

Die Bedeutung Indonesiens für den globalen Nickelmarkt

Dr. Michael Szurlies, Dr. Jürgen Vasters



Lateritbergbau auf Sulawesi (Foto: BGR).

Nickel gehört zu den Schlüsselrohstoffen bei der Umsetzung der Energie- und Verkehrswende. Wegen dessen besonderer Bedeutung in Lithium-Ionen-Batterien und damit für den grünen Wandel hat die Europäische Kommission in der im März 2023 erschienenen nunmehr fünften Liste der kritischen Rohstoffe der EU, Nickel als strategischen Rohstoff klassifiziert (EC 2023).

Indonesien ist als Lieferant von Nickel, aber auch von Kobalt, für die Batterieindustrie von zentraler Bedeutung. Vor allem durch chinesische Investitionen und Technologien ist Indonesien in weniger als einem Jahrzehnt auch zum weltweit führenden Hersteller von Raffinadenickel und Edelstahl aufgestiegen. Der rasante Anstieg der Förderung von Lateriterzen und insbesondere der Aufbau von großen Industrieparks zur Weiterverarbeitung von Nickel (Abb. 1) haben auch vermehrt

Fragen zur Nachhaltigkeit der dortigen Gewinnung und Verarbeitung aufgeworfen. Während die obertägige Nickelgewinnung einen hohen Flächenbedarf bedingt und sich auf die tropischen Wälder auswirkt, ist mit der pyrometallurgischen Weiterverarbeitung ein hoher Kohlendioxid ausstoß verbunden. Die hydrometallurgischen Prozesse hingegen bedingen ein großes Aufkommen an Laugungsrückständen.

Diese Kurzstudie betrachtet die jüngeren Entwicklungen in Indonesien seit Einsetzen des dortigen Exportverbots für Nickelerze vor genau zehn Jahren. Das Land ist seitdem durch den beispiellosen Aufbau einer umfangreichen Weiterverarbeitungsindustrie hinsichtlich des Nickelangebots zu einer Marktmacht aufgestiegen.

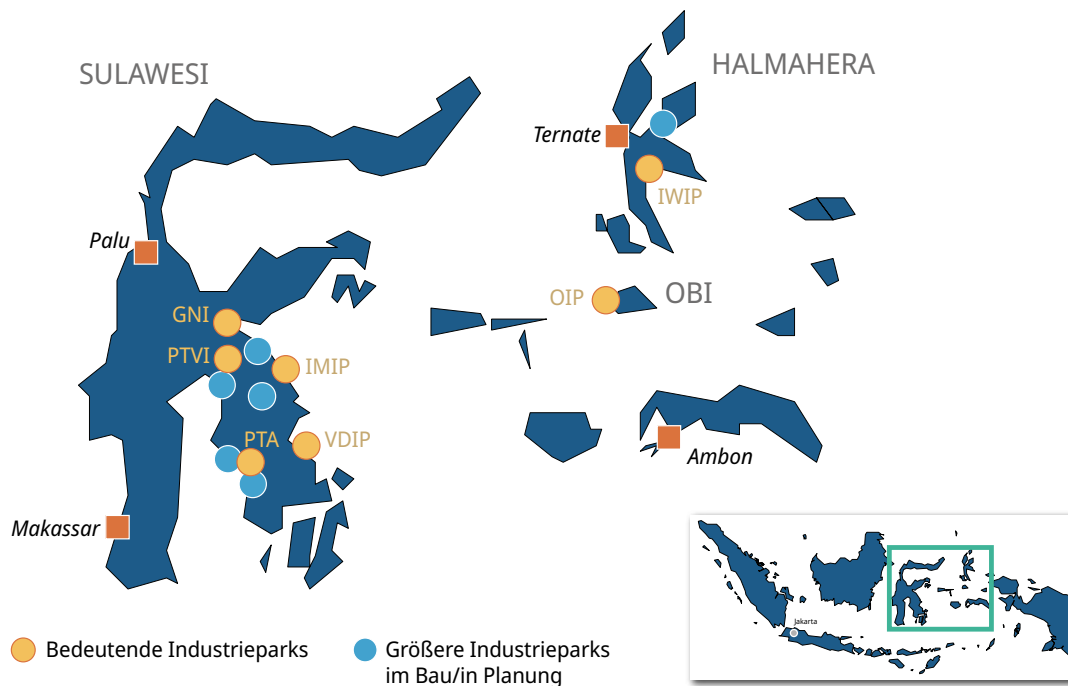


Abb. 1: Lage der wichtigsten Industrieparks (in Betrieb sowie im Bau bzw. in Planung) zur Weiterverarbeitung von Nickel in Indonesien; IWIP = Indonesia Weda Bay Industrial Park, OIP = Obi Industrial Park, GNI = Gunbuster Nickel, IMIP = Indonesia Morowali Industrial Park, VDIP = Virtue Dragon Industrial Park, PTA = PT Antam, PTVI = PT Vale Indonesia.

Für diese Studie wurden im letzten Jahr wichtige Bergbaubetriebe und die großen von chinesischen Firmen geführten Industrieparks auf Sulawesi und Halmahera besichtigt sowie in Jakarta zahlreiche Gespräche mit führenden internationalen Unternehmen der Batterie- und Edelmetalllieferkette geführt.

Globale Nickelnachfrage – Wachstumstreiber Elektromobilität

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften findet Nickel in zahlreichen Industriezweigen Verwendung und wird vor allem zur Herstellung von Edelstahl und Nickellegierungen (z. B. Superlegierungen) eingesetzt. Neben diesen traditionellen Verwendungsbereichen wird auch in den kommenden Jahren, insbesondere mit dem globalen Markthochlauf der Elektromobilität, ein weiterhin deutlicher Anstieg der weltweiten Nickelnachfrage für die Batterieherstellung erwartet.

Das traditionell mit Abstand wichtigste Anwendungsfeld von Nickel ist die Herstellung von nichtrostendem Stahl. Es machte im Jahr 2022 etwa 66 % der weltweiten Nachfrage aus (Abb. 2), gefolgt vom Einsatz in Batterien (16 %) sowie der Herstellung von Nichteisen-Legierungen (8 %). Der größte Verbraucher von Nickel im Jahr 2022 war China mit einem Marktanteil von ca. 59 %, gefolgt von Indonesien (knapp 13 %), Japan (ca. 6 %) und den USA (ca. 4 %). Deutschland ist mit einem weltweiten Anteil von knapp 2 % der größte Nickelverbraucher in Europa.

