

# Nickel: Die alte Wirtschaft aufbauen, die neue antreiben

Nickel ist das fünfthäufigste Element auf der Erde und besitzt sowohl eisenhaltige als auch nichteisenhaltige Eigenschaften. Es kommt in lateritischen und sulfidischen Erzen vor, die für die Verwendung in Legierungen wie rostfreiem Stahl und hochreinem Nickel für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien und Superlegierungen aufbereitet werden.

Elementum Metals: 30/11/2021

30/11/2021



**N**ickel ist das fünfthäufigste Element auf der Erde und besitzt sowohl eisenhaltige als auch nichteisenhaltige Eigenschaften. Es kommt in lateritischen und sulfidischen Erzen vor, die für die Verwendung in Legierungen wie rostfreiem Stahl und hochreinem Nickel für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien und Superlegierungen aufbereitet werden.

Die Reserven, das Angebot und die Verarbeitung konzentrieren sich auf eine Handvoll Länder. In der Vergangenheit war rostfreier Stahl der wichtigste Nachfragetreiber; das Angebot an minderwertigem Nickel ist nicht eingeschränkt, jedoch ist das Angebot an Nickel der Klasse 1 knapp; Regierungen, die sich um die Versorgungssicherheit und Umweltfaktoren sorgen, zielen auf intensives Recycling ab. Nickellegierungen werden in großem Umfang in alltäglichen Haushaltsgegenständen, in der Infrastruktur, im Transportwesen, in Erdölraffinerien, in der chemischen Industrie, im Gesundheitswesen und in der Weltraumforschung eingesetzt. Nickel wird intensiv in Batterien für Elektrofahrzeuge eingesetzt, da es eine höhere Energiedichte und eine größere Speicherkapazität zu geringeren Kosten bietet. Es wird auch in vielen anderen neuen Energietechnologien wie Windkraft, Kernkraft, Wasserkraft, Wasserstoff, Solarenergie und Geothermie sowie in Systemen zur Kohlenstoffabscheidung verwendet. Das voraussichtliche Angebots- und Nachfrageprofil von Nickel hat dazu geführt, dass es als das "neue Benzin" bezeichnet wird, obwohl dieser Vergleich seine potenzielle Verwendung in einer Kreislaufwirtschaft außer Acht lässt.

## Einführung in Nickel

Nickel ist ein chemisches Element mit dem Symbol Ni und der Ordnungszahl 28. Es ist ein silbrig-weiß glänzendes Metall mit leichtem Goldschimmer, das sowohl hart als auch

silberweiß glänzendes Metall mit reichem Goldschimmer, das sowohl hart als auch dehnbar ist. Es ist das fünfthäufigste Element auf der Erde und kommt in der Erdkruste und im Erdkern weit verbreitet vor.<sup>1</sup>

Nickel wurde im 15. Jahrhundert in Deutschland als rotbraunes Erz entdeckt; da Kupfer nicht abgebaut werden konnte, wurde es als Kupfernickel oder Teufelskupfer bezeichnet. Nickel wurde erstmals 1751 von dem schwedischen Chemiker Axel Cronstedt identifiziert. Nach dem Amerikanischen Bürgerkrieg wurden Nickel und Kupfer in Münzen verwendet; seither ist die 5-Cent-Münze als „Nickel“ bekannt.

## Bergbau, Verarbeitung und Klassen

Nickel ist ein Übergangselement, das sowohl eisenhaltige Eigenschaften wie Haltbarkeit und Festigkeit als auch nichteisenhaltige Eigenschaften wie hohe Korrosionsbeständigkeit, Verformbarkeit und Bearbeitbarkeit aufweist.

Nickel kommt in lateritischen Erzen vor, die normalerweise in tropischen Regionen wie Sulawesi in Indonesien im Tagebau abgebaut werden, sowie in sulfidischen Erzen, die oft in Kombination mit Kupfererzen vorkommen, wie in Kambalda in den Eastern Goldfields in Westaustralien, die unter Tage abgebaut werden. Die nördliche Stadt Norilsk ist das Zentrum der russischen Nickelindustrie, auf den Philippinen ist die Region Caraga auf Mindanao sehr produktiv und in Brasilien befinden sich die Minen in der zentralen Region Goiás.

