



Rohstoffe für die Elektrolyseur-Produktion

Mögliche Engpässe aufgrund
von Russlands Konfrontation mit
dem Westen

Rahmen dieser Publikation

Rohstoffe für die Elektrolyseurproduktion

Wir untersuchen in diesem Rahmen mögliche **Auswirkungen des russischen Angriffskrieges** auf die Ukraine auf die deutsche Elektrolyseurproduktion. Im Besonderen werden Rohstoffe betrachtet, die in Russland gefördert werden und für die Produktion von Elektrolyseuren nötig sein werden.

Durch die **Fokussierung auf Elektrolyseure** werden mögliche Abhängigkeiten anderer Industriezweige und Produkte ausgeblendet. Zudem treffen wir keine Aussage, wie abhängig die gesamte deutsche Industrie vom jeweiligen Rohstoff ist.

Grundsätzlich ist aber anzunehmen, dass Quasi-Monopole genauso wie ein plötzliches Wegbrechen einzelner Lieferländer auch immer Auswirkungen auf die Versorgung der deutschen Industrie haben werden.

Der Wegfall von Importen aus Russland kann auch dazu führen, dass **bestehende Abhängigkeiten**, zum Beispiel bei Platin oder seltenen Erden, verstärkt werden.

Rohstoffe

Was die Elektrolyseurproduktion braucht

- Nickel
- Titan
- Iridium
- Palladium
- Platin
- Scandium
- Aluminium
- Zirkonia
- Cer
- Yttrium
- ...

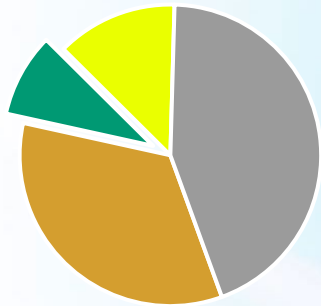
Für die Produktion von Elektrolyseuren werden viele verschiedene Rohstoffe eingesetzt.

In **Gelb** umrandet wurden hier Rohstoffe, bei denen Russland **entweder einen signifikanten Anteil** an der weltweiten Produktionsmenge hat **oder es nur wenige Länder gibt**, aus denen alternativ importiert werden könnte.

Produktionsanteile

Russland im weltweiten Vergleich

Nickel



■ Indonesien
■ Russland
■ Philippinen
■ Sonstige

[DERA-1]

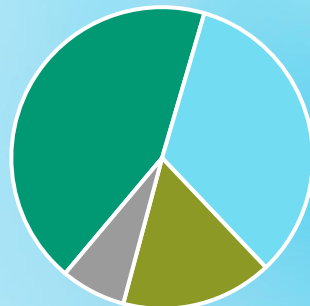
Titan



■ China
■ Japan
■ Russland
■ Sonstige

[INT-1]

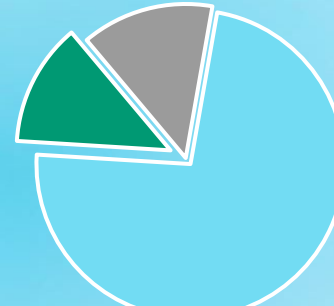
Palladium



■ Russland
■ Südafrika
■ Nordamerika
■ Sonstige

[STA-1]

Platin



■ Südafrika
■ Russland
■ Sonstige

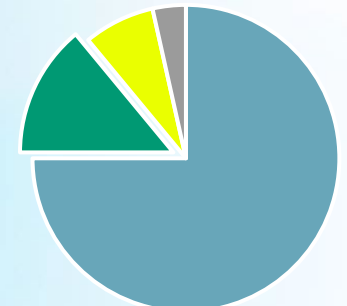
[BGR-2]

Iridium

Jährlich schwankende Produktion aus verschiedenen Quellen

- Beiprodukt von Platin- und Palladium
- Russland nach Südafrika zweitgrößter Produzent