Während für den Haupteinsatz im nichtrostenden Stahl mittelfristig jährliche Wachstumsraten von bis zu 4 % erwartet werden, gehen die Wachstumsprognosen für die Verwendung von Nickel in Batterien von zunächst jährlich zwischen 20 % und 30 % aus. Im Jahr 2030 könnte der Einsatz in Batterien bereits deutlich mehr als ein Viertel der globalen Nachfrage ausmachen. Die zukünftige Entwicklung der Nachfrage im Bereich Elektromobilität hängt natürlich stark von der vorherrschenden Batteriechemie ab. In den letzten Jahren hat der Nickelanteil am Katho-

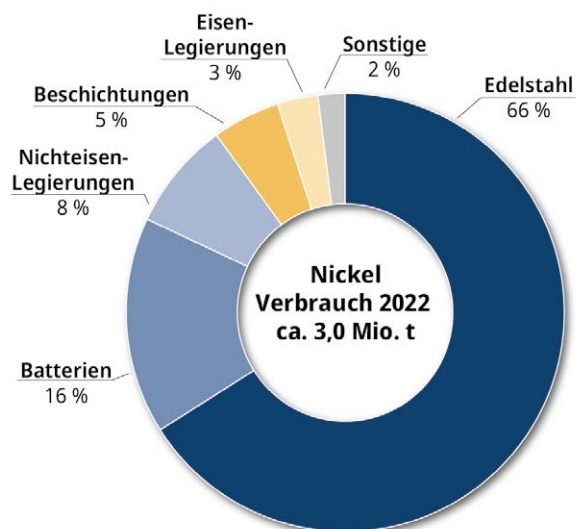


Abb. 2: Verwendungen von Nickel im Jahr 2022 (nach NORNICKEL 2023, BGR 2024).

denmaterial der Lithium-Ionen-Batterien deutlich zugenommen. Nickel erhöht die vom Markt geforderte Reichweite der Elektrofahrzeuge. Andererseits haben die bislang vor allem in China eingesetzten nickelfreien Lithium-Eisenphosphat-Batterien deutlich an Marktanteilen gewonnen. Zuletzt haben sie bereits mehr als die Hälfte der dort produzierten Batterien ausgemacht, was allerdings noch nicht für den europäischen Markt gilt.

Nickelangebot – Marktmacht Indonesien

Förderung

In der Region Südostasien-Ozeanien wurden im Jahr 2022 knapp drei Viertel des weltweiten Nickels gefördert. Hier befinden sich auch weit mehr als die Hälfte der bekannten globalen Nickelreserven. Im Jahr 2022 war Indonesien mit knapp 1,6 Mio. t Nickelinhalt und einem weltweiten Anteil von fast 50 % erneut das mit Abstand größte Förderland (Abb. 3), gefolgt von den Philippinen (11,2 %), Russland (6,9 %) und Neukaledonien (6,2 %).

Der globale Bergbau auf Nickel konzentriert sich derzeit auf lateritische sowie sulfidische Lagerstätten in

26 Ländern (SZURLIES 2021). Im Jahr 2022 stammten rund 80 % der weltweiten Nickelförderung aus Lateriten, wovon Indonesien fast zwei Drittel erbrachte. In dem Land wird, mit Unterbrechungen, seit 1938 Nickelerz ausschließlich aus lateritischen Lagerstätten abgebaut.

Die globale Verteilung der subrezent-rezent entstandenen Laterite ist an die tropischen und subtropischen Klimazonen gebunden. Laterite bestehen vereinfacht aus zwei Horizonten, dem nickelärmeren Limonit und dem unterlagernden nickelreicheren Saprolit (Abb. 4). Dazwischen ist mitunter noch eine Übergangszone ausgebildet. Die Lateriterze lassen sich pyro- und hydrometallurgisch zu den unterschiedlichsten Zwischen- und Raffinadeprodukten weiterverarbeiten (Abb. 4, 5). Neben Nickel führen die Laterite als weitere Wertmetalle Eisen, Kobalt, Scandium und Chrom.

In der Entwicklung des indonesischen Nickelbergbaus stellt das Exportverbot für Roherz im Jahr 2014 eine Zäsur dar. Vor dem Verbot wurde fast das gesamte Nickelerz unverarbeitet fast vollständig nach China exportiert. Lediglich auf Sulawesi wird bereits seit den 1970er Jahren Saproliterz durch PT Vale Indonesia zu Nickelmatte verarbeitet und nach Japan

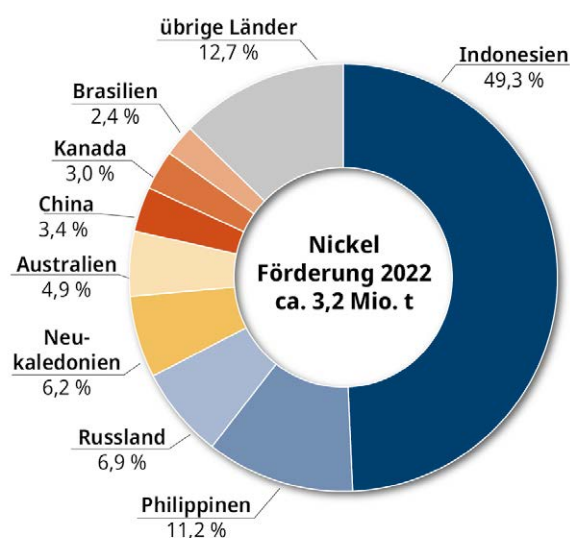


Abb. 3: Weltweite Anteile der Förderländer für Nickel im Jahr 2022.

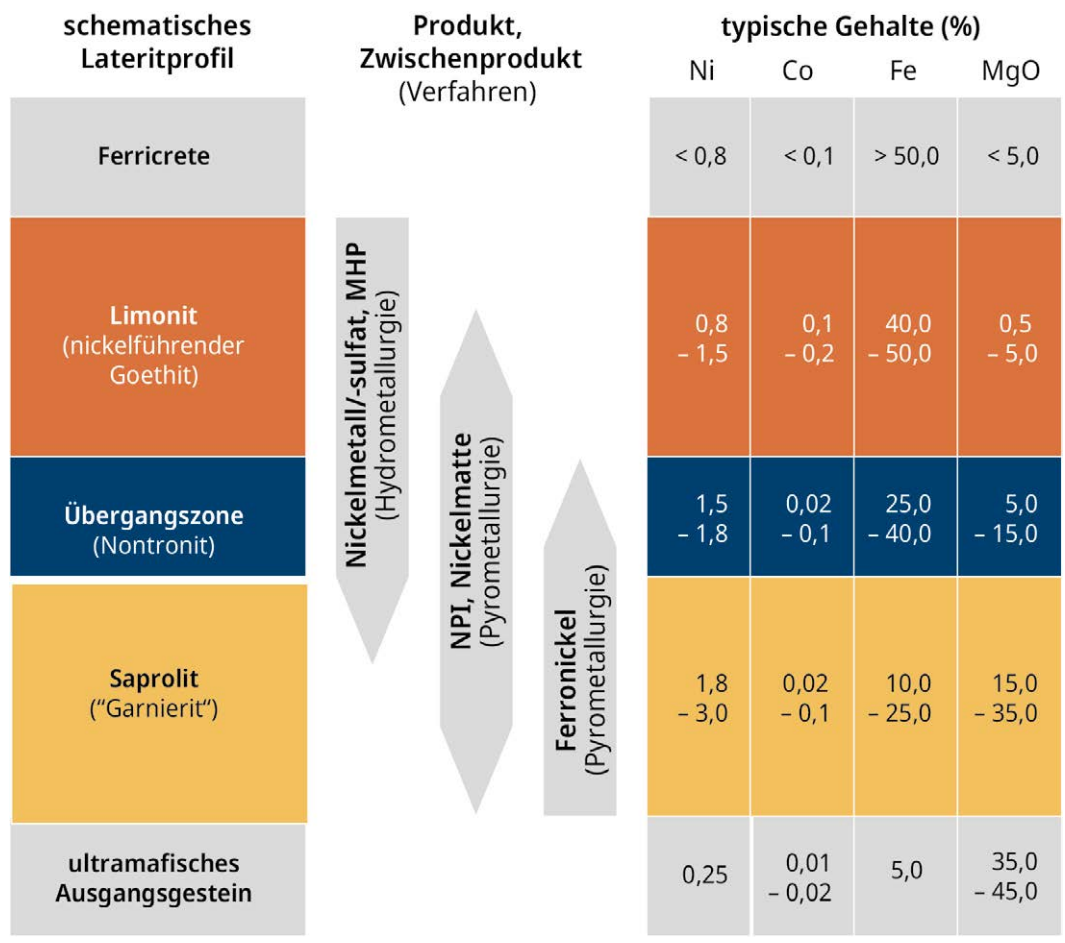


Abb. 4: Vereinfachtes Profil eines Nickellaterits mit typischen Elementgehalten und Zuordnung einzelner Laterit-horizonte zu verschiedenen Methoden der Weiterverarbeitung sowie deren zugehörigen Nickel-Produkten und -Zwischenprodukten (nach SZURLIES 2021).

ausgeführt. Auch PT Antam produziert dort seit den 1960er Jahren Ferronickel.

