run of mine (ROM)“-Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 3,55 % Cu und 0,55 % Co verschnitten. Kobalhydroxid wird vor Ort auch hier mit unterschiedlichen Feuchtegehalten produziert (~50–60 % und 8 %, Abb. 53). Ein weiterer Trockner soll auch hier im Jahresverlauf 2018 installiert werden. Die Gesamtreserven werden mit 232 Mio. t Erz @ 2,14 % Cu und 0,32 % Co angegeben (S&P GLOBAL 2018). Auf Basis der oxidischen Erze beläuft sich die Lebensdauer der

Lagerstätte auf über 20 Jahre. Die sulfidischen Erzkörper in größeren Teufen werden derzeit intensiver exploriert. Im Jahr 2017 hat Tenke Fungurume Mining Sarl insgesamt 16.400 t Co-Inh. im Kobalhydroxid produziert. Der Großteil davon wird derzeit zur Weiterverarbeitung nach Finnland zu Freeport Cobalt exportiert.

**Chemaf Sarl**, eine 100 %ige Tochter von **Shalina Resources**, produziert Kathodenkupfer und Kobalhydroxid in den Werken Usoke und Etoile. Der Abbau der oxidischen und sulfidischen Kupfer-Kobalt-Erze erfolgt aus den Tagebauen Etoile und Luisha. Zudem hält Chemaf eine große Anzahl von Explorationslizenzen für Kupfer und Kobalt in der Region und entwickelt derzeit mittels Kontraktoren das Mutoshi Kupfer-Kobalt-Tagebauprojekt bei Kolwezi (s. u.). Im Jahr 2017 produzierte Chemaf insgesamt 5.100 t Co-Inh. (CHEMAF 2018).

**Congo Dongfang International Mining (CDM)**, zu 100 % ein Tochterunternehmen von Huayou Cobalt Co. Ltd., hat das Vorkaufsrecht für die gesamte ASM-Kobalt-(Kupfer)-Erzproduktion von Kasulo und dazu großflächige überdachte Handelsposten für Ankauf, Sortierung, Beprobung und Verladung des artisanal gewonnenen Erzes auf LKW eingerichtet (v. Kap. 1.2.1). Für das Jahr 2017 gab CDM eine Jahresproduktion von insgesamt 12.000 t Co-Inh. im Kobalhydroxid an (HUAYOU COBALT 2017). CDM erwarb im Jahr 2015 weitere Lizenzgebiete von **Compagnie Minière du Sud Katanga (CMSK)** und **Minière**



**Abb. 53: Aufbereitungsanlage zur Herstellung von Kobalhydroxid bei Tenke Fungurume Mining Sarl (Foto: BGR 2018).**

**de Kasombo** (Mikas). Es wird vermutet, dass ein Anteil der Gesamtförderung aus den Lagerstätten Luiwishi und Lukuni zur Gesamtförderung beiträgt. Die kobalthaltigen Erze werden vermutlich in der Aufbereitungsanlage Luishi prozessiert.

Die **Metorex Group**, zu 100 % ein Tochterunternehmen der **Jinchuan Group International Resources Co. Ltd.**, betreibt in der DR Kongo die Lagerstätte **Ruashi** (75 % Jinchuan, 25 % Gécamines). Im Jahr 2017 wurden insgesamt 4.638 t Co-Inh. gefördert, ein Teil davon stammt aus der Lagerstätte Chibuluma in Sambia. Die Reserven für Ruashi werden von S&P GLOBAL (2018) mit 26.000 t Co-Inh. angegeben. Ab 2018 wird von einer höheren Gesamtförderung von bis zu 7.000 t Co-Inh. ausgegangen.

Die **Groupement du Terril de Lubumbashi Ltd.** (GTL), zu 100 % ein Tochterunternehmen der Groupe Forrest International S. A., hat bis ins Jahr 2017 die Schlackehalde in Lubumbashi („Lubumbashi Slag Hill“) aufbereitet und so jährlich bis zu 5.000 t Co-Inh. gewonnen (Abb. 54). Gécamines S. A. hatte eine 30 %ige Minderheitsbeteiligung. Aufgrund von Streitigkeiten der Joint-Venture-Partner wurde die Produktion Ende 2017 eingestellt. Im Mai 2018 einigten sich Gécamines S. A. und Groupe Forrest International S. A. (GTL 2018) und sämtliche Rechte am „Lubumbashi Slag Hill“ wurden auf Gécamines S. A. übertragen. Aufgrund

notwendiger Instandsetzungsarbeiten ist derzeit noch nicht absehbar, wann die Produktion wieder aufgenommen werden kann.

Die **Eurasian Resources Group** (ERG) fördert Kupfer und Kobalt aus insgesamt 24 Bergwerken, den Großteil aus den zwischen Kolwezi und Sakania gelegenen Lagerstätten Comide, Frontier und Boss Mining. Die Förderung ist seit dem Jahr 2011 leicht rückläufig und belief sich im Jahr 2017 auf etwa 3.150 t Co-Inh. (S&P GLOBAL 2018). ERG entwickelt das „Roan Tailings Reclamation“-Projekt (s. u).

**Société Minière du Katanga S.P.R.L.** (SOMIKA) hat 2017 etwa 2.300 t Co-Inh. im Hydroxid produziert. Der Abbau erfolgt teilweise artisanal. Es wird davon ausgegangen, dass die Produktion aufrechterhalten werden kann.

Es existiert eine ganze Reihe weiterer Unternehmen, die in der DR Kongo den Abbau von Kupfer-Kobalt-Erz betreiben. Dazu gehören u. a. La Sino-Congolaise des Mines (SICOMINES), Compagnie Minière du Sud Katanga (CMSK), Shanghai Pengxin Mineral Industry Investment sowie La Minière de Kalumbwe Myunga (MKM). Es liegen keine genauen Angaben über die Höhe der Produktion und zu möglichen Reserven vor. Es wird davon ausgegangen, dass ein Teil der geförderten Erze artisanal gewonnen wird.



**Abb. 54:** „Lubumbashi Slag Hill“ bei Lubumbashi (Foto: BGR 2018).

### Neue Bergbauprojekte bis 2026 in der DR Kongo

**Chemaf Sarl** entwickelt derzeit das Mutoshi-Kupfer-Kobalt-Tagebauprojekt bei Kolwezi. Die Kapazität der Aufbereitungsanlage beträgt 6.000 t Erz/d in Phase 1. Die angestrebte Jahreskapazität beläuft sich Angaben gemäß auf 16.000 t Co-Inhalt im Kobalhydroxid und 20.000 t Kathodenkupfer. Outotec ist Auftragnehmer für die Errichtung der Aufbereitungsanlage. Derzeit laufen vorbereitende Arbeiten im Erdbau zur Errichtung der Aufbereitungsanlage (Abb. 55). Mit einer Aufnahme der regulären industriellen Produktion ist nicht vor 2020 zu rechnen. Bei einem durchschnittlichen Kobaltgehalt im Erz von 0,8 % Kobalt und unter der Annahme von 90 % Ausbringen wäre eine Jahresproduktion von etwa 14.260 t Kobalt-Inhalt möglich, dies deckt sich in der Größenordnung mit den Unternehmensangaben.

Auf der Konzession Mutoshi fördern nach Angaben von Chemaf Sarl derzeit noch bis zu 3.000 Bergleute im Artisanalbergbau, die sich in der Kooperative COMIAKOL zusammengeschlossen haben (s. Kap.1.2.1).

Die **Eurasian Resources Group** (ERG) entwickelt das Metalkol „Roan Tailings Reclamation“-Project. Das Vorhaben soll in zwei Phasen entwickelt werden. In Phase 1 sollen aus Aufbereitungsrückständen jährlich bis zu 15.000 t Co-Inh., ab Phase 2 dann bis zu 21.000 t Co-Inh. gewonnen werden. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Pro-

duktion erst im Jahr 2019 anlaufen wird. Phase 2 wird nicht vor 2024 erwartet.

**Ivanhoe Mines Ltd.** entwickelt die polymetallische Zn-Pb-Cu-Ag-Co-Ge-Lagerstätte Kipushi. Es ist derzeit nicht klar, ob Kobalt aufgrund der geringen Gehalte als Beiprodukt gewonnen werden wird. Die Ressourcen („Measured & Indicated“) beliefen sich Ende 2017 auf 10,2 Mio. t Erz @ 34,9 % Zn neben weiteren Metallinhalten und 15 ppm Co.

**Cape Lambert Resources Ltd.** und **Paragon Mining** arbeiten an der Entwicklung zur Aufbereitung der Aufbereitungsrückstände Kipushi Tailings. Angabengemäß erstrecken sich die Aufbereitungsrückstände über etwa 1.000 · 400 m bei einer Mächtigkeit von 8 m und Gehalten von bis zu 0,75 % Co. Derzeit laufen Aufbereitungstests.

### Finnland

In den letzten zwei Jahren hat **Terrafame Ltd.** (71,2 % Terrafame Group, 28,7% Trafigura Group, 0,1 % Sampo's Holding) die Förderung aus der Nickelsulfidlagerstätte Talvivaara/Sotkamo hochgefahren. Die Erze werden mittels Bioleaching aufbereitet. Die Nickel-Kobalt- und Zinksulfidkonzentrate werden von der Trafigura Group vermarktet. Im Jahr 2017 wurden 20.864 t Ni-Inh. und 47.205 t Zn-Inh. produziert (TERRAFAME LTD. 2018). Es wird davon ausgegangen, dass die Förderung von derzeit etwa 300–350 t Co-Inh. bis 2026 auf jährlich 800–1.000 t Co-Inh. gesteigert werden



Abb. 55: Vorbereitende Arbeiten im Erdbau zur Errichtung der Aufbereitungsanlage auf der Konzession Mutoshi (Foto: BGR 2018).

kann. Auf der Grundlage einer vorliegenden Feasibility-Studie will Terrafame Ltd. im ersten Halbjahr 2018 entscheiden, ob in eine neue Aufbereitungsanlage zur Herstellung von jährlich etwa 150.000 t Nickelsulfat und 5.000 t Kobaltsulfat investiert werden soll.

Im Jahr 2016 erwarb **Boliden AB** die Lagerstätte Kevitsa und fördert seit 2017 im Tagebau. Insgesamt 7,9 Mio. t Erz wurden 2017 gefördert, um ein Ni-Cu-PGE-Au-Co-Konzentrat herzustellen. Im Jahr 2017 wurden 587 t Co-Inh. gefördert. Es wird davon ausgegangen, dass die Förderung bis 2026 auf 650 t Co-Inh. gesteigert werden kann. Die Lagerstätte Kevitsa verfügt über Reserven („Proven & Probable“) von 147 Mio. t Erz @ 0,34 % Cu und 0,01 % Co (BOLIDEN AB 2018).

### Indonesien

**PT Vale Indonesia Tbk**, zu 100 % ein Tochterunternehmen von Vale, betreibt auf der Insel Sulawesi den Abbau aus mehreren Nickellateritlagerstätten und stellt in der unternehmenseigenen Hütte Sorowako Nickel-Kobalt-Matte her (78 % Ni, 1–2 % Co). Die Hütte hat eine Jahreskapazität von 80.000 t Ni-Inh. in Matte, die nach Japan exportiert wird (PT VALE INDONESIA TBK 2018). 900–1.000 t Co-Inh. in Matte werden jährlich hergestellt.

**PT Antam** baut ebenfalls Nickellateritlagerstätten in Indonesien ab und hat im Jahr 2017 insgesamt 21.762 t Ferro-Nickel hergestellt (PT ANTAM 2018). Wir gehen davon aus, dass hier kein Kobalt als Beiprodukt gewonnen wird.

### Kanada

**Glencore Plc.** betreibt in Kanada derzeit die Bergwerke Nickel Rim South und Fraser in Sudbury, Ontario, sowie das Bergwerk Raglan in Quebec. In der Aufbereitungsanlage Strathcona werden die Erze aus Nickel Rim South und Fraser sowie Erze des Bergwerks Eagles in den USA verschnitten und zu einem Nickel-Kupfer-Konzentrat und einem reinen Kupferkonzentrat aufbereitet. Das Nickel-Kupfer-Konzentrat wird gemeinsam mit Konzentraten aus Raglan und Sekundärmaterial (s. Kap. 2.3.8) in der Hütte in Sudbury zu Matte verarbeitet, die zur Raffination nach Nippon, Norwegen exportiert

wird. Im Jahr 2017 belief sich der Kobaltgehalt aus der Bergwerksförderung eigener Erze auf 800 t. Inklusiv der aufbereiteten Fremderze und des eingesetzten Sekundärmaterials wurden jedoch 3.500 t Co-Inh. in der Raffinerie Nippon in Finnland hergestellt (s. Kap. 2.3.7). Die Lagerstätten Nickel Rim South und Fraser haben eine erwartete Lebensdauer bis etwa 2023/2025. Derzeit prüft Glencore, ob die Lagerstätte Onaping Depth in 2.500 m Teufe wirtschaftlich erschlossen werden kann.

**Vale S. A.** betreibt mehrere Nickelbergwerke und Hütten in Kanada, in Sudbury, in Thompson und Voisey's Bay. Die Lagerstätte Stobie in Sudbury wurde in Q2/2017 geschlossen. Die Hütte in Sudbury wird derzeit modernisiert. Die Hütte in Thompson wird ebenfalls geschlossen; zukünftig wird dort nur noch Erz gefördert und aufbereitet und zur Weiterverarbeitung nach Port Colborne oder Long Harbour transportiert.

Das Nickelkonzentrat aus Voisey's Bay soll zukünftig ausschließlich in Long Harbour aufbereitet werden. Im Jahr 2017 produzierte Vale in Kanada 2.807 t Co-Inh. (Gesamtproduktion 2017: 5.811 t Co-Inh. (VALE S. A. 2018).

### Neue Bergbauprojekte bis 2026 in Kanada

**Fortune Minerals Ltd.** arbeitet an der Entwicklung des Co-Au-Bi-Co-Projekts NICO. Ursprünglich war geplant 27 km nordwestlich Saskatoon, Gold, Kupfer, Raffinadebismut und Kobaltprodukte zu erzeugen. Die im Jahr 2014 vorgestellte Feasibility-Studie sah die Möglichkeit, jährlich bis zu 1.615 t Co-Inh. über einen Zeitraum von 20 Jahren zu fördern (FORTUNE MINERALS LTD. 2018). Aufgrund der hohen Investitionskosten von knapp 600 Mio. CAN\$ wird nun angestrebt, ein polymetallisches Konzentrat zu erzeugen.

Die **Royal Nickel Corporation** (RNC Nickel) entwickelt die seit dem Jahr 1956 bekannte Nickelsulfid-Lagerstätte Dumont in Quebec. Es wird angestrebt, ein Nickel-Kupfer-Konzentrat herzustellen. Die Reserven („Proven & Probable“) belaufen sich auf 126.000 t Co-Inh. (RNC 2018). Bisher liegt noch kein Zeitplan für einen möglichen Produktionsbeginn vor. Im Jahr 2019 soll eine Investitionsentscheidung fallen. Wir berücksichtigen das Vorhaben daher noch nicht für den Ausblick bis 2026.

**Tab. 19: Übersicht über bestehende Kobaltproduzenten und mögliche Bergbauprojekte bis 2026 in Kanada.**

Projekt	Unternehmen	Status	Geplanter Produktionsbeginn	Förderung 2017 [Co t-Inh.]	Geplante Förderung 2026 [Co t-Inh.]
Dumont	Royal Nickel Corp	Feasibility	k. A.		
NICO	Fortune Minerals Ltd.	Feasibility	2021		300
Raglan, Fraser, Nickel Rim	Glencore Plc.	in Betrieb	–	800	850
Sudbury → Port Colborne	Vale SA	in Betrieb		840	845
Thompson	Vale SA	in Betrieb		138	850
Voisey's Bay → Long Harbour	Vale SA	in Betrieb		1.829	950
Voisey's Bay Untertage	Vale SA	im Bau	2021 (ramp up)		2.600
<b>Gesamt</b>				<b>3.607</b>	<b>6.395</b>

**Vale S. A.** hat bereits im Jahr 2015 eine Feasibility-Studie für die untertägige Erweiterung der Lagerstätte Voisey's Bay fertiggestellt. Hier sollen die Lagerstättenteile Reid Brook und Eastern Deeps im Tiefbau erschlossen werden. Die Unternehmen **Cobalt 27 Capital Corp.** und **Wheaton Precious Metals Corp.** finanzieren die Umsetzung mit insgesamt 690 Mio. US\$. Ab dem Jahr 2021 sollen bereits jährlich 1.800 t Raffinadekobalt hergestellt werden. Von 2025 bis 2033 ist eine jährliche Produktion von 2.600 t Raffinadekobalt geplant. Die Umsetzung des Vorhabens steht fest.

Unter der Annahme, dass die neuen Projekte umgesetzt werden, könnte Kanada die Kobaltproduktion bis 2026 auf etwa 6.395 t steigern.