Scandium

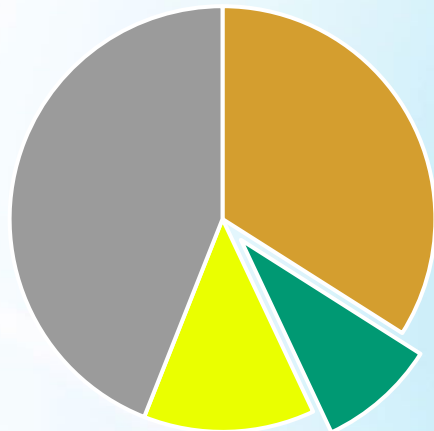


■ China
■ Russland
■ Philippinen
■ Sonstige

[DERA-1]

Nickel

Fördermengenverteilung
gesamt



- Indonesien
- Russland
- Philippinen
- Sonstige

- Weltweit gefördert in 2019: 2,54 Millionen Tonnen
 - Indonesien ~ 34 %
 - Philippinen ~ 13 %
 - Russland ~ 9 %
- Verwendung bei alkalischer Elektrolyse (A-EL) für Anode, Kathode, Bipolarplatten und in der anodenseitigen Transportschicht, bei SO-EL für Kathode
- Etwa 420 g/kW benötigt für Elektrolysezelle
- Referenz: [DERA-1]

Verteilung der Titan-
Schwammproduktion
gesamt



- China
- Japan
- Russland
- Sonstige

- Bei PEM-EL für Anode und Kathode, dafür werden ca. 28 g/kW benötigt [DERA-1]
- Substitution bei Elektrolyseurproduktion nicht abzusehen [IPA-1]
- Titanschwamm wird nur in wenigen Ländern produziert
- Verteilung der weltweiten Produktion in 2020 [INT-1]:
 - China ~ 50 %
 - Japan ~ 21 %
 - Russland ~ 13 %
- Eventuell sekundäres Ferrotitan aus Schrotten als zukünftige Quelle [INT-1]

Palladium

Fördermengenverteilung
gesamt

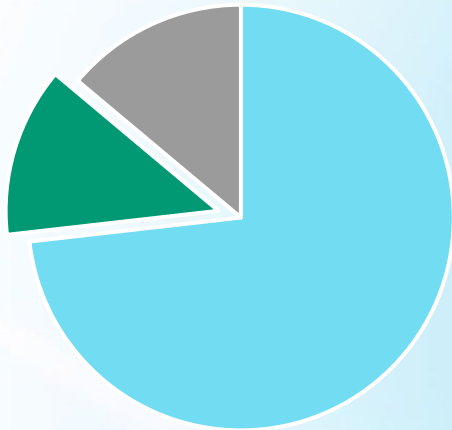


- Russland
- Südafrika
- Nordamerika
- Sonstige

- Für Elektroden, in der Elektronik und als Katalysator verwendet [EDE-1]
- Russland förderte 43% der weltweiten Menge in 2018 [RND-1]
- Bedarf von Palladium wird im Szenario „Green Economy 2025“ bis 2025 auf über 4-fache der Produktion von 2013 steigen laut Umweltbundesamt [UBA-1]
- Reinvorkommen weitestgehend ausgeschöpft, wird nur noch mit Platin gefördert [EDE-1]

Platin

Fördermengenverteilung
gesamt



- Südafrika
- Russland
- Sonstige

- Bei A-EL und PEM-EL als Beschichtung der Kathode [DERA-1]
- Substitution bei Elektrolyseurproduktion nicht abzusehen [IPA-1]
- Benötigte Menge: 0,01 g/kW
- Weltweite Bergwerksförderung 2013: 188 t [BGR-2]
 - Davon Russland 12,9%
 - Davon Südafrika 73,2 %
- Voraussichtlich wird sich der Bedarf bis 2050 mehr als verdoppeln [UBA-1]

Iridium

- Gilt aktuell bei PEM-FC als unersetzbar für Anode [DERA-1], perspektivische Bedarfe: <0,1 g/kW
- Beiprodukt von Platin- und Palladiumproduktion
 - Produktion bei Bedarf: Geringe Produktionsmengen
 - Daher variiert die Zusammensetzung der Iridium-Bezugsquellen jährlich
 - Datenlage leider schwierig
- Produktionsmenge weltweit: 6-10 t pro Jahr
 - Südafrika liefert 80-85 % des Iridiums [DERA-1]
 - Russland zweitgrößter Lieferant, veröffentlicht aber keine genauen Zahlen [INT-1]
- Bedarfe weltweit: bis 2040 10-40 t pro Jahr vorausgesagt [DERA-1]
- Perspektive: Vorkommen in Kanada und Skandinavien könnten erschlossen werden

Gewinnung von Sekundärplatin

Ein Großteil des Platins findet Verwendung in Katalysatoren von Fahrzeugen. Mit zunehmender Durchdringung der Elektromobilität wird der Automobilsektor zukünftig einen abnehmenden Bedarf an Platin haben.