Nickel der Klasse 2, das für die Verwendung in rostfreiem Stahl geeignet ist und einen Reinheitsgrad von etwa 75 % aufweist, wird aus Ferronickel (etwa 35 % Nickel, 65 % Eisen) oder Nickel-Roheisen (Nickel Pig Iron, NPI, zwischen 4 und 13 % reines Nickel) gewonnen und hauptsächlich in China verarbeitet.<sup>2</sup>

Nickel der Klasse 1 in Form von Pulver, Briketts, elektrolytischem Nickel oder Carbonylnickel, für das die Londoner Metallbörse einen Reinheitsgrad von mindestens 99,8 % vorschreibt, z. B. für die Verwendung in Lithium-Ionen-Batterien, kann entweder aus lateritischen oder sulfidischen Erzvorkommen gewonnen werden, wobei die Raffination von lateritischen Erzen im Allgemeinen mehr Energie und Chemikalien erfordert als die von sulfidischen Erzen.<sup>3</sup>

Lateritische Erze werden sowohl hydrometallurgisch als auch pyrometallurgisch aufbereitet, wobei der optimale Ansatz von der Art der Erzzusammensetzung abhängt. Die Lösungsmittelextraktion - Elektrogewinnung ist ein hydrometallurgisches Verfahren, bei dem Auslaugung, Extraktionsmittel und Elektrogewinnung eingesetzt werden und das vor allem bei minderwertigen Erzen Anwendung findet. Der Drehrohrofen ist ein pyrometallurgisches Verfahren, das sich für Erze eignet, die überwiegend aus Saprolit bestehen und das Trocknen, Reduzieren und Schmelzen umfasst. Methoden wie das Caron-Verfahren umfassen sowohl hydrometallurgische als auch pyrometallurgische Verfahren, allerdings sind die Kosten hoch und die Gewinnungsraten niedrig.

Sulfidisches Erz wird in der Regel im Schwebeschmelzverfahren verarbeitet. Das trockene Erz wird zusammen mit vorgewärmter Luft, sauerstoffangereicherter Luft oder reinem Sauerstoff in den Ofen geleitet, wobei eine flüssige Matte (bis zu 45 % Nickel) und Schlacke entstehen. Die eisen- und schwefelhaltige Matte wird durch Einblasen von Luft oder Sauerstoff in ein Schmelzbad oxidiert.

Zur Veredelung von Nickelmatte werden verschiedene Verfahren eingesetzt; durch Wirbelschichtroöstung und Chlor-Wasserstoff-Reduktion werden hochwertige Nickeloxide mit mehr als 95 % Nickel erzeugt, während das Carbonyl-Dampf-Verfahren zur Herstellung

hochreiner Nickelpellets verwendet wird.<sup>4</sup>

## Reserven, Angebot und Nachfragedynamik

Die größten nickelproduzierenden Länder sind Indonesien, die Philippinen und Russland, die zusammen 55 % der Weltproduktion ausmachen. Die Reserven konzentrieren sich auf Indonesien, Australien und Brasilien und belaufen sich auf 58 % der weltweiten Gesamtmenge, von denen etwa 60 % lateritische und 40 % sulfidische Erze sind.<sup>5</sup> Zwei Drittel der weltweiten Nickelnachfrage entfallen auf Ferronickel, das bei der Herstellung von rostfreiem Stahl verwendet wird. Auf Nichteisenlegierungen entfallen 12 % der weltweiten Nachfrage, während die Nachfrage nach Eisenlegierungen 5 % ausmacht.<sup>6</sup> In der Vergangenheit war rostfreier Stahl der Haupttreiber der Nachfrage nach Nickel der Klassen 1 und 2. Nickel der Klasse 1 erreichte 2007 aufgrund der hohen Nachfrage, die durch niedrige Lagerbestände noch verstärkt wurde, ein Allzeithoch von über 50.000 \$ pro Tonne, worauf ein Preisrückgang folgte, da die Nachfrage durch die globale Finanzkrise beeinträchtigt wurde. Die Ausweitung der chinesischen NPI-Produktion in den letzten zehn Jahren hat zu einem Anstieg von Nickel der Klasse 2 und einem entsprechenden Rückgang von Nickel der Klasse 1 geführt, das für die Herstellung von rostfreiem Stahl verwendet wird, was einen Rückgang der Preise für Klasse 1 zur Folge hatte. Die Bergbauunternehmen haben daher ihre Investitionen in die Entwicklung größerer Produktionskapazitäten zurückgefahren.