Infolge des Exportverbots gab es eine tiefgreifende Umstrukturierung des Nickelbergbaus in Indonesien mit dem Ziel, die Wertschöpfung in dem Land zu erhöhen. Der Anteil des Landes am weltweiten Nickelbergbau hat deutlich zugelegt und auch zu einem unvergleichlich schnellen Aufbau einer heimischen Weiterverarbeitungsindustrie geführt (vgl. Infobox). Fast die Hälfte der weltweiten Nickelförderung im Jahr 2022 lag in Indonesien (Abb. 6). Schwerpunkte des Bergbaus sind die drei Inseln Sulawesi, Halmahera und Obi (Abb. 1).

In den letzten Jahren erfolgten signifikante Zuwächse des globalen Nickelangebots ausschließ-

lich in Indonesien. Wenn man nur den Anstieg des dortigen Nickelangebots der Jahre 2022 und 2023 betrachtet, dann war allein dieser Zuwachs jeweils größer als die Nickelproduktion auf den Philippinen, dem weltweit zweitgrößten Förderland. Durch diese Dominanz Indonesiens hat sich auch das globale Bergwerksangebot innerhalb kürzester Zeit von einem mäßig konzentrierten zu einem hochkonzentrierten Markt hin verschoben. Die Wahrscheinlichkeit von Lieferausfällen oder Preisrisiken ist dadurch deutlich erhöht. Nach BGR-Berechnungen erreichte Indonesien im Jahr 2023 einen Anteil von rund 55 % an der globalen Nickelförderung (vgl. Infobox). Das Land könnte am Ende dieses Jahrzehnts sogar ca. 65 % des weltweiten Angebots erbringen.

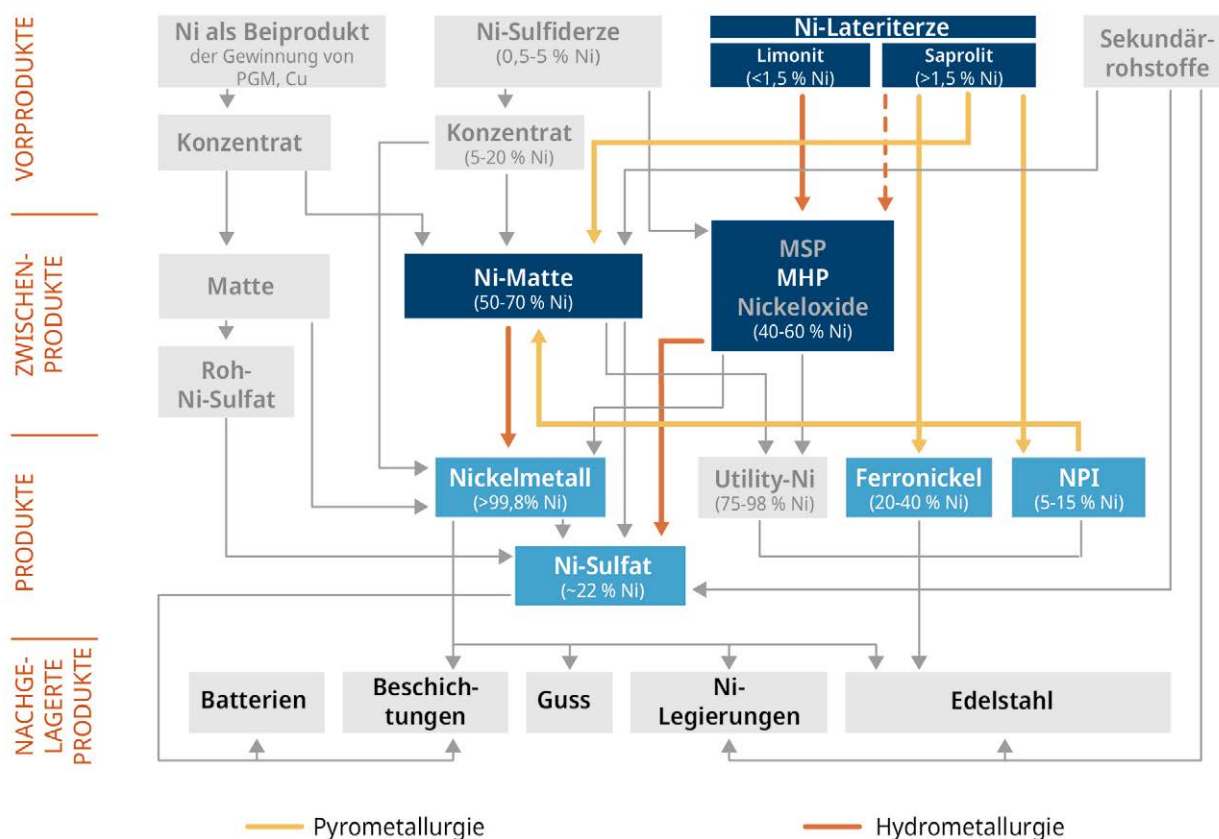


Abb. 5: Vereinfachte Nickel-Wertschöpfungskette nach Produktkategorien (links). Farblich unterlegt sind die derzeit in Indonesien bestehenden Herstellungswege (verändert nach SZURLIES 2021).

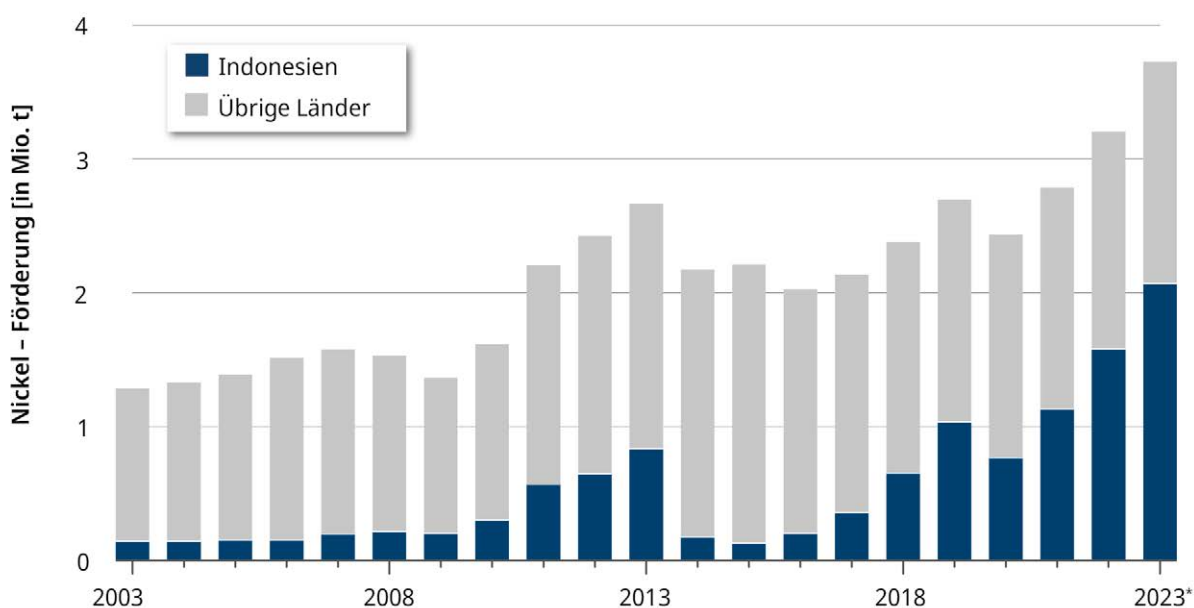


Abb. 6: Entwicklung der weltweiten Nickelförderung zwischen 2003 und 2023; * = BGR-Berechnungen.