Mit Aufbau einer **Kreislaufwirtschaft** wird mehr Sekundärplatin aus alten Fahrzeugen gewonnen werden und der Bedarf für Katalysatoren von Fahrzeugen damit größtenteils gedeckt werden.

Dadurch würde die Förderung von Platin in **direkter wirtschaftlicher Konkurrenz** mit Sekundärplatin stehen. Dies würde den weltweiten Platinbergbau beeinträchtigen.

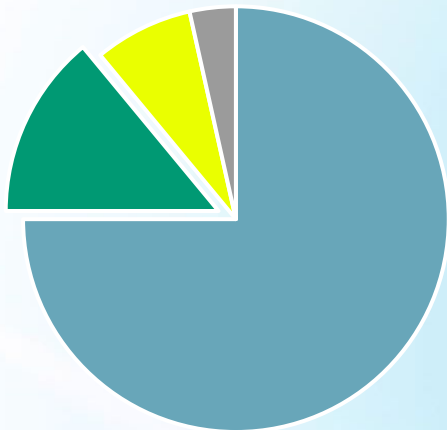
Iridium ist eine **Beimengung bei Platinerzen**. Wenn diese weniger gefördert werden, würde dies auch zu einer sinkenden Produktion und Verfügbarkeit von Iridium führen.

Referenz: [INT-1]

Ein Recycling von Elektrolyseuren am Ende ihres Lebenszyklus wird erforderlich sein. Aufgrund der zeitlichen Separation werden die rezyklierten Rohstoffe zu Beginn des Hochlaufprozesses aber nicht signifikant zur Deckung der Bedarfe beitragen.

Scandium

Fördermengenverteilung
gesamt



- China
- Russland
- Philippinen
- Sonstige

- Dotierung von Zirkoniumdioxid in SO-EL und SO-FC, 0,1 g/kW
- Begleitelement in Titan-, Wolfram- Zinn-, Seltene Erden- und Zirkonlagerstätten sowieso Bauxit-, Nickel- und Uranlagerstätten.
- Höhere Leitfähigkeit und stabiler bei niedrigen Betriebstemperaturen als die Alternative Yttrium
- Bedarfe (bis zu 24 t in 2040) werden derzeitige Produktionsmengen übersteigen, aber es gibt noch einige Lagerstätten (bspw. in Australien), in denen Abbau gestartet oder die Auslastung erhöht werden kann.
- Weltweit etwa 14-16 t pro Jahr
- Hohe Länderkonzentration der Produktion:
 - China >75% / 10 t (aus Titan/Zirkonproduktion) der weltweiten Menge bei variabler Auslastung
 - Russland 1-2 t (aus Uranproduktion)
 - Philippinen 1 t (aus Nickel- und Kobalterzen)
- Referenz: [DERA-1]

Rohstoffmengen

Wie viel die Elektrolyseure benötigen

Rohstoff	g/kW (kg/GW)	Aktuelle weltweite Fördermenge pro Jahr	Prozent der aktuellen weltweiten Förderung für 1 GW EL
Iridium	0,1 (100)	6-10 t	1 – 2 %
Platin	0,01 (10)	188 t	$5 \cdot 10^{-3}$ %
Titan	28,3 (28.300)	4,8 Mio t	$6 \cdot 10^{-4}$ %
Scandium	0,1 (100)	14-16 t	0,6 – 0,7%
Nickel	423,1 (423.100)	2,54 Mio t (2019)	$2 \cdot 10^{-2}$ %
Palladium	?	215 t	?

Die Europäische Union möchte bis 2030 **40 GW Elektrolyseleistung** aufbauen. Würde dafür nur auf PEM-EL gesetzt, so würden etwa **4.000 kg Iridium** benötigt. Dies entspricht etwa **40 bis 67% der (aktuellen) jährlichen globalen Produktion**.

