

38

DERA Rohstoffinformationen



Rohstoffrisikobewertung – Magnesium (Metall)

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: Martin Schmitz
Unter Mitarbeit von: Sophie Damm, Maren Liedtke, Ulrike Dorner,
Michael Schmidt

Datenstand: März 2018

Titelbilder: © BGR
© Magontec GmbH – mit freundlicher Genehmigung –

Zitierhinweis: SCHMITZ, M. (2019): Rohstoffrisikobewertung –
Magnesium (Metall). – DERA Rohstoffinformationen 38: 68 S.;
Berlin.

ISBN: 978-3-943566-69-7 (Druckversion)
ISBN: 978-3-948532-00-0 (PDF)
ISSN: 2193-5319

Berlin, 2019





DERA Rohstoffinformationen

Rohstoffrisikobewertung – Magnesium (Metall)



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
Abstract	8
1 Rohstoff Magnesium	9
1.1 Eigenschaften und Vorkommen	9
1.2 Gewinnung	9
1.3 Umweltwirkung der Magnesiumproduktion	11
1.4 Globale Verwendung	14
2 Risikobewertung	17
2.1 Preisentwicklung und Preisbildung	17
2.2 Angebot und Nachfrage	20
2.2.1 Primärproduktion	20
2.2.1.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko	27
2.2.2 Recycling und Sekundärproduktion	27
2.2.3 Firmenkonzentration	29
2.2.4 Nachfrage und derzeitige Marktdeckung	30
2.2.5 Magnesium in Deutschland	31
2.3 Globaler Handel	31
2.3.1 Handelsbeschränkungen	35
2.4 Angebots- und Nachfragetrends	37
2.4.1 Globale Reserven und Ressourcen	37
2.4.2 Angebotsentwicklung	37
2.4.3 Nachfrageentwicklung	43
2.4.4 Marktdeckung bis zum Jahr 2025	47
3 Fazit	49
4 Literaturverzeichnis	50
5 Anhang	57
Indikatoren und Risikobewertung für Magnesium	58
Glossar	64

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Vereinfachtes Flussdiagramm der Gewinnungsmethoden für Magnesium	10
Abb. 2:	Geschätzte globale Verwendung von Magnesium, Magnesium(druck)-gusslegierungen und Aluminiumlegierungen	14
Abb. 3:	Entwicklung Nominal- und Realpreis für Magnesium	17
Abb. 4:	Entwicklung der amerikanischen, chinesischen und europäischen Magnesiumpreise von 2014 bis Anfang 2019	18
Abb. 5:	Relative Entwicklung der Realpreise für Magnesium, Aluminium und Ferrosilizium	19
Abb. 6:	Verhältnis Aluminium- zu Magnesiumpreis seit 1991	20
Abb. 7:	Globale primäre Magnesiumproduktion 1992–2018	22
Abb. 8:	Vereinfachter Magnesiumkreislauf	28
Abb. 9:	Anteil einzelner Länder an den globalen Nettoexporten und -importen von Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt > 99,8 % und < 99,8 % im Jahr 2017	33
Abb. 10:	Anteil einzelner Länder an den globalen Nettoexporten (-importen) von Abfällen und Schrotten, Drehspänen, Körnern und Pulvern sowie Waren aus Magnesium im Jahr 2017	34
Abb. 11:	Geschätzte Entwicklung des globalen Fahrzeugbaus und des Magnesiumbedarfs für den Fahrzeugbau	45
Abb. 12:	„Worst-Case-Szenario“ der Kapazitätsauslastung	48

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Eigenschaften von Magnesium	9
Tab. 2:	Bedeutende Rohstoffe der Magnesiumgewinnung	9
Tab. 3:	Mögliche Rohstoffe der Magnesiumgewinnung	9
Tab. 4:	Treibhausgas-Emissionen für unterschiedliche Verfahren der Magnesiumproduktion im Vergleich zur Aluminiumproduktion	13
Tab. 5:	Geschätzte globale Magnesiumproduktion 2016 und globale Kapazitäten	21
Tab. 6:	Kapazitäten der zehn größten chinesischen primären Magnesiumproduzenten 2017	24
Tab. 7:	Geopolitisches Risiko (Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko) der Produktion von Primärmagnesium 2016 und der Kapazitäten 2016	26
Tab. 8:	Geschätzte Sekundärkapazität in den Jahren 2015 bzw. 2016	29
Tab. 9:	Die zwölf größten primären Magnesiumproduzenten nach Kapazität 2017	30
Tab. 10:	Magnesiumbedarf im Jahr 2016	31
Tab. 11:	Volumen der Nettoimporte und -exporte 2017 in t	32
Tab. 12:	Länderkonzentration (HHI) und gewichtetes Länderrisiko (GLR) der globalen Nettoexporte von Magnesium in Rohform, Abfällen und Schrotten sowie Magnesiumprodukten 2017	35
Tab. 13:	Allgemeine US-Zolltarife auf Magnesium	36
Tab. 14:	Magnesiumprojekte, mögliche Erweiterungen und bestehende und geplante Kapazitäten in den nächsten Jahren	40
Tab. 15:	Weitere Magnesiumprojekte außerhalb Chinas in frühen Stadien der Entwicklung	43
Tab. 16:	Gewichtsreduktion und Leichtbaumaterialeinsatz für chinesische energiesparende und neue Elektrofahrzeuge nach der Roadmap der „Chinesischen Gesellschaft der Automobilingenieure“ (2016)	45
Tab. 17:	DERA „Worst-Case-Szenario“	47

Zusammenfassung

Magnesium wird im Wesentlichen zur Produktion von Magnesium(druck)gussteilen und Aluminiumlegierungen für Leichtbauanwendungen sowie in der Metallproduktion verwendet. Die Einsatzgebiete sind zahlreich. So wird Magnesium beispielsweise in der Automobil-, der Elektro(nik)- oder der Verpackungsindustrie eingesetzt. Zudem dient Magnesium zur Entschwefelung und zur Reduktion von Metallen. Auch in der Gusseisenindustrie wird Magnesium verwendet. Weitere Anwendungsgebiete sind in Bezug auf die Menge unbedeutend.

Magnesium ist nach Gewicht das achthäufigste Element der Erdkruste. Es ist damit sehr weit verbreitet und kann aus zahlreichen Lagerstättentypen und unterschiedlichen Mineralen gewonnen werden, weshalb die globalen Reserven und Ressourcen als nahezu unbegrenzt zu betrachten sind. Paradoxiere Weise weist die Magnesiumproduktion trotzdem eine sehr hohe Länderkonzentration der Produktion auf, wobei das Metall zu etwa 85 % in China produziert wird. Dies führt dazu, dass die Versorgung mit Magnesium in zahlreichen Veröffentlichungen als „potenziell kritisch“ eingeschätzt wird, beispielsweise in der „Critical Raw Materials List for EU“ und der „DERA Rohstoffliste“.

China ist nicht nur der bei Weitem größte Produzent von Magnesiummetall, sondern zudem der größte Produzent von Magnesiumlegierungen. Die Abhängigkeit der globalen Magnesiumversorgung von den chinesischen Exporten ist sehr hoch, da neben China als einziger Produzent von Primärmagnesium nur noch Israel Magnesium netto exportiert. Alle anderen Produktionsländer benötigen mehr Magnesium, als sie selbst produzieren. In der EU und in Deutschland wird Magnesium recycelt, jedoch nicht primär produziert, weshalb die Unternehmen auf Importe angewiesen sind. Deutschland ist innerhalb der EU der bedeutendste Verwender von Magnesium und global benötigen nur China, die USA und Russland größere Mengen als Deutschland.

Die hohe Konzentration der Produktion in China sowohl von Magnesiummetall als auch Produkten der nachfolgenden Wertschöpfungsstufen wird sich aufgrund der zementierten Vormachtstellung des Landes auch mittelfristig nicht verringern. Somit wird die globale Abhängigkeit von chinesischen Exporten bestehen bleiben. Mit der Türkei und dem Iran traten 2016/2017 neue Player in den Markt ein, die ihre Produktion zwischenzeitlich jedoch wieder eingestellt haben. In der Türkei wurde die Produktion durch einen Pächter vor Kurzem allerdings wieder aufgenommen. Projekte in Kanada und den USA haben eher den US-amerikanischen Markt im Blick, weshalb hier keine bedeutende Entlastung der Risiken für den europäischen Markt zu erwarten ist. Der Magnesiummarkt wird aus europäischer Sicht somit weiterhin „potenziell kritisch“ bleiben.

Die Nachfrage nach Magnesium wird weiterhin zunehmen, insbesondere die Elektromobilität könnte hier ein bedeutender Treiber sein. Bei einer Nachfragesteigerung von durchschnittlich 5 bis ca. 7 % pro Jahr sollte die Magnesiumversorgung bei Umsetzung einiger neuer Projekte und unter Beibehaltung der bestehenden aktiven Kapazitäten bis zum Ende des Betrachtungszeitraums dieser Studie, dem Jahr 2025, gewährleistet sein. Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass sich die Überkapazitäten in China reduzieren könnten. Inwieweit diese Reduzierung im Rahmen des innenpolitischen Konsolidierungskurses weitergeführt und der Markt dadurch verstärkt Veränderungen ausgesetzt sein wird, ist derzeit nicht seriös abschätzbar.

Es gibt Hinweise darauf, dass in den kommenden Jahren ein Einstieg in die Gewinnung von Magnesium aus Restsalzen der Trinkwasseraufbereitung aus Meerwasser erfolgen könnte. Bis Ende des Betrachtungszeitraums dieser Studie, dem Jahr 2025, ist eine umfassende Nutzung dieser Rohstoffquelle jedoch wenig wahrscheinlich.

Insgesamt ist weiterhin von einem sich wandelnden globalen Magnesiummarkt auszugehen. Vor diesem Hintergrund sollten deutsche Firmen insbesondere den chinesischen Markt in den nächsten Jahren gut beobachten und die Entwicklungen in Europa aufmerksam verfolgen.

Abstract

Magnesium is used primarily for lightweight applications, e. g. for the production of magnesium(die)cast parts, as an alloying element for aluminum alloys or in metal production. There are numerous fields of application. For example, magnesium is used in the automotive, the electronics or in the packaging industry. In addition, magnesium is used for desulfurization of metal, for the reduction of metals and in the ductile cast iron industry. Other applications are insignificant in terms of quantity.

Magnesium is by weight the eighth common element of the earth's crust. It is globally very widespread and can be extracted from many types of deposits and minerals. Global reserves and resources are nearly unlimited. In contrast, magnesium production still has a very high country-concentration of production, with about 85 % of the metal produced in China. As a result, the supply of magnesium is considered to be „potentially critical“ in numerous publications, including the „Critical Raw Materials List for EU“ and the „DERA Raw Materials List“.

In the EU and in Germany magnesium is recycled, but not primarily produced, which is why companies rely on imports. Within the EU Germany is the most important consumer. On a global perspective only China, the USA and Russia need more magnesium. China is not only by far the largest producer of magnesium metal, but also the largest producer of magnesium alloys. The dependence of the global supply of magnesium on Chinese exports is therefore very high. Apart from China, only Israel is a net-exporting country of magnesium. All other producing countries need more magnesium than they produce. New players entered the market with Turkey and Iran in 2016/2017, but they have already shut down their production 2018. Turkey has restarted production this year.

The high concentration of production in China, of both magnesium metal as well as products of the subsequent value added stages, will not decrease in the medium term due to the country's supremacy. Thus, the global dependence on Chinese exports will persist. Projects in Canada and the US are more likely to focus on the US market. The magnesium market of the EU will therefore remain „potentially critical“.

The demand for magnesium will continue to increase, in particular electromobility could be an important driver. With an increase in demand of between 5 % and 7 % per year on average, the supply of magnesium is save, ensured by the implementation of some new projects and by maintaining existing active capacities by 2025. However, there are indications that overcapacity in China is going to be reduced. The extent of this reduction is currently not seriously assessable. Hence, the consolidation of the Chinese domestic magnesium production and market will continue.

There are indications that in the upcoming years an entry into the extraction of magnesium from residual salts of seawater desalination could take place. However, it is unlikely that this resource will be exploited to a great extent by the end of 2025.

The changes in the global magnesium market are expected to continue. German companies should observe the Chinese market particularly well over the next few years and closely monitor developments in Europe.

1 Rohstoff Magnesium

1.1 Eigenschaften und Vorkommen

Magnesium (Mg) ist ein Erdalkalimetall und mit einem durchschnittlichen Anteil von gut zwei Gewichtsprozent das achthäufigste Element der Erdkruste. Es ist sehr reaktionsfreudig, weshalb es in der Natur nicht in elementarer Form, sondern im Wesentlichen in Form von Chloriden, Sulfaten und Karbonaten sowie in Silikaten gebunden auftritt.

Magnesium besitzt eine Dichte von ca. 1,74 g/cm³ (Tab. 1) und gehört damit zu den Leichtmetallen. Die Dichte von Magnesium ist ca. ein Drittel geringer als die von Aluminium (ca. 2,7 g/cm³). Das Metall weist sehr gute mechanische Verarbeitungseigenschaften auf und ein gutes Verhältnis von Festigkeit zu Dichte. Es ist jedoch vergleichsweise anfällig für Korrosion. Flüssiges Magnesium ist in Kontakt mit Luft brennbar, weshalb bei der Produktion die Schmelze mit einem Schutzgas von der Luft abgeschirmt werden muss, was den Umgang mit diesen Schmelzen im Vergleich zu anderen Metallen etwas komplexer macht. Auch weisen die Schutzgase z. T. erhebliche Treibhausgaspotenziale auf.

Tab. 1: Eigenschaften von Magnesium

Eigenschaften	Magnesium
Ordnungszahl	12
Atomgewicht	24,305u
Dichte	1,74 g/cm ³
Schmelzpunkt	923 K (650 °C)
Siedepunkt	1.380 K (1.107 °C)

Während bis in die 2000er Jahre hinein noch der größte Teil des Magnesiummetalls aus Magnesiumsalzen und dem Mineral Magnesit gewonnen wurde (vgl. HÄUSSER & ELLMIES 2000), stammt das Magnesium heutzutage zu etwa 85 % aus dem Mineral Dolomit. Die restlichen ca. 15 % entfallen auf die Produktion aus Carnallit und magnesiumreichen Solen von Salzseen (Tab. 2). Seit einigen Jahren bestehen auch Bestrebungen, aus Mg-reichen Silikaten wie Olivin, Brucit oder Serpentin Magnesium zu gewinnen. In der Entwicklung

befindet sich zudem die Gewinnung von Magnesium aus Filteraschen von Kohlekraftwerken. Erste Ideen gehen zudem dahin, Magnesium aus den Restsalzen der Meerwasserentsalzung zur Trinkwassergewinnung zu produzieren (Tab. 3).

Tab. 2: Bedeutende Rohstoffe der Magnesiumgewinnung (Gehalte nach RÖSLER 1991 und ROSKILL 2016)

Rohstoff	Theoretischer Gehalt
Dolomit (CaMg[CO ₃] ₂)	30,4 % MgO
Carnallit (KMgCl ₃ x 6H ₂ O)	38,3 % MgO
Mg-reiche Solen aus Salzseen (MgCl ₂ , MgSO ₄)	Seen mit 0,1–0,8 % Mg

Tab. 3: Mögliche Rohstoffe der Magnesiumgewinnung (Gehalte nach RÖSLER 1991 und eigene Recherche)

Rohstoff	Theoretischer Gehalt
Magnesit (MgCO ₃)	47,8 % MgO
Mg-reiche Serpentine (Antigorit, Chrysotil, Lizardit etc.)	ca. 43,0 % MgO
Olivin (Mg,Mn,Fe) ₂ [SiO ₄]	45–50 % MgO
Brucit (Mg(OH) ₂)	67,3 % MgO
Filteraschen von Kohlekraftwerken	5–15 % MgO
Meerwasser (Mg aus Meerwasserentsalzung)	variabel, ca. 1,3 kg Mg/m ³ Meerwasser

1.2 Gewinnung

Es gibt zwei wesentliche Produktionsprozesse für die Magnesiumgewinnung, die sich sowohl vom Ausgangsrohstoff als auch im Verfahren deutlich voneinander unterscheiden. Der zurzeit bedeutendere Prozess ist die Magnesiumgewinnung aus Dolomit durch thermische Reduktion. Die Gewinnung aus Magnesiumsalzen (Carnallit, Sole) durch Elektrolyse ist weit weniger verbreitet.

Das Mineral Dolomit ist Hauptbestandteil von Dolomitsteinen. Der Abbau dieses Rohstoffs erfolgt im

Tagebau. Aus dem Dolomitstein wird in einem thermischen Reduktionsprozess Magnesium gewonnen. Carnallit hingegen ist ein Magnesiumsalz, das meist im Tiefbau gefördert wird. Mg-reiche Solen wiederum entstehen durch Eindampfung des Wassers von Mg-reichen Salzseen. Aus den Salzen wird Magnesium durch Elektrolyse gewonnen (Abb. 1).

Thermische Reduktion

Die Produktion des Magnesiums aus Dolomit in China, Brasilien, der Türkei und bis vor Kurzem in Südkorea, Malaysia und dem Iran erfolgt mittels thermischer Reduktion. Etwa 80–85 % der globalen Magnesiumproduktion basieren derzeit auf thermischen Reduktionsprozessen. Vereinfacht dargestellt wird beim thermischen Reduktionsprozess der Dolomit kalziniert (gebrannt), um das CO_2 des Karbonats abzutrennen. Danach erfolgt die thermische Reduktion des Magnesiumoxids.