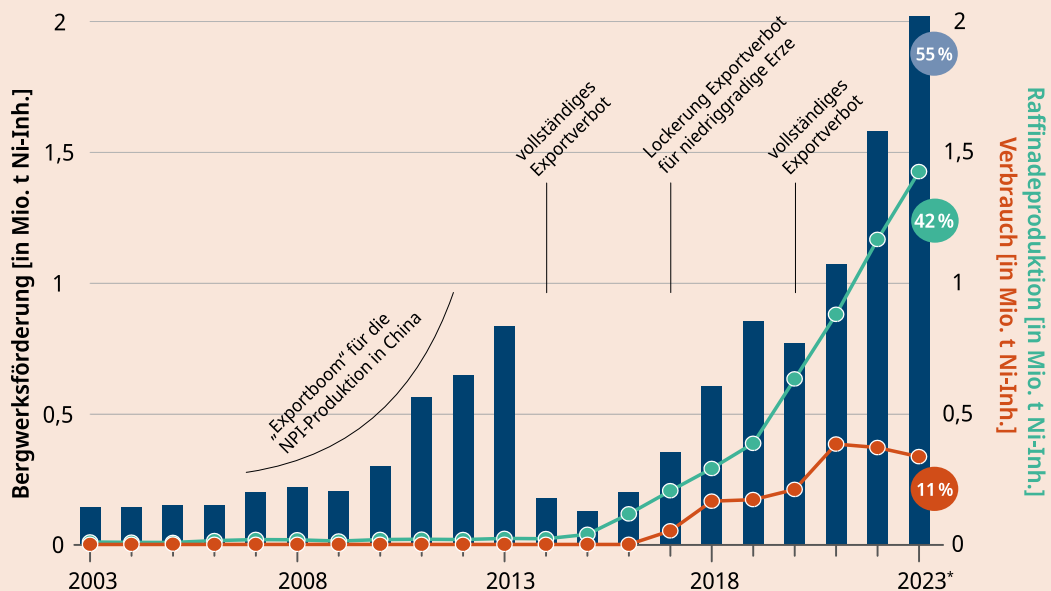
Hinsichtlich Kobalt, dem wichtigsten Beiprodukt der Nickelförderung, ist Indonesien im letzten Jahr hinter der DR Kongo zum zweitgrößten Förderland aufgestiegen (Weltanteil rund 6%). Im Jahr 2023 be-

trug der globale Anteil der Bergwerksförderung von Kobalt in Indonesien nach Berechnungen der BGR bereits nahezu 10%.

Das indonesische Exportverbot für Nickelerze - vom größten Erzexporteur zum führenden Raffinadeproduzenten

Nach der zentralistischen und autokratischen Suharto-Ära sollte Indonesien demokratisiert und die Selbstverwaltung in den Regionen gestärkt werden. Die Dezentralisierungsbestrebungen umfassten u. a. auch den Rohstoffsektor, der durch das neue Bergbaugesetz von 2009 geregelt werden sollte. Das neue Gesetz sollte vor allem auch zur wirtschaftlichen Entwicklung des Landes beitragen. Indonesien ist ein bedeutendes Bergbauland und weltweit führend bei der Nickelförderung (Ni-Inhalt von knapp 1,6 Mio. t im Jahr 2022). Eine für den globalen Nickelmarkt sehr weitreichende Regelung des neuen Gesetzes ist das Verbot des Exports unverarbeiteter Nickelerze. Diese Regelung trat im Januar 2014 in Kraft. Zu diesem Zeitpunkt war Indonesien weltweit das bedeutendste Förderland und der mit Abstand größte Nettoexporteur von Nickelerzen. Hauptzielland der Exporte war China, das im Vorfeld des Exportverbots zunehmend größere Mengen an Erz aus Indonesien importiert hatte, um die eigene, sprunghaft steigende NPI-Produktion (NPI = Nickel Pigiron) mit Rohstoffen zu versorgen und den erwarteten kommenden Rohstoffmangel vorzubeugen.

Langfristiges Ziel des Exportverbots ist es, das Erz in Indonesien weiterzuverarbeiten und damit mehr Wertschöpfung im Land zu halten. Hinsichtlich der Weiterverarbeitung war Indonesien vor Inkrafttreten des



Entwicklung der Bergwerksförderung und der Raffinadeproduktion sowie des Verbrauchs in Indonesien zwischen 2003 und 2023; die Prozentangaben beziehen sich auf den jeweiligen Weltanteil im Jahr 2023;

*= BGR-Berechnungen (verändert nach SZURLIES 2021).

Verbots im weltweiten Vergleich unbedeutend. Als Konsequenz des Exportverbots nahmen in dem Land innerhalb weniger Jahre zahlreiche Hütten zur NPI-Produktion sowie zwei Edelstahlwerke den Betrieb auf. Diese Anlagen verwenden hauptsächlich das hochgradige Saproliterz. Fast ausschließlich finanziert durch chinesisches Kapital, wurde so eine vollständige Wertschöpfungskette für die Edelstahlherstellung etabliert. Indonesien stieg damit zum heute größten Raffinadeproduzenten (Ni-Inhalt von knapp 1,2 Mio. t im Jahr 2022) und zum weltweit zweitgrößten Hersteller von Edelstahl auf. Mit der Edelstahlproduktion ist nun auch eine signifikante Nickelnachfrage verbunden, die Indonesien zum heute (2023: Weltanteil von 11 %) zweitgrößten Verbraucher aufsteigen ließ (ca. 0,4 Mio. t Ni-Inhalt).

Da für die Limoniterze anfangs keine Verwendung bestand, wurde das Exportverbot im Januar 2017 teilweise für die Ausfuhr dieser niedriggradigen Erze (Ni-Gehalt < 1,7 %) gelockert. In den Folgejahren nahm der Erzexport nach China, ähnlich dem Geschehen vor 2014, wieder sprunghaft zu. Mit dem Ziel, durch den Aufbau einer vollständigen Wertschöpfungskette auch am Markthochlauf der Elektromobilität zu partizipieren, wurde im Januar 2020 erneut ein vollständiges Exportverbot eingeführt. Denn für die Herstellung von Nickelsulfat, dem Nickelvorstoff für die Batterieherstellung, sind insbesondere auch die Limoniterze geeignet. Aus diesen wird mittels Drucklaugung das Vorprodukt MHP (*Mixed Hydroxid Product*, ein Ni-Co-Mischprodukt) gewonnen. Seit 2021 haben bereits vier Drucklaugungsanlagen den Betrieb aufgenommen und produzieren MHP insbesondere für den chinesischen Markt.