- Bei keinem der betrachteten, kritischen Rohstoffe für Elektrolyseure hat Russland eine marktdominierende Position inne.
- Temporäre Engpässe bei hoher und schnell wachsender Nachfrage sind dennoch möglich, da neue Rohstoffvorkommen oftmals erst nach Jahren erschlossen werden können.
- Zwischen Produkten und Technologien könnte es zu einer Konkurrenz um die gleichen Rohstoffe kommen (bspw. zwischen Brennstoffzelle und Elektrolyseuren).
- In Abhängigkeit von der Flexibilität des Marktes (z. B. durch langfristige Lieferverpflichtungen) könnte der Wegfall eines Produzenten zu temporären Engpässen führen.
- In Abhängigkeit von der Flexibilität des Marktes (z. B. durch langfristige Lieferverpflichtungen) könnte der Wegfall eines Produzenten zu temporären Engpässen führen.
- Einseitige Abhängigkeiten sind bei einigen Rohstoffen nicht oder nur schwer vermeidbar.
- Forschung und Entwicklung sind notwendig, um Ersatz für seltene Rohstoffe zu finden, der
 - gut verfügbar bzw. in großen Mengen herstellbar ist,
 - hohe Effizienzen und Standzeiten erlaubt.

Referenzen

Abkürzung	Quelle
DERA-1	Mineralische Rohstoffe für die Wasserelektrolyse, DERA
BGR-1	Steckbrief Palladium, BGR
RND-1	Abhängigkeit Rohstoffe aus Russland, Redaktionsnetzwerk Deutschland
BGR-2	Steckbrief Platin, BGR
IPA-1	Tom Smolinka, Studie IndWEDe, Fraunhofer ISE, S.126-127
EDE-1	Palladium, Fachvereinigung Edelmetalle
STA-1	Statistik Minenproduktion Palladium, Statista
UBA-1	Abschlussbericht Umweltbundesamt
BRG-1	Mineralinfo Scandium, BRGM
INT-1	Tremareva, V., Schmitz, M., DERA, persönliches Gespräch, 04.04.2022



Vielen Dank

an Viktoriya Tremareva und Dr. Martin Schmitz
von der deutschen Rohstoffagentur
für ein persönliches Expert:innengespräch

Kontakt

Ansprechpartnerinnen:

Andrea Lübcke

luebcke@acatech.de

Michaela Löffler

loeffler.m@acatech.de

Marie Biegel

biegel@acatech.de

www.wasserstoff-kompass.de

acatech – Deutsche Akademie der
Technikwissenschaften

Geschäftsstelle

Karolinenplatz 4

80333 München

Hauptstadtbüro

Pariser Platz 4a

10117 Berlin

T +49 (0)30/2 06 30 96-0

F +49 (0)30/2 06 30 96-11

info@acatech.de

www.acatech.de

DECHEMA Gesellschaft für Chemische
Technik und Biotechnologie e.V.

Theodor-Heuss-Allee

2560486 Frankfurt am Main

T +49 (0)69 75 64-0

info@dechema.de

www.dechema.de

Impressum

- „Rohstoffe für die Elektrolyseurproduktion: Mögliche Engpässe aufgrund von Russlands Konfrontation mit dem Westen“
- Herausgeber: acatech, Berlin, und DECHEMA, Frankfurt am Main, 2022 V.i.S.d.P.: Christoph Uhlhaas
- Geschäftsführendes Gremium des Präsidiums: Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Dr. Stefan Oschmann, Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner
- Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Manfred Rauhmeier
- Redaktion: Dr. Andrea Lübcke, Jasper Eitze, Michaela Löffler, Marie Biegel/ acatech, Thomas Hild/ DECHEMA, Christopher Hecht / ISEA RWTH Aachen, Layout-Konzeption: Lars Ole Reimer
- Empfohlene Zitierweise: acatech, DECHEMA (Hrsg.): Rohstoffe für die Elektrolyseurproduktion: Mögliche Engpässe aufgrund von Russlands Konfrontation mit dem Westen, Berlin 2022.
<https://www.wasserstoff-kompass.de/news-media/dokumente/rohstoffbedarfe>

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages