

DIGITALES ARCHIV

ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
ZBW – Leibniz Information Centre for Economics

Szurlies, Michael; Schippers, Axel; Kuhn, Thomas et al.

Book

Rohstoffrisikobewertung - Nickel

Provided in Cooperation with:

DERA - Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin

Reference: Szurlies, Michael/Schippers, Axel et. al. (2021). Rohstoffrisikobewertung - Nickel.

Datenstand: Februar 2021. Berlin : DERA.

https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-48.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/11159/7630>

Kontakt/Contact

ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft/Leibniz Information Centre for Economics
Düsternbrooker Weg 120
24105 Kiel (Germany)
E-Mail: [rights\[at\]zbw.eu](mailto:rights[at]zbw.eu)
<https://www.zbw.eu/>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Dieses Dokument darf zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Sofern für das Dokument eine Open-Content-Lizenz verwendet wurde, so gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

<https://savearchive.zbw.eu/termsfuse>

Terms of use:

This document may be saved and copied for your personal and scholarly purposes. You are not to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public. If the document is made available under a Creative Commons Licence you may exercise further usage rights as specified in the licence.

48

DERA Rohstoffinformationen



Rohstoffrisikobewertung – Nickel

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: Michael Szurlies
unter Mitarbeit von: Axel Schippers, Thomas Kuhn, Jolante Duba

Layout: deckermedia GbR

Datenstand: Februar 2021

Titelbilder: © Aurubis AG
© BGH Edelstahlwerke GmbH

Zitierhinweis: SZURLIES, M. (2021):
Rohstoffrisikobewertung – Nickel. – DERA Rohstoffinformationen, 48:
110 S.; Berlin.

ISBN: 978-3-948532-37-6 (Druckversion)
ISBN: 978-3-948532-38-3 (PDF)
ISSN: 2193-5319

Berlin, 2021



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

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

DERA Rohstoffinformationen

Rohstoffrisikobewertung – Nickel

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Zusammenfassung	8
Executive Summary	10
1 Rohstoff Nickel	12
1.1 Einführung	12
1.2 Minerale und Lagerstätten	12
1.3 Gewinnung und Verarbeitung	16
1.4 Verwendung von Nickel	23
2 Risikobewertung	30
2.1 Datenbasis	30
2.2 Preisentwicklung	30
2.3 Angebot	34
2.3.1 Bergwerksförderung	34
2.3.2 Raffinadeproduktion	39
2.3.3 Recycling	44
2.3.4 Lagerhaltung	47
2.4 Nachfrage	48
2.5 Derzeitige Marktdeckung	50
2.6 Handel	50
2.6.1 Globaler Handel	51
2.6.2 Deutsche Importe	60
2.7 Angebots- und Nachfragetrends	64
2.7.1 Vorräte	64
2.7.2 Zukünftiges Angebot	66
2.7.2.1 Wichtige Produzenten und neue Bergbauprojekte	70
2.7.2.2 Recycling	83
2.7.3 Zukünftige Nachfrage	84
2.7.4 Zukünftige Marktdeckung	88
3 Fazit	91
4 Literaturverzeichnis	92
Anhang	99
Indikatoren und Risikobewertung für Nickel	100
Glossar	109

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Derzeit wichtige Lagerstätten und Bergbauregionen zur Gewinnung von Nickelsulfiden (magmatische und sedimentäre Lagerstätten) und Nickellateriten (Verwitterungslagerstätten).	14
Abb. 2:	Ehemaliger Tagebau Tim King mit Zugangsrampe zum heutigen Nickelsulfid-Bergwerk Spotted Quoll (linke Bildmitte) des Projekts Forrestania im südlichen Western Australia.	15
Abb. 3:	Tagebau der Nickellagerstätte Ravensthorpe des Unternehmens First Quantum Minerals Ltd. im südlichen Western Australia.	15
Abb. 4:	Idealprofil eines Nickellaterits sowie Zuordnung einzelner Laterithorizonte zu verschiedenen Methoden der Weiterverarbeitung, die vor allem vom Ni-, Fe- und Mg-Gehalt abhängig sind.	16
Abb. 5:	Vereinfachte derzeitige Wertschöpfungskette von Nickel aus primären und sekundären Quellen nach Produktkategorien (Vorprodukte, Zwischenprodukte, Produkte, nachgelagerte Produkte); die prozentuale Verteilung der einzelnen Nickelprodukte an der Gesamtproduktion 2019 sind den Kreisdarstellungen zu entnehmen.	17
Abb. 6:	Vereinfachtes Flussdiagramm der Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Nickelsulfiden zu Nickelmetall.	19
Abb. 7:	Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Nickellateriten zu Ferronickel.	21
Abb. 8:	Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung und hydrometallurgische Weiterverarbeitung von Nickellateriten zu Nickelmetall.	22
Abb. 9:	Nickelbedarf nach Erstanwendungen im Jahr 2019.	23
Abb. 10:	Einfüllen der Vorschmelze in den AOD („argon-oxygen-decarburization“) -Konverter.	24
Abb. 11:	Edelstahlproduktion im Elektrolichtbogenofen.	25
Abb. 12:	Geschnittene Nickelnickelkathode als Vorstoff für die Herstellung von Nickellegierungen.	26
Abb. 13:	Unterschiedliche Formen gegossener AlNiCo-Dauermagnete der GMB Deutsche Magnetwerke GmbH.	29
Abb. 14:	Nominale und reale Entwicklung der Monatsdurchschnittspreise für Nickelmetall in US\$/t im Zeitraum 1960–2020. Die Realpreise sind mit dem Consumer-Price-Index der USA (2020 = 100 %) deflationiert.	32
Abb. 15:	Historische Jahresvolatilität für die Monatsdurchschnittspreise von Nickelmetall (Nickelgehalt $\geq 99,8$ %) für den Zeitraum 1960–2019.	33
Abb. 16:	Bergwerksförderung von Nickel im Jahr 2019 der 15 größten Förderländer und deren Länderrisiko für das Jahr 2019.	35
Abb. 17:	Entwicklung der Bergwerksförderung von Nickel zwischen 1960 und 2019.	36
Abb. 18:	Entwicklung des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) der Bergwerksförderung von Nickel und der Anzahl der Bergbauländer zwischen 1960 und 2019.	38
Abb. 19:	Raffinadeproduktion von Nickel im Jahr 2019 der 15 größten Förderländer und deren Länderrisiko für das Jahr 2019.	40
Abb. 20:	Entwicklung der Raffinadeproduktion von Nickel zwischen 1960 und 2019.	41
Abb. 21:	Entwicklung des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) und der Anzahl der Länder mit Raffinadeproduktion von Nickel zwischen 1960 und 2019.	43
Abb. 22:	Anteil einzelner Unternehmen an der weltweiten Produktion von Nickelmetall im Jahr 2019.	44
Abb. 23:	Mischschrotte für den Einsatz in der Edelstahlindustrie bei der CRONIMET Ferrolegierungen GmbH in Karlsruhe vor der Schiffsverladung.	45

Abb. 24:	Briketts der CRONIMET Envirotec GmbH aus dem Recycling von Bohr-, Metall- und Industrieschlämmen sowie Metallstäuben und -pulvern.	45
Abb. 25:	Verdampfungs- und Kristallisationsprozess bei der Nickelsulfat-Produktion.	46
Abb. 26:	Kupferraffinationselektrolyse in Lünen. Rohnickelsulfat wird bei der Aufbereitung des Elektrolyten gewonnen.	47
Abb. 27:	Die Entwicklung der Lagerbestände an Nickelmetall ($\geq 99,8$ % Nickelinhalt) an den Börsen zwischen 1991 und 2020.	48
Abb. 28:	Entwicklung des Verbrauchs von Nickel zwischen 1960 und 2019.	49
Abb. 29:	Entwicklung der Marktdeckung von Nickel sowie Jahresdurchschnittspreis zwischen 1960 und 2019.	50
Abb. 30:	Die mengenmäßig wichtigsten Nettoexportländer von Nickelerzen und ihren Konzentraten (HS-Unterposition 2604 00) und die wichtigsten internationalen Handelswege im Jahr 2019.	54
Abb. 31:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickelerzen und ihren Konzentraten (HS-Unterposition 2604 00) im Jahr 2019.	55
Abb. 32:	Verkaufsfähige Nickelmatte vor der Zerkleinerung.	55
Abb. 33:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickelmatte (HS-Unterposition 7501 10) im Jahr 2019.	56
Abb. 34:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickeloxidsinter und anderer Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie (HS-Unterposition 7501 20) im Jahr 2019.	56
Abb. 35:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickel in Rohform (HS-Unterposition 7502 10) im Jahr 2019.	57
Abb. 36:	Die mengenmäßig wichtigsten Nettoexportländer von Nickelmetall (HS-Unterposition 7502 10) und die wichtigsten internationalen Handelswege im Jahr 2019.	58
Abb. 37:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Ferronickel (HS-Unterposition 7202 60) im Jahr 2019.	59
Abb. 38:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS-Unterposition 7204 21) im Jahr 2019.	59
Abb. 39:	Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickelsulfat (HS-Unterposition 2833 24) im Jahr 2019.	60
Abb. 40:	Herkunft der deutschen Importe von Nickel in Rohform (HS-Unterposition 7502 10) im Jahr 2019.	61
Abb. 41:	Herkunft der deutschen Importe von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS-Unterposition 7204 21) im Jahr 2019.	62
Abb. 42:	Mischschrotte für den Handel bei der CRONIMET Ferrolegierungen GmbH.	63
Abb. 43:	Herkunft der deutschen Importe von Ferronickel (HS-Unterposition 7202 60) im Jahr 2019.	63
Abb. 44:	Herkunft der deutschen Importe von Nickelsulfat (HS-Unterposition 2833 24) im Jahr 2019.	63
Abb. 45:	Herkunft der deutschen Importe von Abfällen und Schrott aus Nickel (HS-Unterposition 7503 00) im Jahr 2019.	64
Abb. 46:	Entwicklung der weltweiten Nickelreserven im Zeitraum 1999–2019.	65
Abb. 47:	Entwicklung der weltweiten Ausgaben in der Nickelexploration 1997–2020.	66
Abb. 48:	Aufbereitungsanlage Savannah im nördlichen Western Australia.	72
Abb. 49:	Gebrauchte nickelhaltige Reformerkatalysatoren für das Recycling.	83
Abb. 50:	Entwicklung der Edelstahlproduktion zwischen 2005 und 2019.	85

Abb. 51:	Vorstoffe zur Herstellung von Nickelsulfat in den Jahren 2018 und 2025.	86
Abb. 52:	Entwicklungsszenarien von Nickelangebot und -nachfrage bis 2025.	89
Abb. 53:	Länderkonzentration der Bergwerksförderung 2019 und 2025.	90

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Ausgewählte physikochemische Eigenschaften von Nickel.	12
Tab. 2:	Wichtige nickelführende Minerale.	13
Tab. 3:	Marken und Hersteller von LME-Nickel.	31
Tab. 4:	Bergwerksförderung von Nickel für die Jahre 1999, 2009 und 2019.	34
Tab. 5:	Jährliche Wachstumsraten der Bergwerksförderung von Nickel der 15 größten Förderländer des Jahres 2019 für ausgewählte Zeitintervalle seit 1960.	37
Tab. 6:	Raffinadeproduktion von Nickel für die Jahre 1999, 2009 und 2019.	39
Tab. 7:	Jährliche Wachstumsraten der Raffinadeproduktion von Nickel der 15 größten Raffinadeländer des Jahres 2019 für ausgewählte Zeitintervalle seit 1960.	42
Tab. 8:	Warennummern nach dem Harmonisierten System (HS) der Weltzollorganisation für Nickel-Vorprodukte, -Zwischenprodukte und -Produkte.	51
Tab. 9:	Deutsche Importe von nickelhaltigen Vorprodukten, Zwischenprodukten und Produkten für das Jahr 2019 nach dem Harmonisierten System (HS) der Weltzollorganisation.	61
Tab. 10:	Wichtige weit fortgeschrittene Nickelsulfidprojekte, die mindestens über eine aktuelle Machbarkeitsstudie verfügen.	67
Tab. 11:	Wichtige HPAL-Projekte und Projekte zur Herstellung von Nickelmatte, die mindestens über eine Machbarkeitsstudie verfügen.	69
Tab. 12:	Wichtige NPI- und Ferronickel-Projekte, die mindestens über eine Machbarkeitsstudie verfügen.	70
Tab. 13:	Raffinadenachfrage sowie deren Anteil am globalen Bedarf nach Erstanwendungen für das Jahr 2025 entsprechend dem konservativen Szenario sowie die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR, „Compound Annual Growth Rate“) 2019–2025.	87
Tab. 14:	Raffinadenachfrage sowie deren Anteil am globalen Bedarf nach Erstanwendungen für das Jahr 2025 entsprechend dem optimistischen Szenario sowie die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR, „Compound Annual Growth Rate“) 2019–2025.	88

Zusammenfassung

Die Rohstoffrisikobewertungen 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 Nickel bis einschließlich 2025 betrachtet. Zum jetzigen Zeitpunkt ist es schwer einzuschätzen, welche Auswirkungen die Covid-19-Pandemie zukünftig noch auf den globalen Nickelmarkt haben wird.

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften findet Nickel in zahlreichen Industriezweigen Verwendung. Das Metall spielt eine wichtige Rolle bei der Energie- (z. B. beim Ausbau der erneuerbaren Energien) und der Verkehrswende (vor allem beim Ausbau der Elektromobilität). Wir gehen davon aus, dass durch diese Megatrends der Nickelbedarf in den kommenden Jahren deutlich steigen wird. Die Batterieherstellung wird dabei der größte Wachstumstreiber sein.

Der Bergbau auf Nickel konzentriert sich gegenwärtig auf sulfidische Erze (Nickelsulfide) aus magmatischen und sedimentären Lagerstätten und auf oxidisch-silikatische Erze (Nickellaterite) aus Verwitterungslagerstätten. In der überwiegenden Zahl dieser Lagerstätten stellt Nickel das Hauptprodukt des Bergbaus dar. Die Weiterverarbeitung von Konzentraten aus Nickelsulfiden erfolgt vor allem über pyro- und hydrometallurgische Prozesse zur Herstellung von Nickelmetall sowie zunehmend auch zur Produktion von Nickelchemikalien (insbesondere Nickelsulfat). Die Weiterverarbeitung von Nickellateriten hingegen erfolgt insbesondere pyrometallurgisch zur Herstellung von Nickelroheisen (NPI) und Ferronickel. In den kommenden Jahren wird aber auch die hydrometallurgische Weiterverarbeitung der Laterite zur Gewinnung von Nickelmetall und Nickelchemikalien (vor allem Nickelsulfat) noch weiter an Bedeutung gewinnen. Auch aus sekundären Quellen stammen große Mengen an Nickel. Diese kommen überwiegend zur Herstellung nachgelagerter Produkte zum Einsatz, insbesondere für die Produktion nichtrostender Stähle.

Vereinfacht lässt sich der Nickelmarkt in drei Produktfelder gliedern: hochreines Nickel (> 99 % Ni, sog. Class-I-Nickel), Nickelchemikalien (vor allem Nickelsulfat) und sog. Class-II-Nickel (< 99 % Ni), wie Ferronickel und NPI. Im Jahr 2019 entfielen rund 60 % des Nickelbedarfs auf Class-II-Nickel, 37 % auf hochreines Nickelmetall und etwa 3 % auf Nickelchemikalien. Im gleichen Jahr wurden zur Herstellung nachgelagerter Produkte weltweit rund 71 % dieses Nickelangebots für nichtrostenden Stahl eingesetzt, gefolgt von Nichteisen-Legierungen, dem Bereich Oberflächenbeschichtung, Stahllegierungen, Batterien, Gießereiprodukten sowie sonstigen Verwendungen (z. B. Magnete, Katalysatoren).

Nickel-Vorprodukte, -Zwischenprodukte und -Produkte werden am Weltmarkt in unterschiedlichen Formen und Qualitäten gehandelt. Während Nickelerze und -konzentrate die mengenmäßig wichtigste Handelsposition darstellen, kommt Nickelmetall die wertmäßig größte Bedeutung zu. Der Gesamtwert der deutschen Einfuhren an nickelhaltigen Vorprodukten, Zwischenprodukten und Produkten lag im Jahr 2019 bei rund 1,2 Milliarden €. Die wert- und mengenmäßig mit Abstand wichtigsten Importe betrafen Nickelmetall, dessen Anteil am Gesamtwert der Einfuhren der vorgenannten Handelsprodukte bei rund 63 % lag. Deutschland war damit im Jahr 2019 der weltweit viertgrößte Importeur von Nickelmetall.

Weltweit bestehen derzeit zusammen mehr als 2.000 Explorationsprojekte und Bergbaubetriebe, die eine Gewinnung von Primärnickel als Haupt- oder Nebenprodukt ausweisen. Nahezu 300 davon befinden sich gegenwärtig entweder in Produktion oder sind in einem weit fortgeschrittenen Entwicklungsstadium bzw. im Bau. Im Jahr 2019 wurden weltweit etwa 2,54 Mio. t Nickel in insgesamt 27 Ländern auf sechs Kontinenten durch Bergwerksförderung im Tagebau oder im Untertagebetrieb gewonnen. Der Schwerpunkt der Gewinnung lag mit mehr als 62 % des weltweiten Angebots in Südostasien und Ozeanien. Das mit Abstand bedeutendste Förderland war Indonesien. Bis zum Jahr 2025 werden aller Voraussicht nach vor allem Indonesien, aber auch Australien die meisten neuen Förderkapazitäten in Betrieb nehmen.

Im Jahr 2019 wurden weltweit etwa 2,39 Mio. t Raffinadenickel in insgesamt 26 Ländern auf sechs Kontinenten hergestellt. Die beiden mit Abstand wichtigsten Raffinadeprodukte waren NPI und Nickelmetall, die zusammen drei Viertel der Nickelprodukte im Jahr 2019 ausmachten. Die Raffinadeproduktion konzentrierte sich vor allem auf China und Indonesien, die zusammen für die Hälfte der Produktion verantwortlich waren.

Im Jahr 2019 betrug die weltweite Nachfrage nach Primärnickel etwa 2,4 Mio. t. Das mit Abstand wichtigste Nachfrageland war China, gefolgt von Indonesien, das in den letzten drei Jahren sprunghaft zum zweitwichtigsten Nachfrageland aufgestiegen ist. Mit einem Marktanteil von etwa 2,5 % belegte Deutschland den weltweit siebten Rang.

Bezogen auf das Gesamtvolumen des Nickelmarktes war das Angebotsdefizit im Jahr 2019 gering und lag bei lediglich 1 % der Raffinadeproduktion. Bedingt durch den signifikanten Nachfragerückgang im Zuge der Covid-19-Pandemie, rechnen wir für 2020 mit einem Überschuss von etwa 120.000 t Nickel. Für das Jahr 2025 ergibt sich aus den erwarteten Nachfragesteigerungen ein Gesamtnickelbedarf von 3,18 Mio. t (konservatives Nachfrageszenario) bzw. 3,38 Mio. t (optimistisches Nachfrageszenario). Im Betrachtungszeitraum sind die Erstanwendungen Batterien und nichtrostender Stahl die Hauptnachfragetreiber für Nickel. Der Bedarf für Lithium-Ionen-Batterien wird, abhängig von der Weiterentwicklung nickelintensiver Batterietechnologien, im Jahr 2025 auf 500.000 t Nickel (konservatives Szenario) bzw. 700.000 t Nickel (optimistisches Szenario) ansteigen. Auch bei Edelstahl ist zukünftig ein deutliches jährliches Nachfragewachstum von etwa 3,2 % zu erwarten.

Für das Bergwerksangebot ergibt sich für den Zeitraum von 2019–2025 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von rund 4,4 % bzw. rund 5,5 % auf rund 3,25 Mio. t (konservatives Angebotsszenario) bzw. 3,50 Mio. t (optimistisches Angebotsszenario). Auch die weltweite Raffinadeproduktion wird bis 2025 signifikant steigen, insbesondere in Indonesien. Aus den für diese Studie getroffenen Annahmen ergibt sich für das Jahr 2025 je nach Szenario ein Angebotsüberschuss. Es bleibt festzuhalten, dass es mittelfristig bei einzelnen Produktqualitäten, insbesondere bei den sogenannten Class-I-Produkten, aber durchaus zu Lieferengpässen kommen kann.

Prognosen zu zukünftigen Angebotsmengen sind mit einem Unsicherheitsfaktor behaftet, weshalb die hier dargestellten Szenarien zur zukünftigen Marktdeckung als Marktbarometer zu verstehen sind. Verlässliche Aussagen über das Jahr 2025 hinaus sind aufgrund zahlreicher Unwägbarkeiten bei der Quantifizierung von Explorations- bzw. Technologiefortschritten nicht sinnvoll.

Executive Summary

The German Mineral Resources Agency (DERA) at the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) is tasked with creating commodity risk reports. These reports aim to support German companies in identifying potential price and supply risks on the commodity markets at an early stage. This may help companies to develop suitable alternative strategies in procurement if the need arises.

For this report, the current nickel supply situation as well as potential risks of future supply shortages are considered for the period until the end of 2025. At this point, it is difficult to assess what impact the COVID-19 pandemic will have on the global nickel market over the next years.

Because of its specific physicochemical properties, nickel is used across a wide variety of industrial sectors. It plays an important role in the clean energy transition and for the electrification of transport systems and we assume these megatrends to considerably increase the global demand in nickel. Electrification in the automotive industry is expected to represent the largest single growth sector for nickel demand.

Nickel is mined from both sulphide and laterite ores. Sulphide ores are further processed by pyro- and hydrometallurgical means, to produce nickel metal or nickel chemicals (mainly nickel sulphate). Laterite ores are treated mainly pyrometallurgically to produce nickel pig iron (NPI) and ferronickel. In the coming years, hydrometallurgical processing of laterites to produce nickel metal and chemicals is forecasted to increasingly gain importance. Currently, about one-third of global nickel supply is derived from secondary sources. It should be noted that most of this supply is used directly for first-use products (stainless steel, nickel alloys).

Refined nickel products are subdivided into three groups: Class I nickel products with a content of more than 99 % Ni, Class II products with a content of less than 99 % Ni (e.g., ferronickel and NPI), and nickel chemicals. At about 60 %, Class II nickel products accounted for the majority of global nickel supply in 2019, with Class I products comprising approximately 37 %, and nickel chemicals about 3 %. Globally, stainless steel is estimated to constitute about 71 % of the first-use of primary refined nickel. The remainder was used for other applications, such as non-ferrous alloys, plating, steel-alloys, batteries, foundries and other minor applications (e.g., magnets and catalysts).

Nickel ores and concentrates, intermediates and refined products are traded globally in different product specifications and qualities. Ores and concentrates are the most important trade product by quantity, while nickel metal is the most important product by value. In 2019, Germany imported nickel products worth € 1.2 bn. Nickel metal was by far the most important good, accounting for about 63 % of this value and making Germany the fourth-largest importer of nickel metal worldwide in 2019.

Globally, more than 2,000 projects are currently being developed with nickel as either the main product or by-product. Nearly 300 of these projects are currently in operation, in commissioning or in advanced exploration. Approximately 2.54 Mt of nickel were extracted from both underground and open-pit mines in 27 countries on six continents in 2019. The main nickel producing regions were Southeast Asia and Oceania, together accounting for more than 62 % of global supply. The single largest producing country was Indonesia. The majority of new mine production until 2025 is expected to come from Indonesia and Australia.

In 2019, the global nickel refined production reached about 2.39 Mt. By far the most important products were NPI and nickel metal, together accounting for three-quarters of refined production. In 2019, China and Indonesia accounted for half of global refined production.

In 2019, global nickel consumption amounted to about 2.4 Mt. Chinese demand was the highest worldwide, followed by Indonesia. While Indonesian refined production was negligible up until 2016, consumption has quickly increased to make the country the second-largest nickel consumer worldwide. With a global market share of about 2.5 %, Germany was the seventh-largest nickel consumer in 2019.

With respect to nickel supply, the global nickel market was in deficit in 2019 by just 1 % of total refined production. Because of the decrease in global demand related to the COVID-19 pandemic, we assume a nickel oversupply of about 120,000 t in 2020. In 2025, we expect a global nickel demand of either 3.18 Mt (conservative demand scenario) or 3.38 Mt (optimistic demand scenario). For the period under review, the first-use applications stainless steel and batteries will represent the main drivers of demand growth. The demand for lithium-ion batteries will increase significantly to either 500,000 t (conservative demand scenario) or 700,000 t (optimistic demand scenario), while the increase in demand for stainless steel production is expected to be at a compound annual growth rate (CAGR) of 3.2 %.

In terms of global mine production for the period 2019–2025, we assume global nickel supply to increase at a CAGR of 4.4 % to 3.25 Mt (conservative supply scenario), or at a CAGR of 5.5 % to 3.50 Mt (optimistic supply scenario), respectively.

With respect to the assumptions made in this report, we expect an oversupply or a slight deficit by 2025, depending on the scenario used. However, within the considered period, supply shortages are possible for individual nickel qualities, particularly Class I products and nickel sulphate.

1 Rohstoff Nickel

1.1 Einführung

Nickel ist ein chemisches Element (Elementsymbol Ni) mit der Ordnungszahl 28, das im Periodensystem zu den Übergangsmetallen zählt. Es wurde 1751 durch Axel F. Cronstedt entdeckt. Er benannte das Metall nach den gleichnamigen Nickeln (Bergkobolden), von denen die Bergleute des Mittelalters annahmen, dass sie das seinerzeit begehrte Kupfer in nicht nutzbare Kupfernickel („Teufelskupfer“) verwandelten.

In seiner elementaren Form ist Nickel ein glänzendes, silbrig-weißes Metall. Nickel ist nicht-rostend, zäh, verform- und dehnbar, magnetisch und elektrisch leitend. Das Metall wird durch eine dünne Oxidschicht passiviert, so dass es gegen Luft und Wasser sehr beständig ist. Aufgrund die-

ser Merkmale ist Nickel vielseitig einsetzbar (vgl. Kap. 1.4). Seine wichtigsten physikochemischen Eigenschaften sind in Tab. 1 dargestellt.

1.2 Minerale und Lagerstätten

Der überwiegende Teil des Nickels befindet sich im Erdkern, für den Vergleiche mit Meteoriten auf Gehalte von ca. 5 % schließen lassen. Aufgrund der gleichen Oxidationszahl und der Ähnlichkeit im Ionenradius substituiert Nickel insbesondere Magnesium in Mineralen des Erdmantels, vor allem im Olivin, dem Hauptträger von Nickel. Die Erdkruste hingegen ist gegenüber dem Erdkern und dem Erdmantel an Nickel stark abgereichert. Der durchschnittliche Nickelgehalt in der oberen Erdkruste beträgt 34 ppm (Hu & GAO 2008).

Nickel kommt in der Natur vor allem in Form von Sulfiden, Silikaten, Oxiden und Arseniden vor. Häufige nickelführende Minerale sind in Tab. 2 aufgeführt. Pentlandit, „Garnierit“ (Bezeichnung für unterschiedliche nickelführende Silikatminerale, z. B. Népouit), Nontronit und nickelführendem Goethit kommt die größte wirtschaftliche Bedeutung für die bergbauliche Nickelgewinnung zu. Der Bergbau auf Nickel konzentriert sich gegenwärtig vor allem auf sulfidische und oxidisch-silikatische Erze, sowohl aus Verwitterungslagerstätten als auch aus magmatischen und sedimentären Lagerstätten (Abb. 1).

Wichtige Lagerstätten für die Gewinnung von Nickel sind an die durch magmatische Differenziation entstandenen lagigen mafisch-ultramafischen Intrusionen („layered intrusions“) sowie vulkanisch-subvulkanisch entstandene Komatiite gebunden. Es handelt sich um sulfidische Erze, in denen Pentlandit das wichtigste Nickelmineral darstellt. Neben Nickel sind vor allem auch Kupfer, Kobalt und die Platingruppenmetalle sowie Gold angereichert. Bedeutende derzeit in Abbau stehende Lagerstätten dieser beiden magmatischen Typen finden sich in Kanada (Sudbury, Thompson, Raglan, Voisey's Bay), in der Russischen Föderation (Kola- und Taimyr-Halbinseln), in Australien (u. a. Kambalda, Mt. Keith, Nova, Savannah), in China (u. a. Jinchuan, Kalatongke), in den USA (Eagle) in Brasilien (Santa Rita), in Finnland (Kevitsa) und im südlichen Afrika (u. a. Bushveld, Nkomati, Great Dyke, Trojan und Munalu) (Abb. 1–2). Weitere Lagerstätten befinden sich

Tab. 1: Ausgewählte physikochemische Eigenschaften von Nickel.

	Nickel
Ordnungszahl	28
Atommasse	58,6934 u
Kristallstruktur	kubisch flächenzentriert
Dichte (20 °C)	8,912 g/cm ³
Härte (nach Mohs)	3,8
Schmelzpunkt	1.453 °C (1.726 K)
Siedepunkt	2.732 °C (3.005 K)
natürliche stabile Isotope ¹	⁵⁸ Ni, ⁶⁰ Ni, ⁶² Ni, ⁶⁴ Ni, ⁶⁶ Ni
Elektronenkonfiguration	[Ar] 3d ⁸ 4s ²
Hauptoxidationsstufen in binären Verbindungen	+II / +III
Elektronegativität (Pauling-Skala)	1,91
elektrische Leitfähigkeit	14,6 · 10 ⁶ S/m
thermische Leitfähigkeit	90,7 W/m/K
spezifische Wärmekapazität	444 J/(kg · K)
Curie-Temperatur	358 °C (631 K)

¹ natürliche stabile Isotope sortiert nach der Häufigkeit in der Erdkruste

Tab. 2: Wichtige nickelführende Minerale (nach BGR 2007, BGS 2008).

Mineral	alter deutscher Mineralname	Formel	Ni-Gehalt (M.-%)
Sulfide			
Pentlandit	Nickelmagnetkies	$(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$	34,2
Millerit	Gelbnickelkies	NiS	64,7
Violarit		Ni_2FeS_4	38,9
Siegenit		$(\text{Ni,Co})_3\text{S}_4$	28,9
Arsenide			
Nickelin/Niccolit	Rotnickelkies	NiAs	43,9
Silikate			
„Garnierit“		variabel	variabel
Nontronit		$\text{NaFe}(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \times n\text{H}_2\text{O}$	ca. 4,0
Oxide			
nickelführender Goethit		$(\text{Fe,Ni})\text{O}(\text{OH})$	variabel

z. B. in Spanien (Aguablanca) und in Vietnam (Ban Phuc), stehen derzeit aber nicht in Abbau.

In den meisten dieser Vorkommen stellt Nickel das Hauptwertmetall des Bergbaus dar. Insbesondere im südlichen Afrika sowie z. T. auch in Nordamerika und Skandinavien wird Nickel aber auch als Beiprodukt der Förderung von Platingruppenmetallen, Kupfer und Industriemineralen gewonnen. Bei der Nickelförderung aus sulfidischen Lagerstätten fallen neben Kupfer und Platingruppenmetallen häufig auch noch Kobalt und Gold sowie stellenweise Zink und Chrom an. Außerdem wird Nickel weltweit auch bei der Raffination von sulfidischen Erzen der Kupfer- und Platingruppenmetalle als Nebenprodukt in Form von Rohnickelsulfat gewonnen.

Eine weitere wichtige Anreicherung sulfidischer Nickelerze ist an sedimentär entstandene Schwarzschiefer gebunden (z. B. Sotkamo in Finnland). Hier treten als weitere wichtige Wertminerale auch Kupfer, Zink, Kobalt und Uran auf.

Neben den sulfidischen Erzen erfolgt die Nickelgewinnung gegenwärtig vor allem aus oxidisch-silikatischen Lateriterzen, die durch die Verwitterung mafisch-ultramafischer Silikatgesteine entstanden sind (Abb. 1, 3). Die weltweite Verteilung der subrezent-rezent entstandenen Laterite ist an tropisch und subtropische Klimazonen gebunden und

beschränkt sich somit auf die Regionen beiderseits des Äquators bis etwa zum 26. Breitengrad. Laterite, die heute in höheren Breiten liegen, wurden zu geologischen Zeiten gebildet, in denen dort tropische Bedingungen herrschten (z. B. fossile Laterite in Südosteuropa).

Wichtige Nickellateritlagerstätten befinden sich vor allem in Mittel- und Südamerika (Kolumbien, Brasilien, Venezuela, Guatemala, Kuba, Dominikanische Republik), in Afrika (z. B. Côte d'Ivoire), in Australien sowie in Südostasien (Philippinen, Indonesien, Neukaledonien, Papua-Neuguinea, Salomonen). Erdgeschichtlich ältere Nickellaterite sind vor allem in Südosteuropa (Albanien, Griechenland, Türkei) und in der Russischen Föderation zu finden.

Die Laterite bestehen aus verschiedenen Horizonten (Abb. 4). Nickel ist im limonitischen und insbesondere im saprolitischen Horizont gegenüber dem unterlagernden Ausgangsgestein angereichert. In den Limoniten tritt nickelführender Goethit auf, in den Saproliten ist Nickel vor allem an nickelführende Silikatminerale („Garnierit“, Nontronit) gebunden. Der limonitische Horizont wird bevorzugt für die hydrometallurgische Gewinnung von Nickelmetall abgebaut. Der Saprolit dient vor allem für die pyrometallurgische Gewinnung von Ferronickel und Nickelroheisen (NPI, „nickel pig iron“), wobei für die Herstellung von NPI auch

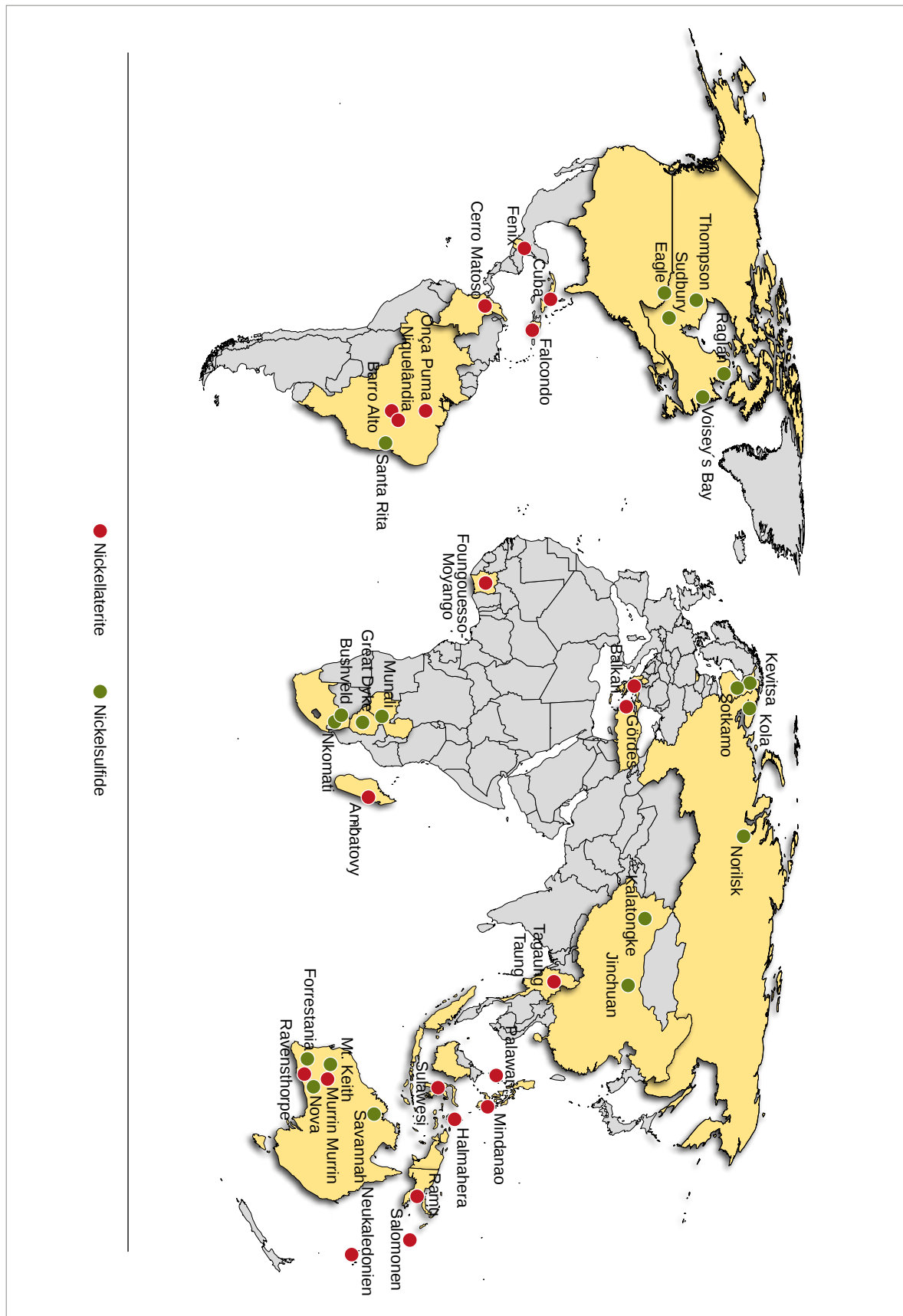


Abb. 1: Derzeit wichtige Lagerstätten und Bergbauregionen zur Gewinnung von Nickelsulfiden (magmatische und sedimentäre Lagerstätten) und Nickellateriten (Verwitterungslagerstätten).



Abb. 2: Ehemaliger Tagebau Tim King mit Zugangsrampe zum heutigen Nickelsulfid-Bergwerk Spotted Quoll (linke Bildmitte) des Projekts Forrestania im südlichen Western Australia (aus SZURLIES 2015).



Abb. 3: Tagebau der Nickellagerstätte Ravensthorpe des Unternehmens First Quantum Minerals Ltd. im südlichen Western Australia (Foto: BGR).

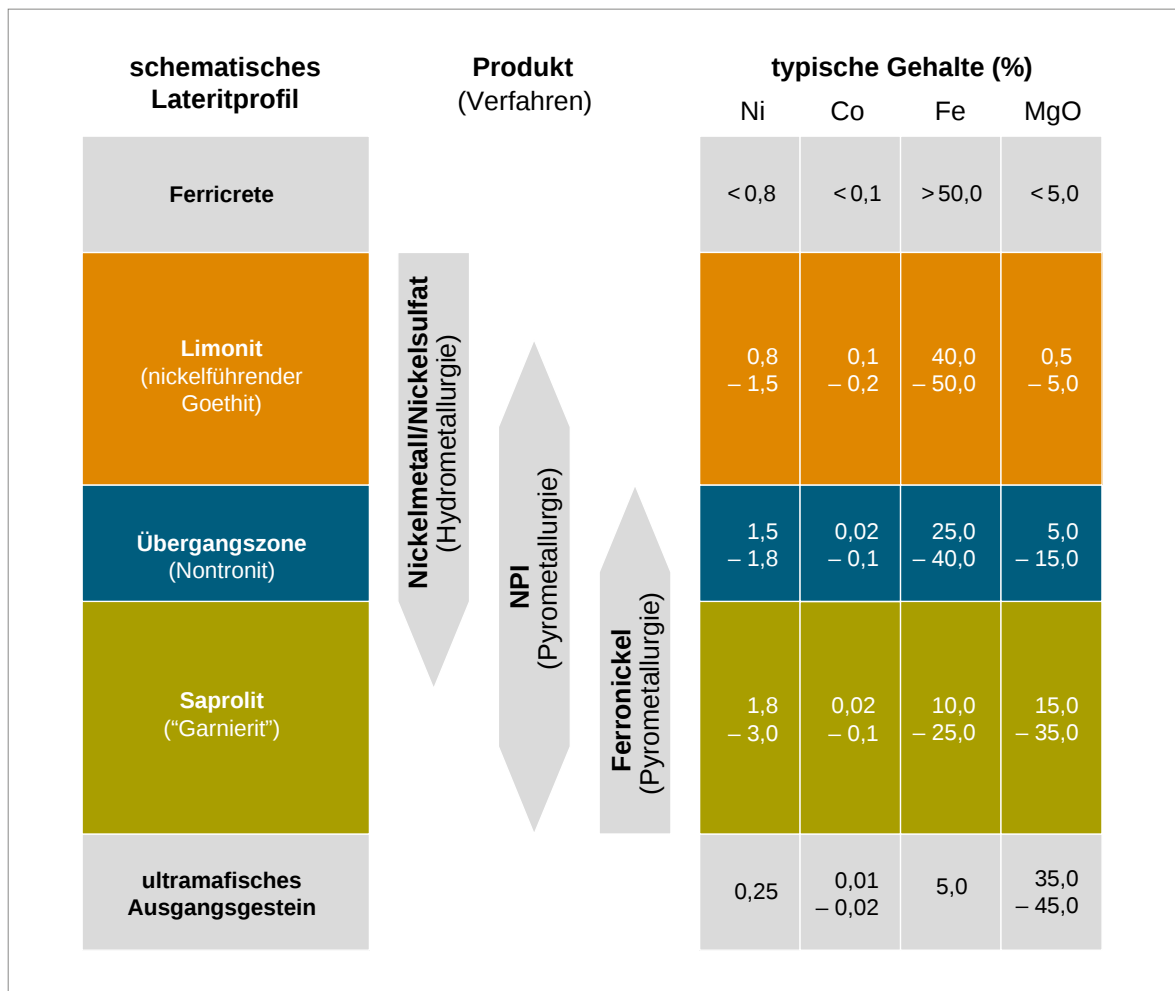


Abb. 4: Idealprofil eines Nickellaterits sowie Zuordnung einzelner Laterithorizonte zu verschiedenen Methoden der Weiterverarbeitung, die vor allem vom Ni-, Fe- und Mg-Gehalt abhängig sind (verändert nach WEDDERBURN 2009).

Limonite mit niedrigeren Nickelgehalten verwendet werden. Neben Nickel stellen, je nach Weiterverarbeitung, Eisen, Kobalt und Scandium weitere wichtige Wertmetalle der Laterite dar.

Von untergeordneter wirtschaftlicher Bedeutung sind gegenwärtig hydrothermale Lagerstätten, in denen Nickel vor allem an sulfidisch-arsenidische Minerale (Gersdorffit, Nickelin) gebunden ist. Ein Beispiel für diesen Lagerstättentyp ist Avebury (Australien).

Ein weiteres sedimentäres Vorkommen, das gegenwärtig noch keine wirtschaftliche Bedeutung hat, stellen die nickelführenden Manganknollen der Ozeanböden dar. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) explo-riert seit dem Jahr 2006 in einem Lizenzgebiet

im zentralen Nordostpazifik auf polymetallische Manganknollen (siehe Exkurs 3 in Kap. 2.7.2). In den Manganknollen treten neben Nickel vor allem auch Anreicherungen von Mangan, Eisen, Kobalt und Kupfer auf.

1.3 Gewinnung und Verarbeitung

Nickel erreicht den Weltmarkt sowohl aus primären als auch aus sekundären Quellen. Die primäre Herkunft ist der weltweite Bergbau vor allem auf sulfidische und oxidisch-silikatische Erze (vgl. Kap. 1.2). Das sekundäre Angebot stammt aus dem Recycling von Nickel aus den unterschiedlichsten Quellen (vgl. Kap. 2.3.3). Die Wertschöpfungskette dieses Metalls aus Erzen und dem Recyclingangebot kann vereinfacht

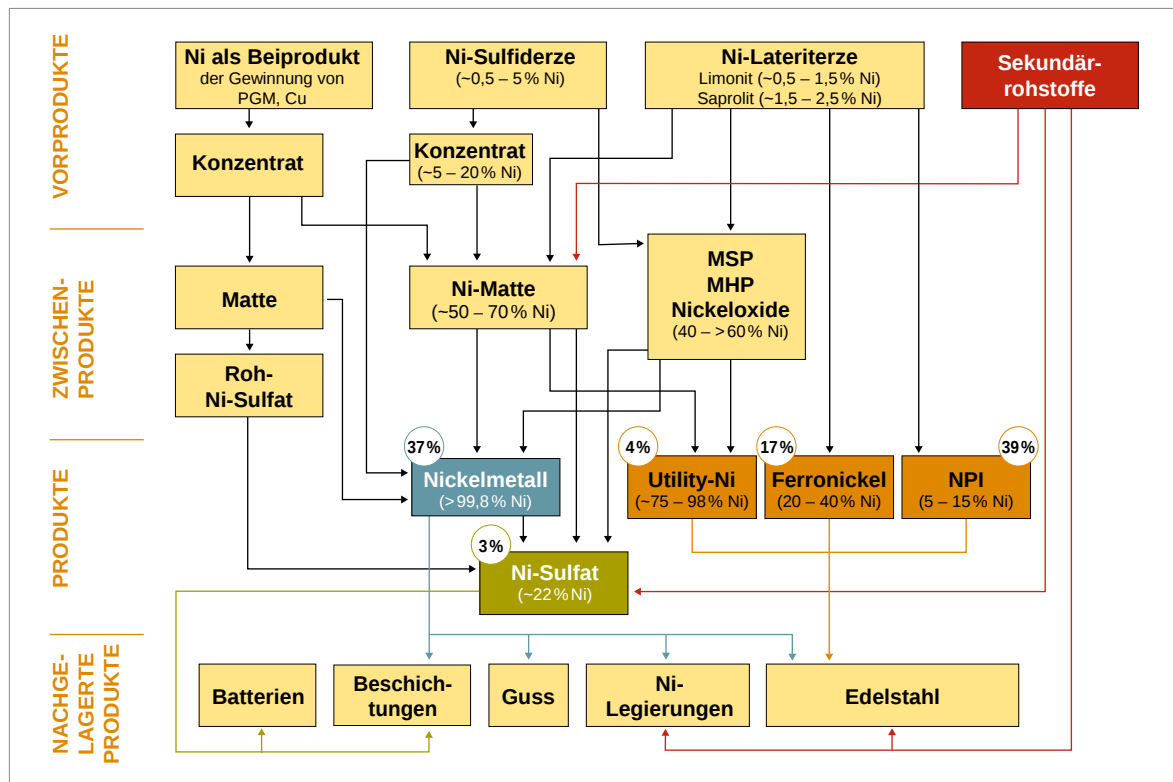


Abb. 5: Vereinfachte derzeitige Wertschöpfungskette von Nickel aus primären und sekundären Quellen nach Produktkategorien (Vorprodukte, Zwischenprodukte, Produkte, nachgelagerte Produkte); die prozentuale Verteilung der einzelnen Nickelprodukte an der Gesamtproduktion 2019 sind den Kreisdarstellungen zu entnehmen.

in vier Produktkategorien unterteilt werden und erfolgt gegenwärtig auf einer Vielzahl von Wegen (Abb. 5). Die mengenmäßig mit Abstand bedeutendsten Herstellungswege umfassen die Produktion von NPI und Ferronickel aus lateritischen Nickelerzen sowie die Produktion von Nickelmetall aus sulfidischen Erzen. In den letzten Jahren haben sowohl die Gewinnung von Nickelmetall aus Lateriten als auch die Produktion von Nickelsulfat aus Sulfid- und Lateriterzen mengenmäßig deutlich zugenommen. Das Raffinadeangebot umfasste 2019 rund 60 % Class-II-Produkte (vor allem NPI, Ferronickel), 37 % Nickelmetall (Class-I) und etwa 3 % Nickelsulfat.

Bergbauliche Gewinnung und Aufbereitung

Nickel wird ganz überwiegend als Hauptprodukt des industriellen Bergbaus gewonnen. Nur weniger als 5 % der weltweiten jährlichen Nickelförderung erfolgt derzeit als Nebenprodukt vor allem der Gewinnung von Platingruppenmetallen und Kupfer,

aber auch der Extraktion von Gold und Industriemineralen. Dieser Anteil der globalen Nickelgewinnung ist demnach in erster Linie von der Nachfrage nach anderen Rohstoffen abhängig.

Die Verfahren der bergmännischen Gewinnung nickelführender Erze orientieren sich am Lagerstättentyp sowie der räumlichen Lage und Form des jeweiligen Erzkörpers.

Weltweit wurden im Jahr 2019 Sulfiderze in etwa 100 Gewinnungsstätten in elf Ländern abgebaut. Der Abbau erfolgt überwiegend im Tiefbau (z. B. Sudbury, Thompson und Raglan in Kanada, Jinchuan in China, Eagle in den USA, Leinster und Nova in Australien sowie Bergwerke der Kola- und Taimyr-Halbinsel in der Russischen Föderation). Die Erze treten vorwiegend als Linsen sowie als massige unregelmäßige Körper und Gänge auf. Die dominierenden Abbaumethoden sind Weitungs- und Firstenstoßbau mit Versatz. Das Lösen des Erzes erfolgt mittels Bohr- und Sprengarbeit.

Große Tagebaue sulfidischer Erze befinden sich in Australien (Mt. Keith, Yakabindie), in Kanada (Voysey's Bay), in der Russischen Föderation (Zapolyarny), in Südafrika (Nkomati, Mogalakwena), in Brasilien (Santa Rita) und in Finnland (Kevitsa, Sotkamo). Das Lösen des Erzes erfolgt ebenfalls mittels Sprengarbeit.

Die durchschnittlichen Nickelgehalte der gegenwärtig geförderteten Sulfiderze variieren zwischen 0,2 %, in Schwarzschiefern und in dissipativen Vererzungen in Magmatiten, und bis zu 5 % in magmatischen Derberzen. Die bergbaulich gewonnenen Erze werden zunächst gebrochen und dann auf eine Größe von $< 100 \mu\text{m}$ gemahlen, mit dem Ziel die nickelführenden Minerale (vor allem Pentlandit) von der umgebenden Gangart zu trennen. Anschließend erfolgt in den allermeisten Fällen eine Nickelanreicherung in einem Konzentrat mittels Flotation (Abb. 6). Das Flotationsverfahren ist eine physikochemische Sortierung anhand der unterschiedlichen Oberflächenbenetzbarkeit der Erzbestandteile. Das Ziel der Flotation ist die Trennung in ein Pentlandit-reiches Konzentrat und möglichst nickelfreie Aufbereitungsberge (sog. „tailings“). Die Nickelausbringung hängt neben den technischen Flotationsparametern vor allem von der Mineralzusammensetzung, dem Verwachsungsgrad und der Verwachsungsart sowie der Korngrößenverteilung der Minerale des zerkleinerten und gemahlenen Erzes ab. Das Ausbringen von Nickel aus Sulfiderzen variiert typischerweise zwischen 80 % und 85 %. Im Allgemeinen liegt die Anreicherung für Nickel im Konzentrat gegenüber dem Ausgangserz zwischen 5 : 1 und 10 : 1. Die Nickelgehalte der Konzentrate liegen zwischen 8 % und 20 %. Die bei der Flotation anfallenden Aufbereitungsrückstände werden überwiegend in Schlammteichen deponiert.

Nickelführende Lateriterze wurden im Jahr 2019 in über 150 Gewinnungsstätten in 18 Ländern abgebaut, mengenmäßig vor allem in Indonesien, auf den Philippinen und in Neukaledonien. Die oberflächennahen Lateriterze werden aufgrund des geringen Abraum/Erz-Verhältnisses fast ausnahmslos im Tagebau gewonnen. Da das Erz relativ weich ist, kann es zumeist direkt ohne vorherige Auflockerungsmaßnahmen mit Hydraulik- bzw. Löffelbaggern gewonnen werden.

Der durchschnittliche Nickelgehalt der derzeit gewonnenen Lateriterze variiert zwischen 0,8 %

und 1,5 % im limonitischen Abschnitt und typischerweise 1,5 % bis 2,5 % im saprolitischen Bereich (Abb. 4). Lateriterze werden meist ohne vorherige Nickelanreicherung vollständig pyro- und hydrometallurgisch weiterverarbeitet (Abb. 7–8). Nur stellenweise erfolgt eine geringfügige Anreicherung, vor allem durch eine Abtrennung von gröberen und harten quarzhaltigen Anteilen mittels Siebung.