Weiterverarbeitung

Mit dem Einsetzen des Exportverbots hat sich Indonesien in weniger als einem Jahrzehnt zum heute weltweit führenden Raffinadeproduzenten entwickelt (vgl. Infobox, Abb. 7). Der Aufbau und die Inbetriebnahme zahlloser NPI-Produktionsanlagen (NPI: *Nickel Pigiron* = Nickelroheisen) erfolgte fast ausschließlich mittels chinesischer Investitionen und Technologien, um das NPI vor allem für die in China boomende Edelstahlproduktion verfügbar zu machen (Abb. 5). Diese Anlagen wurden in Indonesien in großen integrierten Industrieparks installiert, die vor allem durch chinesisch-indonesische Joint-Ventures betrieben werden. Die derzeit wichtigsten Industrieparks sind der IMIP (Indonesian Morowali Industrial Park) und der IWIP (Indonesian Weda Bay Industrial Park) (Abb. 1). Dominierender Joint-Venture-Partner in beiden Industrieparks ist das chinesische Unternehmen Tsingshan, der weltweit größte Edelstahlhersteller. Allein in diesen beiden Industrieparks wurde im Jahr 2022 NPI mit einem Nickelinhalt von zusammen fast 700.000 t produziert, was rund 22 % der Weltproduktion an Raffinadenickel entspricht. Im Wesentlichen basierend auf chinesischen Investitionen, machte indonesisches Nickel im Jahr 2022 ca. 38 % des weltweiten Angebots an

Raffinadenickel aus (Abb. 8). Zusammen produzierten Indonesien und China in dem Jahr bereits zwei Drittel des weltweiten Raffinadeangebots. Nach BGR-Berechnungen stieg deren gemeinsamer Anteil im Jahr 2023 auf rund 70 % (Anteil Indonesiens 42 %, vgl. Infobox).

In Indonesien wurden bis zum Jahr 2022 als Raffinadeprodukte ausschließlich NPI und Ferronickel (sog. Class-II-Produkte) produziert, die in der Edelstahlherstellung eingesetzt werden. Für diese Produktion werden die nickelreichen Saproliterze eingesetzt. Das NPI hat typischerweise Nickelgehalte von 10 % bis 15 %, das indonesische Ferronickel hat rund 20 % Nickelinhalt. Im Jahr 2023 wurden nach BGR-Berechnungen rund 1,38 Mio. t Nickel im NPI und rund 22.000 t Nickel im Ferronickel in Indonesien produziert. Das waren zusammen rund 41 % der globalen Raffinadeproduktion an Nickel.

Mit dem Ziel eine vollständige Wertschöpfungskette für die Edelstahlproduktion aufzubauen, sind in Indonesien in den letzten Jahren zwei Edelstahlwerke der chinesischen Unternehmen Tsingshan und Jiangsu Delong in Produktion gegangen. Zusammen verfügen sie über eine jährliche Kapazität von derzeit rund 5,5 Mio. t Edelstahl. Dies entspricht rund

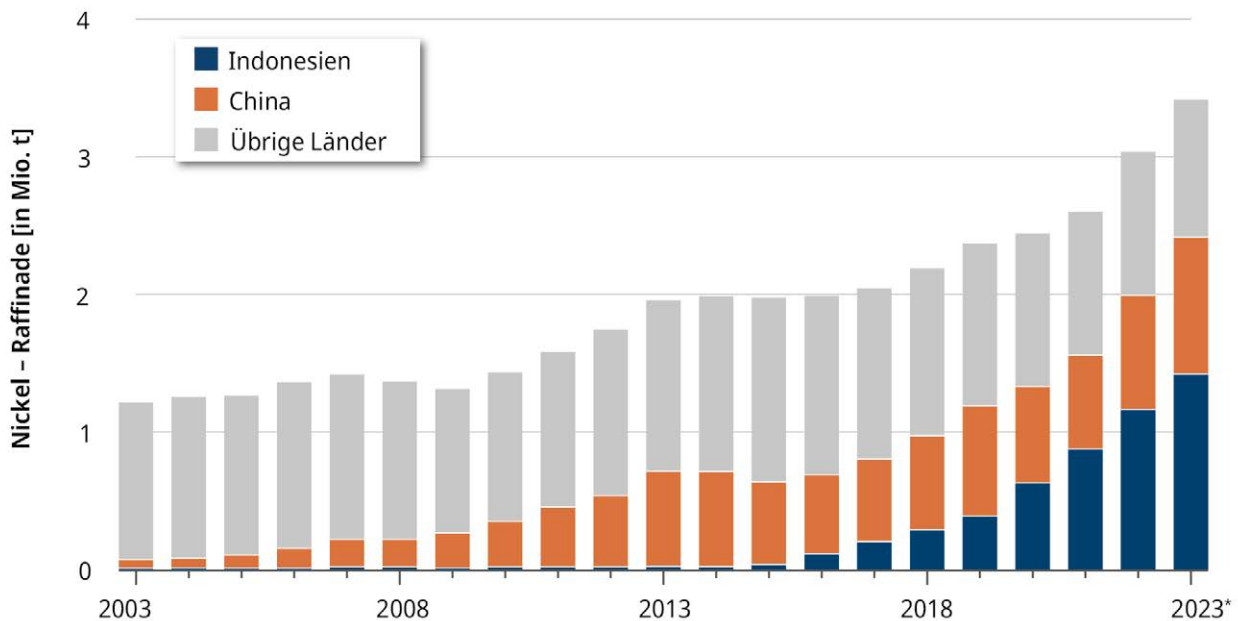


Abb. 7: Entwicklung der weltweiten Raffinadeproduktion von Nickel zwischen 2003 und 2023; * = BGR-Berechnungen.

10% der weltweiten Kapazität und ist in etwa vergleichbar mit der derzeitigen Edelstahlproduktion in Europa. Das in Indonesien produzierte NPI wird entweder in der dortigen Edelstahlindustrie eingesetzt oder fast ausschließlich nach China exportiert. Der Marktführer Tsingshan sowie Jiangsu Delong sind wegen deren nachgelagerter Edelstahlproduktion in Indonesien und China heute die beiden weltweit führenden Hersteller von Raffinadenickel.

Die in der Vergangenheit in Indonesien nicht genutzten nickelärmeren Limonite eignen sich für die hydrometallurgische Weiterverarbeitung mittels Drucklaugung (HPAL = High-Pressure Acid Leach) zu MHP (Mixed Hydroxid Product, ein Ni-Co-Mischprodukt), einem wichtigen Vorprodukt für die Herstellung von Nickelsulfat. Dies wiederum dient als Vorstoff für die Produktion nickelhaltiger Lithium-Ionen-Batterien (Abb. 4, 5). In den letzten Jahren standen die Limonite zunehmend im Fokus von vor allem vertikal integrierten chinesischen Unternehmen, die führende Positionen entlang der Batteriewertschöpfungskette einnehmen. Hierzu zählen vor allem CATL, der Weltmarktführer bei Lithium-Ionen-Batterien, GEM, Huayou und CNGR.