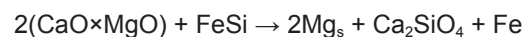
Der bedeutendste thermische Produktionsprozess ist der Pidgeon-Prozess, der in China, Südkorea,

der Türkei, Malaysia und dem Iran installiert wurde. Hier wird der gebrannte Dolomit ($\text{CaO}\times\text{MgO}$) mittels eines Reduktionsmittels, meist Ferrosilizium (FeSi), reduziert und es entsteht Magnesium und eisenhaltige Kalziumsilikat-Schlacke (ROSKILL 2016):

Kalzination:



Thermische Reduktion:



Die Kalzinierung des gemahlene Dolomits erfolgt in Drehrohr- oder Schachtöfen. Der gemahlene Dolomit wird dann mit Ferrosilizium gemischt und die entstehenden Rohstoff-Briketts werden mit Kohle, Kohle-Wasser-Gemischen oder Koks- bzw. Schwelgas bei ca. $1.100\text{ }^\circ\text{C}$ gebrannt (ROSKILL 2016). Das Ferrosilizium reduziert das Magnesiumoxid, wobei das Magnesium in eine Dampfphase übergeht. Mittels Wasserkühlung wird der Dampf abgekühlt und das Magnesium kondensiert. Für 1 t Magnesiummetall werden bei diesem Prozess ca. 10,5–12,0 t Dolomit, ca. 1,1 t

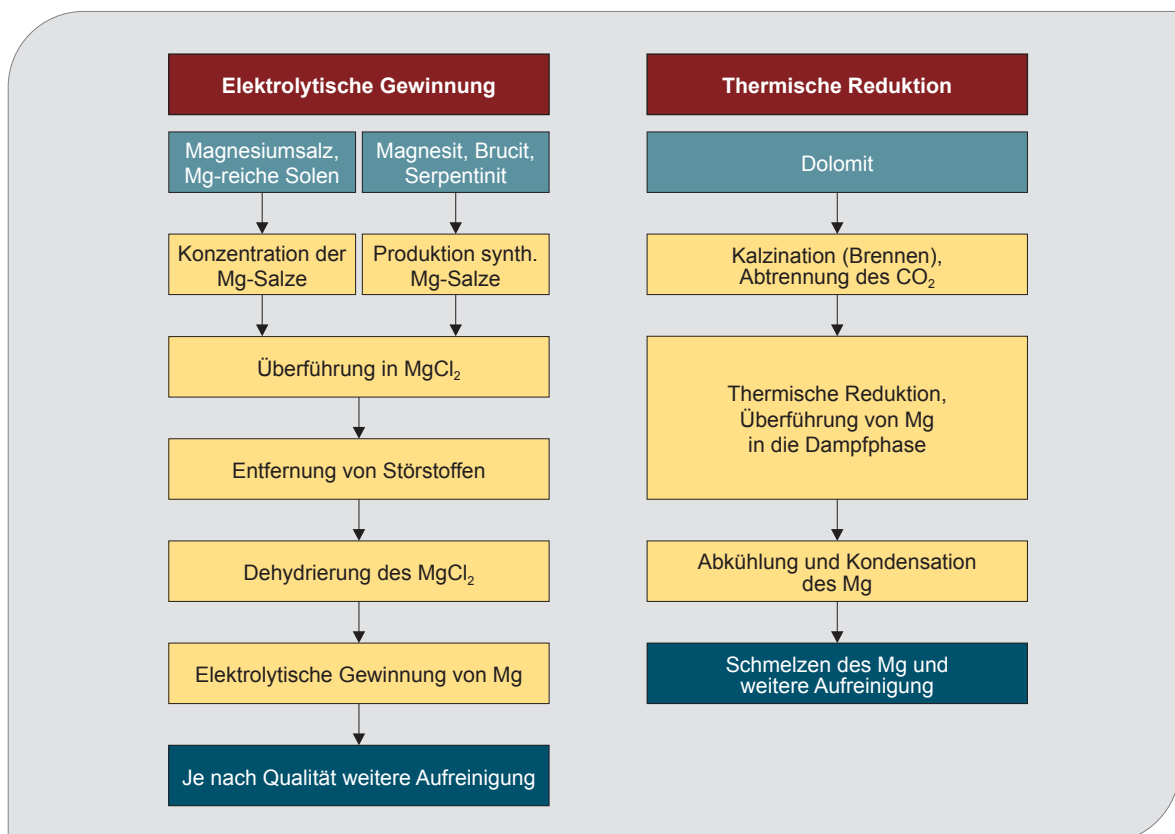


Abb. 1: Vereinfachtes Flussdiagramm der Gewinnungsmethoden für Magnesium

Ferrosilizium und etwa 4–6 t Steinkohleeinheiten sowie ca. 84 MWh Energie benötigt (RUHAI 2018, ROSKILL 2016). Anschließend wird das Magnesium noch einmal erschmolzen und mithilfe eines Flussmittels aufgereinigt. Es gibt zahlreiche Abwandlungen des thermischen Reduktionsprozesses. So wird beispielsweise in Brasilien der energiesparendere Bolzano-Prozess verwendet (ROSKILL 2016).

Elektrolytische Gewinnung

Die Gewinnung des Magnesiums aus Magnesiumsalzen in den USA, Israel, Kasachstan, der Ukraine und Russland erfolgt über elektrolytische Methoden. Im elektrolytischen Verfahren kann neben Magnesiumsalz auch Magnesit, Brucit oder Serpentin als Rohstoff dienen. Hierzu müssen diese Karbonate bzw. Silikate jedoch erst in Magnesiumsalz, in der Regel synthetischen Carnallit, dann zumeist über die Zwischenstufe Magnesiumoxid (MgO) in Magnesiumchlorid (MgCl₂) überführt werden. Derzeit basiert die elektrolytische Gewinnung von Magnesium jedoch ausschließlich auf natürlichen Magnesiumsalzen oder Mg-reichen Solen.

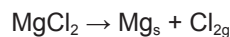
In einem ersten Schritt werden alle Magnesiumsalze in Magnesiumchlorid überführt und anschließend Störstoffe, wie beispielsweise Bor, entfernt. Hiernach wird das noch feuchte Magnesiumchlorid dehydriert und anschließend im Rahmen der Elektrolyse zu metallischem Magnesium reduziert und das Chlor abgetrennt. Es gibt zahlreiche im Detail abweichende Verfahren. Gemeinsam ist allen jedoch die elektrolytische Gewinnung am Ende der Prozesskette. Der von dem amerikanischen Unternehmen US Magnesium LLC genutzte Amax-Prozess sei hier stellvertretend dargestellt (vereinfachte Darstellung nach TRIPP 2009):

Das Wasser des Great Salt Lake wird in Tailing-Ponds durch die Sonneneinstrahlung eingedampft und Magnesiumchlorid durch selektive Präzipitation angereichert. Vorhandene Magnesiumsulfate werden durch die Behandlung mit Calciumchlorid in Gips und Magnesiumchlorid umgewandelt:



Nachfolgend wird das Bor mittels Flüssig-Flüssig-Extraktion (Solvent Extraction) abgetrennt. Die

weitere Trocknung des Magnesiumchlorids erfolgt über Sprühtrocknung. Am Ende erfolgt die elektrolytische Gewinnung des Magnesiums gemäß der Gesamtreaktion:



Das Chlor geht in die gasförmige Phase über und kann für die Chlorierung innerhalb der Anlage wiederverwendet werden. In der neuen Produktionsstätte Golmud in China ist die elektrolytische Magnesiumgewinnung das Nebenprodukt der Düngemittelproduktion. Das Chlor wird hier zur Herstellung von PVC weiterverwendet.

Es gibt zahlreiche weitere und abgewandelte elektrolytische und thermische Prozesse und Möglichkeiten, Magnesium aus unterschiedlichen Mineralen zu gewinnen. Einen guten Überblick gibt ROSKILL (2016).

Neue Verfahren

In einem thermischen Reduktionsprozess mit vorgeschaltetem hydrometallurgischen Verfahren soll zukünftig in Australien Magnesium mittels des Hydromet-Prozesses des australischen Unternehmens „Latrobe Magnesium“ aus Filteraschen von Braunkohlekraftwerken gewonnen werden. Hierzu wird der Anteil an Eisen, Schwefel und Silizium in der Filterasche auf chemischem Wege auf ein solches Maß reduziert, dass im nachfolgenden thermischen Reduktionsprozess die Gewinnung von Magnesium ermöglicht wird (TSE 2013, ROSKILL 2016).

1.3 Umweltwirkung der Magnesiumproduktion

Ein Teil der Magnesiumgewinnung findet in ökologisch sensiblen Gebieten statt. So werden Magnesiumsalze aus dem Great Salt Lake im Bundesstaat Utah in den USA, aus dem Toten Meer in Israel und aus dem Qarhan Salt Lake in der Provinz Qinghai in China gewonnen. Alle drei leiden unter zurückgehenden Wasserständen, wobei am Great Salt Lake und am Toten Meer die steigenden Wasserentnahmen aus den Vorflutern den größten Anteil des Rückgangs ausmachen (vgl. LARSEN 2016, WEISER 2016, BAIJIE 2016). In Israel erreicht beispielsweise deutlich weniger

Frischwasser das Tote Meer über seinen Hauptzufluss, den Jordan, als noch vor einigen Jahren. Umweltschützer machen jedoch auch die Kali- und Magnesiumproduzenten aufgrund ihrer Wasserentnahmen zur Salzgewinnung für die Wasserabsenkung mitverantwortlich (ANDERSON 2005). Dies gilt ebenso für den Great Salt Lake in den USA. Hier ist der Wasserstand, im Vergleich zum Zustand ohne Entnahmen, nach einer Studie der Utah State University (zitiert in LARSEN 2016), um ca. 3,5 m gefallen. Davon sind ca. 0,4 m der Absenkung auf die Entnahmen der Bergbauindustrie zurückzuführen (LARSEN 2016). Eine weitere Absenkung um bis zu 1,2 m könnte im Rahmen der Umsetzung des „Bear River Development Project“ erfolgen. 60 % des Frischwasserzuflusses des Great Salt Lake stammt aus dem Bear River (WEISER 2016). Die zusätzliche Wasserentnahme aus dem Fluss zur Trinkwassergewinnung im Rahmen des Projekts könnte u. a. dazu führen, dass vermehrt Inseln innerhalb des Great Salt Lakes trockenen Fußes erreicht werden können und somit vermehrt Raubtiere zu den Brutgebieten der Vögel vordringen. Mittelfristig könnte sich dies auf die Population der Vögel und die Brutgebiete als solche auswirken (LARSEN 2015). Für die Bergbaugesellschaften wäre eine weitere Wasserabsenkung zudem mit massiven Investitionen verbunden, da die Pumpen zur Förderung des Wassers vermehrt versetzt werden müssten (LARSEN 2016). Umweltschützer und Bergbaubetreiber sind daher gegen das Projekt (WEISER 2016). Auch die Größe der Salzseen in der Qinghai-Provinz in China verringert sich seit Ende des 20. Jahrhunderts aufgrund der Nutzung durch den Menschen (BAIJIE 2016). In Qinghai und in Israel ist die Magnesiumproduktion ein Nebenprodukt der Düngemittelproduktion. Sie ermöglicht eine umfassende Nutzung der gewonnenen Salze. Eine Quantifizierung der Wasserabsenkung durch die Magnesiumproduktion ist daher nicht möglich.

Wenn die Magnesiumgewinnung nicht unter hohen ökologischen Standards stattfindet und nicht dem neuesten Stand der Technik entspricht, so können die Umwelt im Umfeld der Betriebe und die Gesundheit der Mitarbeiter und der Anwohner aufgrund von Emissionen, beispielsweise durch Chlorverbindungen, stark beeinträchtigt werden. Im Zuge der Magnesiumproduktion, insbesondere im vorigen Jahrhundert, wurde beispielsweise die Region um die Anlage der US Magnesium LLC am Great Salt Lake stark belastet. Seit 2008 ist sie Teil der National Priority List von ökologisch

besonders beeinträchtigten Gebieten in den USA und ein Superfund-Projekt der US Environmental Protection Agency (EPA). Ziel der Superfund-Projekte ist es, ökologisch besonders belastete Regionen in den USA zu untersuchen und zu klären, ob eine Säuberung notwendig ist (BRAY 2017a). Nach Angaben der EPA führten die Produktion und die Art der Abfallbeseitigung in Rowley zu einer Kontamination des Bodens, der Luft, des Oberflächenwassers und des Grundwassers in der Umgebung. Saure Abwässer und Schlämme, die Hexachlorbenzol, polychlorierte Biphenyle und Dioxine/Furane führten, sowie Flüssigkeiten und Gase, die Chlor und Chlorwasserstoffe und Partikel und Aerosole mit chlorierten organischen Komponenten enthielten, erreichten die Umwelt und führten zur Kontamination der Umgebung der Anlagen (EPA 2015, EPA o. J.).

Trotz technologischer Verbesserungen in den vergangenen Jahren ist die Magnesiummetallproduktion noch sehr energieaufwendig und mit relativ hohen CO₂-Emissionen behaftet. In der Magnesiumproduktion wurde bislang als Schutzgas meist Schwefelhexafluorid (SF₆) verwendet. Es schützt das flüssige Magnesium während der Produktion vor Oxidation. Schwefelhexafluorid (SF₆) ist ein starkes Treibhausgas mit einem Treibhausgaspotenzial, das ca. das 23.900-fache von CO₂ beträgt (BRAY 2017a). Ein Teil des Schwefelhexafluorids gelangt jedoch nicht in die Atmosphäre, sondern wird im Zuge des Prozesses eliminiert. Inzwischen ist insbesondere in Europa das Schwefelhexafluorid durch alternative Stoffe mit geringerem Treibhausgaspotenzial ersetzt worden (persönl. Mitteilung Hr. TAUBER 2019). Diese Stoffe sind beispielsweise Novec™ 612 (dodecafluoro-2-methyl-3-pentanone) oder Schwefeldioxid (SO₂-Lösungen) (BRAY 2017a).

Der in China genutzte und damit deutlich vorherrschende thermische Reduktionsprozess ist der Pidgeon-Prozess. Dieses Verfahren ist sehr einfach umzusetzen und vergleichsweise kostengünstig, was den Aufstieg Chinas zum bedeutendsten globalen Magnesiumproduzenten ermöglichte. Es weist jedoch, insbesondere aufgrund der Verwendung von energieaufwendig zu produzierendem Ferrosilizium, auch die höchsten Treibhausgasemissionen der eingesetzten Verfahren auf (Tab. 4). Die Emissionen konnten in China in den vergangenen Jahren durchschnittlich von ca. 35–40 kg CO₂eq./kg Mg auf ca. 20–25 kg

Tab. 4: Treibhausgas-Emissionen für unterschiedliche Verfahren der Magnesiumproduktion im Vergleich zur Aluminiumproduktion (EHRENBERGER 2013 im Auftrag der IMA und Einzeldaten von ESAN ECZACIBAŞI GROUP 2016, MAGONTEC 2017, BAKER 2016/ohne Upstream-Prozesse)

Verfahren	Global Warming Potenzial [kg CO ₂ eq./kg Mg]
Thermische Reduktion (China/Pidgeon-Prozess)	ca. 25–40 (ca. 20 inkl. Credits für Nutzung Kokereigase)
Thermisch Reduktion (Çifteler/Pidgeon-Prozess)	ca.13– 14 (inkl. Credits für Schlackenutzung etc.)
Thermische Reduktion (RIMA/Bolzano-Prozess)	ca. 10
Elektrolyse (Standard)	ca. 18–19 (ca. 14 inkl. Credits für Beiprodukte wie KCl)
Elektrolyse (China/mit erneuerbaren Energien)	ca. 6–7
Aluminiumproduktion (Durchschnitt global)	ca. 12–18 kg CO ₂ eq./kg Al (Europa ca. 7 kg CO ₂ eq./kg Al, China ca. 20 kg CO ₂ eq./kg Al)

CO₂eq./kg Mg verringert werden, da die Verfahren optimiert wurden und verstärkt Kokereigase (coke oven gas) oder Schwelgas (semi-coke oven gas) der Kokereien der Eisen- und Ferrolegierungsproduktion als Energieträger verwendet wurde (Daten nach EHRENBERGER 2013). In Südkorea wurde die Magnesiumproduktion über den Pidgeon-Prozess im Laufe des Jahres 2013 aufgrund wirtschaftlicher Probleme, aber auch aufgrund von Umweltproblemen eingestellt (MIN-HEE 2019).

Sowohl der in Brasilien verwendete thermische Reduktionsprozess (Bolzano-Prozess) als auch die elektrolytischen Prozesse weisen ein deutlich geringeres Treibhausgaspotenzial auf als der Pidgeon-Prozess, sie machen jedoch insgesamt nur ca. 15 % der globalen Produktion aus (vgl. Tab. 4, Daten nach EHRENBERGER 2013, ESAN ECZACIBAŞI GROUP 2016, MAGONTEC 2017, BAKER 2016).

Insbesondere neue Magnesiumproduzenten planen den Treibhausgasausstoß im Zuge der Produktion zu optimieren und zu vermindern, dies u. a. durch den Einsatz von erneuerbaren Energien. So beabsichtigte das türkische Unternehmen Esan Eczacibaşı (Lagerstätte Çifteler), die Treibhausgasemissionen des Pidgeon-Prozesses zusätzlich durch verringerten Ferrosilizium-Einsatz und den Einsatz von Ferrosilizium aus Quellen mit vergleichsweise geringen Treibhausgasemissionen auf ca. 13 kg CO₂eq./kg Mg zu vermindern. Zudem

wurde hier die größte von der Industrie genutzte private Solaranlage installiert, um den fossilen Anteil des Stromverbrauchs zu verringern (ESAN ECZACIBAŞI 2016). In China plant die Qinghai Salt Lake Magnesium Co. Ltd., für ihr elektrolytisches Verfahren 85 % erneuerbare Energien einzusetzen. Dies wird, laut Aussage des Unternehmens, die Treibhausgasemissionen der Magnesiumproduktion auf 6–7 kg CO₂eq./kg Magnesium verringern (MAGONTEC 2017). Während das Projekt in Qinghai weiter voranschreitet, wurde das türkische Projekt nach einer ersten Produktionsphase 2016/2017 im Jahr 2018 eingestellt. Inzwischen hat ein neuer Pächter die Produktion übernommen (KAR MINERAL MADENCILIK 2019, MCBETH 2019a).

Laut Pressemitteilung des HERØYA INDUSTRIEPARKS (2017) in Norwegen ist dort durch die NorMag AS geplant, die erste nahezu CO₂-freie Magnesiumproduktion zu entwickeln. Der dafür eingesetzte Rohstoff wird Olivin sein. Inwieweit das Projekt auch ökonomisch tragfähig sein wird, bleibt abzuwarten. Ein gegenüber dem Pidgeon-Prozess deutlich verminderter CO₂-Ausstoß ist auch Ziel der Projekte in Australien und Kanada (vgl. Internetauftritte der Unternehmen).

Als Folge der mit den zahlreichen kleinen Hütten einhergehenden Umweltprobleme hat China im Rahmen des „12. Fünf-Jahres-Plans für Metalle“ des chinesischen Ministeriums für Industrie und Informationstechnologie (MIIT) versucht, die Mag-

nesiumproduktion zu konsolidieren und Betriebsgrößen zu optimieren (ROSKILL 2016 nach MIIT 2011):

- Die Mindestkapazität bestehender Magnesiumhütten darf 15.000 t/a nicht mehr unterschreiten.
- Expandieren Unternehmen oder werden bestehende Anlagen überholt, so muss die Kapazität auf 20.000 t/a angehoben werden.
- Werden neue Standorte eröffnet, muss die Mindestkapazität der Magnesium- und Magnesiumlegierungsproduktion bei 50.000 t/a liegen.

Zahlreiche chinesische Hütten, aber auch Dolomitproduzenten, mussten seit 2017 aufgrund dieses Konsolidierungskurses sowie aufgrund ökologischer Auflagen ihre Produktion aufgeben oder unterbrechen und ihre Anlagen nachrüsten.

Trotz Verbesserungen im Umweltbereich dürfte die Variationsbreite des technischen Standes der chi-

nesischen Dolomitlagerstätten und Magnesiumhütten vermutlich immer noch sehr hoch sein. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass ein Teil der Anlagen gemessen an europäischen Maßstäben Umwelt- und soziale Standards nur unzureichend erfüllt.