### Kuba

**General Nickel Co SA** und **Sherritt International Corp.** betreiben die Nickellateritlagerstätte Moa Bay auf Kuba. Ende 2017 beliefen sich die Reserven auf knapp 57 Mio. t @ 1,15 % Ni und 0,12 % Co (68.700 t Co-Inh.). Im Jahr 2017 wurden 3.601 t Co-Inh. gefördert. Die produzierte Nickel-Kobalt-Matte wird zur Weiterverarbeitung nach Kanada zur Raffinerie Fort Saskatchewan exportiert, wo Kobaltpulver und „briquettes“ hergestellt werden.

Der staatliche Bergbaukonzern **Cubaniquel** betreibt ebenfalls den Abbau von Nickellateritlagerstätten, veröffentlicht aber keine Produktionszahlen. Für das Jahr 2016 gibt S&P GLOBAL (2018) eine Förderung von 1.821 t Co-Inh. an. Für 2017 bis 2026 gehen wir von einer Jahresproduktion in Höhe von 1.000 bis 1.200 t Co-Inh. aus.

### Madagaskar

**Ambatovy** ist ein Joint Venture von Sumitomo Corp. (47,7 %), Korea Resources Corp. (22,5 %), Sherritt International Corp. (12 %) und weiteren Partnern zur Förderung und Produktion von Nickel und Kobalt. Die Jahreskapazität beläuft sich auf 60.000 t Raffinadenickel und 5.600 t Raffinadekobalt. Im Jahr 2017 wurden 3.053 t Raffinadenickel produziert. In den nächsten Jahren wird mit einer Steigerung auf zunächst 4.800 t und bis 2026 auf 5.600 t Raffinadekobalt in Form von Pulver und „briquettes“ gerechnet.

### Marokko

**Compagnie de Tifnout Tiranimine (CTT)** betreibt die Lagerstätte Bou Azzer seit dem Jahr 1928; Eigentümer ist das Unternehmen Managem S. A. Die Jahreskapazität beträgt 2.100 t.

CTT produziert vor Ort Kathodenkobalt mit einem Gehalt von 99,9 % Co. Die Reserven werden mit 18.000 t Co-Inhalt angegeben (MANAGEM S. A. 2017). Die Lebensdauer der Lagerstätte beläuft sich bei den derzeit ausgewiesenen Reserven auf noch etwa neun Jahre. Bis 2026 gehen wir von einer rückläufigen Produktion aus.

### Mexiko

Seit Januar 2017 ist die **Korea Resources Corp.** der Betreiber der Lagerstätte El Boleo. Hauptanteilseigner ist ein koreanisches Konsortium. **Camrova Resources Inc.** hält 7,3 % am Vorhaben (S&P GLOBAL 2018). Das untertägige Bergwerk sollte bereits 2016 die Produktion aufnehmen. Wir gehen davon aus, dass bisher keine Produktion stattgefunden hat, und berücksichtigen das Vorhaben nicht in unserem Szenario bis 2026.

### Neukaledonien

**Vale New Caledonia** (VNC) produzierte im Jahr 2017 insgesamt 2.780 t Co-Inh. im Kobaltkarbonat und 37.300 t Nickel aus der Nickellateritlagerstätte Goro (VALE S. A. 2018). Die Kapazität wird mit 4.500 t Co-Inh. angegeben und in den nächsten Jahren bis 2026 auf 4.500 t Co-Inh. gesteigert werden.

**Société Le Nickel** (SLN), zu 100 % ein Tochterunternehmen von Eramet, fördert Nickellateritz aus mehrere Tagebauen und produziert Ferronickel in der Hütte Doniambo. Bis 2016 wurde Nickel-Matte zur Weiterverarbeitung zur Raffinerie nach Sandoville, Frankreich exportiert. Es wird davon ausgegangen, dass SLN in Doniambo selbst kein Kobalt gewinnen wird.

### Papua-Neuguinea

**Metallurgical Corporation of China Limited** (MCC) betreibt die Nickellateritlagerstätte Ramu in Papua-Neuguinea. Ende 2016 beliefen sich die Reserven auf 49 Mio. t Erz @ 0,97 % Ni und 0,1 % Co. (49.000 t Co-Inh.). Die Jahresproduktion betrug im Jahr 2017 insgesamt 3.308 t Co-Inh. (S&P GLOBAL 2018). Für die Jahre bis 2026 gehen wir von einer gleichbleibenden Produktion aus.

### Philippinen

Auf den Philippinen werden ebenfalls Nickellateritlagerstätten abgebaut. Die **Nickel Asia Corporation** betreibt den Abbau über vier Tochterunternehmen (Rio Tuba Nickel Mining-, Taganito Mining-, Hinatuan Mining- und Cagdianao Mining Corporation). Die Erze werden mittels HPAL-Verfahren an zwei Standorten aufbereitet. Die Anlage der **Coral Bay Nickel Corporation** (CBNC) hat eine Kapazität von 24.000 t Ni-Inh. und 1.500 t Co-Inh. und produziert ein Nickel-Kobalt-Sulfid, das auf Basis eines langfristigen Liefervertrages an Sumitomo Metal Ming (SMM) verkauft und in der Raffinerie Niihama in Japan aufbereitet wird.

Die zweite HPAL-Anlage wurde im Oktober 2013 im Rahmen eines Joint Ventures mit SMM und Mitsui & Co. in Betrieb genommen. Die Anlage der **Taganito HPAL Nickel Corporation** (THPAL) hat eine Jahreskapazität von 30.000 t Ni-Inh. und 2.600 t Co-Inh. Die Gesamtproduktion für das Jahr 2017 betrug 4.100 t Co-Inh. Bis 2026 rechnen wir mit keiner weiteren Steigerung der Produktion.

### Russland

**Nornickel** hat seine Produktion von „ingots“ auf Kathodenkobalt umgestellt. In der Raffinerie Kola MMC in Russland stellt das Unternehmen „cut cathodes“ mit 99,9 % Co her. In der Raffinerie in Harjavalta, Finnland, produziert das Unternehmen Kobaltsulfat. Im Jahr 2017 belief sich die Bergwerksförderung von Nornickel auf 5.500 t Co-Inh. Es wird davon ausgegangen, dass die Förderung bis 2026 beibehalten wird. Die Kathodenproduktion in Kola wird für 2017 mit 1.800 t Co-Inh. angegeben. Es liegen keine Angaben über die Höhe der Kobaltsulfatproduktion in Finnland vor, auf Basis der Gesamtförderung wird jedoch von einer Produktion von mindestens 1.300 t Co-Inh. im Kobaltsulfat angenommen.

### Sambia

**Zambia Consolidated Copper Mines Investments Holdings Plc.** (ZCCM-IH) hält Minderheitsbeteiligungen an diversen Tochterunternehmen in Sambia, die u. a. Bergbau betreiben und Kupfer und Kobalt gewinnen (Kansanshi Mining, Mopani Copper Mines, Konkola Copper Mines, Lubambe

Copper Mines, NFC Africa Mining, Chibuluma Mines, Chambishi Metals, CNMC Luanshya Copper Mines). Auf die drei wichtigsten wird nachfolgend eingegangen.

**Konkola Copper Mines Plc.** (KCM), ein Tochterunternehmen von Vedanta Resources Plc (80 % Vedanta, 20 % ZCCM Investments Holdings Plc), ist Eigentümer der Kupfer-Kobalt-Lagerstätten Nchanga, Konkola und Nampundwe und betreibt diese im Tief- und Tagebau. Im Jahr 2017 hat KCM insgesamt 94.000 t Cu-Inh. aus den Lagerstätten Nchanga (Tagebau) und Konkola (Tiefbau) sowie aus Laugung von Aufbereitungsrückständen gefördert. Es liegen keine genauen Angaben über den gefördertem Kobaltinhalt vor. S&P GLOBAL (2018) führen 700 t Co-Inh. für Nchanga allein auf. Es ist nicht klar, ob dies die Förderung aus Konkola und aus den Aufbereitungsrückständen beinhaltet.

KCM arbeitet derzeit an der Erweiterung des Abbaus der Lagerstätte Konkola („Konkola Deep Project“). Die Reserven und Ressourcen belaufen sich auf 713 Mio. t Erz @ 2,25 Cu (S&P GLOBAL 2018). KCM plant die Förderung bis 2026 auf 200.000 t Kupfer auszuweiten. Eine Gewinnung von bis zu 1.400 t Co-Inh. erscheint hier möglich.

ZCCM-IH hält eine Minderheitsbeteiligung von 10 % an **Mopani Copper Mines Plc.** (MCM). Weitere Anteilseigner sind Glencore (73 %) und First Quantum Minerals Ltd. (16,9%). MCM betreibt den Abbau der Kupfer-Kobalt-Lagerstätten Nkana und Mufulira sowie eine Hütte und Raffinerie in Sambia. Seit September 2015 wurden umfangreiche Modernisierungs- und Instandsetzungsarbeiten in Höhe von etwa 900 Mio. US\$ durchgeführt, die den Betrieb der Lagerstätten um 20–25 Jahre verlängern. Im Jahr 2017 produzierte MCM 41.000 t Kupfer. Es liegen keine Angaben zur Produktion von Kobalt vor. Die Produktion von Kupfer und Kobalt soll Ende 2018 wieder deutlich gesteigert werden (GLENCORE 2017). Bis 2026 gehen wir von einer Steigerung bis 2.000 t Co-Inh. aus den Lagerstätten Nkana, Mufulira und Mindola Deeps aus.

**Chambishi Metals Plc.** (90 % ERG durch Enya Holdings BV, 10 % ZCCM-IH) betreibt die Kupfer-Kobalt-Raffinerie Chambishi. Derzeit wird der Großteil der zu verarbeitenden Erze und Konzentrate aus der DR Kongo, u. a. von Boss Mining, geliefert.

## Simbabwe

**Sibanye Gold Ltd.** und **Impala Platinum Holdings Ltd.** betreiben die PGE-Lagerstätte Mimosa und gewinnen dort Kobalt als Beiprodukt. Das vor Ort produzierte Konzentrat wird zur Aufbereitung nach Südafrika exportiert. In den Jahren 2015 und 2016 wurden knapp 90 t Co-Inh. im Konzentrat produziert (S&P GLOBAL 2018). Bis 2026 gehen wir von einer gleichbleibenden Produktion aus.

Die **Bindura Nickel Corporation Ltd.** betreibt die Nickellagerstätte Trojan und eine Nickelhütte in Simbabwe. Im Jahr 2016 wurden 236 t Co-Inh. im Konzentrat produziert. Bis 2016 wird mit einer geringfügigen Steigerung auf 330 t Co-Inh. gerechnet.

## Spanien

Bis 2016 betrieb **Lundin Mining Corporation** die Nickel-Kupfer-Lagerstätte Aguablanca in Spanien und produzierte jährlich 30–50 t Kobalt als Beiprodukt. Der Abbau wurde 2016 eingestellt und die Lagerstätte wurde geschlossen. Die Rechte an der Lagerstätte wurden anschließend durch das Unternehmen Rio Narcea Recursos (Valoriza Minería) übernommen, eine Wiedereröffnung bis 2026 erscheint derzeit jedoch unwahrscheinlich.

## Südafrika

In Südafrika wird Kobalt als Beiprodukt der PGE- und Nickelförderung gewonnen. **Anglo American Platinum Ltd.** betreibt sechs untertägige Bergwerke sowie den Tagebau Mogalakwena in Südafrika. In der Raffinerie in Rustenburg produziert Anglo American Platinum Kobaltsulfat. Angaben zur Höhe der Produktion liegen nicht vor. ROSKILL (2017) schätzt die jährliche Kapazität auf 260 t Co-Inh. im Sulfat.

**Impala Platinum Holdings Limited** (Implats) betreibt den Abbau von mehreren PGE-Lagerstätten in Südafrika (Impala, Marula, Two Rivers) und Simbabwe (Zimplats, Mimosa) und produziert PGE, Nickel und geringe Mengen an Kobalt in Form von Pulver in der Raffinerie in Springs, 35 km östlich von Johannesburg. ROSKILL (2017) gibt als Jahresförderung 300 t Co-Inh. für das Jahr 2017 an.



Auch **Lonmin Plc.** und **Northam Platinum** gewinnen geringe Mengen Kobalt als Beiprodukt der PGE-Förderung in Südafrika. Beide Unternehmen produzieren ein kobalthaltiges Nickelsulfat (ROSKILL 2017).

**African Rainbow Minerals Ltd.** und **Nornickel** betreiben das Bergwerk Nkomati. Nach einer Förderung von 1.065 t Co-Inh. im Jahr 2016 ging die Förderung 2017 auf 813 t Co-Inh. zurück. Wir gehen davon aus, dass die Förderung wieder auf 1.000–1.100 t jährlich angehoben werden kann. Die Lebensdauer bei den derzeit ausgewiesenen Reserven beläuft sich auf elf Jahre (AFRICAN RAINBOW MINERALS LTD. 2017).

### Türkei

**Meta Nikel Kobalt A. S.** betreibt in der Türkei den Abbau der Lagerstätten Gördes und Yunusemre. In den letzten Jahren wurde in eine HPAL-Anlage zur Aufbereitung von Nickellateriterzen mit einer Jahreskapazität von bis zu 20.000 t Ni-Inh. in Gördes installiert. Bis zu 300 t Co-Inh. könnten hier jährlich als Beiprodukt gewonnen werden (META NIKEL KOBALT S. A. 2018). Es ist nicht klar, ob der Produktionsbetrieb bereits regulär aufgenommen wurde. Wir berücksichtigen eine mögliche Produktion daher erst ab 2021.

### USA

**Lundin Mining Corporation** betreibt in den USA das Nickel-Kupfer-Kobalt-Bergwerk Eagle. Vor Ort wird ein Mischkonzentrat hergestellt und nach Sudbury zur Hütte von Glencore exportiert. Die Reserven („Proven & Probable“) von 3,2 Mio. t Erz erlauben derzeit einen Abbau bis 2024. Jährlich werden bis dahin zwischen 300 und 350 t Co-Inh. im Konzentrat produziert.

### Neue Bergbauprojekte bis 2026 in den USA

Das Unternehmen **eCobalt Solutions Inc.** entwickelt das „Idaho Cobalt Project“ (ICP). Die Lagerstätte befindet sich etwa 40 km von der Ortschaft Salmon, Idaho, in den USA. Die Aufbereitungsanlage soll etwa 300 km südöstlich in der Ortschaft Blackfoot installiert werden. Angedacht ist die Produktion von Kobaltsulfat. Die Reserven der Lager-

stätte werden mit 3,7 Mio. t @ 0,47 Co angegeben (17.390 t Co-Inhalt). Mit einer Aufnahme der Produktion wird nicht vor 2022 gerechnet. Bis 2026 könnte die Produktion auf 1.000 t Co-Inh. ausgeweitet werden.

### 2.8.2.2 Recycling

Für die Berechnung des zukünftigen Angebots liegen im vorliegenden Bericht Recyclingraten von 10 % zugrunde. Diese Annahme basiert auf den Informationen, die von Unternehmen vorliegen, die Sekundärmaterial zur Herstellung von Raffinadekobalt einsetzen (s. Kap. 2.3.8).

Für die Rückführ- und Sammelraten von Kobalt sind aktuell insbesondere das Recycling von Superlegierungen (insbesondere aus der Luftfahrtindustrie), Magneten, die Hartmetallindustrie sowie die Rückführung von Altbatterien (LIB) verantwortlich (s. Kap. 2.3.8). Für all diese Marktsegmente wird in den kommenden Jahren mit einem Nachfragezuwachs gerechnet. Zukünftig wird insbesondere die Rückgewinnung von Kobalt aus LIB aus 3C-Anwendungen eine zunehmende Rolle spielen. Die Kobaltmengen, die im Zeitraum 2001–2016 in diesem Bereich eingesetzt wurden, belaufen sich auf etwa 240.000 t Co-Inh. Bezogen auf das Jahr 2017 wäre das knapp die doppelte Menge der Bergwerksförderung.

Die Rückgewinnung von Kobalt aus LIB für die E-Mobilität wird erst ab einer gewissen Marktdurchdringung einsetzen. Die Angaben zur Lebensdauer für LIB im Bereich EV schwanken zwischen vier und 14 Jahren. Durchschnittlich wird mit einer Lebensdauer von 8 bis 10 Jahren gerechnet. WANG & WEYHE (2018) haben auf Grundlage unterschiedlicher Szenarien die Rückgewinnung von Wertmetallen aus LIB für EV für den europäischen Markt berechnet. So könnten im Jahr 2040 je nach Szenario zwischen 6.488 t und 25.303 t Co-Inh. in EOL-Batterien in Europa anfallen.

### 2.8.3 Zukünftige Nachfrage

Zwischen 2001 und 2017 wuchs die Kobaltnachfrage im Durchschnitt jährlich um etwa 6,6 % (v. Kap. 2.5). Für den Zeitraum 2018–2026 werden je nach verwendeter Quelle unterschiedlich hohe Nachfragesteigerungen angenommen, die

aufgrund der aktuellen Entwicklungen im Bereich der E-Mobilität innerhalb der letzten zwölf Monate u. a. von Roskill und CRU deutlich nach oben angepasst wurden (Abb. 56).