Infolge des erneuten vollständigen Exportverbots für Nickelerze nahm im Mai 2021 auf der Insel Obi die erste Drucklaugungsanlage zur MHP-Herstellung die Produktion auf. Betreiber ist das chinesisch-indonesische Joint-Venture PT HPL (Halmahera Persada Lygend). Im Jahr 2022 starteten im IMIP (Indonesia Morowali Industrial Park) die beiden

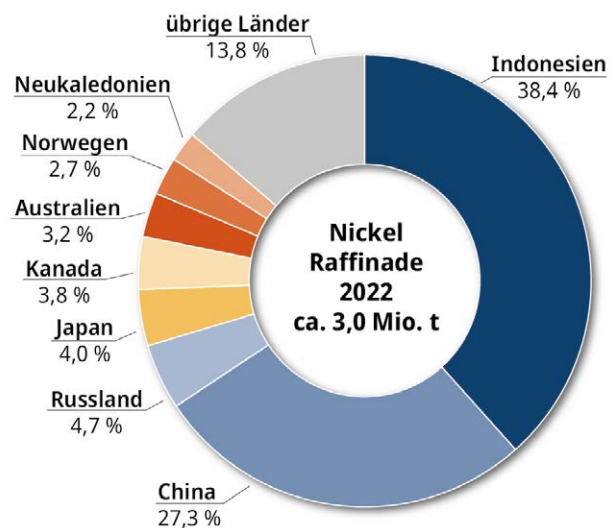


Abb. 8: Weltweite Anteile der Produzentenländer für Raffinadenickel im Jahr 2022.

Drucklaugungsanlagen der chinesisch-dominierten Joint-Ventures PT Huayue und PT QMB. Zuletzt ging im Sommer 2023 im IWIP (Indonesia Weda Bay Industrial Park) die Anlage des chinesischen Joint-Ventures PT Huafei in Betrieb. Nach vollständigem Hochfahren und Inbetriebnahme der weiteren Ausbaustufen werden diese vier Anlagen eine Jahreskapazität von zusammen rund 370.000 t Nickel und rund 45.000 t Kobalt haben. In den Jahren 2022 und 2023 wurde MHP mit einem Nickelinhalt von ca. 100.000 t bzw. ca. 160.000 t produziert und fast ausschließlich nach China exportiert. Seit Mitte 2023 verarbeitet PT HPL das MHP vor Ort zu Nickel- und Kobaltsulfat weiter.

Weitere Drucklaugungsanlagen sind geplant und könnten die Gesamtproduktion an Nickel und Kobalt in Indonesien zukünftig noch deutlich steigern. Zusammen mit chinesischen Partnern entwickelt beispielsweise PT Vale Indonesia auf Sulawesi zwei Drucklaugungsprojekte. Neben vor allem chinesisch dominierten Konsortien planen u. a. auch die europäischen Unternehmen Eramet und BASF eine gemeinsame Drucklaugungsanlage, die im IWIP installiert und im Jahr 2026 den Betrieb aufnehmen soll.

Um den erwartet stark wachsenden weltweiten Nickelbedarf für die Batterieproduktion zu decken, hat das Unternehmen Tsingshan im Jahr 2022 ein neues metallurgisches Verfahren eingeführt, um NPI in Nickelmatte zu konvertieren, die dann für die Herstellung von Nickelsulfat genutzt wird (Abb. 5). Durch diesen Verarbeitungsschritt werden nun auch Class-II-Produkte, die traditionell der Edelstahlherstellung dienen, für die Batteriewertschöpfungskette verfügbar gemacht. Zuletzt hatten in Indonesien bereits verschiedene NPI-Hersteller auf die Nickelmatte-Produktion umgestellt. Diese Hersteller könnten somit zukünftig, je nach Bedarf und zu erzielendem Preis, entweder die Batterie- oder die Edelstahl-Lieferkette mit Vorstoffen versorgen. Im Jahr 2022 wurde aus NPI-Konvertierung hergestellte Nickelmatte mit einem Ni-Inhalt von knapp 130.000 t zur Weiterverarbeitung nach China, aber auch nach Europa exportiert. Außerdem produzierte PT Vale Indonesia in dem Jahr rund 60.000 t Nickel in Nickelmatte über einen anderen Herstellungsweg. Bereits im Jahr 2022

war Indonesien zum weltweit größten Lieferanten von MHP und Nickelmatte aufgestiegen.

Durch den sprunghaften Anstieg des Angebots an NPI und Nickelsulfat sowie die zuletzt geringere Nachfrage ist der globale Nickelmarkt derzeit deutlich im Überschuss. Um profitabel zu bleiben, sind verschiedene Produzenten in China und seit Mitte 2023 auch in Indonesien zur Produktion von Nickelmetall aus MHP, Nickelmatte sowie Nickelsulfat übergegangen. Im Jahr 2023 haben die beiden chinesischen Unternehmen Huayou und GEM das von ihnen produzierte Nickelmetall erfolgreich an der LME gelistet. Auch CNGR hat mittlerweile eine solche Listung beantragt und produziert seit 2023 in einem chinesischen Joint-Venture im IMIP Nickelmetall. Dieses erhöhte Angebot trägt zur Entspannung des Nickelmetallmarkts bei (SZURLIES 2022).

Nachhaltigkeitsaspekte

Ressourceneffizienz und Lagerstättennutzung

Durch die Verwendung sowohl des niedriggradigen Limonits in den Drucklaugungsanlagen als auch des unterlagernden nickelreicheren Saprolits in der pyrometallurgischen Weiterverarbeitung ist es möglich, die Lateritlagerstätten in Indonesien fast vollständig zu nutzen und so die Menge an bergbaulichem Abfall entsprechend zu minimieren (VASTERS et al. 2021). Die großen indonesischen Industrieparks umfassen daher in der Regel sowohl Hüttenbetriebe als auch Drucklaugungsanlagen.

Klimawirksamkeit der Nickelgewinnung

Die Nickelproduktion in Indonesien weist eine hohe durchschnittliche CO₂-Intensität auf, was auf die kohlebasierte Stromversorgung der NPI-Hütten sowie den Einsatz von metallurgischer Kohle als Reduktionsmittel zurückzuführen ist. Ein Vergleich mit anderen Ländern zeigt, dass die Nickelproduktion in Indonesien und in China weltweit die höchste CO₂-Intensität aufweist (Abb. 9). Allein der Industriepark Weda Bay hat in den bisher installierten elf Blöcken

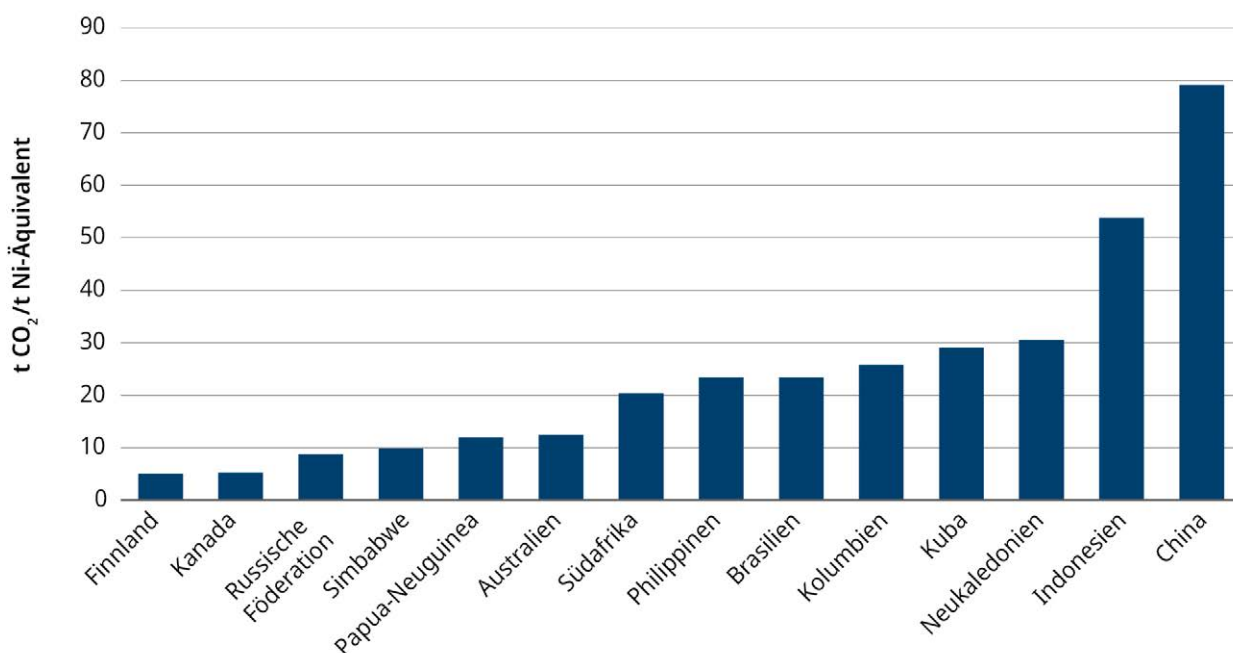


Abb. 9: Vergleich der durchschnittlichen CO₂-Intensität wichtiger Nickelproduzentenländer (nach SKARN ASSOCIATES 2021).

eine Kraftwerksleistung von über 3.000 MW. Dies würde bei voller Nutzung der installierten Leistung einem jährlichen Kohleverbrauch von ca. 10 Mio. t entsprechen.

Dadurch, dass in Indonesien immer mehr Drucklaugungsprojekte in Betrieb gehen, die eine im Durchschnitt bis zu dreimal niedrigere CO₂-Intensität im Vergleich zur pyrometallurgischen Nickelproduktion aufweisen, kann erwartet werden, dass mit der Erhöhung des relativen Anteils des mittels Drucklaugung weiterverarbeitenden Nickels auch die länderspezifische CO₂-Intensität sinken wird.

Flächenverbrauch, Entwaldung und Biodiversität

Unter der Annahme eines durchschnittlich ausbringbaren Nickelgehalts von 1,5% und einer mittleren Mächtigkeit der nickelhaltigen Laterithorizonte von 10 m werden für die Erzeugung von 1 t Nickelinhalt rund 3 m² Landoberfläche zumindest temporär in Anspruch genommen. Bezogen auf den indonesischen Anteil an der globalen Nickelproduktion, entspricht dies jährlich einer Gesamtfläche von ca. 6 km², in die durch direkte bergbauliche Maß-

nahmen eingegriffen wird. Durch eine begleitende Wiederverfüllung und Renaturierung der ausgezogenen Bereiche während des Abbaus lässt sich die temporäre Geländeanspruchnahme durch Abbau und Aufhaltung verringern bzw. kontinuierlich geringhalten (Abb. 10). Allerdings müsste für das Wiederverfüllen der Tagebaue, da es bei der Gewinnung so gut wie keinen Abraum gibt, die getrockneten, schlammhaltigen Laugungsabgänge bzw. die Schlacken aus der Pyrometallurgie Verwendung finden, was logistische Schwierigkeiten beim Transport von den Weiterverarbeitungsanlagen zu den Tagebauen bedeuten könnte.

Die neue WWF-Waldstudie (WWF 2023) zeigt auf, dass Indonesien derzeit weltweit die größte bergbaubedingte Entwaldungsrate aufweist. Die Verkleinerung der Lebensräume in den Urwäldern hat auch Auswirkungen auf die Artenvielfalt, die auf der Insel Halmahera besonders reich ist. Ein hoher Anteil dieser Entwaldung ist neben dem Kohle- auch auf den Nickelbergbau zurückzuführen, der zunehmend im tropischen, bisher unberührten Regenwald, vor allem auf den Inseln Halmahera und Obi, stattfindet. Von Halmahera wird auch im Zuge des Bergbaus über Konflikte mit der nomadisch leben-



Abb. 10: Begleitende Renaturierung im Tagebau Hengjaya des australischen Unternehmens Nickel Industries Ltd. Das Unternehmen wurde von der indonesischen Regierung (Ministry of Environment and Forestry) im Jahr 2023 erneut mit dem Green PROPER Award ausgezeichnet (mit freundl. Genehmigung von NICKEL INDUSTRIES LTD.).

den Urbevölkerung berichtet, die den Bergbauaktivitäten offenbar ablehnend gegenüberstehen, da durch den Bergbau und die damit verbundene Entwaldung ihre Lebensräume beeinträchtigt werden.

Ablagerung der Reststoffe der Drucklaugung

Bei einem ausbringbaren Erzgehalt von 1,3 % Ni im Limonit entstehen je Tonne Nickelinhalt im Produkt vereinfacht ca. 85 t (Trockenmasse) feinkörnige Laugungsabgänge, die sicher gelagert werden müssen. Mit Erreichen der Gesamtkapazität in Höhe von 370.000 t der vier derzeit in Indonesien betriebenen Drucklaugungsanlagen würde dies eine jährliche Rückstandsmenge von rund 31,5 Mio. t bedeuten, was mit einer Trockendichte von 1,75 t/m³ aufgehaldet auf 15 m Höhe über Geländeoberkante eine Ablagerungsfläche von mindestens 1,5 km² erfordert. Aus Umweltsicht vorteilhaft wäre das Verfüllen der Resttagebaue mit den Laugungsabgängen.

Das Einleiten von Laugungsabgängen ins Meer wurde zunächst als Planungsalternative in indonesischen Nickelprojekten in Betracht gezogen, aber Anfang 2021 durch die indonesische Regierung ver-

worfen. In dem seismisch sehr aktiven Gebiet bleibt daher als technisch sichere Lösung nur die trockene Ablagerung der Weiterverarbeitungsabgänge. Die Entwässerung nach der Neutralisation mit Kalk wird durch den Einsatz von kostenintensiven Kammerfilterpressen erreicht.

Staubemissionen und Wasserqualität

Staub kann beim LKW-Transport des Erzes auf unbefestigten Erdpisten zu den Anlagen bzw. Anlandungsstellen der Transportbarken entstehen. Diese diffuse Staubemission lässt sich durch ein gutes Wege- und Straßenmanagement minimieren.

Staub fällt auch bei der pyrometallurgischen Verarbeitung an. Die Schornsteine der Anlagen verfügen in der Regel über vorgeschaltete Elektroscheider, die die Abgase der Öfen reinigen. In den Schmelzhallen befindet sich eine zentrale Absaugung mit Staubfilterung oder Elektroabscheidung des diffusen Staubes aus der Umluft. Aber augenscheinlich ist die Effizienz dieser Staubbekämpfung noch nicht optimal.

Das Abholzen großer Waldflächen für den Bergbau fördert, bei den üblichen starken Regenfällen, die Bodenerosion und in Folge dessen den Sedimenteintrag in die Flusssysteme, was zu einer erhöhten Wassertrübung führt. Die erhöhte Sedimentfracht beeinträchtigt auch die Wasserqualität des Meeres, was zu einem Rückgang der Produktivität der lokalen Fischerei führen bzw. sensible Meeresbiotope wie z. B. Korallen schädigen kann.

Gesellschaftliche Auswirkungen

Die rasante Entwicklung der Industrieparks auf den Inseln Sulawesi, Halmahera und Obi hat auch zu strukturellen und kulturellen Problemen in den ursprünglich ländlich geprägten Regionen geführt, die abseits der großen demographischen Entwicklungen liegen. Weder die Infrastruktur in den Dörfern noch die Bereitstellung von adäquatem Wohnraum konnte mit dem Wachstum der Industrieparks mithalten, wo sich in einem Jahrzehnt durch den Zuzug von Arbeitskräften die Anzahl der Bevölkerung teilweise mehr als verzehnfacht hat.