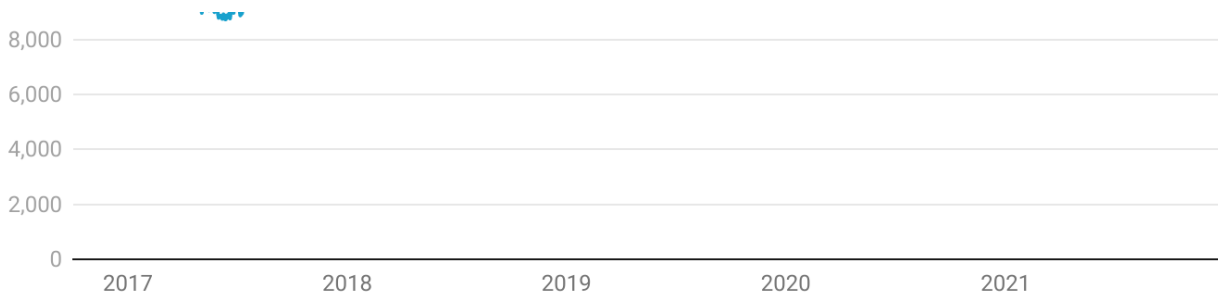
### 20 Years to October 2021 - Class 1 Nickel Price US\$



Source: Bloomberg US\$ nickel London Metal Exchange spot per tonne • Created with Datawrapper

### 5 Years to October 2021 - Class 1 Nickel Price US\$





Source: Bloomberg US\$ nickel London Metal Exchange spot per tonne • Created with Datawrapper

Es wird erwartet, dass die weltweite Nachfrage nach Nickel im Jahr 2021 um 9,2 % auf 2,58 Mio. Tonnen steigen wird, wobei sich die Nachfrage in etwa zu gleichen Teilen auf Klasse 1 und Klasse 2 verteilen wird, während das geschätzte Angebot um 5,8 % auf 2,64 Mio. Tonnen steigen wird. Der Überschuss von 132.000 Tonnen im Jahr 2020 wird voraussichtlich auf 58.000 Tonnen sinken. <sup>7</sup>

Während die Lagerhaltung von rostfreiem Stahl weit verbreitet ist und die chinesische Produktion von NPI als Reaktion auf Preiserhöhungen rasch gesteigert werden kann, ist das Angebot von Nickel der Klasse 1 knapp. Versorgungsengpässe bei Nickel der Klasse 1 können entweder durch eine Verringerung des Einsatzes von Klasse 1 in nichtrostendem Stahl und anderen Legierungen oder durch die Einführung zusätzlicher Produktionskapazitäten für Klasse 1 behoben werden.

Die Tsingshan Holdings Group, einer der weltweit größten und erfolgreichsten Edelstahlproduzenten, gab Anfang 2021 bekannt, dass sie eine Partnerschaft mit Huayou Cobalt und CNGR Advanced Material eingegangen ist, um ab 2022 100.000 Tonnen Nickelmatte zu liefern, ein Ausgangsstoff für die Herstellung von Nickelsulfat für Elektroautobatterien.