Die Datenbasis für die Nachfrageszenarien der DERA stellen die Nachfragedaten und -prognosen aus ROSKILL (2017) und CRU (2017, 2018) dar. Für die Anwendungsbereiche LIB für 3C-Anwendungen (Computing, Communication, Consumer), LIB für die E-Mobilität, NiMH/NiCd-Batterien und Magnete wurden DERA-interne Daten und Wachstumsraten verwendet.

Die beiden Nachfrageszenarien der DERA sind in Tab. 20 und Abb. 56 dargestellt. Basierend auf der von der DERA prognostizierten Nachfrageentwicklungen ergibt sich für das Jahr 2026 (Szenario *BASE*, Tab. 20) ein Gesamtbedarf von 187.501 t Co-Inh., wovon insgesamt 55,1 % auf wiederaufladbare Batterien + NiMH- u. NiCd-Bat-

terien, 16 % auf Superlegierungen, 7 % auf Karbide und Diamantwerkzeuge und 4,5 % auf Magnete entfallen. Auf die übrigen Anwendungen entfallen 17,4 % (32.576 t Co-Inh.) (Abb. 57).

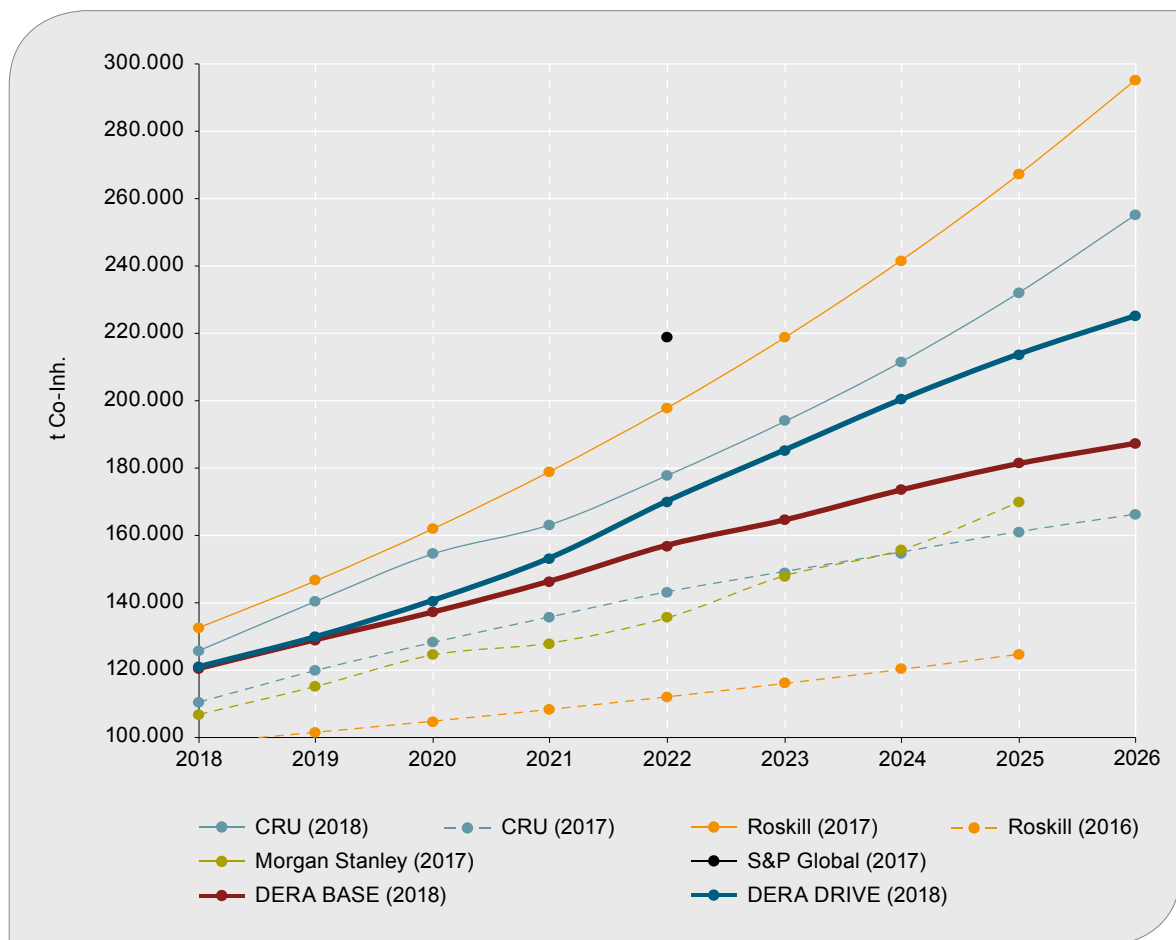
**Tab. 20: Prognostizierte Nachfrageentwicklung für den Zeitraum 2018–2026 (Datenquelle: DERA 2018, CRU 2018).**

	CAGR 2018–2026 [%]	Nachfrage 2026 [t Co-Inh.] <sup>1</sup>
Szenario <i>BASE</i> <sup>2</sup>	6,0	187.501
Szenario <i>DRIVE</i> <sup>3</sup>	8,2	225.361

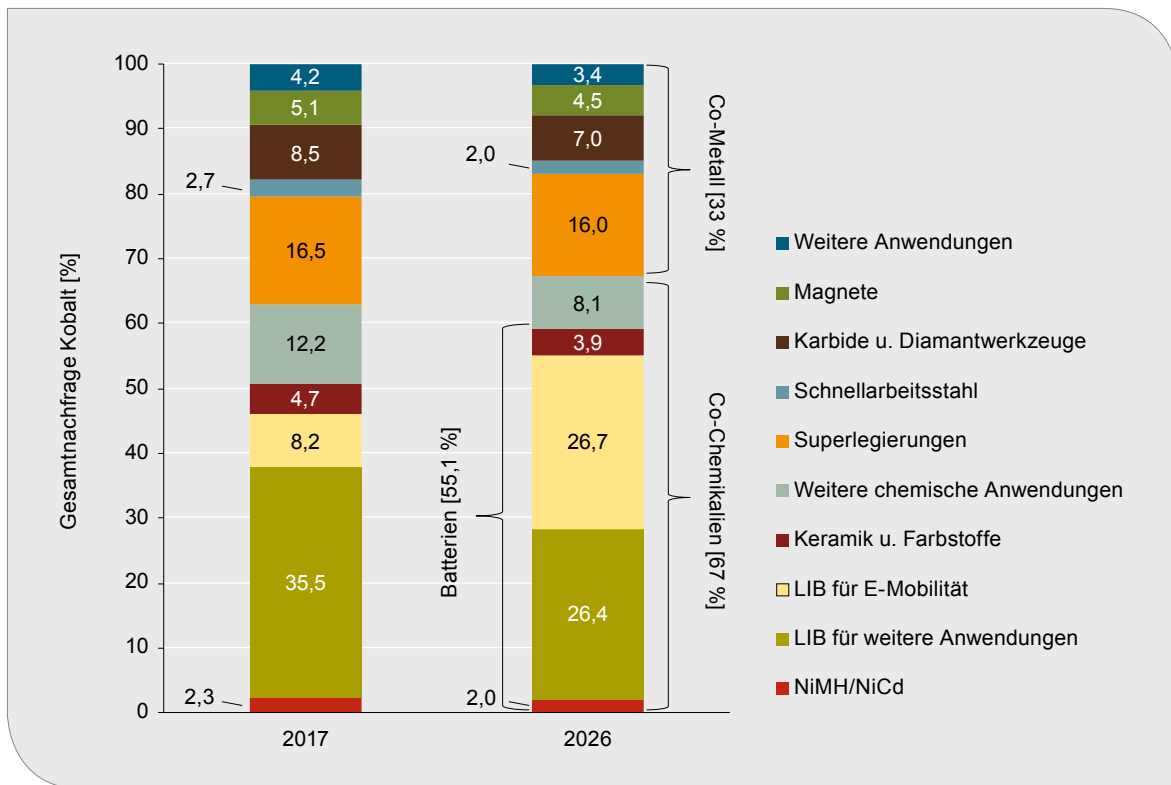
<sup>1</sup> Gerundet;

<sup>2</sup> Bedarf Automobilindustrie = 428 GWh im Jahr 2026;

<sup>3</sup> Bedarf Automobilindustrie = 726 GWh im Jahr 2026



**Abb. 56: Prognostizierte Nachfrageentwicklung 2018–2026 (Datenquelle: Roskill (2016, 2017), CRU (2017, 2018), Morgan Stanley (2017), S&P Global (2017) DERA 2018).**



**Abb. 57: Kobaltnachfrage nach Anwendungsbereichen im Jahr 2017 (CRU 2017) und 2026 (Szenario BASE der DERA).**

Sollte die E-Mobilität, als stärkster Wachstumstreiber für die Kobaltnachfrage, bis 2026 jedoch stärker wachsen, könnte die Gesamtnachfrage auf insgesamt 225.361 t Co-Inh. ansteigen (Szenario Drive, Tab. 20). Der Anteil an der Nachfrage durch wiederaufladbare Batterien würde auf über 62 % ansteigen. Die erwartete Gesamtnachfrage im Jahr 2026 liegt zwischen 256.000 t Co-Inh. (CRU 2018) und 296.000 t Co-Inh. (ROSKILL 2017) (Abb. 56).

### 2.8.3.1 Zukünftige Nachfrage wichtiger Anwendungsgebiete

Der mit Abstand wichtigste Verwendungszweck von Kobalt liegt im Bereich der wiederaufladbaren Batterien. Dieser Bereich machte 2017 in Summe knapp 46 % der Verwendung aus (s. Kap. 1.4), gefolgt von Superlegierungen (16,5 %), Karbiden und Diamantwerkzeugen (8,5 %), Magneten (5,1 %) sowie weiteren chemischen und metallischen Anwendungen (16,5 %) (CRU 2017). Insbesondere der Anwendungsbereich der wiederauf-

ladbaren Batterien wird bis 2026 den mit Abstand größten Einfluss auf die zukünftige Gesamtnachfrage von Kobalt ausüben.

#### Wiederaufladbare Batterien für die E-Mobilität

Die Kobaltnachfrage aus dem Bereich E-Mobilität wird in zwei von der DERA modellierten Szenarien von derzeit rund 10.000 t Co-Inh. auf 50.125 t Co-Inh. (BASE-Szenario) bzw. 84.848 t Co-Inh. (DRIVE-Szenario) im Jahr 2026 steigen. Diese Annahme unterstellt eine rasche Markteinführung kobaltarmer Kathoden der optimierten LIB-Generation NMC 8:1:1 und einen Marktanteil elektrischer Autos von circa 20 % an allen globalen neu zugelassenen Fahrzeugen.

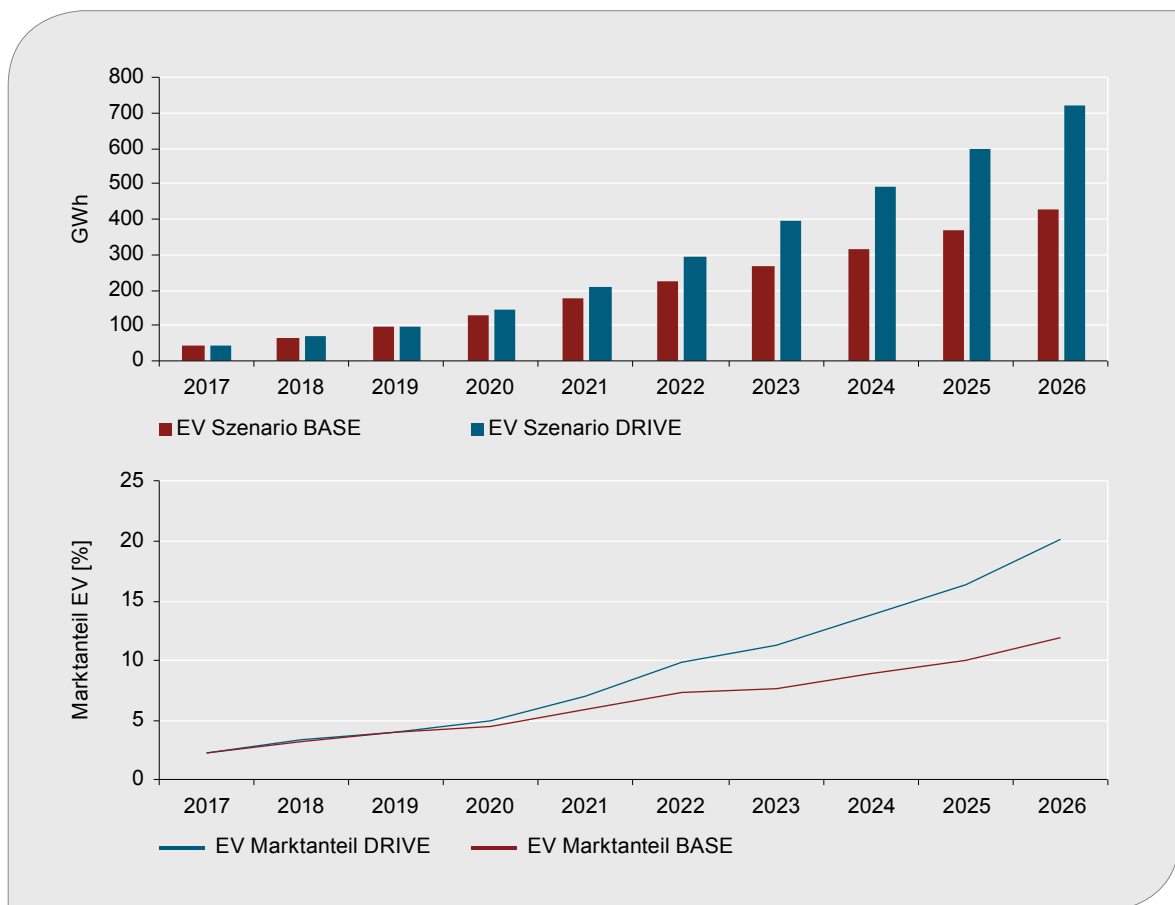
Alle führenden Zellhersteller setzen Kobalt in Traktionsbatterien im PKW-Bereich ein. Je nach Zellchemie können die Kobaltinhalte im Bereich PKW jedoch deutlich variieren. Szenarien zum möglichen Rohstoffbedarf der Elektromobilität müssen entsprechend nicht nur die verschiedenen Zellchemien moderner Traktionsbatterien berücksichtigen.

sichtigen, sondern vor allem auch den zukünftigen Marktanteil von batteriebetriebenen Fahrzeugen an den globalen Neuzulassungen in den kommenden Jahren abschätzen. Weitere Stellglieder sind darüber hinaus der Anteil zwischen rein batteriebetriebenen Fahrzeugen (BEV) und Plug-in-Hybrid (PHEV). Aufgrund der unterschiedlichen Batteriegrößen besteht hier ein großer Hebel.

Abb. 58 zeigt die erwartete Entwicklung der Nachfrage nach LIB-Zellen für den Bereich der Elektromobilität bis 2026 in zwei Szenarien. Das konservative *BASE*-Szenario basiert auf den Annahmen der Rohstoffrisikobewertung Lithium (SCHMIDT 2017) und wurde für das Jahr 2026 fortgeschrieben. In diesem *BASE*-Szenario wächst die globale Nachfrage nach LIB-Zellen aus dem Bereich der E-Mobilität von 31 GWh im Jahr 2016 auf 428 GWh im Jahr 2026. Dies entspricht einem Marktanteil von elektrischen Fahrzeugen von ca. 12 % an den globalen Neuzulassungen im PKW-Bereich.

Das *DRIVE*-Szenario trägt den optimistischen Annahmen zum schnellen Markthochlauf der Elektromobilität Rechnung. Insbesondere in China haben sich die Zulassungszahlen zuletzt sehr dynamisch entwickelt. Zudem sind die Erwartungen an einen weiteren Ausbau der Elektromobilität sehr hoch. Entsprechend geht das *DRIVE*-Szenario deutlich über die Annahmen aus dem Jahr 2017 hinaus. Für das Jahr 2026 wird eine Nachfrage nach LIB-Zellen aus dem Bereich E-Mobilität von 726 GWh angenommen. Dies entspricht mit rund 18 Mio. BEV-Einheiten einem Marktanteil von ca. 20 % an den globalen neu zugelassenen Personenkraftwagen (Abb. 58).

Gründe für die Anpassung der Markthochlaufszenarien im Vergleich zur Rohstoffrisikobewertung Lithium (SCHMIDT 2017) liegen vor allem an der dynamischen Entwicklung in China. Durch staatliche Subventionen und Regulierungen versucht die chinesische Zentralregierung die so-



**Abb. 58: Möglicher Markthochlauf der Elektromobilität. Oben: Nachfrage nach LIB-Zellen durch die E-Mobilität (PKW) in GWh. Unten: Marktanteil elektrisch angetriebener PKW an globalen Gesamtneuzulassungen bis 2026.**

nannten NEV (New Electric Vehicles) in China deutlich schneller am Markt zu etablieren. Zusammen mit den notwendigen Maßnahmen zur Einhaltung der strengen Emissionsgrenzwerte in den USA und Europa gehen wir davon aus, dass die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen weiter an Fahrt gewinnen wird.