1.4 Globale Verwendung

Magnesium dient u. a. als Grundlage für Magnesium(druck)gusslegierungen, Magnesiumpulver und -granulate bzw. als Legierungselement für Aluminiumlegierungen. Die Mengenanteile für die Verwendung für Magnesium(druck)guss- und Aluminiumlegierungen variieren je nach Datenquelle. Insgesamt geht jeweils etwa ein Drittel der Magnesiumproduktion in diese beiden Anwendungen, wobei etwas mehr Material in die Aluminiumindustrie fließt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass zukünftig der Magnesium(druck)gussbereich wei-

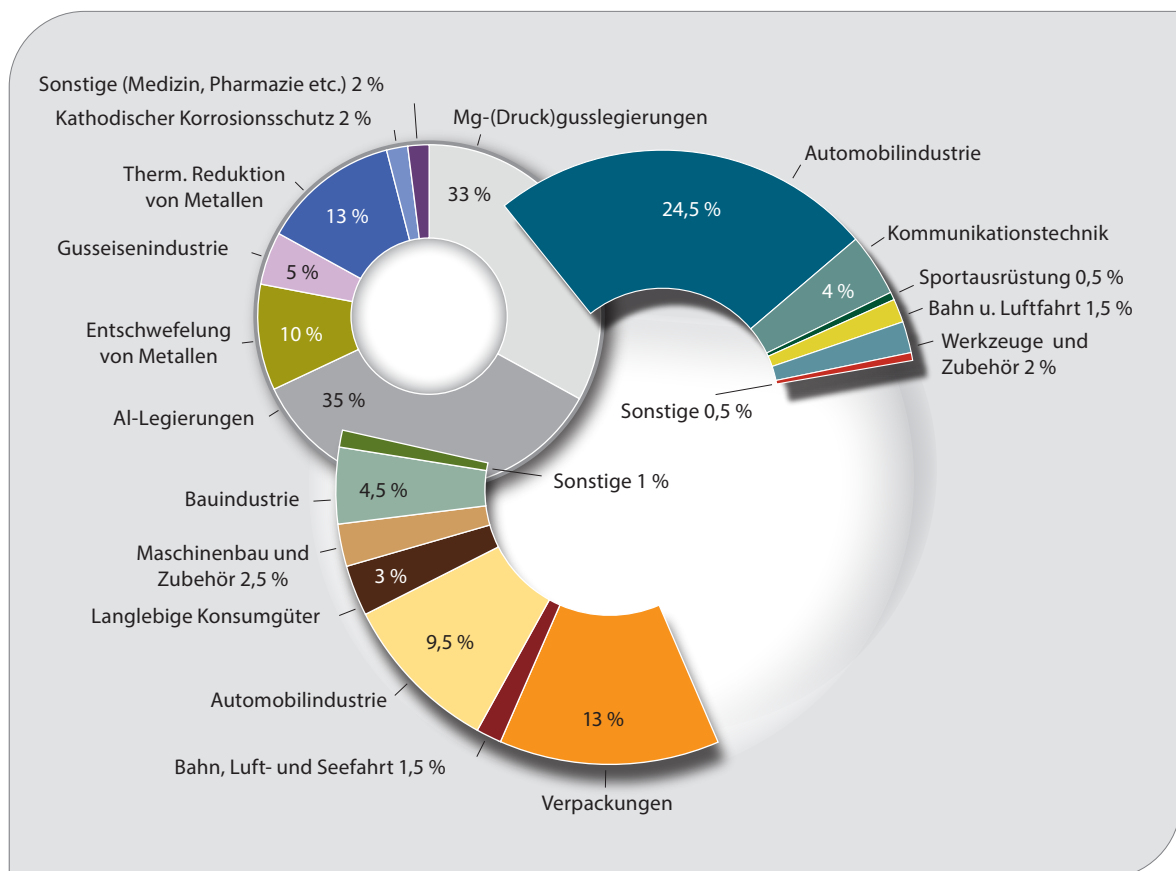


Abb. 2: Geschätzte globale Verwendung von Magnesium, Magnesium(druck)gusslegierungen und Aluminiumlegierungen (Daten basierend auf ROSKILL 2016, ANTAIKE 2017, CLARK 2017, eigenen Schätzungen)

ter zunehmen und zum größten Abnehmer werden wird.

Magnesium wird zu annähernd 70 % für Leichtbauanwendungen benötigt (Magnesium(druck)guss- und Aluminiumlegierungen). Des Weiteren werden etwa 13 % zur thermischen Reduktion von Metallen, insbesondere zur Produktion von Titan-Schwamm verwendet. 10 % des Magnesiums, im Wesentlichen Magnesiumgranulate und -pulver, dienen zur Entschwefelung von metallischen Schmelzen, 5 % des Magnesiums gehen in die Gusseisenindustrie und 2 % werden für den kathodischen Korrosionsschutz benötigt. Die verbleibenden 2 % verteilen sich auf kleinere Anwendungsgebiete, wie Anwendungen in der Feuerfestindustrie, für Pyrotechnik oder die chemische und pharmazeutische Industrie. Weitere Anwendungen, wie beispielsweise in der Medizintechnik, sind als Innovationen wichtig, in Bezug auf die Menge jedoch unbedeutend.

In den Magnesium(druck)gusslegierungen ist Magnesium das von der Menge her bedeutendste Element. Diese Magnesiumlegierungen enthalten ca. 90–98 % Magnesium. Sie werden zu über 90 % im Druckgussverfahren verarbeitet (GUSS-EINKAUF o. J.). Die häufigsten Legierungen sind AZ(Aluminium-Zink)- und AM(Aluminium-Mangan)-Legierungen. Daneben gibt es Sonderlegierungen wie AS(Aluminium-Silizium)-Legierungen.

Aus AZ-Legierungen werden u. a. Gehäuseteile für Elektronikgeräte und einige Teile, z. B. Hebel, für den Automobilbau hergestellt. Höherfeste AZ-Legierungen werden überwiegend im Fahrzeuginnenraum diverser Automobile sowie „Handheld Tools“, wie z. B. Kettensägen oder Profi-Bohrmaschinen, eingesetzt. Auch werden geringer thermisch beanspruchte Powertrain-Bauteile (Getriebegehäuse) aus AZ-Legierungen gefertigt. AM-Legierungen werden für die Produktion von Strukturbauteilen beispielsweise im Automobilbau verwendet. AM-Legierungen weisen eine höhere Duktilität auf und finden daher Anwendung in crashrelevanten Strukturbauteilen (persönl. Mitteilung C. SCHENDERA). Auch AS-Legierungen werden inzwischen in größeren Mengen zur Produktion von Getriebegehäusen von PKWs verwendet.

Neben AS-Legierungen gibt es weitere Sonderlegierungen, welche beispielsweise mit Aluminium und Seltenen Erden (AE), Aluminium und Strontium (AJ, MRI) oder Kalzium (ACM) legiert werden. Die Sonderlegierungen erhalten ihre Festigkeiten (auch bei höheren Temperaturen) durch die Bildung von Mischkristallen bzw. intermetallischen Phasen. Typische Anwendungsgebiete sind u. a. Powertrain-Bauteile wie Ölwannen, Steuerketten- oder Getriebegehäuse (persönl. Mitteilung C. SCHENDERA). Die Anzahl der in der Industrie verarbeiteten Magnesiumlegierungen ist im Vergleich zu der der Aluminium- oder gar der Stahllegierungen sehr gering. Hier könnte die Entwicklung neuer Legierungen auch die Verwendung von Magnesium in neuen Einsatzgebieten ermöglichen. Die Einführung neuer Legierungen und die kommerzielle Umsetzung sind allerdings sehr komplex und dauern in der Regel ca. drei bis fünf Jahre (persönl. Mitteilung C. SCHENDERA).

Magnesium ist in technisch relevanten Aluminiumlegierungen heutzutage in Anteilen von 0,1–6,0 % (Sorte 240.0) enthalten. Ausnahmen sind die Aluminium-Gusslegierungen der Sorte 518.0 mit 8 % Magnesium bzw. 520.0 mit 10 % Magnesium (persönl. Mitteilung C. SCHENDERA). Magnesium gelangt über die Aluminiumlegierungen häufig in den Automobilbau, jedoch wird der größere Anteil für Aluminiumverpackungen verwendet. Die Aluminiumlegierungen weisen aufgrund der größeren Legierungsauswahl ein breiteres Anwendungsspektrum auf, weshalb sie mengenmäßig bei Weitem häufiger verwendet werden als Magnesium(druck)gusslegierungen.

Schlüsselt man die Verwendung der Magnesium(druck)gusslegierungen und der Aluminiumlegierungen weiter nach Industriesektoren auf, so wird deutlich, dass etwa 34 % des Magnesiums im Automobilsektor benötigt werden (24,5 % + 9,5 %). Etwa 4 kg Magnesium und ca. 150 kg Aluminium sind derzeit durchschnittlich in PKWs verbaut. Magnesium(druck)gussbauteile für den Fahrzeugbau werden heute bereits für zahlreiche Anwendungen angefertigt, so bestehen in vielen Fahrzeugen z. B. Lenkräder, Getriebe(teile) oder Schalttafelträger im Innenraum aus Magnesium(druck)gussteilen. Bereits in den 1960er/1970er Jahren wurden für den VW-Käfer deutlich mehr Bauteile aus Magnesium verwendet, etwa 25 kg Magnesium steckten im Fahrzeug (MEYRING 2017). Der Anteil anderer Verkehrsmittel (Luft- und Seefahrt sowie Bahn)

neben dem Automobil am Magnesiumbedarf liegt bei ca. 3 %. Magnesium(druck)gusslegierungen dienen darüber hinaus als Gehäuse und Getriebeteile für Werkzeuge (ca. 2 %), Unterhaltungselektronik, Laptops oder Computer (zusammen ca. 4 %). Die restlichen 2 % gehen in Sportausrüstungen, in die Pyrotechnik und pharmazeutische oder chemische Anwendungen.

Aluminiumlegierungen dienen zur Produktion von Aluminiumverpackungen (etwa 13 % des Magnesiums) und werden zudem im Bausektor (ca. 4,5 %), für Konsumgüter wie Waschmaschinen (ca. 3 %) und für den Maschinenbau (ca. 2,5 %) verwendet.

2 Risikobewertung

2.1 Preisentwicklung und Preisbildung

Preisentwicklung

Der Magnesiumpreis hat sich seit Anfang der 1990er Jahre bis zum Jahr 2005 kontinuierlich verringert, unterbrochen durch einzelne Maxima, insbesondere 1995 (Abb. 3). Anfang der 1990er Jahre eröffnete Kanada eine zusätzliche bedeutende Magnesiumproduktion, wodurch ein Angebotsüberschuss entstand. 1991 zerbrach zudem die UdSSR. Erst mit einer verstärkten Nachfrage aus der Automobilindustrie stiegen die Realpreise für Magnesium zwischen 1993 und 1995 wieder deutlich. Hiernach wurde das Angebot bis zum Jahr 2005 deutlich ausgebaut (DERA 2013). China wurde nach und nach zum bedeutendsten und preiswertesten Produzenten sowie bedeutendster Abnehmer von Magnesium, während insbesondere die in den westlichen Industrieländern produzierenden Werke aufgrund des Preisdrucks geschlossen werden mussten.

Durch den chinesischen Wirtschaftsboom stieg der Magnesiumpreis anschließend aufgrund der steigenden Nachfrage. Der rasante Anstieg von ca. 2.000 US\$/t im Jahr 2006 auf ca. 6.000 US\$/t im Jahr 2008 erfolgte jedoch im Wesentlichen aufgrund der Olympiade in Peking. Durch Umweltauflagen und Produktionsschließungen im Vor- und Umfeld der Spiele stieg der Preis innerhalb kurzer Zeit stark an (persönl. Mitteilung M. TAUBER). Nach den Spielen und in Folge der Finanzmarktkrise 2008/2009 sank der Preis hiernach wieder auf etwa 3.000 US\$/t deutlich ab. Konjunkturbedingt bewegte sich der Preis von 2009 bis 2013 dann eher seitwärts. Zwischen 2013 und 2015 gab der Preis dann auf ca. 2.000 US\$/t noch einmal deutlich nach, ehe seit dem Jahr 2016 wieder eine Aufwärtstendenz zu verzeichnen ist. Seit 2016 liegt der Magnesiumpreis in China und Europa auf ähnlichem Niveau.

Dieser Trend setzte sich in den Jahren 2017/2018 aufgrund von Unsicherheiten in der Rohstoffversorgung fort. So führte die Umsetzung der chinesischen Umweltauflagen zu Engpässen in der Versorgung mit Rohstoffen für die Magnesiumproduktion. Es kam zu Engpässen bei der Kohlever-sorgung, zur teilweisen Schließung von Dolomit-

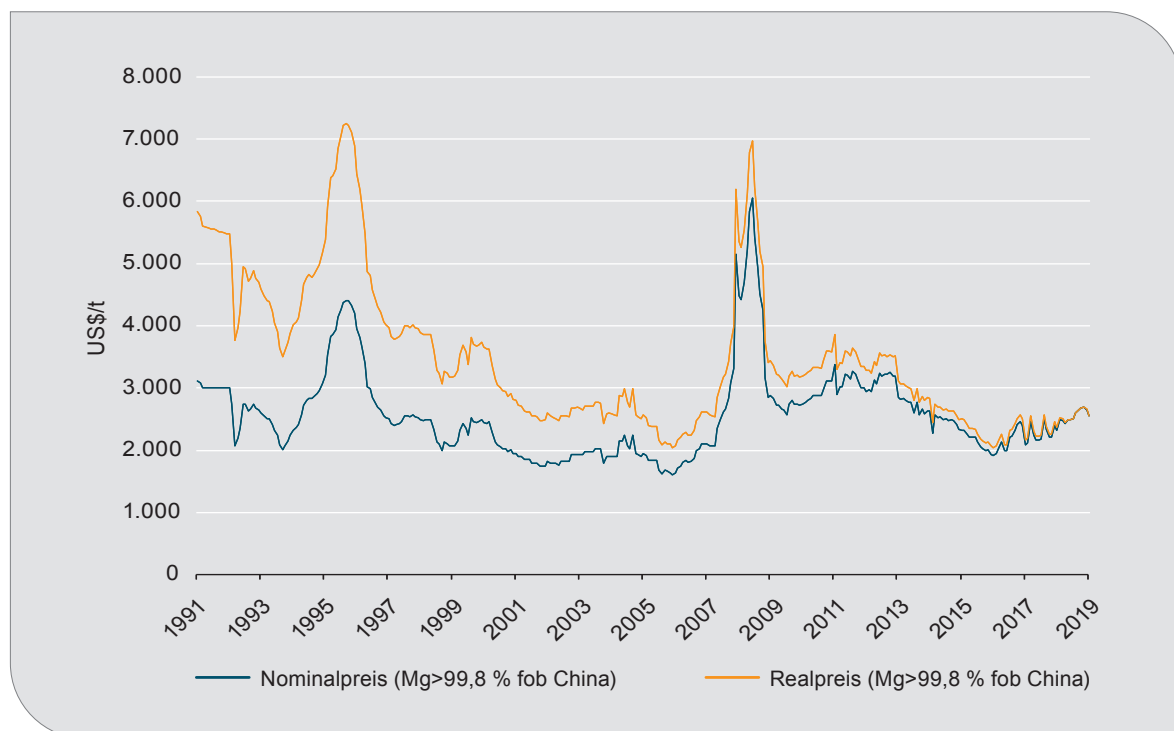


Abb. 3: Entwicklung Nominal- und Realpreis für Magnesium (Realpreis deflationiert mit Producer Price Index, Basis November 2017/BGR o. J.)

lagerstätten und zur vorübergehend verringerten Produktion von Ferrosilizium. Zusätzlich wirkten sich die Überprüfungen in China auch direkt auf die Magnesiumproduktion aus, da einige Anlagen vollständig oder vorübergehend geschlossen wurden. Die Maßnahmen führten 2017/2018 zu erhöhten Volatilitäten und zur Steigerung des Magnesiumpreises (Abb. 4).

Nachdem die Preise in Europa teilweise sogar etwas unterhalb der chinesischen Preise lagen, haben sich diese im Dezember 2018 wieder angeglichen, da die Nachfrage in Europa wieder angestiegen war. Die Versorgungslage mit Magnesiummetall in Europa war Ende 2018 durch die verringerte Produktion in China eine Zeit lang vergleichsweise angespannt. Im Laufe des Jahres 2019 gab der Preis aufgrund einer geringeren Nachfrage in China und Europa etwas nach.

Durch Überkapazitäten im Umschmelzbereich in Europa ist es für Verarbeiter ökonomisch attraktiv, Sekundärmaterial (Neu- bzw. Produktionsschrotte) 1 : 1 umschmelzen zu lassen und Legierungen für

die Produktion zurückzunehmen. Dies reduziert ein wenig den Primärbedarf. Gleichzeitig gab es auch ein globales Überangebot an Aluminiumschrotten, was den Bedarf an Primärmagnesium ebenfalls etwas senkte, da diese Schrotte bereits Anteile von Magnesium führen. Vor diesem Hintergrund sind die Primärpreise in China und Europa im Jahr 2019 wieder gefallen und liegen derzeit (Juli 2019) bei ca. 2.300–2.500 US\$/t.

Durch die US-Antidumping-Zölle auf chinesisches Magnesium liegt der US-Preis deutlich über dem chinesischen und europäischen Preis. Im Jahr 2018 bewegte sich der Preis in den USA zwischen 3.150 und 3.600 US\$/t; Ende 2018 lag er bei über 4.000 US\$/t. Der Preissprung Anfang Dezember erfolgte aufgrund der Ankündigung der US International Trade Commission (US-ITC), die Antidumping-Vorwürfe gegen das israelische Unternehmen Dead Sea Magnesium weiter zu verfolgen, was für Unruhe auf dem amerikanischen Markt sorgte (McBETH 2018b). Im Juli 2019 lag der Magnesiumpreis in den USA dann bereits bei deutlich über 5.000 US\$/t.