Die Ankündigung des neuen Klasse-1-Rohstoffs hat den Nickelpreis aufgrund des erwarteten Anstiegs des Angebots an Nickel in Batteriequalität sinken lassen. Auch wenn dies theoretisch den Mangel an Nickel der Klasse I lindern könnte, könnten die Umweltauswirkungen der Umwandlung von NPI in Matte bedeuten, dass die aus dieser Quelle hergestellten Batterien die Umweltstandards nicht erfüllen würden, was die Rentabilität des erhöhten Angebots zunichte machen würde. Oder es wären sehr viel mehr Ausgaben erforderlich, um sie mit den "saubereren" Verfahren in Einklang zu bringen. <sup>8</sup> In Anbetracht der möglichen zukünftigen Nachfrage- und Angebotsdynamik haben Kommentatoren darüber spekuliert, ob Nickel das "neue Benzin" sein könnte, wobei sie einräumten, dass ein erhebliches Nachfragewachstum wahrscheinlich ist, während sich das Angebot auf eine Handvoll Länder mit aufstrebendem Wirtschaftsstatus konzentriert. Der Vergleich macht deutlich, dass ähnliche Risiken wie bei der Ölkrise in den 1970er Jahren auftreten können.

## Recycling

Während das Recycling von rostfreiem Stahl gut etabliert ist, machte recyceltes Nickel im Jahr 2019 48 % der geförderten Produktion aus, entlastet das Recycling von Nickel der Klasse 2 nicht direkt die Nachfrage nach Nickel der Klasse 1 für Batterien und Superlegierungen. <sup>9</sup>

Das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien befindet sich jedoch noch in einem frühen Entwicklungsstadium und wird von Regierungen wie der EU sowohl aus Gründen der Versorgungssicherheit als auch aus Umweltgründen als äußerst wichtig erachtet. Die EU-

Batteriestrategie für Elektrofahrzeuge umfasst sowohl finanzielle Unterstützung für Batteriehersteller und -recycler, wie z. B. die 400 Mio. \$, die Northvolt, Europas führendem Batteriehersteller, gewährt wurden, als auch ein strenges Recyclingregime für Fahrzeugbatterien und Batteriestandards, die u. a. eine Mindestlebensdauer und Haltbarkeit der Batterien vorsehen. Der EU-Rahmen sieht eine Rückgewinnungsquote von 90 % für Nickel aus Lithium-Ionen-Batterien bis 2025 und 95 % bis 2030 vor.<sup>10</sup>

## Nickellegierungen

Es gibt etwa 3.000 Legierungen, die Nickel als Hauptelement enthalten, wobei Edelstahl die häufigste ist. Edelstahl des Typs 304 mit einem Nickelgehalt von 8 % wird häufig für alltägliche Gegenstände wie Kochtöpfe, Muttern, Schrauben und Haushaltsspülen verwendet, während der Typ 316 mit einem Nickelgehalt von 11 % für anspruchsvollere Anwendungen wie Lebensmittelverarbeitung, Brauereien und medizinische Anwendungen eingesetzt wird. Beide haben ein austenitisches Kristallgefüge; Typ 304 mit guter Duktilität und Formbarkeit enthält außerdem 18% Chrom, Typ 316, der eine hervorragende Säure- und Chloridbeständigkeit aufweist, enthält 2 - 3% Molybdän.<sup>11</sup>

Etwa 90 % des jährlich neu verkauften Nickels wird zur Herstellung von Legierungen verwendet, die beispielsweise in der Infrastruktur, im Bauwesen, in Verkehrssystemen wie Zügen und Eisenbahnwaggons und in Stromerzeugungsanlagen zum Einsatz kommen. Auch in der Wasserversorgung und -aufbereitung sowie in der Lebensmittelverarbeitung wird rostfreier Stahl wegen seiner nicht korrosiven, ungiftigen und hochhygienischen Eigenschaften häufig verwendet.

Spezielle Nickellegierungen werden wegen ihrer hervorragenden Beständigkeit in hochkorrosiven Umgebungen verwendet, z. B. in petrochemischen Anlagen als Teil von Nasswaschanlagen, die schwefelhaltige Gasemissionen aus kohlebefeueten Kraftwerken reduzieren, und in der chemischen Industrie. Nickelsuperlegierungen werden in Flugzeugtriebwerken verwendet, wo Festigkeit, hohe Temperaturtoleranz und die Fähigkeit, ständigem Verschleiß standzuhalten, entscheidend sind.

Im Gesundheitswesen werden Nickellegierungen in Präzisionsinstrumenten wie z. B. in chirurgischen Robotergeräten verwendet. Außerdem werden sie aufgrund ihrer Ungiftigkeit und Biokompatibilität für implantierte Geräte wie Stents und Herzschrittmacher geschätzt. Superlegierungen aus Nickel der Klasse 1, die hohen Temperaturen standhalten und oxidationsbeständig sind, werden in der Raumfahrtindustrie in Raketenmotoren, Raumfahrtantrieben und bei der Energieerzeugung eingesetzt. Ihre Eigenschaften, einschließlich der Haltbarkeit unter extremen Bedingungen, machen sie in Satelliten und geländegängigen Raumfahrzeugen von unschätzbarem Wert.

Die Nachfrage nach diesen Legierungen, die in den kohlenstoffbasierten Volkswirtschaften der "Old Economy" verwendet werden, wird weiter steigen, da die Entwicklungsländer weiterhin in die Verkehrsinfrastruktur investieren, neue Städte bauen und ihre Industrie entwickeln. Auch die entwickelten Volkswirtschaften werden diese Legierungen weiter verbrauchen, insbesondere um die alternde Infrastruktur zu erneuern, wie es Präsident Biden mit seinem Anfang November von der US-Gesetzgebung verabschiedeten Infrastrukturgesetz im Wert von 1,2 Billionen US-Dollar getan hat.

## Nickel in der neuen Wirtschaft - Lithium-Ionen-Batterien

In der Vergangenheit wurde ein hoher Kobaltgehalt verwendet, um eine höhere Energiedichte zu erreichen. Angesichts steigender Kobaltpreise und Bedenken hinsichtlich der ethischen Aspekte des Kobaltabbaus haben sich neue Technologien jedoch zunehmend auf das Potenzial von Nickel konzentriert, das nun als Schlüsselkomponente anerkannt ist. In frühen Batterietechnologien wie der NMC 111-Batterie enthielt die Kathode gleiche Mengen an Nickel, Mangan und Kobalt; in der NMC 532 und 622 wurde der Nickelanteil erhöht, während in der neuesten Hochleistungsbatterie NMC 811 acht Teile Nickel für jedes der anderen Elemente verwendet werden.<sup>12</sup>

Der von der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU bei Roskill in Auftrag gegebene Bericht schätzt, dass die weltweite Nickelnachfrage, die auf Batterien zurückzuführen ist, bis zum Jahr 2040 auf 2,86 Mio. Tonnen Nickelmetall ansteigen wird, wovon 95 % auf Kraftfahrzeuge entfallen werden. Dies entspricht einem durchschnittlichen Wachstum von 17,6 % pro Jahr über 20 Jahre.<sup>13</sup>

## Andere Verwendungszwecke in der New Economy

Neben der Verwendung in Batterien aufgrund seiner elektrochemischen Eigenschaften wird Nickel in unterschiedlichem Maße in vielen anderen neuen Energietechnologien eingesetzt.

Energy Technology	Importance of Nickel
Electric vehicles and batteries	H
Hydrogen	H
Geothermal	H
Concentrating solar power	M
Wind	M
Nuclear	M
Solar photo-voltaic	L
Hydro-electric	L
Bioenergy	L

Source: International Energy Authority • Created with Datawrapper

Zuverlässigkeit und Langlebigkeit sind entscheidende Merkmale in Offshore-Windparks, wo die Kontrolle der Wartungsanforderungen und -kosten im Vordergrund steht.

Nickellegierungen werden wegen ihrer Festigkeit, Langlebigkeit und Korrosionsbeständigkeit eingesetzt: Turbinengetriebe erfordern Zähigkeit - die Fähigkeit, mechanischer Energie standzuhalten, ohne zu brechen, während Sicherheitseinrichtungen langlebig und zuverlässig sein müssen.

In Kernkraftwerken werden Nickellegierungen in Wärmeübertragern und Kühlsystemen

In Kernkraftwerken werden Nickellegierungen in Wärmeübertragungs- und Kühlsystemen verwendet, da ihre Hitze- und Korrosionsbeständigkeit von entscheidender Bedeutung ist, um Haltbarkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten. In Wasserkraftwerken wird zwar nur wenig Nickel verwendet, doch ist sein Einsatz entscheidend für die Langlebigkeit wichtiger Komponenten wie Turbinenschaufeln und Dammschützen.