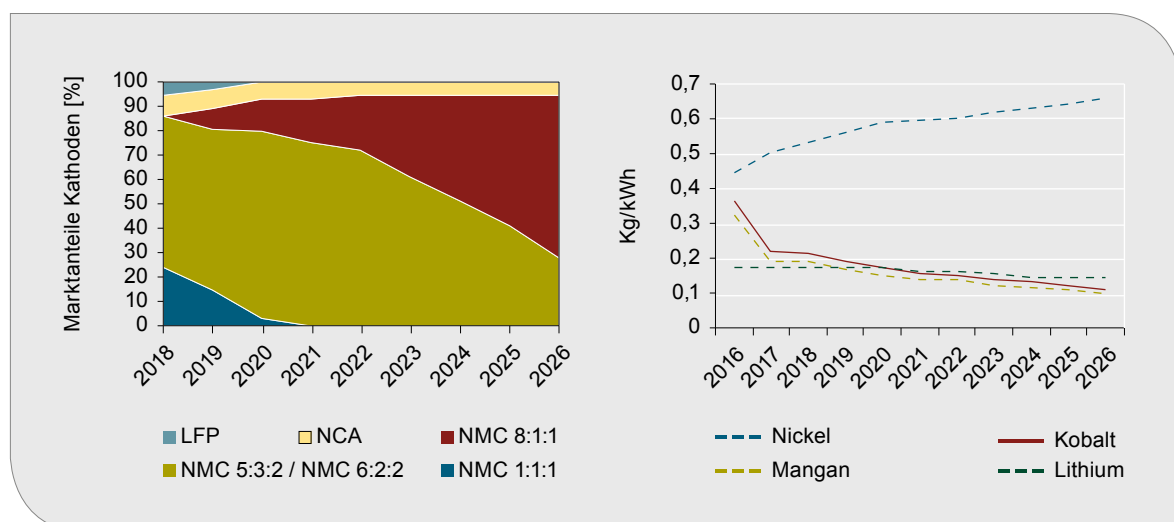
Neben den verschiedenen Nachfrageszenarien nach LIB durch die Elektromobilität haben vor allem die verschiedenen Zellchemien einen großen Einfluss auf die Rohstoffnachfrage – insbesondere auf Kobalt. Eine der Hauptziele optimierter LIB-Zellen stellt die Reduktion der Kobaltinhalte pro Kilowattstunde dar. Neben den hohen Beschaffungsrisiken und den hohen Kosten des Kobalts soll durch höhere Nickelanteile (anstelle von Mangan und Kobalt) zusätzlich auch die Energiedichte erhöht werden. Somit arbeiten derzeit viele Entwicklungsteams an optimierten Zellen, die deutlich weniger Kobalt in den Zellen einsetzen sollen. Im Bereich der NMC-Generation liegt das Ziel optimierter Zellen (NMC 8:1:1) bei weniger als 0,1 kg/kWh. Dies entspricht einer Reduktion des Kobalts von 80 % im Vergleich zur NMC 1:1:1 (Abb. 59).

Für die Modellierung der Nachfrage durch die E-Mobilität haben wir in der vorliegenden Studie die Marktanteile der verschiedenen Kathoden abgeschätzt (Abb. 59). Aufgrund des oben beschriebenen Handlungsdrucks, vor allem aufgrund der sehr

hohen Kosten und der strengen Vorgaben in China zu höheren Energiedichten, gehen wir davon aus, dass optimierte NMC 8:1:1-Zellen relativ schnell auf den Markt kommen werden. Gegenüber den Kathoden einer NMC 6:2:2 und NMC 5:3:2 verringert sich dadurch der Kobaltinhalt pro kWh um fast 50 %. Batterieexperten gehen davon aus, dass die Herausforderungen im Bereich der thermischen Stabilität und der Robustheit über Ladezyklen hinweg beherrschbar sein werden.

Die derzeit von Panasonic für Tesla gebauten NCA-Zellen werden lediglich ein kleines Marktsegment einnehmen – entsprechend werden die verschiedenen NMC-Generationen die größten Marktanteile einnehmen. LFP hat zwar große Kostenvorteile, aufgrund der niedrigen Energiedichte und der Regulierung in China hin zu höheren Energiedichten im PKW-Sektor jedoch keine Zukunft. Festkörperbatterien (Solid-State) werden unserer Meinung nach bis 2026 noch nicht großserienmäßig zum Einsatz kommen und wurden entsprechend nicht in den Szenarien berücksichtigt. Ferner sind wir der Meinung, dass Kobalt trotz sinkender Metallinhalte pro kWh aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften benötigt wird. Gänzlich kobaltfreie Traktionsbatterien sind unserer Meinung nach bis 2026 nicht zu erwarten.

Aus den Marktanteilen der verschiedenen Kathoden kann man die spezifischen Materialinhalte



**Abb. 59: Erwartete Entwicklung der Marktanteile verschiedener Zellchemien bis 2026.**  
**Links: Modell beschreibt den zügigen Markteintritt zu optimierten NMC 8:1:1.**  
**Rechts: Erwartete Entwicklung der Rohstoffinhalte (in kg pro Kilowattstunde) für Traktionsbatterien bis 2026.**

(hier in kg pro Kilowattstunde) für Traktionsbatterien für die E-Mobilität ableiten (Abb. 59). Deutlich wird dabei, dass durch die Umstellung von NMC 1:1:1 auf die optimierten Zellen der Generation NMC 6:2:2 und NMC 5:3:2 die Kobaltinhalte drastisch sinken, gleichzeitig die Nickelinhalte deutlich steigen. (Bei Fragen zu den Auswirkungen auf den Nickelmarkt, insbesondere zu Nickelsulfat, sprechen Sie gerne die DERA an.) Mit dem Hochlauf der optimierten NMC 8:1:1 verringern sich die Kobalt- und Manganinhalte weiter und liegen im Kathodenmix ab 2022 unter 0,15 kg/kWh. Dabei führt auch die höhere Energiedichte zu niedrigen Metallgehalten pro kWh.

Auf Grundlage der zwei beschriebenen Markthochlaufszenerarien (Abb. 58) und der errechneten Materialinhalte pro Kilowattstunde (Abb. 59) lassen sich für die Jahre 2018 bis 2026 die Kobaltbedarfe für die Elektromobilität ableiten (Abb. 60).

Im **BASE-Szenario** (428 GWh in 2026) steigt die Kobaltnachfrage (aus dem Bereich der E-Mobilität) auf rund **50.000 t Kobalt/Jahr**. Dies entspricht rund 42 % der heutigen Raffinadeproduktion an Kobalt. Insbesondere die stark sinkenden Kobaltinhalte mit der Umstellung auf die NMC 8:1:1 führt

zu einem Abflachen der Nachfragekurve. Die jährliche Zuwachsrate (CAGR) beträgt unter dieser Annahme 16,4 %.

Im **DRIVE-Szenario** (726 GWh in 2026) erreicht die jährliche Kobaltnachfrage (aus dem Bereich der E-Mobilität) fast **85.000 t Kobalt/Jahr**. Danach würde alleine die E-Mobilität im Jahr 2026 über 73 % der heutigen Raffinadeproduktion an Kobalt benötigen. Die jährliche Zuwachsrate (CAGR) beträgt unter dieser Annahme 23,9 %. In diesem Szenario führen die deutlich höheren Zuwachsraten bei der Batteriekapazität trotz der sinkenden Kobaltinhalte in den Batterien zu einem konstant hohen Wachstum der Kobaltnachfrage.

Die beiden Nachfrageszenarien zeigen deutlich, dass die E-Mobilität in den kommenden Jahren der mit Abstand größte Treiber der globalen Kobaltnachfrage sein wird. Im Jahr 2016 entfallen 26 %–37 % der gesamten zusätzlichen Nachfrage auf den Bereich der E-Mobilität. 55 %–62 % auf den Bereich „wiederaufladbare Batterien“. Damit werden Batterien nicht nur zur mit Abstand größten Einzelanwendung von Kobalt, die Entwicklung im Bereich LIB trifft damit vor allem auch die Nachfrage nach Kobaltchemikalien.

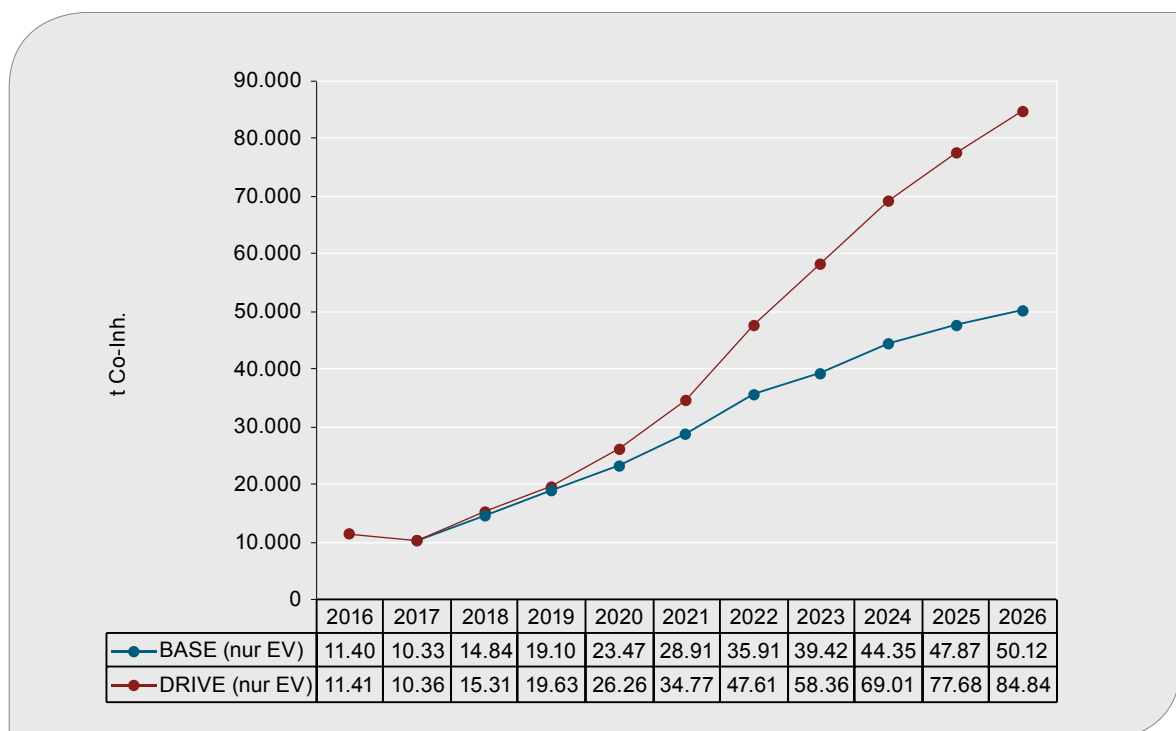


Abb. 60: Erwartete Entwicklung der Kobaltnachfrage durch die E-Mobilität bis 2026.

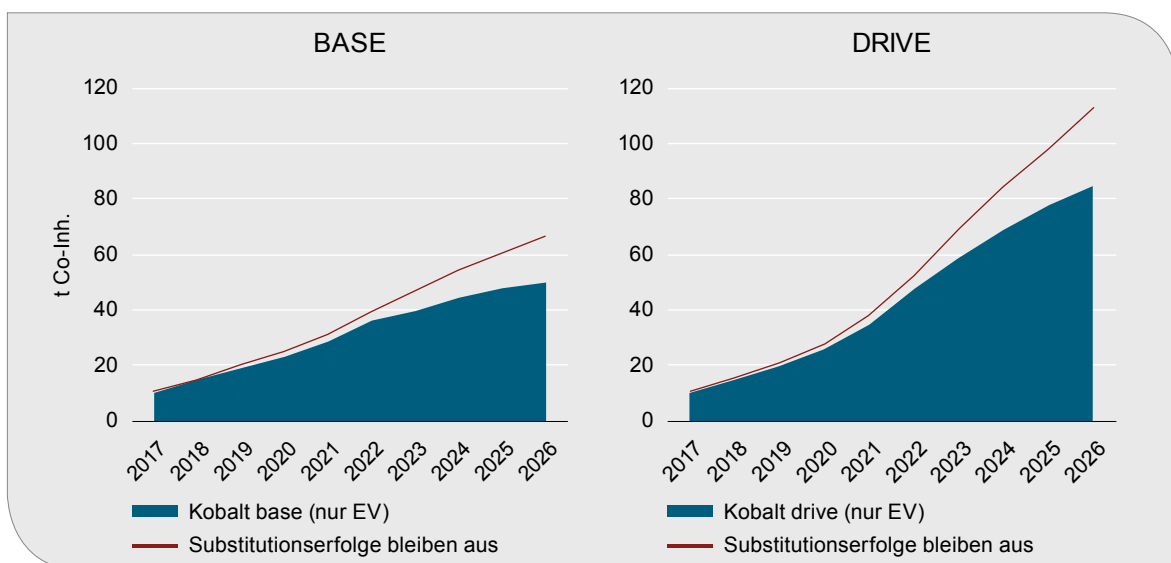
### Exkurs: Substitutionserfolge entscheiden maßgeblich über die zukünftige Kobaltnachfrage aus dem Bereich der E-Mobilität

Aufgrund der Vielzahl von sehr dynamischen Variablen gestaltet sich die Modellierung der zukünftigen Rohstoffnachfrage aus dem Sektor E-Mobilität sehr komplex und variabel. Einen sehr großen Hebel auf die zukünftige Rohstoffnachfrage haben der Markthochlauf sowie die zum Einsatz kommenden Zellchemien.

Alleine die derzeit kursierenden Annahmen zum Anteil von elektrischen Autos an den Flotten im Jahr 2026 schwanken in einer Bandbreite zwischen 5 % und 35 %. Die von uns beschriebenen Szenarien bilden somit nicht die Extreme ab, sondern versuchen den Markt der E-Mobilität zum Zeitpunkt der Publikation (Juni 2018) realistisch abzubilden. Mit Blick auf die Rohstoffnachfrage wird natürlich deutlich, dass sich ein von unseren Szenarien abweichender Markthochlauf entscheidend auf die erwartete Kobaltnachfrage auswirken würde.

Neben der ungewissen Marktentwicklung stellt vor allem die zum Einsatz kommende Zellkathode den größten Einflussfaktor dar. Wir haben in unserem Nachfrageszenario bewusst eine

kobaltarme Kathode unterstellt. Insbesondere die hohen Kobaltkosten sowie Maßnahmen zur Erhöhung der Energiedichte (getrieben durch die Subventionspolitik in China) haben zu dieser Einschätzung geführt. Im Gegensatz zu unseren Annahmen rechnen einige Analysten mit deutlich höheren Kobaltinhalten. Hier wird bezweifelt, dass sich die optimierten NMC 8:1:1-Zellen rasch am Markt etablieren werden. Entsprechend werden für die Berechnungen der Kobaltnachfrage vor allem die LIB-Zellen NMC 6:2:2 und NMC 5:3:2 herangezogen. Wie stark sich dieser Hebel auf die Rohstoffnachfrage auswirkt, ist in Abb. 61 zu erkennen. Wird unterstellt, dass NMC 8:1:1 erst spät größere Marktanteile (19 % im Jahr 2025) einnimmt und bis dahin NMC 6:2:2/NMC 5:3:2 die beherrschende Chemie darstellen wird, würde sich die Kobaltnachfrage in unseren beiden Szenarien um fast ein Drittel erhöhen: Im **BASE-Szenario** um 15.000 t auf rund 67.000 t, im **DRIVE-Szenario** um 28.000 t auf circa 113.000 t Kobalt. Diese Zahlen zeigen, wie wichtig und lohnend es ist, zukünftige LIB zu optimieren – nicht nur um die Batteriekosten zu senken, sondern auch, um die Beschaffungsrisiken zu mindern. Für die Berechnung der Marktdeckung (s. Kap. 2.8.4) wurden nur die Annahmen aus Abb. 60 verwendet.



**Abb. 61:** Zellchemien entscheiden maßgeblich über die zukünftige Kobaltnachfrage aus dem Bereich der E-Mobilität. Links: Nachfragedelta bei späterem Markteintritt optimierter Zellen im BASE-Szenario, rechts: Nachfragedelta bei späterem Markteintritt optimierter Zellen im DRIVE-Szenario.

### Wiederaufladbare Batterien für weitere Anwendungen

3C-Anwendungen wie Smartphones, Laptops und Tablets stellten 2017 laut CRU (2017) den wichtigsten Nachfragebereich für wiederaufladbare Batterien dar (Anteil ca. 36 %). Dieser Markt war zwischen 2001 und 2017 mit einem CAGR von knapp 15 % der größte Wachstumstreiber für die Kobaltnachfrage. Heute wird er als relativ gesättigt angesehen.

Anwendungen wie elektrische Werkzeuge, Gartengeräte, elektrische Zweiräder und Trikes wurden bisher überwiegend durch NiCd- und NiMH-Batterien betrieben. LIB ersetzen diese älteren Technologien aber zunehmend. Aus diesem Grund kann für diesen Anwendungsbereich ein höheres Wachstum als bspw. für 3C-Anwendungen angenommen werden. Auch der Bereich der stationären Speicherung regenerativer Energien wird zum Wachstum von LIB beitragen.

Insgesamt gehen wir in unseren beiden Szenarien von vergleichbar niedrigen Wachstumsraten im Vergleich zu den letzten 15 Jahren aus (Tab. 21).

**Tab. 21: Prognostizierte Nachfrageentwicklung für LIB für weitere Anwendungen für den Zeitraum 2018–2026 (Datenquelle: DERA 2018, CRU 2018).**

LIB weitere Anwendungen	CAGR 2018–2026 [%]	Nachfrage 2026 [t Co-Inh.] <sup>1</sup>
Szenario <i>BASE</i>	2,6	49.500
Szenario <i>DRIVE</i>	3,0	51.265

<sup>1</sup> Gerundet

### NiMH-/NiCd-Batterien

Für den Anwendungsbereich der NiMH-/NiCd-Batterien geht CRU (2017) mit einem Nachfragezuwachs von jährlich 9,2 % bis 2026 aus. Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten für den Zeitraum 2007–2017 lagen bei 2,3 %. Wir haben die Zuwachsraten auf jährlich 4,4 % (BASE) bzw. 6,2 % (DRIVE) angepasst (Tab. 22).

**Tab. 22: Prognostizierte Nachfrageentwicklung für NiMH-/NiCd-Batterien für den Zeitraum 2018–2026 (Datenquelle: DERA 2018, CRU 2018).**

NiMH-/NiCd-Batterien	CAGR 2018–2026 [%]	Nachfrage 2026 [t Co-Inh.] <sup>1</sup>
Szenario <i>BASE</i>	4,4	3.707
Szenario <i>DRIVE</i>	6,2	4.323

<sup>1</sup> Gerundet

### Magnete

Für den Anwendungsbereich Magnete geht CRU (2017) mit einem Nachfragezuwachs von jährlich 9,4 % bis 2026 aus. Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten für den Zeitraum 2007–2017 lagen bei 3,8 %. Wir haben die Zuwachsraten auf jährlich 4,5 % (BASE) bzw. 5,5 % (DRIVE) angepasst (Tab. 23).

**Tab. 23: Prognostizierte Nachfrageentwicklung für Magnete für den Zeitraum 2018–2026 (Datenquelle: DERA 2018, CRU 2018).**

Magnete	CAGR 2018–2026 [%]	Nachfrage 2026 [t Co-Inh.] <sup>1</sup>
Szenario <i>BASE</i>	4,5	8.437
Szenario <i>DRIVE</i>	5,5	9.192

<sup>1</sup> Gerundet

### Weitere Anwendungen

Für die weiteren Anwendungsbereiche geht CRU (2017) von vergleichbaren Wachstumsraten wie in den letzten zehn Jahren aus. Keramik u. Farbstoffe (CAGR: 3,6 %), Superlegierungen (CAGR: 5,6 %), Schnellarbeitsstahl (CAGR: 2,2 %), Karbide u. Diamantwerkzeuge (3,6 %) und weitere Anwendungen (CAGR: 3,4 %) werden weiterhin zur steigenden Kobaltnachfrage bis 2026 beitragen.



## 2.8.4 Zukünftige Marktdeckung

Für die zukünftige Marktdeckung wird von dem nachfolgenden Angebotsszenario ausgegangen. Die zukünftige Nachfrage bis 2026 basiert auf einem durchschnittlichen jährlichen Nachfragewachstum von 6,0 % bzw. 8,1 % (s. Kap. 2.8.3, Tab. 20).

Diesem Szenario liegen die folgenden Angebotsparameter zugrunde:

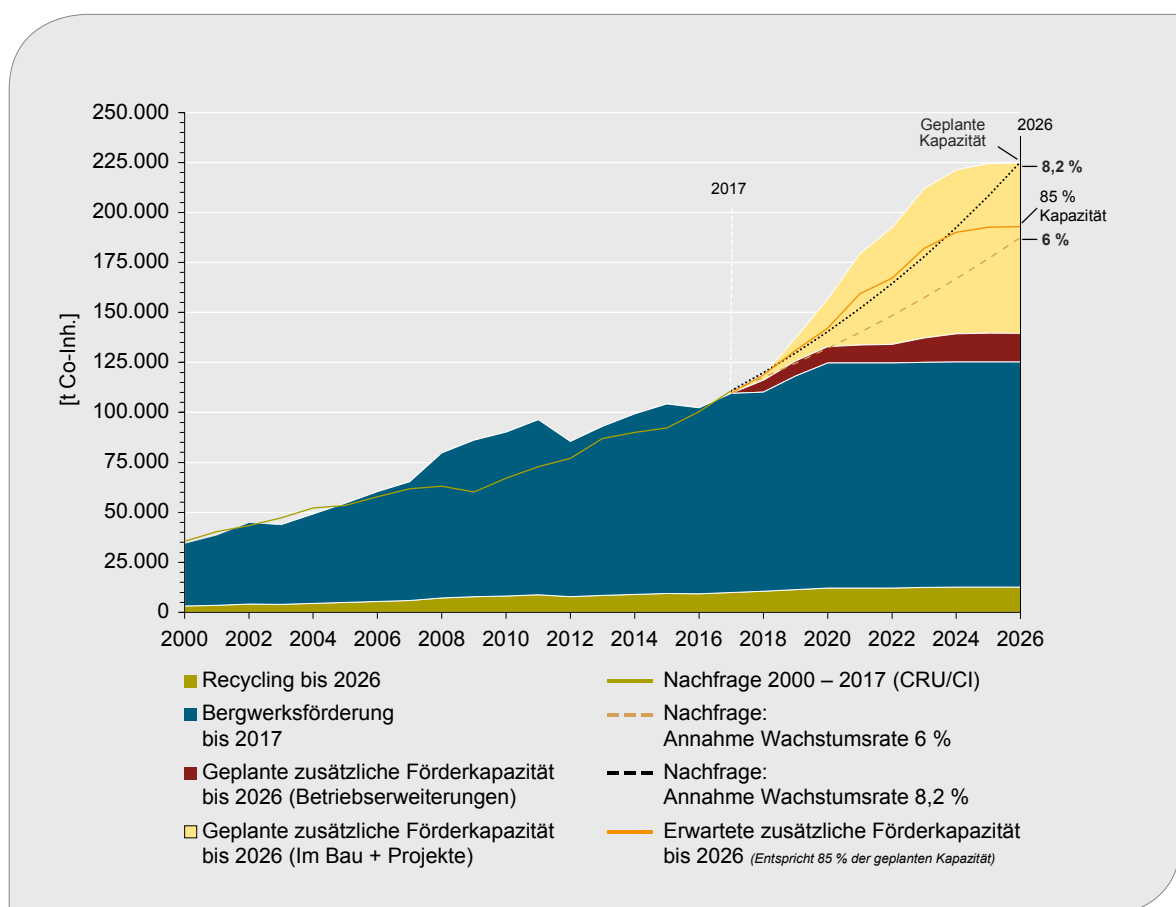
- Die Recyclingrate von Produktions- und Neuschrotten liegt bei 10 %.
- Die globale Bergwerksförderung von Kobalt aus bestehenden Abbauen fällt insgesamt nicht unter die Mengen aus dem Jahr 2017.
- Die Förderung aus den Lagerstätten Boss Mining (DR Kongo), Voisey's Bay Tagebau (Kanada) und Bou Azzer (Marokko) ist bis zum Jahr 2026 rückläufig.
- Glencore Plc. steigert die Förderung aus der Lagerstätte Murrin Murrin (Australien) um 500 t Co-Inh. bis 2026.
- Die Independence Group NL steigert die jährliche Förderung aus der Lagerstätte Nova-Bollinger bis 2026 auf 1.050 t Co-Inh.
- First Quantum Minerals Ltd. und Panoramic Resources Ltd. nehmen die Förderung aus den Lagerstätten Ravensthorpe und Savannah/Lafranchi (Australien) im Jahr 2021 wieder auf und steigern die jährliche Produktion auf 1.050 t Co-Inh. bzw. 650 t Co-Inh. bis 2026.
- Das Unternehmen Clean TeQ entwickelt die Lagerstätte Syerston (Australien) und nimmt die Produktion ab 2022 auf; die geplanten Kapazitäten pro Jahr liegen bei 4.640 t Co-Inh. bis 2026.
- Das Unternehmen Nexa Resources nimmt die Förderung in den Lagerstätten Tocantins und Fortaleza (Brasilien) ab 2021 wieder auf, die geplante jährliche Produktion bis 2026 beträgt 1.000 t Co-Inh.
- Die Förderung aus der Lagerstätte Tenke Fungurume (DR Kongo) kann bis 2025 um 1.600 t Co-Inh. auf insgesamt 18.000 t Co-Inh. pro Jahr gesteigert werden.
- Chemaf steigert seine jährliche Produktion in Usoko (+ 1.000 t Co-Inh.) und Etoile (+ 1.300 t Co-Inh.) bis 2026 und bringt das Project Mutoshi (alle DR Kongo) ab 2020 zunächst mit 1.000 t Co-Inh. pro Jahr in Produktion. Eine Kapazitätserhöhung sieht eine jährliche Förderung von 14.200 t Co-Inh. bis 2026 vor.
- Die Metorex Group (Jinchuan) steigert die Förderung aus der Lagerstätte Ruashi (DR Kongo) bis 2026 um knapp 2.400 t Co-Inh. auf insgesamt 7.000 t Co-Inh. pro Jahr.
- Gécamines S. A. kann die Aufbereitung der Schlackehalde Big Hill (DR Kongo) ab 2020 wieder aufnehmen und jährlich 5.000 t Co-Inh. produzieren.
- ERG kann ab 2020 aus der Lagerstätte Comide jährlich 650 t Co-Inh. gewinnen und die Förderung bis 2026 auf 2.000 t Co-Inh. pro Jahr steigern. Die Aufbereitung der Aufbereitungsrückstände aus dem „Roan Tailings Reclamation“-Project (beide DR Kongo) läuft ab 2019 an und wird bis 2026 kontinuierlich auf 21.000 t Co-Inh. pro Jahr gesteigert.
- Katanga Mining (Glencore) steigert die Förderung und Produktion aus dem „Whole Ore Leach“-Project (DR Kongo) bis 2026 auf jährlich 34.000 t Co-Inh.
- SOMIKA steigert die Förderung aus diversen Lagerstätten in der DR Kongo um 200 t auf insgesamt 2.500 t Co-Inh. pro Jahr bis 2026.
- Die Unternehmen Terrafame Ltd. und Boliden AB steigern die Förderung aus den finnischen Bergwerken Kevitsa und Talvivaara/Sotkamo um insgesamt 660 t Co-Inh.
- In Kanada kann Fortune Minerals Ltd. die Förderung aus dem Vorhaben NICO und Vale S. A. aus der Lagerstätte Voisey's Bay im Tiefbau ab 2021 aufnehmen. Glencore steigert die jährliche Förderung aus den Lagerstätten Nickel Rim South, Fraser und Raglan geringfügig. Vale S. A. kann die Förderung aus Thompson wieder auf 850 t Co-Inh. pro Jahr steigern.
- Die Förderung aus den Nickellateritlagerstätten auf Kuba, Madagaskar und Neukaledonien kann bis 2026 um insgesamt knapp 4.664 t Co-Inh. pro Jahr gesteigert werden.
- Die Kobaltförderung in Sambia kann bis 2026 von 1.800 t Co-Inh. im Jahr 2017 auf 6.640 t Co-Inh. pro Jahr gesteigert werden. Die Wiederaufnahme der Förderung aus Mopani trägt mit jährlich 2.000 t Co-Inh. maßgeblich dazu bei.
- Bidura Nickel Corp. kann die Förderung geringfügig um etwa 100 t Co-Inh. pro Jahr bis 2026 steigern.

- Meta Nickel Kobalt A. S. fördert ab 2021 jährlich 300 t Co-Inh.
- eCobalt Solutions Inc. bringt das Projekt Idaho Cobalt ab 2022 in Produktion und fördert im Jahr 2026 insgesamt 1.000 t Co-Inh.
- Der artisanale Kleinbergbau in der DR Kongo trägt bei weiterhin hohen Kobaltpreisen substanzial mit etwa 18.000 t Co-Inh. pro Jahr zur Gesamtförderung bei.

Gegenüber dem Jahr 2017 ergibt sich in diesem Szenario für das Jahr 2026 ein zusätzliches Kobaltangebot von rund 104.700 t Co-Inh. aus der Bergwerksförderung. Dem Markt stünden somit insgesamt 224.740 t Co-Inh. inkl. Recycling zur Verfügung (Abb. 62). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate von 8,3 % und liegt damit über dem langfristigen Trend von 5,5 % pro Jahr (1982–2017). Lediglich zwischen 1995 und 2010 wurden höhere jährliche Wachstumsraten von 9,3 % realisiert.

Das Angebotsszenario basiert auf der planmäßigen Umsetzung der angekündigten Produktionsaufnahmen bzw. Kapazitätserhöhungen. Mit Blick auf die Vergangenheit zeigt sich jedoch, dass meist nicht alle Projekte pünktlich und in vollem Umfang die Produktion aufnehmen. Diese Annahme greifen wir durch eine Reduzierung der erwarteten Bergwerksförderung 2026 um 15 % auf, womit dem Markt ein Kobaltangebot von lediglich rund 192.930 t inkl. Recycling zur Verfügung steht (Tab. 24).

Für die Jahre 2017–2026 wird von durchschnittlichen Nachfragesteigerungen von 6 bis 8,2 % jährlich ausgegangen. Im Jahr 2026 liegt die Kobaltnachfrage demnach bei 187.500–225.360 t Co-Inh. (Tab. 24). Für das konservative BASE-Szenario ergibt sich im Jahr 2026 eine Marktdeckung von 16,8 %; dies entspricht einem Angebotsüberschuss von rund 37.240 t Co-Inh.



**Abb. 62: Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Kobalt bis 2026**  
(Datenquelle: BGR 2018, CRU 2017, COBALT INSTITUTE 2018).

Tab. 24: Marktdeckung 2026 unter Verwendung der Nachfrageszenarien BASE und DRIVE.

Szenario	CAGR 2017 – 2026	Angebot 2026 [t Co-Inh.] <sup>1</sup>	Nachfrage 2026 [t Co-Inh.]	Marktdeckung [t Co-Inh.]	Marktdeckung [%]
BASE	6,0 %	224.740	187.501	37.239	16,8
DRIVE	8,2 %		225.361	-621	-0,3
BASE	6,0 %	192.930 <sup>2</sup>	187.501	5.429	2,8
DRIVE	8,2 %		225.361	-32.431	-16,8

<sup>1</sup> Angebot der Bergwerksförderung inkl. Recycling;

<sup>2</sup> berücksichtigt lediglich 85 % der erwarteten zusätzlichen Bergwerksförderung

Sollte die Gesamtnachfrage jedoch um 8,2 % jährlich wachsen, ergibt sich für das Jahr 2026 eine Marktdeckung von -0,3 %. Dies entspricht einem Defizit von 621 t Co-Inh. Diese Marktsituation wird noch als ausgeglichen bewertet.

Sollte es zu Verzögerung bei der Projektumsetzung bzw. dem Ausbau neuer Kapazitäten kommen, macht sich dies insbesondere beim Szenario DRIVE mit einer Marktdeckung von -16,8 % bemerkbar. Dies entspricht einem Defizit von

32.430 t Co-Inh. Diese Marktsituation wäre als sehr bedenklich zu bewerten.

### 2.8.4.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko des zukünftigen Angebots aus dem Bergbau

Mittelfristig wird eine weiterhin negative Entwicklung des gewichteten Länderrisikos erwartet, da

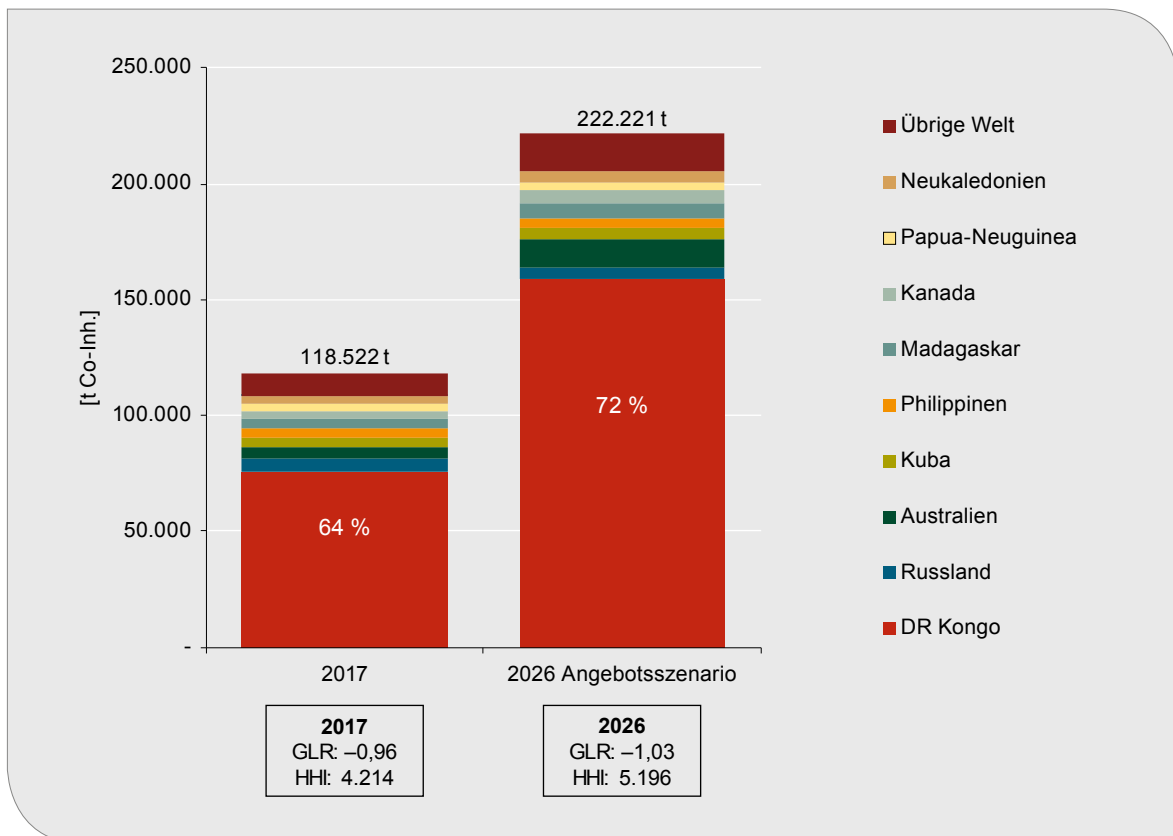


Abb. 63: Veränderung der Länderkonzentration und des Länderrisikos der Bergwerksförderung bis 2026.

die DR Kongo ihre Bergwerksförderung bis 2026 weiter deutlich steigern wird. Die Mengen an Kobalt, die aus Betriebserweiterungen und durch die Neuentwicklung von Kobaltprojekten aus Ländern mit positivem Länderrisiko (Australien, Kanada, USA, Finnland) erwartet werden, sind insgesamt zu gering, um das gewichtete Länderrisiko bis 2026 zu verbessern.

Gegenüber der Bergwerksförderung im Jahr 2017 erhöhen sich die Länderkonzentration und das gewichtete Länderrisiko im Jahr 2026 (Abb. 63). Die Länderkonzentration wird auch in den nächsten Jahren bedenklich sein. Auch wird das gewichtete Länderrisiko weiterhin von der Bewertung für die DR Kongo abhängen.

Legt man das Angebotsszenario zugrunde, verändert sich der HHI von aktuell 4.214 auf 5.196 im Jahr 2026 und liegt damit weiterhin im bedenklichen Bereich. Der Anteil der DR Kongo am weltweiten Gesamtangebot würde sich durch die starke Ausweitung der Bergwerksförderung aufgrund von Betriebserweiterungen und die Inbetriebnahme neuer Projekte von 64 % auf 72 % erhöhen (s. Kap. 2.8.2.1). Ebenfalls wächst der Anteil Australiens von 4,2 % auf 5,4 %. Kapazitätserweiterungen bestehender sambischer Bergwerke würden den Anteil Sambias an der Gesamtproduktion von 1,5 % (2017) auf 3 % ebenfalls erhöhen. Fast alle anderen Länder verlieren Anteile, auch wenn die Bergwerksförderung insgesamt steigt.

Aufgrund dieser Entwicklungen würde das gewichtete Länderrisiko, berechnet mit den Weltbankindikatoren für 2016, bis 2026 bei  $-1,03$  und somit weiterhin im bedenklichen Bereich liegen. Im Vergleich dazu lag das gewichtete Länderrisiko im Bezugsjahr 2017 bei  $-0,96$ . Die DR Kongo gilt mit einer Risikobewertung von  $-1,56$  als sehr risikoreiches Land; der hohe prozentuale Anteil an der Gesamtförderung wirkt sich negativ auf das GLR aus.

### 3 Fazit

Wir gehen davon aus, dass sich der Gesamtbedarf nach Kobalt, je nach Szenario, von heute knapp 110.000 t auf 187.500 t bis 225.360 t im Jahr **2026** mehr als verdoppeln wird. Größter Nachfragetreiber ist der Anwendungsbereich der Elektromobilität.

Der stark gestiegene Kobaltpreis beschleunigt notwendige Investitionsentscheidungen zum Ausbau neuer Kapazitäten. Insgesamt könnte sich das Kobaltangebot im Jahr 2026 auf rund 224.740 t erhöhen. Dieses optimistische Szenario basiert auf der planmäßigen Umsetzung der angegebenen neuen Kapazitäten. Für in der Entwicklung befindliche Bergbauprojekte können langfristige Abnahmeverträge für die Projektrealisierung ausschlaggebend sein; sie erhöhen zudem die Planungssicherheit für beide Seiten.

Der Artisanal- und Kleinbergbau (ASM) von Kobalt insbesondere in der DR Kongo wird weiterhin einen substantiellen Beitrag zum Kobaltgesamtangebot leisten. Entsprechend wichtig ist die Etablierung anerkannter und akzeptierter Standards für einen verantwortungsvollen Bezug von Kobalt; die transparente Nachvollziehbarkeit der Einhaltung dieser Standards sollte ein gemeinsames Interesse aller beteiligten Gruppen sein.

Temporäre Angebotsdefizite aufgrund von Verzögerungen in der Inbetriebnahme der neuen Projekte können zudem zu erheblichen Problemen in der Versorgung führen. Insgesamt wären Ausfälle von Produktionskapazitäten aufgrund von bspw. Streiks, Unruhen, politischer Einflussnahme etc. in dem sehr engen Gesamtmarkt derzeit kaum zu kompensieren. Insbesondere die politischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in der DR Kongo sollten genau beobachtet werden, da sich eine Destabilisierung des Landes negativ auf die Versorgung mit Kobalt auswirken würde.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollten deutsche Unternehmen, die Kobalt verarbeiten oder in ihren Produkten einsetzen, die Entwicklungen in den Abbaugebieten intensiv beobachten und ihre Versorgung mit Kobalt über langfristige Lieferverträge mit Produzenten, auch außerhalb Afrikas, diversifizieren.

Die Rückgewinnung von Kobalt durch das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien wird heute bereits

durchgeführt; entsprechende großtechnische Prozesse stehen zur Verfügung. Bei einem Markthochlauf der E-Mobilität werden, unter Berücksichtigung der potenziellen Lebensdauer der Batterien, das Recycling und die Wiederverwertung in Zukunft eine wichtige Komponente im Rohstoffkreislauf darstellen. Jedoch wird vor dem Jahr 2030 kein signifikanter Beitrag des Recyclings von LIB-Zellen aus der E-Mobilität für die Rohstoffversorgung zu erwarten sein. Ein geschlossener Kreislauf sollte dennoch oberstes Ziel sein.

## 4 Literaturverzeichnis

ACCUREC RECYCLING GMBH (2017): Firmeninformation. – URL: <http://www.accurec.de/news> [Stand: 2017].

AFRICAN RAINBOW MINERALS LTD. (2017): Annual Report. – URL: [http://www.arm.co.za/im/files/annual/2017/ARM\\_IAR2017.pdf](http://www.arm.co.za/im/files/annual/2017/ARM_IAR2017.pdf) [Stand 25.06.2018].

AL BARAZI, S., ELSNER, H., KÄRNER, K., LIEDTKE, M., SCHMIDT, M., SCHMITZ, M. & SZURLIES, M. (2016): Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale. – DERA Rohstoffinformationen 29: 381 S., Berlin. – URL: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Publikationen/Schriftenreihe/schriftenreihe\\_node.html](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Publikationen/Schriftenreihe/schriftenreihe_node.html) [Stand: 19.06.2018].

AMNESTY INTERNATIONAL LTD (2016): This is what we die for: Human rights abuses in the Democratic Republic of the Congo power the global trade in cobalt: 88 S.; London. – URL: <https://www.amnesty.org/en/documents/afr62/3183/2016/en/> [Stand: 23.03.2017].

AMNESTY INTERNATIONAL LTD (2017): Time to recharge: Corporate Action and Inaction to tackle abuses in the cobalt supply chain: 108 S.; London. – URL: [https://www.es.amnesty.org/uploads/media/Time\\_to\\_recharge\\_online\\_1411.pdf](https://www.es.amnesty.org/uploads/media/Time_to_recharge_online_1411.pdf) [Stand: 19.06.2018].

ANTAIKE – BEIJING ANTAIKE INFORMATION DEVELOPMENT Co. LTD. (2017): Präsentation – China Cobalt Industry Review 2016-2017. – Cobalt Conference 2017.

ASIAN METAL (2018): Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 19.06.2018].

BARTHOLOMÉ, E., BIEKERT, E., HELLMANN, H., LEY, H., WEIGERT, W. & WEISE, E. (Hrsg.) (1997): Kobalt. – Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4 Auflage, Bd. 14: 269 – 286, Verlag Chemie, Weinheim.

BAUER, S. (2017): AkkuWelt. – 222 S.; Würzburg.

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2007): Angebot und Nachfrage von Nickel, Kobalt und Molybdän. 117 S., Hannover.

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2014): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover. [Stand 2018].

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (2009): Commodity Profile – Cobalt. 19 S., Nottingham, United Kingdom. – URL: <http://www.bgs.ac.uk/mineralsUK/statistics/mineralProfiles.html> [Stand: 19.06.2018].

BHP BILLITON LTD. (2017a): Annual Report 2017. – URL: <https://www.bhp.com/-/media/documents/investors/annual-reports/2017/bhpannualreport2017.pdf> [Stand: 19.06.2018].

BHP BILLITON LTD. (2017b): Präsentation – The Nickel West Journey Continues. – URL: [https://www.bhp.com/-/media/documents/media/reports-and-presentations/2017/171710\\_australiannickelconferencepresentation.pdf?la=en](https://www.bhp.com/-/media/documents/media/reports-and-presentations/2017/171710_australiannickelconferencepresentation.pdf?la=en) [STAND: 19.06.2018].

BOLIDEN AB (2018): Annual Report. – URL: <https://www.boliden.com/investor-relations/reports-and-presentations/annual-reports> [Stand 19.06.2018].

BOLIDEN AB (2018): Annual Report. – URL: <https://www.boliden.com/investor-relations/reports-and-presentations/annual-reports> [Stand 19.06.2018].

CAILTEUX, J. L. H., KAMPUNZA, A. B., LEROUGE, C., KAPUTO & MILESI, J. P. (2005): Genesis of sediment-hosted stratiform copper-cobalt deposits, central African Copperbelt. In: Journal of African Earth Sciences: 42, 1-5, 134–158.

CHEMAF SARL (2018): Our Operations. – URL: <http://www.chemaf.com/operations/> [Stand 19.06.2018].

CI – COBALT INSTITUTE (2018): Cobalt Production Statistics – 2017 Production Statistics. – URL: <https://www.cobaltinstitute.org/statistics.html> [Stand: 19.06.2018].

CLEAN TEQ (2018): ASX Announcement. – Clean Teq Sunrise Definitive Feasibility Study completed. – URL: <http://clients3.weblink.com.au/pdf/CLQ/01993226.pdf> [Stand: 26.06.2018].

COBALT27 CAPITAL CORP. (2018): Corporate Presentation – June 2018. – URL: [http://www.cobalt27.com/\\_resources/presentations/KBLT-corporate-presentation.pdf](http://www.cobalt27.com/_resources/presentations/KBLT-corporate-presentation.pdf) [Stand: 19.06.2018].

- CRU INTERNATIONAL LTD. (2016): Cobalt Market Outlook. – 137 S., London, Großbritannien.
- CRU INTERNATIONAL LTD. (2017): Cobalt Market Outlook. – 103 S., London, Großbritannien.
- CRU INTERNATIONAL LTD. (2018): Cobalt Market Outlook February Update. – 14 S., London, Großbritannien.
- CRUNDWELL, F. K., MOATS, M. S., RAMACHANDRAN, V., ROBINSON, T. G. & DAVENPORT, W. G.: (2011): Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum-Group Metals. 622 S., Großbritannien.
- DLA – DEFENCE LOGISTICS AGENCY (2018): DLA Strategic Materials Announcement. – Annual Materials Plan for FY 2018. – URL: <http://www.dla.mil/Portals/104/Documents/StrategicMaterials/Announcements/3134%20FY18%20AMP.pdf?ver=2017-09-29-133647-847> [Stand: 19.06.2018].
- EIT RAW MATERIALS (2018): Präsentation – EIT RawMaterials. Driving innovation in raw materials and strategic value chains [Stand: 04/2018].
- FIRST QUANTUM MINERALS LTD. (2017): Annual Report 2017. – URL: <https://www.first-quantum.com/Investors-Centre/Financial-Reports/2017/default.aspx> [Stand: 19.06.2018].
- FORTUNE MINERALS LTD. (2018): Annual General Meeting Presentation – URL: [https://s1.q4cdn.com/337451660/files/doc\\_presentations/2018/06/180619-Fortune-Minerals-Annual-Meeting-Presentation.pdf](https://s1.q4cdn.com/337451660/files/doc_presentations/2018/06/180619-Fortune-Minerals-Annual-Meeting-Presentation.pdf) [Stand 19.06.2018].
- FREEMPORT COBALT (2018): Firmenhomepage. – URL: <https://www.freemportcobalt.com/products/chemical.html> [Stand 19.06.2018].
- GLENCORE (2017): Annual Report 2017. – URL: <http://www.glencore.com/investors/reports-results/report-archive> [Stand: 19.06.2018].
- GONZÁLEZ, F. J., SOMOZA, L., HEIN, J. R., MEDIALDEA, T., LEÓN, R., URGORRI, V., REYES, J. & MARTÍN-RUBÍ, J.-A. (2016): Phosphorites, Co-rich Mn nodules, and Fe-Mn crusts from Galicia Bank, NE Atlantic: Reflections of Cenozoic tectonics and paleoceanography. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17, doi: 10.1002/2015GC005861.
- GTIS – GLOBAL TRADE INFORMATION SERVICES INC. (2018): Global Trade Atlas. – kostenpflichtige Online-Datenbank. – URL: <https://www.gtis.com/gta/https://www.gtis.com/gta/> [Stand: 06/2018].
- GTL – GROUPEMENT DU TERRIL DE LUBUMBASHI LTD. (2018): Joint Press Release. – URL: [http://www.forrestgroup.com/news\\_fichiers/86-en\\_stlgtl\\_020518.pdf](http://www.forrestgroup.com/news_fichiers/86-en_stlgtl_020518.pdf) [Stand 19.06.2018].
- HAGELÜKEN, C. (2016): Recycling von Lithium-Ionen Batterien. – Präsentation auf der Konferenz: Ressourcenschonung – von der Idee zum Handeln, 21.04.2016–22.04.2016, München, Deutschland [Stand: 21.04.2016].
- HALBACH, P. E., JAHN, A. & CHERKASHOV, G. (2017): Marine Co-Rich Ferromanganese Crust Deposits: Description and Formation, Occurrences and Distribution, Estimated World-wide Resources. In: Sharma, R., (eds.). *Deep-Sea Mining*. Springer, Cham, pp. 65–141.
- HARRIS, P. T., MACMILLAN-LAWLER, M., RUPP, J. & BAKER, E. K. (2014): Geomorphology of the oceans. *Marine Geology* 352, 4–24.
- HEIN, J. R., MIZELL, K., KOSCHINSKY, A. & CONRAD, T. A. (2013): Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews* 51, 1–14.
- HEIN, J. R., CONRAD, T. A. & STAUDIGEL, H. (2010): Seamount Mineral Deposits. A Source of Rare Metals for High-Technology Industries. *Oceanography* 23/1, 184–189.
- HEIN, J. R., SPINARDI, F., OKAMOTO, N., MIZELL, K., THORBURN, D. & TAWAKE, A. (2015): Critical metals in manganese nodules from the Cook Islands EEZ, abundances and distributions. *Ore Geology Reviews* 68, 97–116.
- HUAYOU COBALT (2017): Firmenpräsentation vom 09. August 2017. – Huayou Cobalt's Due Diligence and Audit of Responsible Cobalt Supply Chain.
- INDEPENDENCE GROUP NL (2017): Annual Report 2017. – URL: <http://www.igo.com.au/irm/content/annual-report2.aspx?RID=511&RedirectCount=1> [Stand: 19.06.2018].