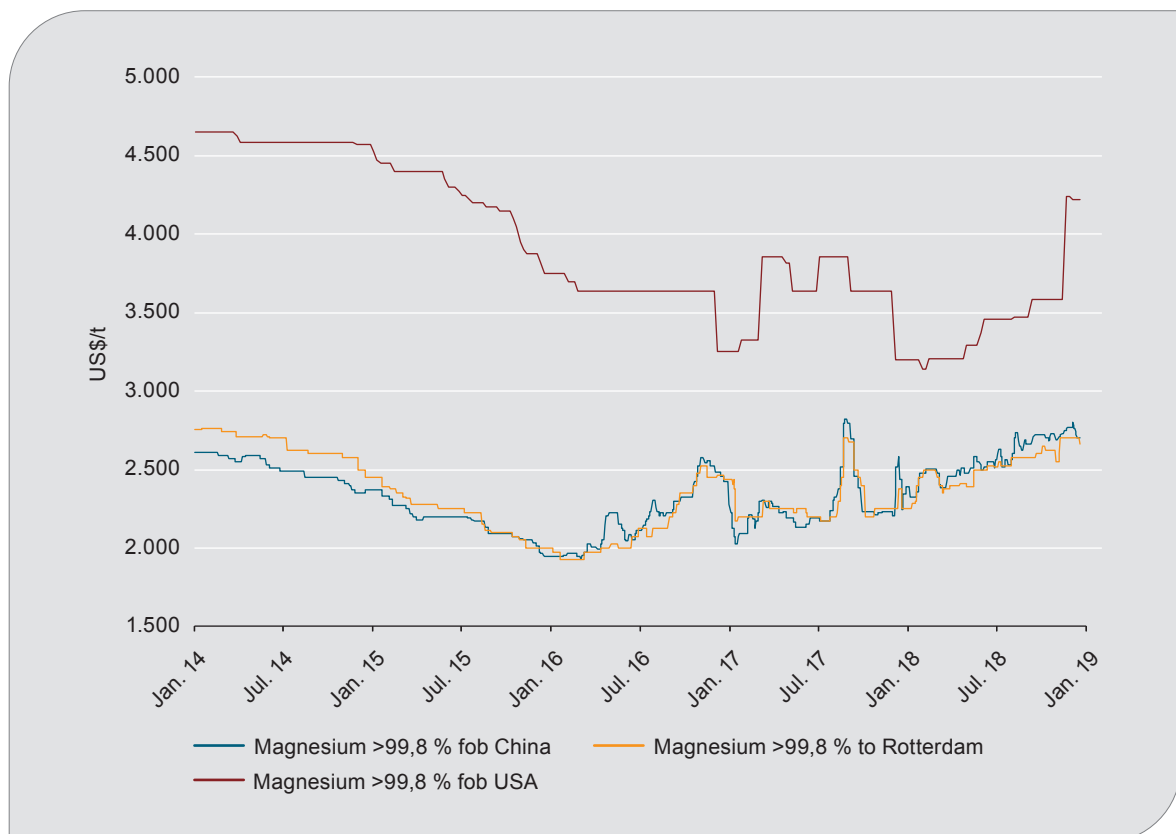


Abb. 4: Entwicklung der amerikanischen, chinesischen und europäischen Magnesiumpreise von 2014 bis Anfang 2019 (BGR o. J.)

Preisbildung

Insgesamt beeinflussen im Wesentlichen folgende Faktoren den Magnesiumpreis:

- Angebot und Nachfrage
- Kapazitätsentwicklung
- Handelsbeschränkungen (Zölle etc.)
- Energiepreise
- Ferrosiliziumpreis
- Aluminium(schrott)preis
- Schwankungen der Wechselkurse

Hier gilt es jedoch zu beachten, dass der Magnesiumpreis des größten Produktionslandes, China, zu einem großen Teil durch „externe“ Faktoren bestimmt ist und nicht unmittelbar durch Angebot und Nachfrage. In China bestehen Konkurrenzen und unterschiedliche Kostenstrukturen innerhalb und zwischen den Provinzen. Ein Anstieg der Preise führt hier in der Regel zu einer Erhöhung der Kapazitäten und umgekehrt (persönl. Mitteilung M. TAUBER).

Ferrosilizium macht ca. 50 % der Produktionskosten der chinesischen Magnesiumproduzenten

(Pidgeon-Prozess) aus (vgl. CLARK 2018). Nicht nur die Magnesium-, sondern auch die Ferrosiliziumproduktion ist zudem sehr energieintensiv, weshalb auch die Energiepreise den Magnesiumpreis beeinflussen. Deutliche Preiserhöhungen im chinesischen Energiesektor, Engpässe bei der Siliziumversorgung und die teilweise Einstellung der Produktion von Ferrosilizium in einigen chinesischen Hütten aufgrund von Umweltauflagen und der winterlichen Produktionsreduktion beeinflussten Ende des Jahres 2017, aber auch 2018 über den Ferrosiliziumpreis den Magnesiumpreis (Abb. 5). Die Region mit der bedeutendsten Ferrosiliziumproduktion in China ist Qinghai. In dieser Region wurden Anfang 2018 die staatlichen Subventionen für Strom aus konventionellen Kohlekraftwerken eingestellt, was den Ferrosiliziumpreis zusätzlich antrieb (YEE 2018). Teilweise führte die Verteuerung und Verknappung von Ferrosilizium dazu, dass einige chinesische Magnesiumproduzenten zwischenzeitlich ihre Magnesiumproduktion einstellten und ihr noch vorhandenes Ferrosilizium lieber verkauften.

Von Bedeutung für die Magnesiumpreisbildung ist zudem das Verhältnis des Magnesiumpreises zum

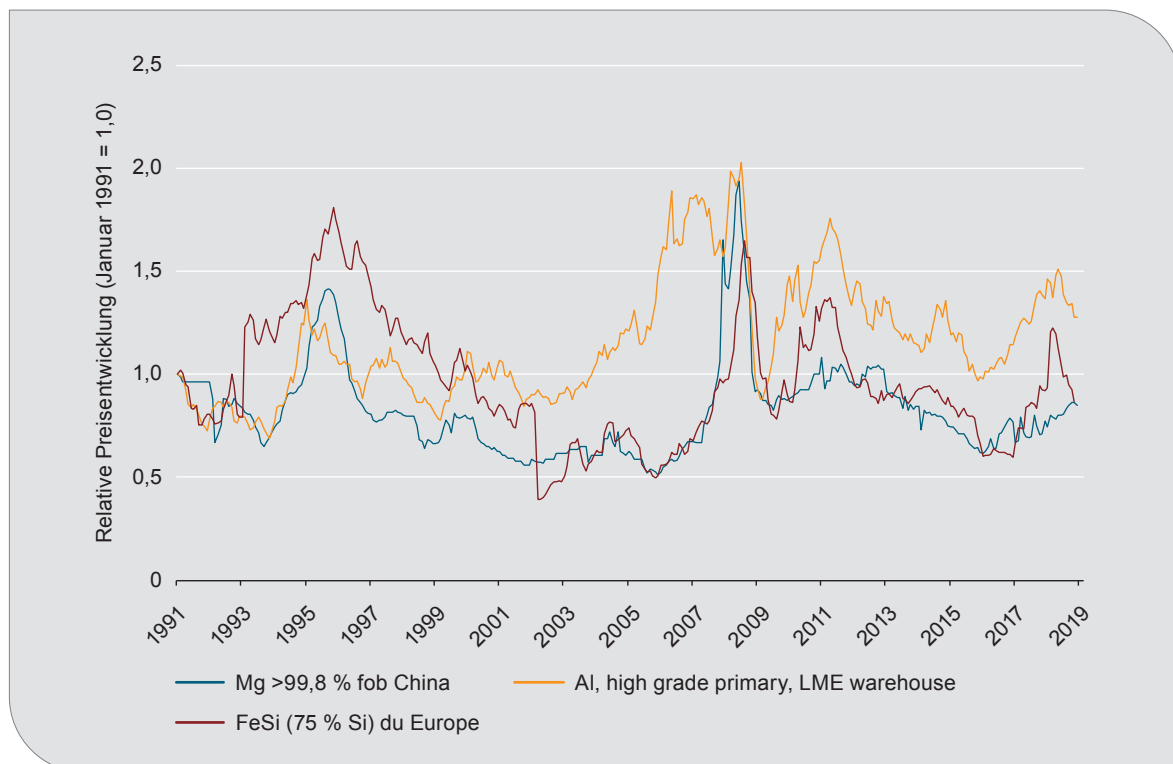


Abb. 5: Relative Entwicklung der Realpreise für Magnesium, Aluminium und Ferrosilizium seit 1991 (Basis: Januar = 1,0/BGR o. J.)

Aluminiumpreis, da beide Metalle im Leichtbau verwendet werden und sich in einzelnen Industrie-segmenten substituieren können. In den vergan-genen Jahrzehnten war Magnesium in der Regel teurer als Aluminium. Hier ist jedoch auffällig, dass sich seit 1990 der Magnesiumpreis durchschnittlich immer weiter dem Aluminiumpreis annähert. Während Magnesium 1991 etwa doppelt so viel kostete wie Aluminium, ist Magnesium heute nur noch etwa 5–10 % teurer als Aluminium. Lediglich während einer Phase zwischen 2005 und 2007 lag der Aluminiumpreis höher als der Mag-nesiumpreis. Der zunehmende Bedarf in Asien führte damals zu einem raschen Anstieg der Alu-miniumnachfrage. Gleichzeitig waren die Produk-tionskapazitäten aufgrund geringer Investition in der Vergangenheit knapp und kurzfristige Ausrüs-tungs- und Fachkräftebeschränkungen führten zu einem Nachfrageüberschuss auf dem Aluminium-markt (DERA 2013). Zwischen Januar 2005 und Dezember 2006 stieg der Realpreis für Aluminium daher um fast 1.000 US\$/t an, wodurch Aluminium einige Zeit teurer als Magnesium wurde. Durch die zunehmende, vergleichsweise billige chinesische Magnesiumproduktion sank der Magnesiumpreis in den vergangenen Jahren deutlich. Damit wird

es preislich immer attraktiver, Magnesium(-Legie-rungen) einzusetzen.

Auch der Aluminiumschrottpreis besitzt einen indi-rekten Einfluss auf den Magnesiumpreis. Sind die Aluminiumschrottpreise im Vergleich zu Primär-aluminium hoch, so wird weniger Sekundärrohstoff eingesetzt und die Metallproduzenten benötigen mehr primäre Legierungselemente, u. a. auch Magnesium. Bei niedrigen Schrottpreisen wird umgekehrt mehr Sekundärrohstoff eingesetzt, der bereits Magnesiumanteile enthält. Da aber beim Recycling von spezifischen Aluminiumlegierungen auch immer Primärmagnesium benötigt wird, ist der Effekt vergleichsweise gering (persönl. Mitteil-ung M. TAUBER).

2.2 Angebot und Nachfrage

2.2.1 Primärproduktion

Ausgangsjahr der Betrachtung des globalen Mag-nesiummarktes ist das Jahr 2016. Global wurden 2016 je nach Datenquelle etwa 0,9–1,07 Mio. t

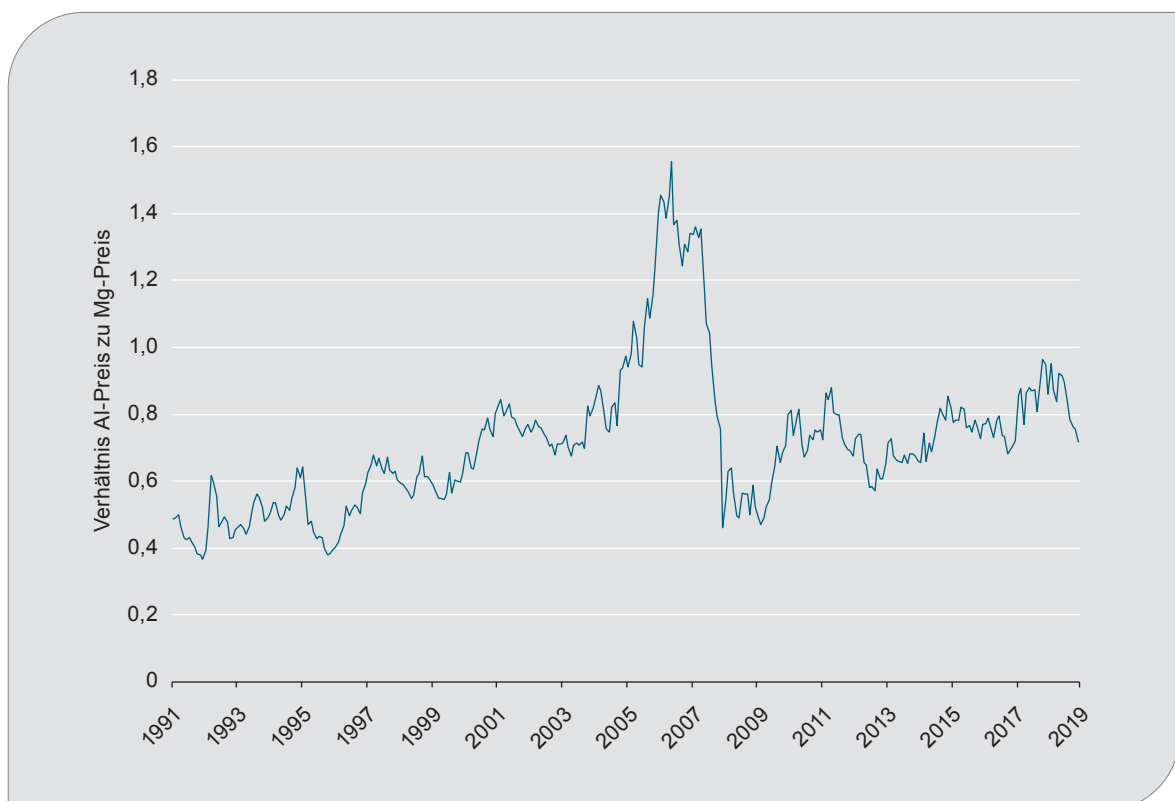


Abb. 6: Verhältnis Aluminium- zu Magnesiumpreis seit 1991 (BGR o. J.)

Magnesium primär produziert. Die globalen Produktionskapazitäten liegen mit 1,6–1,9 Mio. t deutlich höher (Tab. 5). Die Auslastung liegt je nach Datenquelle somit zwischen 47 % und 67 %, wobei sich die Überkapazitäten im Wesentlichen in China befinden. Die differierenden Werte beruhen auf unterschiedlichen Schätzungen der chinesischen Primärproduktion und der Kapazitäten (siehe Abschnitt China).

Die Angaben zur globalen Magnesiumproduktion in Abb. 7 enthalten für China geschätzte Werte. Als Basis dienen die Daten der chinesischen China Nonferrous Metals Industry Association (CNIA hinterlegt in BGR o. J.), deren Produktionsdaten für China in der Regel am höchsten sind. In dieser Studie wurden sie um ca. 10 % reduziert (siehe Abschnitt China).

Die Datenreihe enthält auch die für die Titan-Schwamm-Produktion (s. Kapitel Verwendung) benötigten primären Magnesiummengen. Um eine Tonne Titan-Schwamm zu produzieren,

wird ca. eine Tonne Magnesium benötigt, wobei das Magnesium im Rahmen des Kroll-Prozesses das Titan-tetrachlorid reduziert und Magnesiumdichlorid entsteht. Das Magnesiumdichlorid kann hiernach recycelt und dem Prozess wieder zugeführt werden (ROSKILL 2016). Die Anteile an primärem und sekundärem Magnesium variieren je nach Produzent deutlich, da einige Anlagen nur wenig Magnesium recyceln. In der Regel ist nicht zu ermitteln, welche Anteile des verwendeten Magnesiums primär und welche sekundär sind. Somit beruhen die Daten zu den primären Mengen für die Titan-Schwamm-Produktion für Russland, die Ukraine und Kasachstan auf Schätzungen. China dürfte ca. 60.000–70.000 t Titan-Schwamm pro Jahr produzieren (nach ROSKILL 2016). Welche Anteile hier im Kreislauf geführt werden, somit sekundär sind, und welche Mengen primär zugeführt werden müssen, ist nicht bekannt. Die hier verwendeten Primärmengen sind jedoch Teil der chinesischen Produktionsdaten in Tab. 5 und Abb. 7.

Tab. 5: Geschätzte globale Magnesiumproduktion 2016 und globale Kapazitäten (Daten nach BGR o. J., BRAY 2017b, BRAY 2018, CLARK 2017, ANTAIKE 2017, ROSKILL 2016, Berichte und Internetauftritte der Unternehmen, Pressemitteilungen)

Land	Firmen	Primärproduktion	Kapazität
Brasilien	RIMA	15.000 t	28.000 t (Ingot & Pulver)
China	> 80 Mg-Hütten	743.000 t–910.000 t (inkl. Ti-Schwamm)	1,3–1,6 Mio. t (inkl. Ti-Schwamm)
Iran	Royal Metal Ingot Company	2.500 t	3.000 t
Israel	Dead Sea Magnesium	26.000 t	35.000 t
Kasachstan	Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium Werke JSC (UKTMK)	Mg für Ti-Schwamm ca. 10.000 t/ca. 1.000 t sonst.	40.000 t (inkl. Ti-Schwamm)
Russland	Gesamt:	32.000 t (inkl. Ti-Schwamm)	78.200 t (inkl. Ti-Schwamm)
	VSMPO-Avisma	16.000 t	60.000 t
	JSC Solikamsk Magnesium Works (SMW)	16.000 t (2017)	18.200 t
Südkorea	POSCO	keine Produktion? (siehe Südkorea)	10.000 t
Türkei	Esan Eczacibaşı	3.500 t	15.000 t (heute)
Ukraine	Zaporozhye Titanium & Magnesium Combinat Ltd. (ZTMC)	Mg für Ti-Schwamm ca. 5.000 t	12.000 t (inkl. Ti-Schwamm)
USA	US Magnesium LLC	58.000 t	63.500 t
Summe:		ca. 0,9–1,07 Mio. t	ca. 1,6–1,9 Mio. t

Die Magnesiumproduktion hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich in Richtung China verlagert. Der Anteil der chinesischen an der globalen Magnesiumproduktion liegt seit einigen Jahren bei ca. 85 %. Zweitgrößter Produzent sind die USA, gefolgt von Russland, Israel und Brasilien. Der Aufstieg Chinas erfolgte durch den massiven Ausbau der Kapazitäten auf Grundlage des vergleichsweise preiswerten thermischen Pidgeon-Prozesses. Die Produktion in den westlichen Industrienationen, wie beispielsweise Kanada oder Norwegen, wurde aufgrund des finanziellen Drucks immer weiter reduziert und schließlich aufgegeben. Die jährliche Wachstumsrate (Compound Annual Growth Rate – CAGR) der Produktion lag von 1992 bis 2016 durchschnittlich bei ca. 5 %, in den Jahren 2010–2016 bei etwa 7,5 %.

In dieser Studie wird für das Jahr 2016 von einer globalen Primärproduktion von 0,927 Mio. t ausgegangen. Die Schätzungen (BGR o. J., BRAY 2018, LEUNG 2018, Berichte und Internetauftritte der Unternehmen, Pressemitteilungen) für das Jahr 2017 zeigen einen weiteren Anstieg der globalen Produktion, je nach Datenquelle würde dies bedeuten, dass ein Anstieg auf ca. 0,95 bis

knapp 1,2 Mio. t zu verzeichnen war. Während die Produktion in China gesteigert wurde, nahm die Produktion in den USA höchstwahrscheinlich um ca. 8.000–9.000 t ab. Insgesamt dürfte 2017 ein globaler Produktionszuwachs von ca. 5 bis 10 % im Vergleich zum Vorjahr erfolgt sein. Für das Jahr 2018 ist nach ersten Informationen hingegen ein deutlicher Rückgang um 5–20 % der chinesischen Produktion erfolgt (u. a. CNIA). Hier gibt es allerdings stark widersprechende Werte aus unterschiedlichen Quellen. Dies würde bedeuten, dass 2018 global lediglich etwa 0,85–1,0 Mio. t Magnesium produziert wurden. Auch die chinesischen Exporte sind nach ersten Schätzungen im Jahr 2018 um ca. 5–10 % zurückgegangen. Erste Daten weisen darauf hin, dass die chinesische Produktion 2019 wieder um 5–10 % steigen könnte (LEE 2019 nach CNIA).