Weiterverarbeitung und Produkte

Die Weiterverarbeitung von Nickelkonzentraten aus sulfidischen Erzen erfolgt vor allem zur Herstellung von Nickelmetall (Abb. 5) sowie zunehmend auch zur Gewinnung von Nickelchemikalien (vor allem Nickelsulfat). Die verwendeten Verfahren sind auch auf die Ausbringung von Beiprodukten, wie vor allem Gold, Platingruppenmetallen, Kupfer und Kobalt ausgerichtet.

Das bei der Flotation gewonnene Nickelkonzentrat wird zunächst pyrometallurgisch weiterverarbeitet (Abb. 6). Lediglich die Raffinerie Long Harbour des Unternehmens Vale S. A. verarbeitet Nickelkonzentrate direkt hydrometallurgisch weiter. Für die pyrometallurgische Weiterverarbeitung kommen zwei Hauptverfahren zum Einsatz: a) eine Röstung mit nachgeschalteter Verhüttung im Elektroofen sowie b) die direkte Verhüttung im Schwebeschmelzofen mit anschließender Schlackenreinigung (CRUNDWELL et al. 2011). Im ersten Verfahren wird das Konzentrat zunächst im Wirbelschichtofen teiloxidiert und anschließend im Elektroofen aufgeschmolzen (z. B. Hütte Sudbury von Glencore Plc.), wobei ein nickelreicher Rohstein (Nickelmatte) entsteht. Die Nickelausbringung dieses Verfahrens liegt bei 98 %. Als Nebenprodukt entsteht eine nickelarme Eisensilikatschlacke ($< 0,5 \text{ % Ni}$). Im zweiten Verfahren wird das Nickelkonzentrat ohne vorherige Röstung im Schwebeschmelzofen verhüttet (z. B. Hütte Kalgoorlie der BHP Group und Hütte Harjavalta der Boliden Group). Auch hier entstehen ein Nickelrohstein sowie eine Eisensilikatschlacke. Da in diesem Verfahren die Nickelausbringung aber geringer ist, wird die Schlacke anschließend zur Rückgewinnung von Nickel noch in einem Elektroofen gereinigt. Durch diese Kombination von Schwebeschmelzofen mit nachgeschalteter Schlackenreinigung liegt die Nickelausbringung dieses Verfahrens bei etwa 95 %.

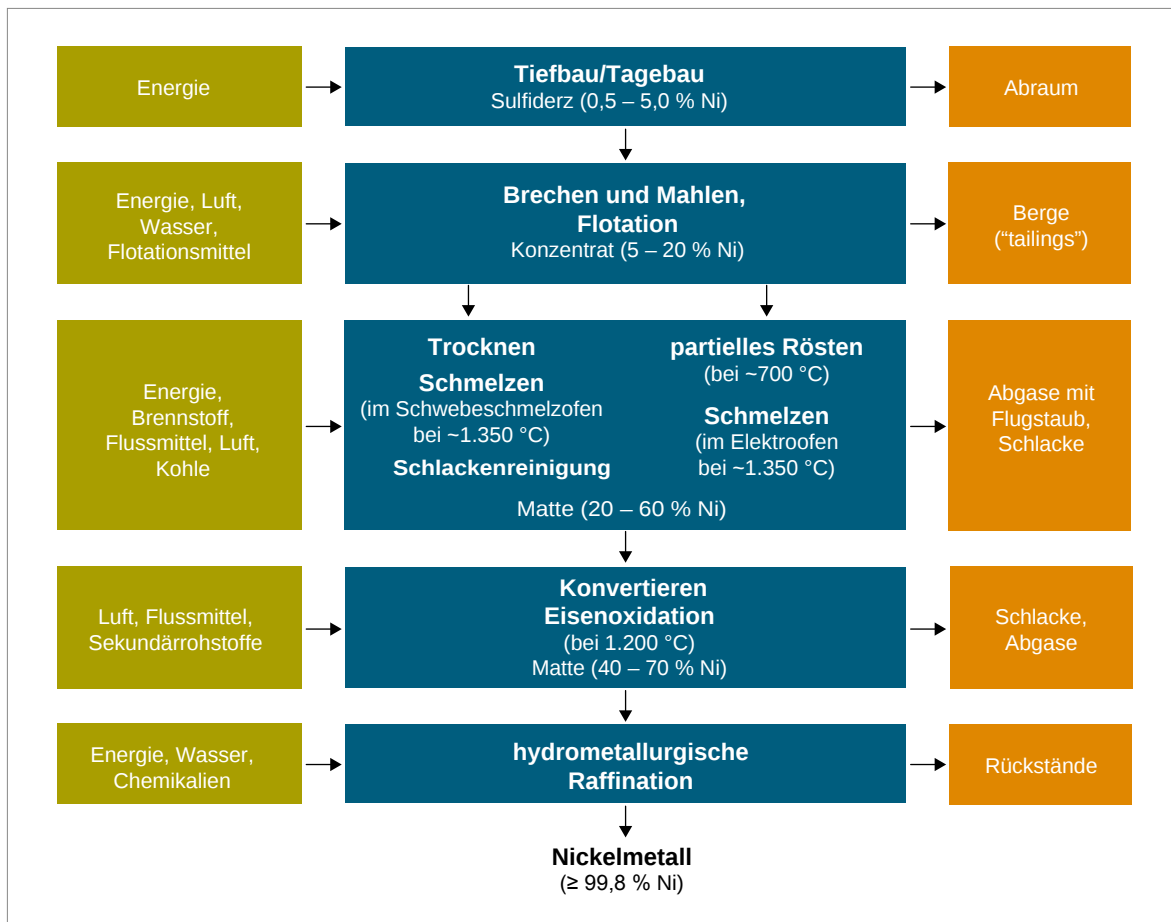


Abb. 6: Vereinfachtes Flussdiagramm der Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Nickelsulfiden zu Nickelmetall (verändert nach CRUNDWELL et al. 2011).

Der bei der Verhüttung gewonnene Nickelrohstein (Nickelmatte) hat einen Nickelgehalt von 15–40 %. In den meisten Hütten erfolgt im Anschluss noch eine thermische Behandlung des Nickelrohsteins (meist in Pierce-Smith-Konvertieren) unter Zugabe von Luft, um das in der Schmelze enthaltene Eisen zu oxidieren. Der dabei entstehende geschmolzene Nickelfeinstein hat typische Nickelgehalte von 40–70 % und wird entweder in einem Wasserbad granuliert oder in Anodenformen zum Aushärten gegossen.

Die nachgeschaltete Raffination der Nickelmatte und anderer Zwischenprodukte der Pyrometallurgie zu Nickelmetall erfolgt vapo- oder hydrometallurgisch. Die vapometallurgische Behandlung nutzt das Carbonyl-Verfahren (z. B. Raffinerie Clydach von Vale S. A.). Durch den bevorzugten Eintritt von Nickel in die Gasphase, lässt sich so Nickel von den anderen Metallen trennen. Hierbei entsteht ein hochreines Nickelprodukt.

Bei der hydrometallurgischen Raffination wird zunächst eine Laugung mit Chlorwasserstoff (z. B. Raffinerie Nikkelverk von Glencore Plc.), Ammoniumsulfat (z. B. Raffinerie Kwinana der BHP Group) oder Schwefelsäure (z. B. Raffinerie Harjavalta von PJSC MMC Norilsk Nickel) durchgeführt. Anschließend erfolgt noch eine flüssig-flüssig Extraktion zur Trennung von Nickel und Kobalt, das ebenfalls in gelöster Form in der Lauge vorliegt. In einem abschließenden Schritt wird Nickel entweder durch Reduktionselektrolyse oder durch Reduktion mit Wasserstoff gewonnen. Das bei der dargestellten pyro- und hydrometallurgischen Weiterverarbeitung der Konzentrate entstandene Nickelmetall hat eine Reinheit von $\geq 99,8 \%$ und wird in unterschiedlichen Formen gehandelt (vgl. Kap. 2.2).

Eine industrielle Haldenbiolaugung (siehe auch Exkurs I) polysulfidischer Schwarzschiefer zur Gewinnung von Nickel und weiterer Metalle erfolgt

Exkurs I:

Erzaufbereitung mittels Biohydrometallurgie – angewandte Biolaugung von Metallen („Biomining“)

Eine Alternative zur herkömmlichen Pyro- und Hydrometallurgie stellt die Biohydrometallurgie dar. Spezialisierte acidophile Mikroorganismen, z. B. Bakterien der Gattungen *Acidithiobacillus*, *Sulfobacillus* oder *Leptospirillum*, sind in der Lage, Wertmetalle wie Kupfer, Kobalt, Nickel und Zink aus sulfidischen Erzen zu laugen. Die Bakterien lösen die Sulfidminerale auf, indem sie in Gegenwart von Luftsauerstoff Eisen(II) Ionen zu Eisen(III) Ionen oxidieren und reduzierte Schwefelverbindungen wie Elementarschwefel zur Schwefelsäure oxidieren. Die verschiedenen reduzierten Schwefelverbindungen entstehen bei der Auflösung der Sulfidminerale.

Biolaugung („bioleaching“) ist somit die Umwandlung eines Wertmetalls im Feststoff in eine lösliche Form mittels Mikroorganismen. Die angewandte Biolaugung zur Erzaufbereitung bezeichnet man als „Biomining“. Die Gewinnung von Kupfer aus sulfidischen Armerzen ist die wichtigste industrielle Anwendung dieses Verfahrens. Ein bedeutender Teil der Weltkupferproduktion stammt aus der Haufen- bzw. Haldenbiolaugung, vor allem in Chile. Dieses

Verfahren wird auch zur Gewinnung von Nickel genutzt, wie z. B. in Sotkamo (Finnland), wo auch Zink und Kobalt mitgewonnen werden. Kobalt wurde bereits aus Pyrit-reichen Aufbereitungsrückständen im industriellen Maßstab mittels Tankbiolaugung in Uganda gewonnen.

Bei der Biooxidation findet ebenfalls eine mikrobiell katalysierte Auflösung von Sulfidmineralen statt. Gold wird dabei aus refraktären, sulfidischen Erzkonzentraten in großen Tank-Biooxidationsanlagen für weitere Aufbereitungsschritte aufgeschlossen (BIOX® Process, Outotec Oy).

Biomining wird als Aufbereitungsverfahren bislang lediglich für sulfidische Erze (und Uranerz) industriell eingesetzt. Mikrobielle Labor- bzw. Pilotverfahren zum Aufschluss silikatischer und oxidischer Erze (z. B. Laterite), zur Biolaugung von Aufbereitungsrückständen bzw. Bergbauhalden („tailings“) sowie zur Extraktion von Metallen aus industriellen Rückständen und Abfällen (Recycling) sind in der Entwicklung (SCHIPPERS et al. 2014, HEDRICH & SCHIPPERS 2017).



Haldenbiolaugung zur Kupfergewinnung in Chile (aus HEDRICH & SCHIPPERS 2017).

durch das Unternehmen Terrafame Ltd. in Sotkamo (Finnland). Das auf < 1 cm zerkleinerte Erz wird dazu aufgehaldet (Primärhalde für 18 Monate und Sekundärhalde für 42 Monate) und mit einer verdünnten Schwefelsäure beregnet. Chemolithotrophe acidophile Mikroorganismen (z. B. der Gattung *Acidithiobacillus*) laugen die Wertmetalle. Anschließend wird ein Teil der im Kreislauf geführten mit Metallen angereicherten Laugungslösung neutralisiert und mittels Schwefelwasserstoff als Hauptprodukt ein Gemisch aus Nickel- und Kobaltsulfid („Mixed Sulphide Product“, MSP) gefällt, das als Zwischenprodukt für die Herstellung von Nickelsulfat und Nickelmetall vermarktet wird. Des Weiteren wird in Sotkamo noch Zinksulfid gewonnen. Zukünftig soll aus den Schwarzschiefern auch Uran extrahiert werden. Derzeit wird Sotkamo um eine hydrometallurgische Refinerie erweitert. Aus dem MSP sollen dann mittels Drucklaugung Nickel und Kobalt gelöst und

Nickel- und Kobaltsulfat, u. a. für die Batterieherstellung, produziert werden.

Die Weiterverarbeitung von Nickellateriten erfolgt vor allem zur Herstellung von NPI und Ferronickel sowie auch zur Gewinnung von Nickelmetall und Nickelchemikalien. Der vor allem durch hohe Nickelgehalte gekennzeichnete saprolitische Bereich der Laterite (Abb. 4) wird überwiegend für die Herstellung von Ferronickel verwendet, während für die Produktion von NPI niedriggehaltige Erze der Saprolite (< 1,7 % Ni) und die Limonite verwendet werden.

Für die Herstellung von Ferronickel (Abb. 7) werden die im Tagebau gewonnenen Lateriterze nach der Zerkleinerung und Trocknung bei etwa 900 °C vorreduziert und anschließend im Elektroofen aufgeschmolzen. Im nachgeschalteten sog. Feinen zur Verschlackung von Phosphor und

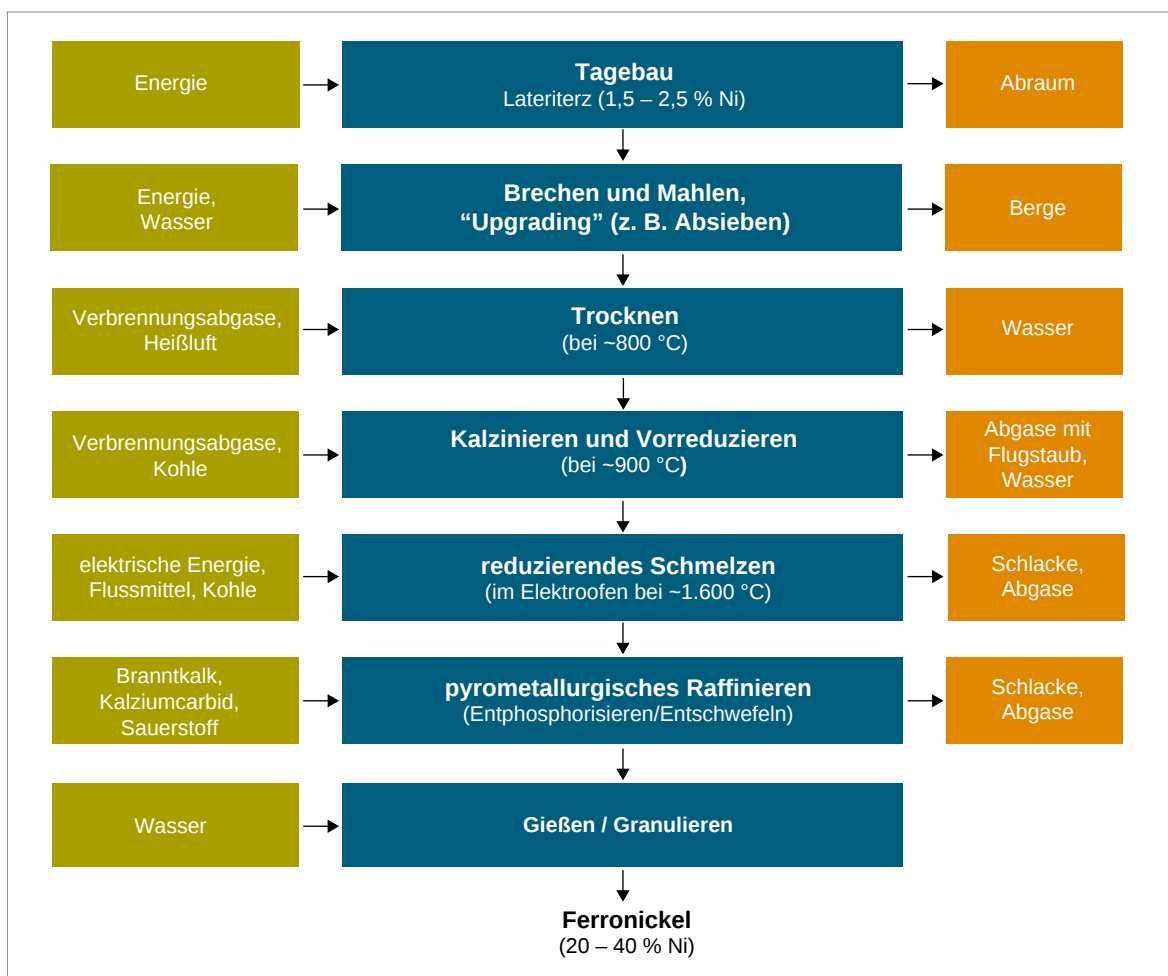


Abb. 7: Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Nickellateriten zu Ferronickel (verändert nach CRUNDWELL et al. 2011).

Schwefel entsteht Ferronickel mit Nickelgehalten von 20–40 %. Zur Herstellung von NPI, das nur in China und Indonesien produziert wird, wird aus dem eingesetzten niedriggehaltigen Lateriterz pyrometallurgisch Nickel-Roheisen gewonnen, dessen Nickelgehalte typischerweise bei 8–12 % liegen. Für die NPI-Herstellung werden zunehmend Elektroöfen eingesetzt, die die ursprüngliche Gewinnung mittels Hochofen, der mit einem deutlich höheren Kohlendioxidausstoß verbunden ist, schrittweise ablösen.

Der limonitische Bereich der Laterite, der relativ niedrige Nickelgehalte $\leq 1,5$ % aufweist, wird hydrometallurgisch mittels Drucklaugung zur Herstellung von Nickelmetall und Nickelsulfat weiterverarbeitet (Abb. 8). Hierzu werden die zerkleinerten Erze zunächst einer Hochdruck-Laugung („High Pressure Acid Leach“, HPAL) mit Schwefelsäure unterzogen. Anschließend wird die gewonnene Laugungslösung neutralisiert und schrittweise werden Verunreinigungen entfernt. Nickel wird

gemeinsam mit Kobalt als ein Gemisch aus Nickel- und Kobaltsulfid („Mixed Sulphide Product“, MSP) mit einem Nickelgehalt von etwa 40–60 % gefällt. MSP wird in Kuba (Moa Bay), Australien (Murrin Murrin), Madagaskar (Ambatovy) und auf den Philippinen (Coral Bay und Taganito) hergestellt. In der Türkei (Gördes), in Australien (Ravens-thorpe) und in Papua-Neuguinea (Ramu) wird Nickel zusammen mit Kobalt als ein Gemisch aus Nickel- und Kobalhydroxid („Mixed Hydroxide Product“, MHP) gefällt. MSP und MHP dienen als wichtige Vorprodukte zur Herstellung von Nickelmetall und Nickelsulfat. Dieser Herstellungsweg gewinnt zunehmend an Bedeutung, insbesondere aufgrund der weltweit sehr großen Ressourcen an niedriggehaltigen Limonit- und Saproliterzen sowie der stark wachsenden Nachfrage nach Nickelsulfat. Vor allem in Indonesien, aber auch in Australien und in Brasilien sind HPAL-Projekte in der Entwicklung weit vorangeschritten oder bereits im Bau.

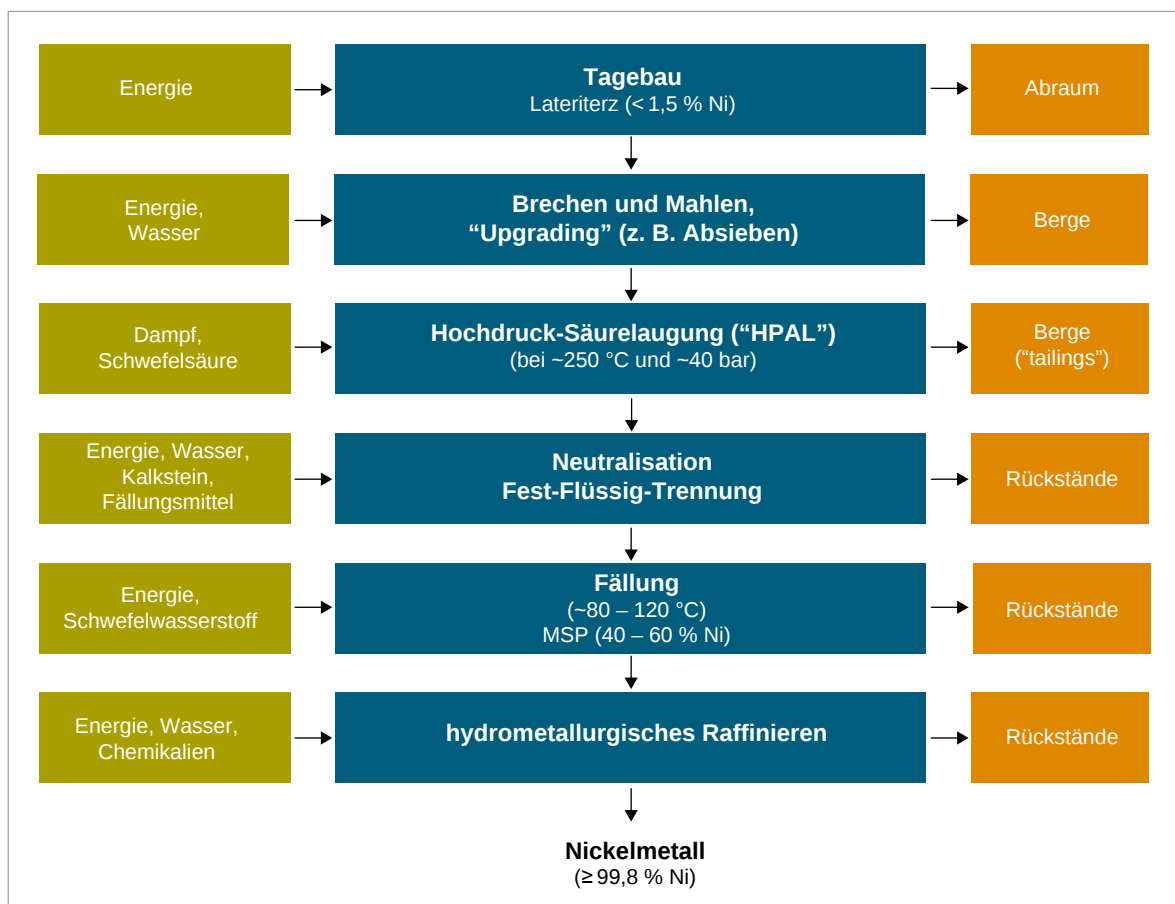


Abb. 8: Vereinfachtes Flussdiagramm für die Aufbereitung und hydrometallurgische Weiterverarbeitung von Nickellateriten zu Nickelmetall (verändert nach CRUNDWELL et al. 2011).

1.4 Verwendung von Nickel

Aufgrund seiner herausragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften findet Nickel in zahlreichen Industriezweigen Verwendung. Grundsätzlich lässt sich der Nickelmarkt in drei Produktfelder gliedern: hochreines Nickel (> 99 % Ni, sog. Class-I-Nickel), Nickelchemikalien (vor allem Nickelsulfat) und sog. Class-II-Nickel (< 99 % Ni), wie Ferronickel und NPI. Im Jahr 2019 entfielen bei den Nickelprodukten rund 60 % des Raffinadeangebots auf Class-II-Nickel, 37 % auf hochreines Nickelmetall und etwa 3 % auf Nickelchemikalien (Abb. 5).

Die nachgelagerten Produkte werden auch als Erstanwendungen von Nickel bezeichnet. Von großer Bedeutung ist der Einsatz von Nickel als Legierungsmetall, denn schon geringe Nickelzusätze erhöhen z.B. die Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahl. Das mit großem Abstand wichtigste Anwendungsfeld für Nickel ist die Herstellung von nichtrostenden Stählen bzw. nickelhaltigem Edelstahl (Abb. 9). Dieser Bereich machte 2019 weltweit etwa 71 % der Nickelnachfrage aus. Der zweitwichtigste Anwendungsbereich von Nickel waren Nichteisen-Legierungen (rund 10 %), gefolgt von den Bereichen Oberflächenbeschichtung (rund 6 %), Stahllegierungen (rund 5 %), Batterien (rund 5 %), Gießereien (rund 5 %), Batterien (rund 5 %), Gießerei-

produkten (rund 2 %) sowie sonstigen Verwendungen (z. B. Münzen, Magnete, Katalysatoren). Nach Schätzungen der Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVM 2020a, b) werden in Deutschland etwa 57 % des Nickels für die Edelstahlherstellung und 13 % für die Produktion von Nickellegierungen verwendet, gefolgt von 11 % für Beschichtungen, 9 % für Stahlveredler, 6 % für Gießereiprodukte und weitere 4 % für sonstige Verwendungen (vor allem für Batterien).

Während für nichtrostende Stähle, für die kommenden Jahre Zuwachsraten von etwa 3–5 % erwartet werden, gehen Prognosen für die Verwendung von Nickel in Batterien von jährlichen Wachstumsraten zwischen 20 % und mehr als 30 % aus. In den kommenden Jahren wird die Batterieherstellung damit zum zweitwichtigsten Anwendungsbereich von Nickel aufsteigen.

Etwa 30 % des Nickels kommt im Maschinenbau zum Einsatz, gefolgt vom Einsatz in Metallwaren, in der Herstellung von Rohrprodukten, im Transportwesen, in der Elektronik und Elektrotechnik, in der Architektur und im Bauwesen sowie in zahlreichen weiteren Endanwendungen (ISSF 2020, NICKELINSTITUT 2020a). In Deutschland setzen zahlreiche Unternehmen Nickel aus primären oder sekundären Quellen in der Herstellung der unterschiedlichsten Produkte ein.

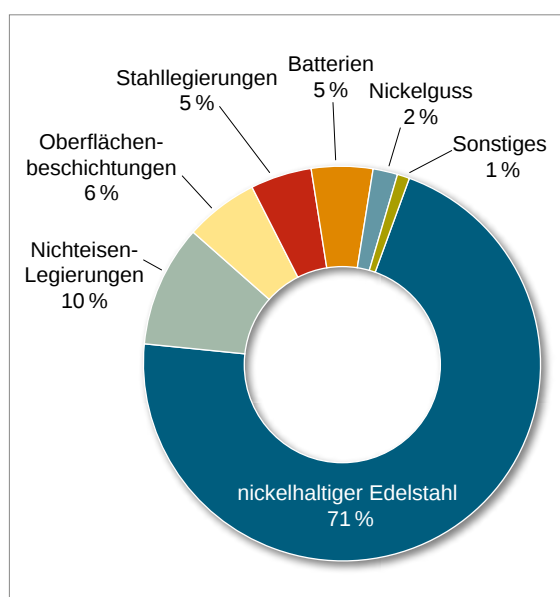


Abb. 9: Nickelbedarf nach Erstanwendungen im Jahr 2019 (u. a. nach ROSKILL 2019, LENNON 2020).

Nichtrostende Stähle

Es werden drei Stahlgauptgruppen unterschieden: unlegierte Stähle, legierte Stähle und hochlegierte Stähle, die auch als nichtrostende Stähle bezeichnet werden. Nichtrostende Stähle werden im Alltag oft mit dem Begriff Edelstahl gleichgesetzt. Edelstahl ist aber lediglich ein chemisch besonders reiner Stahl und muss demnach kein nichtrostender Stahl sein, sondern bildet auch jeweils eine Stahlguppe bei den unlegierten und den legierten Stählen.

Gemäß der DIN EN 10088-1 werden nichtrostende Stähle als hochlegierte Stähle definiert und zeichnen sich vor allem durch ihre Beständigkeit gegen Korrosion aus. Um diese Eigenschaft zu erreichen, werden dem Grundmetall Eisen bestimmte Legierungselemente hinzugefügt. Nichtrostende Stähle sind Eisenlegierungen, die mindestens 10,5 % Chrom und maximal 1,2 % Kohlenstoff beinhalten.

Nichtrostende Stähle haben eine rostfreie Oberfläche, durch eine Chromoxidschicht (sog. Passivschicht). Sie werden nach unterschiedlichen Kriterien in Sorten unterteilt: a) nach dem Mikrogefüge, b) nach den Gebrauchseigenschaften und c) nach wesentlichen Legierungselementen in den Stählen. Nach dem Hauptgefüge werden nichtrostende Stähle in ferritische Stähle, martensitische Stähle, austenitische Stähle und austenitisch-ferritische Stähle (sog. Duplex-Stähle) unterschieden (INFORMATIONSSTELLE EDELSTAHL ROSTFREI 2014).

Nach den Gebrauchseigenschaften werden korrosionsbeständige, hitzebeständige und warmfeste Stähle unterschieden. Warmfeste und hitzebeständige Stähle werden bei höheren Temperaturen eingesetzt und sind dabei erhöhten Anforderungen ausgesetzt. Sie müssen deshalb beständig gegen Zunderung, Oxidation und heiße Gase sein und dürfen bei solch hohen Einsatztemperaturen keine Gefügemwandlungen durchlaufen. Hitzebeständige Stähle werden in einem Temperaturbereich von ca. 750–1150 °C und warmfeste Stähle von ca. 300–750 °C eingesetzt. Korrosionsbeständige Stähle werden hingegen in einem Temperaturbereich von ca. –200–80 °C verwendet und weisen eine sehr gute Beständigkeit gegen Korrosion auf.

Zu den Legierungselementen der nichtrostenden Stähle zählen vor allem Chrom, Nickel, Molybdän, Stickstoff, Kupfer, Mangan, Silizium, Kohlenstoff, Schwefel, Tantal, Niob und Titan. Nickel wirkt sich auf die mechanischen Eigenschaften der Stähle aus, z. B. durch Erhöhung der Festigkeit und der Zähigkeit. Außerdem verbessert Nickel die Korrosionsbeständigkeit. Nickel wird vor allem bei den austenitischen Stählen sowie untergeordnet auch bei den martensitischen und austenitisch-martensitischen Stählen eingesetzt.

Nickelhaltige Edelstähle machten 2019 weltweit etwa 71 % der Nickelnachfrage aus (Abb. 9). Die mit Abstand gängigsten austenitischen Standardstahlsorten laufen unter den Werkstoffnummer 1.4301 und 1.4401 (nach DIN EN 10088-1) und haben einen Nickelinhalt von 8 % bzw. 10 % sowie einen Chrominhalt von 18 % (z. B. INFORMATIONSSTELLE EDELSTAHL ROSTFREI 2008). Umgangssprachlich werden für diese Standardgüten z. B. auch die Begriffe V2A bzw. V4A sowie 18/8 bzw. 18/10 (entsprechend dem prozentualen Chrom- und Nickelinhalt) oder auch bestimmte Markennamen verwendet. Das weitere Hinzulegieren von Nickel zu diesen Standardsorten erhöht deren Oxidations- und Hochtemperaturbeständigkeit.



Abb. 10: Einfüllen der Vorschmelze in den AOD („argon-oxygen-decarburization“) -Konverter (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der BGH Edelstahlwerke GmbH).

Bestimmte austenitische nichtrostende Stähle zeichnen sich durch eine große Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit im Hochtemperaturbereich aus. Solche Güten werden z.B. in chemischen und petrochemischen Anlagen oder in Turbinen eingesetzt (INFORMATIONSTELLE EDELSTAHL ROSTFREI 2020). Nichtrostende Stähle stehen in allen gebräuchlichen Lieferformen zur Verfügung. Die wichtigsten Produkte sind warm- und kaltgewalzte Bänder und Bleche, nahtlose und geschweißte Rohre sowie Draht, Stabstahl und Profile.

Nichtrostende Stähle werden in der Architektur und im Bauwesen, in der Automobiltechnik und im Transportwesen, im chemischen und petrochemischen Anlagenbau, in der Offshore-Technik und im Schiffsbau, in der Umwelttechnik und in der Wasserwirtschaft, in Haushaltswaren und Konsumgütern, in der Luft- und Raumfahrt, in der Rüstungsindustrie, in der Lebensmitteltechnik sowie in der Medizin und in der Pharmazietechnik eingesetzt.

Laut ISSF (2020) wurden im Jahr 2019 weltweit nichtrostende Stähle vor allem für Metallwaren (37,5 %) und im Maschinenbau (inkl. elektrischer Maschinen) (36,8 %) eingesetzt, gefolgt vom Bau-

sektor (12,2 %), dem Automobilbau (8,5 %) sowie sonstigen Anwendungen (4,9 %).

Die BGH Edelstahlwerke GmbH produziert nichtrostende Stähle an den Standorten Siegen, Freital, Lugau und Lippendorf in einem voll integrierten Produktionsprozess (Abb. 10) von der Schmelze bis zum fertigen Draht, Stab oder Freiformschmiedestück. Im Herstellungsprozess nickelhaltiger Stähle werden dort überwiegend Sekundärrohstoffe sowie Nickelmetall eingesetzt.

Die Produkte der BGH Edelstahlwerke GmbH kommen beispielsweise in der Öl- und Gasindustrie, in der Autoindustrie, in chemischen Anlagen (z.B. zur Kunststoffherstellung), in der Windenergieerzeugung (z.B. Getriebe), in der Umwelttechnologie und der Verpackungsindustrie sowie im Bereich Elektrowärme (z.B. Kochfelder und Industrieöfen) zum Einsatz. Auch für die Wasserstofftechnologie, der im Rahmen der Energiewende eine große Bedeutung zukommt, stellt die BGH Edelstahlwerke GmbH spezielle nickelführende weichmartensitische und austenitische Stähle her.

Die Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG gehört zur weltweit tätigen Swiss



Abb. 11: Edelstahlproduktion im Elektrolichtbogenofen (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der Deutsche Edelstahlwerke Services GmbH).

Steel Group und produziert Spezialstähle mit Fokus auf sogenannten Langprodukten an mehreren Standorten in Nordrhein-Westfalen. Die eigentlichen Stahlwerke mit Elektrolichtbogenofen, Sekundärmetallurgie, Gießbetrieb und Umschmelzbetrieb befinden sich in Witten und Siegen, mit einer Jahreskapazität von zusammen mehr als 1,1 Mio. t Rohstahl (Abb. 11). Die Produktion umfasst außerdem an diesen beiden sowie den anderen Standorten Warm- und Kaltwalzen, Schmieden, Wärmebehandlung sowie mechanische Bearbeitung. Die Produkte reichen von Drähten über Stäbe bis zu Schmiedeteilen und Spezialprodukten wie Stahlpulver für den 3D-Druck.

Die Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG produziert eine große Anzahl von Güten im Bereich Edelbaustahl, Werkzeugstahl und RSH-Stahl (rost-/säure-/hitzebeständig). Insbesondere Letztere enthalten nennenswerte Mengen Chrom, Nickel und Molybdän als Legierungselement. Die Stahlherstellung basiert grundsätzlich auf dem Einsatz von Stahlschrotten (Alt- und Neuschrotte). Selbst die benötigten Legierungselemente werden in erheblichem Umfang durch die Nutzung von Edelstahlschrotten als Sekundärrohstoff zugeführt, wenngleich dem Einsatz von Primärrohstoffen, wie vor allem Ferrochrom und Nickelmetall, auch zukünftig eine große Bedeutung zukommt.

Die verschiedenen produzierten Spezialstähle kommen vor allem zum Einsatz in der Automobilindustrie, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Luft- und Raumfahrtindustrie, in der Öl- und Gasindustrie, in Windkraftanlagen sowie in der chemischen Industrie, in der Nahrungsmittelindustrie, in der Medizin- und Verkehrstechnik und im Bergbau. Zukunftstechnologien wie die Elektromobilität nebst erforderlicher Infrastruktur oder die Wasserstoff-Wirtschaft erfordern ebenfalls nickelhaltige Spezialstähle.

Nickellegierungen

Nickel ist ein bedeutendes Legierungsmetall. Im Jahr 2019 machten Nichteisen-Legierungen etwa 10 % der weltweiten Nickelnachfrage aus. Nickellegierungen sind Nichteisen-Legierungen, in denen Nickel der Hauptbestandteil ist (vor allem Nickel-Kupfer-, Nickel-Eisen-, Nickel-Chrom- und Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen). Nickel findet auch Verwendung in Legierungen (Abb. 12), in denen



Abb. 12: Geschnittene Nickelkathode als Vorstoff für die Herstellung von Nickellegierungen (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG).

es einen Nebenbestandteil darstellt, wie z.B. in Kupfer-Nickel- und Eisen-Nickel-Legierungen.

Nickellegierungen finden Einsatz als korrosionsbeständige Legierungen, als Hochtemperatur- und Superlegierungen, als Widerstands- und Ausdehnungslegierungen und als weichmagnetische Legierungen.

Superlegierungen zeichnen sich durch ihre Hochtemperaturfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit aus. Sie werden z.B. in Gasturbinen, in Triebwerken, in Turboladern, in Verbindungs- und Befestigungselementen sowie in chemischen und petrochemischen Anlagen eingesetzt. Hierzu zählen u. a. Nickel-Chrom-Legierungen mit weiteren Legierungszusätzen, wie z.B. Molybdän, Eisen und Niob. Ein großer Vorteil dieser Superlegierungen ist die Kriech- und Ermüdungsfestigkeit sowie auch ihre Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen. Nickel-Chrom- und Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen kommen auch in Zündkerzen zum Einsatz. Sie zeichnen sich durch Beständigkeit gegenüber chemischen und temperaturabhängigen Prozessen im Brennraum aus.

Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen zeichnen sich auch durch eine besondere Zunderbeständigkeit bei hohen Temperaturen aus. Als hochtemperaturbeständige Werkstoffe kommen sie sowohl in der chemischen und petrochemischen Industrie als auch im Ofenbau zum Einsatz.

Für Nasskorrosionsanwendungen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in der Umwelttechnik und in der Öl- und Gasindustrie spielen z. B. Nickel-Chrom-, Nickel-Molybdän- und Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen, eine sehr wichtige Rolle. Sie werden dort wegen ihrer Beständigkeit u. a. in der Halogenchemie, in Säuren und Säuregemischen, in alkalischen Umgebungen sowie in Salzlösungen eingesetzt.

Nickel-Kupfer-Legierungen besitzen bei tiefen und hohen Temperaturen gute Korrosionseigenschaften und sind durch eine hervorragende Beständigkeit gegen Seewasser gekennzeichnet. Die Kupfer-Nickel-Legierungen gehören zu den korrosionsbeständigsten Kupferwerkstoffen. Sie sind beständig gegen Feuchtigkeit, nicht oxidierende Säuren, Laugen und Salzlösungen, organische Säuren und gegen trockene Gase wie Sauerstoff, Chlor, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid und Kohlendioxid. Kupfer-Nickel-Legierungen werden typischerweise in der Öl- und Gasindustrie sowie in der chemischen Industrie eingesetzt. Auch im Schiffsbau werden sie verwendet.

Heizleiter- und Widerstandslegierungen werden für thermoelektrische Bauteile verwendet, z. B. im Automobilbau, im Ofenbau und in der Beleuchtungsindustrie. Hierzu zählen spezielle Kupfer-Nickel-, Nickel-Eisen- und Eisen-Nickel-Legierungen.

Nickel-Eisen-Legierungen zeichnen sich durch eine hohe magnetische Leitfähigkeit (Permeabilität) aus, lassen sich also in einem Magnetfeld leicht magnetisieren. Solche weichmagnetischen Legierungen finden insbesondere in der Elektrotechnik (z. B. Relais, FI-Schutzschalter, Abschirmungen, Transformatoren, Magnetventile, Schrittmotoren) Verwendung. Weichmagnetische Nickel-Eisen-Legierungen haben typischerweise Nickelgehalte von etwa 35–80 %, z. B. Mumetall oder Permalloy, das für magnetische Abschirmungen eingesetzt wird.

Ausdehnungslegierungen werden in elektrischen Bauteilen eingesetzt (z. B. im Automobilbau und in Batteriegehäusen). Zu diesem Legierungstyp zählen vor allem Nickel-Eisen- und Eisen-Nickel-Legierungen. Eisen-Nickel-Legierungen eignen sich aufgrund ihrer niedrigen bzw. angepassten Wärmeausdehnung auch für sog. Einschmelzlegierungen, bei denen die Legierung mit Glas und Keramik verbunden wird. Typische Einsatzgebiete sind die Medizintechnik sowie die Sensor-, Laser- und Messtechnik. Des Weiteren werden sie als Konstruktionswerkstoffe für Fertigungseinrichtungen der Luftfahrtindustrie und auch bei der Herstellung von modernen Bildschirmen verwendet.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet für binäre Kupfer-Nickel-Legierungen sind Münzen. Wegen ihrer Anlaufbeständigkeit, ihrer Farbe, ihres Glanzes und ihrer leichten Bearbeitbarkeit zu Münzplättchen von hoher Oberflächengüte und Maßgenauigkeit sowie wegen ihres günstigen Verhaltens beim Prägen sind diese Legierungen für Münzzwecke sehr gut geeignet. Sie werden z. B. für die innere Scheibe der Eineuromünze verwendet.

Neusilber ist die Bezeichnung für eine Kupfer-Nickel-Zink-Legierung mit hoher Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit und silberähnlichem Aussehen. Neusilber, das bis zu 18 % Nickel enthalten kann, wird insbesondere für Essbesteck, Musikinstrumente sowie Beschläge und Schmuck verwendet.

Die VDM Metals GmbH ist weltweit führend auf dem Markt der Nickellegierungen und hochlegierten Sonderedelstähle. In Deutschland produziert das Unternehmen an fünf Standorten. Die im Schmelzbetrieb in Unna erschmolzenen Vorprodukte werden in den Werken Duisburg, Siegen, Unna, Altena und Werdohl zu Flach- und Langprodukten veredelt. Die VDM Metals Group stellt nickelhaltige Korrosions-, Hochtemperatur-, Super- und Sonderlegierungen (z. B. Ausdehnungs- und Widerstandslegierungen) her, die vor allem als Bleche, Bänder, Stangen und Drähte vermarktet werden. Diese Produkte werden vor allem in der Öl- und Gasindustrie (z. B. als Rohre), in der chemischen Prozessindustrie, in der Automobilindustrie (z. B. in Katalysatoren, Abgassystemen und Turboladern) sowie in der Elektronik und Elektrotechnik (z. B. in Heizelementen und Wärmetauschern) und in der Luftfahrtindustrie eingesetzt.

Die Deutsche Nickel GmbH stellt in Schwerte (Fein-)Drähte und Stangen vor allem aus Nickel und Nickelbasislegierungen (Nickel-Kupfer-, Kupfer-Nickel-, Eisen-Nickel-, Nickel-Chrom- und Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen) her. Die Produkte des Unternehmens gehen überwiegend in die Automobil- und Elektronikindustrie, die Öl- und Gasindustrie, den chemischen Anlagenbau, die Metallweiterverarbeitung und die Medizintechnik.

Die Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG stellt am Standort Lindlar Produkte im Schleuder- und Formguss aus insbesondere rost-, säure- und hitzebeständigen Nickellegierungen her. Neben Primärnickel (Nickelkathode) werden dort auch Neuschrotte eingesetzt. Hauptabnehmer der Produkte sind die petrochemische und chemische Industrie, z. B. für Anlagen zur Dampfspaltung („steam cracking“) von Kohlenwasserstoffen. Die dafür eingesetzten Nickel-Chrom-Legierungen haben Nickelgehalte von 45 %. Für die Wasserstoffherstellung stellt das Unternehmen z. B. Reformerrohre mit einem Nickelanteil von ca. 35 % her. Auch in der Energietechnik und im Industrieofenbau kommen Legierungen mit einem Nickelgehalt von etwa 10 % bis fast 50 % zum Einsatz.

Oberflächenbeschichtungen

Als Vernickeln bezeichnet man die Beschichtung von metallischen Werkstücken mit einer Nickelschicht. Je nach Einsatzgebiet kann Nickel elektrochemisch (galvanisch) oder chemisch auf Phosphorbasis abgeschieden werden. Während galvanisches Vernickeln mittels Stromquelle elektrolytisch erfolgt, wird chemisch Nickel außenstromlos auf Phosphorbasis durchgeführt (sog. stromloses Vernickeln). Der Korrosionsschutz ist dabei abhängig vom Phosphorgehalt. Durch das Aufbringen einer Schicht chemisch Nickel mit hohem Phosphorgehalt wird ein höherer Korrosionsschutz erreicht.

Durch das Vernickeln werden feine Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche der Werkstücke eingeebnet, wodurch eine glänzende Oberfläche erzeugt wird und eine hohe dekorative Wirkung entsteht. Hierdurch wird eine gute Haftfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit erzielt und außerdem die elektrische Leitfähigkeit erhöht.

Vernickelte Werkstoffe finden in zahlreichen Bereichen Anwendung, z. B. im Automobilbau, in der Fahrzeugtechnik, in der Elektronik und Elektrotechnik, in der Sicherheitstechnik sowie in den Bereichen Windkraft, Sanitär, Bauwesen und Möbelbau.

Batterien

Dieser Anwendungsbereich hat zuletzt einen Wachstumsschub erlebt und wird in den kommenden Jahren zum Hauptnachfragetreiber für Nickel werden. Der wichtigste Einsatzbereich liegt in der Elektromobilität. Nickel wurde bereits in älteren Batterietechnologien, wie der Nickel-Cadmium-Batterie und der Nickel-Metallhydrid-Batterie verwendet. Derzeit wird es vor allem als Bestandteil des Kathodenmaterials in Lithium-Ionen-Batterien (LIB) eingesetzt. Diese Batterien enthalten je nach Typ noch verschiedene weitere Rohstoffe wie vor allem Aluminium, Graphit, Kobalt, Kupfer, Lithium und Mangan.

LIB besitzen im Vergleich zu anderen Batterietypen eine höhere spezifische Energiedichte, für die insbesondere Nickel verantwortlich ist. Damit können sie mehr Energie bei limitiertem Platzangebot (z. B. Fahrzeuge) speichern bzw. abgeben. Daher stehen diese Batterien im Fokus der Elektromobilität, gefolgt von den Anwendungsbereichen portable Konsumelektronik und stationäre Energiespeicherung (VDMA 2020). Weitere Vorteile der LIBs liegen in dem hohen Wirkungsgrad beim Laden und Entladen sowie der geringen Selbstentladung.

LIB stellen die für die Elektromobilität wichtigsten wiederaufladbaren Akkumulatoren dar. Als Traktionsbatterie im PKW-Bereich haben sich zwei Arten von LIB durchgesetzt: LIB mit Kathodenmaterial aus Nickel, Mangan und Kobalt (NMC) und solche mit Kathodenmaterial aus Nickel, Kobalt und Aluminium (NCA). Zuletzt wurden die Kathoden der LIB zur Erhöhung der Zellkapazitäten hin zu nickelreichen Varianten weiterentwickelt. Mit der Entwicklung der NMC-Batterien hat der Nickelanteil am Kathodenmaterial von etwa 30 % (NMC 111), über ca. 54 % (NMC 622) zu etwa 72 % (NMC 811) zugenommen (BGS 2018). Im Bereich der NMC-Kathode liegt das Ziel dieser optimierten Zellen bei den NMC 811, d. h. einem Einsatz von Nickel, Mangan und Kobalt im Ver-

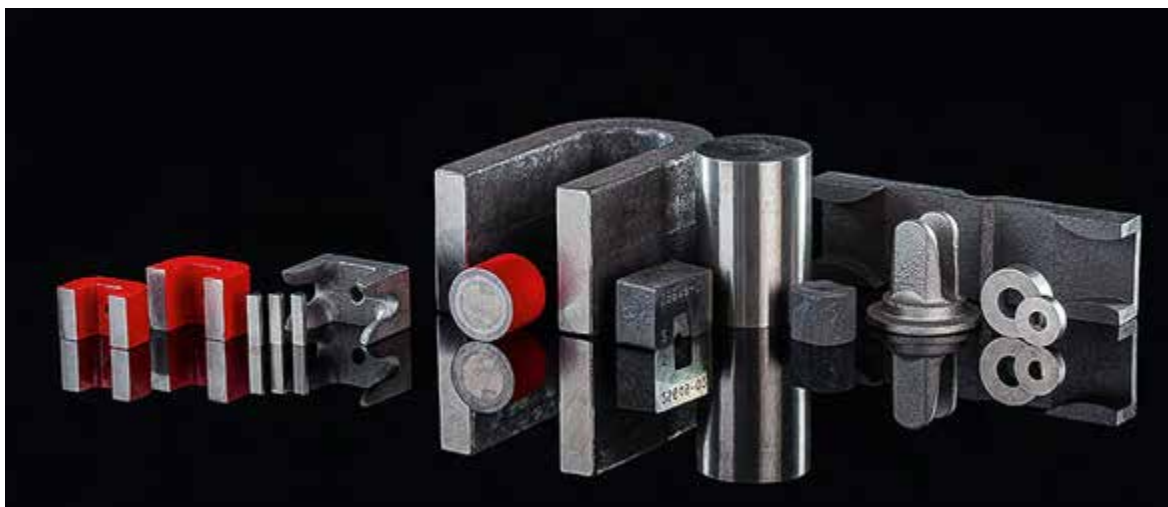


Abb. 13: Unterschiedliche Formen gegossener AlNiCo-Dauermagnete der GMB Deutsche Magnetwerke GmbH (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der Nickelhütte Aue GmbH / GMB Deutsche Magnetwerke GmbH).

hältnis 8 : 1 : 1. NCA-Batterien führen einen Anteil von etwa 75 % Nickel.

Gegenwärtig sind insbesondere LIB vom Typ NMC 622, NMC 532 und NMC 111 im Einsatz. NMC 532- und NMC 622-Batterien hatten im Jahr 2019 einen Marktanteil von fast 50 %. Zukünftig werden vor allem die Typen NMC 622 und NMC 811 ihre Marktanteile noch deutlich ausbauen. Im Jahr 2025 könnte ihr Marktanteil dann bei mehr als 60 % liegen (MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. 2021). Neben den dann vorherrschenden nickelreichen LIB, wird auch für nickelfreie LFP-Batterien ein Marktanteil von knapp 10 % erwartet.

NiMH- und NiCd-Akkumulatoren kommen vor allem dort zum Einsatz, wo hoher Strombedarf besteht. Insbesondere NiCd-Batterien kommen nur in ausgewählten Nischen, wie z.B. in ferngesteuertem Spielzeug, Notbeleuchtungsanlagen und einigen elektrischen Werkzeuggruppen zum Einsatz.

Sonstiges

Nickel wird auch in Katalysatoren der Lebensmittelindustrie und der chemischen und petrochemischen Industrie eingesetzt. Sogenannter „Raney-Nickel“ ist eine Nickel-Aluminium-Legierung, die bei der Hydrierung organischer Verbindungen eingesetzt

wird. In der Raffination von Rohölen werden z.B. bei deren Entparaffinierung Nickel-Molybdän-Katalysatoren sowie Zeolith-Katalysatoren, die Nickel als Hydriermetall enthalten, eingesetzt.

Dank seiner ferromagnetischen Eigenschaften wird Nickel auch zur Herstellung von Magneten verwendet. Die auf Eisen, Aluminium, Nickel und Kobalt basierenden AlNiCo-Magnete kommen in zahlreichen Applikationen zum Einsatz (z.B. Sensoren, Messinstrumente) und stellen von allen Magnetwerkstoffen die mit der geringsten Temperaturempfindlichkeit dar (Abb. 13). Der Nickelgehalt dieser Magnete liegt bei etwa 15–25 %.

2 Risikobewertung

2.1 Datenbasis

Für die vorliegende Studie wurde der Zeitraum von 1960–2019 betrachtet. Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich sämtliche Angaben auf das Bezugsjahr 2019.

Wichtige Datengrundlage der Rohstoffrisikobewertung bildet das Fachinformationssystem Rohstoffe (FIS Rohstoffe) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR 2021), mit Zeitreihen zur weltweiten Bergwerksförderung und zur Raffinadeproduktion, zu den Vorräten und zum deutschen Außenhandel sowie mit Preisinformationen und zusätzlich einem Volltextarchiv, das relevante Artikel aus einschlägigen Fachzeitschriften sowie Informationen aus der Tagespresse umfasst.

Informationen zu aktuellen Explorations- und Bergbauprojekten basieren auf eigenen Recherchen im FIS Rohstoffe der BGR und im Internet, hier insbesondere auf den Internetseiten der Bergbauunternehmen (u. a. Jahres- und Quartalsberichte, Firmenpräsentationen, Pressemeldungen) sowie in kostenpflichtigen Datenbanken.

Bei den Daten zum Produktionsstart und zur Jahresförderkapazität geplanter Bergbauprojekte und Betriebserweiterungen handelt es sich um Planzahlen der jeweiligen Explorations- und Bergbauunternehmen. Es ist anzumerken, dass geplante Bergbauvorhaben z. T. nicht umgesetzt werden, die Inbetriebnahme eines Bergwerks auf einen späteren Zeitpunkt verschoben wird oder die angekündigten Kapazitäten entweder dauerhaft nicht oder erst zu einem späteren Zeitpunkt erreicht werden.

2.2 Preisentwicklung

Nickel ist am Weltmarkt in einer Reihe von Formen und Qualitäten verfügbar. Die London Metal Exchange (LME) bietet seit dem Jahr 1979 den Handel mit Terminkontrakten auf Primärnickel an, dem Gehalte von mindestens 99,8 % Nickel (sog. Class-I-Nickel) zugrunde liegen. Dieses LME-Nickel wird in unterschiedlichen Formen gehandelt („cut cathodes“, „full plate cathodes“, „briquettes“ und „pellets“). Die gegenwärtig an

der LME zugelassenen und gehandelten Marken und Formen sowie deren Hersteller sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Nickel-Futures werden in einer Kontraktgröße („lot size“) von 6 Tonnen gehandelt. Die Preisermittlung für Nickel an der LME erfolgt im Ringhandel, wo gegenwärtig neun Handelshäuser zugelassen sind (LME 2020b). Der offizielle LME-Preis (in US-Dollar pro Tonne) dient weltweit als Referenz für physische Verträge und ist auch der Preis, zu dem alle Nickel-Futures abgerechnet werden.

Auch an der Shanghai Futures Exchange (SHFE) werden seit dem Frühjahr 2015 Terminkontrakte auf Primärnickel mit Gehalten von mindestens 99,8 % gehandelt. Dort sind folgende chinesische Hersteller zugelassen: Jinchuan Group Co. Ltd., Sichuan Ni&Co Guorun New Materials Co. Ltd., Jiangxi Jiangli Science and Technology Co. Ltd., Xinjiang Xinxin Mining Industry Co. Ltd., Jilin Jien Nickel Industry Co. Ltd., Shanxi Huaze Nickel & Cobalt Co. Ltd. sowie das russische Unternehmen PJSC MMC Norilsk Nickel (SHFE 2020).

Neben hochreinem Kathodennickel wird Raffinadenickel auch mit Gehalten von unter 99 % (sog. Class-II-Nickel) vor allem als NPI, Ferronickel sowie auch als Nickelchemikalien (vor allem Nickelsulfat) gehandelt. Des Weiteren ist Nickel in zahlreichen weiteren Qualitäten und Formen verfügbar. Hierzu zählen Erze und Konzentrate sowie Zwischenprodukte der pyro- und hydrometallurgischen Weiterverarbeitung (z. B. Nickelmatte, MSP und MHP). Außerdem werden auch große Mengen an nickelführenden Sekundärrohstoffen (z. B. Schrotte und Abfälle) gehandelt.

Für Rohstoffpreise gibt es eine Reihe von kommerziellen Informationsdienstleistern, welche Preise für diverse Nickelverbindungen erheben und kostenpflichtig anbieten. Unabhängig davon werden die Notierungen für viele Nickelverbindungen zwischen den Produzenten, Händlern und Endabnehmern individuell und abhängig von den geforderten Produktqualitäten und Spezifikationen ausgehandelt. Mit Bezug zum LME-Nickelpreis, werden für die unterschiedlichen Qualitäten (z. B. Ferronickel, Nickelsulfat, Lateriterze, Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Edelstahl) sowie weitere werthaltige Inhaltsstoffe entsprechende Zuschläge („credits“) oder Abschläge („discounts“) erhoben.

Tab. 3: Marken und Hersteller von LME-Nickel (LME 2020a).

Land	Marke	Hersteller	Form
Australien	BHP BILLITON NICKEL BRIQUETTES	BHP Billiton Nickel West Pty Ltd.	Briquettes
			Bagged Briquettes
	MINARA HIGH GRADE NICKEL BRIQUETTES	Minara Resources Pty Ltd.	Briquettes
			Bagged Briquettes
Kanada	SHERRITT NICKEL BRIQUETTES	The Cobalt Refinery Company Inc.	Briquettes
			Bagged Briquettes
	VALE NICKEL PELLETS	Vale Canada Ltd.	Pellets
			Bagged Pellets
China	CASH	Yantai Cash Industrial Co. Ltd.	Full Plate Cathodes
	JINTUO GRADE 1	Jinchuan Group Co. Ltd.	Cut Cathodes
			Full Plate Cathodes
	Finnland	NORILSK NICKEL HARJAVALTA CATHODES	Norilsk Nickel Harjavalta Oy
Full Plate Cathodes			
NORILSK NICKEL HARJAVALTA BRIQUETTES		Briquettes	
Japan	SUMITOMO METAL MINING CO. LTD	Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.	Cut Cathodes
	SMM		Full Plate Cathodes
	AMBATOVY NICKEL BRIQUETTES	Dynatec Madagascar S.A.	Briquettes
			Bagged Briquettes
Norwegen	NIKKELVERK NICKEL	Glencore Nikkelverk AS	Cut Cathodes
			Full Plate Cathodes
Russische Föderation	NORNICKEL	JSC „Kola GMK“	Full Plate Cathodes
	SEVERONICKEL COMBINE H-1		Cut Cathodes
	SEVERONICKEL COMBINE H-1Y		Cut Cathodes
		Full Plate Cathodes	
Südafrika	IMPALA NICKEL	Impala Platinum Ltd.	Briquettes
	RPM NICKEL	Rustenburg Platinum Mines Ltd.	Full Plate Cathodes
			Cut Cathodes
	Großbritannien	VALE NICKEL PELLETS	Vale Canada Ltd. hergestellt durch Vale Europe Ltd.
Bagged Pellets			

Der Nickelpreis wird primär durch die Änderungen des Nickelangebots und der Nickelnachfrage bestimmt. Außerdem wirken sich z. B. spekulative Aktivitäten, Wechselkurse, Nachrichten über Produktionsausfälle und Werksschließungen sowie Handelsbeschränkungen und andere politische Maßnahmen auf den Nickelpreis aus (Abb. 14).

In den letzten 60 Jahren war die Entwicklung des Nickelpreises durch zahlreiche Preisspitzen gekennzeichnet. Bis April 1979 spiegelte die Preisentwicklung die Festsetzung des Preises direkt durch die Nickelproduzenten wider. Nachfolgend bot die LME den Handel mit Terminkontrakten auf Nickel an.

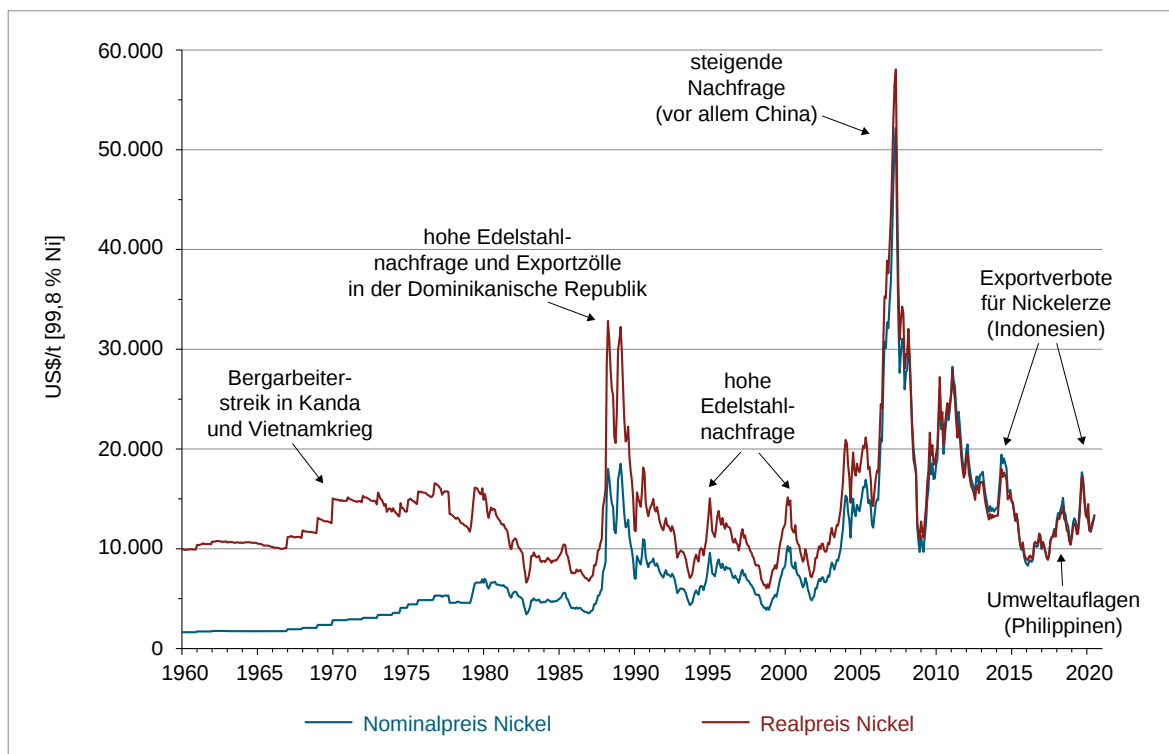


Abb. 14: Nominale und reale Entwicklung der Monatsdurchschnittspreise für Nickelmetall in US\$/t im Zeitraum 1960–2020. Die Realpreise sind mit dem Consumer-Price-Index der USA (2020 = 100 %) deflationiert (Datenquelle: BGR 2021).

Mit der durch das Einsetzen des Vietnamkrieges Mitte der 1960er Jahre erhöhten Nickelnachfrage kam es zu einem signifikanten Preisanstieg, der durch einen mehrmonatigen Bergarbeiterstreik in Kanada, dem seinerzeit wichtigsten Produzentenland, im Jahr 1969 noch weiter an Fahrt gewann und 1975–1976 ein Niveau oberhalb 15.000 US\$/t erreichte. Infolge des Kriegsendes und verbunden mit dem zwischenzeitlichen Markteintritt weiterer wichtiger Nickelproduzentenländer (z. B. 1967 Australien und 1973 China, vgl. Kap. 2.3) kam es seit Mitte der 1970er Jahre zu einem deutlichen Preisverfall. Ein weiterer fast neunmonatiger Bergarbeiterstreik in Kanada resultierte 1979 in einer erneuten Preisspitze.

Ende der 1970er Jahre endete die jahrzehntelange Marktdominanz Kanadas bei Nickel. Verbunden mit einem deutlichen Rückgang der Nickelnachfrage im Zuge der weltweiten Rezession der frühen 1980er Jahre, verfiel der Preis in den 1980er Jahren sehr deutlich auf ein Niveau von zeitweise weit unter 10.000 US\$/t. Erst Ende der 1980er Jahre stieg der Nickelpreis, infolge eines unerwartet großen Anstiegs der Nachfrage

nach Edelstahl, sprunghaft auf ein Rekordniveau von über 30.000 US\$ an. Gleichzeitig herrschte ein stagnierendes Raffinadeangebot sowie ein geringeres Angebot an Edelstahlschrotten.

Der Zerfall der UdSSR ließ die dortige Nickelnachfrage massiv einbrechen, woraufhin das Land ein großes Nickelangebot exportierte und den Nickelpreis bis Ende der 1990er Jahre, hier noch verstärkt durch die Asienkrise, auf einen Wert von unterhalb 7.000 US\$/t drückte.

Seit Anfang der 2000er Jahre kam es in China zu einem enormen Nachfrageboom nach Rohstoffen. Das durchschnittliche Wachstum der chinesischen Nickelnachfrage lag in den letzten zwei Jahrzehnten bei 17,5 %. Gleichzeitig erhöhte sich der Anteil des Landes am weltweiten Raffinadeverbrauch von rund 5 % auf heute über 55 %. Mitte 2007 erreichte die Preissally bei Nickel ein neues Allzeithoch von oberhalb 55.000 US\$/t.

Mit der globalen Finanzkrise 2008–2009 brach die Nickelnachfrage deutlich ein, gefolgt von einer mehrjährigen Phase des Marktüberschusses. Der

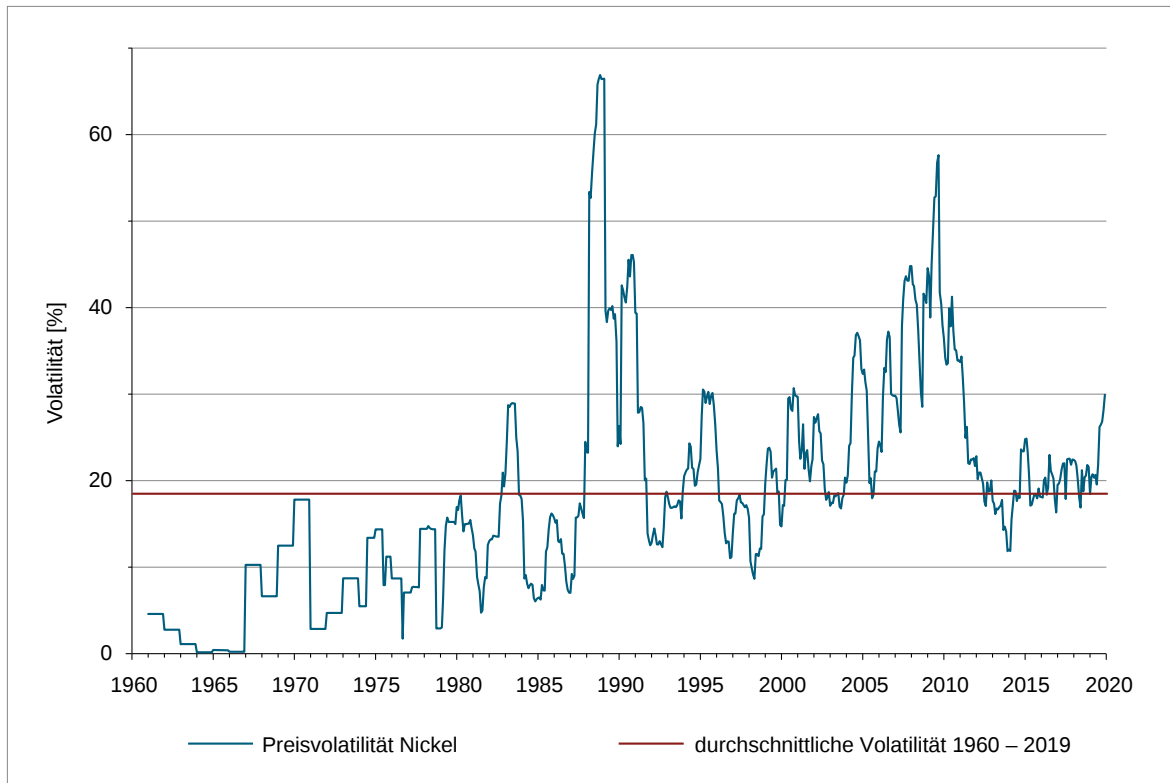


Abb. 15: Historische Jahresvolatilität für die Monatsdurchschnittspreise von Nickelmetall (Nickelgehalt $\geq 99,8\%$) für den Zeitraum 1960–2019 (Datenquelle: BGR 2021).

Nickelpreis fiel wieder auf ein Niveau von deutlich unterhalb 15.000 US\$/t.

Parallel mit dem Anstieg der Nickelnachfrage in China avancierte Indonesien zum mit Abstand weltgrößten Bergbauland für diesen Rohstoff. Die Nickelerze wurden zuletzt fast vollständig nach China exportiert. Mit dem Ziel die Wertschöpfung im eigenen Land zu steigern, hatte Indonesien durch Handelsrestriktionen in den letzten Jahren einen großen Einfluss auf das globale Nickelangebot und damit auch auf den Nickelpreis. Mit dem Einsetzen des Exportverbots für Nickelerze Anfang 2014 erreichte der Nickelpreis kurzzeitig ein Niveau oberhalb 20.000 US\$/t, um in der Folge wieder unter den Wert von 10.000 US\$/t zu fallen. Im Jahr 2016 stieg der Nickelpreis, durch Ausfälle beim Angebot an Laterit Erz von den Philippinen durch die dortigen Umweltüberprüfungen der Nickeltagebaue, kurzzeitig leicht an, um dann in Folge der Lockerung des indonesischen Exportverbots für niedriggradige Nickelerze (vgl. Kap. 2.6) Anfang 2017 erneut zu verfallen. Zuletzt führte das auf Anfang 2020 vorgezogene erneute vollständige Exportverbot Indonesiens nach des-

sen Ankündigung Ende August 2019 zu einem deutlichen Preisanstieg auf oberhalb 18.000 US\$/t in der zweiten Jahreshälfte 2019.

Mit dem Nachfragerückgang im Zuge der Covid-19-Pandemie ist der Nickelpreis bis März 2020 kurzfristig erneut verfallen. Seitdem steigt er konstant auf zuletzt über 18.000 US\$. Der Nachfragerückgang bedeutet für das Jahr 2020 einen deutlichen Marktüberschuss bei Nickel (vgl. Kap. 2.5), der auch für das Folgejahr prognostiziert wird.

Preisvolatilität

Die Volatilität des Nickelmetallpreises (Nickelgehalt $\geq 99,8\%$) für den Zeitraum 1960–2019 schwankt zum Teil beträchtlich (Abb. 15). Die gemittelte Preisvolatilität liegt bei 18,1 %. Im Jahr 1988 betrug die Jahresvolatilität 66,4 % und erreichte damit den Höchstwert im betrachteten Zeitraum und lag auch im Jahr 1990 nochmals oberhalb 45 %. Die Jahre 2007–2009 waren ebenfalls durch eine vergleichsweise hohe Preisvolatilität von oberhalb 40 % gekennzeichnet.

In den Folgejahren bewegte sich die Volatilität wieder leicht oberhalb des langfristigen Mittels. Im Jahr 2019 ist die Volatilität auf einen Wert von 30 % gestiegen, was im Wesentlichen auf einen deutlichen Anstieg des Nickelpreises dieses Jahres zurückzuführen ist.

2.3 Angebot

2.3.1 Bergwerksförderung

Im Jahr 2019 wurden weltweit etwa 2,54 Mio. t Nickel in insgesamt 27 Ländern auf sechs Kontinenten durch Bergwerksförderung gewonnen (Tab. 4), wobei mit mehr als 62 % des weltweiten Angebots der Schwerpunkt der Nickelgewinnung in Südostasien und Ozeanien lag (Abb. 16). Das bedeutendste Förderland war Indonesien mit etwa

853.000 t Nickelinhalt im Erz (Marktanteil 33,6 %), gefolgt von den Philippinen (Marktanteil 12,7 %), der Russischen Föderation (8,8 %) und Neukaledonien (8,2 %). Auf die 15 größten Förderländer entfielen im Jahr 2019 mehr als 94 % des weltweiten Nickelangebots. Der Rest wurde in zwölf weiteren Ländern („übrige Länder“ in Tab. 4, Abb. 16–17) erbracht. Seit 2009 hat sich das weltweite Bergwerksangebot innerhalb von zehn Jahren fast verdoppelt, die Gewinnung im Hauptförderland Indonesien sogar vervierfacht.

Der weitaus größte Teil des Nickels wird aus Lagerstätten gewonnen, in denen der Rohstoff das Hauptwertmetall darstellt (vgl. Kap. 1.2). Im Jahr 2019 wurden etwa 29 % der weltweiten Bergwerksförderung aus sulfidischen Nickellagerstätten (vor allem Russische Föderation, Kanada, Australien und China) erbracht und etwa 71 % aus Lateriten (vor allem Indonesien, Philippinen,

Tab. 4: Bergwerksförderung von Nickel für die Jahre 1999, 2009 und 2019 (BGR 2021, INSG versch. Jg.).

Land	Bergwerksförderung [t Ni-Inhalt]				
	1999	2009	Weltanteil 2009 [%]	2019	Weltanteil 2019 [%]
Indonesien	89.100	202.800	14,7	853.000	33,6
Philippinen	12.400	139.745	10,2	323.300	12,7
Russische Föderation	235.000	261.790	19,0	223.200	8,8
Neukaledonien	110.080	95.650	7,0	209.600	8,3
Kanada	186.240	135.040	9,8	187.100	7,4
Australien	183.400	165.800	12,0	158.800	6,3
China	50.100	79.400	5,8	104.700	4,1
Brasilien	32.980	38.100	2,8	60.400	2,4
Kuba	67.000	70.000	5,1	48.900	1,9
Kolumbien	39.270	51.800	3,8	45.000	1,8
Südafrika	36.200	34.600	2,5	43.500	1,7
Finnland	730	1.400	0,1	38.100	1,5
Madagaskar	0	0	0,0	36.800	1,4
Guatemala	0	0	0,0	36.300	1,4
Papua-Neuguinea	0	0	0,0	32.700	1,3
übrige Länder ¹	76.020	100.030	7,2	135.900	5,4
Welt	1.118.520	1.376.155	100	2.537.300	100

¹ 1999: Botsuana, Dominikanische Republik, Griechenland, Myanmar, Norwegen, Simbabwe

2009: Botsuana, Griechenland, Kosovo, Marokko, Mazedonien, Norwegen, Sambia, Simbabwe, Spanien, Türkei, Venezuela

2019: Albanien, Dominikanische Republik, Griechenland, Kosovo, Myanmar, Norwegen, Simbabwe, Türkei, USA, Côte d'Ivoire, Sambia, Salomonen

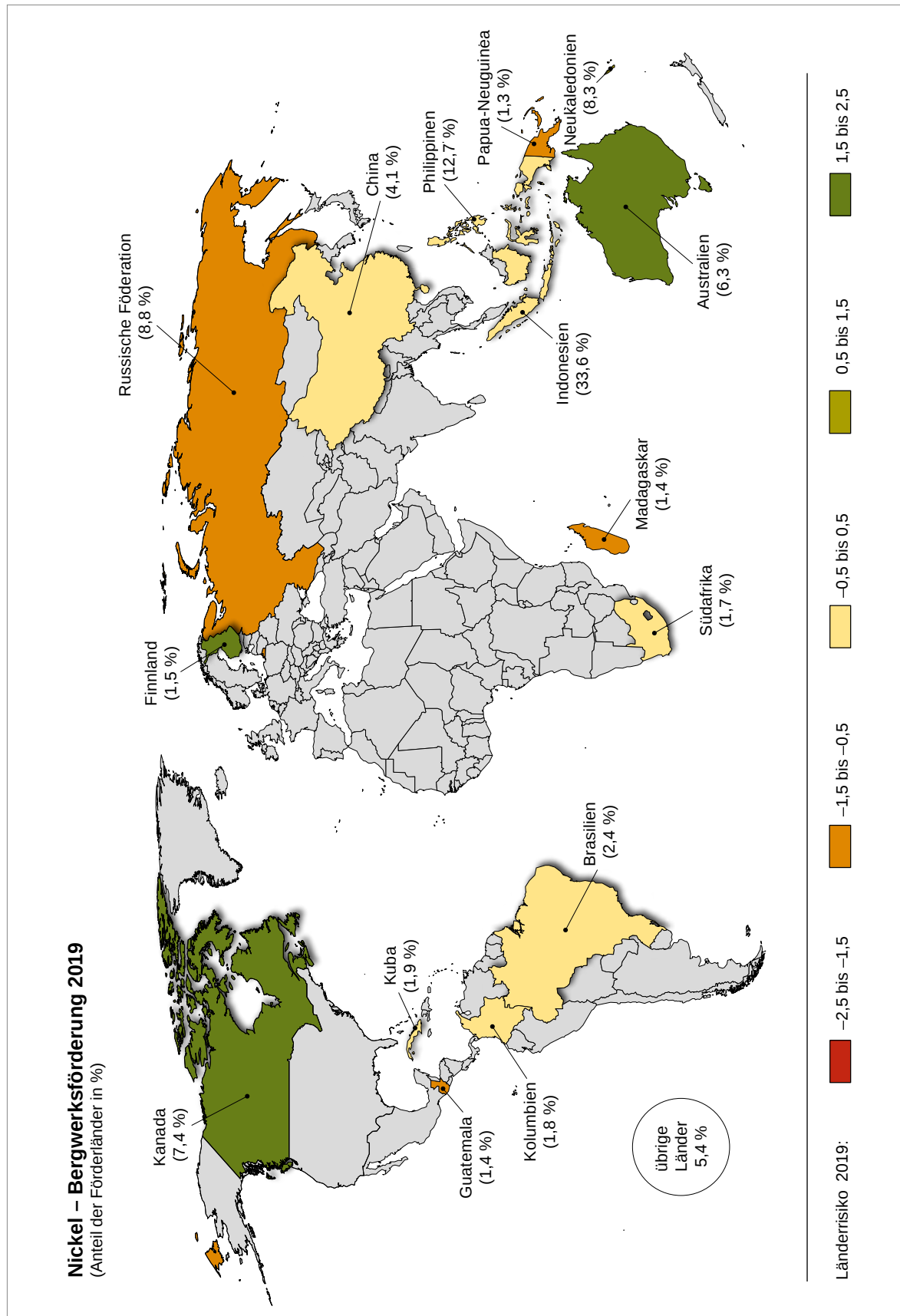


Abb. 16: Bergwerksförderung von Nickel im Jahr 2019 der 15 größten Förderländer und deren Länderrisiko für das Jahr 2019 (THE WORLD BANK 2020, BGR 2021, INSG versch. Jg.).

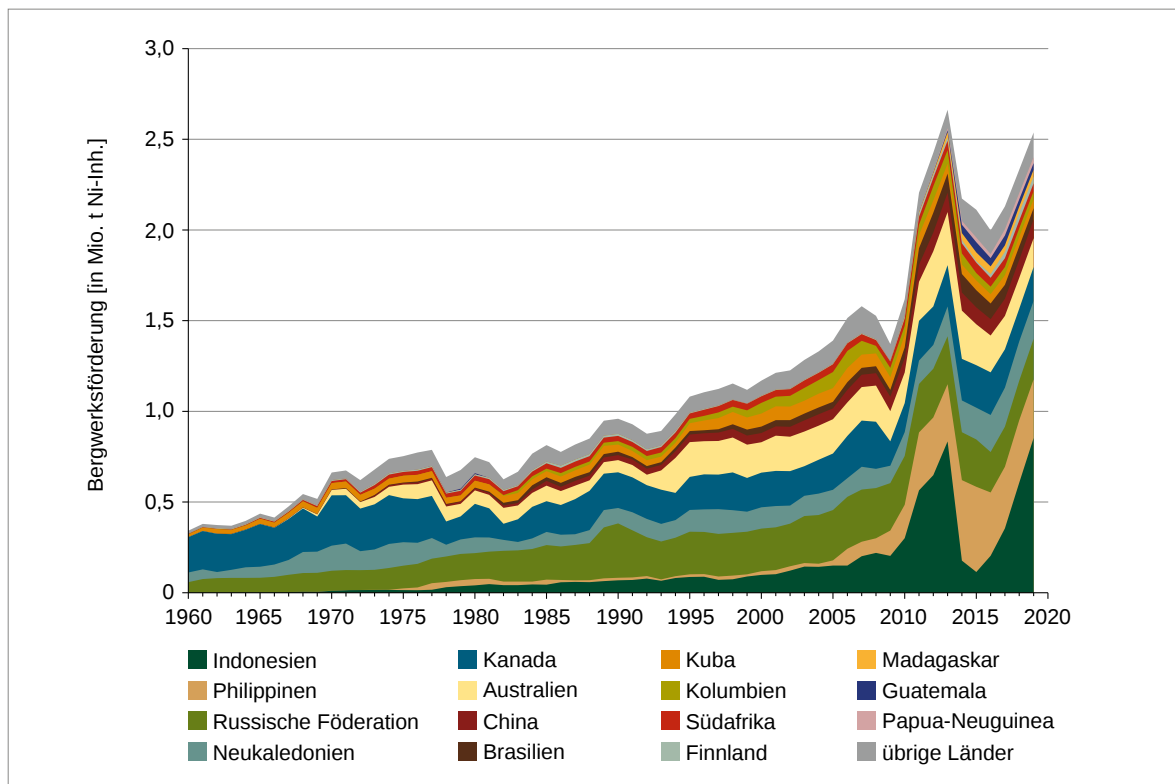


Abb. 17: Entwicklung der Bergwerksförderung von Nickel zwischen 1960 und 2019 (BGR 2021, INSG versch. Jg.).

Neukaledonien und Brasilien). Zehn Jahre zuvor kamen noch etwa 48 % der globalen Förderung aus Nickelsulfiden sowie 52 % aus Lateriten. Auch zukünftig wird der Nickelanteil aus Lateriten am gesamten Primärnickelangebot weiter zunehmen.

Im Jahr 1960 belief sich die weltweite Nickelgewinnung auf rund 342.000 t (Abb. 17) und verteilte sich auf lediglich 15 Förderländer. Anders als heute wurde die Förderung seinerzeit mit großem Abstand von Kanada dominiert. Das Land hatte 1960 einen Marktanteil von knapp 57 % an der weltweiten Gewinnung des Rohstoffs und kontrollierte zusammen mit der damaligen UdSSR rund drei Viertel der globalen Bergwerksförderung. Seit 1960 hat sich die Förderung von Nickel auf heute ca. 2,54 Mio. t fast versiebenfacht. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate lag im gleichen Zeitraum bei 3,5 % (Tab. 5). Während Anfang der 1960er Jahre noch zwei Förderländer von Nickelsulfiden den Markt dominierten, belegten im Jahr 2019 mit Indonesien und den Philippinen zwei Nickellaterit fördernde Länder die Spitzenpositionen.

Von 1960 bis in die zweite Hälfte der 1970er Jahre nahm die Anzahl der Nickelförderländer deutlich zu und das jährliche Wachstum der Förderung lag in diesem Zeitraum bei überdurchschnittlichen 5 %. Im Zuge der weltweiten Rezession sowie bedingt durch Bergarbeiterstreiks in Kanada kam es Ende der 1970er- und Anfang der 1980er-Jahre zu einem kurzfristigen Rückgang der weltweiten Bergwerksförderung. Seit Beginn der 1990er Jahre bis 2013 erreichte die Nickelgewinnung ein weit überdurchschnittliches jährliches Wachstum von 5,7 % (Tab. 5), insbesondere getrieben durch den enormen Nachfrageboom aus China seit Anfang der 2000er Jahre. Damit verbunden kam es auch zu einem starken Anstieg des Nickelpreises, der im Jahr 2007 ein Allzeithoch von oberhalb 50.000 US\$ erreichte (vgl. Kap. 2.2). In diesen Jahren beteiligten sich auch zahlreiche neue Förderländer von Lateriten am Nickelbergbau (z.B. Madagaskar, Papua-Neuguinea und Guatemala).

Das Einsetzen des Exportverbots für Nickelerz aus Indonesien im Januar 2014, des bis dahin mit Abstand größten Erzexporteurs, hatte auch einen deutlichen Rückgang der weltweiten Nickelgewin-

Tab. 5: Jährliche Wachstumsraten der Bergwerksförderung von Nickel der 15 größten Förderländer des Jahres 2019 für ausgewählte Zeitintervalle seit 1960 (Datenquelle: BGR 2021).

Land	jährliche Wachstumsraten der Bergwerksförderung [in %]				
	1960–2019	1960–1977	1978–2019	1993–2013	2014–2019
Indonesien	13,8	24,2	8,5	13,5	36,9
Philippinen	19,8	68,1	6,0	20,2	–6,1
Russische Föderation ¹	–	5,1	–	1,2	–3,3
Neukaledonien	2,3	4,5	2,9	2,7	3,6
Australien	–	41,9	1,6	5,2	–9,7
Kanada	–0,1	1,1	0,9	1,0	–4,0
China	–	9,3	5,9	6,5	0,9
Brasilien	11,5	24,8	7,1	10,1	–9,9
Kuba	2,2	5,6	1,0	3,1	0,5
Kolumbien	–	–	6,1	6,1	–6,3
Südafrika	4,7	12,6	1,6	2,7	–4,6
Finnland	4,9	5,7	5,4	4,1	14,6
Guatemala	–	–	7,6	–	–5,0
Madagaskar	–	–	–	–	–0,1
Papua-Neuguinea	–	–	–	–	9,3
Welt	3,5	5,0	3,4	5,7	3,1

¹ bis 1990 UdSSR/GUS

nung zur Folge (Abb. 17). Gleichzeitig erreichte der Nickelpreis 2014 kurzzeitig wieder ein Niveau von oberhalb 20.000 US\$. Mit der teilweisen Lockerung des Exportverbots im Jahr 2017 für Erze mit Nickelgehalten von weniger als 1,7 %, hat die Förderung in Indonesien und damit verbunden auch die globale Nickelgewinnung des Jahres 2019 fast wieder das Niveau des Jahres 2013, also von vor dem Inkrafttreten des Exportverbots erreicht. Um zwei Jahre vorgezogen, besteht seit Januar 2020 wieder ein vollständiges Exportverbot für Nickel-erz aus Indonesien (siehe Exkurs II in Kap. 2.6). Für das Jahr 2020 wird im Zusammenhang mit der globalen COVID-19-Pandemie ein Rückgang der globalen Bergwerksförderung um etwa 8 % auf ca. 2,35 Mio. t erwartet (INSG 2020a).

Unter den sechs größten Nickelförderländern befanden sich im Jahr 2019 mit Indonesien, den Philippinen, Neukaledonien und Australien allein vier Länder aus Südostasien und Ozeanien. In dieser Region wird auch zukünftig der weit überwiegende Teil des globalen Nickelbergbaus erfol-

gen. Daneben sind die Russische Föderation, Kanada, China und Brasilien sowie Mittelamerika, die Karibik und das südliche Afrika weitere wichtige Förderländer bzw. -regionen (Abb. 1). Aus Sicht der EU gehörte im Jahr 2019 Finnland zu den 15 weltweit größten Förderländern (Marktanteil von 1,5 %). Neben Finnland wurde in der EU im Jahr 2019 auch in Griechenland Nickel gefördert. Der gemeinsame Anteil beider EU-Länder an der weltweiten Produktion betrug rund 2,0 %. Weitere europäische Förderländer in dem Jahr waren der Kosovo, Albanien und Norwegen. Auch im europäischen Teil der Russischen Föderation auf der Kola-Halbinsel wurde 2019 Nickel gewonnen.

Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Bergwerksförderung

Die Zahl der Förderländer hat seit dem Jahr 1960 von etwa 15 Ländern auf 23 im Jahr 1980 deutlich zugenommen (Abb. 18). In diesem Zeitraum hatten mit Australien (1967), den Philippinen (1970)

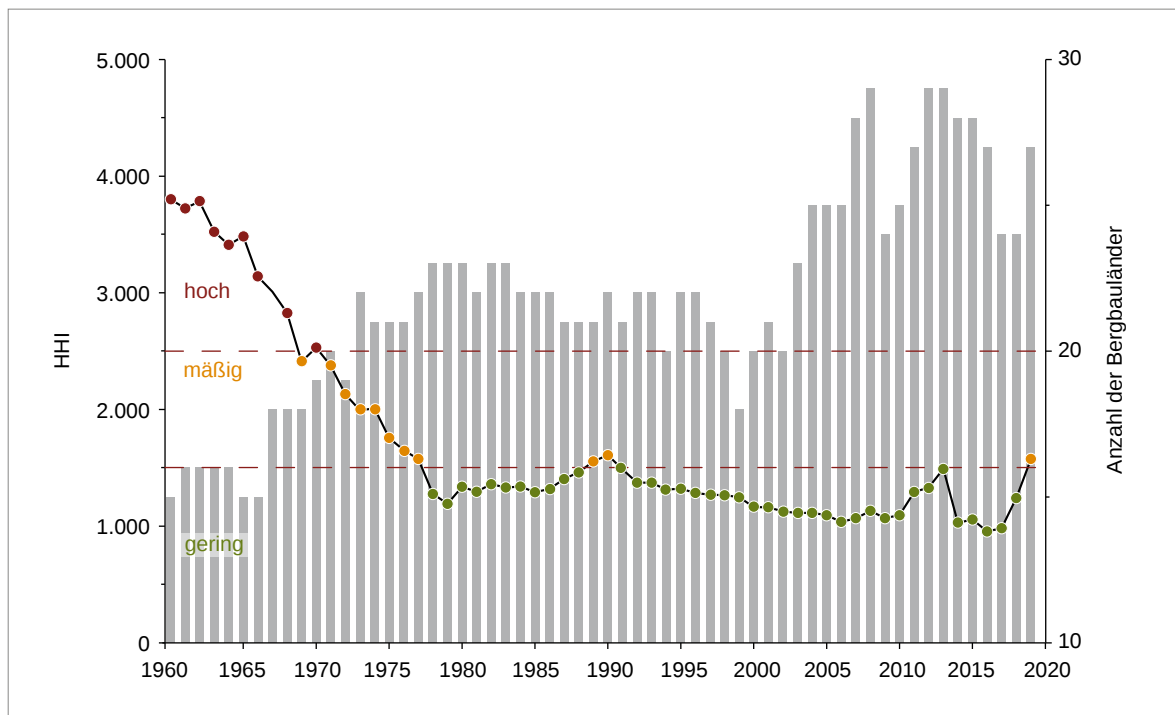


Abb. 18: Entwicklung des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) der Bergwerksförderung von Nickel und der Anzahl der Bergbauländer zwischen 1960 und 2019 (Datenquelle: BGR 2021); in rot: HHI-Werte für hohe Marktkonzentration, in orange: HHI-Werte für mäßige Marktkonzentration und in grün: HHI-Werte für geringe Marktkonzentration.

und China (1973) drei auch heute noch sehr bedeutende Nickelbergbauländer ihren Markteintritt. Parallel zu dieser zunehmenden Diversifizierung der Nickelgewinnung sank der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI, siehe Glossar) aus einem Bereich hoher Marktkonzentration mit Werten oberhalb 3.800 in einen Abschnitt niedriger Konzentration mit einem HHI von etwa 1.200. Diese signifikanten Veränderungen auf dem Nickelmarkt gehen mit dem schnellen Bedeutungsverlust der damaligen Marktmacht Kanada einher. Das Land verlor Marktanteile von oberhalb 57 % um 1960 auf weniger als 19 % Ende der 1970er Jahre.

Seit Anfang der 1980er Jahre stagnierte die Anzahl der Förderländer und ging Ende der 1990er Jahre auf Werte um 20 zurück. Im gleichen Zeitraum lag der HHI fast durchgängig im Bereich niedriger Marktkonzentration. Nur in den Jahren 1989 und 1990 befand er sich mit Werten leicht oberhalb 1.500 im Bereich mäßiger Konzentration. In diesem Zeitraum erzielte die damalige UdSSR ein besonders starkes Wachstum der Nickelproduktion und erreichte dabei einen weltweiten Marktanteil von 29 % bzw. 31 %.

Seit Ende der 1990er Jahre hat die Zahl der Förderländer, nur unterbrochen durch einen kurzzeitigen Rückgang im Zeitraum 2009–2011 bedingt durch die globale Finanzkrise, deutlich zugenommen. Im Zeitraum 2012–2013 wurde mit 29 Nickelförderländern ein bisheriges Allzeithoch erreicht. Im gesamten Zeitraum lag der HHI im Bereich niedriger Marktkonzentration. Lediglich von 2011 bis 2013 erhöhte sich der HHI der Bergwerksförderung auf Werte leicht unterhalb 1.500 und erreichte damit fast den Schwellenwert zur mäßigen Marktkonzentration. Der Anstieg der Zahl der Bergbauländer ist vor allem im sprunghaften Anstieg der chinesischen Nickelnachfrage begründet. In diesem Zeitraum hatten mit Madagaskar (2010), Papua-Neuguinea (2012) und Guatemala (2012) drei der heute 15 größten Nickelförderländer ihren Markteintritt. Seit Ende der 1990er Jahre bis 2013 hat das globale Wachstum der Nickelförderung 6,4 % betragen. In diesem Zeitraum erzielte Indonesien, im Vorfeld dessen Exportverbots für Nickelerz im Januar 2014, einen massiven Ausbau seiner Nickelförderung und damit seines weltweiten Marktanteils von etwa 18,5 % im Jahr 2010 auf mehr als 31 % im Jahr 2013. In den Jahren 2009–2013 betrug das

Wachstum der indonesischen Nickelförderung 42,4 %. Allein das hohe Wachstum der Förderung auf den Philippinen von 32,9 % in den Jahren 2009 bis 2014 konnte den deutlichen Rückgang der Weltbergwerksförderung des Jahres 2014 etwas abmildern. Auch die weltweite Nickelförderung ist zwischen 2013 und 2016 deutlich um 9 % zurückgegangen (Abb. 17). Nachdem das Exportverbot in Indonesien im Jahr 2017 teilweise für niedriggradige Nickelerze gelockert wurde, hat der indonesische Marktanteil wieder sprunghaft zugenommen und erreichte im Jahr 2017 etwa 16 %, 2018 etwa 26 % und 2019 bereits fast 34 %. Dadurch ist auch der HHI mit einem Wert von 1.570 im Jahr 2019 erstmals seit 1990 wieder über den Schwellenwert in den Bereich eines mäßig konzentrierten Marktes gestiegen (Abb. 18).

Mit dem erneuten vollständigen Exportverbot ab Januar 2020 und dem zwischenzeitlichen Markt-

eintritt weiterer Länder (Sambia, Côte d'Ivoire, Salomonen), wird sich der HHI auch kurz- bis mittelfristig weiter im Bereich geringer bis mäßiger Marktkonzentration bewegen. Die Zahl der Förderländer umfasste 2019 insgesamt 27 Länder.

Das gewichtete Länderrisiko (siehe Glossar) der Bergwerksförderung lag 2019 bei 0,02, was einem mäßigen Risiko entspricht. In den letzten 20 Jahren hat der Wert nur geringfügig im Bereich eines mäßigen Risikos geschwankt.

2.3.2 Raffinadeproduktion

Im Jahr 2019 wurden weltweit etwa 2,39 Mio. t Raffinadenickel in insgesamt 26 Ländern auf sechs Kontinenten hergestellt (Tab. 6). Die beiden mit Abstand wichtigsten Raffinadeprodukte waren NPI und Nickelmetall, die zusammen drei Viertel der

Tab. 6: Raffinadeproduktion von Nickel für die Jahre 1999, 2009 und 2019
(Datenquelle: BGR 2021, INSG versch. Jg.).

Land	Raffinadeproduktion [t Ni-Inhalt]				
	1999	2009	Weltanteil 2009 [%]	2019	Weltanteil 2019 [%]
China	44.800	253.800	19,3	806.000	34,0
Indonesien	9.385	12.500	1,0	375.700	15,8
Japan	134.699	144.319	11,0	182.700	7,7
Russische Föderation	228.000	244.800	18,6	167.300	7,1
Kanada	124.260	116.909	8,9	123.900	5,2
Australien	83.600	131.210	10,0	106.700	4,5
Norwegen	74.137	88.577	6,7	92.100	3,9
Neukaledonien	45.289	38.230	2,9	87.900	3,7
Finnland	52.800	41.556	3,2	62.400	2,6
Brasilien	22.932	28.100	2,1	54.600	2,3
Südkorea	–	21.400	1,6	46.300	2,0
Kolumbien	28.265	50.900	3,9	40.500	1,7
Südafrika	36.200	31.400	2,4	39.100	1,7
Großbritannien	39.467	17.800	1,4	35.000	1,5
Madagaskar	–	–	–	33.700	1,4
übrige Länder ¹	106.838	95.514	7,0	139.300	4,9
Welt	1.030.672	1.317.015	100	2.393.200	100

¹ 1998: Kuba, Dominikanische Republik, Simbabwe, Griechenland, Frankreich, Mazedonien, USA, Österreich, Serbien, Polen
2008: Kuba, Ukraine, Dominikanische Republik, Griechenland, Mazedonien, Frankreich, Venezuela, Serbien, Simbabwe, Österreich
2018: Myanmar, Dominikanische Republik, Kuba, Ukraine, Griechenland, Guatemala, Mazedonien, Kosovo, Frankreich, Indien, Österreich

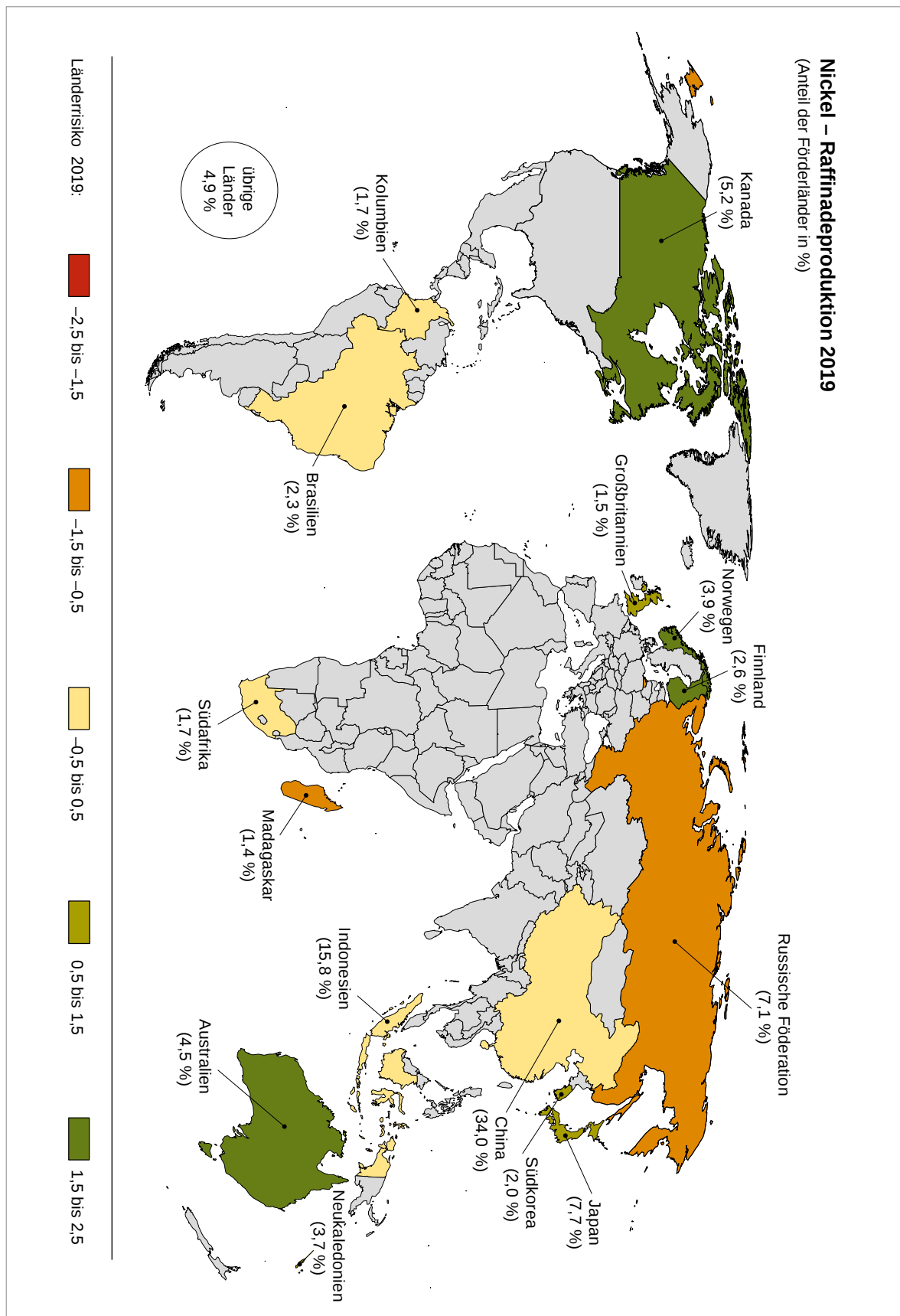


Abb. 19: Raffinadeproduktion von Nickel im Jahr 2019 der 15 größten Förderländer und deren Länderrisiko für das Jahr 2019 (THE WORLD BANK 2020, BGR 2021, INSG versch. Jg.).

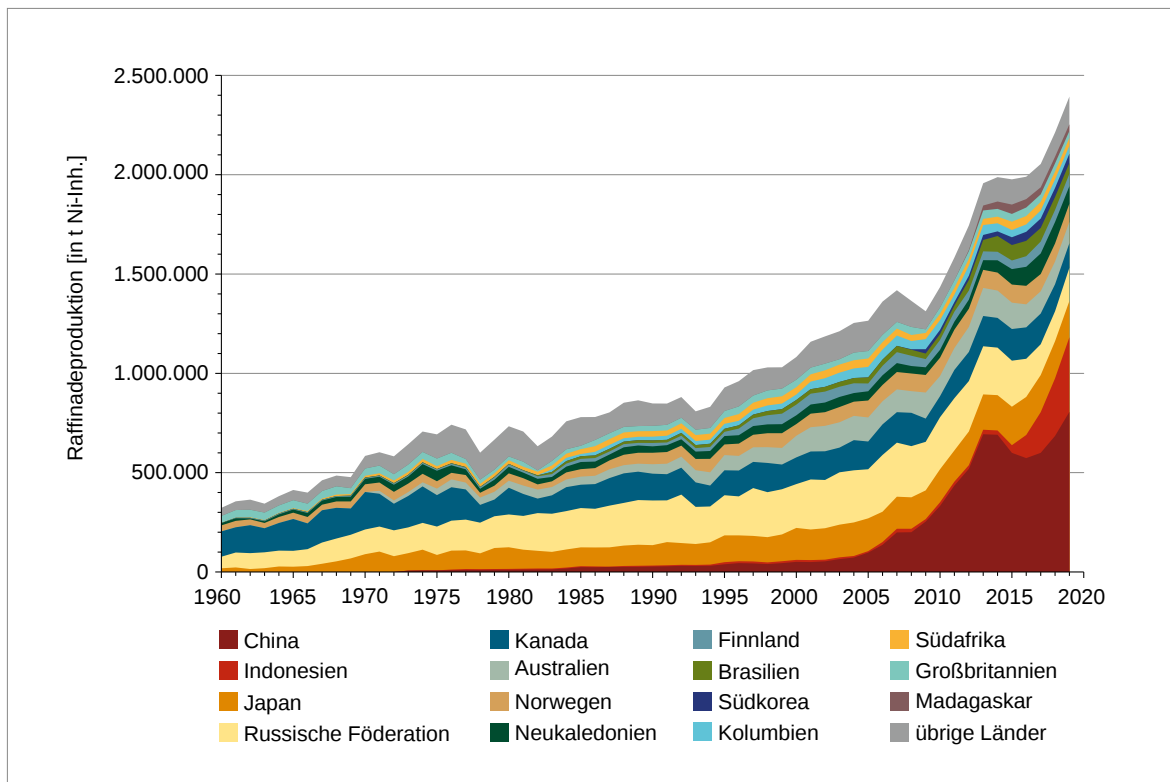


Abb. 20: Entwicklung der Raffinadeproduktion von Nickel zwischen 1960 und 2019
(BGR 2021, INSG versch. Jg.).

Nickelprodukte ausmachten, gefolgt von Ferronickel, Utility-Nickel und Nickelchemikalien (Abb. 5).