Die strikte Kontrolle, die in den chinesisch betriebenen Industrieparks herrscht, gilt nur für den Bereich innerhalb der Anlagen. Außerhalb findet ein weitestgehend unkontrolliertes Wachstum der umgebenden Gemeinden statt. Konflikte mit den einheimischen Bräuchen und der lokalen Kultur sind vorprogrammiert und werden nur wenig durch eine staatliche Autorität moderiert.

Trotz der Dezentralisierungsbestrebungen, die u. a. auch darauf zielen, das Leben in den vom Bergbau betroffenen Kommunen durch einen Rückfluss von Finanzmitteln zu verbessern, haben die Kommunen in den Nickelabbaugebieten offensichtlich keine Verbesserung der Lebensbedingungen erfahren. Eine bessere Einbindung der Kommunen in das wirtschaftliche Geschehen des Nickelbergbaus ließe sich durch eine transparentere Berichterstattung und eine Offenlegung der Planungsziele der Unternehmen erreichen. Allerdings scheint es daran noch bei manchen Unternehmen zu mangeln. Auch scheint es, dass die lokalen Kommunen nicht genügend bei der Rahmenplanung der Industrieparks eingebunden werden. Zuletzt mehrten sich Berichte

über größere Arbeitsunfälle in den Industrieparks auf Sulawesi, was Fragen zum Arbeitsschutz aufwirft und bei der Arbeiterschaft zu Unruhe geführt hat.

Fazit

Nickel gehört zu den Schlüsselrohstoffen bei der Umsetzung der Energie- und Verkehrswende. Mit dem Exportverbot für Nickelerze ist Indonesien innerhalb eines Jahrzehnts zu einer Marktmacht aufgestiegen und spielt für den weiteren Markthochlauf der Elektromobilität nickelreicher Batterien eine entscheidende Rolle. Das Land verfügt über die weltweit größten bekannten Nickelreserven und hat weltweit die größte Nickel- und die zweitgrößte Kobaltförderung. Des Weiteren exportiert Indonesien mit Abstand die größte Menge an den für die Batterieherstellung wichtigen Vorprodukten MHP und Nickelmatte. Das Land ist heute der weltweit führende Produzent von Raffinadenickel, der zweitgrößte Edelstahlproduzent und damit verbunden auch der zweitgrößte Nickelverbraucher.

Aus dem starken Anstieg des Nickelangebots in Indonesien resultierten in den Jahren 2022 und 2023 historische Überschüsse am globalen Nickelmarkt. Die damit verbundenen Auswirkungen auf den Nickelpreis haben dazu geführt, dass zuletzt u. a. mehrere australische Nickelproduzenten den Betrieb eingestellt oder die Produktionsvorgaben für 2024 gesenkt haben. Aus den zunehmend größeren Anteilen Indonesiens an der Nickelförderung ist ein hochkonzentrierter Markt entstanden, der vor allem in den Händen chinesischer Investoren liegt. Indonesien und China kontrollieren derzeit bereits zwei Drittel des weltweiten Angebots an Raffinadenickel. Auffällig ist die weitreichende vertikale Integration führender chinesischer Produzenten von Edelstahl und Lithium-Ionen-Batterien, was zu signifikanten Kostenvorteilen in den Lieferketten führt. Es ist abzusehen, dass das Nickelangebot auch in den kommenden Jahren hochkonzentriert bleiben wird. Mehr noch, nahezu die Hälfte der globalen Nickelförderung stammte im Jahr 2023 von nur drei indonesischen Inseln (Sulawesi, Halmahera, Obi). Hinsichtlich des hohen Bedarfs an Nickelerz stellt sich

die Frage, wie lange insbesondere die hochgradigen Saprolite noch reichen, um den weiter steigenden Bedarf für die NPI- und Nickelmatte-Produktion zu decken. Im Jahr 2023 hat Indonesien nun erstmals geringe Mengen an Nickelerz von den Philippinen importiert.

Die Nickelgewinnung aus Lateriten, die in Indonesien ausschließlich im Tagebau erfolgt, ist sehr flächenintensiv. Der Bergbau ist auch mit dem Verlust von tropischem Regenwald verbunden, der Inseln wie Halmahera fast noch zur Gänze bedeckt. Die Eingriffe in den Regenwald wirken sich entsprechend auf die Biodiversität aus. Durch die Exploration und Gewinnung können indigene unkontaktierte Gruppen beeinträchtigt werden.

Für die Weiterverarbeitung, insbesondere zu NPI und zu Nickelmatte, werden sehr große Mengen an Kraftwerkskohle und metallurgischer Kohle eingesetzt. Dies ist mit einem entsprechend hohen Kohlendioxidausstoß verbunden. Bei der Drucklaugung wiederum fallen sehr große Mengen an Laugungsrückständen an. Da Indonesien in einem seismisch hoch aktiven Gebiet liegt, kann deren Lagerung nur mittels trockener Aufschichtung (*Dry Stacking*) erfolgen.

Das indonesische Nickelangebot gelangt zum einen indirekt über die Lieferkette der Batterieproduktion, die über China geht sowie direkt als Vorstoff für die Nickelmetallproduktion auch nach Europa. Aus der Verwendung dieser Rohstoffe in Europa resultiert auch eine Teilverantwortung für die Auswirkungen der Nickelproduktion in Indonesien.

Literatur

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2024): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover [Stand: 15.01.2024].

EC – EUROPEAN COMMISSION (2023): Fifth list 2023 of critical raw materials for the EU. – URL: <https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-ma->

[terials/areas-specific-interest/critical-raw-materials-en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials-en) [Stand: 15.01.2024].

NORNICKEL (2023): Quintessentially Nickel. – 19 S. – URL: https://nornickel.com/upload/iblock/94e/xm1j0f1cf0r56nste211g1o5uz12aw1n/2023_05_31_quintessentially_nickel.pdf [Stand: 15.01.2024].

SKARN ASSOCIATES (2021): GHG emission and intensity curves quantify emissions at asset, company and country level. – Kostenpflichtige Datenbank. – URL: <https://www.skarnassociates.com/> [Stand: 15.01.2024].

SZURLIES, M. (2021): Rohstoffrisikobewertung – Nickel. – DERA Rohstoffinformationen, 48: 110 S.; Berlin. – URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-48.pdf?_blob=publicationFile&v=4 [Stand: 15.01.2024].

SZURLIES, M. (2022): Der globale Nickelmetallmarkt – Zwischen Legierungselement und Batterierohstoffe. – URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/68_nickel.pdf?_blob=publicationFile&v=3 [Stand: 15.01.2024].

VASTERS, J., FRANKEN, G. & SZURLIES, M. (2021): Nickel – Informationen zur Nachhaltigkeit. – 18 S.; Hannover. – URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/nickel.pdf?_blob=publicationFile&v=3 [Stand: 15.01.2024].

WWF (2023): Extracted Forrest – Unearthing the role of mining related deforestation as a driver of global deforestation. – URL: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Wald/WWF-Studie-Extracted-Forests.pdf> [Stand: 15.01.2024].

Impressum

Stand: Februar 2024

B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
(BGR)

Stilleweg 2

30655 Hannover

E-Mail: mineralische-rohstoffe@bgr.de

www.bgr.bund.de

DOI: 10.25928/pvcp-ay46