Brasilien

In Südamerika ist die brasilianische RIMA-Group das einzige Unternehmen, das Magnesium produziert. Der Dolomit stammt aus einer eigenen Lagerstätte nahe Bocaiuva im Bundesstaat Minas

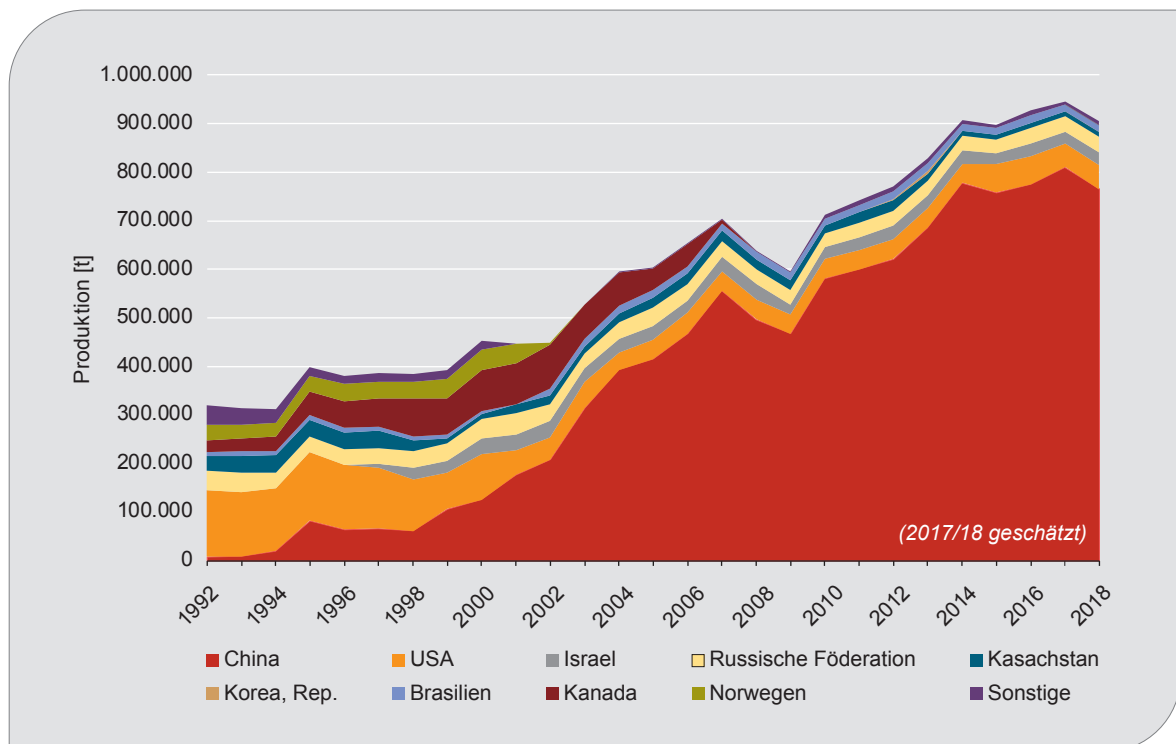


Abb. 7: Globale primäre Magnesiumproduktion 1992 – 2018 (Daten nach BGR o. J., BRAY 2018, ANTAIKE 2017, ROSKILL 2016, Berichte und Internetauftritte der Unternehmen, Pressemitteilungen/2017 und 2018 geschätzt)

Gerais. Etwa 180.000 t Dolomit werden jedes Jahr für die Magnesiumproduktion abgebaut. Mittels eines thermischen Reduktionsprozesses, dem Bolzano-Prozess, wird aus Dolomit Magnesium gewonnen (ROSKILL 2016). RIMA produziert eine breite Palette an Magnesiumprodukten, von Magnesiummetall über Magnesiumlegierungen bis hin zu Magnesiumpulvern für die Entschwefelung von Eisen in der Stahlindustrie und eigenen Druckgussteilen. Auch sekundäres Magnesium wird laut Firmenangaben verwertet (RIMA Group 2018).

China

China dominiert mit ca. 84 % der globalen primären Magnesiumproduktion den Magnesiummarkt. Im Jahr 2016 wurden je nach Datenquelle zwischen 743.000 t und 910.000 t Magnesium produziert (Daten nach BGR o. J., BRAY 2018, CLARK 2017, ROSKILL 2016). In China gibt es mehr als 80 Magnesiumhütten. Ein Teil der Betriebe ruht jedoch (vgl. u. a. ANTAIKE 2017). Die Differenz der Produktionsdaten beruht darauf, dass es sich jeweils um Schätzungen handelt. Der höhere chinesische Wert stammt von der CNIA und enthält mit hoher Wahrscheinlichkeit Doppelzählungen aufgrund von Joint Ventures der chinesischen Firmen, die sich jeweils die Gesamtproduktion der gemeinsamen Anlage zuschreiben. Manche Firmen besitzen auch eigene Magnesiumgießereien und produzieren Magnesiumgussprodukte, sodass sich Angaben der Gesamtkapazität eines Unternehmens teilweise nicht nur auf die Produktion von Magnesiummetall beziehen. Die DERA schätzt daher, dass die tatsächliche chinesische Produktionsmenge etwa 10–11 % unter dem Wert der CNIA liegt. Im Jahr 2016 lag die chinesische Produktion somit bei geschätzten 775.000 t.

Die chinesische Gesamtkapazität ist größer als die aller anderen Länder zusammen. Für die primäre Magnesiumproduktion gibt es Schätzungen, wonach die Kapazitäten in China ca. 1,3–1,6 Mio. t betragen (Daten nach BGR o. J., ANTAIKE 2017, BRAY 2018, CLARK 2017, ROSKILL 2016). Zudem gibt es laut CLARK (2018, Daten CM GROUP) in China noch inaktive Kapazitäten in einer Größenordnung von mehreren 100.000 t. Die Auslastung der aktiven Kapazitäten in China liegt derzeit bei ca. 45–65 %. 2017/2018 ist eine deutliche Verringerung der Produktion, möglicherweise auch der Kapazitäten, bei zahlreichen Metallrohstoffen, so

auch bei Magnesium, aufgrund der Überprüfung von Umweltauflagen, von Umweltsteuern und steigender chinesischer Energiepreise erfolgt. Da sich neue chinesische Großprojekte im Magnesiumsektor in der Umsetzungsphase befinden, wird China den globalen Markt jedoch weiter dominieren. Die Überkapazitäten dürften sich in den nächsten Jahren jedoch verringern.

Die bedeutendste Provinz der Magnesiumproduktion in China war 2016 die Provinz Shaanxi mit ca. 50 % der Gesamtproduktion, gefolgt von den Provinzen Ningxia mit ca. 16,5 % und Shanxi mit ca. 14 % (CNIA 2017 in LEUNG 2018). Damit hat sich der Produktionsanteil der Provinz Shanxi, die noch 2010 die bedeutendste auf dem Sektor der Magnesiumproduktion war, weiter verringert. Weitere bedeutende Produktionsstandorte befinden sich in der Inneren Mongolei sowie in den Provinzen Qinghai und Xinjiang. In den kommenden Jahren dürfte die Bedeutung der Provinz Qinghai aufgrund des Großprojekts der Qinghai Salt Lake Magnesium Company mit ihrer geplanten 100.000 t Jahreskapazität zunehmen.

Etwa 50 % der Magnesium-Produktionskosten in China sind Kosten für Ferrosilizium, ca. 15 % sind Energiekosten (CLARK 2017). Beide haben sich in den letzten Jahren erhöht. Die zentralen Provinzen Chinas sind für die Magnesiumproduktion von großem Interesse, da hier, neben Dolomit, aufgrund der Produktion von Schwelkoks und durch die Nutzung der entstehenden Gase vergleichsweise billig Energie zur Verfügung steht. Hiervon hat insbesondere die Provinz Shaanxi profitiert. Zudem befinden sich Produzenten des für den Pidgeon-Prozess und damit die Magnesiumproduktion notwendigen Ferrosiliziums ebenfalls in den genannten Provinzen. ASIAN METAL (2019) schätzt, dass 2018 knapp 90 % des Magnesiums aus den Provinzen Shaanxi und Shanxi stammten und sich die Produktion weiter insbesondere nach Shaanxi verlagert hat.

Die Firmen mit der größten Produktionskapazität in China im Jahr 2017 sind Nanjing Yunhai Special Metals. Co. mit 100.000 t und Shanxi Yinguang Huasheng Magnesium Holding Co. Ltd. mit 65.000 t Gesamtkapazität pro Jahr (RUHAI 2018; Daten der CMA – China Magnesium Association). Die zehn größten chinesischen Produzenten im Jahr 2017 besaßen etwa ein Drittel der gesamten aktiven chinesischen Kapazitäten (Tab. 6).

**Tab. 6: Kapazitäten der zehn größten chinesischen primären Magnesiumproduzenten 2017
(RUHAI 2018 – Daten der CHINA MAGNESIUM ASSOCIATION – CMA)**

Unternehmen	Kapazität
Nanjing Yunhai Special Metals Co. Ltd.	100.000 t
Shanxi Yinguang Huasheng Magnesium Holding Co. Ltd.	65 000 t
Ningxia Huiye Magnesium Group Co. Ltd.	50.000 t
Shaanxi Fugu Tianyu Mineral Industry Co. Ltd.	50.000 t
Wenxi Bada Magnesium Co. Ltd.	50.000 t
Shanxi Regal Metal New Material Co. Ltd.	50.000 t
Fugu Jinwatong Magnesium Co. Ltd.	40.000 t
Wenxi Zhenxin Magnesium Co. Ltd.	35.000 t
Ningxia Sun Magnesium Co. Ltd.	30.000 t
Fugu JingFu Coal Chemical Co. Ltd.	30.000 t
Summe der größten 10 Produzenten	500.000 t

Bislang sind die Unternehmen in der Gewinnzone, jedoch ist aufgrund der steigenden Ferrosilizium- und Energiepreise und der zunehmenden Umweltauflagen und -steuern zu vermuten, dass die Kosten zukünftig weiter auf hohem, vielleicht auch höherem Niveau liegen werden. Dies korrespondiert mit der Absicht der chinesischen Regierung, den Rohstoffsektor zu konsolidieren und kleine, wenig rentable Unternehmen zu schließen. Falls zukünftig Restsalze der Meerwasserentsalzung zur Trinkwassergewinnung zur Magnesiumproduktion verwendet werden sollten, könnte diese Gewinnungsform die Produktionskosten für Magnesium möglicherweise deutlich verringern.

Iran

Im Iran wurde etwa ab 2015/2016 durch die Royal Metal Ingot Company in Ferdows Magnesium im Pidgeon-Prozess produziert. Verwendet wurde Dolomit aus der Lagerstätte Dokuhe. Die Endkapazität von 6.000 t pro Jahr sollte 2018 erreicht werden (ROSKILL 2016). 2016/2017 lag die Produktionskapazität bei ca. 3.000 t pro Jahr. Inwieweit noch produziert wird, ist fraglich. Neuere Informationen zum Projekt gibt es nicht. Internetseiten waren zuletzt nicht mehr erreichbar.

Israel

In Israel produziert das Unternehmen Dead Sea Magnesium Ltd., eine Tochter der Israel Chemicals Ltd., seit vielen Jahren Magnesium und Magnesiumlegierungen aus Magnesiumsalzen des Toten Meeres, die als Nebenprodukt der Düngemittelproduktion anfallen. Verwendet wird ein elektrolytischer Prozess zur Gewinnung des Metalls. Für 2017 war ursprünglich das Ende der Produktion angekündigt (ROSKILL 2016). Es wird jedoch bislang weiter produziert.

Für das Jahr 2022 hat die israelische Regierung die Neu-Ausschreibung der Bergbaukonzession der Israel Chemicals Ltd. für das Tote Meer angekündigt, dies ca. acht Jahre vor Auslaufen der Konzession. Hintergrund sind zunehmende ökologische Bedenken aufgrund des immer weiter abnehmenden Wasserspiegels des Toten Meeres sowie Befürchtungen, dass das Unternehmen in den letzten Jahren der Konzession kaum mehr Investitionen tätigen wird. Laut einem Artikel in den Verträgen des Unternehmens mit der israelischen Regierung kann diese ab dem Jahr 2020 in die Investitionen des Unternehmens eingreifen. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die Israel Chemicals Ltd. der vorgezogenen Neu-Ausschreibung zustimmen wird (RABINOVITCH 2018).

Kasachstan

Die Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium-Werke JSC (UKTMK) produzieren in Kasachstan Titan. Das Magnesium wird nahezu ausnahmslos zur Produktion von Titan-Schwamm verwendet. Die Magnesiumproduktion erfolgt auf elektrolytischem Wege aus russischem Carnallit. Die Produktionskapazität für Titan-Schwamm liegt bei ca. 40.000 t pro Jahr (ROSKILL 2016). Ein Teil des Magnesiums wird laut Firmenangaben auch recycelt und wiederverwendet (UST-KAMENOGORSK TITANIUM-MAGNESIUM-WERKE JSC o. t.J.). Die genauen Anteile primären und sekundären Materials waren nicht zu ermitteln. Etwa 10.000–12.000 t Magnesium werden jedes Jahr produziert, wobei lediglich ca. 1.000 t Magnesiummetall nicht intern zur Titanproduktion verwendet werden (JSC SOLIKAMSK MAGNESIUM WORKS 2018).

Südkorea

In Südkorea produzierte das eher durch seine Stahlherstellung bekannte Unternehmen POSCO in Gangneung Magnesium, Magnesiumpulver und Magnesiumlegierungen. Das Magnesium wurde über den Pidgeon-Prozess gewonnen. Der Dolomit stammte aus nahegelegenen Lagerstätten. Laut MIN-HEE (2019) wurde die Produktion in Südkorea bereits im Laufe des Jahres 2013 aufgrund von Umweltproblemen eingestellt, weshalb nur die Produktion der Jahre 2011–2013 in der Zeitreihe dargestellt ist. In den meisten Statistiken wird die südkoreanische Produktion bis heute mit 9.000–10.000 t pro Jahr angegeben, weshalb Südkorea hier bei den Produzenten aufgeführt ist.

Russische Föderation

Der größte russische Magnesiumproduzent ist das Unternehmen VSMPO-Avisma. Benötigt wird das Magnesium hier allerdings im Wesentlichen zur Herstellung von Titan-Schwamm. Hiervon produzierte das Unternehmen 2015 ca. 28.000 t. Das bei der Produktion benötigte Magnesium wird laut Unternehmen weitgehend recycelt (VSMPO-AVISMA o. J.), weshalb vermutet werden kann, dass etwa zwei Drittel des Magnesiums (ca. 18.000 t) im Werk im Kreislauf geführt werden und nur ein Drittel (9.000–10.000 t) neu gewonnen werden muss. Zusätzlich wurden 2016 ca. 6.000 t

Magnesiummetall durch das Unternehmen verkauft (JSC SOLIKAMSK MAGNESIUM WORKS 2018). Somit wird in dieser Studie angenommen, dass ca. 16.000 t Magnesium primär produziert wurden.

Ein weiteres russisches Unternehmen, die JSC Solikamsk Magnesium Works (SMW), produziert Magnesium aus Carnallit und sekundären Quellen sowie Magnesiumlegierungen. Untergeordnet werden auch weitere metallische Produkte, wie Titan-Schwamm, produziert. Laut Geschäftsbericht (JSC SOLIKAMSK MAGNESIUM WORKS 2018) wurden 2017 14.990 t Magnesium verkauft. Hinzu kommen 602 t Magnesiumlegierungen sowie mehr als 2.000 t Magnesium, die zur Reduktion, u. a. zur Produktion der ca. 2.000 t Titan-Schwamm, benötigt werden. Das Magnesium wird im Rahmen der Titanproduktion laut Firmenangaben zu > 98 % im Kreislauf geführt, weshalb der Bedarf an primärem Magnesium sehr gering ist (CHEPRASOV et al. 2017). Daher ist von ca. 16.000 t Primärmagnesiumproduktion auszugehen.

Insgesamt wurden von den beiden russischen Unternehmen ca. 32.000 t Primärmagnesium produziert, wovon ca. 22.000 t nicht für die betriebsinterne Titan-Schwamm-Produktion verwendet wurden (Schätzungen auf Grundlage JSC SOLIKAMSK MAGNESIUM WORKS 2018 und ROSKILL 2016).

Türkei

Der einzige türkische Magnesiumproduzent im Jahr 2016 war das Unternehmen Esan Eczacıbaşı mit der Produktionsstätte Çifteler. Diese liegt ca. 200 km westlich von Ankara. Das Unternehmen gewann Magnesium aus Dolomit eines nahegelegenen Steinbruchs. Die Gewinnung erfolgte über den Pidgeon-Prozess, wobei durch den Einsatz von Ferrosilizium aus energiesparenderen Quellen und den Einsatz regenerativer Energien aus einer eigenen Solaranlage die CO₂-Emissionen auf ca. 13–14 kg CO₂eq pro kg Mg deutlich reduziert werden sollten. Esan Eczacıbaşı produzierte neben drei verschiedenen Sorten Magnesiumbarren auch Magnesiumlegierungen, wie AZ91, AM50, AS31 und AM60 (ESAN ESCZACIBAŞI o. J.). Produziert wurden 2016 im ersten Betrieb ca. 3.500 t. Die endgültige Jahreskapazität von 15.000 t wurde zwischenzeitlich erreicht (persönl. Mitteilung M. TAUBER). Nachdem das Unternehmen 2017 in größerem Umfang Magnesium in die USA

geliefert hatte, wurde die Anlage 2018 abgeschaltet und die Lagerbestände an einen US-Händler verkauft (McBETH 2018a). Ein neuer Eigentümer wurde gesucht und 2019 übernahm die KAR Mineral Madencilik die Anlage als Pächter (vgl. KAR MINERAL MADENCILIK 2019). Eine erste Produktion ist bereits angelaufen. Das Produktionsziel 2019 sind 4.500 t Magnesium (McBETH 2019a).

Ukraine

Einziger Produzent der Ukraine ist die Zaporozhye Titanium & Magnesium Combinat Ltd. (ZTMC). Dort wird wie in Kasachstan und Russland Magnesium für die Produktion von Titan-Schwamm verwendet. Der Carnallit stammt teilweise auch aus Russland. Zur Produktion des Metalls wird ein elektrolytischer Prozess verwendet (ROSKILL 2016). Etwa 5.000–7.000 t Magnesium werden jedes Jahr für die Titan-Schwamm-Produktion

eingesetzt (BRAY 2017b, 2018). Über sekundäre Mengen wird nichts berichtet. Magnesiumprodukte werden laut Firmenseite nicht vertrieben (ZAPOROZHYE TITANIUM & MAGNESIUM COMBINE LTD. 2015).

USA

US Magnesium LLC ist derzeit einziger nord-amerikanischer Produzent von Magnesium. Das Unternehmen produziert neben Magnesiummetall und -legierungen auch chemische Grundstoffe wie Magnesium- und Kalziumchloride, Natriumchlorid und Eisenchloride (FeCl_2 , FeCl_3) aus Magnesiumsalzen des Great Salt Lake im Bundesstaat Utah. Laut Firmenangaben wurden in den vergangenen Jahren deutliche technologische Fortschritte gemacht, wodurch sich die Magnesiumproduktionskapazität um mehr als 30 % erhöhte, die Chlormissionen um 99 % abnahmen und der Energieverbrauch um 25 % gesenkt werden konnte (US

Tab. 7: Geopolitisches Risiko (Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko) der Produktion von Primärmagnesium 2016 und der Kapazitäten 2016 (Datenquellen: BGR o. J., BRAY 2018, ANTAIKE 2017, CLARK 2017, WORLD BANK GROUP 2017, ROSKILL 2016, Berichte von Unternehmen, Pressemitteilungen)

2016	Länderrisiko	Produktion von Primärmagnesium		Produktionskapazitäten ¹	
		t	%	t	%
China	-0,42	775.200	83,6	1.300.000	82,0
USA	1,25	58.000	6,3	63.500	4,0
Russland	-0,73	32.000	3,5	78.000	4,9
Israel	0,82	26.200	2,8	35.000	2,2
Brasilien	-0,14	15.000	1,6	22.000	1,4
Kasachstan	-0,44	10.000	1,1	40.000	2,5
Ukraine	-0,75	5.000	0,5	12.000	0,8
Türkei	-0,46	3.500	0,4	3.500 (inzwischen 15.000 t)	0,2
Iran	-0,83	2.500	0,3	3.000	0,2
Südkorea	0,75			10.000	0,6
Malaysia	0,32			15.000	0,9
Serbien	0,00			2.000	0,1
Indien	-0,18			500	0,03
Summe		927.400	100	1.584.500	100
HHI		7.050		6.787	
GLR		-0,30		-0,33	

GLR= gewichtetes Länderrisiko, HHI = Herfindahl-Hirschman-Index,

¹ Enthalten sind auch Kapazitäten für die Titan-Schwamm-Produktion und von nicht-produzierenden Unternehmen in Südkorea, Malaysia, Serbien. Die Türkei hat die Produktion nach Stilllegung wieder aufgenommen. Kapazitäten im Iran wurden inzwischen vermutlich stillgelegt.

MAGNESIUM LLC 2018). Trotzdem steht der Konzern weiterhin in der Kritik von Umweltschützern, die das Unternehmen für die Verunreinigung der Umgebung mit chlorierten Verbindungen und die Absenkung des Great Salt Lake mit verantwortlich machen.

Übrige Welt

Neben den Anlagen in der Türkei und dem Iran, die nach 2016 zumindest zwischenzeitlich stillgelegt wurden, und den wahrscheinlich stillgelegten Kapazitäten in Südkorea gibt es derzeit noch einige weitere, bereits länger ungenutzte Kapazitäten außerhalb Chinas. Diese Kapazitäten befinden sich in Malaysia, Serbien und Indien. Eine Beschreibung dieser Kapazitäten befindet sich in Kapitel 2.4.2.

2.2.1.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko

Länderkonzentration (Herfindahl-Hirschman-Index)

Die Primärproduktion von Magnesium ist hoch konzentriert. Seit der Jahrtausendwende hat sich China zum Land mit den höchsten Kapazitäten für die Primärmagnesiumproduktion entwickelt. Das Land weist mehr als 80 % der globalen Produktionskapazitäten auf. Die derzeitigen aktiven chinesischen Kapazitäten werden auf ein Minimum von ca. 1,3 Mio. t geschätzt (vgl. CLARK 2017, 2018). Das Land ist somit auch der mit Abstand größte Produzent von Primärmagnesium und wird dies auch längerfristig bleiben. Neben Chinas Dominanz bei der primären Produktion spielt auch die Sekundärproduktion im Land eine zunehmende Rolle.

Der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) (s. Glossar) der Primärmagnesiumproduktion stieg im Zeitraum von 1994 bis 2016 von 2.168 auf 7.050 und liegt seit 2002 mit Werten > 2.500 im potenziell kritischen Bereich (Märkte mit einem HHI über 2.500 sind hoch konzentriert). Dies gilt ebenso für die Länderkonzentration der derzeitigen Primärkapazitäten; im Jahr 2016 erreichte der HHI einen Wert von 6.787 (Tab. 7).

Gewichtetes Länderrisiko (GLR)

Das gewichtete Länderrisiko (GLR) der Primärproduktion und der Primärproduktionskapazität (s. Glossar) von Magnesium, das auf den „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbank (WORLD BANK GROUP 2018) basiert, liegt für das Jahr 2016 mit Werten von –0,30 bzw. –0,33 (Tab. 7) im mäßig kritischen Bereich (Werte zwischen 0,5 und –0,5 werden als mäßig kritisch bewertet). Für die Bewertung ist der hohe Anteil Chinas an der Produktion und den Kapazitäten ausschlaggebend. Das Länderrisiko Chinas lag 2016 bei –0,42 und damit ebenfalls in einem mäßig kritischen Bereich.

Das gewichtete Länderrisiko (GLR) der Produktion und der Kapazitäten ist in den vergangenen Jahren stetig angestiegen, da bedeutende, weniger potenziell kritische Produktionsländer wie Norwegen und Kanada nach und nach durch die billigere chinesische Magnesiumproduktion verdrängt wurden.

2.2.2 Recycling und Sekundärproduktion

Das Recycling von Magnesium bietet zahlreiche Vorteile. So beträgt der Energieaufwand zur Produktion von Primärmagnesium ca. 30–35 kWh/kg, hingegen der des Umschmelzens sauberen Neuschrotts lediglich 1 kWh/kg (SCHARF & DITZE 2008), was mit deutlich niedrigeren Treibhausgasemissionen einhergeht.

Altschrott

End-of-Life(EOL)-Magnesium wird überwiegend im Rahmen des Recyclings von Aluminiumlegierungen wiederverwertet, hier insbesondere für die Produktion von Aluminiumverpackungen (Abb. 8). Das Magnesium verbleibt dann im Aluminiumkreislauf (TAUBER 2016). Das Recycling von Schredderschrotten, Dross, aber auch EOL-Magnesiumschrotten für die Produktion von Strukturbauteilen über den Magnesium(druck)guss-Pfad ist aufgrund der Schrottqualitäten und der Kosten kaum entwickelt (SCHARF & DITZE 2008).

Rund 11.700 t Magnesium aus Altschrott wurden 2012 laut IMA (2017) in der EU funktional recycelt, davon ca. 9.000 t im Bereich der Aluminiumver-

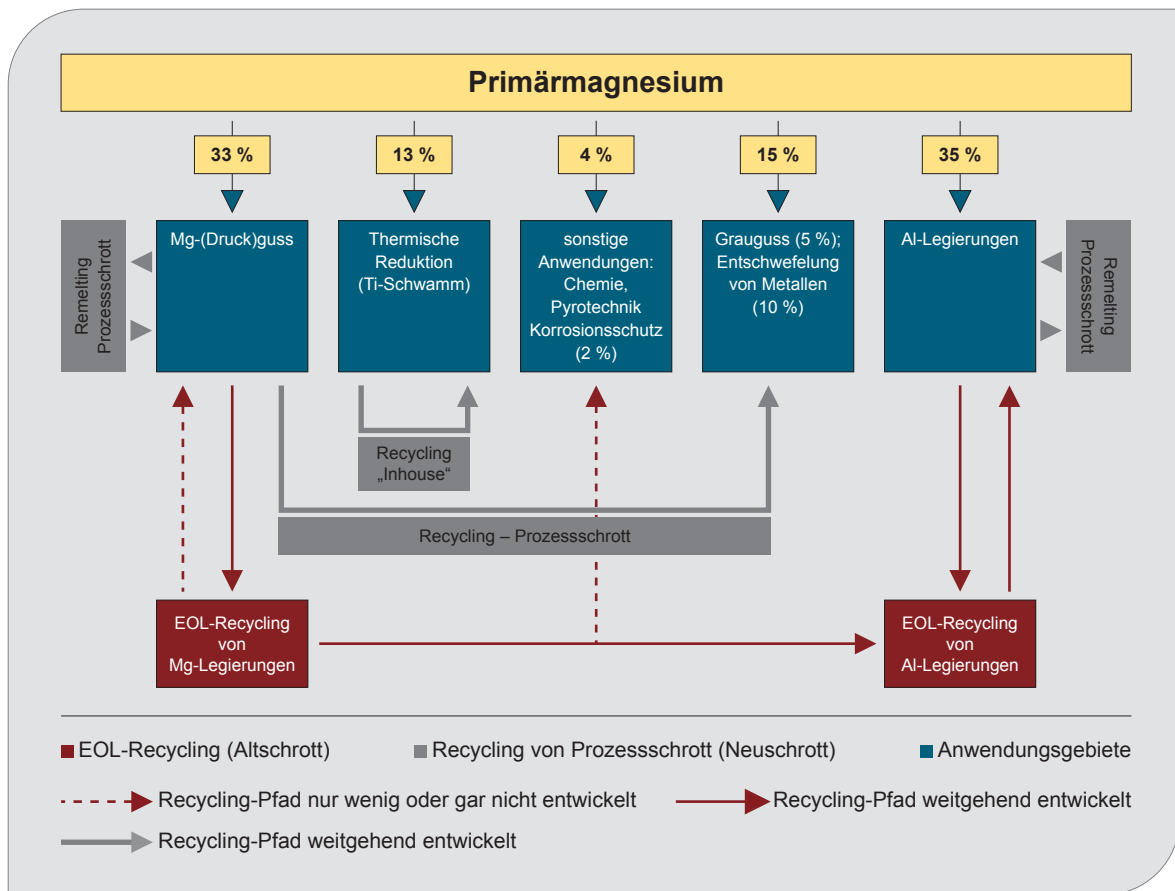


Abb. 8: Vereinfachter Magnesiumkreislauf (verändert nach TAUBER 2016)

packungen, ca. 1.400 t im Bereich der Automobilindustrie und etwa 600 t im Feld der Aluminiumbaustoffe. Die restlichen 700 t entfallen auf andere Anwendungen. Etwa 28.900 t wurden in der EU nicht-funktional recycelt (IMA 2017).

Der Altschrottanteil am Gesamtschrott liegt in der EU bei ca. 18,5 % (Daten nach IMA 2017), in den USA bei ca. 19 % (nach BRAY 2018). Der Anteil der EOL-Recycling-Inputrate (EOL-RIR: Anteil des EOL-Magnesiums an magnesiumdominierten Grundstoffen und Aluminiumlegierungen im Vorfeld der Produktion) liegt nach Daten der IMA (2017) in der EU bei ca. 7 %, laut EUROPEAN COMMISSION (2017) lag der Anteil in der EU bei 9 %.

Die geschätzte weltweite End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR) von Magnesium liegt laut UNEP (2011) bei über 25 %. Dieser Wert erscheint jedoch deutlich zu hoch. Laut der International Magnesium Association (IMA 2017) beträgt der Wert für die EU 14 %. Dies deckt sich mit dem Wert von RHOMBERG & BILJAN (2016), weshalb in dieser Stu-

die von einer globalen EOL-RR von 14 % ausgegangen wird.

Neuschrott

Im Magnesiumkreislauf verbleiben Magnesiumschrotte, die in die Produktion von Magnesium(druck)guss zurückgeführt werden. Hierbei handelt es sich in der Regel entweder um „extern“ verarbeitete oder um „inhouse“ verwertete saubere Neuschrotte, die in den meisten Statistiken nicht auftauchen. Das Verhältnis von Schrott zu Primärmaterial beträgt im Magnesium(druck)guss geschätzt ca. 40 % zu 60 % (Mitteilung M. TAUBER). Die IMA (2017) schätzt zudem, dass etwa 85 % des Gesamtschrotts, der im EU-Magnesium(druck)guss verwendet wird, saubere, hochwertige Neuschrotte sind, die restlichen 15 % sind Schrotte geringerer Wertigkeit.

Nach SCHARF & DITZE (2008) fallen im Zuge der Produktion von Magnesium(druck)gussteilen vom

Schmelzen bis zur Montage durchschnittlich ca. 50 % des Materials als Neuschrott an. Der Anteil kompakter sauberer Neuschrotte mit bekannter Zusammensetzung kann aber je nach Form und Größe der produzierten Teile zwischen 10 % und 80 % liegen. Hier gilt, je kleiner die produzierten Teile sind, desto größer ist der anfallende Schrotanteil. Schrottsorten geringerer Qualität, die beispielsweise Öle oder Anhaftungen aufweisen, müssen meist extern recycelt werden. Je nach Sorte werden sie in anderen Anwendungen verwertet oder deponiert (SCHARF & DITZE 2008). Von den 2012 in der EU verwerteten ca. 51.700 t Magnesiumneuschrotten wurden ca. 80 % wieder in die Magnesium(druck)gussindustrie zurückgeführt und der Rest wurde zur Produktion von Aluminiumlegierungen eingesetzt (Daten nach IMA 2017).

Sekundärmagnesium wird auch im Bereich des Graugusses sowie zur Entschwefelung von Stahl eingesetzt. Die geschätzt etwa 4.000 t Sekundärmagnesium (RHOMBERG & BILJAN 2016), die global im Bereich der Entschwefelung von Metallen eingesetzt werden, sind für den Magnesiumkreislauf allerdings verloren, da das Magnesium hier verbraucht wird (SCHARF & DITZE 2008).

Im Zuge der Verwendung des Magnesiums für die thermische Reduktion, insbesondere in der Titan-Schwamm-Produktion, wird ein großer Teil des Magnesiums im Kreislauf geführt. Hier ist davon auszugehen, dass mehrere 10.000 t Magnesium global jedes Jahr recycelt werden. Die genauen Mengen werden jedoch in der Regel nicht statistisch erfasst.

Die globalen Sekundärkapazitäten liegen geschätzt (ohne die im Kreislauf geführten Massen für die thermische Reduktion) bei mehr als 272.000 t pro Jahr (Tab. 8). Geht man von einem Verhältnis von Alt- zu Neuschrott von einem Fünftel aus, so würden etwas mehr als 50.000 t Altschrott pro Jahr global funktional recycelt.

Weltweit führend im Magnesiumrecycling (Neu- und Altschrott) in Bezug auf die Menge sind die USA, gefolgt von China, wobei gerade die chinesischen Verarbeitungsmengen von Neuschrotten, möglicherweise auch Altschrotten, deutlich höher liegen könnten, als die veröffentlichten Zahlen aufzeigen. Gerade chinesische Magnesiumproduzenten produzieren nicht nur Metall, sondern häufig

Tab. 8: Geschätzte Sekundärkapazität in den Jahren 2015 bzw. 2016 (nach ROSKILL 2016, BRAY 2018 und eigenen Recherchen/ohne die Mengen, die bei der Titan-Schwamm-Produktion recycelt werden)

Land	Sekundärkapazität (2015/2016)
USA	120.000 t (2017)
China	40.000 t
Deutschland	20.000 t
Kanada	13.000 t
Vereinigtes Königreich	13.000 t
Tschechien	12.000 t
Serbien	10.000 t
Israel	10.000 t
Rumänien	10.000 t
Österreich	8.000 t
Ungarn	5.000 t
Italien	4.000 t
Brasilien	3.600 t
Japan	3.500 t
Indien	k. A.
Summe	ca. 272.000 t

auch Magnesiumlegierungen oder Magnesiumpulver. Die Halbzeugindustrie befindet sich ebenfalls in engem, auch räumlichem Kontakt zu den Magnesiumproduzenten, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass Produktions- und Neuschrotte in China zu hohen Anteilen in den Magnesiumhüften im Kreislauf geführt werden. Große Mengen an Sekundärmagnesium verarbeiten in Europa neben Deutschland auch Großbritannien, Tschechien, Serbien, Rumänien, Österreich und Ungarn. Mit über 80.000 t bestehen in Europa derzeit Überkapazitäten im Umschmelzbereich. Bedeutende Kapazitäten für das Magnesiumrecycling weisen zudem Kanada und Israel auf.

2.2.3 Firmenkonzentration

Von den weltweit zwölf größten Produzenten 2017 stammen acht Unternehmen aus China. Das

größte Unternehmen, die Nanjing Yunhai Special Metals Co. Ltd., hat einen Anteil von ca. 7,5 % an den globalen Kapazitäten. Auf den ersten Blick erscheint die Firmenkonzentration bezogen auf die Kapazitäten nicht sehr hoch. Zur Berechnung der Firmenkonzentration wurden jedoch die Kapazitäten aller chinesischen Unternehmen zusammengefasst und China wie ein einziges Unternehmen betrachtet. Dieses Vorgehen erscheint zielführend, da China seinen Produktionssektor durch abgestimmte Handelsbeschränkungen und durch fiskalische Maßnahmen unterstützt und schützt. Die auf dieser Grundlage berechnete Firmenkonzentration liegt für Magnesiummetall mit einem HHI von 6.872 im hoch konzentrierten und damit potenziell kritischen Bereich (Tab. 9).

2.2.4 Nachfrage und derzeitige Marktdeckung

Im Jahr 2016 lag die globale Nachfrage (sichtbarer Verbrauch = Produktion + Importe – Exporte) nach eigenen Schätzungen bei etwa 995.000 t. Bei einer Produktion von ca. 927.000 t primärem Magnesium und der zusätzlichen Verwendung von ca. 50.000 t Magnesiumaltschrott entspräche das Magnesiumangebot 2016 insgesamt etwa

977.000 t. Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der Datenlage ist davon auszugehen, dass Angebot und Nachfrage 2016 ungefähr im Gleichgewicht waren. Die Marktdeckung (Angebotsüberschuss bzw. -defizit) lag 2016 somit bei etwa 0 %. Ein solcher Wert kann als mäßig kritisch betrachtet werden, da nicht von großen Reserven beispielsweise in Form von Lagerhaltung auszugehen ist. Da der DERA keine Datenreihen zum Magnesiumverbrauch vorliegen, wird in den Szenarien dieser Studie vereinfachend davon ausgegangen, dass sich Nachfrage und Produktion auch zukünftig annähernd parallel entwickeln werden.

Informationen anderer Institutionen weisen darauf hin, dass die Nachfrage nach Magnesium in den vergangenen Jahren (von 2009 bis 2016) durchschnittlich etwas geringer gewesen sein könnte als die Produktion (CLARK 2018). Hiernach ist zu schätzen, dass global von 2010 bis 2015 insgesamt ca. 500.000 t Magnesium mehr produziert als nachgefragt wurden. Lagerhaltung dürfte in einem solchen Falle im Wesentlichen in China stattgefunden haben. Insgesamt ist unstrittig, dass der Magnesiumverbrauch in den letzten Jahren, insbesondere aufgrund des Bedarfs in China, aber auch global, angestiegen ist. China wies 2016 mit

Tab. 9: Die zwölf größten primären Magnesiumproduzenten nach Kapazität 2017 (RUHAI 2018 nach CMA, BRAY 2018, ANTAIKE 2017, ROSKILL 2016, Berichte und Internetseiten der Unternehmen, Pressemitteilungen)

Unternehmen	Land	Kapazität
Nanjing Yunhai Special Metals Co. Ltd.	China	100.000 t
Shanxi Yinguang Huasheng Magnesium Holding Co. Ltd.	China	65 000 t
US Magnesium LLC	USA	63.500 t
VSMPO-Avisma	Russland	60.000 t
Ningxia Huye Magnesium Group Co. Ltd.	China	50.000 t
Shaanxi Fugu Tianyu Mineral Industry Co. Ltd.	China	50.000 t
Wenxi Bada Magnesium Co. Ltd.	China	50.000 t
Shanxi Regal Metal New Material Co. Ltd.	China	50.000 t
Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium Werk JSC (UKTMK)	Kasachstan	40.000 t
Fugu Jinwatong Magnesium Co. Ltd.	China	40.000 t
Wenxi Zhenxin Magnesium Co. Ltd.	China	35.000 t
Dead Sea Magnesium Ltd.	Israel	35.000 t
Summe der 12 größten Produzenten		638.500 t

rund 40 % der Nachfrage den größten Bedarf auf, gefolgt von den USA und Russland (Tab. 10).

Nach ersten Daten wurden 2018 in China ca. 5–20 % weniger Magnesium produziert als 2017. Dass es trotz dieser Verringerung der Produktion bis gegen Ende 2018 – bei allerdings auch reduzierter Nachfrage – zu keiner wesentlichen physischen Verknappung kam, könnte auch auf Verkäufe bestehender Lagerbestände aus China zurückzuführen sein.

Die globalen Kapazitäten für die Primärproduktion von Magnesium liegen bei einem Minimum von ca. 1,58 Mio. t (Tab. 7). Bei einer Primärproduktion von etwa 927.000 t im Jahr 2016 lag die Kapazitätsauslastung damit bei gut 58 % und der Kapazitätsüberschuss damit bei ca. 42 %.

Tab. 10: Magnesiumbedarf im Jahr 2016 (Schätzung des sichtbaren Verbrauchs/Daten nach RUHAI 2018, BRAY 2018, CLARK 2018 und ROSKILL 2016)

Land	Bedarf
China	400.000 t
USA	100.000 t
Russland	70.000 t
Deutschland	55.000–60.000 t
Kanada	55.000 t
Japan	40.000 t
Übrige Welt	ca. 270.000 t
Global	ca. 995.000 t

2.2.5 Magnesium in Deutschland

Der sichtbare Verbrauch an Magnesium lag in Deutschland in den Jahren 2016 und 2017 bei jeweils etwa 55.000–60.000 t. Damit wies Deutschland hinter China, den USA und Russland den höchsten Bedarf auf und lag etwa gleichauf mit Kanada. Mit einer Produktion von ca. 18.200 t im Jahr 2017 (BDGUSS 2018) ist die deutsche Magnesium(druck)gussindustrie die bedeutendste in Europa und die drittgrößte weltweit, allerdings mit deutlichem Abstand hinter den USA und China (ROSKILL 2016). Die Produktion an Magnesiumdruckguss hat 2017 im Vergleich zum Vorjahr um

ca. 4,6 % deutlich zugenommen (BDGUSS 2018). Ein bedeutender Anteil des Magnesiums in Deutschland wird auch in der Aluminiumindustrie verwendet.

Deutschland produziert kein primäres Magnesium, jedoch werden qualitativ hochwertige Magnesiumproduktionsschrotte umgeschmolzen, Magnesiumspäne recycelt und Aluminiumverpackungen zu einem hohen Anteil wiederverwertet. Mit einer Gesamtumschmelzkapazität von ca. 20.000 bis 25.000 t/a ist Deutschland global der drittgrößte Verwerter von Sekundärmagnesium. Es ist davon auszugehen, dass in Deutschland jährlich etwa 15.000–20.000 t Magnesiumabfälle und -schrotte, überwiegend Neuschrotte, verwertet werden. Der bedeutendste Sekundärproduzent mit einer Gesamtschmelzkapazität (Primär- und Sekundärmaterial) von ca. 15.000 t/a ist die Magontec Group in Bottrop, gefolgt von der Real Alloy Germany GmbH in Töging mit ca. 5.000 t/a (ROSKILL 2016). Zudem gibt es zahlreiche Gießereien, die Material „Inhouse“ recyceln. Des Weiteren sind in Deutschland Magnesiumrecycler tätig, die Magnesiumspäne aus der Produktion reinigen. Die Magrec Recycling GmbH in Förzitz beispielsweise ist spezialisiert auf Magnesiumspäne. Diese werden gereinigt und zu Briketts oder Masseln geformt. Die Masseln werden nachfolgend an Umschmelzwerke verkauft. Die Magnesium Solutions Europe GmbH in Sondershausen bereitet hingegen Aluminium-Magnesium-Mischspäne auf. Die gereinigten Späne werden überwiegend an die Stahlindustrie zur Entschwefelung geliefert. Die Abnehmer des aufbereiteten Materials befinden sich in den USA oder anderen Ländern der EU.

Der deutlich überwiegende Anteil des Magnesiums wird jedoch nach Deutschland importiert. Deutschland ist seit Jahrzehnten ein bedeutender Nettoimporteur von Magnesiummetall. 2017 wurden ca. 35.000 t Magnesiummetall netto importiert (BGR 2018 nach DESTATIS 2018; Summe der Menge > 99,8 % Mg und < 99,8 % Mg). Deutschland ist hier direkt und indirekt von der Versorgung des globalen Marktes mit chinesischem Magnesium abhängig.

2.3 Globaler Handel

Magnesium wird als Metall in Rohform mit unterschiedlichen Magnesiumgehalten (> 99,8 % und

< 99,8 %) in Form von Magnesiumwaren, als magnesiumhaltige Abfälle und Schrotte und in Form von Drehspänen und Granulaten sowie als Pulver international gehandelt (Tab. 12). In dieser Studie werden die Nettoexporte (Exporte > Importe) und Nettoimporte (Importe > Exporte) der Länder für diese Handelsprodukte betrachtet. Hierdurch werden Angebotskonzentrationen und Abhängigkeiten deutlicher abgebildet, als dies bei Betrachtung der Gesamtmengen der Fall wäre. Da keine Zahlen von Israel und Österreich verfügbar waren, wurden die Daten dieser Länder über den Reverse-Trade (über die Export- und Importmeldungen der anderen Länder) ermittelt.

Das gesamte globale Nettohandelsvolumen der Magnesiumrohstoffe und -waren betrug 2017 etwa 500.000–560.000 t (Datengrundlage IHS MARKIT INC. 2019, siehe Tab. 11). Die Unterschiede der Gesamtmengen der Nettoimporte und -exporte sind auf statistische Fehler bzw. Unterschiede in den Meldungen einzelner Warengruppen und Länder zurückzuführen. Die Werte geben jedoch einen Eindruck von der Größenordnung der netto gehandelten Waren. Ungefähr die Hälfte des Volumens entfällt auf die Warengruppe Magnesium in Rohform > 99,8 % Mg, etwa ein Viertel auf Magnesium in Rohform < 99,8 % Mg. Drehspäne, Körner, Pulver sowie Abfälle und Schrotte aus Magnesium machen zusammen ebenfalls mehr als 20 % des Volumens aus. Waren aus Magnesium sind von der Menge her vergleichsweise wenig bedeutend (alle Datengrundlagen IHS MARKIT INC. 2019). Zudem scheinen hier sehr unterschiedliche und z. T. falsch zugeordnete Waren die Werte zu verfälschen.

Die globalen Nettoexporte von Magnesium in Rohform des höchsten Reinheitsgrades von > 99,8 % Magnesium sind hoch konzentriert. Lediglich

China und Israel produzieren mehr Magnesium, als sie selbst verbrauchen. Sie versorgen damit den Weltmarkt. China besaß 2017 einen Anteil von mehr als 93 % an den globalen Nettoexporten, Israel ca. 5,8 %, der Rest entfällt auf Kleinstmengen aus anderen Ländern (Abb. 9). Alle anderen Produzenteländer verbrauchten ihre Produktion selbst bzw. importierten neben der Eigenproduktion noch zusätzliche Mengen. Nach ersten Hinweisen könnte 2018 mengenmäßig ein deutlicher Rückgang der chinesischen Exporte um ca. 5–20 % zu verzeichnen sein.

Auf Nettoimporte hochreinen Magnesiums (> 99,8 % Mg) angewiesen sind hingegen ca. 50 Länder, insbesondere solche mit einer bedeutenden magnesiumverarbeitenden Industrie wie Japan, Kanada oder Deutschland (Datengrundlage IHS MARKIT INC. 2019). In Kanada befindet sich der weltweit größte Magnesiumdruckgießer. Die Meridian Lightweight Technologies hat ihren Sitz in Strathroy (Ontario) und gehört seit 2013 zur chinesischen Wanfeng Auto Holding Group Co. Ltd. Weitere Industrienationen und Magnesium- bzw. Aluminiumverarbeiter wie Indien, die USA oder Norwegen weisen ebenfalls erhöhte Nettoimporte hochreinen Magnesiums auf.

Der mit Abstand größte Nettoexporteur von Magnesium in Rohform mit einem Magnesiumgehalt < 99,8 % ist ebenfalls China mit einem Anteil von mehr als 83 %. Drei weitere bedeutende Exporteure sind Israel mit gut 5,0 % sowie die Tschechische Republik und Ungarn mit jeweils etwa 4,6 % der globalen Nettoexporte (Abb. 9, Datengrundlage IHS MARKIT INC. 2019). Während Tschechien und Ungarn das Magnesium aus sekundären Rohstoffen produzieren, ist neben China einzig Israel ein bedeutender Primärproduzent im Kreis

Tab. 11: Volumen der Nettoimporte und -exporte 2017 in t (Datenbasis IHS MARKIT INC. 2019)

Produkte	HS-Code	Nettoexporte (Tonnen)	Nettoimporte (Tonnen)
Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt > 99,8 %	810411	267.524	229.488
Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt < 99,8 %	810419	141.464	115.781
Abfälle und Schrott aus Magnesium (ausgenommen Aschen und Rückstände, Drehspäne und Körner)	810420	43.055	41.254
Drehspäne und Körner aus Magnesium; Pulver aus Magnesium	810430	86.442	81.587
Waren aus Magnesium	810490	23.039	35.265

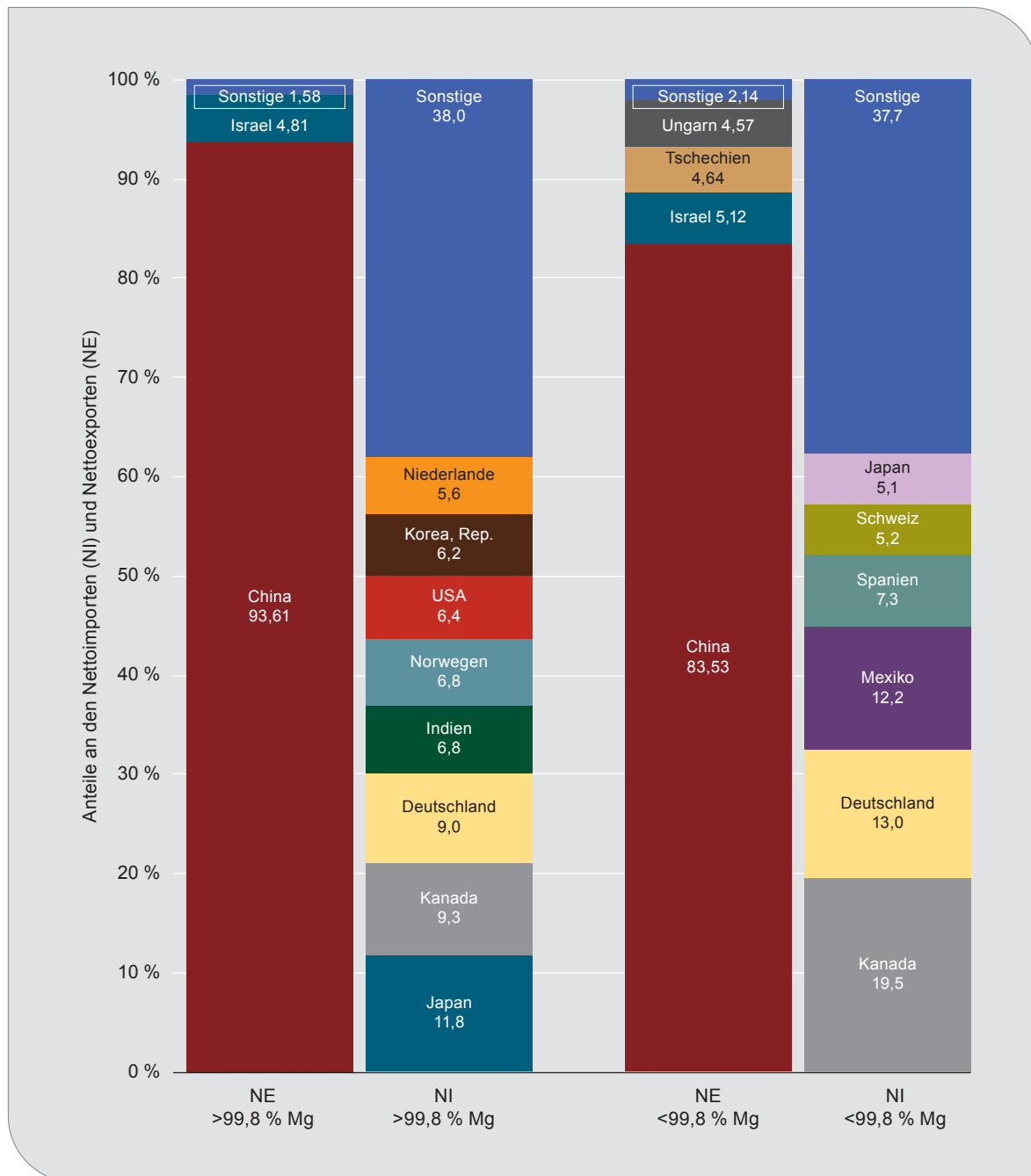


Abb. 9: Anteil einzelner Länder an den globalen Nettoexporten und -importen von Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt > 99,8 % und < 99,8 % im Jahr 2017 (Daten nach IHS MARKIT INC. 2019/angezeigt werden bei den Importen nur Länder mit mehr als 5 % Nettoimportanteil)

der Nettoexporteure. Somit speisen wiederum lediglich China und Israel den weltweiten Markt (netto) mit Primärmagnesium dieser Spezifikation. Auf Importe sind wiederum mehr als 30 Länder angewiesen. Der bedeutendste Nettoimporteur ist Kanada mit 19,5 %. An zweiter Stelle findet sich

hier Deutschland mit einem Anteil an den Nettoimporten von ca. 13 %.

Die Nettoexporte von Abfällen und Schrotten aus Magnesium sind vergleichsweise gut diversifiziert. Weltweit ist mit ca. 18,5 % Anteil Österreich

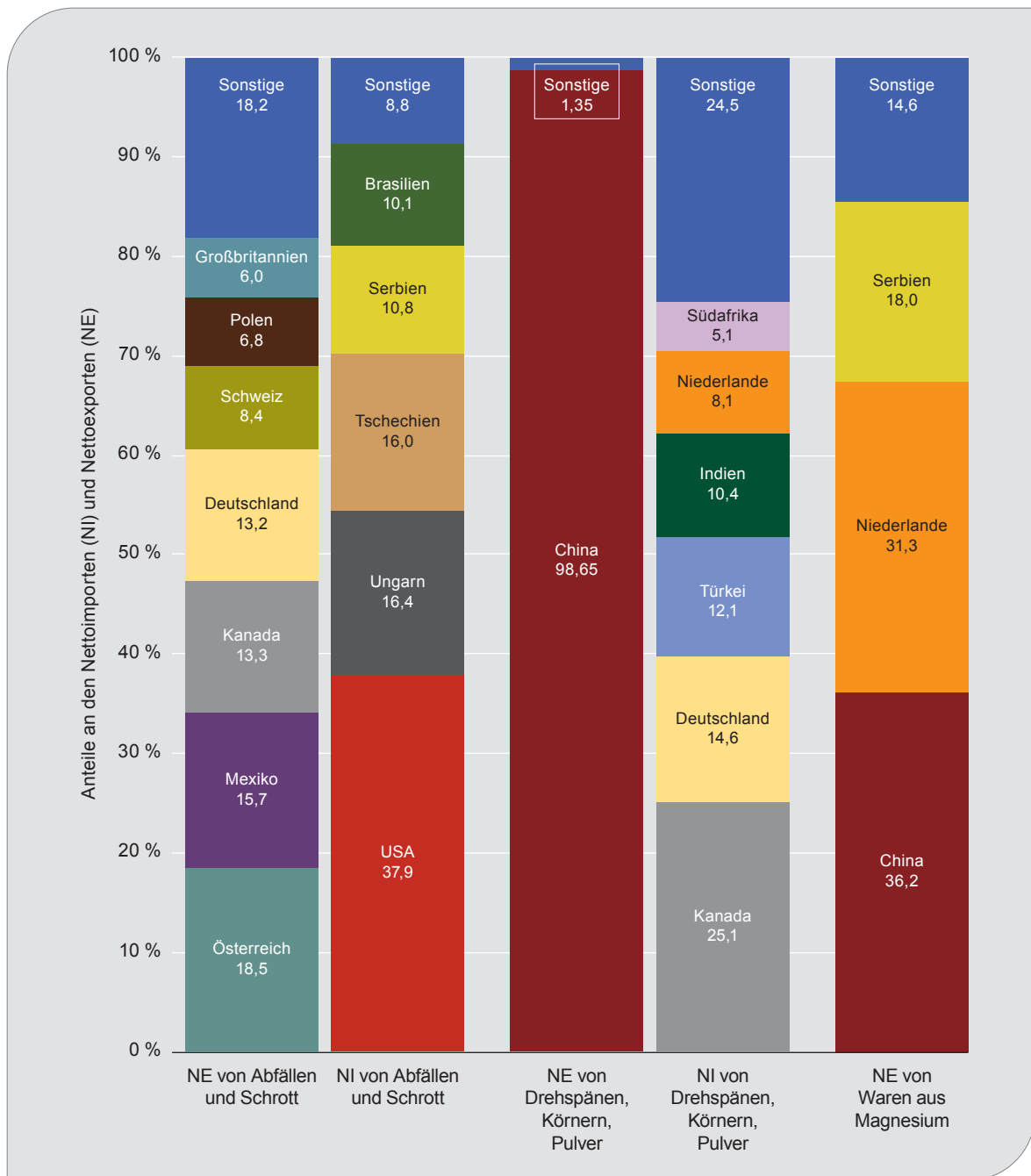


Abb. 10: Anteil einzelner Länder an den globalen Nettoexporten (-importen) von Abfällen und Schrotten, Drehspänen, Körnern und Pulvern sowie Waren aus Magnesium im Jahr 2017 (Daten nach IHS MARKIT INC. 2019/angezeigt werden nur Länder mit mehr als 5 % Anteil/ Nettoimporte von Waren aus Magnesium sind aufgrund der unzuverlässigen Datenlage nicht aufgeführt)

(berechnet aus dem Reverse-Trade) vor Mexiko, Kanada und Deutschland der größte Nettoexporteur (Abb. 10). Österreich besitzt eine bedeutende Magnesiumindustrie. Exportiert werden im Wesentlichen Produktionsschrotte (Neuschrotte).