Die Raffinadeproduktion konzentrierte sich im Jahr 2019 vor allem auf China (Marktanteil 34,0 %) und Indonesien (15,8 %), die zusammen für die Hälfte der Herstellung verantwortlich waren (Tab. 6, Abb. 19). In den letzten zehn Jahren hat sich die Raffinadeproduktion in China mehr als verdreifacht. Im gleichen Zeitraum ist die Produktion in Indonesien, dem Land mit der heute weltweit zweitgrößten Raffinadeproduktion, sogar um den Faktor 30 gestiegen (Abb. 20). Dies hat vor allem mit dem dortigen Erzexportverbot zu tun, das dazu geführt hat, dass in kürzester Zeit zahlreiche neue Hütten zur Produktion von NPI in Betrieb genommen wurden.

In den beiden weltweit größten Raffinadeproduzentenländern China und Indonesien dominiert mengenmäßig die Herstellung von NPI, das in China im Jahr 2019 etwa 75 % und in Indonesien über 90 % der hergestellten Produkte ausmachte. Während NPI ausschließlich in den beiden vorgenannten Ländern hergestellt wird, verteilte sich die

Produktion von Ferronickel im Jahr 2019 auf insgesamt 14 Länder. Der europäische Anteil an der globalen Produktion von Ferronickel lag bei 4 %.

Während sich die Produktion von NPI und Ferronickel vor allem auf Asien konzentriert, erfolgt ein großer Teil der Herstellung von hochreinem Nickelmetall in Europa. Hier wurden im Jahr 2019 etwa 40 % des weltweiten Angebots erbracht, insbesondere in der Russischen Föderation (18,6 % durch PJSC MMC Norilsk Nickel), dem weltweit größten Produzentenland von Nickelmetall sowie in Norwegen (10,3 % durch Glencore Plc.), Finnland (7,0 % durch PJSC MMC Norilsk Nickel) und Großbritannien (3,9 % durch Vale S. A.). Das im Zusammenhang mit dem Markthochlauf der Elektromobilität benötigte Nickelsulfat wurde 2019 vor allem in China produziert.

In den letzten zehn Jahren hat sich das weltweite Raffinadeangebot nahezu verdoppelt. Auf die 15 größten Raffinadeländer entfielen im Jahr 2019 etwa 95 % des weltweiten Nickelangebots. Der Rest wurde in elf weiteren Ländern („übrige Länder“ in Tab. 6) erbracht.

Tab. 7: Jährliche Wachstumsraten der Raffinadeproduktion von Nickel der 15 größten Raffinadeländer des Jahres 2019 für ausgewählte Zeitintervalle seit 1960 (Datenquelle: BGR 2021).

Land	jährliche Wachstumsraten der Raffinadeproduktion [in %]				
	1960 – 2019	1960 – 1977	1978 – 2019	1978 – 2007	2008 – 2019
China	–	–	11,3	10,9	13,5
Indonesien	–	–	11,5	5,1	32,1
Japan	3,9	10,0	2,1	2,5	1,3
Russische Föderation ¹	–	6,0	–	–	–3,9
Kanada	0,0	1,0	0,8	1,9	–2,7
Australien	–	–	2,6	3,9	–0,2
Norwegen	1,9	1,4	3,4	4,6	0,3
Neukaledonien	3,5	5,5	3,7	2,9	8,1
Finnland	8,5	18,8	5,3	7,1	1,7
Brasilien	10,3	18,3	8,0	9,5	5,5
Südkorea	–	–	–	–	30,4
Kolumbien	–	–	9,3	15,3	–0,3
Südafrika	6,1	17,0	2,4	2,9	2,4
Großbritannien	< 0,1	–2,3	3,4	1,6	–1,4
Madagaskar	–	–	–	–	28,9
Welt	3,4	4,8	3,4	3,0	5,1

¹ bis 1990 UdSSR/GUS

Im Jahr 1960 belief sich die weltweite Raffinadeproduktion auf etwa 323.000 t (Abb. 20) und verteilte sich auf insgesamt 15 Länder. Etwa 40 % der Herstellung erfolgte in Kanada, dem seinerzeit bedeutendsten Produzentenland. Zusammen mit der ehemaligen UdSSR kontrollierte das Land im Jahr 1960 fast 57 % des weltweiten Raffinadeangebots. Seit 1960 hat sich das globale Angebot auf heute 2,39 Mio. t mehr als versiebenfacht. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate lag im gleichen Zeitraum bei 3,4 %.

Von 1960 bis Ende der 1970er Jahre ist das weltweite Raffinadeangebot mit jährlich 4,8 % überdurchschnittlich stark gewachsen. Im Zuge der weltweiten Rezession sowie bedingt durch Bergarbeiterstreiks in Kanada kam es Ende der 1970er- bis Anfang der 1980er-Jahre zu einer kurzfristigen Stagnation der weltweiten Raffinadeproduktion. Bis zur globalen Finanzkrise im Jahr 2008 ist das Angebot an Raffinadenickel dann mit jährlich durchschnittlich 3 % gestiegen. Seit 2008 erreichte die Raffinadeproduktion ein weit über-

durchschnittliches jährliches Wachstum von 5,1 % (Tab. 7), insbesondere getrieben durch den enormen Nachfrageboom aus China.

Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Raffinadeproduktion

Die historische Entwicklung des HHI der Raffinadeproduktion ist seit dem Jahr 1960 insgesamt, aber weniger stark ausgeprägt als die Entwicklung des HHI der Bergwerksförderung, durch eine fallende Tendenz gekennzeichnet, was einer Abnahme der Marktkonzentration entspricht (Abb. 21). Im gleichen Zeitraum hat sich die Zahl der Länder mit Raffinadeproduktion von 15 im Jahr 1960 auf heute mehr als 25 nahezu verdoppelt. Das gewichtete Länderrisiko zeichnet seit Anfang der 2000er Jahre einen leicht fallenden Trend nach, was einer Zunahme von einem niedrigen zu einem mäßigen Risiko entspricht.

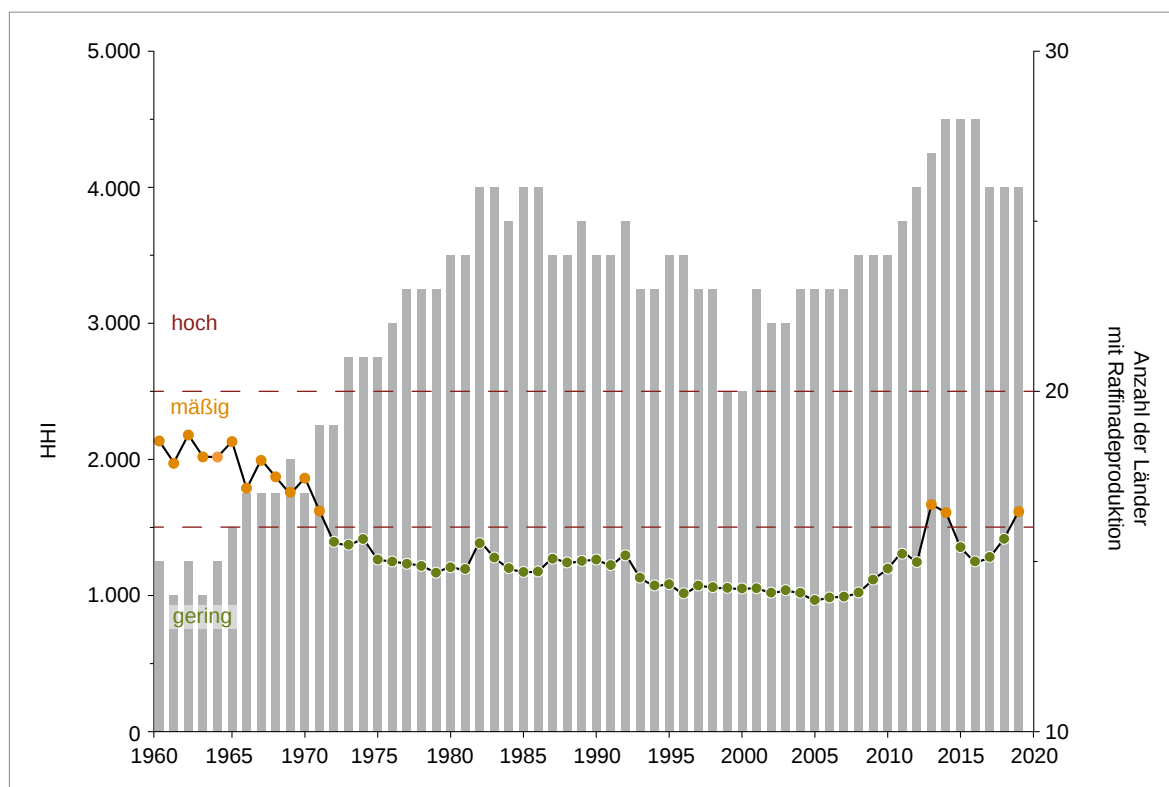


Abb. 21: Entwicklung des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) und der Anzahl der Länder mit Raffinadeproduktion von Nickel zwischen 1960 und 2019 (Datenquelle: BGR 2021); in orange: HHI-Werte für mäßige Marktkonzentration und in grün: HHI-Werte für geringe Marktkonzentration.

Die Zahl der Länder mit Raffinadeproduktion hat zwischen 1960 und Anfang der 1980er Jahre von 15 auf 26 deutlich zugenommen (Abb. 21). In diesem Zeitraum hatten mit Brasilien (1962), Australien (1971), China (1973), Indonesien (1976) und Kolumbien (1982) fünf auch heute noch sehr bedeutende Produzentenländer ihren Markteintritt. Mit dieser zunehmenden Diversifizierung der Raffinadeproduktion sank im gleichen Zeitraum der HHI aus einem Bereich mäßiger Marktkonzentration mit Werten oberhalb 2.000 in einen Abschnitt niedriger Konzentration mit einem HHI von etwa 1.200. Diese Änderungen beschreiben vor allem den Bedeutungsverlust der damaligen Marktmacht Kanada von einem Marktanteil von etwa 40 % Anfang der 1960er Jahre auf einen Anteil von etwa 15 % zu Beginn der 1980er Jahre.

Seit Anfang der 1980er Jahre war die Anzahl der Produzentenländer rückläufig und ging bis Ende der 1990er Jahre auf 20 zurück. Im gleichen Zeitraum bewegte sich der HHI durchgängig im Bereich niedriger Marktkonzentration. Seit Ende

der 1990er Jahre hat die Zahl der Länder mit Raffinadeproduktion wieder deutlich zugenommen und im Zeitraum 2014–2016 mit 28 Ländern ein bisheriges Allzeithoch erreicht. Im gleichen Zeitraum bewegte sich der HHI aus dem Bereich niedriger zeitweise in den Bereich mäßiger Marktkonzentration. Parallel verzeichnete China ein besonders starkes Wachstum der Raffinadeproduktion und erreichte in den Jahren 2013 und 2014 einen weltweiten Marktanteil von jährlich rund 35 %. Infolge des relativ schnellen Aufbaus von Raffinadekapazität in Indonesien reduzierte sich der chinesische Marktanteil in den Folgejahren allerdings wieder. Im Jahr 2019 erbrachten China und Indonesien einen gemeinsamen Marktanteil von knapp 50 %, was zu einer mäßigen Marktkonzentration (ein HHI von 1.621) führte.

Auch kurz- bis mittelfristig werden diese beiden Länder die Rangliste anführen, wobei Indonesien vermutlich bereits im Jahr 2021 zum weltweit größten Raffinadeproduzenten aufsteigen wird.

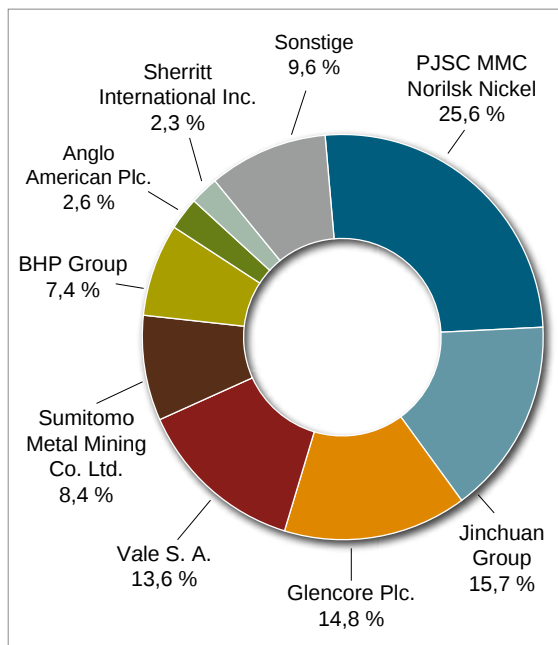


Abb. 22: Anteil einzelner Unternehmen an der weltweiten Produktion von Nickelmetall im Jahr 2019 (Quelle: Geschäftsberichte der Unternehmen).

Der HHI wird daher mittelfristig im Bereich mäßiger Marktkonzentration verbleiben.

Hinsichtlich der erwarteten steigenden Nachfrage nach Class-I-Produkten kommt Nickelmetall zukünftig eine wachsende Bedeutung zu. Die vier Unternehmen PJSC MMC Norilsk Nickel, Jinchuan Group, Glencore Plc. und Vale S. A. waren 2019 für rund 70 % der Metallproduktion verantwortlich (Abb. 22). Drei dieser Unternehmen haben Raffineriestandorte in Europa. Der HHI aller Firmen an der Nickelmetallproduktion lag im Berichtsjahr bei 1.461, was auf eine niedrige Firmenkonzentration hinweist. Von den acht größten Nickelproduzenten gewinnt allein Anglo American Plc. Nickel als Nebenprodukt.

2.3.3 Recycling

Das Angebot an Sekundärrohstoffen umfasst das Recycling von Nickel aus den unterschiedlichsten Quellen. Dies sind insbesondere Edelstahlschrotte und nickelhaltige Legierungen sowie Magnete, verbrauchte Katalysatoren und Batterien, nickelhaltige Schlämme, Stäube und Schlacken aus der Metallverarbeitung und aus Müllverbrennungsan-

lagen. ROSKILL (2018) schätzt, dass im Jahr 2018 rund 1,1 Mio. t Nickel aus sekundären Quellen zurückgewonnen wurden. Dies entspricht fast 50 % des Raffinadeangebots aus Primärquellen bzw. knapp einem Drittel des Gesamtnickelangebots des gleichen Jahres. Vergleichbare Werte von etwa 25–50 % Sekundärangebot am Gesamtangebot hat bereits das UNEP (2011) vorgelegt. Laut UNEP liegt die „End-of-Life“-Recyclingrate (sie beschreibt das funktionelle Recycling, siehe Glossar) für Nickel bei über 50 %. Das NICKEL-INSTITUT (2020b) geht für das Jahr 2010 von einer „End-of-Life“-Recyclingrate von 68 % aus.

Durch das nicht-funktionelle Recycling (sog. „downcycling“) gehen Nickelanteile verloren, z. B. durch unzureichende Sortierung und damit verbundenen Übergang in andere Metallströme (z. B. der Herstellung von Stahl) oder, im ungünstigsten Fall, durch Verbringung auf Deponien. Das funktionelle Recycling nickelreicher austenitischer Edelstähle ist sehr effizient, da die Sortierung der unmagnetischen Austenite durch Magnetabscheider auf sehr einfache Weise erfolgt. Der relativ hohe Nickelpreis schafft zusätzlich einen finanziellen Anreiz (vgl. RECK 2014). Durch das Recycling werden natürliche Nickelressourcen geschont. Im Vergleich zur Gewinnung und Weiterverarbeitung von Primärnickel, ist der Energiebedarf beim Nickelrecycling geringer, was auch einen geringeren Kohlendioxidausstoß bedeutet (z. B. POTHEN et al. 2019).

Das weltweite Nickelangebot aus Sekundärrohstoffen besteht mengenmäßig vor allem aus Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl. Diese werden als Neuschrotte, Altschrotte oder Mischschrotte weltweit gehandelt (vgl. Kapitel 2.6) und direkt wieder in der Produktion von vor allem Edelstahl eingesetzt. Ein geringerer Teil des Sekundärangebots an Nickel geht in die Herstellung von Raffinadeprodukten. Das Unternehmen Glencore Plc. setzt beispielsweise in seiner Hütte in Sudbury vor allem Nickelkonzentrate der eigenen Bergwerksbetriebe und von Fremdfirmen ein sowie untergeordnet auch nickelhaltige verbrauchte Katalysatoren, Batterien und Legierungsschrotte sowie Abfälle der Metallverarbeitung. Aus der daraus im Elektroofen hergestellten Nickelmatte wird in der unternehmenseigenen Raffinerie in Norwegen Nickelmetall erzeugt.

Nickelhaltige Neuschrotte aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierungen werden oft wieder



Abb. 23: Mischschrotte für den Einsatz in der Edelstahlindustrie bei der CRONIMET Ferrolegierungen GmbH in Karlsruhe vor der Schiffsverladung (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der Cronimet Ferrolegierungen GmbH).

in den verarbeitenden Unternehmen selbst eingesetzt, da deren genaue chemische Zusammensetzung bekannt ist. Durch den Einsatz von Neu- und Altschrotten erreichen die deutschen Unternehmen der Edelstahlindustrie, wie die Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG und die BGH Edelstahlwerke GmbH sowie die Hersteller von Legierungen (u. a. VDM Metals GmbH, Deutsche Nickel GmbH, Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG) hohe Recyclingquoten.

Recyclingunternehmen stellen aus Neu- und Altschrotten aus nichtrostendem Edelstahl sowie weiteren nickelhaltigen Sekundärprodukten und Stahlschrotten auch sog. Mischschrotte („blends“) her (Abb. 23). Diese werden so zusammengestellt, dass sie den gängigsten Edelstahlprodukten, mit einem Nickelinhalt von etwa 8–10 % entsprechen (vgl. Kapitel 1.4). Die CRONIMET Gruppe mischt beispielsweise Neu- und Altschrotte sowie die verschiedensten nickelhaltigen Zwischenprodukte. Hierzu zählen vor allem aufgearbeitete Schlacken oder Ausläufer sowie Späne und andere nickelhaltige Abfälle. Auch nickelhaltige Briketts der CRONIMET Envirotec GmbH (Abb. 24), die diese aus Bohr-, Metall- und Industrieschlämmen sowie Metallstäuben und -pulvern herstellt, werden verwendet.



Abb. 24: Briketts der CRONIMET Envirotec GmbH aus dem Recycling von Bohr-, Metall- und Industrieschlämmen sowie Metallstäuben und -pulvern (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der CRONIMET Envirotec GmbH).

Die „geblendeten“ Mischschrotte werden weltweit an Standorte der Edelstahlindustrie veräußert, wo in Elektrolichtbogenöfen wieder neuer Edelstahl erschmolzen wird. Deutschland war im Jahr 2019 der weltweit größte Nettoexporteur von Abfällen und Schrotten aus nichtrostendem Stahl (vgl. Kapitel 2.6). Deutsche Unternehmen, wie die CRONIMET Gruppe, die Oryx Stainless Group sowie die ELG Haniel GmbH gehören in diesem Marktsegment zu den weltweit führenden Handelshäusern.

Batterien werden im industriellen Maßstab bereits durch verschiedene Unternehmen vor allem in Asien (China, Japan und Südkorea) und Europa (Belgien und Deutschland) pyro- und hydrometallurgisch zur Gewinnung von Nickel und weiterer Wertmetalle recycelt.

Die Accurec Recycling GmbH recycelt an den Standorten Krefeld und Mülheim an der Ruhr alle Arten von Akkumulatoren (z.B. Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Batterien). Auch Lithium-Ionen-Batterien (LIB) aus der Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik sowie aus Elektrofahrzeugen werden am Standort Krefeld recycelt. Die Jahreskapazität des Unternehmens

beträgt 3.000 t Lithium-Ionen-Batterien. Die LIBs werden demontiert, thermisch vorbehandelt und anschließend mechanisch separiert (Sojka et al. 2020). Das dabei erhaltene verkaufsfähige Nickel-Kobalt-Konzentrat dient der Weiterverarbeitung zu Nickelmetall und Nickelchemikalien. Die aus Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Batterien wiedergewonnenen Nickel-Eisen-Konzentrate dienen als Vorprodukt für die Stahlindustrie.

Die Nickelhütte Aue GmbH verwendet im unternehmenseigenen Schmelzbetrieb vor allem nickelhaltige Galvanikschlämme und Rückstände aus der Metallverarbeitung sowie Batterien und gebrauchte Katalysatoren, u. a. aus der Lebensmittelindustrie, der Petrochemie und der chemischen Industrie (NICKELHÜTTE AUE GMBH 2020). Aus diesen Ausgangsstoffen werden verkaufsfähige nickelhaltige Konzentrate und Nickelstein hergestellt. Des Weiteren werden am Standort Aue hydrometallurgisch Nickelchemikalien (vor allem Nickelsulfat und Nickelchlorid) produziert und vermarktet (Abb. 25). Jährlich stellt das Unternehmen verkaufsfähige Produkte mit einem Nickelinhalt von etwa 4.500 t her.



Abb. 25: Verdampfungs- und Kristallisationsprozess bei der Nickelsulfat-Produktion
(Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der NICKELHÜTTE AUE GMBH).



Abb. 26: Kupferraffinationselektrolyse in Lünen. Rohnickelsulfat wird bei der Aufbereitung des Elektrolyten gewonnen (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der AURUBIS AG).

In Deutschland wird Rohnickelsulfat als Nebenprodukt der Kupferraffination gewonnen (Abb. 26). Im Jahr 2019 produzierte die Aurubis AG an den Standorten Hamburg und Lünen knapp 3.000 t Nickel im Rohnickelsulfat (AURUBIS AG versch. Jg.). In Lünen betreibt das Unternehmen eine Anlage zur pyro- und hydrometallurgischen Gewinnung von Kupfer und weiterer Wertstoffe aus Sekundärrohstoffen (vor allem Kupfer- und Elektronikschrotte). Dabei tritt Nickel vor allem in Leiterplatten, Galvanikschlämmen sowie Schlacken von Müllverbrennungsanlagen auf. Es fällt als Rohnickelsulfat bei der Kupferelektrolyse an und wird in der angeschlossenen Laugerei bei der Aufbereitung des Elektrolyten gewonnen und als verkaufsfähiges Produkt vermarktet.

2.3.4 Lagerhaltung

Lagerhaltung für Nickel wird in verschiedenen Bereichen der Prozesskette betrieben. Zum einen gibt es Lagerhaltung bei den Produzenten in Form von Bergwerks-, Hütten- und Raffinadeprodukten. Andererseits wird Nickel auch bei Verbrauchern,

Händlern und an den Rohstoffbörsen gelagert. Öffentlich zugängliche Informationen zu den gelagerten Mengen finden sich in der Regel nur an den Börsen, denen durch die Fluktuation des eingelagerten Nickelbestands auch eine Signalwirkung zukommt.

Ende 2019 lagen die Nickelbestände an Class-I-Nickel an den beiden Börsen LME und SHFE zusammen bei gut 190.000 t (Abb. 27), davon etwa 153.000 t in den Lagerhäusern der LME und etwa 37.000 t an der SHFE. Die Bestände entsprachen knapp 8 % der gesamten globalen Raffinadeproduktion dieses Jahres. Bezogen allein auf die Produktion von Nickelmetall waren dies sogar mehr als 21 % der Metallproduktion 2019.

Der Bestand an Nickelmetall an der LME fungierte in der Vergangenheit oft als guter Indikator für die Preisentwicklung. Abgesehen von der Weltfinanzkrise 2008–2009, ist ein direkter Zusammenhang zwischen Lagerbestand und Nickelpreis zu erkennen. Hohe Bestände gingen mit niedrigen Preisen einher und umgekehrt. Sehr ausgeprägt war diese Antikorrelation im Zeitraum 2006–2007, wo

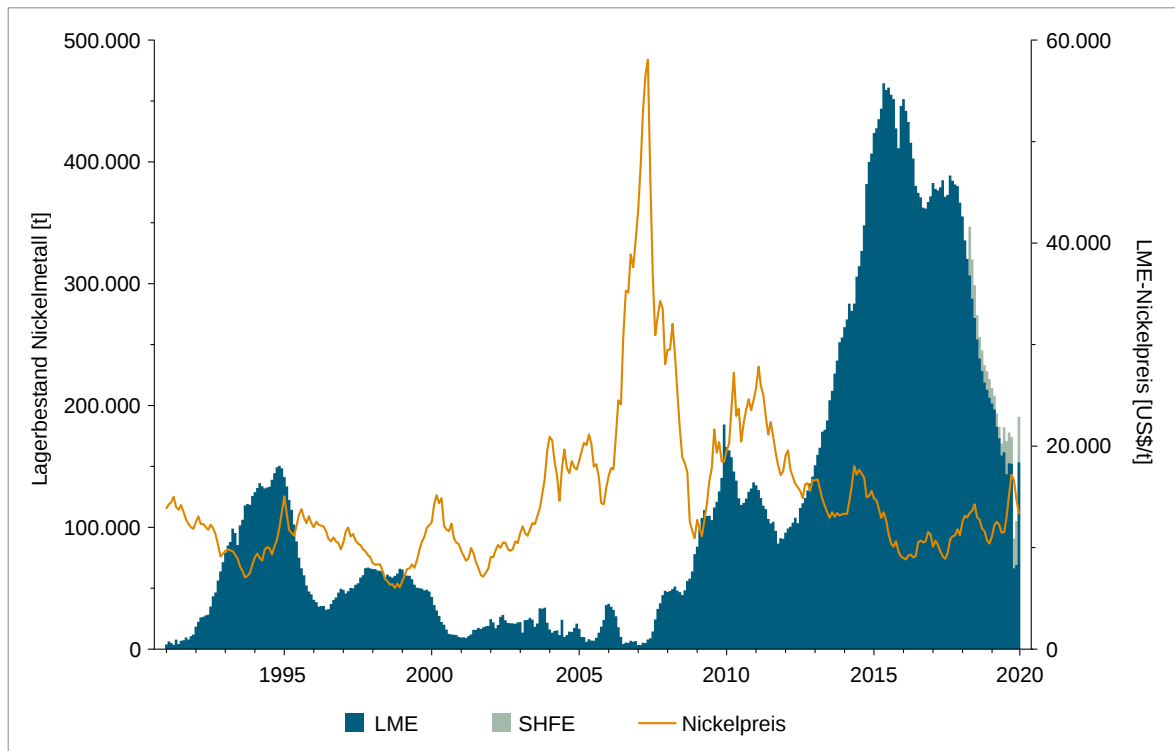


Abb. 27: Die Entwicklung der Lagerbestände an Nickelmetall ($\geq 99,8$ % Nickelinhalt) an den Börsen zwischen 1991 und 2020 (Datenquelle: BGR 2021, INSG versch. Jg.).

ein Allzeithoch des Nickelpreises mit den geringsten Lagerbeständen der letzten drei Jahrzehnte zusammenfiel (Abb. 27). Zwischen 2015 und 2018 stand einem Allzeithoch der Lagerbestände eine Niedrigpreisphase gegenüber.

Die Entwicklung der Lagerbestände an den Börsen bildet die tatsächlichen Verhältnisse am Nickelmarkt aber nur unzureichend ab. Allerdings bleibt festzustellen, dass der Nickelmarkt zuletzt zwischen 2016 und 2019 deutlich im Defizit war (vgl. Kap. 2.5), der Abbau der Lagerbestände allerdings bis Ende 2018 auf sehr hohem Niveau blieb. Von 2016 bis 2019 summierte sich das Defizit auf dem Nickelmarkt auf nahezu 350.000 t. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere bei den Nickelproduzenten weitere Lagerbestände vorgehalten wurden. Laut INSG (versch. Jg.) lagen Ende 2019 die Bestände bei den Produzenten bei mehr als 90.000 t. Hieraus ergibt sich zusammen mit den Beständen der Börsen ein Gesamtbestand von mehr als 280.000 t. Demnach betrug der Bestand bei den Börsen und Produzenten mehr als 30 % der Produktion von Nickelmetall im Jahr 2019. Es ist davon auszugehen, dass darüber hinaus noch nicht erfasste außerbörsliche Lagerbestände

bestehen. Auf diese Weise lässt sich auch erklären, warum die hohen Lagerbestände trotz des mehrjährigen Defizits bestehen blieben und sich der Nickelpreis in diesem Zeitraum im Wesentlichen seitwärts bewegte.

2.4 Nachfrage

Die Gesamtnachfrage nach Nickel wird zu einem großen Teil über das Primärangebot der Bergwerksförderung abgedeckt. Zusätzlich erfolgt ein signifikanter Beitrag aus Sekundärrohstoffen, insbesondere für die Herstellung nachgelagerter Produkte der Edelstahlindustrie (vor allem Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl, vgl. Kap. 2.3.3). Für das Jahr 2019 wird die weltweite Nachfrage nach Primärnickel auf etwa 2,4 Mio. t geschätzt (INSG 2020a).

Im Jahr 1960 belief sich der weltweite Verbrauch auf etwa 291.000 t (Abb. 28) und verteilte sich auf knapp 20 Länder. Größte Verbraucher waren die USA mit einem Marktanteil von 33,5 % und die frühere UdSSR mit einem Anteil von etwas mehr als 25 %. Zusammen waren beide Länder

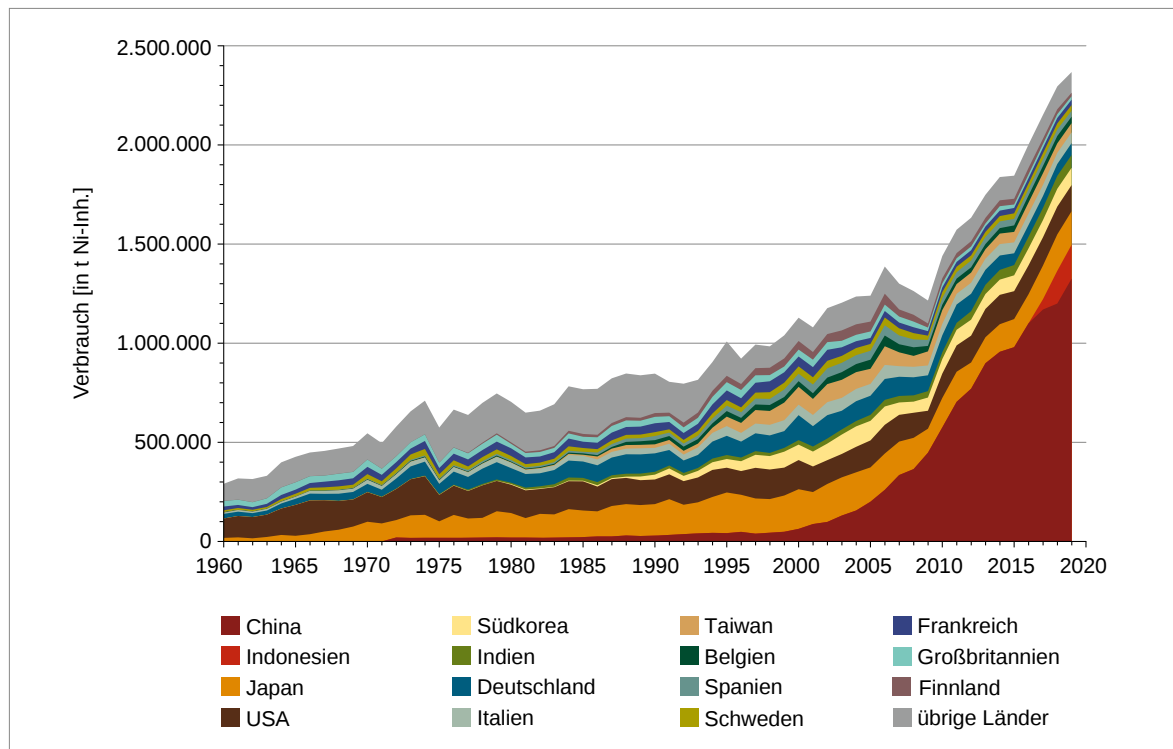


Abb. 28: Entwicklung des Verbrauchs von Nickel zwischen 1960 und 2019
(BGR 2021, INSG versch. Jg.).

also für knapp 60 % der Nachfrage verantwortlich, gefolgt von Großbritannien (9,5 %) und Deutschland (7,9 %). Seit 1960 hat sich der weltweite Verbrauch auf heute 2,4 Mio. t mehr als verachtfacht. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate lag im gleichen Zeitraum bei 3,6 %.

Bis zum Zerfall der UdSSR Anfang der 1990er Jahre waren die USA, Japan und die UdSSR die mit Abstand wichtigsten Nachfrägeländer. In den 1990er Jahren dominierten dann Japan und die USA die weltweite Nachfrage. Seit der Jahrtausendwende hat sich China innerhalb weniger Jahre zum mit Abstand wichtigsten Nachfrage-land für Nickel entwickelt und verwendet mittlerweile mehr als die Hälfte des globalen Angebots an Primärnickel. In den letzten 20 Jahren lag die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Raffinadebedarfs von China bei 17,5 % und damit deutlich über dem weltweiten Wachstum des gleichen Zeitraums von 4,0 %. Chinas dominante Stellung bei der Nickelnachfrage bedeutet, dass die weitere konjunkturelle Entwicklung des Landes wesentliche Auswirkungen auf die weltweite Nachfrage nach diesem Rohstoff hat.

Bedingt durch das indonesische Exportverbot wurden in dem Land innerhalb weniger Jahre große Raffinadekapazitäten sowie zwei Edelstahlwerke aufgebaut. Das Land ist damit auch innerhalb kürzester Zeit von einem unbedeutenden zum derzeit weltweit zweitgrößten Nachfrägeland aufgestiegen (siehe Exkurs II in Kap. 2.6).

Deutschland zählt traditionell zu den wichtigsten Nachfrägeländern für Raffinadenickel. Bereits Anfang der 1960er Jahre bestand in Deutschland nach den USA, der UdSSR und Großbritannien die weltweit viertgrößte Nachfrage. Diese Position behielt Deutschland bis Anfang der 1990er bei, mit Marktanteilen von jährlich zwischen 7 % und 11 %. Mit dem Zerfall der UdSSR belegte Deutschland mit vergleichbaren Marktanteilen für die kommenden Jahre sogar den dritten Platz. Erst mit dem Aufstieg Chinas Anfang der 2000er Jahre, dem Nachfrageanstieg Südkoreas und Indiens sowie zuletzt dem rasanten Nachfrageanstieg durch Indonesien rutschte Deutschland zuletzt auf den weltweit siebten Rang beim Raffinadeverbrauch, wobei der relative Marktanteil sukzessive auf derzeit 2,5 % abnahm.

2.5 Derzeitige Marktdeckung

Die Marktdeckung für Nickel errechnet sich aus der Differenz von Angebot (Raffinadeproduktion) und Nachfrage (Raffinadeverbrauch) eines Jahres. Marktüberschüsse bzw. -defizite werden ins Verhältnis zum Raffinadeangebot gesetzt und in Prozent angegeben.

Der historische Verlauf der Marktdeckung zeigt, dass der Nickelmarkt in den letzten 60 Jahren mehrmals zwischen mehrjährigem Marktüberschuss und -defizit gewechselt hat (Abb. 29). Zwischen 2001 und 2015 lag der Nickelmarkt mehrheitlich im Überschuss. Die wenigen Jahre mit einem Nachfragedefizit innerhalb dieses Zeitraums waren nur geringen Ausmaßes. Seit 2015 befindet sich der Nickelmarkt im Defizit, das u. a. durch Entnahme aus den umfangreichen Lagerbeständen ausgeglichen wurde. Im Jahr 2015 entsprachen z. B. die LME-Lagerbestände etwa 25 % der jährlichen Raffinadeproduktion (Abb. 27).

Bezogen auf das Gesamtvolumen des Nickelmarktes war auch das Defizit von 2019 gering und entsprach etwa 1 % der Raffinadeproduktion. Bedingt durch den deutlichen Nachfragerückgang

im Zuge der Covid-19-Pandemie, wird für 2020 ein Überschuss von etwa 120.000 t Nickel erwartet. Auch für das kommende Jahr wird ein Überschuss prognostiziert, allerdings auf einem wesentlich geringeren Niveau.

2.6 Handel

Nickel-Vorprodukte, -Zwischenprodukte und -Produkte (vgl. Abb. 5) werden am Weltmarkt in unterschiedlichen Formen und Qualitäten gehandelt (vgl. Kap. 2.2). Daten zum globalen Handel liegen für die in Tabelle 8 aufgeführten Nickel-Spezifikationen vor. Grundlage der Warennummern ist das Harmonisierte System (HS), das durch die Weltzollorganisation verwaltet wird. Diese Einrichtung legt auch die ersten sechs Stellen der Warennummer fest. Hierdurch lassen sich Waren weltweit gleich in Positionen (die ersten vier Stellen des Codes) und Unterpositionen (die ersten sechs Stellen des Codes) einreihen.

Als Bezugsjahr für die nachstehenden Betrachtungen des weltweiten Handels dient das Jahr 2019. Die hier angegebenen Daten beziehen sich in erster Linie auf die positiven Nettoexporte

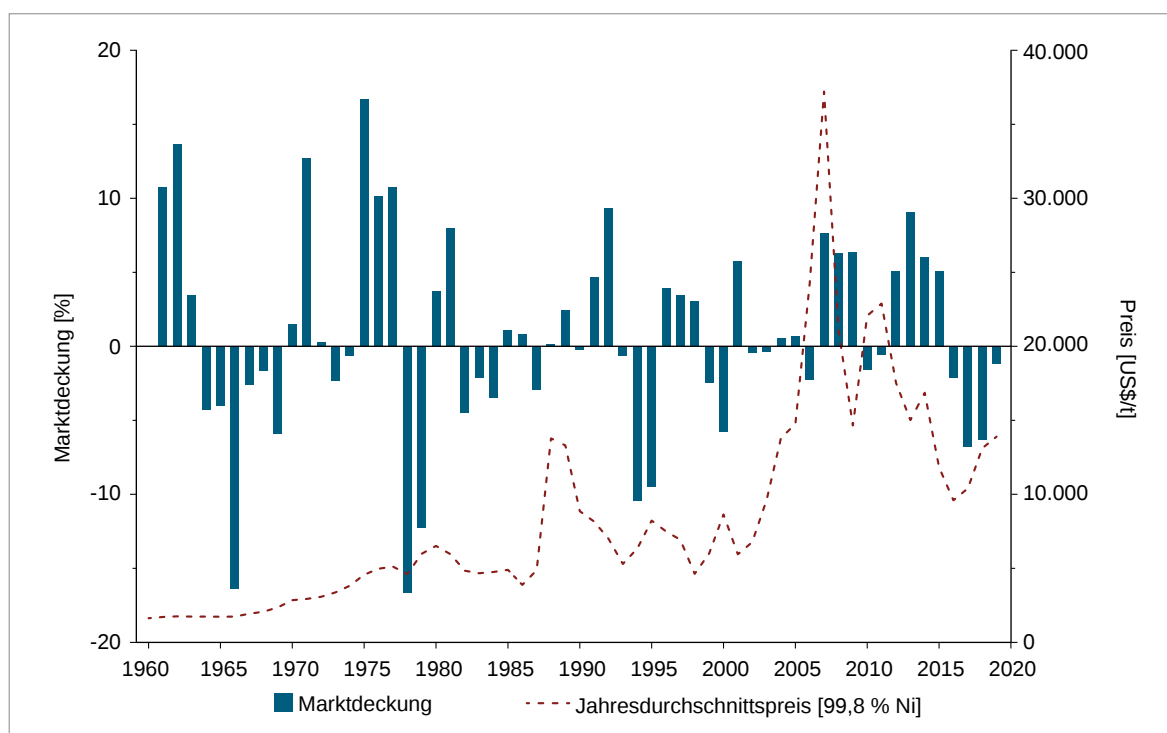


Abb. 29: Entwicklung der Marktdeckung von Nickel sowie Jahresdurchschnittspreis zwischen 1960 und 2019 (Datenquelle: BGR 2021).

Tab. 8: Warennummern nach dem Harmonisierten System (HS) der Weltzollorganisation für Nickel-Vorprodukte, -Zwischenprodukte und -Produkte (Datenquelle: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020).

Handelsname	HS-Code
Nickelerze und ihre Konzentrate	2604 00
Nickeloxide und Nickelhydroxide	2825 40
Nickelchloride	2827 35
Nickelsulfat	2833 24
Ferronickel	7202 60
Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl	7204 21
Nickelmatte	7501 10
Nickeloxidsinter und andere Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie	7501 20
Nickel in Rohform (nicht legiertes Nickel)	7502 10
Abfälle und Schrott aus Nickel	7503 00
Pulver und Flitter aus Nickel	7504 00

(siehe Glossar) in den jeweiligen Unterpositionen (Tab. 8), da der Fokus dieser Studie insbesondere auf der Angebotsseite des Rohstoffs Nickel liegt.

Hinsichtlich der Handelsdaten ist festzustellen, dass die Datenverfügbarkeit und deren Qualität zum Teil unbefriedigend ist. Insbesondere die Länder, die keine Exportdaten angeben, stellen eine große Herausforderung für die Betrachtungen dar. Hier lässt sich der Export aber zumeist über die Importdaten der Zielländer ermitteln (sog. „reverse trade“). Des Weiteren sind gehandelte Waren stellenweise auch unter der falschen Unterposition deklariert, z. B. Nickelkonzentrate (2604 00) als Nickeloxidsinter und andere Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie (7501 00).

Die mengenmäßig mit Abstand wichtigste HS-Unterposition für den Nickelhandel ist 2604 00 (Nickelerze und ihre Konzentrate). Der weltweite Handel der Zwischenprodukte Nickelmatte (7501 10) und Nickeloxidsinter und andere Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie (7501 20) ist für die Weiterverarbeitung des Nickels von zentraler Bedeutung. Wertmäßig hat die Unterposition

7502 10 (Nickel in Rohform) den mit Abstand größten Stellenwert. Neben Ferronickel (7202 60), dem wertmäßig zweitbedeutendsten Nickelprodukt, ist der globale Handel von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl (7204 21) für die Edelstahlindustrie von größter Bedeutung. Zukünftig noch weiter an Stellenwert gewinnen wird der wert- und mengenmäßig noch unbedeutende Handel von Nickelsulfat (2833 24). Im Zuge des globalen Markthochlaufs der Elektromobilität wird für diese Unterposition eine sprunghafte Zunahme des Einsatzes im Verwendungsfeld Lithium-Ionen-Batterien prognostiziert (vgl. Kap. 1.4).

Für die Einschätzung des globalen Handels an Nickelwaren werden u. a. die Länderkonzentration bzw. Firmenkonzentration und das Länderrisiko (siehe Glossar) herangezogen.

2.6.1 Globaler Handel

Nickelerze und ihre Konzentrate (HS-Unterposition 2604 00)

Im Jahr 2019 wurden weltweit mehr als 74 Mio. t Nickelerze und -konzentrate exportiert, während die globalen Importe bei knapp 67 Mio. t lagen. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf ungefähr 73,5 Mio. t. In der Unterposition 2604 00 werden vor allem limonitische und saprolitische Lateriterze mit Nickelgehalten von ca. 1–2,5 % gehandelt. Außerdem sind hier Handelsdaten zu Nickelkonzentraten geführt. Diese stammen vor allem aus der Aufbereitung von sulfidischen Erzen und weisen Nickelgehalte von ca. 8–20 % auf.

In dieser Unterposition ist mengenmäßig fast ausschließlich der globale Handel von Lateriterzen in Länder mit Weiterverarbeitungskapazitäten zur Herstellung von vor allem NPI und Ferronickel abgebildet. Hinsichtlich der positiven Gesamt Nettoexporte macht der Handel mit Nickelkonzentraten in dieser Unterposition mengenmäßig nur rund 1 % aus und erfolgt vor allem in Länder mit Kapazitäten zur Produktion von Nickelmetall.

Im Hinblick auf die wichtigsten Handelswege dominieren in dieser Unterposition mit großem Abstand die Nettoexporte lateritischer Erze aus Indonesien und von den Philippinen (Abb. 30–31). Beide Länder sind für zusammen 87 % der weltweiten Nettoexporte verantwortlich. Das bedeutendste Zielland

dieser Erze war, wie in den Vorjahren, China (ca. 95 % der weltweiten Nettoexporte beider Länder) sowie untergeordnet Japan und die Ukraine.

Der drittgrößte Nettoexporteur des Jahres 2019 war Neukaledonien, mit einem globalen Anteil von knapp 10 %. Die Ausfuhren aus dem Land erfolgten vor allem nach Südkorea sowie nach Japan und China. Die Exporte aus Neukaledonien nach China haben in den letzten Jahren sprunghaft zugenommen.

Auf die übrigen Nettoexporteure von Lateriterzen sowie die Länder mit Ausfuhren an Nickelkon-

zentrat entfielen die verbleibenden rund 3 % der weltweiten nettoexporte. Konzentrate wurden vor allem aus den USA, Australien und Südafrika ausgeführt.

In den letzten fünf Jahren kam es zu starken Schwankungen des Angebots an Nickelerzen, die im Wesentlichen in den Ausfuhrbeschränkungen und -verboten für Lateriterze aus Indonesien begründet sind (siehe Exkurs II).

Der mit großem Abstand weltweit größte Importeur an Nickelerzen und -konzentraten im Jahr 2019 war China, mit einem Anteil von rund 84 %

Exkurs II:

Vom Rohstoffexporteur zum führenden Raffinadeproduzenten – Die indonesischen Exportbeschränkungen für Nickelerze

Indonesien ist ein bedeutendes Bergbauland und weltweit führend bei der Nickelförderung. Der gesamte Bergbausektor hat im Jahr 2018 mit etwa 8 % zum indonesischen Bruttoinlandsprodukt beigetragen (GTAI 2020). Auf regionaler Ebene ist die Bedeutung des Bergbaus in dem Land sogar noch weitaus größer.

Im Zuge der Dezentralisierungsbestrebungen des Landes zur Stärkung der Selbstverwaltung der Regionen, nach der autokratischen Suharto-Ära, wurde auf nationaler Ebene im Jahr 2009 das Bergbaugesetz 4/2009 verabschiedet.

Das neue Gesetz soll vor allem zur wirtschaftlichen Entwicklung des Landes beitragen. Eine auch für den globalen Nickelmarkt sehr weitreichende Regelung des neuen Bergbaugesetzes ist das Verbot des Exports unverarbeiteter Nickelerze. Diese Regelung trat im Januar 2014 in Kraft. Zu diesem Zeitpunkt war Indonesien das weltweit größte Förderland und der mit Abstand größte Nettoexporteur von Nickelerzen. Hauptzielland der Exporte war China, das bereits im Vorfeld des Exportverbots große Mengen an Erz aus Indonesien importiert hatte. China bestreitet einen wesentlichen Teil seiner heimischen NPI-Produktion aus diesen Erzen. Hinsichtlich der Raffinadeproduktion war Indonesien vor Inkrafttreten der Regelung im Jahr 2013 weltweit an 15. Stelle und damit von vergleichsweise geringer Bedeutung.

Langfristiges Ziel des Exportverbots ist es, den Rohstoff in Indonesien zu verarbeiten und damit mehr Wertschöpfung im Land zu halten. Seit 2014 nahmen innerhalb von fünf Jahren zahlreiche Nickelhütten den Betrieb auf, finanziert im Wesentlichen mit chinesischem Kapital. Mittlerweile ist Indonesien nach China zum weltweit zweitgrößten Raffinadeproduzenten aufgestiegen.

Im Januar 2017 wurde das Exportverbot gelockert. Unternehmen mit fertiggestellten oder im Bau befindlichen Weiterverarbeitungskapazitäten durften niedriggradige Nickelerze (Ni-Gehalt < 1,7 %) ausführen. In kurzer Zeit stieg Indonesien so erneut zum weltweit größten Exporteur von Nickelerz im Jahr 2019 auf. Indonesien belegte im Jahr 2019 aber bereits auch den zweiten Rang bei der Raffinadeproduktion sowie die zweite Position beim Nickelverbrauch. Neben Hütten zur Produktion von NPI und Ferronickel haben die chinesischen Unternehmen Tsingshan Holding Group und Jiangsu Delong Nickel Industry Co. Ltd. zwei Edelstahlwerke in Betrieb genommen. Mit dem Export von Raffinadeprodukten (NPI, Ferronickel) und nichtrostendem Stahl wird mittlerweile auch ein deutlich höherer Exporterlös erzielt.

Im Sommer 2019 wurde bekannt, dass die ursprünglich bis Januar 2022 vorgesehene Lockerung des Exportverbots für niedriggradige

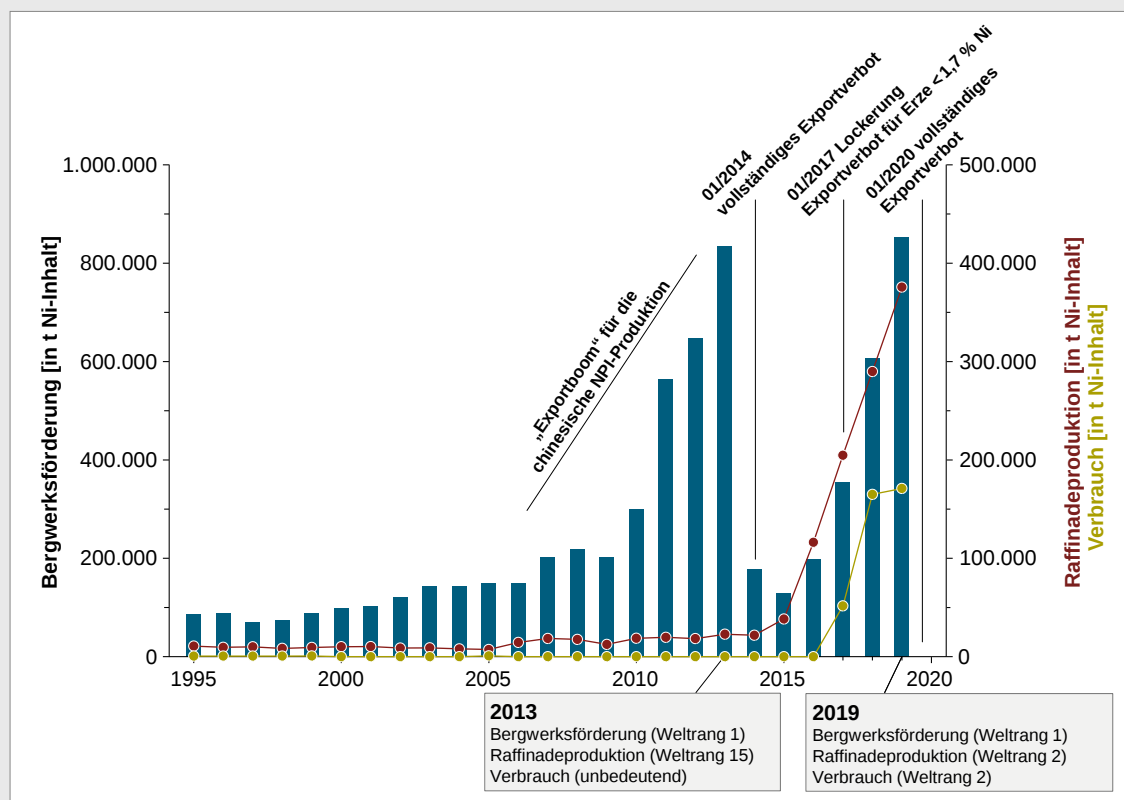
Erze bereits Anfang 2020 beendet wird. In der Folge nahm der Erzexport nach China, ähnlich dem Geschehen im Jahr 2013, sehr deutlich zu.

Seit Januar 2020 besteht wieder ein vollständiges Verbot für Exporte von Nickelerzen, um, laut offiziellen staatlichen Stellen, einerseits die Nickelreserven zu schonen und andererseits den Ausbau der Wertschöpfungsketten weiter voranzutreiben. Neben Produkten für die Edelstahlindustrie sollen in Indonesien zukünftig auch Vorstoffe für die Batterieindustrie hergestellt werden. Bis 2025 sollen mehrere hydrometallurgische Anlagen zur Produktion von MHP bzw. Nickelsulfat den Betrieb aufnehmen. Eine erste HPAL-Anlage des Unternehmens PT Halmahera Persada Lygend, ein Joint Venture der Harita Group (63 %) mit Lygend Resources & Technology Co. Ltd. (37 %), wird seit Mitte 2018 auf der Insel Obi errichtet. Es sollen dort jährlich ca. 37.000 t Nickel und ca. 5.000 t Kobalt im MHP produziert werden (Lygend Resources & Technology Co. Ltd. 2020). Als Produktionsstart wird das Frühjahr 2021 angegeben. Das Hauptprodukt der Raffinadeproduktion in Indonesien wird aber NPI

sein. Abhängig vom Nickelpreis ist eine zukünftige Verwendung von NPI als Vorstoff zur Produktion von Nickelsulfat nicht auszuschließen.

Es ist davon auszugehen, dass China kurzfristig einen deutlichen Rückgang der NPI-Produktion verzeichnen wird und Indonesien bereits 2020 zum weltweit führenden Produzenten von Nickelroheisen aufsteigen wird und im Folgejahr vermutlich auch der weltweit größte Raffinadeproduzent ist. Bis 2022 sollen laut staatlichen Meldungen 25 weitere Hütten in Betrieb gehen.

Die Europäische Kommission beantragte im November 2019 WTO-Konsultationen mit Indonesien, u. a. wegen des indonesischen Exportverbots für Nickelerze. Nachdem im Rahmen dieser Konsultationen keine Lösung erzielt werden konnte, hat die Europäische Kommission daher Anfang 2021 die Einsetzung eines Panels bei der Welthandelsorganisation beantragt, um die Beseitigung der Ausfuhrbeschränkungen zu erreichen, die aus Sicht der Europäischen Kommission Stahlherstellern der EU den Zugang zu den benötigten Nickelerzen einschränken.



Entwicklung der Bergwerksförderung und der Raffinadeproduktion sowie des Verbrauchs in Indonesien zwischen 1995 und 2019 (Datenquelle: BGR 2021).



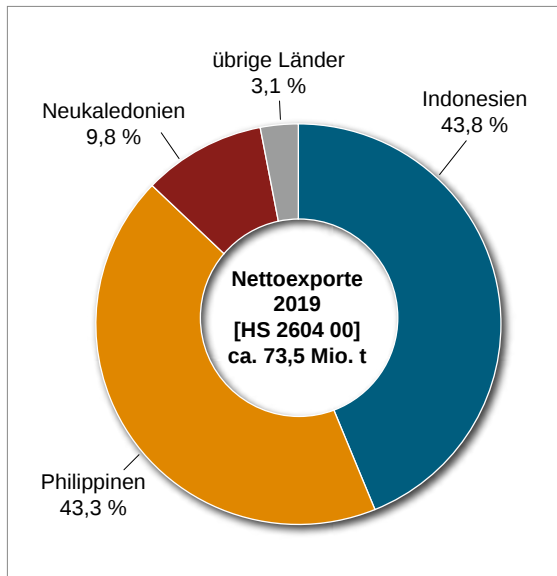


Abb. 31: Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickelerzen und ihren Konzentraten (HS-Unterposition 2604 00) im Jahr 2019 (Datenquelle: IHS MARKIT INC. 2020).

an den globalen Einfuhren. Das Land verwendet diese vor allem zur Produktion von NPI. Mit einem globalen Importanteil von zusammen rund 10 % folgten 2019 Japan und Südkorea, die die Erze vor allem zur Herstellung von Ferronickel importierten. Diese drei größten Importeure waren im Jahr 2019 für rund 94 % des Handels in dieser Unterposition verantwortlich, der regional also weit überwiegend auf Südostasien fokussiert war (Abb. 30). Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 3.890, was einen hoch konzentrierten Markt anzeigt. Das gewichtete Länderisiko (GLR) weist mit einem Wert von -0,09 auf ein mäßiges Risiko hin.

Nickelmatte (HS-Unterposition 7501 10)

Im Jahr 2019 wurden weltweit rund 420.000 t Nickelmatte exportiert, während die globalen Importe rund 445.000 t betrugen. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf ungefähr 365.000 t. Der Nickelinhalt der in dieser Unterposition gehandelten Matte variiert zwischen 30 % und 80 %. Der Handel mit Nickelmatte (Abb. 32) erfolgt vor allem in Länder mit Kapazitäten zur Produktion von Nickelmetall.



Abb. 32: Verkaufsfähige Nickelmatte vor der Zerkleinerung (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung der Nickelhütte Aue GmbH).

Der überwiegende Teil der weltweit gehandelten Nickelmatte spiegelt die länderübergreifenden Lieferketten einzelner Unternehmen wieder, von Orten mit Hüttenbetrieben zu Standorten mit Nickelraffinerien (Abb. 33). So zeichnet das weltweit führende Nickelmatte-Exportland, die Russische Föderation, im Wesentlichen den Export von Nickelmatte des Unternehmens PJSC MMC Norilsk Nickel zur firmeneigenen Raffinerie in Finnland nach. Dieser länderübergreifende Handel resultierte aus der Schließung der Nickelraffinerie in Norilsk im Sommer 2016. Die Ausfuhren des zweitgrößten Nettoexporteurs Kanada zeichnen die Nickelmatte-Lieferkette des Unternehmens Glencore Plc. zu deren Raffinerie in Norwegen nach. Auch die Nickelmatte des drittgrößten Exportlandes Indonesien, geht zu den Raffinerien der an PT Vale Indonesia Tbk. beteiligten Unternehmen Vale S. A. und Sumitomo Metal Mining Corp. Ltd. in Japan.

Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 3.015 und weist damit auf einen hoch konzentrierten Markt hin. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) weist mit einem Wert von 0,30 auf ein mäßiges Risiko hin.

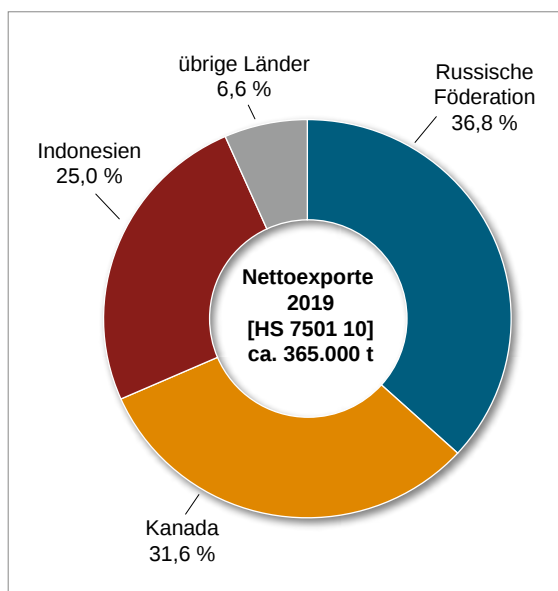


Abb. 33: Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickelmatte (HS-Unterposition 7501 10) im Jahr 2019 (Datenquelle: IHS MARKIT INC. 2020).

Nickeloxidsinter und andere Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie (HS-Unterposition 7501 20)

Im Jahr 2019 wurden weltweit rund 395.000 t Nickeloxidsinter und andere Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie exportiert, während die globalen Importe rund 440.000 t betrugen. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf rund 375.000 t. In dieser Warengruppe werden vor allem Nickeloxidsinter (Nickelinhalt von vorwiegend 70–90 %) sowie Nickel-Kobalt-Hydroxid (MHP, „mixed hydroxid product“) und Nickel-Kobalt-Sulfid-Produkt (MSP, „mixed sulphide product“) gehandelt. Der Nickelinhalt von MHP und MSP variiert zwischen knapp 40 und 60 %.

Der Handel in dieser Unterposition erfolgt überwiegend in Länder mit Kapazitäten zur Herstellung von Nickelmetall und Nickelsulfat. Die Produktion und der Handel von Zwischenprodukten in dieser Warennummer, die mengenmäßig in den letzten Jahren deutlich zugelegt haben, werden im Zuge des Hochlaufs der Elektromobilität noch beträchtlich an Bedeutung gewinnen. Mengenmäßig dominieren mit großem Abstand die positiven Nettoexporte von MSP und MHP aus

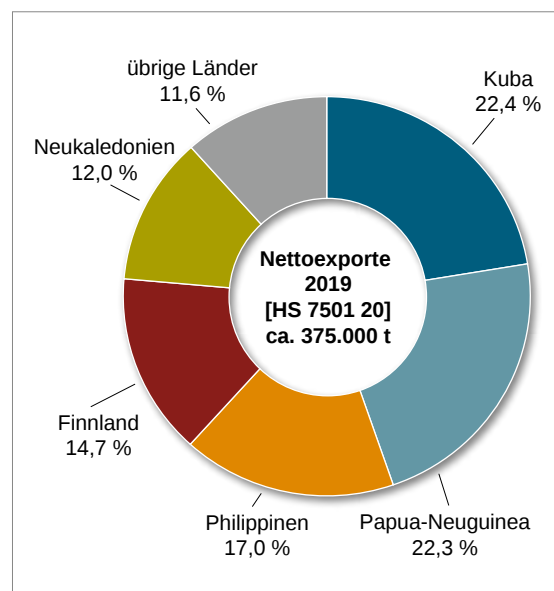


Abb. 34: Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickeloxidsinter und anderer Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie (HS-Unterposition 7501 20) im Jahr 2019 (Datenquelle: IHS MARKIT INC. 2020).

Kuba, aus Papua-Neuguinea, von den Philippinen, aus Finnland und Neukaledonien, die überwiegend nach China, Japan und Kanada gehen (Abb. 34).

Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 1.518 und weist damit auf einen mäßig konzentrierten Markt hin. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) weist mit einem Wert von 0,18 auf ein mäßiges Risiko hin.

Nickel in Rohform, nicht legiert (HS-Unterposition 7502 10)

Im Jahr 2019 wurden weltweit rund 740.000 t Nickelmetall exportiert, während die globalen Importe rund 920.000 t umfassten. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf rund 505.000 t. Der Nickelinhalt des Nickelmetalls in dieser Unterposition beträgt mindestens 99 %. Es handelt sich hierbei um die wertmäßig bedeutendste hier betrachtete Unterposition.

Der Handel in dieser Unterposition erfolgt vor allem in Länder mit der Produktion von Edelstahl

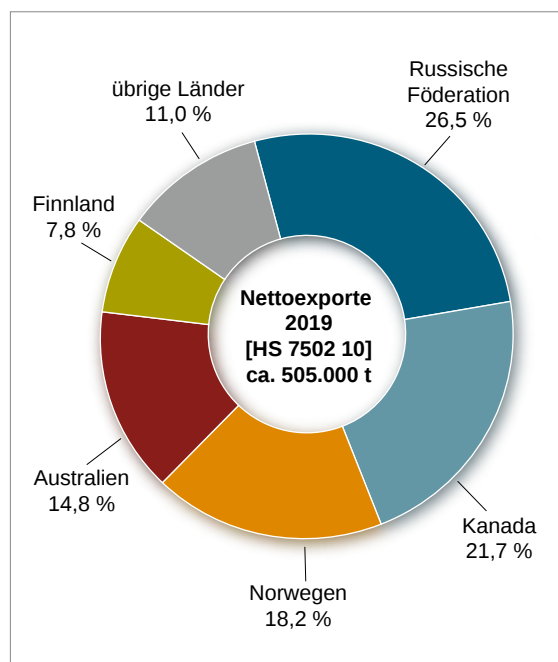


Abb. 35: Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickel in Rohform (HS-Unterposition 7502 10) im Jahr 2019 (Datenquelle: IHS MARKIT INC. 2020).

und Nickellegierungen sowie zunehmend zur Produktion von Nickelsulfat, das als Vorstoff zur Herstellung von Kathodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien dient.

Der weltweit größte Exporteur in dieser Unterposition war im Jahr 2019 die Russische Föderation (Abb. 35–36), mit einem Anteil von 26,5 %, gefolgt von Kanada (21,7 %), Norwegen (18,2 %) und Australien (14,8 %). Hauptziele der Nettoexporte waren China und die USA.

Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 1.836 und weist damit auf einen mäßig konzentrierten Markt hin. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) weist mit einem Wert von 0,85 auf ein niedriges Risiko hin

Ferronickel (HS-Unterposition 7202 60)

Im Jahr 2019 wurden weltweit rund 2,9 Mio. t Ferronickel exportiert, während die globalen Importe rund 2,7 Mio. t umfassten. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf rund 2,7 Mio. t. Der Nickelinhalt in dieser Unterposition variiert typischerweise zwischen 20 % und 40 %. Seit einigen Jahren wird in dieser Unterposition auch NPI mit einem Nickelinhalt von typischerweise rund 10 % gehandelt. Einziger Exporteur ist Indonesien. Die Ausfuhren von NPI gehen im Wesentlichen nach China und werden zukünftig wahrscheinlich noch deutlich steigen.

Der globale Handel von NPI und Ferronickel erfolgt weit überwiegend in Länder mit Kapazitäten zur Herstellung von Edelstahl.

Die drei größten Nettoexporteure von Ferronickel im Jahr 2019 waren Neukaledonien, Brasilien und Kolumbien, die zusammen für rund 48 % der weltweiten Exporte stehen. Unter Einbeziehung der Exporte an NPI, ist Indonesien der mit Abstand größte Nettoexporteur in dieser Unterposition (Abb. 37). Mit großem Abstand bedeutendstes Hauptzielland der Exporte ist China (etwa 71 % der weltweiten Importe), gefolgt von Südkorea, Indien und Taiwan.

Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 1.810 und

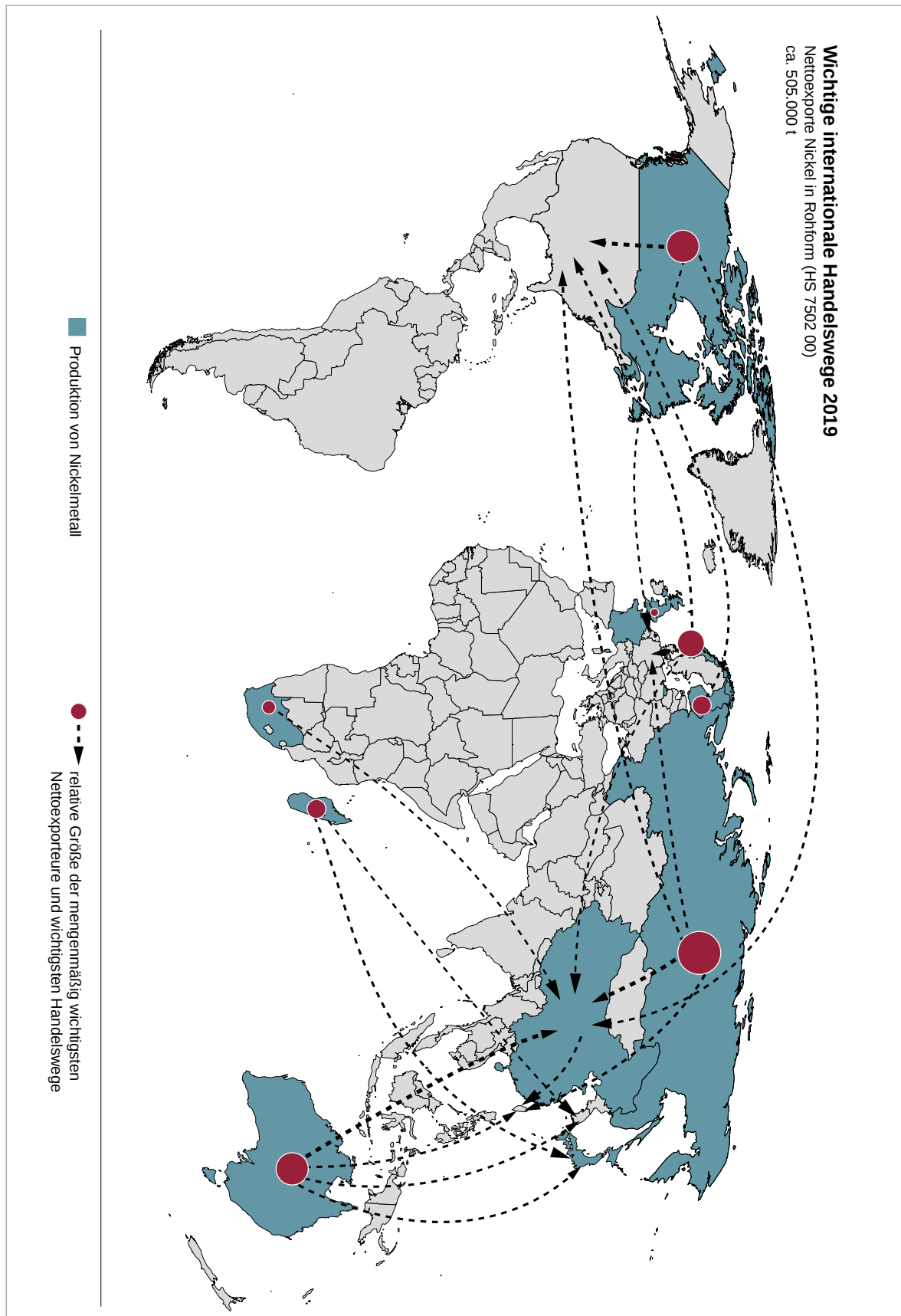


Abb. 36: Die mengenmäßig wichtigsten Nettoexportländer von Nickelmetall (HS-Unterposition 7502 10) und die wichtigsten internationalen Handelswege im Jahr 2019.

weist damit auf einen mäßig konzentrierten Markt hin. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) weist mit einem Wert von 0,14 auf ein mäßiges Risiko hin.

Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS-Unterposition 7204 21)

Im Jahr 2019 wurden weltweit rund 5,6 Mio. t Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl exportiert, während die globalen Importe rund 5,2 Mio. t umfassten. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf rund 3,6 Mio. t. Der Nickelinhalt der Waren in dieser Unterposition variiert überwiegend zwischen 8 und 10 %.

In dieser Unterposition erfolgt der Handel von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl in Länder mit Anlagen zur Edelstahlproduktion oder in solche Länder mit zentralen Recyclinganlagen zur Erstellung von Mischschrotten. Abgesehen von China und Indonesien sind diese Schrotte der bedeutendste Rohstoff zur Herstellung neuen nichtrostenden Stahls.

Die drei größten Nettoexporteure von Waren dieser Unterposition im Jahr 2019 waren Deutschland, Großbritannien und die USA, die zusammen

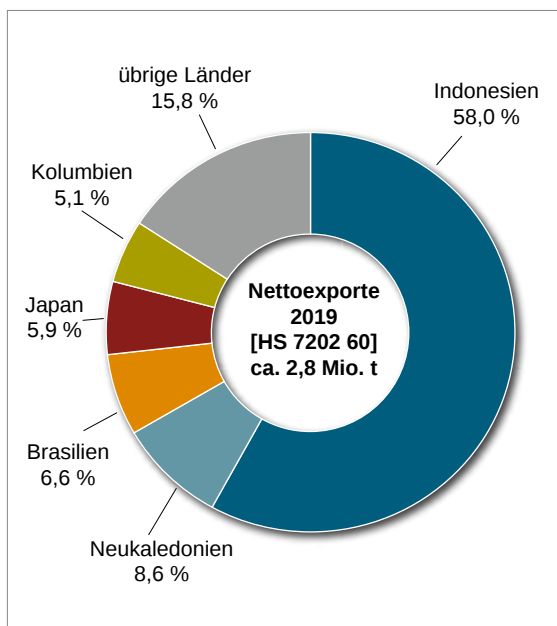


Abb. 37: Verteilung der globalen Nettoexporte von Ferronickel (HS-Unterposition 7202 60) im Jahr 2019 (Datenquelle: IHS MARKIT Inc. 2020).

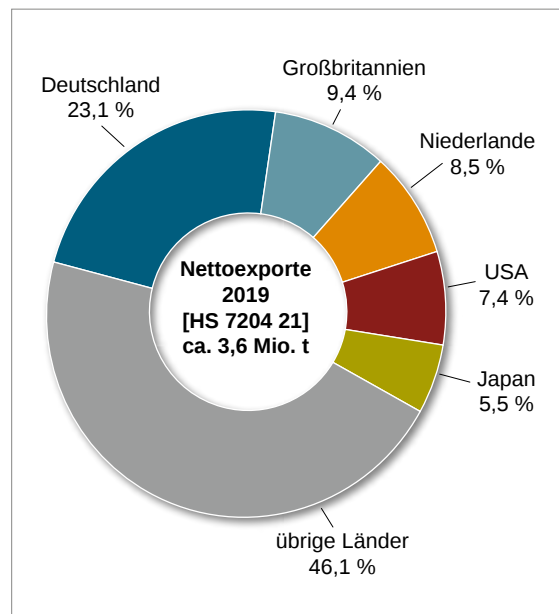


Abb. 38: Verteilung der globalen Nettoexporte von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS-Unterposition 7204 21) im Jahr 2019 (Datenquelle: IHS MARKIT Inc. 2020).

men für rund 40 % der weltweiten Nettoexporte standen (Abb. 38). Mit großem Abstand bedeutendste Hauptzielländer der Exporte waren Indien (etwa 25,3 % der weltweiten Importe) und Belgien (17,2 %), gefolgt von Taiwan und Spanien.

Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte dieser Warengruppe lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 890 und weist damit auf einen niedrig konzentrierten Markt hin. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) weist mit einem Wert von 1,04 auf ein niedriges Risiko hin.

Nickelsulfat (HS-Unterposition 2833 24)

Im Jahr 2019 wurden weltweit rund 195.000 t Nickelsulfat exportiert, während die globalen Importe rund 200.000 t umfassten. Die positiven Nettoexporte beliefen sich auf ca. 140.000 t. Der Nickelinhalt in dieser Unterposition beträgt bei reinem Nickelsulfat etwa 22 % oder liegt bei gehandeltem Rohnickelsulfat auch darüber.

Nickelsulfat wird aus Primär- und Sekundärrohstoffen hergestellt. In dieser Unterposition erfolgt der Handel von Rohnickelsulfat in Länder mit Wei-

terverarbeitungskapazitäten zur Herstellung von hochreinem Nickelsulfat. Hochreines Nickelsulfat wird vor allem in Länder mit Produktion von Kathodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien sowie der Herstellung von Nickelbeschichtungen gehandelt.

Mit einem Anteil von rund 50 % war Taiwan im Jahr 2019 der mit großem Abstand bedeutendste Nettoexporteur von Nickelsulfat (Abb. 39). Taiwan ist auch ein großer Importeur von Nickelmetall, um daraus Nickelsulfat für den weltweiten Handel herzustellen. Hauptzielland der Exporte von Nickelsulfat war im Jahr 2019 Japan, mit einem weltweiten Anteil von rund 46 %, gefolgt von Belgien, Südkorea und Kanada.

Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der weltweiten Nettoexporte dieser Unterposition lag im Jahr 2019 bei einem Wert von 3.108 und weist damit auf einen hoch konzentrierten Markt hin. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) weist mit einem Wert von 1,24 auf ein niedriges Risiko hin.

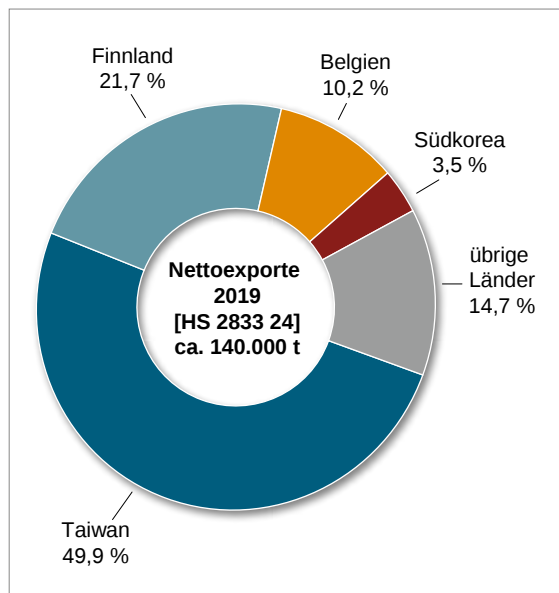


Abb. 39: Verteilung der globalen Nettoexporte von Nickelsulfat (HS-Unterposition 2833 24) im Jahr 2019
(Datenquelle: IHS MARKIT INC. 2020).

2.6.2 Deutsche Importe

In Tabelle 9 sind die verfügbaren Daten zu den deutschen Importmengen an nickelhaltigen Vorprodukten, Zwischenprodukten und Produkten für das Jahr 2019 im Vergleich mit den weltweiten Einfuhren der betrachteten HS-Unterpositionen dargestellt. Nachgelagerte Nickelprodukte wie Drähte, Bleche und Bänder sowie Stangen und Profile werden hier nicht betrachtet.

Der Gesamtwert der Einfuhren an nickelhaltigen Vorprodukten, Zwischenprodukten und Produkten lag im Jahr 2019 bei rund 1,2 Milliarden €. Die wert- und mengenmäßig mit Abstand wichtigsten deutschen Importe an Nickelwaren betreffen Nickel in Rohform (HS 7502 10), dessen Anteil am Gesamtwert der Einfuhren bei rund 63 % lag, sowie Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS 7204 21), mit einem Anteil von ca. 25,5 %. Von geringerer Bedeutung waren Ferronickel (HS 7202 60), Nickelsulfat (HS 2833 24) sowie Abfälle und Schrott (HS 7503 00), die zusammen einen Anteil von etwa 10,5 % am Gesamtwert der deutschen Einfuhren ausmachten. Da die Importe an Nickelmatte (HS 7501 10) sowie Nickeloxidsinter und anderer Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie (HS 7501 20), ebenso die Einfuhren an nickelhaltigen Schlacken, Aschen und Rückständen (HS 2620 9910 der erweiterten Nomenklatur der EU), an Oxiden und Hydroxiden (HS 2825 40), an Nickelchloriden (HS 2827 35) sowie an Nickel-erzen und ihren Konzentraten (HS 2604 00) im Jahr 2019 unbedeutend waren und wertmäßig zusammen nur etwa 1 % der deutschen Einfuhren an nickelhaltigen Vorprodukten, Zwischenprodukten und Produkten ausmachten, werden diese Positionen hier nicht weiter besprochen.

Nickel in Rohform, nicht legiert (HS-Unterposition 7502 10)

Im Jahr 2019 wurden ca. 59.600 t dieser Unterposition mit einem Gesamtwert von rund 744 Millionen € nach Deutschland eingeführt (DESTATIS 2020). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten von ca. 920.000 t bei 6,5 % (Weltrang 4) (Abb. 40).

Wie in den Vorjahren erfolgten die Nickelmetall-Importe hauptsächlich aus der Russischen Föderation (ca. 31.300 t, Anteil an den deutschen

Tab. 9: Deutsche Importe von nickelhaltigen Vorprodukten, Zwischenprodukten und Produkten für das Jahr 2019 nach dem Harmonisierten System (HS) der Weltzollorganisation (Datenquellen: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020).

Handelsname	HS-Code	Importe Global [Mio. t]	Importe Deutschland [t]	Anteil Deutschland [%]	Weltrang Deutschland
Nickelerze und ihre Konzentrate	2604 00	66,800	4.045	< 0,01	11
nickelhaltige Schlacken, Aschen und Rückstände	2620 9910	0,034	6.767	19,9	2
Nickeloxide und Nickelhydroxide	2825 40	0,013	462	3,4	7
Nickelchloride	2827 35	0,012	386	3,2	6
Nickelsulfat	2833 24	0,198	4.382	2,2	8
Ferronickel	7202 60	2,680	6.184	0,2	15
Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl	7204 21	5,228	227.225	4,3	7
Nickelmatte	7501 10	0,448	40	< 0,01	13
Nickeloxidsinter und andere Zwischenerzeugnisse der Nickelmetallurgie	7501 20	0,440	18	< 0,01	19
Nickel in Rohform (nicht legiertes Nickel)	7502 10	0,916	59.601	6,5	4
Abfälle und Schrott aus Nickel	7503 00	0,148	10.701	7,2	5
Pulver und Flitter aus Nickel	7504 00	0,072	1.920	2,7	8

Importen von ca. 52,5 %) sowie aus Norwegen (ca. 8.400 t, ca. 14 %) und Großbritannien (ca. 5.400 t, ca. 9 %). Insgesamt stammten im Jahr 2019 also knapp 76 % der Einfuhren aus diesen drei Lieferländern. Aus Ländern der Europäischen Union hat Deutschland im Jahr 2019 knapp 22 % des Nickelmetalls eingeführt. Der mittels des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der deutschen Importe von Nickelmetall lag im Jahr 2019 mit einem Wert von 3.130 im bedenklichen Bereich (im Vorjahr 2.840). Hinsichtlich der Firmenkonzentration ist festzustellen, dass mehr als 56 % der deutschen Einfuhren an Nickelmetall von PJSC MMC Norilsk Nickel (ca. 52,5 % aus der Russischen Föderation und ca. 3,5 % aus Finnland) stammten. Mit einem Wert von 0,40 ist das GLR der 25 deutschen Lieferländer als mäßig zu bewerten. Ursächlich hierfür ist die Länderbewertung des Hauptlieferlandes Russische Föderation. Insgesamt wird die Importabhängigkeit Deutschlands für Nickelmetall als mäßig bedenklich bewertet.

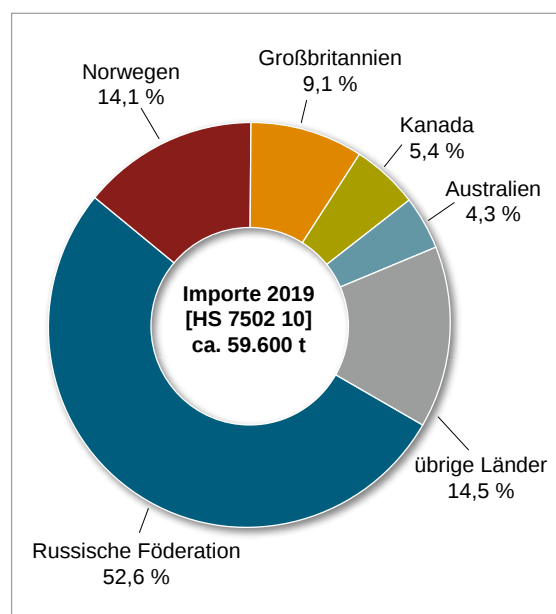


Abb. 40: Herkunft der deutschen Importe von Nickel in Rohform (HS-Unterposition 7502 10) im Jahr 2019 (Datenquelle: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020, BGR 2021).

Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS-Unterposition 7204 21)

Im Jahr 2019 wurden ca. 227.220 t dieser Unterposition mit einem Gesamtwert von rund 300 Millionen € nach Deutschland eingeführt (DESTATIS 2020). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten dieser Unterposition von ca. 5,2 Mio. t bei 5,3 % (Weltrang 7) (Abb. 41).

Nahezu 70 % der Importe kamen 2019 aus den Niederlanden, Österreich, der Tschechischen Republik, Polen und der Schweiz. Aus den Ländern der Europäischen Union wurden insgesamt 82 % eingeführt. Der mittels des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der deutschen Importe von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl lag im Jahr 2019 mit einem Wert von 1.060 im unbedenklichen Bereich. Mit einem Wert von 1,10 ist das GLR der 61 deutschen Lieferländer als unkritisch zu bewerten. Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für diese Unterposition als unbedenklich zu bewerten. Deutschland ist weltweit der mit Abstand größte Nettoexporteur von Edelstahl-Abfällen und -Schrott (Abb. 42).

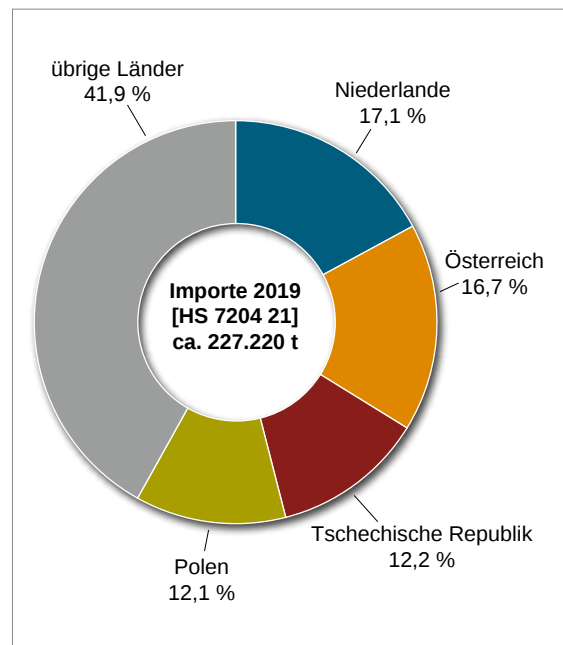


Abb. 41: Herkunft der deutschen Importe von Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS-Unterposition 7204 21) im Jahr 2019 (Datenquelle: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020, BGR 2021).



Abb. 42: Mischschrotte für den Handel bei der CRONIMET Ferrolegierungen GmbH (Foto: BGR).

Ferronickel (HS-Unterposition 7202 60)

Im Jahr 2019 wurden ca. 6.190 t dieser Unterposition mit einem Gesamtwert von rund 25 Millionen € nach Deutschland eingeführt (DESTATIS 2020). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten dieser Unterposition von ca. 2,7 Mio. t bei 0,2 % (Weltrang 15) (Abb. 43). Bis vor etwa zehn Jahren zählte Deutschland noch zu den größten Importeuren von Ferronickel und war zuletzt im Jahr 2011 sogar der weltweit größte Importeur. Im Jahr 2012 veräußerte die heutige thyssenkrupp AG die ThyssenKrupp Stainless AG an die finnische Outokumpu Oyj, die in den folgenden Jahren die Schmelzbetriebe an den deutschen Standorten stilllegte. Seitdem ist auch der Import an Ferronickel deutlich gesunken.

Nahezu 71 % der Ferronickel-Importe kamen 2019 aus den Niederlanden. Aus der Russischen Föderation und aus Belgien stammten je etwa 9 % der Importe. Aus weiteren zwölf Ländern importierte Deutschland die verbleibenden knapp 11 %. Der mittels des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der deutschen Einfuhren von Ferronickel lag im Jahr 2019 mit einem Wert von 5.200 im kritischen Bereich. Dies ist insbesondere begründet durch den hohen Importanteil aus den Nieder-

landen, das hinsichtlich des Ferronickel-Handels aber als Durchgangsland zu betrachten ist. Mit einem Wert von 1,37 ist das GLR der 15 deutschen Lieferländer als unkritisch zu bewerten.

Nickelsulfat (HS-Unterposition 2833 24)

Im Jahr 2019 wurden ca. 4.380 t dieser Unterposition mit einem Gesamtwert von rund 12 Millionen € nach Deutschland eingeführt (DESTATIS 2020). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten dieser Unterposition von ca. 200.000 t bei 2,2 % (Weltrang 8) (Abb. 44).

Etwa 92,5 % der Nickelsulfat-Einfuhren stammten 2019 aus Belgien, Österreich, Polen und Schweden. Aus den Ländern der Europäischen Union wurden 2019 insgesamt 94,5 % eingeführt. Der mittels des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der deutschen Importe von Nickelsulfat lag im Jahr 2019 mit einem Wert von 3.780 im kritischen Bereich. Das GLR der 16 deutschen Lieferländer ist mit einem Wert von 1,16 als unkritisch zu bewerten. Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für die Einfuhren an Nickelsulfat mäßig bedenklich.

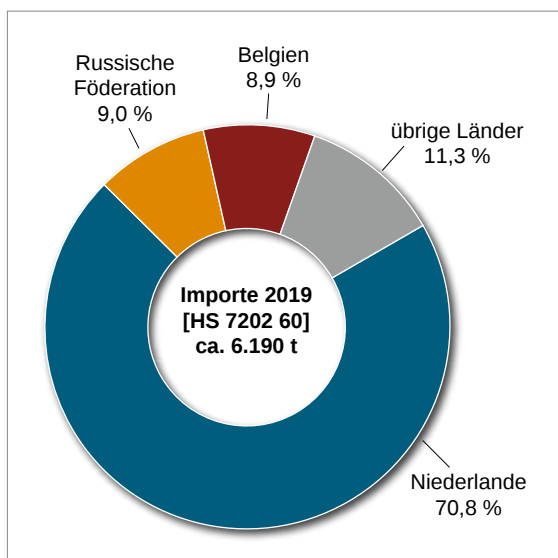


Abb. 43: Herkunft der deutschen Importe von Ferronickel (HS-Unterposition 7202 60) im Jahr 2019
(Datenquelle: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020, BGR 2021).

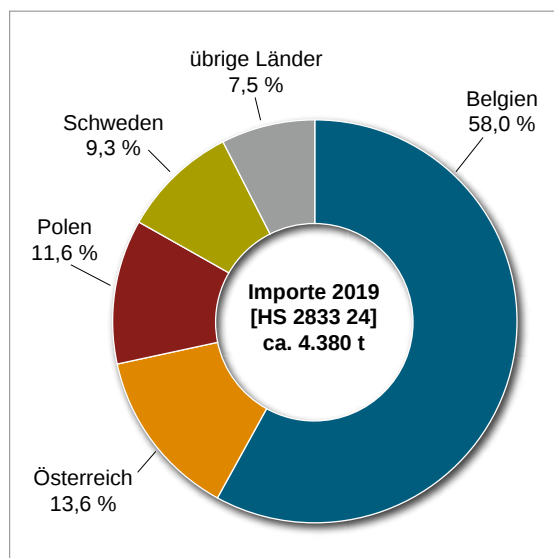


Abb. 44: Herkunft der deutschen Importe von Nickelsulfat (HS-Unterposition 2833 24) im Jahr 2019
(Datenquelle: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020, BGR 2021).

Abfälle und Schrott aus Nickel (HS 7503 00)

Im Jahr 2019 wurden ca. 10.700 t dieser Unterposition mit einem Gesamtwert von rund 82 Millionen € nach Deutschland eingeführt (DESTATIS 2020). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten dieser Unterposition von ca. 150.000 t bei 7,3 % (Weltrang 5) (Abb. 45).

Etwa 55 % der Einfuhren von Abfällen und Schrott aus Nickel stammten 2019 aus Österreich, Frankreich, den Niederlanden und Italien. Aus den Ländern der Europäischen Union wurden 2019 insgesamt 80,8 % eingeführt. Der mittels des HHI berechnete Grad der Diversifizierung der deutschen Importe von Abfällen und Schrott aus Nickel lag im Jahr 2019 mit einem Wert von 1.000 im unkritischen Bereich. Mit einem Wert von 1,12 ist das GLR der 44 deutschen Lieferländer als unkritisch zu bewerten. Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für die Einfuhren in dieser Unterposition als unbedenklich zu bewerten.

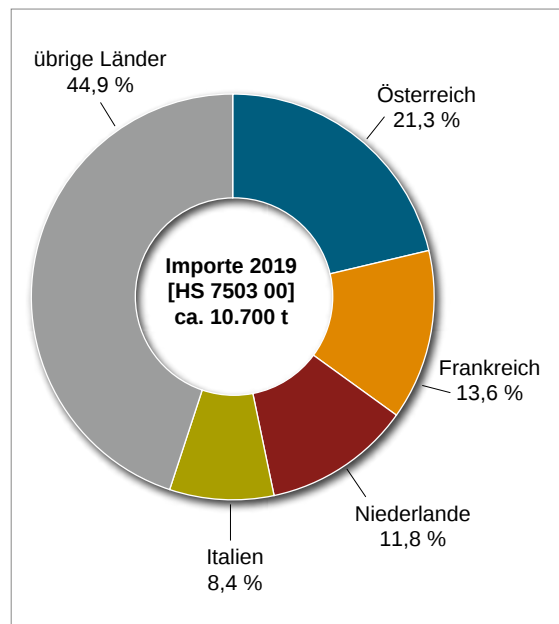


Abb. 45: Herkunft der deutschen Importe von Abfällen und Schrott aus Nickel (HS-Unterposition 7503 00) im Jahr 2019 (Datenquelle: DESTATIS 2020, IHS MARKIT INC. 2020, BGR 2021).

2.7 Angebots- und Nachfragetrends

Die nachfolgenden Berechnungen wurden inmitten der Covid-19-Pandemie angestellt. Wie lange diese Pandemie noch anhält und welche Auswirkungen sie zukünftig noch auf den globalen Nickelmarkt haben wird, ist schwer vorherzusagen.

2.7.1 Vorräte

Die weltweiten Nickelreserven haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten nahezu verdoppelt (Abb. 46). Sie hatten im gleichen Zeitraum jährliche durchschnittliche Wachstumsraten vergleichbar der globalen Bergwerksförderung. Der United States Geological Survey (USGS 2020) schätzt die weltweiten Nickelreserven im Jahr 2019 auf etwa 89 Mio. t. Die größten Reserven lagen 2019 mit etwa 21 Mio. t in Indonesien, gefolgt von Australien (20 Mio. t) und Brasilien (11 Mio. t). Zusammen machen diese drei Länder knapp 60 % der weltweiten Nickelreserven aus. Da bei einer Reihe von Vorkommen die Reserven nicht bekannt bzw. nicht ausgewiesen sind, sind die tatsächlichen weltweiten Reserven vermutlich noch deutlich größer. In den Angaben des USGS fehlen beispielsweise Nickelreserven für Neukaledonien. Dort betragen allein die Reserven der drei größten Unternehmen rund 5 Mio. t Nickel, was die weltweiten Nickelreserven auf ca. 94 Mio. t erhöht. Dies entspricht etwa dem 37-fachen der Bergwerksförderung des Jahres 2019.

Während die Nickelreserven in den letzten zehn Jahren zunächst nur geringe Wachstumsraten aufwiesen (Abb. 46), zeigten die USGS-Angaben für das Jahr 2018 einen sehr deutlichen Zuwachs für Indonesien. Dies ist dadurch bedingt, dass in diesem Land mittlerweile mehr Bergbauunternehmen Nickelreserven ausweisen bzw. einzelne Unternehmen ihre Reserven deutlich erhöht haben.

Nickelgehalte

Der historische Vergleich zeigt, dass die bauwürdigen Nickelgehalte („cutoff grade“) der Nickelbergwerke in den letzten 100 Jahren weltweit gesunken sind. Die Bauwürdigkeit einer Lagerstätte hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab, in erster

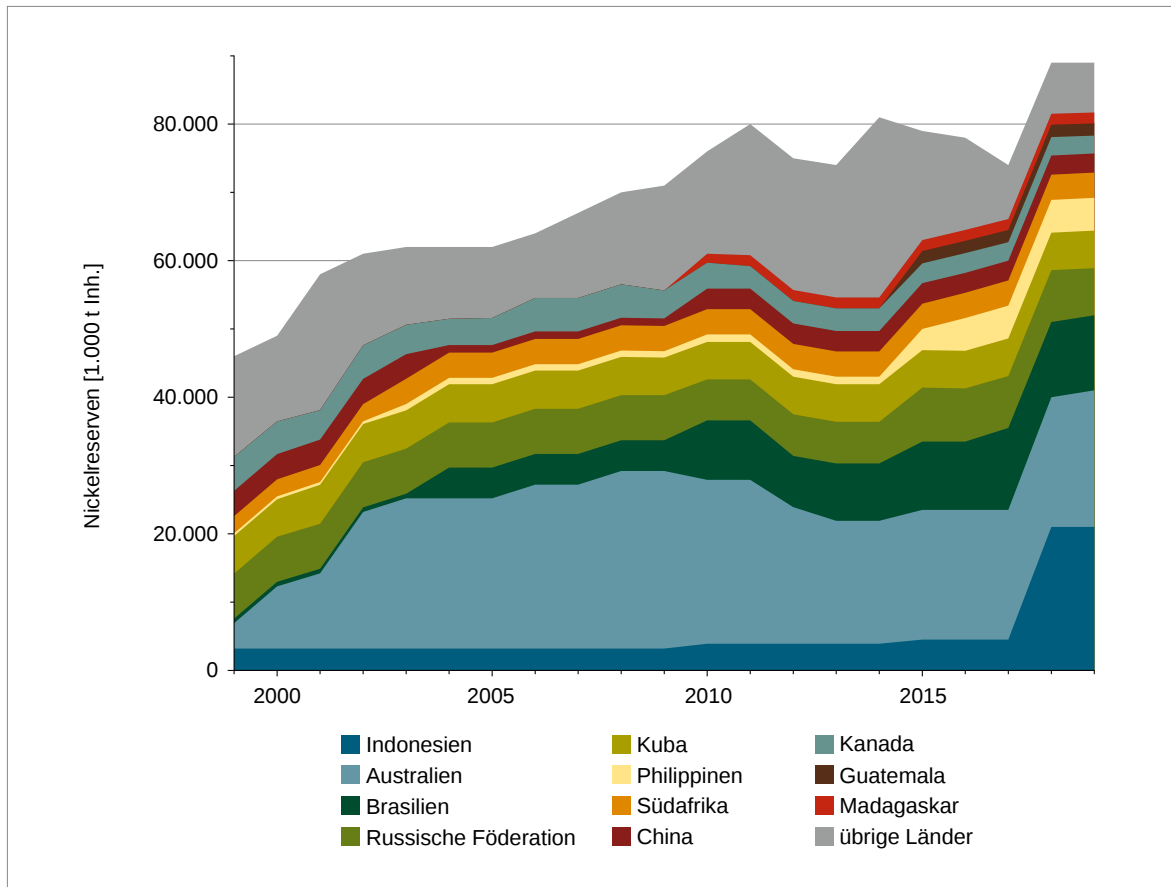


Abb. 46: Entwicklung der weltweiten Nickelreserven im Zeitraum 1999–2019 (USGS versch. Jg.).

Linie vom aktuellen Preis und von den Abbaukosten. Hauptgründe für die sinkenden Nickelgehalte sind laut MUDD & JOVITT (2014) die Verschiebung des weltweiten Bergbaus hin zu niedriggehaltigen Nickellateriten sowie die technologischen Innovationen über den gesamten Bergbauzyklus, von der Erkundung bis zur Raffination.

Der technologische Fortschritt hat dazu geführt, dass durch Kostensenkungen verstärkt niedriggehaltige Lagerstätten bauwürdig wurden. Nickelprodukte werden heute beispielsweise verstärkt aus den niedriggradigen Limoniten mittels Drucklaugung gewonnen. Hier spielt dann auch das Mitbringen von Kobalt hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit solcher Lagerstätten eine wichtige Rolle. Außerdem werden heute niedriggradige Nickellaterite verstärkt für die Herstellung von NPI herangezogen.

Investitionen in Exploration

Laut S & P GLOBAL INC. (2020) sind die Ausgaben in die Nickelexploration im Jahr 2019 im dritten Jahr in Folge gestiegen und betragen 351,6 Mio. US\$ (Abb. 47). Für den Zeitraum von 1997–2019 lagen die Explorationsausgaben im Mittel bei jährlich rund 453 Mio. US\$. Die aktuellen Investitionen in die Exploration liegen damit im fünften Jahr in Folge deutlich unter dem langjährigen Mittelwert. Der Großteil der Investitionen floss im Jahr 2019 nach Australien (30,5 %) und Kanada (24,6 %). Für das Jahr 2020 wird die Höhe der Explorationsausgaben auf 333,9 Mio. US\$ geschätzt.

Die Höhe der Explorationsausgaben ist abhängig vom Nickelpreis. In Zeiten niedriger Preise für dieses Metall sind auch die Investitionen für die Erkundung und Entwicklung neuer Nickelprojekte gering. Durch die Covid-19-Pandemie ist die weitere Entwicklung ungewiss. Sollte der Nickelpreis seinen gegenwärtigen Aufwärtstrend fortsetzen und der Bedarf aus dem Bereich Elektromobilität

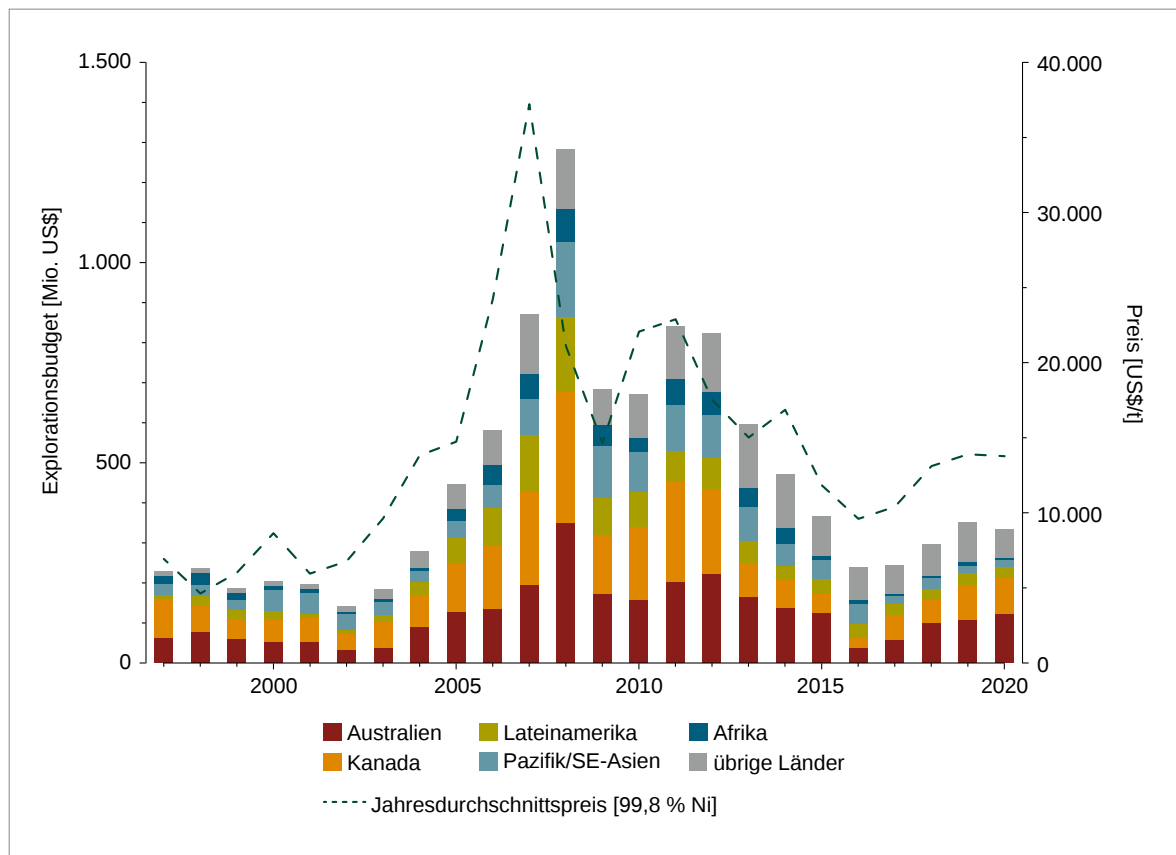


Abb. 47: Entwicklung der weltweiten Ausgaben in der Nickelexploration 1997–2020
(S & P GLOBAL INC. 2020).

wie prognostiziert weiter deutlich zunehmen, werden die Explorationsausgaben vermutlich mittelfristig wieder steigen.

Deutlich an Bedeutung haben in den letzten zehn Jahren Bergbauprojekte mit chinesischer Beteiligung außerhalb Chinas gewonnen. So gehen die Produktionssteigerungen in Indonesien vor allem auf chinesische Investitionen zurück.

2.7.2 Zukünftiges Angebot

Die Abschätzung des zukünftigen Nickelangebots basiert auf Informationen über die Produktion von bestehenden Bergwerken sowie über die geplante Produktion neuer Bergwerksprojekte innerhalb des betrachteten Zeitraums. Für Letztere ist die Kenntnis über die Jahresförderkapazität und den geplanten Produktionsbeginn für die weiteren Betrachtungen von großer Bedeutung. Bei den Angaben zu den Kapazitäten aus neuen Projekten

handelt es sich um Planzahlen der Bergbau- und Explorationsunternehmen. Eine zuverlässigere Abschätzung kann nur für solche Projekte erfolgen, die in der Entwicklung weit fortgeschritten oder bereits im Bau sind. Für die Nickelprojekte, die noch in einer frühen Phase der Entwicklung stehen, sind Angaben zum Produktionsbeginn und zur Jahreskapazität meist nicht verlässlich oder nicht bekannt. Üblicherweise beträgt der Zeitraum zwischen Explorationsbeginn und dem Start der Förderung durchschnittlich mehr als 15 Jahre. Zuletzt wurden in Indonesien innerhalb weniger Jahre sehr große Kapazitäten zur Weiterverarbeitung dortiger Lateriterze zu NPI aufgebaut. Das zukünftige Angebot an Lateriterz in dem Land, über das z. T. nur unzureichende Informationen vorliegen, kann indirekt auch aus den im Bau befindlichen neuen NPI- und HPAL-Kapazitäten abgeleitet werden.

Weltweit bestehen derzeit mehr als 2.000 Projekte (S & P GLOBAL INC. 2020), die mit Nickel als Haupt-

oder Nebenprodukt assoziiert sind und in unterschiedlichen Phasen der Entwicklung stehen. Nahezu 300 dieser Projekte befinden sich gegenwärtig in Produktion, sind bereits in der Phase der Inbetriebnahme oder sind in einem bewertbaren weit fortgeschrittenen Projektstadium. Die übrigen Projekte sind noch in einem anfänglichen Stadium bzw. lassen aufgrund einer unzureichenden Datenlage keine belastbare Bewertung zu. Eine weitere mögliche zukünftige Quelle mit einem signifikanten Potenzial an Primärnickel sind die polymetallischen Manganknollen der Tiefsee (siehe Exkurs III).

Die Abschätzung des zukünftigen Angebots wurde in der vorliegenden Studie bis zum Jahr 2025 durchgeführt. In die Betrachtungen wurden daher nur Projekte mit einem geplanten Produktionsstart vor oder im Jahr 2025 einbezogen.

Vor allem Indonesien und Australien werden aller Voraussicht nach bis 2025 die meisten neuen Förderkapazitäten in Betrieb nehmen. Damit setzt sich der Trend fort, dass insbesondere Indonesien seinen weltweiten Anteil an der Bergwerksförderung noch erhöhen wird. Das Land hat zuletzt eine deutliche Zunahme der Nickelförderung erlebt und

Tab. 10: Wichtige weit fortgeschrittene Nickelsulfidprojekte, die mindestens über eine aktuelle Machbarkeitsstudie verfügen (Datenquelle: Unternehmensdaten, S & P GLOBAL INC. 2020, INSG 2020b).

Projekt	Land	Unternehmen	Status	geplanter Produktionsbeginn	Ressourcen [1.000 t Ni-Inh.]	Kapazität [t Inh./a]
Dumont (Phase I)	Kanada	Magneto Investments L.P.	Machbarkeitsstudie	n. b.	4.430	33.000
Enterprise	Sambia	Kalumbila Minerals Ltd.	Machbarkeitsstudie	n. b.	388	30.000
Qinghai Xiarihamu	China	Qinghai Huanghe Mining Devel.Co. Ltd.	Inbetriebnahme	2022	1.100	30.000
Maslovskoye (South Cluster)	Russische Föderation	JV PJSC MMC Norilsk Nickel/LLC Russian Platinum	Machbarkeitsstudie	2022	440	25.000
Cosmos (Odysseus)	Australien	Western Areas Ltd.	Machbarkeitsstudie	2022	265	13.000
Cassini (Kambalda South)	Australien	Mincor Resources NL	Inbetriebnahme	2022	131	12.000
Long, Durkin, Miitel (Kambalda North)	Australien	Mincor Resources NL	Inbetriebnahme	2022		
Platreef	Südafrika	JV Ivanhoe Mines Ltd. (64 %), B-BBEE (26 %), japanisches Konsortium (10 %)	Machbarkeitsstudie	2022	423	9.500
Savannah	Australien	Panoramic Resources Ltd.	Inbetriebnahme	2021	217	8.800
Black Swan	Australien	Poseidon Nickel Ltd.	Machbarkeitsstudie	n. b.	195	7.500
NorthMet	USA	PolyMet Mining Inc.	Machbarkeitsstudie	2022	565	3.900

n. b. = nicht bekannt

Exkurs III:

Polymetallische Manganknollen – Nickelressourcen der Tiefsee

Manganknollen aus der Tiefsee können bei der zukünftigen Nickelversorgung eine wichtige Rolle spielen. Manganknollen treten vor allem in den großen Tiefseeebenen der Ozeane auf, die ca. 41 % der Oberfläche der Erde bedecken. Als besonders hoffiges Manganknollengebiet gilt die sog. Clarion-Clipperton-Zone (CCZ) im Nordostpazifik, die zwischen Hawaii und Mexiko liegt. Mit einer Fläche von ca. 4,5 Mio. km² ist die CCZ etwa so groß wie die gesamte Europäische Union. Die dortigen Manganknollenvorkommen werden auf ein Trockengewicht von insgesamt 21 Mrd. t geschätzt (HEIN et al. 2020).

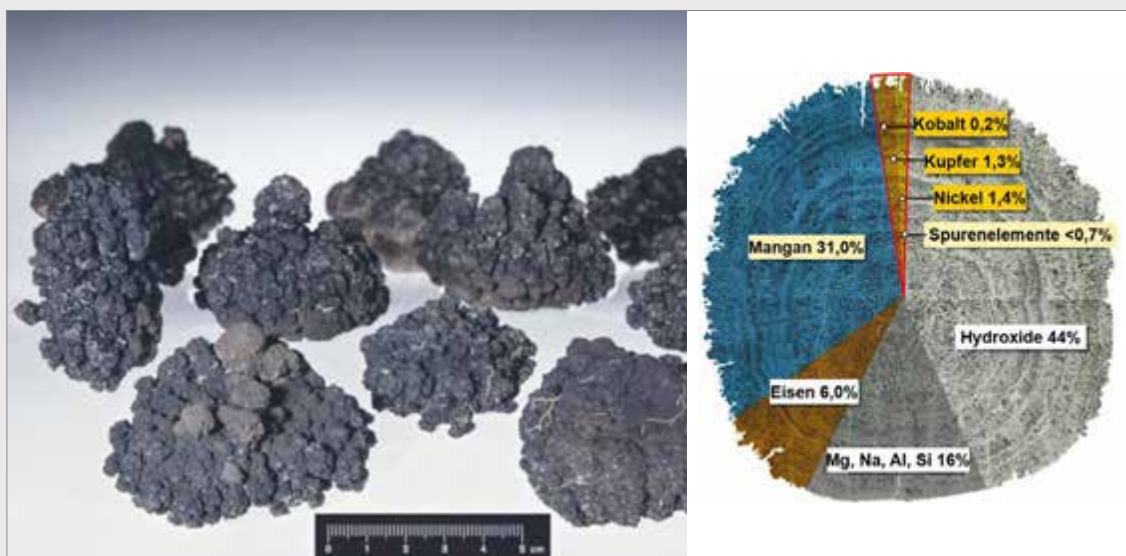
Manganknollen sind konzentrisch aufgebaute Konkretionen, die auf dem sedimentbedeckten Meeresboden der Tiefseeebenen liegen. Der durchschnittliche Nickelgehalt in den Knollen aus dem deutschen Lizenzgebiet in der CCZ liegt bei 1,4 %. Weitere Wertmetalle in diesen polymetallischen Knollen sind Mangan (~31 %), Kupfer (1,3 %) und Kobalt (0,2 %). Die Nickelressourcen in der CCZ werden auf 274 Mio. t geschätzt (HEIN et al. 2020).

Die Bodenschätze der CCZ liegen in internationalen Gewässern. Sie werden von der Internationalen Meeresbodenbehörde in Kingston

(Jamaika) auf der Grundlage des Internationalen Seerechts der Vereinten Nationen verwaltet. Auch Deutschland ist über die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) seit 2006 im Besitz einer solchen Erkundungslizenz und führt damit ihre in den 1970er Jahren begonnen Arbeiten bei den Tiefseerohstoffen mit modernen Verfahren fort.

Da die Manganknollen lose auf dem Tiefseesediment liegen, können sie mechanisch oder hydraulisch vom Meeresboden aufgenommen und mittels vertikalem Transportsystem zu einem Bergbauschiff transportiert werden.

Manganknollen sind ein neuer oxidischer Rohstofftyp. Industrielle Verfahren zur metallurgischen Extraktion der Metalle mussten daher neu entwickelt werden. Die BGR hat in Kooperation mit den Universitäten in Aachen und Clausthal ein sog. „Zero-Waste“-Verfahren entwickelt, bei dem die Manganknollen vollständig in verkaufsfähige Zwischenprodukte verarbeitet werden (KEBER et al. 2020; SOMMERFELD et al. 2018). Dieses Verfahren beruht auf einer Kombination von pyro- und hydrometallurgischen Prozessen, wobei Nickel als Karbonat oder Sulfat gefällt wird.



Mittlere geochemische Zusammensetzung der Manganknollen aus dem deutschen Lizenzgebiet in der CCZ (Foto: BGR).

dabei seinen weltweiten Anteil von 16,7 % im Jahr 2017 auf etwa 33,6 % im Jahr 2019 gesteigert.

Im Betrachtungszeitraum bis 2025 werden vor allem in Indonesien auch neue Raffinadekapazitäten in Betrieb genommen. Weitere Kapazitäten bzw. Erweiterungen bestehender Anlagen sind in Brasilien zu erwarten. Anlagen zur Produktion von Zwischenprodukten der Nickelraffination sind neben Indonesien auch in den USA, in Brasilien, in Australien, in Finnland, in der Türkei und in China geplant.

Der überwiegende Teil des zukünftigen Bergwerksangebots dient der Produktion von NPI und Ferronickel für die Edelstahlindustrie. Ausschließlich auf der Basis dieser beiden Raffinadeprodukte wird Indonesien bereits im Jahr 2021 zum welt-

weit größten Raffinadeproduzenten (vor allem NPI) aufsteigen. Für die NPI-Produktion in China und Indonesien des Jahres 2025 wird ein Nickelinhalt von zusammen fast 1,5 Mio. t angenommen, gegenüber etwa 0,95 Mio. t im Jahr 2019 (LENNON 2020). Davon könnten 2025 etwa 80 % auf Indonesien entfallen.

Hinsichtlich der Batterieherstellung, dem wesentlichen Wachstumstreiber der nächsten Jahre, kommen andere Bergwerksangebote bzw. Weiterverarbeitungswege in Betracht. Neben den Nickelsulfidprojekten (Tab. 10) sind dies insbesondere die Nickellateritprojekte, die mittels Drucklaugung (HPAL-Anlagen) und nachgeschalteter Raffination auf Nickelmetall oder -sulfat bzw. deren Vorprodukte (MHP, MSP) abzielen (Tab. 11). Es bleibt festzuhalten, dass die bisherigen HPAL-Projekte

Tab. 11: Wichtige HPAL-Projekte und Projekte zur Herstellung von Nickelmatte, die mindestens über eine Machbarkeitsstudie verfügen (Datenquelle: Unternehmensdaten, S & P GLOBAL INC. 2020, INSG 2020b).

Projekt	Land	Unternehmen	Status	geplanter Produktionsbeginn	Zwischenproduktion	Kapazität [t Ni-Inh./a]
Morowali IP (Phase I+II)	Indonesien	PT Huayue Nickel Cobalt	Inbetriebnahme	2022	MHP	60.000
Obi Island (Phase I+II)	Indonesien	PT Halmahera Persada Lygend	Inbetriebnahme	2021	MHP/NiSO ₄	55.000
Morowali IP	Indonesien	PT QMB New Energy Metals	Inbetriebnahme	2022	MHP	50.000
Weda Bay IP	Indonesien	Huayou Cobalt	Inbetriebnahme	2023	Matte	45.000
Pomalaa	Indonesien	JV PT Vale Indonesia Tbk /Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.	Machbarkeitsstudie	n. b.	MSP	40.000
Weda Bay IP	Indonesien	PT Youshan Nickel Indonesia	Inbetriebnahme	2021	Matte/NiSO ₄	35.000
Ravensthorpe	Australien	First Quantum Minerals Ltd.	Inbetriebnahme	2020	MHP	28.000
Sunrise	Australien	Clean TeQ Holdings Ltd.	Machbarkeitsstudie	2023	NiSO ₄	20.000
Sconi	Australien	Australian Mines Ltd.	Machbarkeitsstudie	n. b.	MSP/NiSO ₄	10.300
Gördes (Phase II)	Türkei	Meta Nikel Kobalt Madencilik A.S.	Inbetriebnahme	n. b.	MHP	10.000
Piauí (Phase I)	Brasilien	Brazilian Nickel Plc.	Demonstrationsanlage	n. b.	MHP	1.400

n. b. = nicht bekannt; IP = Industrial Park

mehrheitlich einen deutlich längeren Zeitraum für das Hochfahren der Produktion benötigten und zumeist auch nicht die ursprünglich geplante Maximalkapazität erreicht haben. Eine weitere Herausforderung für diesen Herstellungsweg ergibt sich aus dem Umgang mit den Aufbereitungsrückständen der Drucklaugung. In der Basamuk-Raffinerie (Papua-Neuguinea) werden diese beispielsweise in die Tiefsee verbracht („deep-sea tailings disposal“), was aus Umweltgründen umstritten ist.

Die zukünftigen Nickelsulfidprojekte dienen ausschließlich der Herstellung von Nickelmetall und -sulfat. Die Lagerstätten befinden sich vor allem in Australien, im südlichen Afrika und in Nordamerika (Tab. 10). Im gleichen Zeitraum sind die zu erwartenden Nickelinhalte in den kommenden Lateritprojekten mehr als vier Mal so hoch. Diese Projekte liegen weit überwiegend in Indonesien sowie in Australien und Brasilien (Tab. 11–12). Bedeutendste Raffinadeprodukte sind NPI und Ferronickel sowie zunehmend Nickelsulfat für die

wachsende Nachfrage aus dem Bereich Batterieherstellung.

2.7.2.1 Wichtige Produzenten und neue Bergbauprojekte

Nachstehend werden die derzeit wichtigen Nickelproduzenten und ihre Förderung des Jahres 2019 sowie bedeutende weit fortgeschrittene Explorationsprojekte bzw. solche bereits im Bau befindliche Vorhaben nach Ländern (in alphabetischer Reihenfolge) kurz besprochen.

Australien

Das Unternehmen **Western Areas Ltd.** förderte aus den beiden Bergwerken Flying Fox und Spotted Quoll des Lagerstättenkomplexes Forrestania im Jahr 2019 Nickelsulfiderze, woraus in der dortigen Aufbereitungsanlage Cosmic Boy ein Konzen-

Tab. 12: Wichtige NPI- und Ferronickel-Projekte, die mindestens über eine Machbarkeitsstudie verfügen (Datenquelle: Unternehmensdaten, S & P GLOBAL INC. 2020, INSG 2020b).

Projekt	Land	Unternehmen	Status	geplanter Produktionsbeginn	Class 2-Produkt	Kapazität [t Ni-Inh./a]
Delong (Phase II+III)	Indonesien	PT Virtue Dragon	Inbetriebnahme	2020	NPI	160.000
Lapaopao Block Phase (I-III)	Indonesien	PT Ceria Nugraha Indotama	Inbetriebnahme	2021	Ferronickel	50.400
Palopo	Indonesien	PT Bumi Mineral Sulawesi	Inbetriebnahme	n. b.	Ferronickel	32.000
Weda Bay IP (Phase II)	Indonesien	PT Yashi Indonesia Investment	Inbetriebnahme	n. b.	NPI	30.000
Weda Bay IP	Indonesien	PT Weda Bay Nickel	Inbetriebnahme	2020	NPI	30.000
Obi Island	Indonesien	PT Megah Surya Pertiwi	Inbetriebnahme	n. b.	NPI	24.000
Morowali IP	Indonesien	PT Bukit Sulawesi Indonesia	Inbetriebnahme	2020	NPI	20.000
Petasia (Phase II)	Indonesien	PT COR Industri Indonesia	Inbetriebnahme	n. b.	NPI	20.000
Araguaia (Phase I)	Brasilien	Horizonte Minerals Plc.	Machbarkeitsstudie	n. b.	Ferronickel	14.500
FeNi Haltim (P3FH)	Indonesien	PT Antam Tbk	Inbetriebnahme	n. b.	Ferronickel	13.500

n. b. = nicht bekannt

trat mit einem Nickelinhalt von 23.143 t hergestellt wurde (WESTERN AREAS LTD. versch. Jg.). In den beiden Bergwerken werden gegenwärtig die weltweit reichsten im Abbau befindlichen Nickelerzkörper mit Nickelgehalten von jeweils etwa 4 % abgebaut. Das in der Aufbereitungsanlage hergestellte Konzentrat hat einen Nickelgehalt von 15–16 %. Das Konzentrat wurde auf der Grundlage zweier laufender Abnahmeverträge bis Januar 2020 je etwa hälftig an die Tsingshan Holding Group und an die BHP Group verkauft. Seit Februar 2020 wird Konzentrat mit einem Nickelinhalt von je 10.000 t an die Jinchuan Co. Ltd. und die BHP Group geliefert (WESTERN AREAS LTD. 2020a).

Seit Frühjahr 2018 betreibt Western Areas Ltd. das *Mill Recovery Enhancement*-Projekt, das mittels Biolaugung der Rückstände der Aufbereitungsanlage Cosmic Boy ein MSP mit einem Nickelinhalt von 45–50 % produziert. Die maximale Jahreskapazität beträgt 1.400 t Nickelinhalt. Das MSP wird seit Mitte 2019 über einen zunächst einjährigen Abnahmevertrag an die Sumitomo Metal Mining Co. Ltd. geliefert (WESTERN AREAS LTD. 2019).

Western Areas Ltd. hat Mitte 2015 das Projekt Cosmos (inkl. Aufbereitungsanlage) von Glencore Plc. erworben und Mitte 2018 eine Machbarkeitsstudie für den dortigen Erzkörper Odysseus abgeschlossen. Das Projekt Cosmos hat Reserven von etwa 10,2 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 2,1 % (211.000 t Nickelinhalt). Ende 2021 soll das erste Nickelkonzentrat produziert werden (WESTERN AREAS LTD. 2020b). Jährlich soll ein Konzentrat mit einem durchschnittlichen Nickelinhalt von 13.000 t gewonnen werden.

Das Unternehmen **Independence Group** brachte das im Jahr 2012 entdeckte Vorkommen Nova-Bollinger Ende 2016 in Produktion. Im Jahr 2019 förderte das Unternehmen Nickelsulfiderz, aus dem in der zugehörigen Aufbereitungsanlage ein Konzentrat mit einem Nickelinhalt von 31.518 t hergestellt wurde (INDEPENDENCE GROUP versch. Jg.). Außerdem werden dort Kobalt und Kupfer produziert. Das Konzentrat wurde bisher auf der Grundlage zweier Abnahmeverträge jeweils hälftig an Glencore Plc. und an die BHP Group verkauft. Zukünftig wird die eine Hälfte des Nickelkonzentrats ab Juni 2020 für drei Jahre an die BHP Group verkauft und die verbliebenen 50 % für fünf Jahre an die Trafigura Pte. Ltd. veräußert, beginnend ab Dezember 2019 (INDEPENDENCE GROUP 2019).

Die **BHP Group** gewinnt in Westaustralien Nickelsulfiderze in den Lagerstätten Mt. Keith, Yakabindie, Leinster, Cliffs, Venus und Rocky's Reward. Das Erz wird in den Aufbereitungsanlagen Mt. Keith und Leinster zu Konzentraten weiterverarbeitet. Außerdem werden Nickelkonzentrate der Independence Group und von Western Areas Ltd. zugekauft. Des Weiteren betrieb das Unternehmen bis Juli 2018 die Aufbereitungsanlage Kambalda zur Weiterverarbeitung von Erzen und Konzentraten von Fremdfirmen. Diese Anlage soll mit Start der Förderung im Lagerstättenkomplex Kambalda durch Mincor Resources NL voraussichtlich im Frühjahr 2022 wieder in Betrieb genommen werden. In der Hütte Kalgoorlie der BHP Group wird aus den Nickelkonzentraten Nickelmatte produziert, die in der unternehmenseigenen Raffinerie Kwinana zu Nickelmetall weiterverarbeitet wird. Im Jahr 2019 produzierte die BHP Group 66.000 t Nickelmetall und verkaufte zusätzlich Nickelmatte mit einem Inhalt von 17.200 t Nickel (BHP GROUP versch. Jg.). Des Weiteren wurden Zwischenprodukte mit einem Kobaltinhalt von 827 t hergestellt. Im Jahr 2021 soll in der Raffinerie Kwinana auch die Produktion von Nickelsulfat beginnen. In einer ersten Phase sollen dort 100.000 t Nickelsulfat mit einem Nickelinhalt von 22.000 t Nickel produziert werden. In einer zweiten Phase könnte die Produktion auf 200.000 t Nickelsulfat erweitert werden.

Durch den Erwerb des Projekts Honeymoon Well sowie eines Anteils von 50 % an den Projekten Albion Downs North and Jericho von PJSC MMC Norilsk Nickel im Juni 2020 hat sich die BHP Group im Nahbereich der Lagerstätte Mt. Keith weitere Explorationsgebiete gesichert (BHP GROUP 2020).

Minara Resources Ltd. (ein Tochterunternehmen von **Glencore Plc.**) betreibt den Lagerstättenkomplex Murrin Murrin. Die Nickellaterite werden in der angeschlossenen Raffinerie hydrometallurgisch zu Nickel- und Kobaltpulver und -briketts mittels Drucklaugung (HPAL-Verfahren) und anschließender Raffination weiterverarbeitet. Im Jahr 2019 wurden in Murrin Murrin 40.700 t Nickelmetall und 3.700 t Kobaltmetall produziert (GLENCORE PLC. 2020).

Bis zum Herbst 2017 betrieb das Unternehmen **First Quantum Minerals Ltd.** den Lagerstättenkomplex Ravensthorpe (Hale-Bopp und Shoemaker-Levy), den es Anfang 2010 von BHP Billiton

erwarb. Die kommerzielle Produktion wurde im Dezember 2011 aufgenommen. Die geförderten Nickellaterite wurden mittels Drucklaugung (HPAL-Verfahren) in ein MHP weiterverarbeitet. Das MHP führt etwa 40 % Nickel und etwa 1,4 % Kobalt. In der Hochphase 2013 wurden dort mehr als 38.000 t Nickel im MHP produziert. Im Jahr 2017 hatte das hergestellte MHP einen Nickelinhalt von 17.837 t (FIRST QUANTUM MINERALS LTD. 2017). First Quantum Minerals Ltd. hat Anfang 2020 den Betrieb in Ravensthorpe wiederaufgenommen und erwartet im gleichen Jahr bereits wieder eine Produktion von 15.000–17.000 t Nickel im MHP (FIRST QUANTUM MINERALS LTD. 2020). Die Gesamtressourcen im Lagerstättenkomplex belaufen sich auf 197,2 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,6 % (Nickelinhalt von rund 1,2 Mio. t).

Das Unternehmen **Mincor Resources NL** hat bis Anfang 2016 Nickelsulfiderze im Lagerstättenkomplex Kambalda gefördert. Das gewonnene Erz wurde über einen Abnahmevertrag mit der BHP Group an deren nahegelegene Aufbereitungsanlage Kambalda geliefert. Im Jahr 2017 hat das Unternehmen das Bergwerk Long (nördlicher Teil des Kambalda-Distrikts) von der Independence Group erworben. Eine im März 2020 abgeschlossene Machbarkeitsstudie zum Kambalda-Lagerstättenkomplex bewog Mincor Resources NL im

südlichen Kambalda-Distrikt (Erzkörper Cassini und Miitel) sowie im nördlichen Kambalda-Distrikt (Erzkörper Long und Durkin) die Förderung Anfang 2022 wieder aufzunehmen. Die Gesamtreserven der Erzkörper belaufen sich auf knapp 2,5 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von durchschnittlich 2,9 % (Nickelinhalt von 71.100 t). Das Unternehmen plant ab 2022 eine durchschnittliche jährliche Erzförderung mit einem Nickelinhalt von knapp 13.000 t. Das Erz soll über einen Abnahmevertrag mit der BHP Group an deren Aufbereitungsanlage Kambalda geliefert werden (MINCOR RESOURCES NL 2020).

Das Unternehmen **Panoramic Resources Ltd.** hat bis zur Stilllegung im November 2015 aus dem Bergwerk Lanfranchi und bis Mai 2016 aus dem Bergwerk Savannah und dem Tagebau Copernicus Nickelsulfide gewonnen. Im Jahr 2019 hat das Unternehmen die Förderung im Bergwerk Savannah wieder aufgenommen und in der angeschlossenen Aufbereitungsanlage ein Konzentrat mit einem Nickelinhalt von 4.828 t hergestellt (Abb. 48). Außerdem wurden dort noch Kupfer und 247 t Kobalt mit ausgebracht. Bedingt durch die Covid-19-Pandemie wurde das Bergwerk im April 2020 wieder geschlossen. Panoramic Resources Ltd. plant eine Wiederaufnahme der Produktion für Mitte 2021 (PANORAMIC RESOURCES LTD. 2020).



Abb. 48: Aufbereitungsanlage Savannah im nördlichen Western Australia (aus SZURLIES 2015).

Es ist eine jährliche Produktion von etwa 8.800 t Nickel sowie etwa 4.600 t Kupfer und etwa 650 t Kobalt geplant. Das Projekt Savannah umfasst 8,3 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 1,23 % (Nickelinhalt von 102.000 t). Mitte 2020 hat das Unternehmen Western Areas Ltd. einen Anteil von 19,9 % an Panoramic Resources Ltd. erworben.

Das Unternehmen **Clean TeQ Holdings Ltd.** entwickelt das Nickellateritprojekt Sunrise (ehemals Syerston), das es im Herbst 2014 von Ivanhoe Mines Ltd. erworben hat. Eine Machbarkeitsstudie wurde im Juni 2018 abgeschlossen und im Herbst 2020 aktualisiert (CLEAN TEQ HOLDINGS LTD. 2020). Die dortige Reserve beträgt 143,2 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,59 % (Nickelinhalt 844.000 t). Neben Nickel sollen auch Kobalt und Scandium gewonnen werden. Das Unternehmen plant den Bau einer angeschlossenen Anlage, um mittels Drucklaugung und anschließender Raffination Nickel- und Kobaltsulfat herzustellen. Der durchschnittliche jährliche Nickelinhalt wird mit 21.293 t angegeben, was einer Produktion von fast 100.000 t Nickelsulfat entspricht. Zusätzlich sollen jährlich 4.350 t Kobalt produziert werden. Bereits im Sommer 2017 wurde ein Abnahmevertrag über 20 % der geplanten Produktion mit dem Unternehmen Beijing Easpring Material Technology Co. Ltd. geschlossen.

Australian Mines Ltd. exploriert das Nickel-Kobalt-Scandium-Projekt Sconi. Für das Lateritprojekt wurde Ende 2018 eine Machbarkeitsstudie erstellt (AUSTRALIAN MINES LTD. 2018). Die Gesamtreserve der drei Lagerstätten Greenvale, Lucknow und Kokomo beträgt 57,3 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,58 % (330.000 t Nickelinhalt). Als möglicher Produktionsstart wird das Jahr 2023 angegeben. Australian Mines Ltd. plant mittels Drucklaugung und anschließender Raffination die Produktion von Nickel- und Kobaltsulfat. Des Weiteren ist die Produktion von Scandiumoxid vorgesehen. Über die Projektlaufzeit soll eine jährliche Sulfatproduktion mit einem Nickelinhalt von etwa 10.300 t erfolgen. Das Unternehmen hat im Sommer 2019 einen Abnahmevertrag mit SK Innovation über die gesamte geplante Produktion für sieben Jahre geschlossen. Der Vertrag wurde aber Ende 2019 wieder aufgekündigt.

Das Unternehmen **Poseidon Nickel Ltd.** exploriert die Nickelsulfidprojekte Black Swan, Lake Johnston und Windarra. Das Projekt Black Swan

(inkl. dem Bergwerk Silver Swan), das bis Anfang 2009 in Betrieb war, ist am weitesten entwickelt. Die dortigen Reserven belaufen sich auf 3,5 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,81 % (Nickelinhalt von 28.300 t) (POSEIDON LIMITED LTD. 2020). Laut Poseidon Nickel Ltd. kommen sowohl die direkte Vermarktung des Erzes als auch die Herstellung eines Konzentrats, mit einem Nickelgehalt von mehr als 13 %, in der angeschlossenen Aufbereitungsanlage Black Swan in Betracht.

Brasilien

Das Unternehmen **Vale S. A.** gewinnt im Lagerstättenkomplex Onça-Puma Nickellaterite im Tagebau. Nachdem der Bergbau aufgrund von Rechtsstreitigkeiten im Herbst 2017 eingestellt wurde, konnte die Gewinnung bereits im Herbst 2019 wieder aufgenommen werden. Im Jahr 2019 wurden Erze mit einem Nickelinhalt von etwa 4.500 t gewonnen und in der angeschlossenen Hütte Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 11.600 t hergestellt (VALE S. A. 2020). Bereits im Jahr 2020 soll dort wieder Ferronickel mit einem Nickelinhalt von mehr als 15.000 t produziert werden.

Das Unternehmen **Anglo American Plc.** gewinnt in den Lagerstätten Barro Alto und Codemin Nickellaterite im Tagebau. In den beiden angeschlossenen Hütten wird Ferronickel produziert. Im Jahr 2019 wurde dort Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 42.600 t hergestellt (ANGLO AMERICAN PLC. 2020).

Das Unternehmen **Atlantic Nickel** (ein Tochterunternehmen von **Appian Capital Advisory LLP**) gewinnt im Tagebau Santa Rita Nickelsulfiderze. Der Tagebau wurde bis Herbst 2015 von Mirabela Nickel Ltd. betrieben und im Sommer 2019 durch Atlantic Nickel wieder in Betrieb genommen. In der angeschlossenen Aufbereitungsanlage wird ein Nickel-Kobalt-Konzentrat (Nickelgehalt von etwa 14 %) hergestellt. Die jährliche Maximalkapazität beträgt etwa 16.500 t Nickel. Das erste Konzentrat wurde Anfang 2020 an das Rohstoffhandelsunternehmen Trafigura verkauft, mit dem Atlantic Nickel einen über drei Jahre laufenden Abnahmevertrag über einen Teil der Produktion geschlossen hat.

Das Unternehmen **Horizonte Minerals Plc.** exploriert die Projekte Vermelho und Araguaia.

Das Nickel-Projekt Araguaia ist bereits weit vorangeschritten und eine Machbarkeitsstudie wurde im Herbst 2018 erstellt (HORIZONTE MINERALS PLC. 2018). Die Reserven belaufen sich auf 27,3 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 1,69 % (Nickelinhalt von etwa 460.000 t). Aus den Lateriterzen soll in einer angeschlossenen Hütte Ferronickel produziert werden. Der Bau der Anlage soll im Jahr 2021 beginnen. In einer ersten Phase soll Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 14.500 t produziert werden. Eine Erweiterung um weitere 14.500 t Nickelinhalt wird erwogen.

Das Nickel-Kobalt-Projekt Vermelho wurde durch Horizonte Minerals Plc. Ende 2017 von Vale S. A. erworben. Eine Vorstudie („prefeasibility study“) wurde im Herbst 2019 abgeschlossen. Es ist geplant, das gewonnene Lateriterz in einer angeschlossenen Anlage mittels Drucklaugung und anschließender Raffination weiterzuverarbeiten. Die durchschnittliche jährliche Produktion an Nickelsulfat soll einen Nickelinhalt von 25.000 t haben. Des Weiteren sollen jährlich auch 1.250 t Kobalt im Kobaltsulfat produziert werden (HORIZONTE MINERALS PLC. 2019). Die Reserven belaufen sich auf 141,3 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,91 % (Nickelinhalt von etwa 1,29 Mio. t).

Das Unternehmen **Brazilian Nickel Plc.** entwickelt das Nickel-Kobalt-Projekt Piauí, das im Frühjahr 2014 von Vale S. A. erworben wurde. Das dortige Lateriterz soll mittels Haufenlaugung über das Zwischenprodukt MHP zu Nickelsulfat raffiniert werden. Es ist eine jährliche MHP-Produktion mit einem Nickelinhalt von 25.000 t sowie einem Kobaltinhalt von 900 t geplant. Der Produktionsstart wird für Ende 2022 angestrebt, mit einer anfänglichen jährlichen Produktion mit einem Nickelinhalt von 1.400 t. Die Gesamtressourcen betragen 72,2 Mio. t mit einem Nickelgehalt von 1 % (Nickelinhalt von etwa 0,72 Mio. t) (BRAZILIAN NICKEL PLC. 2020).

Im September 2020 hat das Unternehmen **Jervois Mining Ltd.** die im Jahr 2016 stillgelegte Nickel-Kobalt-Raffinerie São Paulista von Votorantim S. A. erworben (JERVOIS MINING LTD. 2020). Die Raffinerie hat eine jährliche Maximalkapazität von 25.000 t Nickelmetall und 2.000 t Kobaltmetall. Das Unternehmen plant die Wiederaufnahme des Betriebs. Konzentrate aus dem unternehmenseigenen Kobalt-Kupfer-Gold-Projekt Idaho (USA), für das eine Aufnahme der Produktion für

Mitte 2022 geplant ist sowie MHP aus dem unternehmenseigenen Nickel-Kobalt-Haufenlaugungsprojekt Nico Young (Australien), für das im Mai 2019 eine Vorstudie erstellt wurde, sollen in der Raffinerie zukünftig weiterverarbeitet werden.

China

Die **Jinchuan Group** betreibt in der Provinz Gansu den Jinchuan-Bergwerkskomplex, in dem neben Nickel auch Kobalt, Kupfer und Platingruppenmetalle produziert werden. In den angeschlossenen Aufbereitungsanlagen sowie der Hütte und Raffinerie Gansu werden die Sulfiderze weiterverarbeitet. Im Jahr 2019 wurden Nickelsulfiderze mit einem Nickelinhalt von etwa 70.000–75.000 t gefördert sowie große Mengen Konzentrats zugekauft. Die Raffinerie kann jährlich 150.000 t Nickelmetall sowie zusätzlich Nickelchemikalien mit einem Inhalt von etwa 15.000 t Nickel herstellen.

Das Unternehmen **Xinjiang Xinxin Mining Industry Co. Ltd.** betreibt im westlichen China die Bergwerke Kalatongke, Huanshandong, Xiangshan und Huangshan sowie Aufbereitungsanlagen, eine Hütte und die Raffinerie Fukang. Im Jahr 2019 hat das Unternehmen aus Nickelsulfiderzen rund 11.100 t Nickelmetall hergestellt (XINJIANG XINXIN MINING INDUSTRY CO. LTD. 2020). Neben Nickel werden auch Kupfer, Kobalt, Gold und Platingruppenmetalle produziert.

Finnland

Die **Boliden Group** betreibt in Finnland den Kupfer-Nickel-Tagebau Kevitsa (inkl. angeschlossener Aufbereitungsanlage), den es im Juni 2016 von First Quantum Minerals Ltd. erworben hat. Im Jahr 2019 wurden dort 9.752 t Nickel im Konzentrat gewonnen (BOLIDEN GROUP 2020). Neben Nickel werden hier auch Kobalt, Kupfer, Gold und Platingruppenmetalle ausgebracht. Die Aufbereitungsanlage in Kevitsa wird derzeit erweitert, um ab 2021 statt etwa 7,5 Mio. t Erz dann jährlich 9,5 Mio. t zu verarbeiten. Im Bergwerk Kylylahti, in dem Nickel als Beiprodukt anfällt, wurden 2019 731 t Nickel im Konzentrat hergestellt. Hier werden vor allem auch Kupfer, Gold, Zink und Kobalt gewonnen. Das Bergwerk Kylylahti wurde Ende 2020 wegen Erschöpfung der Vorräte geschlossen.

In der unternehmenseigenen Hütte Harjavalta werden Nickelmatte und als Nebenprodukt der dortigen Kupferverarbeitung auch Rohnickelsulfat gewonnen. Im Jahr 2019 wurde Nickelmatte mit einem Inhalt von 26.000 t Nickel produziert. Mit Ablauf des Abnahmevertrags durch die benachbarte Raffinerie Harjavalta (PJSC MMC Norilsk Nickel) vertreibt Boliden die Nickelmatte seit Sommer 2015 auf dem Weltmarkt.

Das Unternehmen **Terrafame Ltd.** betreibt seit Sommer 2015 das Projekt Sotkamo. Im dortigen Tagebau Kuusilampi werden aus Sulfiderzen neben Nickel auch Kobalt und Zink gewonnen. Seit Anfang 2020 verfügt das Unternehmen auch über eine Genehmigung zur Gewinnung von Uran. Mittels Haufenlaugung wird ein MSP gewonnen. Im Jahr 2019 produzierte das Unternehmen MSP mit einem Nickelinhalt von 27.468 t (TERRAFAME LTD. 2020a). Ende 2016 wurde ein über sieben Jahre laufender Abnahmevertrag mit dem Handelsunternehmen Trafigura geschlossen. Derzeit befindet sich eine Anlage zur Produktion von Nickel- und Kobaltsulfat im Aufbau, die Anfang 2021 den Betrieb aufnehmen soll. Terrafame Ltd. plant eine jährliche Produktion von 170.000 t Nickelsulfat sowie 7.400 t Kobaltsulfat (TERRAFAME LTD. 2020b). Dies entspricht einem Nickelinhalt von etwa 37.500 t.

Griechenland

Das Unternehmen LARCO, an dem der griechische Staat einen Anteil von 55 % hält, gewinnt Nickellaterite in den Tagebauen Evia und Kastoria sowie dem Bergwerk Agios Ioannis. In der unternehmenseigenen Hütte Larymna wird daraus Ferronickel hergestellt. Im Jahr 2019 wurde dort Ferronickel mit einem Inhalt von rund 12.000 t Nickel produziert (INSG 2020c). In den Vorjahren waren es noch 16.000–17.000 t jährlich. Aufgrund der hohen Schuldenlast des Unternehmens hat der griechische Staat einen Verkauf der Tagebaue und der Hütte im November 2020 gestartet.

Guatemala

Das Unternehmen **Compañía Guatemalteca de Niquel S. A.** (ein Tochterunternehmen der **Solway Investment Group**) betreibt das Projekt Fenix. Es umfasst einen Tagebau und eine angeschlossene

Hütte. Die Nickellaterite werden dort zur Herstellung von Ferronickel eingesetzt. Im Jahr 2019 produzierte Fenix Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 20.323 t (SOLWAY INVESTMENT GROUP 2020). Die Solway Investment Group betreibt auch die Hütte Pobuzhsky in der Ukraine, die im Jahr 2019 Ferronickel mit einem Inhalt von 14.200 t Nickel produziert hat. Die benötigten Lateriterze kamen zuletzt aus Guatemala und Indonesien.

Indonesien

Infolge des Exportverbots für Nickelerze (siehe Exkurs II in Kap. 2.6.1) sind in den letzten fünf Jahren in Indonesien zahlreiche neue Tagebaue und Hütten in Betrieb genommen worden und weitere befinden sich in unterschiedlichen Stadien der Projektentwicklung bzw. sind bereits im Bau. Derzeit werden Nickellaterite in mehr als 50 Tagebaukomplexen, insbesondere auf Sulawesi und Halmahera gewonnen. Das zuletzt aus Indonesien exportierte Lateriterz diente fast ausschließlich chinesischen Produzenten zur Herstellung von NPI, allen voran dem Unternehmen Shandong Xinhai Technology Co. Ltd., das in China über eine Jahreskapazität von etwa 120.000 t Nickel im NPI verfügt.

Das Unternehmen **PT Aneka Tambang Tbk.** (kurz PT Antam) betreibt Tagebau-Betriebe auf Sulawesi und Halmahera sowie auf der Insel Gag (der Abbau erfolgt dort durch das Tochterunternehmen PT Gag Nickel). In Indonesien ist PT Antam das förderstärkste Unternehmen für Nickel. Die niedrig- und hochgradigen Lateriterze werden im Inland verkauft oder exportiert sowie auch in der unternehmenseigenen Hütte Pomalaa auf Sulawesi zu Ferronickel weiterverarbeitet. Im Jahr 2019 hat das Unternehmen Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 25.713 t produziert und zusätzlich 7,56 Mio. t. Lateriterz verkauft (PT ANTAM 2020). Das Unternehmen hat nach eigenen Angaben die Errichtung einer Hütte im Rahmen des East Halmahera Ferronickel Development Projekts seit Herbst 2019 fast abgeschlossen. In einer ersten Phase soll dort Ferronickel mit einem Nickelinhalt von jährlich 13.500 t produziert werden.

Das Unternehmen **PT Vale Indonesia Tbk.** (ein Joint Venture mit den Hauptpartnern Vale Canada Ltd., 59,3 % und Sumitomo Metal Mining Co. Ltd., 20,1 %) fördert im Tagebaudistrikt Sorowako auf

Sulawesi Saproliterze, die in der angeschlossenen Hütte zu Nickelmatte verarbeitet werden. Das Unternehmen nimmt in Indonesien den zweiten Platz der förderstärksten Unternehmen für Nickel ein.

Im Jahr 2019 hat das Unternehmen Lateriterze mit einem Inhalt von rund 81.000 t verarbeitet (VALE S. A. 2020). Die in der Hütte produzierte Nickelmatte hatte einen Inhalt von 68.100 t Nickel und wurde nach Japan zu den beiden Hauptpartnern des Joint Ventures exportiert. Während 20 % der Matte von Sumitomo in der Raffinerie Niihama vor allem zu Nickelmetall weiterverarbeitet wurden, hat Vale Japan Ltd. (ein Joint Venture von Vale, 87,2 % und Sumitomo Metal Mining Co. Ltd., 12,8 %) aus 80 % der Matte in der Raffinerie Matsusaka Nickeloxid hergestellt. Ein Teil dieses Nickeloxids wurde 2019 nach Großbritannien geliefert und in der dortigen Raffinerie Clydach von Vale Canada Ltd. zu Nickelmetall weiterverarbeitet.

Im Sommer 2020 wurde PT Indonesia Asahan Aluminium (Inalum) ein Anteil von 20 % an PT Vale Indonesia Tbk. übertragen. Vale Canada Ltd. hält nun noch 44,3 % an dem Joint Venture und Sumitomo Metal Mining Co. Ltd. noch 15 %.

Abgesehen von den beiden vorgenannten Unternehmen PT Antam und PT Vale, die bereits seit Jahrzehnten Nickel-Zwischenprodukte bzw. Nickelprodukte herstellen, sind in den letzten Jahren zahlreiche neue Tagebaue und vor allem Hütten zur Produktion von NPI, insbesondere mittels chinesischer Investitionen, in Betrieb genommen worden. Diese Hütten konzentrieren sich vor allem in drei großen Industrieparks: dem Indonesian Morowali Industrial Park (IMIP) und dem Delong Industrial Park (beide in Südost-Sulawesi) sowie dem Indonesian Weda Bay Industrial Park (IWIP) auf Halmahera. Das produzierte NPI wird in den beiden neuen indonesischen Edelstahlwerken eingesetzt oder dient dem Export vor allem nach China. Da der überwiegende Teil der NPI-Hersteller keine Produktionsdaten veröffentlicht, dienen vor allem Handelsdaten als wichtige Informationsquelle. Es ist davon auszugehen, dass die NPI-Produktion in Indonesien noch signifikant steigen wird. Im Jahr 2019 wurde dort NPI mit einem Inhalt von rund 360.000 t Nickel hergestellt. Vor allem auf Basis von Unternehmensangaben, wird für das Jahr 2025 ein Nickelinhalt im NPI von rund 1,2 Mio. t prognostiziert (LENNON 2020). Die

Tsingshan Holding Group betreibt in Indonesien, neben Beteiligungen im Bergbau sowie an Hütten zur Produktion von NPI, ein Edelstahlwerk im Industriepark Morowali auf Sulawesi. Das Unternehmen ist derzeit der mit Abstand größte Produzent von NPI in Indonesien. Für das Jahr 2021 plant die Tsingshan Holding Group dort eine Produktion mit einem Nickelinhalt von bereits etwa 600.000 t.

Das Unternehmen **PT Hengjaya Mineralindo (Nickel Mines Ltd.** hält daran 80 %) gewinnt Nickelerze im Tagebau Hengjaya auf Sulawesi. Im Jahr 2019 wurden Laterite mit einem Nickelinhalt von rund 16.400 t gefördert. Das Erz wird verkauft oder in den angeschlossenen Hütten Hengjaya Nickel (Nickel Mines Ltd. hält daran 60 %) und Ranger Nickel (ein Joint Venture von Nickel Mines Ltd., 80 % und Shanghai Decent, 20 %) im angrenzenden Industriepark Morowali zu NPI weiterverarbeitet (NICKEL MINES LTD. versch. Jg.). Während die Produktion in der Hütte Hengjaya im Januar 2019 startete, hat die Hütte Ranger im Mai 2019 den Betrieb aufgenommen. Im gleichen Jahr wurde bereits NPI mit einem Nickelinhalt von zusammen rund 26.800 t produziert.

Im Dezember 2020 hat Nickel Mines Ltd. 70 % am NPI-Projekt Angel Nickel erworben. Die verbleibenden 30 % hält Shanghai Decent (ein Tochterunternehmen der Tsingshan Holding Group). Das Projekt wird derzeit auf Halmahera im Industriepark Weda Bay fertiggestellt und soll ab Herbst 2022 NPI mit einem Nickelinhalt von jährlich ca. 36.000 t produzieren (NICKEL MINES LTD. 2020). Der Industriepark Weda Bay ist ein Joint Venture der Tsingshan Holding Group (40 %), der Huayou Cobalt Co. Ltd. (30 %) und der Zhenshi Holding Group (30 %) und liegt in unmittelbarer Nähe des Weda Bay Nickel-Projekts des Unternehmens **PT Weda Bay Nickel** (ein Joint Venture der Tsingshan Holding Group 51,3 %, der Eramet Group 38,7 % und von PT Antam 10 %). Der Tagebau wurde im Oktober 2019 in Betrieb genommen. Die angeschlossene Hütte im Industriepark Weda Bay nahm die Produktion im April 2020 auf (ERAMET GROUP 2020a). Ab 2021 sollen dort jährlich 30.000 t Nickel im NPI produziert werden.

Das Unternehmen **PT QMB New Energy Materials**, ein Joint Venture von GEM Co. Ltd. (72 %), Brunp Recycling (10 %), dem Joint Venture Indonesian Morowali Industrial Park (10 %) und

Hanwa Co. Ltd. (8 %), errichtet seit Anfang 2019 auf Sulawesi eine HPAL-Anlage zur Produktion von MHP sowie Nickel- und Kobaltsulfat. Es ist eine jährliche Produktion von etwa 20.000 t Nickel im MHP und etwa 30.000 t Nickel im Nickelsulfat sowie ca. 4.000 t Kobalt im Kobaltsulfat geplant (INSG 2020d). Die Produktion, die ursprünglich Ende 2020 aufgenommen werden sollte, wird nun voraussichtlich im Jahr 2021 starten.

Das Unternehmen **PT Halmahera Persada Lygend**, ein Joint Venture der Harita Group (63 %) mit Lygend Resources & Technology Co. Ltd. (37 %), errichtet seit Mitte 2018 auf der Insel Obi eine HPAL-Anlage. Es sollen jährlich ca. 37.000 t Nickel und ca. 5.000 t Kobalt im MHP produziert werden (LYGEND RESOURCES & TECHNOLOGY CO. LTD. 2020). Als Produktionsstart wird das Frühjahr 2021 angegeben. Ein Ausbau um weitere rund 18.000 t Nickel im MHP ist für Anfang 2022 geplant. Im September 2020 hat das Unternehmen GEM Co. Ltd. einen Abnahmevertrag mit PT Halmahera Persada Lygend geschlossen. GEM wird ab 2021 für acht Jahre jährlich MHP mit einem Nickelinhalt zwischen 9.300 t und 22.320 t abnehmen.

Auch das Unternehmen **PT Youshan Nickel**, ein Joint Venture von Huayou Cobalt Co. Ltd. und der Tsingshan Holding Group errichtet seit Frühjahr 2020 eine Hütte zur Produktion von Nickelmatte (Nickelinhalt von etwa 35.000 t) im Industriepark Weda Bay. Hieraus soll in der angeschlossenen Raffinerie Nickelsulfat mit einem jährlichen Inhalt von etwa 30.000 t Nickel hergestellt werden.

Das Unternehmen **PT Huayue Nickel Cobalt**, ein Joint Venture mit den Hauptpartnern Huayou Cobalt Co. Ltd. (58 %), China Molybdenum Co. Ltd. (30 %) sowie dem Joint Venture Indonesian Morowali Industrial Park (10 %), plant auf Sulawesi den Bau einer HPAL-Anlage. Die jährliche Kapazität soll 30.000 t Nickel im MHP betragen. Die Produktion soll Ende 2021 aufgenommen werden. Ein Ausbau um weitere 30.000 t Nickel im MHP ist geplant.

Das Unternehmen **PT Virtue Dragon Nickel Industry** (ein Tochterunternehmen von Jiangsu Delong Nickel Co. Ltd.) betreibt im Delong Industrial Park einen Hüttenkomplex zur Produktion von NPI. Während die jährliche Gesamtkapazität im Jahr 2019 bei etwa 120.000 t Nickel im NPI lag, wird für das Folgejahr bereits eine NPI-Pro-

duktion mit einem Inhalt von etwa 189.000 t Nickel geschätzt (PJSC MMC NORILSK NICKEL 2020a). Weitere Hütten befinden sich in Planung. Das NPI wird vor allem im benachbarten Edelstahlwerk des Unternehmens **PT Obsidian Stainless Steel** (ein Joint Venture der Xiamen Xiangyu Group, 51 %, und von Jiangsu Delong Nickel Co. Ltd., 49 %) eingesetzt.

Das Joint Venture der **Jinchuan Group** (60 %) und des Unternehmens NMC WP (40 %) fördert Nickelerze, die in der Hütte von PT Wanatiara Persada auf Obi Island zu NPI verhüttet werden. Die Jahreskapazität liegt bei etwa 30.000 t Nickel im NPI (INSG 2020d).

Kanada

Das Unternehmen **Vale S. A.** betreibt in Kanada derzeit sechs Bergwerke und einen Tagebau sowie drei Aufbereitungsanlagen, eine Hütte und zwei Raffinerien zur Gewinnung und Weiterverarbeitung von Nickelsulfiden. Des Weiteren werden auch Kupfer, Kobalt, Gold und Platingruppenmetalle gewonnen. Am Standort Sudbury in Ontario wurden im Jahr 2019 Erze mit einem Nickelinhalt von insgesamt rund 61.600 t aus den Bergwerken Copper Cliff North, Creighton, Garson, Coleman und Totten gefördert (VALE S. A. 2020). Creighton und Coleman waren zuletzt die produktionsstärksten Bergwerke. Die Weiterverarbeitung der Erze erfolgt in der Aufbereitungsanlage Clarabelle sowie anschließend in der Copper Cliff Hütte und Raffinerie. Insgesamt produzierte Vale S. A. im Jahr 2019 daraus in der Copper Cliff Raffinerie sowie in der walisischen Raffinerie Clydach 50.800 t Nickelmetall (25 % der Gesamtproduktion von Vale S. A.). In Sudbury plant das Unternehmen eine Erweiterung des Bergwerks Copper Cliff mit voraussichtlichem Start noch im Jahr 2021.