- IVANHOE MINES (2018): Firmenhomepage. – URL: <https://www.ivanhoemines.com/news/2017/ivanhoe-mines-announces-an-outstanding-pre-feasibility-study-for-the-rebirth-of-the-historic-kipushi-zinc-copper-silver/> [Stand 19.06.2018].
- JINCHUAN GROUP CO. LTD. (2018): Firmenhomepage. – URL: <http://www.gansu.gov.cn/col/col3488/index.html> [Stand 19.06.2018].
- KILLICHES, F., SCHÜTTE, P., FRANKEN, G., BARUME, B. & NÄHER, U. (2014): Sorgfaltspflichten in den Lieferketten von Zinn, Tantal, Wolfram und Gold. – Commodity TopNews 46 : 9 S. ; Hannover. – URL : [http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity\\_Top\\_News/Rohstoffwirtschaft/46\\_sorgfaltspflichten\\_lieferketten.html?nn=4765688](http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/46_sorgfaltspflichten_lieferketten.html?nn=4765688) [Stand: 23.03.2017].
- KUHN, T., WEGORZEWSKI, A., RÜHLEMANN, C. & VINK, A. (2017). Composition, formation, and occurrence of polymetallic nodules. In: Sharma, R., (eds.). Deep-Sea Mining. Springer, Cham, pp. 23–63.
- LIBRI – LITHIUM-IONEN BATTERIERECYCLING INITIATIVE (2011): Entwicklung eines realisierbaren Recyclingkonzeptes für die Hochleistungsbatterien zukünftiger Elektrofahrzeuge. – Abschlussbericht. – 132 S., Hanau, Deutschland – URL: [http://erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-libri\\_1.pdf](http://erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-libri_1.pdf) [Stand: 2011].
- LME – LONDON METAL EXCHANGE (2018): LME Cobalt. – URL: <https://www.lme.com/Metals/Minor-metals/Cobalt#tabIndex=0> [Stand: 19.06.2018].
- MANAGEM S. A. (2017): Präsentation: Moroccan Cobalt A captivating story for a strategic metal. Cobalt Conference 2017.
- MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F., LANGKAU, S., HUMMEN, T., ERDMANN, L., ESPINOZA, T., ANGERER, L., MARWEDE, M & BENECKE, S. (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. – DERA Rohstoffinformationen 28: 353 S., Berlin.
- META NIKEL KOBALT S. A. (2018): Firmenhomepage. – URL: <http://www.metanikel.com.tr/en/gordes-meta-nickel-cobalt-facility/> [Stand 19.06.2018].
- METAL BULLETIN (2015): Chinese cobalt prices rise on massive SRB stockpiling. – URL: <https://www.metalbulletin.com/Article/3509010/Chinese-cobalt-prices-rise-on-massive-SRB-stockpiling.html> [STAND: 19.06.2018].
- METAL BULLETIN (2018): Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 19.06.2018].
- MUDD, G. M., WENG, Z., JOWITT, S. M., TURNBULL, I. D., GRAEDEL, T. E. (2013): Quantifying the recoverable resources of by-product metals: The case of cobalt. In: Ore Geology Reviews, Volume 55, 87–98.
- NEXA RESOURCES (2017): New Brand Driving the Future. URL: <http://www.nexareport.com/2017/en/new-brand/> [Stand 19.06.2018].
- NICKELHÜTTE AUE (2018): Firmenhomepage. – URL: <http://www.nickelhueette-aue.de/index.asp?katid=30&seite=30050000&bodystart=1> [Stand 19.06.2018].
- OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2016): OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas. – Third Edition: 118 S., OECD Publishing; Paris. – URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264252479-en> [Stand: 12.03.2017].
- ÖKO-INSTITUT E. V. (2011): Social impacts of artisanal cobalt mining in Katanga, Democratic Republic of Congo: 65 S., Freiburg.
- PANORAMIC RESOURCES LTD. (2017): Präsentation – Updated Savannah Feasibility Study. – URL: <http://panoramicresources.com/wp-content/uploads/2017/10/171030-Savannah-Updated-FS-Presentation-ASX-final.pdf> [Stand: 19.06.2018].
- PT ANTAM (2018): Annual Report. – URL: [http://www.antam.com/images/stories/joget/file/annual/2017/ANTAM\\_AR2017\\_HiRes\\_200418.pdf](http://www.antam.com/images/stories/joget/file/annual/2017/ANTAM_AR2017_HiRes_200418.pdf) [Stand 19.06.2018].
- PT VALE INDONESIA TBK (2018): Annual Report. – URL: <http://www.vale.com/indonesia/en/aboutvale/news/id/pages/annual-report-2017.aspx> [Stand 19.06.2018].
- RNC – ROYAL NICKEL CORPORATION (2018): RNC Investor presentation – URL: <http://www.rncminerals.com/presentations> [Stand 19.06.2018].



- ROLAND BERGER GMBH (2017): Studie zu Verwendungsmöglichkeiten im Bereich Klärschlamm, GfK und Li-Ion Batterien. – Auszug LiBT.– Firmenpräsentation [Stand: 04/2017].
- ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (2016): Lithium-ion Batteries: Market Developments, Raw Materials. – 297 S., London, Großbritannien.
- ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (2017): Cobalt: Global Industry, Markets & Outlook. – 71 S., London, Großbritannien.
- S&P GLOBAL (2018): SNL Metals & Mining, a group within S&P Global Mining Intelligence. Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 19.06.2018].
- SCHMIDT, M. (2017): Rohstoffrisikobewertung – Lithium. – DERA Rohstoffinformationen 33: 134 S., Berlin. – URL: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie\\_lithium\\_2017.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_lithium_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=2) [Stand: 19.06.2018].
- SHANGHAI METAL MARKETS (2018): Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 19.06.2018].
- SMITH, C. G. (2001): Always the bridesmaid, never the bride: cobalt geology and resources. – Applied Earth Science, 110:2, 75–80, DOI:10.1179/aes.2001.110.2.75
- SOMO – STICHTING ONDERZOEK MULTINATIONALE ONDERNEMINGEN (2016): Cobalt blues – Environmental pollution and human rights violations in Katanga's copper and cobalt mines: 57 S.; Amsterdam. – URL: <https://www.somo.nl/cobalt-blues/> [Stand: 23.03.2017].
- TERRAFAME LTD. (2018): Annual Report. – URL: <https://www.annualreport2017.terrafame.fi/download-center.html> [Stand 19.06.2018].
- THYSSENKRUPP MAGNETTECHNIK (2018a): AlNiCo-Magnete – Produktinformation, 4 S. – URL: [http://www.thyssenkrupp-magnettechnik.com/files/ThyssenKrupp/Dokumente/pdf/Produktinfo\\_AlNiCo-Magnete.pdf](http://www.thyssenkrupp-magnettechnik.com/files/ThyssenKrupp/Dokumente/pdf/Produktinfo_AlNiCo-Magnete.pdf) [Stand: 19.06.2018].
- THYSSENKRUPP MAGNETTECHNIK (2018b): Samarium-Cobalt-Magnete – Produktinformation, 3 S. – URL: [http://www.thyssenkrupp-magnettechnik.com/files/ThyssenKrupp/Dokumente/pdf/Produktinfo\\_Samarium-Cobalt-Magnete.pdf](http://www.thyssenkrupp-magnettechnik.com/files/ThyssenKrupp/Dokumente/pdf/Produktinfo_Samarium-Cobalt-Magnete.pdf) [Stand: 19.06.2018].
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2011): Recycling Rates of Metals – A Status Report. – A Report of the Working Group Global Metal Flows to the International Resource Panel. Graedel, T. E., Allwood, J., Birat, J.-P., Reck, B. K., Sibley, S. F., Sonnemann, G., Buchert, M. & Hagelüken, C.: 44 S. – URL: <http://www.unep.org/resourcepanel/Publications/Recyclingratesofmetals/tabid/56073/> [Stand: 12.09.2014].
- US DEPARTMENT OF JUSTICE (2015): Herfindahl Hirschman Index. – URL: <https://www.justice.gov/atr/herfindahl-hirschman-index> [Stand 20.04.2018].
- USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (versch. Jg.): Cobalt – Minerals Commodity Summaries. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/> [Stand: 06/2018].
- VALE S. A. (2018): Vale's production and sales in 4Q17 – URL: <http://www.vale.com/EN/investors/information-market/quarterly-results/Pages/default.aspx> [Stand 19.06.2018].
- WANG, R. & WEYHE, R. (2018): End-of-life (Plug-in Hybrid) Electric Vehicle and corresponding End-of-life Lithium-ion battery prognosis 2018 – 2030. 19. S., Krefeld.
- WASHINGTON POST (2016): The cobalt pipeline – Tracing the path from deadly hand-dug mines in Congo to consumers' phones and laptops. – URL: <https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/congo-cobalt-mining-for-lithium-ion-battery/> [Stand: 23.03.2017].
- WESTERN AREAS LTD. (2017): Annual Report 2017. – URL: <http://www.westernareas.com.au/investor-centre/reports/annual-reports.html> [Stand: 19.06.2018].
- WEYHE, R. (2013): Recycling von Lithium-Ion-Batterien. Tagungsbeitrag zur „Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz“ am 4. und 5. März 2013. Tagungsband „Recycling und Rohstoffe“, Auflage 6, ISBN: 978-3-935317-97-9. Berlin.
- WORLD BANK GROUP (2018): Worldwide Governance Indicators. – URL: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/#home> [Stand: 2016].



## 5 Anhang

---

Indikatoren und Risikobewertung für Tantal	106
Glossar	114
Internationaler Handel (Nettoexporte)	116

## Indikatoren und Risikobewertung für Kobalt

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Angebot und Nachfrage</b>				
<p><b>Recyclingrate (EOL-RR):</b></p> <p>End-of-Life-Recyclingrate der UNEP: Quotient aus der Menge der zum Recycling eingesammelten Abfälle und der Gesamtmenge an anfallenden Abfallstoffen</p> <p><i>Bewertungsskala:</i>            &lt; 10 % = <i>bedenklich</i>            10 %–50 % = <i>mäßig</i>            &gt;50 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>End-of-Life-Recyclingrate  <b>EOL-RR &gt; 50 %</b></p>	<p>0 % 10 % 50 %</p> <p>EOL – RR &gt; 50 %</p>		
<p><b>Recyclingrate (RC):</b></p> <p>Recycled content rate der UNEP: Quotient aus dem eingesetzten Sekundärmetall (Alt- und Neuschrott) und der eingesetzten Gesamtmenge für die Metallproduktion</p> <p><i>Bewertungsskala:</i>            &lt; 10 % = <i>bedenklich</i>            10 %–50 % = <i>mäßig</i>            &gt; 50 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>Recycled Content  <b>RC &gt; 25 – 50 %</b></p>	<p>10 % 50 %</p> <p>RC = 25 – 50 %</p>		
<p><b>Derzeitige Marktdeckung (Md):</b></p> <p>Quotient aus Nachfrage zu Angebot. Md gibt den Anteil von Angebotsüberschuss oder -defizit in Prozent an.</p> <p><i>Bewertungsskala:</i>            &lt; 0 % = <i>bedenklich</i>            0 %–10 % = <i>mäßig</i>            &gt; 10 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>Derzeitige Marktdeckung:  <b>Md = 4 %</b></p>	<p>0 % 10 %</p> <p>Derzeitige Marktdeckung: Md = 4 %</p>		

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Geopolitische Risiken und Marktmacht</b>				
<b>Länderkonzentration der Produktion (HHI):</b>  Summe der quadrierten Anteile an der Produktion  <b>Gewichtetes Länderrisiko der Produktion (GLR):</b>  Summe der Anteile der Produktion multipliziert mit dem Länderrisiko  <i>Bewertungsskala HHI:</i> 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>  <i>Bewertungsskala GLR:</i> –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> 0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i>	Bergwerksförderung: <b>HHI = 4.214</b>	<p>Bergwerksförderung: HHI = 4.214</p>		
	Bergwerksförderung: <b>GLR = –0,96</b>	<p>Bergwerksförderung: GLR = –0,96</p>		
	Raffinadeproduktion: <b>HHI = 3.760</b>	<p>Raffinadeproduktion: HHI = 3.760</p>		
	Raffinadeproduktion: <b>GLR = 0,32</b>	<p>Raffinadeproduktion: GLR = 0,32</p>		
<b>Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI):</b>  Summe der quadrierten Anteile der Exportländer  <b>Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR):</b>  Summe der Anteile der Exporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Exportländer	Kobaltkonzentrat: <b>HHI = 9.457</b>	<p>Kobaltkonzentrat: HHI = 9.457</p>		
	Kobaltkonzentrat: <b>GLR = –1,5</b>	<p>Kobaltkonzentrat: GLR = –1,5</p>		


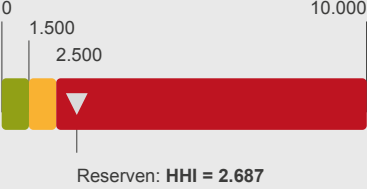

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Geopolitische Risiken und Marktmacht</b>				
<b>Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI):</b>  Summe der quadrierten Anteile der Exportländer	Kobaltoxide, -hydroxide: <b>HHI = 2.712</b>	<p>Kobaltoxide, -hydroxide: HHI = 2.712</p>		
	<b>Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR):</b>  Summe der Anteile der Exporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Exportländer	Kobaltoxide, -hydroxide: <b>GLR = 0,52</b>	<p>Kobaltoxide, -hydroxide: GLR = 0,52</p>	
	Kobaltchlorid: <b>HHI = 4.230</b>	<p>Kobaltchlorid: HHI = 4.230</p>		
	Kobaltchlorid: <b>GLR = 1,03</b>	<p>Kobaltchlorid: GLR = 1,03</p>		
	Kobaltmatte, Zwischen- erzeugnisse d. Kobalt- metallurgie: <b>HHI = 7.323</b>	<p>Kobaltmatte ... : HHI = 7.323</p>		
<b>Bewertungsskala HHI:</b> 10.000–2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500–1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>	Kobaltmatte, Zwischen- erzeugnisse d. Kobalt- metallurgie: <b>GLR = –1,21</b>	<p>Kobaltmatte ... : GLR = –1,21</p>		
<b>Bewertungsskala GLR :</b> –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> –0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i>				

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Geopolitische Risiken und Marktmacht</b>				
<b>Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI):</b> Summe der quadrierten Anteile der Exportländer  <b>Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR):</b> Summe der Anteile der Exporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Exportländer  <i>Bewertungsskala HHI:</i> 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>  <i>Bewertungsskala GLR:</i> –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> 0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i>	Kobaltabfälle u. -schrott: <b>HHI = 1.898</b>			
	Kobaltabfälle u. -schrott: <b>GLR = 1,24</b>			
<b>Diversifizierung der Importe Deutschlands (HHI):</b>  Summe der quadrierten Anteile der deutschen Importe  <b>Gewichtetes Länderrisiko der Importe Deutschlands (GLR):</b>  Summe der Anteile der Importe multipliziert mit dem Länderrisiko der Lieferländer  <i>Bewertungsskala HHI:</i> 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>  <i>Bewertungsskala GLR:</i> –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> 0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i>	Kobaltoxide, -hydroxide: <b>HHI = 7.773</b>			
	Kobaltoxide, -hydroxide: <b>GLR = 1,67</b>			
	Kobaltchlorid: <b>HHI = 9.530</b>			
	Kobaltchlorid: <b>GLR = 1,25</b>			

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Geopolitische Risiken und Marktmacht</b>				
<p><b>Diversifizierung der Importe Deutschlands (HHI):</b></p> <p>Summe der quadrierten Anteile der deutschen Importe</p>	<p>Kobaltmatte, Zwischen- erzeugnisse d. Kobalt- metallurgie: <b>HHI = 1.677</b></p>	<p>Kobaltmatte ... : HHI = 1.677</p>		
<p><b>Gewichtetes Länderrisiko der Importe Deutschlands (GLR):</b></p> <p>Summe der Anteile der Importe multipliziert mit dem Länderrisiko der Lieferländer</p>	<p>Kobaltmatte, Zwischen- erzeugnisse d. Kobalt- metallurgie: <b>GLR = 1,32</b></p>	<p>Kobaltmatte ... : GLR = 1,32</p>		
<p><b>Bewertungsskala HHI:</b> 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> &lt; 1.500 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Kobaltabfälle u. -schrott: <b>HHI = 1.023</b></p>	<p>Kobaltabfälle u. -schrott: HHI = 1.023</p>		
<p><b>Bewertungsskala GLR :</b> –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> –0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Kobaltabfälle u. -schrott: <b>GLR = 0,95</b></p>	<p>Kobaltabfälle u. -schrott: GLR = 0,95</p>		
<p><b>Handelsbeschränkungen:</b></p> <p><i>Qualitative Bewertung</i></p>	<p><b>Co = mäßig bedenklich (qualitativ)</b></p>	<p>Handelsbeschränkungen: = <b>mäßig bedenklich</b></p>		



Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Geopolitische Risiken und Marktmacht</b>				
<b>Firmenkonzentration (HHI):</b>  Summe der quadrierten Anteile der Bergwerksförderung/Weiterverarbeitung einzelner Firmen          <i>Bewertungsskala HHI:</i> 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>	Bergbaufirmen: <b>HHI = 919</b>	<p>Bergbaufirmen: <b>HHI = 919</b></p>		
	Raffinadeproduzenten, Kathodenkobalt: <b>HHI = 1.070</b>	<p>Produzenten, Kathoden: <b>HHI = 1.070</b></p>		
	Raffinadeproduzenten, Kobaltsalze und -chemikalien: <b>HHI = 1.185</b>	<p>Produzenten, Chemikalien: <b>HHI = 1.185</b></p>		

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Angebot- und Nachfragetrends</b>				
<p><b>Explorationsgrad</b> Setzt sich zusammen aus Lebensdauer kennziffer und Investitionen in die Exploration</p> <p><b>Lebensdauer kennziffer (Lk):</b></p> <p>Quotienten aus den derzeitigen Reserven und der aktuellen Weltbergwerksförderung</p> <p><i>Bewertungsskala Lk:</i>            &lt; 25 Jahre = <i>bedenklich</i>            25–45 Jahre = <i>mäßig</i>            &gt; 45 Jahre = <i>unkritisch</i></p> <p><b>Investitionen in die Exploration (IE):</b></p> <p>Quotienten aus den weltweiten Explorationsausgaben und der aktuellen Weltbergwerksförderung</p>	<p>Lebensdauer kennziffer: <b>Lk = 58 Jahre</b></p> <p>Investitionen in die Exploration: <b>(IE) nicht bekannt</b></p>	 <p>Lebensdauer kennziffer: <b>Lk = 58 Jahre</b></p>		
<p><b>Länderkonzentration (HHI) und gewichtetes Länderisiko (GLR) der Reserven</b></p> <p><i>Bewertungsskala HHI:</i>            10.000–2.500 = <i>bedenklich</i>            2.500–1.500 = <i>mäßig</i>            &lt; 1.500 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Reserven: <b>HHI = 2.687</b></p>	 <p>Reserven: <b>HHI = 2.687</b></p>		
<p><i>Bewertungsskala GLR :</i>            –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i>            –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i>            0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Reserven: <b>GLR = –0,53</b></p>	 <p>Reserven: <b>GLR = –0,53</b></p>		

Indikator	Ergebnisse	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
<b>Angebot- und Nachfragetrends</b>				
<p><b>Länderkonzentration der zukünftigen Produktion (HHI):</b></p> <p>Summe der quadrierten Anteile an der angenommenen Bergwerksförderung im Jahr 2026</p> <p><b>Gewichtetes Länderrisiko der zukünftigen Produktion (GLR):</b></p> <p>Summe der Anteile der möglichen Bergwerksförderung 2026 multipliziert mit dem Länderrisiko von 2016</p> <p><i>Bewertungsskala HHI:</i>                      10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i>                      2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i>                      &lt; 1.500 = <i>unkritisch</i></p> <p><i>Bewertungsskala GLR:</i>                      -2,5 bis -0,5 = <i>bedenklich</i>                      -0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i>                      0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i></p>	<p>2026: Angebotsszenario 1: <b>HHI = 5.196</b></p> <p>Angebotsszenario: <b>GLR = -1,03</b></p>	<p>zukünftige Bergwerksförderung: <b>HHI = 5.196</b></p> <p>zukünftige Bergwerksförderung: <b>GLR = -1,03</b></p>		
<p><b>Zukünftige Marktdeckung (Mz) bis 2026:</b></p> <p>Quotienten aus einer angenommenen Nachfrage zu einem angenommenen Angebot im Jahr 2026. Mz gibt den Anteil von Angebotsüberschuss oder -defizit in Prozent an.</p> <p><i>Bewertungsskala:</i>                      &lt; 0 % = <i>bedenklich</i>                      0 % – 10 % = <i>mäßig</i>                      &gt; 10 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>Zukünftige Marktdeckung: <b>Mz = +16,6 % (a)</b> <b>Mz = -0,3 % (b)</b></p> <p>a: Nachfragewachstum 6,0 % pro Jahr                      b: Nachfragewachstum 8,2 % pro Jahr</p>	<p>zukünftige Marktdeckung: <b>Mz = 16,6 % (a)</b></p> <p>zukünftige Marktdeckung: <b>Mz = -0,3 % (b)</b></p>		

## Glossar

Diversifizierung der Importe	Die Diversifizierung der Importe errechnet sich mithilfe des HHI, wobei die mengenmäßigen Anteilswerte am Import auf Länderebene herangezogen werden.
Firmenkonzentration	Die Firmenkonzentration wird mithilfe des HHI berechnet, wobei Anteilswerte an der weltweiten Gesamtproduktion der Bergbauunternehmen bzw. Raffinadeproduzenten herangezogen werden.
Gewichtetes Länderrisiko	Das gewichtete Länderrisiko (GLR) errechnet sich aus der Summe der Anteilswerte der Länder an der Produktion, dem Nettoexport oder dem deutschen Import, multipliziert mit dem Länderrisiko (LR). Das gewichtete Länderrisiko liegt in einem Intervall zwischen +2,5 und -2,5. Bei Werten über 0,5 wird das Risiko als niedrig eingestuft, zwischen +0,5 und -0,5 liegt ein mäßiges Risiko vor und Werte unter -0,5 gelten als kritisch.
Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)	Der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) ist eine Kennzahl, welche die unternehmerische Konzentration in einem Markt angibt. Sie wird durch das Summieren der quadrierten Marktanteile aller Wettbewerber errechnet. Die Bewertungsskala für den HHI richtet sich nach den Vorgaben des U. S. Department of Justice und der Federal State Commission, die einen Markt bei einem HHI unter 1.500 als gering und zwischen 1.500 und 2.500 Punkten als mäßig konzentriert definieren. Bei einem Indexwert über 2.500 gilt ein Markt als hoch konzentriert.
Länderkonzentration	Die Länderkonzentration wird mithilfe des HHI berechnet, wobei jahresbezogene Anteilswerte der Bergwerksförderung, der Raffinadeproduktion oder der weltweiten Nettoexporte auf Länderebene herangezogen werden.
Länderrisiko	Das Länderrisiko (LR) ergibt sich aus dem Mittelwert der sechs „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbank, die jährlich die Regierungsführung von über 200 Staaten weltweit bewertet. Gemessen werden (1) Mitspracherecht und Rechenschaftspflicht, (2) politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt, (3) Leistungsfähigkeit der Regierung, (4) Regulierungsqualität, (5) Rechtsstaatlichkeit und (6) Korruptionsbekämpfung.
Lebensdauer-kennziffer	Die Lebensdauer-kennziffer ergibt sich aus dem Quotienten der derzeitigen Reserven und der aktuellen Weltbergwerksförderung. Die Lebensdauer-kennziffer (statische Reichweite) gibt einen Hinweis auf den Stand der Exploration und darüber, in welchem Maße zukünftig Explorationsaktivitäten notwendig sind. Die Kennziffer sagt nichts über den Erschöpfungszeitpunkt eines Rohstoffes aus.
Marktdeckung	Die Marktdeckung ergibt sich aus dem Quotienten der Nachfrage (Raffinadeverbrauch) und des Angebots (Raffinadeproduktion).
Nettoexporte	Unter Nettoexporten versteht man die Differenz von Exporten und Importen einer Volkswirtschaft. Nettoexporte können sowohl positive als auch negative Werte annehmen. Im Rahmen der Studie wurden für die einzelnen Handelsprodukte die positiven Nettoexporte (NX > 0) verwendet, da der Fokus auf der Angebotsseite liegt. Negative Nettoexporteure sind hingegen Verbraucherländer (Nettoimporteure) der jeweiligen Rohstoffe. Die Summe der positiven Nettoexporte stellt dementsprechend die in den internationalen Handel gelangte Produktionsmenge dar.
Preisvolatilität	Die Berechnung der Preisvolatilität erfolgt mittels Standardabweichung der Differenz (Rendite) der logarithmierten Monatsdurchschnittspreise. Die Volatilität wird für zwölf Monate gleitend berechnet. Die Annualisierung erfolgt durch Multiplikation mit $\sqrt{12}$ .

Recyclingrate (EOL-RR)	Die End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR) ist der Quotient aus der Menge des dem Recycling zugeführten Altschrotts eines Rohstoffs und der Gesamtmenge des theoretisch in den End-of-Life-Produkten angefallenen Rohstoffs.
Reserven	Reserven sind die zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbaren Rohstoffmengen.
Wachstumsraten CAGR	Wachstumsraten basieren auf der jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate (engl.: Compound Annual Growth Rate, CAGR). Diese stellt den durchschnittlichen Prozentsatz dar, um den der Anfangswert einer Zeitreihe auf hypothetische Folgewerte für die Berichtsjahre wächst, bis der tatsächliche Endwert der Zeitreihe erreicht ist. Tatsächliche Ausschläge der Folgejahre in der Zwischenzeit wirken sich dabei nicht aus.
Zukünftige Marktdeckung	Die zukünftige Marktdeckung ergibt sich aus dem Quotienten der zukünftigen Nachfrage und des zukünftigen Angebots. Für das zukünftige Angebot sowie die zukünftige Nachfrage werden jeweils zwei Szenarien erstellt. Das zukünftige Angebot errechnet sich aus der Summe der derzeitigen Bergwerksförderung und einer zusätzlichen Jahresförderkapazität aus neuen Bergbauprojekten.

## Internationaler Handel

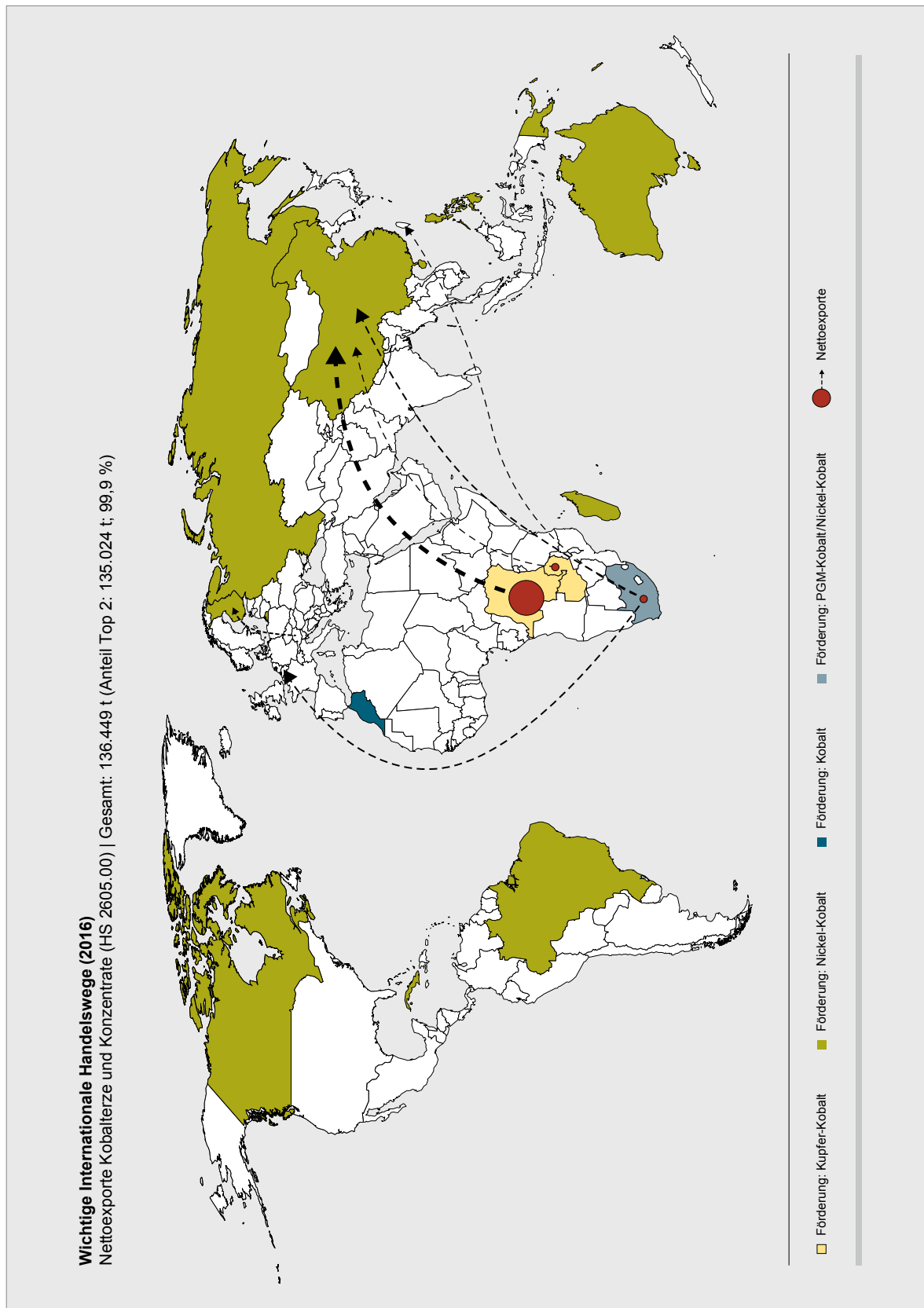


Abb. 64: Internationale Handelswege 2016 (Nettoexporte Kobalterze und Konzentrate (HS 2605.00)) (GTIS 2018).

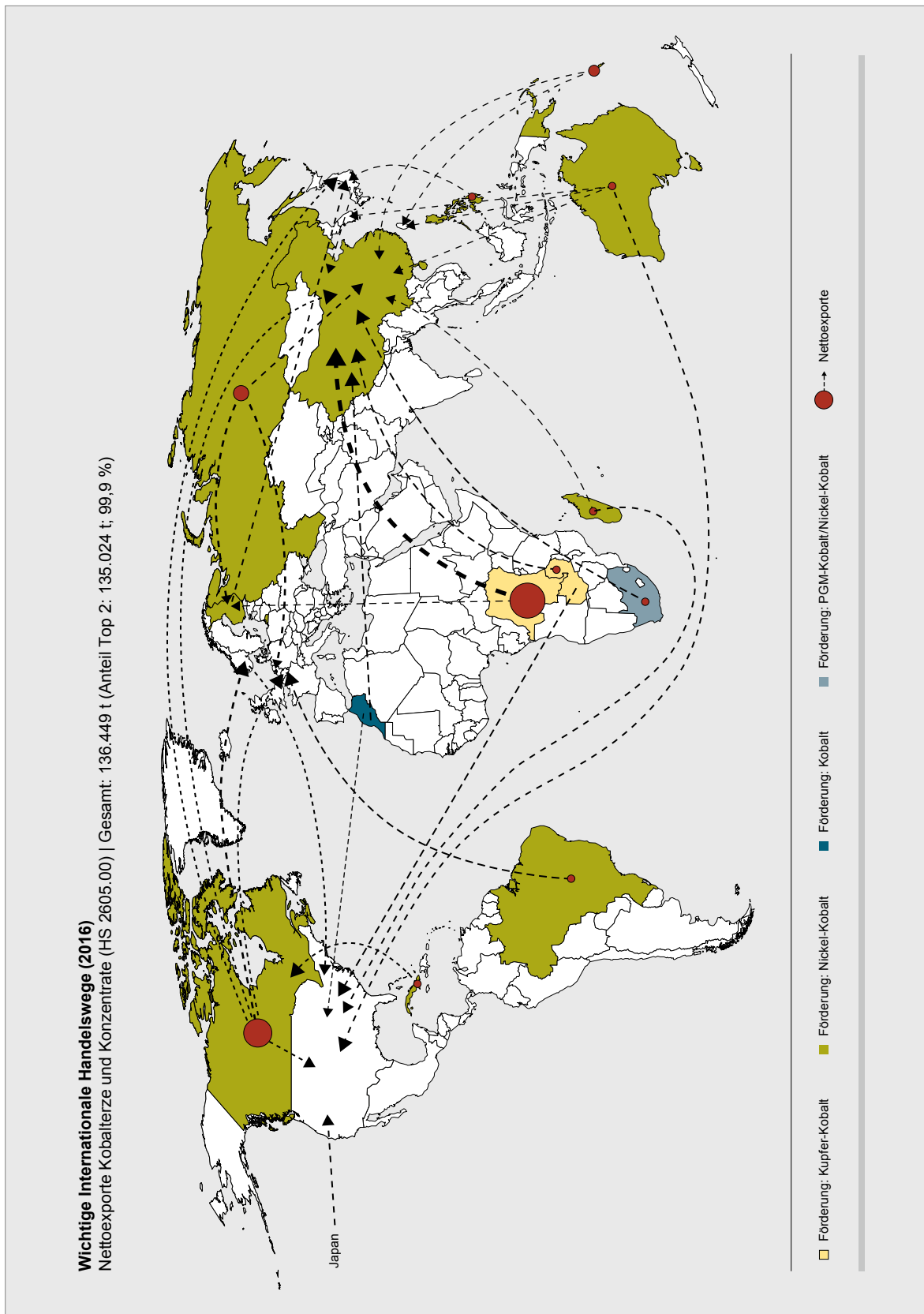


Abb. 65: Internationale Handelswege 2016 (Nettoexporte Kobaltmaterie und andere Zwischenprodukte (HS 8105.20)) (GTIS 2018).











**Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)**

Wilhelmstraße 25–30  
13593 Berlin  
Tel.: +49 30 36993 226  
dera@bgr.de  
www.deutsche-rohstoffagentur.de

ISBN: 978-3-943566-48-2 (Druckversion)  
ISBN: 978-3-943566-49-9 (PDF)  
ISSN: 2193-5319