Kohlenstoffabscheidungssysteme fangen Gas auf, das bei kohlenstoffintensiven Aktivitäten wie Kohlekraftwerken ausgestoßen wird, und transportieren es entweder über Schiffe oder Rohre, um es als Kohlenstoff in Gesteinsformationen zu speichern. CO<sub>2</sub> wird in Schiffen unter hohem Druck und bei niedrigen Temperaturen transportiert, wofür Nickellegierungen aufgrund ihrer Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit erforderlich sind. Auch unterseeische Rohrleitungen, die korrosionsbeständig sind, werden für den Transport des Gases zum Ort der Sequestrierung verwendet.

Bei der Wasserstoffherzeugung durch Aufspaltung von Wassermolekülen in Wasserstoff und Sauerstoff werden normalerweise seltene und teure Katalysatoren wie Platin verwendet. Es werden jedoch neue Techniken unter Verwendung von Nickel entwickelt, die die Kosten senken und die Effizienz erhöhen. Grüner Wasserstoff ist potenziell eine wichtige kohlenstofffreie Energiequelle, die mit erneuerbaren Energien erzeugt wird; durch die Speicherung in großen Mengen kann er als Ersatz für kohlenstoffreiche Gase wie Erdgas verwendet werden.

Geothermische Energie zapft die natürliche Wärme unter der Erdoberfläche an, indem sie die Energie in Wasser und Dampf einfängt, die zum Heizen oder zur Erzeugung von grünem Strom verwendet werden. Rohre und Bauteile werden aus Nickellegierungen hergestellt, um extremer Hitze und korrosiven Umgebungen standzuhalten.

Nickel wird in hochspezifischen Legierungen in solarthermischen Anlagen verwendet, die die Sonnenstrahlen einfangen, indem sie Wärme durch geschmolzenes Salz leiten. Die in diesen Wärmetürmen verwendeten Metalle müssen extrem hohen Temperaturen und hochkorrosiven Chemikalien standhalten. Eine weitere Anwendung im Bereich der Solartechnik ist die Verwendung von Nickel in vollständig transparenten Solarzellen, die derzeit mit dem Ziel entwickelt werden, gewöhnliche Fenster in stromerzeugende Paneele zu verwandeln.

## Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Nickel weiterhin in großem Umfang sowohl in der "alten" Wirtschaft als auch als wesentlicher Bestandteil der neuen Energiewende verwendet werden wird. Während sich das Recycling in der Vergangenheit auf Legierungen konzentriert hat, ist es offensichtlich, dass sich auch reines Nickel mit der erforderlichen Technologie und den erforderlichen Investitionen gut recyceln lässt. Die begrenzten Produktionsquellen stellen für viele Volkswirtschaften ein Versorgungsrisiko dar, doch bietet das vorgeschriebene Recycling die Aussicht, dass solche Risiken durch die Entwicklung einer kreislauforientierten Verarbeitung und Verwendung weitgehend gemildert werden können.

## Footnotes:

1. <https://nickelinstitute.org/about-nickel/#properties>
2. <http://metalpedia.asianmetal.com/metal/nickel/application.shtml>
3. <https://www.lme.com/en/Metals/Non-ferrous/LME-Nickel/Contract-specifications>
4. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/5cb00df9-e2c1-4b92-a585->

6bef08d8a5de/nickel\_PPAH.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jqeDjcl

5. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-nickel.pdf>
6. <http://metalpedia.asianmetal.com/metal/nickel/application.shtml>
7. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/sumitomo-metal-sees-global-nickel-demand-battery-use-rise-18-2021-2021-06-29/>
8. <https://metal.digital/articles/tsingshan/>
9. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-nickel.pdf>
10. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS\\_BRI\(2021\)689337](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI(2021)689337)
11. <https://nickelinstitute.org/about-nickel/stainless-steel/>
12. <https://metal.digital/articles/gigafactories/>
13. <https://roskill.com/news/nickel-european-commission-publishes-roskill-study/>