In Manitoba betreibt Vale S. A. das Bergwerk und die Aufbereitungsanlage Thompson. Im Jahr 2019 wurde dort Sulfiderz mit einem Nickelinhalt von fast 15.300 t gewonnen und das hergestellte Konzentrat zur Weiterverarbeitung vor allem nach Sudbury verbracht. Bis zur Schließung im Sommer 2018 wurde das Konzentrat noch in der Hütte und Raffinerie Thompson zu Nickelmetall weiterverarbeitet.

In Labrador betreibt Vale S. A. im Projekt Voisey's Bay den Tagebau Ovoid, in dem 2019 Sulfiderze mit einem Nickelinhalt von rund 46.800 t gewonnen wurden. Aus dem dort hergestellten Nickelkonzentrat wurden in der zugehörigen Raffinerie Long Harbor im Jahr 2019 35.400 t Nickelmetall hergestellt. Vale S. A. plant im Frühjahr 2021 den Übergang aus dem Tagebau Ovoid in den Untertage-Betrieb.

Das Unternehmen **Glencore Plc.** betreibt in Kanada den Bergwerkskomplex Raglan in Quebec sowie die Bergwerke Fraser und Nickel Rim South in Sudbury (Ontario). Neben Nickel werden aus den Sulfiderzen auch Kupfer, Kobalt, Gold und Platingruppenmetalle gewonnen. Aus den in den Aufbereitungsanlagen Raglan und Strathcona hergestellten Konzentraten sowie aus zugekauften Nickelkonzentraten (vor allem aus den USA) und Recyclingmaterial wurde 2019 in der Hütte in Sudbury Nickelmatte mit einem Inhalt von mehr als 75.000 t Nickel produziert. In der unternehmenseigenen Raffinerie Nikkelverk in Norwegen wird daraus Nickelmetall hergestellt. Im Jahr 2019 wurden dort insgesamt 92.100 t Nickelmetall produziert (GLENCORE PLC. 2020). Neben der eigenen Nickelmatte aus Sudbury wurde auch Nickelmatte zugekauft, vor allem aus der Russischen Föderation sowie aus Finnland und Australien.

Glencore Plc. entwickelt derzeit das Projekt Onaping Depth in Sudbury und plant die Aufnahme der Förderung im Jahr 2023 oder 2024. Geplant ist eine jährliche Produktion von etwa 20.000 t Nickel als Ersatz für die dann Anfang der 2020er Jahre erschöpften Bergwerke Fraser und Nickel Rim South. Während Nickel Rim South im Jahr 2022 geschlossen werden soll, erfolgt die Schließung des Bergwerks Fraser im Zeitraum 2024–2025.

Das Unternehmen **Canadian Royalties Inc.** (ein Tochterunternehmen von **Jilin Jien Nickel Industry Co. Ltd.**) betreibt in Quebec den Tagebau Expo sowie die Bergwerke Allamag und Mequillon. Das in der angeschlossenen Aufbereitungsanlage aus den Nickelsulfiden produzierte Konzentrat ist für den Export bestimmt. Das Unternehmen erkundet das Vorkommen Puimajuq in östlicher Fortsetzung des Lagerstättenkomplexes.

Das Nickel-Kobalt-Projekt Dumont wurde zuletzt von **Karora Resources** (ehemals Royal Nickel Corporation) in einem Joint Venture mit Waterton

Global Resource Management erkundet. Eine aktualisierte Machbarkeitsstudie wurde im Sommer 2019 veröffentlicht (KARORA RESOURCES INC. 2019). Neben einem Tagebau ist auch eine Aufbereitungsanlage geplant. In einer ersten Phase sollen jährlich 33.000 t Nickel und 900 t Kobalt sowie Platingruppenmetalle im Konzentrat produziert werden. In einer zweiten Phase sollen dann jährlich 50.000 t Nickel und 1.500 t Kobalt im Konzentrat hergestellt werden. Die Reserven in Dumont belaufen sich auf rund 1.028 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,27 % (Nickelinhalt von etwa 2,78 Mio. t).

Kolumbien

Das Unternehmen **South 32 Ltd.**, das 2015 durch eine Abspaltung von BHP Billiton entstand, betreibt die Nickellateritlagerstätte Cerro Matoso. In der angeschlossenen Hütte wird aus den Nickellateriten Ferronickel produziert. Im Jahr 2019 stellte das Unternehmen Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 41.700 t Nickel her (SOUTH 32 LTD. versch. Jg.). Im Jahr 2021 startet das Unternehmen die Lateritgewinnung im benachbarten Lagerstättenkomplex Querasas-Porvenir.

Kuba

Ein Joint Venture der **Sheritt International Corp.** (50 %) und der staatlichen **General Nickel Company S. A.** (50 %) betreibt den Tagebau Pedro Soto Alba. In der angeschlossenen Raffinerie Moa Bay werden die Nickellaterite mittels Drucklaugung (HPAL-Anlage) zu MSP weiterverarbeitet. Im Jahr 2019 wurde MSP mit einem Nickelinhalt von ungefähr 34.000 t hergestellt und zur Weiterverarbeitung nach Kanada in die Raffinerie Fort Saskatchewan der Sheritt International Corp. geliefert. Im Jahr 2019 produzierte das Unternehmen daraus 33.108 t Nickelmetall sowie rund 3.300 t Kobalt (SHERRITT INTERNATIONAL CORP. 2020).

Das staatliche Unternehmen **Cubaniquel** betreibt den Tagebau Punta Gorda. In der angeschlossenen Raffinerie produziert das Unternehmen nach dem CARON-Verfahren Nickeloxid. Bis 2018 wurden die Daten für die Produktion von Nickeloxid und dessen Nickelinhalt von jährlich rund 15.000 t noch durch die staatliche Statistikbehörde veröffentlicht (ONEI 2020). Für das Jahr 2019 wurde

Nickeloxid mit einem geschätzten Inhalt von 15.000 t Nickel produziert.

Madagaskar

Im August 2020 hat die **Sheritt International Corp.** ihre Anteile am Ambatovy Joint Venture an die **Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.** (nun rund 54 %) und an **Korea Resources Corp.** (nun rund 46 %) übergeben. Das Joint Venture betreibt einen Tagebau auf Nickellaterite bei Moramanga sowie eine angeschlossene Raffinerie bei Toamasina, die durch eine 220 km lange Pipeline miteinander verbunden sind. Aus dem Lateriterz wird in der Raffinerie mittels Drucklaugung (HPAL-Anlage) und anschließender Raffination Nickel- und Kobaltmetall gewonnen. Im Jahr 2019 wurden dort 33.733 t Nickelmetall hergestellt (SHERRITT INTERNATIONAL CORP. 2020). Im März 2020 wurden die Arbeiten aufgrund der COVID-19-Pandemie eingestellt und sollen nach Unternehmensinformationen im März 2021 wieder aufgenommen werden. Es ist nicht auszuschließen, dass das Ambatovy Joint Venture zukünftig nur noch MSP als verkaufsfähiges Produkt herstellt.

Neukaledonien

Das Unternehmen **Société Le Nickel (SLN)** fördert Nickellateriterz in zahlreichen Tagebauen (Lagerstättendistrikte Thio, Kouaoua, Népoui-Kopéto, Tiébaghi und Poum). Das Unternehmen gehört zu 56 % zur **Eramet Group**. Bis Sommer 2016 wurde in der zugehörigen Hütte Doniambo im Süden von Neukaledonien Nickelmatte produziert, die nach Frankreich verschifft und dort in der Raffinerie Sandouville der Eramet Group zu Nickelmetall und -chemikalien weiterverarbeitet wurde. Seitdem stellt die Hütte Doniambo ausschließlich Ferronickel her. Im Jahr 2019 produzierte das Unternehmen Ferronickel mit einem Nickelinhalt von 47.400 t (ERAMET GROUP 2020b). Des Weiteren wurden 1,623 Mio. t Lateriterz mit einem Nickelgehalt von 1,5–1,8 % auf dem Weltmarkt veräußert. Für das Jahr 2020 erwartet die Eramet Group eine deutliche Steigerung der Erzexporte auf etwa 2,5 Mio. t.

Das Unternehmen **Vale S. A.** fördert im Nickel-Kobalt-Projekt Goro (95 % zu Vale S. A.) im Tagebau Lateriterze, die in der angeschlossenen Raffi-

nerie (HPAL-Anlage) weiterverarbeitet werden. Im Jahr 2019 wurden in der Raffinerie Goro mittels Drucklaugung die Zwischenprodukte Nickeloxid (Anteil von etwa 75 %) und MHP (etwa 25 %) produziert (VALE S. A. 2020) und nach China exportiert. Aus dem Nickeloxid wurde dort in der unternehmenseigenen Raffinerie Dalian (98,3 % zu Vale S. A.) sog. „Utility Nickel“ (Nickelinhalt > 97 %), mit einem Nickelinhalt von rund 23.400 t hergestellt. Seit April 2020 stellt die Raffinerie Goro ausschließlich MHP her. Vale S. A. steht gegenwärtig in Verhandlungen zum Verkauf des Projekts Goro an Prony Resources, einem Konsortium aus dem gegenwärtigen Management und der Trafigura Pte. Ltd.

Das Unternehmen **Koniambo Nickel S. A. S.** (ein Joint Venture der **Société Minière du Sud Pacifique**, 51 %, und Glencore Plc., 49 %) fördert im Tagebau Koniambo Nickellateriterze, die in der angeschlossenen Hütte zu Ferronickel weiterverarbeitet werden. Im Jahr 2019 produzierte Koniambo Ferronickel mit einem Inhalt von 23.700 t Nickel (GLENCORE PLC. 2020). Die Hüttenproduktion blieb aufgrund mehrerer Wartungsphasen hinter der des Vorjahres zurück.

Das Unternehmen **Nickel Mining Company** (ein Joint Venture der **Société Minière du Sud Pacifique**, 51 %, und POSCO, 49 %) produziert in Neukaledonien in zahlreichen Tagebauen Nickellateriterze. Das Erz wird in der Hütte Gwangyang in Südkorea durch SNNC Co. Ltd. (ein Joint Venture der Société Minière du Sud Pacifique, 51 %, und POSCO, 49 %) zu Ferronickel weiterverarbeitet. Im Jahr 2019 wurde dort Ferronickel mit einem Inhalt von 46.300 t Nickel hergestellt (INSG 2020c).

Papua-Neuguinea

Zum Ramu Joint Venture (Hauptpartner sind **CONIC**, 8,56 % und das Joint Venture **Metallurgical Corporation of China**, 85 %) gehört der Nickel-Kobalt-Tagebau Kurumbukari. Das gewonnene Lateriterz wird über eine etwa 135 km lange Pipeline zur angeschlossenen Raffinerie Basamuk transportiert. Mittels Drucklaugung (HPAL) wird dort MHP produziert. Die anfallenden Aufbereitungsberge werden über eine Pipeline in die Tiefsee („deep-sea tailings storage“) verbracht. Im Jahr 2019 produzierte das Joint Venture MHP mit

einem Nickelinhalt von 32.722 t und einem Kobaltinhalt von 2.911 t (CONIC METALS CORP. 2020). Im August 2019 kam es zu einem Austritt von Anlagenwässern in die benachbarte Basamuk-Bucht.

Philippinen

Das Unternehmen **Nickel Asia Corp. (NAC)** fördert Nickellateriterze in den vier Tagebaubetrieben Rio Tuba, Taganito, Tagana-an und Cagdianao. Im produktionsstärksten Tagebau Taganito (NAC hält 65 % am Betreiber Taganito Mining Corp.) auf Mindanao werden Limoniterze (< 1,3 % Nickel) und Saproliterze (> 1,3 % Nickel) gefördert. Während die Saproliterze nach China und Japan exportiert werden, werden die Limoniterze in der angeschlossenen Raffinerie Taganito (Haupteigentümer ist die Sumitomo Metal Mining Corp. Ltd. mit 75 %, NAC hält 10 %) hydrometallurgisch (HPAL-Anlage) zu MSP weiterverarbeitet (NAC 2020). Im Jahr 2019 wurde MSP (Nickelgehalt von 55–60 %) mit einem Nickelinhalt von 31.760 t (DENR 2020) zur Herstellung von Nickel- und Kobaltsulfat nach Japan in die Raffinerien Harima und Niihama der Sumitomo Corp. exportiert. Außerdem wurden in Taganito noch rund 4.350 kg Scandiumoxalat produziert. Seit Januar 2020 wird daraus in der Raffinerie in Harima Scandiumoxid (Sc_2O_3 -Gehalt von > 99,9 %) hergestellt.

Im Tagebau Rio Tuba (NAC hält 60 % am Betreiber Rio Tuba Nickel Mining Corp.) auf Palawan werden Limonit- und Saproliterze gewonnen. Während die Saproliterze nach China und Japan exportiert werden, erfolgt die hydrometallurgische Weiterverarbeitung (HPAL-Anlage) der Limoniterze in der angeschlossenen Raffinerie Coral Bay (Haupteigentümer ist die Sumitomo Metal and Mining Corp. Ltd. mit 54 %, NAC 10 %) zu MSP (NAC 2020). Im Jahr 2019 wurde dort MSP mit einem Inhalt von rund 19.400 t Nickel hergestellt (DENR 2020).

Die beiden Tagebaue Tagana-an (der Betreiber Hinatuan Mining Corp. ist ein Tochterunternehmen von NAC) auf Hinatuan und Cagdianao (der Betreiber Cagdianao Mining Corp. ist ein Tochterunternehmen von NAC) auf Dinagat fördern Limonit- und Saproliterze für den Export. Im Jahr 2019 wurden in Tagana-an Erze mit einem Inhalt von rund 13.500 t Nickel gefördert (DENR 2020) und nach China exportiert (NAC 2020). Saproliterze

mit einem Nickelinhalt von rund 39.600 t wurden 2019 im Tagebau Cagdianao gewonnen und vor allem nach China sowie nach Japan exportiert.

Das Unternehmen **Platinum Group Metals Corp.** (ein Tochterunternehmen der **Global Ferronickel Holdings Inc.**) fördert Nickel im Tagebau Cagdianao auf Mindanao. Im Jahr 2019 hat das Unternehmen 5,89 Mio. t Lateriterz mit Nickelgehalten von < 1,5 % (sog. „low-grade ore“) und 1,5 % (sog. „medium-grade ore“), wie in den Vorjahren, ausschließlich nach China exportiert (GLOBAL FERRO-NICKEL HOLDINGS INC. 2020). Laut DENR (2020) hatte das Erz einen Nickelinhalt von rund 42.500 t.

Das Unternehmen **Agata Mining Ventures Inc.** (Hauptpartner des Joint Ventures ist TVI Resource Development Philippines Inc. mit 60 %) betreibt den Tagebau Agata North auf Mindanao. Die geförderten niedriggradigen Nickellateriterze werden in asiatische Länder exportiert. Im Jahr 2019 exportierte das Unternehmen rund 1,7 Mio. t Erz mit einem Nickelinhalt von rund 22.600 t (DENR 2020).

Das Unternehmen **CTP Construction and Mining Corp.** fördert in den Tagebauen Adlay und Dahican auf Mindanao Lateriterze. Im Jahr 2019 exportierte das Unternehmen rund 3,0 Mio. t Erz mit einem Nickelinhalt von rund 26.200 t Nickel (DENR 2020). Das Unternehmen Carrascal Mining Corp. (ein Tochterunternehmen von CTP Construction and Mining Corp.) betreibt den Tagebau Carrascal auf Mindanao. Nach Angaben des DENR (2020) wurden dort 2019 rund 1,96 Mio. t Lateriterz mit einem Inhalt von rund 15.800 t Nickel gefördert.

Russische Föderation

Das Unternehmen **PJSC MMC Norilsk Nickel** betreibt in der Russischen Föderation die beiden Unternehmensbereiche Polar und Kola. Im Polar-Komplex auf der Taimyr-Halbinsel wird Nickel in den beiden Lagerstättendistrikten Talnakh und Norilsk gewonnen. Im Talnakh-Distrikt betreibt PJSC MMC Norilsk Nickel die Bergwerke Taimyrsky, Oktyabrsky, Komsomolsky, Skalisty und Mayak. Im Norilsk-Distrikt wird Erz im Bergwerk und Tagebau Zapolyary gewonnen. Neben Nickel führen die Sulfiderze auch Kobalt, Gold, Kupfer und Platingruppenmetalle. In den beiden

Aufbereitungsanlagen Talnakh und Norilsk wird Nickelkonzentrat produziert, aus dem in der Hütte Nadezhda Nickelmatte hergestellt wird. Im Jahr 2019 wurden im Polar-Komplex Erze mit einem Nickelinhalt von ungefähr 240.000 t gewonnen (PJSC MMC NORILSK NICKEL 2020b). Im Sommer 2016 wurde die Nickelraffinerie Norilsk geschlossen. Seitdem wird die im Polar-Komplex hergestellte Nickelmatte zum Unternehmensbereich Kola nach Monchegorsk geliefert. PJSC MMC Norilsk Nickel exploriert im Norilsk-1-Vorkommen und plant in einem Joint Venture mit Russian Platinum u. a. die Entwicklung der Vorkommen Maslovskoye und Chernogorskoye (PJSC MMC NORILSK NICKEL 2020c).

Im Unternehmensbereich Kola betreibt PJSC MMC Norilsk Nickel die beiden Bergwerke Severny (westlicher Lagerstättendistrikt) und Kaula-Kotselvaara (östlicher Lagerstättendistrikt). Im Jahr 2019 wurden dort Erze mit einem Nickelinhalt von ungefähr 40.000 t hergestellt. Neben Nickel führen die Erze auch Kupfer, Kobalt, Gold und Platingruppenmetalle. Das in der Aufbereitungsanlage Zapolyarny produzierte Konzentrat wird in der Hütte Nikel zu Nickelmatte verarbeitet. Hier wird auch ein Teil der Konzentrate des südafrikanischen Tagebaus Nkomati, an dem PJSC MMC Norilsk Nickel einen Anteil von 50 % hält, weiterverarbeitet. In der Raffinerie Monchegorsk wird daraus sowie aus der Nickelmatte des Polar-Komplexes Nickelmetall raffiniert. Die dortige jährliche Maximalkapazität soll von derzeit 165.000 t Nickelmetall zukünftig auf 190.000 t erhöht werden. Im Jahr 2019 wurden rund 166.300 t Nickelmetall hergestellt. Ein Teil der Nickelmatte wurde an die unternehmenseigene Raffinerie Harjavalta in Finnland geliefert. Im Jahr 2019 wurden dort 62.422 t Nickelmetall produziert. Im Dezember 2020 wurde die Hütte in Nikel geschlossen. Zukünftig soll das in der Aufbereitungsanlage Zapolyarny hergestellte Nickelkonzentrat direkt vermarktet werden.

Simbabwe

Das Unternehmen **Bindura Nickel Corp. Ltd.** (ein Tochterunternehmen von **Asa Resources Group Plc.**) betreibt das Bergwerk Trojan, in dem Nickel als Hauptprodukt der bergmännischen Gewinnung extrahiert wird. In der angeschlossenen Aufbereitungsanlage wurde im Jahr 2019 aus den

Sulfiderzen ein Nickelkonzentrat mit einem Inhalt von rund 6.000 t Nickel produziert (BINDURA NICKEL CORP. LTD. versch. Jg.).

Das Unternehmen **Impala Platinum Holdings Ltd.** betreibt in Simbabwe die Bergwerke Mimosa (ein Joint Venture von Impala Platinum Holdings Ltd., 50 % und Sibanye-Stillwater Ltd., 50 %) und den Lagerstättenkomplex Zimplats, mit Bergwerken und einem Tagebau in den Hartley- und Ngezi-Distrikten (Impala Platinum Holdings Ltd. hält 87 %). In den jeweils angeschlossenen Aufbereitungsanlagen werden aus den Sulfiderzen Konzentrate erzeugt. Die Zimplats-Konzentrate werden im Selous Metallurgical Complex verhüttet. Die gewonnene Matte und die Konzentrate des Bergwerks Mimosa werden zur Weiterverarbeitung nach Südafrika zur Raffinerie Springs (Impala Refining Services) geliefert. Im Jahr 2019 produzierten die Anlagen in Simbabwe 7.903 t Nickel (IMPALA PLATINUM HOLDINGS LTD. versch. Jg.).

Das Unternehmen **Zimplats Holdings Ltd.** (ein Tochterunternehmen von **Anglo American Plc.**) betreibt das Bergwerk Unki, in dem Nickel als Nebenprodukt des Bergbaus auf Platingruppenmetalle anfällt. In der angeschlossenen Aufbereitungsanlage wird aus den Sulfiderzen ein Konzentrat produziert. Im Sommer 2018 nahm die Hütte Unki den Betrieb auf. Die produzierte Matte wird zur Weiterverarbeitung nach Südafrika zur unternehmenseigenen Raffinerie Rustenburg geliefert. Im Jahr 2019 wurden insgesamt 4.933 t Nickel in Matte und im Konzentrat produziert (ZIMPLATS HOLDINGS LTD. versch. Jg.).

Südafrika

In Südafrika fällt Nickel fast ausschließlich als Nebenprodukt der Gewinnung von Platingruppenmetallen an. Einzig im Tagebau Nkomati stellt Nickel das Hauptprodukt der bergmännischen Gewinnung dar. Der Tagebau wird durch ein Joint Venture von **African Rainbow Minerals Ltd.** (50 %) und **PJSC MMC Norilsk Nickel** (50 %) betrieben. In der angeschlossenen Aufbereitungsanlage wird Nickelkonzentrat produziert, das zur Weiterverarbeitung u. a. zum Unternehmensbereich Kola (Russische Föderation) von PJSC MMC Norilsk Nickel geliefert wird. Im Jahr 2019 wurden im Tagebau Nkomati Konzentrate mit einem

Nickelinhalt von 12.970 t hergestellt (PJSC MMC NORILSK NICKEL 2020b). Das Konzentrat führt auch Kupfer, Kobalt und Platingruppenmetalle. Außerdem wird dort Chromiterz gewonnen. Die Produktion im Tagebau Nkomati soll im Frühjahr 2021 eingestellt werden (AFRICAN RAINBOW MINERALS LTD. 2020).

Das Unternehmen **Anglo American Plc.** produziert Nickel als Nebenprodukt der Gewinnung von Platingruppenmetallen, vor allem im Tagebau Mogalakwena sowie dem Bergwerk Amandelbult. Daneben wird Nickel auch in den Bergwerken Mototolo, Modikwa (ein Joint Venture mit African Rainbow Minerals Ltd., 50 %) und Kroondal (ein Joint Venture mit Sibanye-Stillwater, 50 %) gefördert. Im Jahr 2019 produzierte Anglo American Plc. aus dem in diesen Erzen vorhandenen Nickel in der unternehmenseigenen Raffinerie in Rustenburg 23.000 t Nickelmetall (ANGLO AMERICAN PLC. 2020). Dies schließt auch den Import unternehmenseigener Vorprodukte aus Simbabwe ein.

Das Unternehmen **Impala Platinum Holdings Ltd.** produziert Nickel als Nebenprodukt der Gewinnung von Platingruppenmetallen vor allem im Bergwerk Impala sowie auch in den Bergwerken Marula (Impala Platinum Holdings Ltd., 73 %) und Two Rivers (ein Joint Venture von Impala Platinum Holdings Ltd., 46 % und African Rainbow Minerals Ltd., 54 %). Im Jahr 2019 produzierte Impala Platinum Holdings Ltd. in der Raffinerie in Springs (inklusive der Vorprodukte aus Simbabwe) rund 16.100 t Nickelmetall (IMPALA PLATINUM HOLDINGS LTD. versch. Jg.).

Das Unternehmen **Sibanye-Stillwater Ltd.** hat im Juni 2019 das Unternehmen Lonmin Plc. und damit auch dessen Bergwerk Marikana erworben. Sibanye-Stillwater Ltd. gewinnt Nickel als Nebenprodukt der Produktion von Platingruppenmetallen vor allem in den Bergwerken Rustenburg und Marikana (Sibanye-Stillwater Ltd., 82 %) sowie im Bergwerk Kroondal (Sibanye-Stillwater Ltd., 50 %). Im Jahr 2019 hat das Unternehmen geschätzt rund 5.000 t Nickel hergestellt.

Das Unternehmen **Northam Platinum Ltd.** gewinnt Nickel als Nebenprodukt der Förderung von Platingruppenmetallen in den Bergwerken Zondereinde, Booyseindal und Eland, die in der Hütte Zondereinde weiterverarbeitet werden. Im Jahr 2019 hat das Unternehmen als Nebenpro-

dukt Nickelsulfat mit einem Inhalt von etwa 1.500 t Nickel gewonnen (NORTHAM PLATINUM LTD. versch. Jg.).

Das Unternehmen **Ivanhoe Mines Ltd.** ist mit einem Anteil von 64 % der Haupteigner eines Joint Ventures zur Entwicklung des Platingruppenmetall-Projekts Platreef. Im Juli 2017 wurde eine Machbarkeitsstudie abgeschlossen, die im November 2020 aktualisiert wurde. Das Vorkommen enthält Reserven von 124,7 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,34 % (Nickelinhalt von 423.000 t). Neben dem Hauptprodukt Platingruppenmetalle und dem Nebenprodukt Nickel enthält das Vorkommen noch Gold und Kupfer. Der Produktionsstart ist für 2024 oder 2025 vorgesehen. Es sollen jährlich Konzentrate mit einem Inhalt von ca. 10.000 t Nickel gewonnen werden (IVANHOE MINES LTD. 2020).

Türkei

Das Unternehmen **Meta Nikel Kobalt A. S.** (ein Joint Venture der Zorlu Group, 50 % und von GSR Capital, 50 %) betreibt den Nickel-Kobalt-Tagebau Gordes. Die dort gewonnenen Laterite werden in der angeschlossenen Raffinerie mittels Drucklaugung (HPAL-Anlage) behandelt. Das dabei produzierte MHP wird vermarktet. Die maximale Kapazität der Anlage beträgt 10.000 t Nickel im MHP. Im Jahr 2019 hat das Unternehmen Erze mit einem Nickelinhalt von 16.600 t gefördert (INSG 2020c). In einer weiteren Ausbaustufe soll die Produktion auf 20.000 t Nickel im MHP erweitert werden.

USA

Das Unternehmen **Lundin Mining Corp.** gewinnt Nickelsulfiderze in der Lagerstätte Eagle (Michigan), woraus in der nahegelegenen Aufbereitungsanlage Humboldt Nickelkonzentrat produziert wird. Ende 2019 wurde der Abbau im Erzkörper Eagle East aufgenommen. Im Jahr 2019 wurde ein Konzentrat mit einem Nickelinhalt von 13.494 t Nickel hergestellt (LUNDIN MINING CORP. 2020). Außerdem wird dort Kupferkonzentrat produziert. Als weitere Beiprodukte treten Kobalt, Gold und Platingruppenmetalle auf. Die Konzentrate werden vor allem nach Kanada exportiert.

Das Unternehmen **PolyMet Mining Inc.**, an dem **Glencore Plc.** 72 % hält, erkundet das Projekt NorthMet (Minnesota). Eine Machbarkeitsstudie wurde im Frühjahr 2018 abgeschlossen. Die zwischenzeitlich aktualisierten Reserven belaufen sich auf 290,4 Mio. t Erz mit einem Nickelgehalt von 0,083 % (Nickelinhalt von 241.000 t) (POLY-MET MINING INC. 2019). Bisher ist eine durchschnittliche jährliche Produktion von 7.000 t Nickel im Konzentrat geplant. Des Weiteren soll ein Kupferkonzentrat hergestellt werden. Neben Nickel und Kupfer treten auch Platingruppenmetalle auf. Es besteht bereits ein Abnahmevertrag mit Glencore Plc. Als Produktionsstart wird Ende 2021 oder 2022 angegeben. In einer zweiten Phase beabsichtigt das Unternehmen mittels Drucklaugung (HPAL-Anlage) das Zwischenprodukt MHP zu produzieren.

2.7.2.2 Recycling

Das Angebot an Sekundärnickel kommt vor allem aus Abfällen und Schrott aus nichtrostendem Stahl und aus Nickellegierungen. In den letzten Jahren entsprach das jährliche Sekundärnickelangebot schätzungsweise 50 % der weltweiten Raffinadeproduktion aus Primärnickel. Der Anteil der Sekundärrohstoffe an der weltweiten Gesamt-

nickelnachfrage lag demnach in den letzten Jahren bei 30–35 %.

Nur ein sehr geringer Teil des Sekundärangebots wird aber direkt wieder zur Herstellung von Raffinadeprodukten (vor allem Nickelmetall oder Nickelsulfat) eingesetzt. Der weit überwiegende Teil geht direkt in die Produktion nachgelagerter Nickelprodukte (vgl. Abb. 5), wie vor allem nichtrostendem Stahl oder Nickellegierungen. Insbesondere die Herstellung von nichtrostendem Stahl beruht zu einem beträchtlichen Teil auf dem Einsatz von Sekundärrohstoffen. Neben Neu- und Altschrotten werden dort auch Mischschrotte mit der typischen Zusammensetzung gängiger Edelstahlsorten eingesetzt. Aber auch in der Herstellung von Nickellegierungen werden Neuschrotte entsprechend ihrer bekannten Zusammensetzung direkt wiederverwendet.

Abgesehen von China und Indonesien, die auch in Ermangelung eines heimischen Sekundärrohstoffangebots, vor allem auf NPI aus Primärnickel für die Edelstahlherstellung setzen, liegt der Anteil an Schrott an der Edelstahlproduktion weltweit im Durchschnitt bei etwa 70 %. Der Schrotteinsatz in der Edelstahlherstellung in China wird auf etwa 25 % geschätzt (z. B. ROSKILL 2018).



Abb. 49: Gebrauchte nickelhaltige Reformerkatalysatoren für das Recycling
(mit freundlicher Genehmigung der Nickelhütte Aue GmbH).

Im Jahr 2019 kamen etwa 15 % des Nickels, das in der Herstellung von Nickelsulfat eingesetzt wird, aus sekundären Quellen (ROSKILL 2019, PJSC MMC NORILSK NICKEL 2020a, vgl. Kapitel 2.7.3). Nickelsulfat dient vor allem als Vorstoff für die Herstellung von Kathodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien (LIB), aber auch für das Vernickeln. Da in den kommenden Jahren noch kein entsprechend großer Rücklauf von LIB und damit kein signifikantes Sekundärangebot aus deren Recycling zu erwarten ist, erfordert der Markthochlauf der Elektromobilität mittelfristig noch einen wesentlichen Einsatz an Primärnickel. Es ist aber abzusehen, dass das Angebot an LIB zukünftig deutlich steigen und eine wichtige Sekundärrohstoffquelle darstellen wird.

Neben den vorgenannten Quellen wird Sekundärnickel u. a. auch aus Leiterplatten, Galvanikschlamm sowie Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen zurückgewonnen. Eine weitere Quelle sind Öpellets aus der Raffination von Rohölen, die einen hohen Anteil an hochmolekularen Rückständen enthalten, in denen auch geringe Mengen an Nickelverbindungen angereichert sind. Auch in Flugaschen von Elektrofiltern der Rauchgasentschwefelung, z. B. in Raffineriekraftwerken, sind Nickelverbindungen, vor allem Nickeloxide und -sulfate angereichert. Des Weiteren werden mit Nickel beladene gebrauchte Katalysatoren vor allem aus der Rohölraffination, aber z. B. auch der chemischen Industrie und der Lebensmittelherstellung recycelt (Abb. 49).

2.7.3 Zukünftige Nachfrage

Raffinadebedarf

Zwischen 1960 und 2019 lag die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des weltweiten Raffinadebedarfs bei 3,6 % (vgl. Kap. 2.4). Für die kommenden Jahre werden je nach Quelle unterschiedlich hohe Nachfragesteigerungen angenommen (z. B. PJSC MMC NORILSK NICKEL 2020a, INSG 2020a, LENNON 2020, FRASER et al. 2021). Insbesondere die für die nächsten zehn Jahre unterschiedlich prognostizierte Bedarfssteigerung im Bereich Batterieherstellung sowie die derzeit schwer vorhersehbaren weiteren Auswirkungen der COVID-19-Pandemie erschweren die Vorhersage bis 2025.

Mit zusammen mehr als 60 % waren China und Indonesien im Jahr 2019 die zwei bedeutendsten Nachfrageländer für Nickel. Das mit Abstand wichtigste Nachfrageland der letzten zehn Jahre war dabei China, das seinen Anteil am weltweiten Bedarf zwischen 2009 und 2019 von 36,3 % auf 55,3 % sehr deutlich gesteigert hat. Die für diesen Zeitraum resultierende durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von rund 12,2 % liegt weit oberhalb des weltweiten Durchschnitts. Im Zuge der COVID-19-Pandemie ist die globale Nachfrage des Jahres 2020 nach Angaben der INSG (2020a) weltweit um etwa 3,5 % zurückgegangen. Lediglich China und Indonesien haben nach Angaben der INSG auch im Jahr 2020 ein Wachstum erzielt.

Neben China ist zuletzt Indonesien beim Nickelbedarf zu einem bedeutenden Nachfrageland geworden. Während das Land vor wenigen Jahren noch zu den unbedeutenden Nickelverbrauchern zählte, ist Indonesien in kürzester Zeit hinter China auf den zweiten Rang der weltweiten Nickelnachfrage aufgestiegen (vgl. Exkurs II in Kap. 2.6.1). Der Anteil Indonesiens an der weltweiten Nachfrage lag 2019 bei 7,1 %. Mit dem weiteren Hochlauf bzw. Ausbau der dortigen Edelstahlwerke wird die Nachfrage auch in den kommenden Jahren weiter steigen.

Neben der traditionell hohen Nachfrage aus Ländern mit Edelstahlwerken, wie z. B. Indien, Japan und den USA, werden zukünftig auch Länder mit Standorten zur Batterieherstellung bzw. der Produktion entsprechender Vorprodukte (vor allem Nickelsulfat) durch einen deutlichen Zuwachs des Nickelbedarfs gekennzeichnet sein.

Die mengenmäßig mit Abstand größten Wachstumstreiber der zukünftigen Nickelnachfrage sind die Erstanwendungen Edelstahl und Batterien, die nachstehend kurz besprochen werden.

Nachfrage aus dem Bereich nichtrostender Stahl

Die Herstellung von nichtrostendem Stahl nahm 2019 etwa 71 % der globalen Raffinadenachfrage nach Primärnickel ein (Abb. 9). Darüber hinaus verwendeten die Edelstahlwerke auch große Mengen an Sekundärrohstoffen. Für das Jahr 2019 belaufen sich die Schätzungen zum Einsatz an Sekundärnickel auf nahezu 1 Mio. t (LENNON

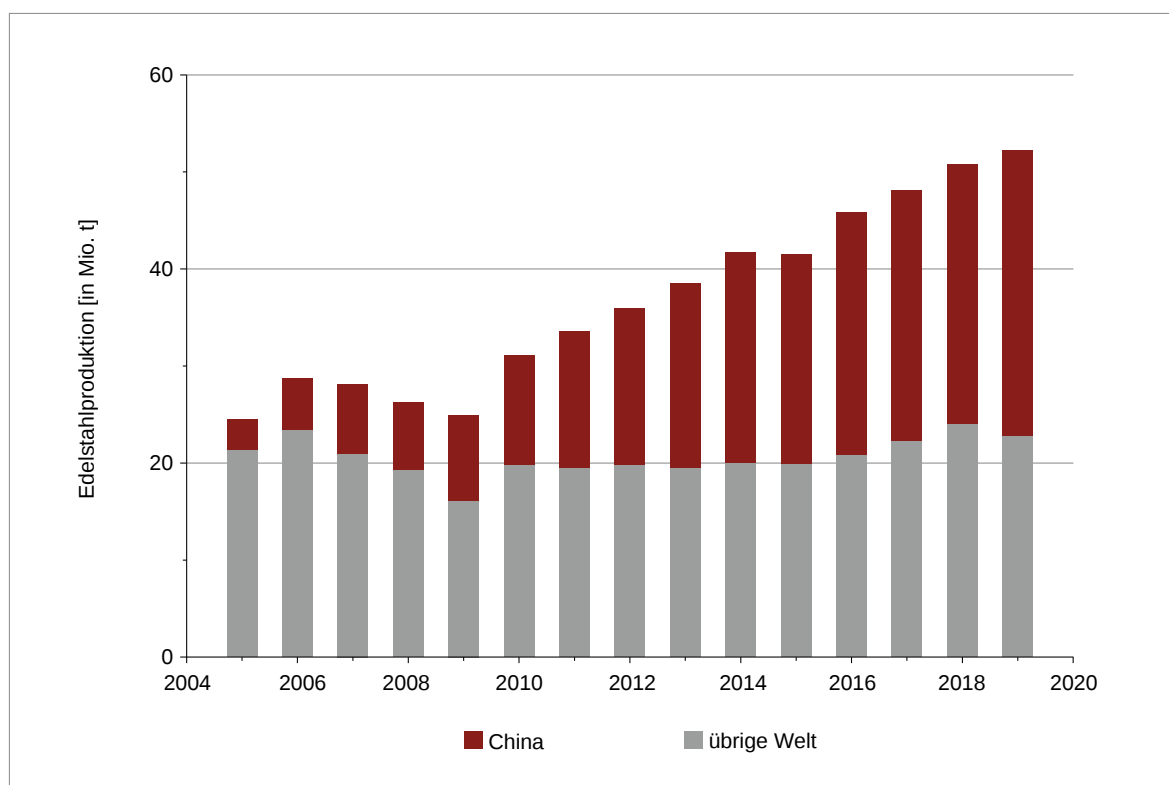


Abb. 50: Entwicklung der Edelstahlproduktion zwischen 2005 und 2019 (ISSF 2020).

2020). Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl spielen demnach eine zentrale Rolle im Edelstahlkreislauf (vgl. INSG 2020e).

Etwa 70 % des in der Edelstahlindustrie verwendeten Nickels stammt in den Stahlwerken außerhalb Chinas und Indonesiens aus Abfällen und Schrott. In Ermangelung eines ausreichenden Schrottangebots, setzen Edelstahlwerke in diesen beiden asiatischen Ländern vor allem das Class-II-Produkt NPI ein. Der Nickelinhalt im NPI variiert typischerweise zwischen 8 % und 12 %, was in etwa dem Nickelinhalt von Edelstahlschrotten für die Herstellung der gängigsten Sorten nichtrostenden Stahls entspricht.

Während China im Jahr 2005 noch einen Anteil von 12,9 % an der globalen Edelstahlherstellung hatte, dominiert das Land heute die weltweite Produktion mit einem Anteil von 56,3 % (Abb. 50). Außerhalb Chinas war nach langjähriger Stagnation der Produktion zuletzt insbesondere der Zuwachs in Indonesien aus dem dortigen Hochlauf der beiden neuen Edelstahlwerke der Tsinghan Holding Group und von Jiangsu Delong Nickel Co. Ltd. von Bedeutung.

Das jährliche durchschnittliche Wachstum der Edelstahlherstellung lag zwischen 1980 und 2019 bei 5,3 % (ISSF 2020). Im Jahr 2019 wurden weltweit ca. 52,2 Mio. t Edelstahl produziert, wobei etwa 53 % davon nichtrostender Stahl mit einem durchschnittlichen Nickelgehalt von 8–9 % war. Für das zukünftige Wachstum des Nickелеinsatzes in nichtrostendem Stahl bis 2025 wird für diesen Bericht eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 3,2 % (ROSKILL 2019, LENNON 2020) angenommen, wobei aufgrund der COVID-19-Pandemie für das Jahr 2020 ein entsprechender Nachfragerückgang berücksichtigt wird. Daraus resultiert für das Jahr 2025 ein Bedarf der Edelstahlindustrie an Primärnickel von ca. 2,0 Mio. t (Tab. 13–14).

Nachfrage aus dem Bereich Batterieherstellung

Treiber der zukünftigen Nickelnachfrage sind auch Megatrends, wie die Energie- und die Verkehrswende. Die Abkehr von fossilen Energierohstoffen geht mit einer signifikanten Elektrifizierung einher. Für die Verkehrswende hin zur Elektromobi-

lität haben sich Lithium-Ionen-Batterien (LIB) als dominante Traktionsbatterien durchgesetzt. In den letzten Jahren hat sich der Zellchemismus der LIB hin zu Varianten mit höheren Nickelgehalten verändert, was sich auch deutlich auf den zukünftigen Nickelbedarf auswirken wird. Vor wenigen Jahren waren noch Batterien mit NMC-Kathoden im Verhältnis 1 : 1 : 1 (d. h. Nickel, Mangan und Kobalt im Verhältnis 1 : 1 : 1) der Standard. Für das Jahr 2025 wird erwartet, dass die LIB-Varianten mit NMC 811-, NMC 622-, NMC 523-Kathodenmaterial und nickelreiche NCA-Kathoden mehr als 70 % des weltweiten Angebots an LIB ausmachen werden (ROSKILL 2019, MARSCHEIDER-WEIDEMANN et al. 2021). Derzeit wird aber auch ein Zuwachs des Marktanteils an nickelfreien LFP-Batterien (Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien) diskutiert (u. a. FRASER et al. 2021).

Wichtigster Ausgangsstoff zur Herstellung nickelführender LIB ist Nickelsulfat. Im Jahr 2018 wurden für dessen Produktion vor allem MHP und MSP eingesetzt (Abb. 51). Zusammen waren diese beiden Zwischenprodukte der hydrometallurgischen Weiterverarbeitung von vor allem Lateriten für rund ein Drittel der weltweiten Nickelsulfatproduktion verantwortlich. Insbesondere MHP wird in den kommenden Jahren aufgrund neuer indonesischer Projekte sowie der Wiederaufnahme der Produktion in Ravensthorpe (Australien) noch deutlich an Bedeutung gewinnen (vgl. Kapitel 2.7.2.1). Für das Jahr 2025 wird erwartet,

dass allein MHP bereits für 41 % der weltweiten Nickelsulfatproduktion verantwortlich ist.

Aber auch Nickelmetall (Pulver, Pellets, Briketts) sowie Nickelmatte trugen mit zusammen 42 % im Jahr 2018 wesentlich zur Nickelsulfatherstellung bei und werden auch im Jahr 2025 noch einen größeren Beitrag leisten. Außerdem erbrachte das Recycling (u. a. Altbatterien) im Jahr 2018 rund 17 % der Nickelsulfatproduktion. Für das Jahr 2025 wird ein relativer Anteil von etwa 13 % aus dem Recycling erwartet. Des Weiteren erfolgten im Jahr 2018 rund 5 % der weltweiten Nickelsulfatherstellung aus der Weiterverarbeitung von Rohnickelsulfat, einem Nebenprodukt der Raffination von Kupfer und Platingruppenmetallen.

Es bleibt abzuwarten, ob für den prognostizierten hohen Nickelbedarf für die Elektromobilität zukünftig auch Class-II-Produkte als Vorstoff herangezogen werden. So könnte das rasant wachsende Angebot an NPI für die Edelstahlindustrie zukünftig auch für die Weiterverarbeitung zu Nickelsulfat verwendet werden. Eine über die Sulfidisierung von NPI hergestellte Nickelmatte könnte beispielsweise mittels Laugung zur Gewinnung von Nickelsulfat dienen. Durch diesen weiteren Herstellungsweg könnte das zukünftige Angebot an Nickelsulfat für die Elektromobilität deutlich erhöht werden. Dieser Weg ist aber auch mit einem höheren Kohlendioxidausstoß aus der notwendigen Energiebereitstellung verbunden,

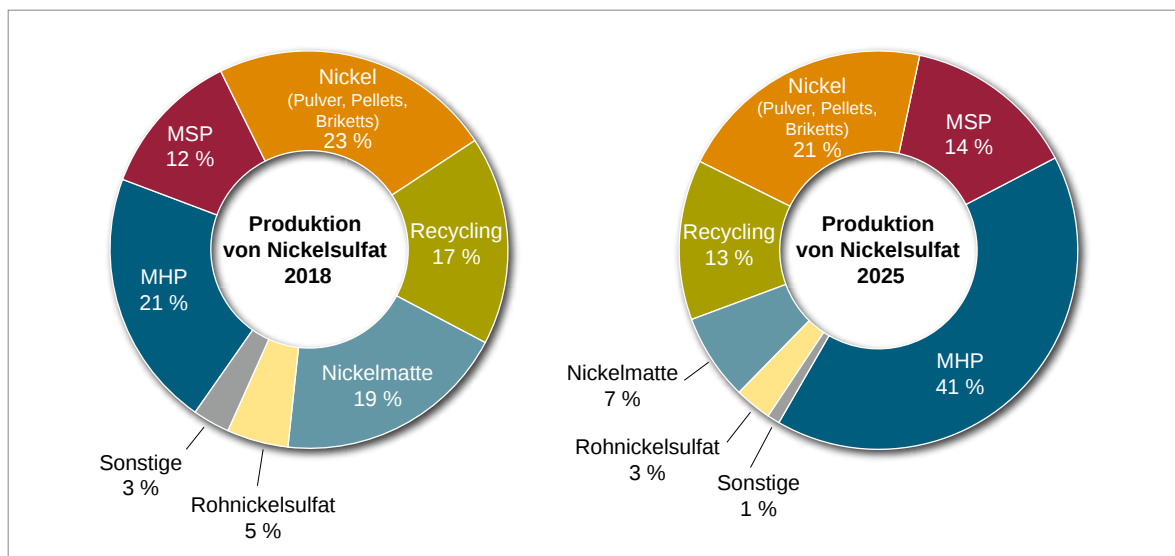


Abb. 51: Vorstoffe zur Herstellung von Nickelsulfat in den Jahren 2018 und 2025
(nach ROSKILL 2019, FRASER et al. 2021).

die in Indonesien bislang vor allem auf dem Einsatz von Kohle beruht. Fragen der Nachhaltigkeit der Nickelgewinnung spielen insbesondere auch mit Blick auf die derzeitigen Megatrends Energie- und Verkehrswende eine bedeutende Rolle (VASTERS et al. 2021).

Bislang erfolgte die Produktion moderner Traktionsbatterien vor allem in Asien (China, Südkorea und Japan). Auch in Europa ist eine deutliche Steigerung der Zellfertigung zu erwarten. Schwerpunkte der zukünftigen Produktion liegen insbesondere in Deutschland sowie in Norwegen, Schweden, Großbritannien, Polen, Frankreich und Ungarn (FRASER et al. 2021, DERA 2021). Mit dem steigenden Bedarf an Kathodenmaterial für die Zellfertigung ist auch der Aufbau neuer Lieferketten verbunden. Hierzu werden in Europa verstärkt neue Kapazitäten zur Herstellung von Nickelsulfat aufgebaut, derzeit vor allem in Finnland (TerraFame Ltd. und BASF SE), aber auch in Deutschland (Pure Battery Technologies Germany AG).

TerraFame Ltd. errichtet gegenwärtig eine Anlage, um das in Sotkamo produzierte MSP ab Anfang 2021 zu Nickel- und Kobaltsulfat weiterzuverarbeiten (vgl. Kap. 2.7.2.1). Das Unternehmen BASF SE baut derzeit in Harjavalta eine Anlage, um ab 2022 Nickel- und Kobaltsulfat u. a. aus Produkten der Raffinerie Harjavalta (PJSC MMC Norilsk Nickel) herzustellen (BASF SE 2018). Auch ein Batterie-Recycling-Cluster von BASF SE mit PJSC MMC Norilsk Nickel und Fortum Oyj ist dort

geplant, um für die Nickelsulfat-Produktion zukünftig auch Sekundärrohstoffe einzusetzen (BASF SE 2020a). Die Produktion von Kathodenmaterial, für das Nickelsulfat als wichtiger Vorstoff dient, soll ab 2022 im brandenburgischen Schwarzeide erfolgen.

Darüber hinaus beabsichtigt BASF SE gemeinsam mit der ERAMET Group die Erstellung einer Machbarkeitsstudie, um die Errichtung einer Anlage zur Drucklaugung von Lateriten zur Produktion von MHP in Weda Bay (Indonesien) mit einem jährlichen Nickelinhalt von 42.000 t und einem Kobaltinhalt von 5.000 t zu bewerten (BASF SE 2020b). Dies MHP könnte dann z. B. auch in Europa weiterverarbeitet werden.

Im September 2020 hat das Unternehmen Pure Battery Technologies Germany AG die Königswarter & Ebell Chemische Fabrik GmbH erworben. In deren Nickelraffinerie in Hagen soll zukünftig vor allem aus MHP Nickelsulfat produziert werden (PURE BATTERY TECHNOLOGIES GERMANY AG 2021).

Marktanalysten erwarten für das Jahr 2025 einen Nickelbedarf für die Batterieproduktion zwischen 0,5 Mio. t und 0,65 Mio. t (z. B. ROSKILL 2019, LENNON 2020, FRASER et al. 2021) bzw. 0,7 Mio. t (MARSCHEIDER-WEIDEMANN et al. 2021). Hieraus resultieren für den Zeitraum 2019 bis 2025 jährliche Wachstumsraten von rund 27,5 % bis ca. 35,0 % (Tab. 13–14). Für diese Studie wurden zwei Szenarien verwendet: a) ein konservatives

Tab. 13: Raffinadenachfrage sowie deren Anteil am globalen Bedarf nach Erstanwendungen für das Jahr 2025 entsprechend dem konservativen Szenario sowie die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR, „Compound Annual Growth Rate“) 2019–2025 (nach ROSKILL 2019, LENNON 2020, FRASER et al. 2021, BGR 2021).

Anwendung	konservatives Szenario		
	CAGR (%) 2019 – 2025	Nachfrage 2025 (Mio. t)	Anteil am Gesamtbedarf 2025 (%)
Nichtrostender Stahl	3,2	2,00	62,9
NE-Legierungen	1,3	0,21	6,5
Stahllegierungen	1,0	0,21	6,7
Oberflächenbeschichtungen	2,1	0,22	7
Batterien	27,5	0,50	15,6
Sonstige	1,2	0,04	1,3
Gesamt	4,8	3,18	100

Tab. 14: Raffinadenachfrage sowie deren Anteil am globalen Bedarf nach Erstanwendungen für das Jahr 2025 entsprechend dem optimistischen Szenario sowie die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR, „Compound Annual Growth Rate“) 2019–2025 (nach ROSKILL 2019, LENNON 2020, FRASER et al. 2021, BGR 2021).

Anwendung	optimistisches Szenario		
	CAGR (%) 2019 – 2025	Nachfrage 2025 (Mio. t)	Anteil am Gesamt- bedarf 2025 (%)
Nichtrostender Stahl	3,2	2,00	59,1
NE-Legierungen	1,3	0,21	6,1
Stahllegierungen	1	0,21	6,3
Oberflächenbeschichtungen	2,1	0,22	6,5
Batterien	34,9	0,70	20,7
Sonstige	1,2	0,04	1,3
Gesamt	5,9	3,38	100

Nachfrageszenario unter Annahme eines Bedarfs von 500.000 t im Jahr 2025 und b) ein optimistisches Szenario unter Annahme eines Bedarfs von 700.000 t im gleichen Jahr. Der zukünftige Nickelbedarf des Markthochlaufs der Elektromobilität hängt vor allem auch vom Marktanteil nickelfreier Lithium-Ionen-Batterien (z. B. LFP-Batterien) ab.

Während im Jahr 2025 der Erstanwendung Batterien im konservativen Nachfrageszenario ein Anteil von 15,6 % am Gesamtbedarf zukommt (Tab. 13), könnte der Anteil dem optimistischen Szenario zufolge sogar etwa 20,7 % betragen (Tab. 14). Gleichzeitig würde der Anteil der mit Abstand wichtigsten Verwendung von Nickel im Bereich Edelstahl von derzeit 71 % auf 62,9 % bzw. 59,1 % sinken.

2.7.4 Zukünftige Marktdeckung

Zur Berechnung der zukünftigen Marktdeckung wird ein Angebotsszenario basierend auf den folgenden Annahmen hinsichtlich Bergwerks- und Sekundärangebot erstellt.

Das zukünftige Angebot an Primärnickel ergibt sich einerseits aus der Fortschreibung der Bergwerksförderung des Jahres 2019, wobei vorausgesetzt wird, dass sich Erweiterungen und Kürzungen der bestehenden Produktion bis zum Jahr 2025 die Waage halten (Abb. 52). Hinzu kommen die geplanten zusätzlichen Förderkapazitäten aus

neuen Bergwerken. Hinsichtlich dieser zukünftigen Kapazitäten wird hier unterschieden in wahrscheinliche Projekte, die in Umsetzung sind (Baumentcheidung getroffen oder bereits im Bau) und solche Projekte, die sich in der fortgeschrittenen Planungsphase befinden oder bereits die Genehmigungsphase erreicht haben und vermutlich im Betrachtungszeitraum in Betrieb genommen werden (vermutliche Projekte).

Das Nickelangebot aus der Bergwerksförderung fällt im Jahr 2020, bedingt durch die Covid-19-Pandemie, deutlich geringer aus. So stellten im Frühjahr 2020 Bergbaubetriebe vor allem in Kanada, auf den Philippinen und in Südafrika, die Förderung mehrheitlich zumindest kurzzeitig ein (INSG 2020f). In einzelnen Fällen (z. B. Savannah in Australien, Ambatovy in Madagaskar) wurde die Produktion sogar längerfristiger eingestellt und zumindest im Jahr 2020 noch nicht wieder aufgenommen. Im Vergleich zum Jahr 2019 wird der Rückgang der Bergwerksförderung mit etwa 7,6 % sehr deutlich ausfallen (INSG 2020a). Für das Jahr 2021 wird aber wieder ein sehr deutlicher Anstieg der Nickelgewinnung von 8,6 % erwartet.

Der Anteil des Angebots an Sekundärnickel für die Raffinadeproduktion wird im Betrachtungszeitraum als gleichbleibend angenommen und liegt bei rund 5 % des Gesamtangebots. Deutlich höhere Recyclingquoten werden beim direkten Einsatz von nickelhaltigen Sekundärrohstoffen in der Produktion nachgelagerter Produkte (vor

allem von nichtrostendem Stahl) erreicht, d. h. von Erstanwendungen ohne vorherige Herstellung von Raffinadeprodukten. Diese Anteile wurden für die hier betrachtete Marktdeckung hinsichtlich der Raffinadenachfrage daher nicht berücksichtigt. Dem Anstieg des Angebots an Sekundärnickel aus Lithium-Ionen-Batterien für die Raffinadeproduktion wird, unter Berücksichtigung der erwarteten Lebensdauer solcher Batterien, erst in den 2030er Jahren eine dann weit größere Bedeutung zukommen.

Für den zukünftigen Nickelbedarf sind vor allem die Nachfrage nach Edelstahl sowie auch der weitere Markthochlauf der Elektromobilität von größter Bedeutung. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Nachfrage lag im Zeitraum von 1960–2019 bei 3,6 %. In den letzten 20 Jahren erreichte das Wachstum durchschnittlich 4,2 % und in den letzten zehn Jahren sogar 5,7 %. Für den Zeitraum von 2019–2025 werden hier zwei Szenarien für die zukünftige Nachfrage

verwendet. Für das konservative Nachfrageszenario wird ein jährliches Wachstum von 4,8 % angenommen (Abb. 52, Tab. 13). Hieraus ergibt sich für das Jahr 2025 ein Nickelbedarf von rund 3,18 Mio. t. Das optimistische Nachfrageszenario hingegen geht von einem jährlichen Wachstum von 5,9 % aus (Tab. 14) und berücksichtigt insbesondere die prognostizierte hohe Nachfrage für die Erstanwendung Batterien. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2025 ein Nickelbedarf von etwa 3,38 Mio. t. Für beide Szenarien wurde aufgrund der COVID-19-Pandemie für das Jahr 2020 ein entsprechender Nachfragerückgang mitberücksichtigt.

In den letzten 20 Jahren lag das Bergwerksangebot durchschnittlich knapp 10 % höher als das Raffinadeangebot. Eine besondere Ausnahme stellt der Zeitraum von 2012–2013 dar (Abb. 52), wo im Vorfeld des indonesischen Erzexportverbots noch große Mengen an Lateriterz nach China exportiert wurden (vgl. Exkurs II in Kap. 2.6.1).

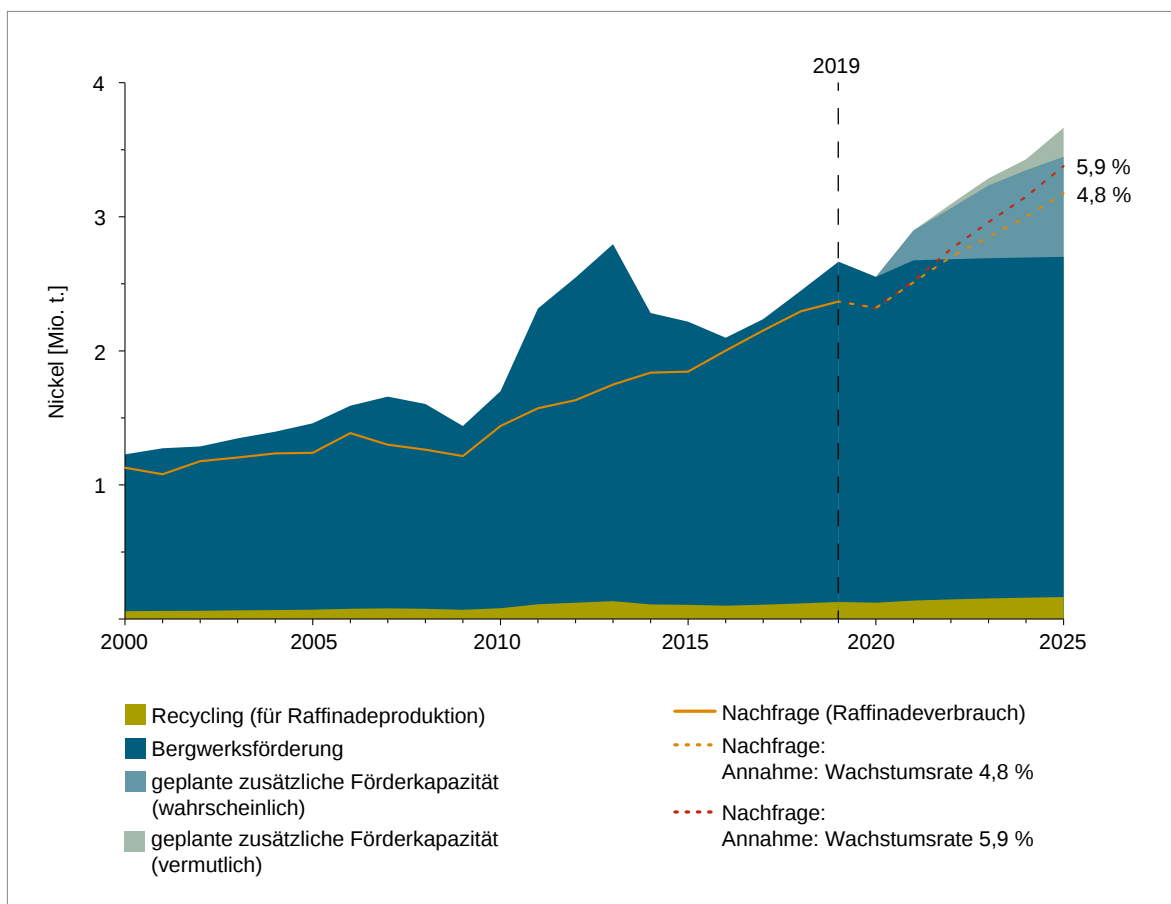


Abb. 52: Entwicklungsszenarien von Nickelangebot und -nachfrage bis 2025 (Datenquelle: ROSKILL 2018, 2019, LENNON 2020, INSG 2020b, FRASER et al. 2021, BGR 2021).

Für das Jahr 2025 ergibt sich für das konservative Angebotsszenario (Recyclingangebot, fortgeschriebene Bergwerksförderung sowie wahrscheinliche zusätzliche Förderkapazität) ein Nickelangebot von ca. 3,44 Mio. t. Aus dem Verhältnis von konservativem Angebotsszenario und konservativem Nachfrageszenario resultiert für das Jahr 2025 eine Marktdeckung von 8,4 % (vgl. auch Anhang). Für das optimistische Nachfrageszenario ergibt sich eine zukünftige Marktdeckung von 1,9 %.

Für das optimistische Angebotsszenario (Recyclingangebot, fortgeschriebene Bergwerksförderung sowie wahrscheinliche und vermutete zusätzliche Förderkapazität) ergibt sich ein Nickelangebot von ca. 3,66 Mio. t. Aus dem Verhältnis von optimistischem Angebotsszenario und konservativem Nachfrageszenario resultiert für das Jahr 2025 eine Marktdeckung von 15,4 % (vgl. auch Anhang). Für das optimistische Nachfrageszenario hingegen ergibt sich eine zukünftige Marktdeckung von 8,4 %.

Länderkonzentration des zukünftigen Bergwerksangebots

In den letzten Jahren ist der HHI der Bergwerksförderung von Werten unterhalb 1.000, die einen niedrig konzentrierten Markt anzeigen, auf einen Wert von 1.570 im Jahr 2019 angestiegen, was auf einen mäßig konzentrierten Markt hinweist. Im Betrachtungszeitraum von 2019–2025 ist für die Nickelförderung eine weitere Zunahme der Länderkonzentration zu erwarten (Abb. 53), womit sich der Trend der Vorjahre fortsetzen wird. Vor allem Indonesien wird seinen Anteil an der weltweiten Bergwerksförderung in den kommenden Jahren von gegenwärtig 33,6 % auf etwa 43,6 % im Jahr 2025 noch deutlich ausbauen. Legt man das optimistische Angebotsszenario zugrunde, verändert sich der HHI der globalen Nickelförderung von aktuell 1.570 auf voraussichtlich 2.324 im Jahr 2025 und weist damit noch auf einen mäßig konzentrierten Markt hin.

In den letzten 20 Jahren hat der Wert für das Länderrisiko durchgängig ein mäßiges Risiko angezeigt. Im Betrachtungszeitraum wird die zusätzliche Bergwerksförderung vor allem in Indonesien erbracht. Das Land ist derzeit durch ein negatives

Länderrisiko unterhalb des langjährigen Mittelwerts des gewichteten Länderrisikos gekennzeichnet. Aufgrund dieser Entwicklung würde das gewichtete Länderrisiko auch im Jahr 2025 ein mäßiges Risiko anzeigen.

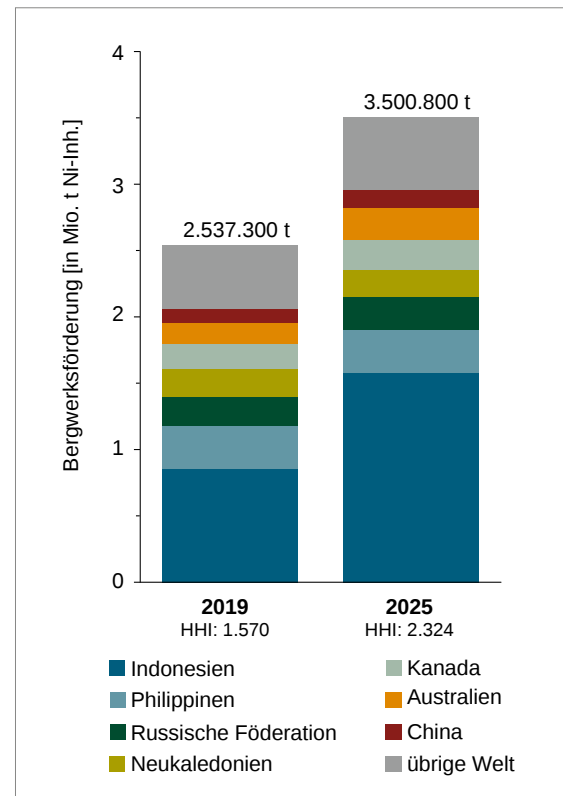


Abb. 53: Länderkonzentration der Bergwerksförderung 2019 und 2025.

3 Fazit

Nickel kommt durch seine spezifischen Eigenschaften eine große Bedeutung bei der Umsetzung neuer Megatrends, wie der Energie- und Verkehrswende, der Dekarbonisierung der Gesellschaft und der fortschreitenden Urbanisierung zu, was die Nachfrage nach diesem Rohstoff zukünftig weiter erhöhen wird.

Wir gehen davon aus, dass sich der globale Nickelbedarf im Zeitraum von 2019–2025, je nach Szenario, von heute rund 2,4 Mio. t auf 3,18–3,38 Mio. t im Jahr 2025 erhöhen wird. Hinsichtlich der Nachfrage steht der Nickelmart in den kommenden Jahren vor einer Zäsur, die zu einer deutlichen Verschiebung der Marktanteile der Verwendungsbereiche führen wird. Es wird erwartet, dass mit dem Hochlauf der Elektromobilität Batterien bereits im Jahr 2025 den weltweit zweitgrößten Anwendungsbereich von Nickel darstellen.

In Anbetracht der erwarteten Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien, ist im Betrachtungszeitraum noch kein signifikanter Beitrag aus dem Batterierecycling zu erwarten. Das Angebot wird daher mittelfristig vor allem durch Primärnickel gedeckt werden. Insgesamt könnte sich das Angebot aus der Nickelförderung bis zum Jahr 2025 auf rund 3,5 Mio. t erhöhen. Es ist davon auszugehen, dass die Nachfrage im Betrachtungszeitraum durch das bereitgestellte Angebot gedeckt werden kann. Dieses optimistische Angebotsszenario setzt allerdings voraus, dass die angegebenen neuen Förderkapazitäten auch planmäßig realisiert werden.

Mit seinen bedeutenden Nickelressourcen kommt Indonesien auch für das zukünftige Nickelangebot eine zentrale Rolle zu. Der weit überwiegende Teil der neuen Förder- und Raffinadekapazitäten wird bis 2025 in diesem Land erwartet, was auch zu einer deutlichen Erhöhung der Marktkonzentration führen wird. Im Jahr 2019 verfügte Indonesien hinsichtlich Nickel über die weltweit größte Bergwerksförderung sowie die zweitgrößte Raffinadeproduktion. Das Land rangierte hinter China an zweiter Stelle beim weltweiten Nickelverbrauch.

Die steigende Nachfrage nach Nickelsulfat für die Elektromobilität wird in den kommenden Jahren im

Wesentlichen über die hydrometallurgische Weiterverarbeitung von Lateriten mittels Drucklaugung gedeckt werden. Für die Nickelsulfatherstellung könnten zukünftig aber auch Class-II-Produkte herangezogen werden. Beide vorgenannten Weiterverarbeitungswege sind allerdings mit großen Herausforderungen verbunden, z. B. hinsichtlich des Umgangs mit den Aufbereitungsbergen der Drucklaugung und des Einsatzes von vor allem Kohle bei der Energiebereitstellung zur NPI-Produktion in Indonesien. Mit dem Ziel, durch die Elektromobilität den Ausstoß an klimaschädlichem Kohlenstoffdioxid zu reduzieren, kommt es zukünftig, neben Fragen der Verfügbarkeit, verstärkt auf eine möglichst umweltschonende und nachhaltige Gewinnung und Weiterverarbeitung von Nickel an.

Es bleibt festzuhalten, dass es bei einzelnen Produktqualitäten, insbesondere bei Nickelmetall und Nickelsulfat, durchaus zu Lieferengpässen kommen kann. Temporäre Angebotsdefizite aufgrund von Verzögerungen bei der Inbetriebnahme neuer Projekte oder beim Betrieb bestehender Anlagen (z. B. durch Streiks oder Unruhen) sowie längerfristige Defizite durch Handelsbeschränkungen können zu erheblichen Problemen bei der Nickelversorgung führen.

Recyclingrohstoffe tragen bereits heute schon signifikant zur Erhöhung des Gesamtangebots an Nickel bei. Insbesondere in der Edelstahlproduktion werden vielfach Sekundärrohstoffanteile von mehr als 70 % erreicht. Eine weitere Erhöhung der Nickelbereitstellung aus Recyclingmaterial ist aus ökologischer Sicht erstrebenswert. Aufgrund der zumeist langen Verweildauer nickelhaltiger Produkte in der Technosphäre ist die tatsächliche Verfügbarkeit von Abfällen und Schrotten allerdings begrenzt. Da der Nickelbedarf stetig steigt, kann daher nur ein Teil der Nachfrage durch den Einsatz von Sekundärnickel gedeckt werden. Nichtsdestotrotz sollte im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Nickel das Recycling von Nickelmaterialien weiter ausgebaut werden und ein geschlossener Kreislauf das oberste Ziel sein.

4 Literaturverzeichnis

AFRICAN RAINBOW MINERALS LTD. (2020): Integrated Annual Report 2020. – 140 S. – URL: <https://arm.co.za/wp-content/uploads/2020/10/Integrated-Annual-Report-2020.pdf> [Stand: 15.12.2020].

ANGLO AMERICAN PLC. (2020): Production Report for the Fourth Quarter ended 31 December 2019. – Firmenquartalsbericht, 15 S. – URL: <https://www.angloamerican.com/media/press-releases/2020/23-01-2020> [Stand: 15.12.2020].

AURUBIS AG (versch. Jg.): Konzerngeschäftsberichte. – URL: <https://www.aurubis.com/de/investor-relations/news-und-berichte/konzerngeschäftsberichte> [Stand: 15.12.2020].

AUSTRALIAN MINES LTD. (2018): Bankable Feasibility Study Supports Strong Commercial Case for Developing Sconi Cobalt-Nickel Scandium Project, Located in North Queensland. – Pressemitteilung, 122 S.; Perth.

BASF SE (2018): BASF und Nornickel bündeln Kräfte für die Versorgung des Markts für Batteriematerialien. – Pressemitteilung, 4 S. – URL: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2018/10/p-18-336.html> [Stand: 15.12.2020].

BASF SE (2020a): Finnische Batterieindustrie intensiviert die Zusammenarbeit: Fortum, BASF und Nornickel unterzeichnen Kooperationsvereinbarung zum Batterie-Recycling. – Pressemitteilung, 3 S. – URL: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2020/03/p-20-135.html> [Stand: 31.12.2020].

BASF SE (2020b): BASF und Eramet vereinbaren Machbarkeitsstudie zur Entwicklung eines Nickel-Kobalt-Raffineriekomplexes. – Pressemitteilung, 3 S. – URL: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2020/12/p-20-388.html> [Stand: 31.12.2020].

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2007): Angebot und Nachfrage von Nickel, Kobalt und Molybdän. – 118 S.; Hannover.

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2020): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover [Stand: 01.12.2020].

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (2008): Commodity Profile – Nickel. – 23 S.; Keyworth. – URL: https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/mineralProfiles/nickel_profile.pdf [Stand: 01.12.2020].

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (2018): Battery raw materials. – 2 S.; Keyworth.

BHP GROUP (2020): BHP to acquire new nickel tenements in Western Australia. – Pressemitteilung, 2 S. – URL: <https://www.bhp.com/media-and-insights/news-releases/2020/06/bhp-to-acquire-new-nickel-tenements-in-western-australia/> [Stand: 21.12.2020].

BHP GROUP (versch. Jg.): Financial results and operational reviews. – URL: <https://www.bhp.com/investor-centre/financial-results-and-operational-reviews> [Stand: 21.12.2020].

BINDURA NICKEL CORP. LTD. (versch. Jg.): Unternehmensberichte. – URL: <https://africanfinancials.com/company/zw-bind/> [Stand: 15.12.2020].

BOLIDEN GROUP (2020): A Sustainable Future with Metals – Annual and Sustainability Report 2019. – URL: <https://vp217.alertir.com/afw/files/press/boliden/202003107199-1.pdf> [Stand: 15.12.2020].

BRAZILIAN NICKEL PLC. (2020): The Piauí Nickel Project – Fact sheet 2020. – 1 S. – URL: <https://www.braziliannickel.com/wp-content/uploads/2020/03/BNP-1-page-fact-sheet-2020.pdf> [Stand: 15.12.2020].

CLEAN TEQ HOLDINGS LTD. (2020): Sunrise Battery Materials Project Reaches Key Development Milestone – Study Confirms One of the World's Lowest Cost Sources of Sustainable Nickel and Cobalt. – Pressemitteilung, 50 S. – URL: <https://clients3.weblink.com.au/pdf/CLQ/02286016.pdf> [Stand: 15.12.2020].

CONIC METALS CORP. (2020): CONIC Highlights Ramu Operating Results. – 2 S. – URL: https://www.conicmetals.com/_resources/news/nr-20200224.pdf [Stand: 14.12.2020].

CRUNDWELL, F. K., MOATS, M. S., RAMACHANDRAN, V., ROBINSON, T. G. & DAVENPORT, W. G. (2011): Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum-Group Metals. – 612 S., Oxford, Amsterdam [Elsevier].

DENR – DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES (2020): Philippine Metallic Production 2019. – 4 S.; Quezon City.

DERA – DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR (2021): Batterierohstoffe für die Elektromobilität. – DERA Themenheft: 26 S.; Berlin.

DESTATIS – STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Erhebungsportal. – URL: <https://erhebungsportal.estatistik.de/Erhebungsportal/Erhebungsportal.html> (Passwort-geschützter Zugang) [Stand: 15.12.2020].

ERAMET GROUP (2020a): First Weda Bay Nickel Ferroalloy Sale by Eramet. – Pressemitteilung, 1 S. – URL: <https://www.eramet.com/en/first-weda-bay-nickel-ferroalloy-sale-eramet> [Stand: 15.12.2020].

ERAMET GROUP (2020b): Eramet: EBITDA at € 630m in 2019, reflecting good operation performance, in a deteriorated manganese price environment. – Pressemitteilung, 25 S. – URL: <https://www.eramet.com/sites/default/files/2020-02/Eramet-PR-2019-Full-Year-Results-20200219.pdf> [Stand: 15.12.2020].

FIRST QUANTUM MINERALS LTD. (2017): 2017 Annual Report. – 104 S. – URL: https://s24.q4cdn.com/821689673/files/doc_financial/annual/2017-Annual-Report.pdf [Stand: 15.12.2020].

FIRST QUANTUM MINERALS LTD. (2020): First Quantum Minerals Provides Operations Update. – Pressemitteilung, 2 S. – URL: https://s24.q4cdn.com/821689673/files/doc_news/2020/NR-20-22-Operations-only-update.pdf [Stand: 15.12.2020].

FRASER, J., ANDERSON, J., LAZUEN, J., LU, Y., HEATHMAN, O., BREWSTER, N., BEDDER, J. & MASSON, O. (2021): Study on future demand and supply security of nickel for electric vehicle batteries. – Publications Office European Union, 132 S.; Luxemburg.

GLENCORE PLC. (2020): Annual Report 2019. – 256 S. – URL: <https://www.glencore.com/dam/jcr:79fd3300-ee50-4ee1-870d-6372274c71b5/glen-2019-annual-report-interactive.pdf> [Stand: 15.12.2020].

GLOBAL FERRONICKEL HOLDINGS INC. (2020): Annual Report 2019. – 227 S. – URL: <https://www.gfni.com.ph/wp-content/uploads/pdf/other-disclosures/FNI%2017A%20CY2019.pdf> [Stand: 15.12.2020].

GTAI – GERMANY TRADE & INVEST (2020): Wirtschaftsdaten Kompakt Indonesien. – 6 S. – URL: <https://www.gtai.de/resource/blob/14722/be6b1f87b8fc8cf6c001a3627a0e5c82/mkt201611222052-159640-wirtschaftsdaten-kompakt-indonesien-data.pdf> [Stand: 15.12.2020].

HEDRICH, S. & SCHIPPERS, A. (2017): Metallgewinnung mittels Geobiotechnologie. – Chem. Ing. Tech., 89: 29–39; Weinheim [Wiley-VCH GmbH].

HEIN, J. R., KOSCHINSKY, A. & KUHN, T. (2020): Deep-ocean polymetallic nodules a resource for potential critical materials. – Nature Rev. Earth & Environment, 1: 158–169.

HORIZONTE MINERALS PLC. (2018): Feasibility Study Confirms Low Cost, Long Life Nickel Project at Araguaia. – Pressemitteilung, 17 S. – URL: https://horizonteminerals.com/news/en_20181029_feasibility_study_results.pdf [Stand: 15.12.2020].

HORIZONTE MINERALS PLC. (2019): Vermelho Pre-Feasibility Study Returns NPV of US\$ 1.7 Billion and Confirms Low Cost, Long Life Nickel Sulphate Project. – Pressemitteilung, 16 S. – URL: https://horizonteminerals.com/news/en_20191017-vermelho-pre-feasibility-results.pdf [Stand: 15.12.2020].

HU, Z. & GAO, S. (2008): Upper crustal abundance of trace elements: A revision and update. – Chemical Geology, 253: 205–221; Amsterdam.

IHS MARKIT INC. (2020): Global Trade Atlas. – Kostenpflichtige Datenbank. – URL: <https://connect.ihsmarkit.com/GTA/home> [Stand: 01.12.2020].

IMPALA PLATINUM HOLDINGS LTD. (versch. Jg.): Investors – Results and presentations. – URL: <https://www.implats.co.za/results-and-presentations.php> [Stand: 15.12.2020].

INDEPENDENCE GROUP (2019): IGO Maximises Value of its Nova Concentrate Through Offtake Agreements. – Pressemitteilung, 6 S. – URL: <https://www.igo.com.au/site/PDF/770b3f12-1246->

4577-991c-9955d345f24a/IGOmaximisesvalueof
Novathroughnewofftakeagreements
[Stand: 15.12.2020].

INDEPENDENCE GROUP LTD. (versch. Jg.): Finan-
cial Reports. – URL: [https://www.igo.com.au/site/
investor-center/financial-reports](https://www.igo.com.au/site/investor-center/financial-reports)
[Stand: 15.12.2020].

INFORMATIONSTELLE EDELSTAHL ROSTFREI (2008):
Merkblatt 803 – Was ist nichtrostender Stahl? –
6 S.; Düsseldorf.

INFORMATIONSTELLE EDELSTAHL ROSTFREI (2014):
Merkblatt 821 – Edelstahl Rostfrei – Eigenschaf-
ten. – 23 S.; Düsseldorf.

INFORMATIONSTELLE EDELSTAHL ROSTFREI (2020):
Merkblatt 987: Nichtrostende und hitzebeständige
Stähle bei hohen Temperaturen. – 36 S.; Düssel-
dorf.

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP (2020a):
INSG October 2020 Web Meetings. – Pressemittei-
lung, Oktober 2020, 2 S.; Lissabon. – URL: [https://
insg.org/wp-content/uploads/2020/10/pressrel_
INSG_Press_Release_October2020.pdf](https://insg.org/wp-content/uploads/2020/10/pressrel_INSG_Press_Release_October2020.pdf)
[Stand: 01.12.2020].

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP
(2020b): World Directory of Nickel Production
Facilities. – 324 S.; Lissabon.

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP
(2020c): World Nickel Statistics Yearbook 2020. –
130 S.; Lissabon.

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP
(2020d): Report on Nickel Production and Usage
in Indonesia. – 56 S.; Lissabon.

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP
(2020e): An Overview of World Stainless Steel
Scrap Trade in 2019. – INSG Secretariat Briefing
Paper, 34: 11 S.; Lissabon.

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP (2020f):
Comment on the Effect of the COVID-19 Pandemic
on the Global Nickel Market. – 15 S.; Lissabon.

INSG – INTERNATIONAL NICKEL STUDY GROUP (versch.
Jg.): World Nickel Statistics – Monthly Bulletin. –
Monatl. Publ.; Lissabon.

ISSF – INTERNATIONAL STAINLESS STEEL FORUM
(2020): Stainless Steel in Figures 2020. – 23 S. –
URL: [https://www.worldstainless.org/Files/issf/
non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_
Figures_2020_English_public_version.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Figures_2020_English_public_version.pdf)
[Stand: 15.12.2020].

IVANHOE MINES LTD. (2020): Platreef Integrated
Development Plan 2020. – 705 S. – URL: [https://
www.ivanhoemines.com/site/assets/files/5150/
platreef_integrated_development_plan_2020_
december_2020_1.pdf](https://www.ivanhoemines.com/site/assets/files/5150/platreef_integrated_development_plan_2020_december_2020_1.pdf) [Stand: 15.12.2020].

JERVOIS MINING LTD. (2020): Jervois to acquire the
São Paulista nickel and cobalt refinery in Brazil. –
Pressemitteilung, 9 S. – URL: [https://jervoismining.
com.au/wp-content/uploads/2020/10/Sao-Miguel-
Paulista-nickel-and-cobalt-refinery-acquisition.pdf](https://jervoismining.com.au/wp-content/uploads/2020/10/Sao-Miguel-Paulista-nickel-and-cobalt-refinery-acquisition.pdf)
[Stand: 15.12.2020].

KARORA RESOURCES INC. (2019): Technical Report
on the Dumont Ni Project, Launay and Trécession
Townships, Quebec, Canada. – 436 S. – URL:
[https://www.karoraresources.com/download/Dumont
+RFS+11-July-2019_FINAL.pdf](https://www.karoraresources.com/download/Dumont+RFS+11-July-2019_FINAL.pdf)
[Stand: 15.12.2020].

KEBER, S., BRÜCKNER, L., ELWERT, T. & KUHN, T.
(2020): Concept for a Hydrometallurgical Proces-
sing of a Copper-Cobalt-Nickel Alloy Made from
Manganese Nodules. – Chem. Ing. Tech., 92, 4:
1–9; Weinheim [Wiley-VCH Verlag GmbH].

LENNON, J. (2020): Nickel Market Outlook – Short-
term pain but long-term gain. – Vortrag zur Herbst-
tagung der INSG, Oktober 2020, 28 S.; Lissabon.

LME – THE LONDON METAL EXCHANGE (2020a):
Approved Brands. – URL: [https://www.lme.com/en-
GB/Trading/Brands/Approved-brands](https://www.lme.com/en-GB/Trading/Brands/Approved-brands)
[Stand: 01.12.2020].

LME – THE LONDON METAL EXCHANGE (2020b):
Membership Categories. – URL: [https://www.
lme.com/Trading/Access-the-market/Membership-
categories#tabIndex=0](https://www.lme.com/Trading/Access-the-market/Membership-categories#tabIndex=0) [Stand: 01.12.2020].

LUNDIN MINING CORP. (2020): Management's
Discussion and Analysis for the year ended
December 31, 2019. – Quartalsbericht, 89 S. –
URL: [https://www.lundinmining.com/site/assets/
files/8020/lundin_mining_-_2019_ye.pdf](https://www.lundinmining.com/site/assets/files/8020/lundin_mining_-_2019_ye.pdf) [Stand:
15.12.2020].

LYGEND RESOURCES & TECHNOLOGY CO. LTD. (2020): PT.HPAL (Indonesia). – Pressemitteilung, 1 S. – URL: <http://www.lygend.com/industry.html?l=en-us> [Stand: 15.12.2020].

MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F., LANGKAU, S., BILLAUD, M., DEUBZER, O., EBERLING, E., ERDMANN, L., HAENDEL, M., HERBST, A., KRAIL, M., LOIBL, A., MAISEL, F., MARWEDE, M., NEEF, C., NEUWIRTH, M., ROSTEK, L., RÜCKSCHLOSS, J., SHIRINZADEH, S., STIJEPIĆ, D., TERCERO ESPINOZA, L. & TIPPNER, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021. – DERA Rohstoffinformationen (in Vorbereitung); Berlin.

MINCOR RESOURCES NL (2020): Mincor's board approves development of Kambalda nickel operations. – Pressemitteilung, 6 S. – URL: <https://www.mincor.com.au/site/PDF/9f9fcb0-7d6d-441c-919f-e0f3cf2d0b4e/BoardapprovesdevelopmentofKambaldaNickelOperations> [Stand: 15.12.2020].

MUDD, G. M. & JOWITT, S. M. (2014): A Detailed Assessment of Global Nickel Resource Trends and Endowments. – Econ. Geol., 109: 1813–1841; McLean.

NAC – NICKEL ASIA CORP. (2020): Evolution – 2019 Annual and Sustainability Report. – 69 S. – URL: https://nickelasia.com/assets/documents/NAC_AR2019_0721_FA_websprds.pdf [Stand: 15.12.2020].

NICKEL MINES LTD. (2020): Independent Expert's Valuation Report – Acquisition of Angel Mine. – 50 S. – URL: <https://static1.squarespace.com/static/584e20fe197aea0e29105534/t/5fc6bc1a788a962b7c16c934/1606859818714/pjn10600.pdf> [Stand: 15.12.2020].

NICKEL MINES LTD. (versch. Jg.): Unternehmensquartalsberichte. – URL: <https://www.nickelmines.com.au/asx-announcements> [Stand: 15.12.2020].

NICKELHÜTTE AUE GMBH (2020): Internetseiten. – URL: <https://www.nickelhuette-aue.de> [Stand: 15.12.2020].

NICKELINSTITUT (2020a): Internetseiten. – URL: <https://nickelinstitute.org/about-nickel/#firstuse> [Stand: 15.12.2020].

NICKELINSTITUT (2020b): Nickel Recycling. – 1 S. – URL: https://nickelinstitute.org/media/2273/nickel_recycling_2709_final_noble.pdf [Stand: 15.12.2020].

NORTHAM PLATINUM LTD. (versch. Jg.): Unternehmensquartalsberichte. – URL: <https://www.northam.co.za/investors-and-media/publications/financials> [Stand: 15.12.2020].

ONEI – OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN (2020): Anuario Estadístico de Cuba 2019 Industria Manufacturera. – 14 S. – URL: http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/11_ind_manufacturera_2019_2.pdf [Stand: 15.12.2020].

PANORAMIC RESOURCES LTD. (2020): Quarterly Activities Report for the period ending 30 September 2020. – Pressemitteilung, 9 S. – URL: <https://wcsecure.weblink.com.au/pdf/PAN/02299336.pdf> [Stand: 15.12.2020].

PJSC MMC NORILSK NICKEL (2020a): Quintessentially Nickel. – Marktbericht, 23 S. – URL: https://www.nornickel.com/upload/iblock/b0b/2020_12_01_Quintessentially_Ni.pdf [Stand: 15.12.2020].

PJSC MMC NORILSK NICKEL (2020b): Nornickel Announces Preliminary Consolidated Production Results for FY2019 and Reiterates Production Outlook for 2020. – Pressemitteilung, 5 S. – URL: https://www.nornickel.com/upload/iblock/fb3/Press_release_FY2019_ENG_Final_FULL.pdf [Stand: 15.12.2020].

PJSC MMC NORILSK NICKEL (2020c): Nornickel and Russian Platinum Agree on Partnership in Norilsk Industrial District. – Pressemitteilung, 1 S. – URL: <https://www.nornickel.com/news-and-media/press-releases-and-news/nornickel-and-russian-platinum-agree-on-partnership-in-norilsk-industrial-district/?source=releases&subject=investors-relations&dateStart=46800&dateEnd=1609628399&type=releases> [Stand: 15.12.2020].

POLYMET MINING INC. (2019): PolyMet drilling program results in additions to NorthMet Mineral Resources and Reserves. – Pressemitteilung, 3 S. – URL: <https://polymetmining.com/investors/news/polymet-drilling-program-results-in-additions-to-northmet-mineral-resources-and-reserves> [Stand: 15.12.2020].

POSEIDON NICKEL LTD. (2020): Exposure to significant nickel resources with growing high-grade discovery. – Unternehmenspräsentation, 26 S. – URL: <https://wcsecure.weblink.com.au/pdf/POS/02313545.pdf> [Stand: 15.12.2020].

POTHEN, F., GROWITSCH, C., ENGELHARDT, J. & REIF C. (2019): Schrottbonus – Externe Kosten und fairer Wettbewerb in den globalen Wertschöpfungsketten der Stahlherstellung. – 50 S.; Halle (Saale)

PT ANTAM – PT ANEKA TAMBANG TBK (2020): Quarterly Report for the First Twelve Month Ended December 31, 2019. – 10 S. – URL: <https://www.antam.com/downloads/4th-quarter-2019> [Stand: 15.12.2020].

PURE BATTERY TECHNOLOGIES GERMANY AG (2021): Internetseiten. – URL: <https://purebatterytech.com/> [Stand: 01.02.2021].

RECK, B. (2014): Funktionelles und nicht-funktionelles Recycling am Beispiel Edelstahl. – In K.J. THOMÉ-KOZMIENSKY & D. GOLDMANN [Hrsg.]: Recycling und Rohstoffe. – Band 7: 309–319; Neuruppin.

ROSKILL – ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (2018): Nickel – Global Industry, Markets & Outlook 2018. – 231 S.; London.

ROSKILL – ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (2019): Nickel Sulphate: Outlook to 2028. – 273 S.; London.

S & P GLOBAL INC. (2020): Market Intelligence Platform. – Kostenpflichtige Datenbank. – URL: <https://platform.marketintelligence.spglobal.com> [Stand: 15.12.2020].

SCHIPPERS, A., GLOMBITZA, F. & SAND, W. [HRSG.] (2014): Geobiotechnology I – Metal-related Issues. – Adv. Biochem. Eng. Biotechnol., 141: 241 S.; Heidelberg [Springer].

SHERITT INTERNATIONAL CORP. (2020): 2019 Financial Results. – 142 S. – URL: https://s2.q4cdn.com/343762060/files/doc_financials/Annual-Report/2019/Sheritt-ANNUAL-REPORT-Final.pdf [Stand: 15.12.2020].

SHFE – SHANGHAI FUTURES EXCHANGE (2020): Registered Trademarks, Packaging Standards and the Rate of Premium and Discount of Nickel Futures. – URL: <http://www.shfe.com.cn/en/products/Nickel/attach/911327057.html> [Stand: 01.12.2020].

SOJKA, R., PAN, Q. & BILLMANN, L. (2020): Comparative study of Lithium-ion battery recycling processes. – 52 S.; Accurec Recycling GmbH.

SOLWAY INVESTMENT GROUP (2020): Solway Investment Group Announces its Full Year 2019 Financial Results. – URL: <https://solwaygroup.com/2020/07/13/solway-investment-group-announces-its-full-year-2019-financial-results> [Stand: 15.12.2020].

SOMMERFELD, M., FRIEDMANN, D., KUHN, T. & FRIEDRICH, B. (2018): „Zero-Waste“: A sustainable approach on pyrometallurgical processing of manganese nodule slags. – Minerals, 8, 544: 13 S.; Basel.

SOUTH32 LTD. (versch. Jg.): Financial & operational results. – URL: <https://www.south32.net/investors-media/investor-centre/financial-operational-results> [Stand: 15.12.2020].

SZURLIES, M. (2015): Nickel. – In: AL BARAZI, S., ELSNER, H., KÄRNER, K., LIEDTKE, M., SCHMIDT, M., SCHMITZ, M. & SZURLIES, M. [Hrsg.] – Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale. – DERA Rohstoffinformationen, 29: 218–240; Berlin.

TERRAFAME LTD. (2020a): Terrafame's net sales in 2019 totalled EUR 310.4 million – EBITDA for the year was at the 2018 level. – Pressemitteilung, 7 S. – URL: <https://www.terrafame.com/media/tulosjulkistukset/2020/terrafames-year-2019-result-publication.pdf> [Stand: 15.12.2020].

TERRAFAME LTD. (2020b): Terrafame well positioned to supply for the greenest batteries on the planet. – Pressemitteilung, 1 S. – URL: <https://www.terrafame.com/news-from-the-mine/news/2020/12/terrafame-well-positioned-to-supply-for-the-greenest-batteries-on-the-planet.html?tagged=Production> [Stand: 15.12.2020].

THE WORLD BANK (2020): Worldwide Governance Indicators. – URL: <https://info.worldbank.org/governance/wgi> [Stand: 01.12.2020].

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2011): Recycling Rates of Metals – A Status Report. – 44 S.; Paris.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (versch. Jg.): Nickel – Mineral Commodity Summaries. – URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/nickel-statistics-and-information> [Stand: 01.12.2020].

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (2020): Nickel – Mineral Commodity Summaries. – 2 S. – URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-nickel.pdf> [Stand: 01.12.2020].

VALE S. A. (2020): Annual Report 2019. – 325 S. – URL: http://www.vale.com/EN/investors/information-market/annual-reports/20f/20FDocs/Vale%2020-F%202019_i.pdf [Stand: 15.12.2020].

VASTERS, J., FRANKEN, G. & SZURLIES, M. (2021): Nickel – Informationen zur Nachhaltigkeit. – 18 S.; Hannover [im Druck].

VDMA (2020): Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030. – 155 S.; Frankfurt am Main.

WEDDERBURN, B. (2009): Nickel laterite processing – A shift towards heap leaching. – Malachite Process Consulting Presentation, ALTA Nickel/Cobalt Conference Perth 2009, 64 S.; Melbourne.

WESTERN AREAS LTD. (2019): Offtake Agreement for High Grade Nickel Sulphide Product. – Pressemitteilung, 2 S. – URL: <http://clients2.weblink.com.au/clients/westernareas/article.asp> [Stand: 15.12.2020].

WESTERN AREAS LTD. (2020a): New Forrestania Offtake Contracts Awarded. – Pressemitteilung, 2 S. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf_1%5C02194348.pdf [Stand: 15.12.2020].

WESTERN AREAS LTD. (2020b): Odysseus Shaft Hoisting Equipment Arrives in WA. – Pressemitteilung, 4 S. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf_1%5C02317641.pdf [Stand: 15.12.2020].

WESTERN AREAS LTD. (versch. Jg.): Reports. – URL: <https://www.westernareas.com.au/investor-centre/reports> [Stand: 15.12.2020].

WVM – WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG METALLE (2020a): 19.20 – Der Geschäftsbericht der Nichteisen-Metallindustrie. – 66 S.; Berlin.

WVM – WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG METALLE (2020b): Metallstatistik 2019. – 22 S.; Berlin.

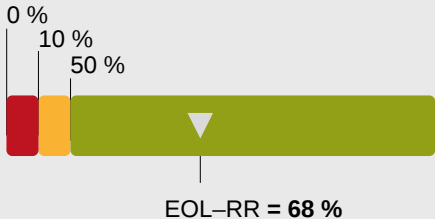
XINJIANG XINXIN MINING INDUSTRY CO. LTD. (2020): Annual Report 2019. – 194 S. – URL: <http://kunlun.wsfg.hk/preview/?docid=35307> [Stand: 15.12.2020].

ZIMPLATS HOLDINGS LTD. (versch. Jg.): ASX Announcements. – URL: <https://www.zimplats.com/asx-announcements-2-2> [Stand: 15.12.2020].

Anhang

Indikatoren und Risikobewertung für Nickel	100
Glossar	109

Indikatoren und Risikobewertung für Nickel

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Angebot und Nachfrage				
Recyclingrate (EOL-RR): End-of-Life-Recyclingrate: Quotient aus der Menge der zum Recycling gesammelten Abfälle und der Gesamtmenge der anfallenden Abfallstoffe <i>Bewertungsskala:</i> < 10 % = <i>bedenklich</i> 10 %–50 % = <i>mäßig</i> > 50 % = <i>unkritisch</i>	End-of-Life-Recyclingrate Nickel EOL-RR = 68 %	 EOL-RR = 68 %		
Derzeitige Marktdeckung (Md): Quotient aus Nachfrage und Angebot. Md gibt den Anteil von Angebotsüberschuss oder -defizit in Prozent an <i>Bewertungsskala:</i> < 0 % = <i>bedenklich</i> 0 %–10 % = <i>mäßig</i> > 10 % = <i>unkritisch</i>	derzeitige Marktdeckung: Nickel Md = -1,2 %	 derzeitige Marktdeckung Md = -1,2 %		

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Länderkonzentration der Produktion (HHI): Summe der quadrierten Anteile an der Produktion	Bergwerksförderung: HHI = 1.570	 Bergwerksförderung HHI = 1.570		
Gewichtetes Länderrisiko der Produktion (GLR): Summe der Anteile der Produktion multipliziert mit dem Länderrisiko	Bergwerksförderung: GLR = 0,02	 Bergwerksförderung GLR = 0,02		
	Raffinadeproduktion: HHI = 1.621	 Raffinadeproduktion HHI = 1.621		
	Raffinadeproduktion: GLR = 0,19	 Raffinadeproduktion GLR = 0,19		
Bewertungsskala HHI: 10.000–2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500–1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>				
Bewertungsskala GLR: –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 (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer	Nickelerze und ihre Konzentrate (HS 2604 00) HHI = 3.890	 HS 2604 00 HHI = 3.890		
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Nickelerze und ihre Konzentrate (HS 2604 00) GLR = -0,09	 HS 2604 00 GLR = -0,09		
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer	Nickelmatte (HS 7501 10) HHI = 3.015	 HS 7501 10 HHI = 3.015		
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Nickelmatte (HS 7501 10) GLR = 0,30	 HS 7501 10 GLR = 0,30		
Bewertungsskala HHI: 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>				
Bewertungsskala GLR: -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 (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer	Nickeloxidsinter und andere Zwischen- erzeugnisse der Nickelmetallurgie (HS 7501 20) HHI = 1.518	 HS 7501 20 HHI = 1.518		
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Nickeloxidsinter und andere Zwischen- erzeugnisse der Nickelmetallurgie (HS 7501 20) GLR = 0,18	 HS 7501 20 GLR = 0,18		
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer	Nickel in Rohform, nicht legiert (HS 7502 10) HHI = 1.836	 HS 7502 10 HHI = 1.836		
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Nickel in Rohform, nicht legiert (HS 7502 10) GLR = 0,85	 HS 7502 10 GLR = 0,85		
Bewertungsskala HHI: 10.000–2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500–1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>				
Bewertungsskala GLR: –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> 0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i>				

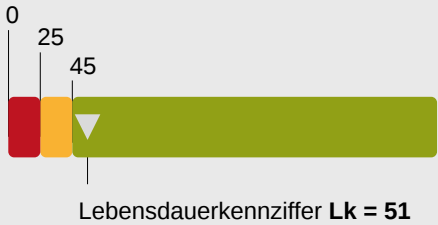
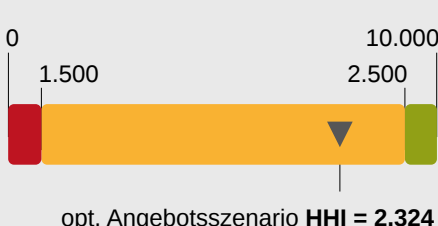
Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer	Ferronickel (HS 7202 60) HHI = 1.810	 HS 7202 60 HHI = 1.810		
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Ferronickel (HS 7202 60) GLR = 0,14	 HS 7202 60 GLR = 0,14		
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer	Nickelsulfat (HS 2833 24) HHI = 3.108	 HS 2833 24 HHI = 3.108		
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Nickelsulfat (HS 2833 24) GLR = 1,24	 HS 2833 24 GLR = 1,24		
Bewertungsskala HHI: 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>				
Bewertungsskala GLR: –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 (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI): Summe der quadrierten Anteile der Nettoexportländer Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Nettoexportländer	Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS 7503 00) HHI = 890 Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS 7503 00) GLR = 1,04			
Diversifizierung der Importe Deutschlands (HHI): Summe der quadrierten Anteile der deutschen Importe Gewichtetes Länderrisiko der deutschen Importe (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Lieferländer	Nickel in Rohform, nicht legiert (HS 7502 10) HHI: 3.130 Nickel in Rohform, nicht legiert (HS 7502 10) GLR: 0,40			
Bewertungsskala HHI: 10.000 – 2.500 = <i>bedenklich</i> 2.500 – 1.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i> Bewertungsskala GLR: –2,5 bis –0,5 = <i>bedenklich</i> –0,5 bis 0,5 = <i>mäßig</i> 0,5 bis 2,5 = <i>unkritisch</i>	Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS 7204 21) HHI = 1.060 Abfälle und Schrott aus nichtrostendem Stahl (HS 7204 21) GLR = 1,10			

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Diversifizierung der Importe Deutschlands (HHI): Summe der quadrierten Anteile der deutschen Importe	Ferronickel (HS 7202 60) HHI = 5.200	 HS 7202 60 HHI = 5.200		
Gewichtetes Länderrisiko der deutschen Importe (GLR): Summe der Anteile der Nettoexporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Lieferländer	Ferronickel (HS 7202 60) GLR = 1,37	 HS 7202 60 GLR = 1,37		
	Nickelsulfat (HS 2833 24) HHI = 3.780	 HS 2833 24 HHI = 3.780		
	Nickelsulfat (HS 2833 24) GLR = 1,16	 HS 2833 24 GLR = 1,16		
	Abfälle und Schrott (HS 7503 00) HHI = 1.000	 HS 7503 00 HHI = 1.000		
	Abfälle und Schrott (HS 7503 00) GLR = 1,12	 HS 7503 00 GLR = 1,12		

Bewertungsskala HHI:
10.000–2.500 = *bedenklich*
2.500–1.500 = *mäßig*
< 1.500 = *unkritisch*

Bewertungsskala GLR:
–2,5 bis –0,5 = *bedenklich*
–0,5 bis 0,5 = *mäßig*
0,5 bis 2,5 = *unkritisch*

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Angebots- und Nachfragetrends				
Lebensdauer kennziffer (Lk): Quotienten aus Reserven und Ressourcen und aktueller Weltbergwerksförderung <i>Bewertungsskala Lk:</i> < 25 Jahre = bedenklich 25–45 Jahre = mäßig > 45 Jahre = unkritisch	Lebensdauer kennziffer Reserven: Lk = 37 Jahre	 Lebensdauer kennziffer Lk = 37		
	Lebensdauer kennziffer Ressourcen: Lk = 51 Jahre	 Lebensdauer kennziffer Lk = 51		
Länderkonzentration der zukünftigen Produktion (HHI): Summe der quadrierten Anteile an der angenommenen Bergwerksförderung im Jahr 2025 <i>Bewertungsskala HHI:</i> 10.000–2.500 = bedenklich 2.500–1.500 = mäßig < 1.500 = unkritisch <i>Bewertungsskala GLR:</i> –2,5 bis –0,5 = bedenklich –0,5 bis 0,5 = mäßig –0,5 bis 2,5 = unkritisch	konservatives Angebotsszenario: HHI = 2.249	 kons. Angebotsszenario HHI = 2.249		
	optimistisches Angebotsszenario: HHI = 2.324	 opt. Angebotsszenario HHI = 2.324		

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2019)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Angebots- und Nachfragetrends				
Zukünftige Marktdeckung (Mz) bis 2025: Quotienten aus einer angenommenen Nachfrage zu einem angenommenen Angebot im Jahr 2025 Mz gibt den Anteil von angenommenen zukünftigen Angebotsüberschuss oder -defizit in Prozent an 				

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 die mengenmäßigen Anteilswerte an der weltweiten Gesamtproduktion der Bergbaufirmen 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, die 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 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 nur 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.
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 („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 sowie des erwarteten Recyclingangebots.

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

Wilhelmstraße 25–30
13593 Berlin
Tel.: +49 30 36993 211
dera@bgr.de
www.deutsche-rohstoffagentur.de

ISBN: 978-3-948532-37-6 (Druckversion)
ISBN: 978-3-948532-38-3 (PDF)
ISSN: 2193-5319