Die größten Mengen an Magnesiumabfällen und -schrotten fallen jedoch in China an. Sie werden dort allerdings direkt im Inland verwertet. Genaue Zahlen hierzu gibt es nicht. Größter Nettoimporteur von magnesiumhaltigen Abfällen und Schrot-

Tab. 12: Länderkonzentration (HHI) und gewichtetes Länderrisiko (GLR) der globalen Nettoexporte von Magnesium in Rohform, Abfällen und Schrotten sowie Magnesiumprodukten 2017 (Datenbasis IHS MARKIT INC. 2019)

Produkte	HS-Code	HHI	GLR
Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt > 99,8 %	810411	8.789	-0,34
Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt < 99,8 %	810419	7.051	-0,22
Abfälle und Schrott aus Magnesium (ausgenommen Aschen und Rückstände, Drehspäne und Körner)	810420	1.129	1,05
Drehspäne und Körner aus Magnesium; Pulver aus Magnesium	810430	9.733	-0,41
Waren aus Magnesium	810490	2.654	0,46

ten waren 2017 die USA, gefolgt von Ungarn und Tschechien. In allen drei Ländern befinden sich Unternehmen mit bedeutenden Kapazitäten zum Recycling dieser Warengruppe.

Während die Nettoexporte von Waren aus Magnesium noch vergleichsweise gut diversifiziert sind, sind die von Drehspänen, Körnern oder Pulver aus Magnesium hoch konzentriert. Größter Nettoexporteur ist jeweils China (> 98 % bzw. 36 %). Auf Nettoimporte von Drehspänen, Körnern und Pulver angewiesen sind zuvorderst Kanada und Deutschland mit Anteilen von 25 % bzw. ca. 15 %. Nettoimporte von Waren aus Magnesium sind aufgrund der unzuverlässigen Datenlage nicht aufgeführt.

Die Niederlande sind aufgrund des Hafens von Rotterdam bei den Importen stark vertreten. Ein großer Teil der Importe dürfte hier jedoch anderen europäischen Ländern zuzuordnen sein. Eine genaue statistische Zuordnung ist nicht möglich.

In Tabelle 12 sind die Länderkonzentration (HHI) und das gewichtete Länderrisiko (GLR) der globalen Nettoexporte der verschiedenen Magnesiumhandelswaren dargestellt. Die Nettoexporte der Warengruppen Magnesium in Rohform und Drehspäne, Körner sowie Pulver aus Magnesium sind mit einem HHI über 7.000 hoch konzentriert; Waren aus Magnesium sind ebenfalls hoch konzentriert, Abfälle und Schrotte aus Magnesium hingegen gut diversifiziert. Das gewichtete Länderrisiko ist lediglich für die Warengruppe der Abfälle und Schrotte aus Magnesium unkritisch, da dieses Material im Wesentlichen aus zahlreichen westlichen Industrienationen stammt, die ein geringes Länderrisiko aufweisen. Die Nettoexporte der vier

anderen betrachteten Warengruppen sind als mäßig kritisch zu betrachten, wobei die Nettoexporte von Waren aus Magnesium mit einem GLR von 0,46 nahe dem unkritischen Bereich liegen (Tab. 12). Grund ist der hohe Anteil Chinas an den Nettoexporten.

2.3.1 Handelsbeschränkungen

Weltweit gibt es zahlreiche Beschränkungen des Handels mit Magnesiummetallen sowie Magnesiumabfällen und -schrotten. Wie bei anderen Rohstoffen nehmen diese Beschränkungen seit einigen Jahren deutlich zu.

Die USA beispielsweise weisen für Firmen und Länder, mit denen sie „normale Handelsbeziehungen“ pflegen, Importzölle je nach Warengruppe zwischen 3,5 % und 8,0 % des Warenwertes aus (Tab. 13). Seit 2004 werden zusätzlich Antidumping-Zölle auf chinesisches Magnesium und chinesische Magnesiumwaren, teilweise auch auf russische und ukrainische Magnesiumprodukte erhoben. Die Zölle auf chinesisches Magnesium wurden zuletzt im Jahr 2017 bestätigt. Die US International Trade Commission (US-ITC) legt spezielle Antidumping-Zölle für einzelne Länder oder Firmen fest, wobei auch einzelne Unternehmen ausgenommen werden können. Nach KRAMER (2011) und ROSKILL (2016) erheben die USA 111,73 % Zoll auf den Wert der chinesischen Importe von Magnesium > 99,8 %. Auf Magnesiumlegierungen wird demnach ein Zoll von 141,49 % auf den Importwert erhoben, wobei auch einzelne chinesische Unternehmen verringerte Zölle entrichten bzw. auch Unternehmen von Zöllen ausgenommen werden können. Auch Magnesiumpulver und

-granulate aus China werden mit Zöllen belegt. Auf russisches Magnesium wird ein Zoll erhoben, der in der Regel ca. 20 % auf den Warenwert beträgt (vgl. KRAMER 2011).

Insgesamt führen die US-Zölle auf Magnesium dazu, dass der Magnesiumpreis in den USA deutlich höher ist als in anderen Teilen der Welt (siehe Kapitel Preisentwicklung und Preisbildung). Die Zölle schützen den einzigen Magnesiumproduzenten der USA, die US Magnesium LLC, wirken sich jedoch nachteilig auf die nachgelagerten Wertschöpfungsstufen im Bereich Magnesium aus. Laut IKENSON (2011) führt der höhere US-Preis dazu, dass die US-Magnesium(druck)gussindustrie international nicht mehr wettbewerbsfähig ist, da die Produktionskosten im globalen Vergleich zu hoch sind.

Ende 2018 erfolgte in den USA zudem eine Anhörung des israelischen Unternehmens „Dead Sea Magnesium“ vor der US International Trade Commission (US-ITC). Das Unternehmen US Magnesium LLC wirft Israel vor, Magnesium in den vorangegangenen Jahren zunehmend zu Dumping-Tarifen in die USA eingeführt zu haben. Zudem soll der Staat Israel „Dead Sea Magnesium“ bei den Exporten unterstützt haben. Da die US-ITC erste Belege für diese Beschuldigungen sah (McBETH 2018, 2018a, GRENHAM 2018), stiegen die US-Preise bereits Anfang Dezember 2018 deutlich an (McBETH 2018b). Nachdem Mitte 2019 ein vorläufiger Zolltarif von 193,24 % auf israelisches Magnesium möglich erschien, ist nun in der Diskussion, dass Dead Sea Magnesium eine bestimmte Importmenge zu einem spezifisch festgesetzten minimalen Importpreis in die USA impor-

tieren kann (McBETH 2019, 2019b). Die endgültige Entscheidung wird allerdings erst Ende des Jahres erwartet (McBETH 2019).

Auch die EU hat im Jahr 2017 einen Importzoll von 4,0 % auf Magnesium mit einem Gehalt > 99,8 % wiederbelebt, dies allerdings mit einer freien Kontingentmenge von 80.000 t versehen. Diese Mengen wurden 2017 und 2018 nur gerade so erreicht (persönl. Mitteilung M. TAUBER).

Laut EUROPEAN COMMISSION (2017) bestehen auch in zahlreichen anderen Ländern Handelsbeschränkungen auf Magnesium und Magnesiumkomponenten. So gibt es Exportsteuern auf Magnesiumabfälle und -schrotte in Argentinien (5 %), Jordanien (5 %), Marokko (7,5 %), Russland (20 %), Vietnam (22 %) und Sambia (25 %) sowie Exportverbote in Burundi, Kenia und Ruanda. In zahlreichen Ländern dürfen zudem nur lizenzierte Unternehmen Magnesiummetalle sowie Magnesiumabfälle und -schrotte exportieren (EUROPEAN COMMISSION 2017).

Auch China hat angekündigt, dass ab dem 31.12.2019 ein Einfuhrverbot für Magnesiumschrotte in Kraft treten wird. Zudem hat China im Handelsstreit mit den USA seit dem 23.08.2018 amerikanische Importe der Zolltarifnummer HS 8104 (Abfälle und Schrotte aus Magnesium) mit einem Zusatzzoll von 25 % belegt. In China werden des Weiteren Exportzölle von 20 % auf Ferrosilizium erhoben. Die Produzenten haben im November 2018 das Handelsministerium gebeten, diesen Zoll auf 10 % zu reduzieren, jedoch hat dies wohl wenig Aussicht auf Erfolg (WATANABE 2018).

Tab. 13: Allgemeine US-Zolltarife auf Magnesium (BRAY 2018)

Produkte	HS-Code	Allgemeine Zolltarife
Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt > 99,8 %	810411	8,0 % ad val. ¹
Magnesium in Rohform, mit einem Mg-Gehalt < 99,8 %	810419	6,5 % ad val.
Abfälle und Schrott aus Magnesium (ausgenommen Aschen und Rückstände, Drehspäne und Körner)	810420	frei
Drehspäne und Körner aus Magnesium; Pulver aus Magnesium	810430	4,4 % ad val.
Waren aus Magnesium	810490	14,8 ct/kg Mg-Inhalt + 3,5 % ad val.

¹ ad val. (ad valorem) = Steuer auf den Wert der Ware

2.4 Angebots- und Nachfragetrends

2.4.1 Globale Reserven und Ressourcen

Die globalen geologischen Vorräte an Magnesium sind aufgrund der großen Häufigkeit der potenziell gewinnbaren Minerale nahezu unbegrenzt. Angaben über die weltweiten Reserven und Ressourcen stehen nicht zur Verfügung. Es ist davon auszugehen, dass auch langfristig keine Verknappung des Magnesiumangebots aufgrund der Erschöpfung der natürlichen – geologischen – Potenziale auftreten wird. Von größerer Bedeutung sind für den Magnesiummarkt die zukünftigen Trends im Bereich des Angebots und der Nachfrage.

2.4.2 Angebotsentwicklung

Es gibt derzeit nur wenige neue Projekte, die in Kürze in Produktion gehen könnten. Das weltweit bedeutendste und am weitesten vorangeschrittene Projekt ist das der Qinghai Salt Lake Magnesium Co. in China, das bereits einen ersten Demonstrationsbetrieb aufgenommen hat. Zudem sind in China weitere Betriebserweiterungen geplant. Die Magnesiumproduktion der Alliance Magnesium in Kanada befindet sich ebenfalls bereits im Testbetrieb. Schwer einzuschätzen ist die zukünftige Entwicklung existierender, aber derzeit ungenutzter Kapazitäten in Ländern wie Malaysia oder dem Iran. Inwieweit diese Kapazitäten tatsächlich schnell wieder in Produktion gehen könnten, war nicht abschließend zu klären. Produktionsstandorte im Iran und in der Türkei hatten 2016/2017 den Betrieb aufgenommen. Während die türkische Produktion nur vorübergehend eingestellt wurde, ist davon auszugehen, dass derzeit im Iran kein Magnesium mehr produziert wird.

Insgesamt könnten sich die Kapazitäten der Magnesiumproduktion bei stabiler bis steigender Nachfrage bis etwa zum Jahr 2025 noch einmal deutlich erweitern. Angekündigt ist global ein Zuwachs von annähernd 505.000 t in den nächsten Jahren (inkl. der existierenden, aber derzeit nicht produzierenden Kapazitäten in Ländern wie Malaysia, dem Iran oder Südkorea und ohne die theoretische Endausbaustufe von 450.000 t in Golmud). Dieser Zuwachs ist jedoch mit zahlreichen Unsicherheiten

behaftet, weshalb angenommen wird, dass dies die maximale globale Kapazitätserweiterung bis 2025 darstellt. Werden zahlreiche Endausbaustufen bis 2025 nicht erreicht, wie dies bei solchen Projekten häufig der Fall ist, so erscheint ein Kapazitätswachstum von ca. 270.000 bis 300.000 t realistisch möglich zu sein. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Produktion in den nächsten Jahren schneller steigen wird als die zusätzlichen Kapazitäten. Die Auslastung der Kapazitäten in China wird somit voraussichtlich zunehmen.

An der Risikoeinschätzung der Produktionskapazitäten wird sich damit aber auch mittelfristig nichts ändern. Steigert sich die Kapazität bis zum Jahr 2025 um ca. 284.000 t, davon ca. 220.000 t in China, so werden die Kapazitäten und die Produktion weiterhin in China konzentriert sein. Die Länderkonzentration (HHI) läge in diesem Szenario im Jahr 2025 bei ca. 6.662 und das gewichtete Länderrisiko (GLR) bei einem Wert von ca. –0,29, was einer weiterhin hohen Länderkonzentration bei mittlerem gewichtetem Länderrisiko entspricht.

Australien

Die Latrobe Magnesium Ltd. plant die Magnesiumgewinnung aus Filteraschen. Sie wird ein hydrometallurgisches Verfahren zur Aufreinigung von Filteraschen von Kohlekraftwerken verwenden (Hydromet-Prozess). Störende Elemente wie Eisen, Schwefel oder Silizium werden hydrometallurgisch aus der Asche entfernt. Die anschließende Magnesiumgewinnung erfolgt über einen thermischen Reduktionsprozess. 95 % des Magnesiums sollen sich so aus den Aschen gewinnen lassen (TSE 2013). Insgesamt soll die Anlage zunächst auf 3.000 t Magnesium pro Jahr ausgelegt werden. Die Endkapazität soll 50.000 t pro Jahr umfassen. Der Termin für die Fertigstellung der Feasibility-Studie hat sich von Mitte/Ende 2017 immer weiter verschoben. Im Januar 2018 unterzeichnete die Latrobe Magnesium Ltd. ein Memorandum of Understanding (MoU) mit dem Energieversorger Energy Australia. Die Energy Australia sagt hierin der Latrobe Magnesium Ltd. die Lieferung von Braunkohleaschen aus dem Kraftwerk Yalourn zur Produktion von Magnesium zu. Zudem besteht ein MoU mit der RWE Power AG über die weitere Entwicklung und den Einsatz des Hydromet-Verfahrens für Filteraschen der Kraft-

werke des niederrheinischen Braunkohlegebiets (LATROBE MAGNESIUM LTD. 2018).

China

In China ist aufgrund von Regierungsmaßnahmen eine weitere Konsolidierung der Magnesiumproduktionskapazitäten zu erwarten. Die Winterkürzungen der Produktionsanlagen wurden in den letzten zwei Jahren staatlicherseits verstärkt überprüft. Zudem führte die Überwachung der verschärften Umweltauflagen in den letzten zwei Jahren bei zahlreichen Unternehmen zu vorübergehenden Schließungen oder zur Stilllegung der Anlagen. Von Schließungen waren auch Dolomitproduzenten betroffen. Die Maßnahmen wirkten sich auf den Magnesiummarkt aus, indem sich die Kapazitäten verringerten und die Produktion zurückging. Über das Ausmaß gibt es derzeit jedoch keine seriösen Daten. Die im Jahr 2018 gegenüber 2017 je nach Quelle um etwa 5–20 % reduzierte chinesische Produktion könnte auf eine vergleichsweise umfassende Reduktion der Kapazitäten hinweisen. Jedoch ist laut ersten Meldungen auch die Nachfrage in China zurückgegangen.

Es ist zudem zu beachten, dass 2019 vom chinesischen Staatsrat angekündigt wurde, bis Ende des Jahres weitere ca. 1.000 Lagerstätten im Nichtmetallsektor zu schließen, u. a. solche für Bauxit, Dolomit und Silizium. Als Grund hierfür wird genannt, dass diese Anlagen bzw. Lagerstätten nicht den nationalen Sicherheitsstandards entsprechen (LEUNG 2019a). Was dies für die chinesische Magnesiumproduktion mittel- bis langfristig bedeutet, ist bislang nicht absehbar. Erst in den nächsten zwei Jahren wird wohl ersichtlich werden, in welche Richtung sich die chinesische Produktion und die Kapazitäten tatsächlich entwickeln werden.

In China gibt es zudem neue und große Projekte, die sich teilweise bereits in der Umsetzung, teilweise auch erst im fortgeschrittenen Planungsstadium befinden. Die Kapazitäten liegen in einer geschätzten Größenordnung von etwa 360.000 t. Hier geht das Projekt der Qinghai Salt Lake Magnesium Co. (QSLM) mit 100.000 t Jahreskapazität in die Berechnung mit ein. Die Endausbaustufe der Anlage von theoretischen 450.000 t wurde nicht berücksichtigt. Nicht alle Projekte erreichen erfahrungsgemäß das Produktionsstadium bzw. die vorgesehene Höchstkapazität. Daher wird in dieser

Studie davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2025 von den 360.000 t angekündigten zusätzlichen chinesischen Kapazitäten lediglich etwa zwei Drittel (ca. 220.000 t) umgesetzt werden.

Das bedeutendste chinesische Projekt ist das der Qinghai Salt Lake Magnesium Co. (QSLM) im Ort Golmud in der Provinz Qinghai. Hier werden derzeit in einem ersten Testbetrieb magnesiumreiche Restsalze der Düngemittelproduktion aus dem Qarhan Salzsee, dem größten Salzsee Chinas, gewonnen und verarbeitet. Etwa 4 Mrd. t Magnesiumchlorid ($MgCl_2$) stehen als Reserven zur Verfügung. Mit einer modernen Elektrolyse und dem Einsatz von 85 % erneuerbarer Energien soll hier Magnesium mit deutlich geringeren CO_2 -Emissionen (5–7 t CO_2 eq/t Mg) und damit deutlich ökologischer gewonnen werden als über den Pidgeon-Prozess im restlichen China. Ziel ist es, nach einem ersten Ausbau der Kapazitäten auf 30.000 t pro Jahr das Werk auf eine Kapazität von 100.000 t pro Jahr und in einer zweiten Ausbaustufe auf 150.000 t zu erweitern. Die Endkapazität von 450.000 t pro Jahr soll in ca. zehn Jahren erreicht werden. 2018 war etwa die Hälfte der Elektrolysezellen installiert und teilweise aktiviert. Das anfallende Chlor wird weiter zur PVC-Produktion verwendet. Die QSLM ist eine Tochtergesellschaft der Qinghai Salt Lake Industry Co. Ltd. (QSLI), einem staatlichen chinesischen Unternehmen, das an der Shenzhen Börse gelistet ist (Nummer 000792:CH der Shenzhen Stock-Quote) (MAGONTEC 2017 und GRUBER 2019).

Auf dem Gelände des Magnesiumwerks der QSLM hat die Magontec Ltd. im Jahr 2017, ebenfalls in Golmud, eine Gießerei mit einer Jahresproduktionskapazität von 60.000 t Magnesiumlegierungen in Betrieb genommen. Damit wird die Magontec Ltd. nach eigenen Angaben der größte Magnesiumlegierungsproduzent der Welt (MAGONTEC 2017). Das Magnesium wird durch die QSLM direkt in flüssiger Form angeliefert, wodurch ein Schmelzvorgang entfällt. Zwischen den beiden Unternehmen besteht ein Lieferabkommen für die nächsten zehn Jahre mit der Option der Verlängerung um weitere zehn Jahre. Die QSLM ist dabei mit 30 % an der Magontec Ltd. beteiligt (MAGONTEC 2017).

Die chinesische Century Sunshine Group Holdings Ltd. hat angekündigt, die Kapazität der Magnesiumproduktion ihrer Tochter, der Tengxiang Magne-

sium Products Co. Ltd. in der Provinz Xinjiang, von 15.000 t pro Jahr auf bis zu 100.000 t zu erweitern. 2018 sollte ein erster Schritt der Erhöhung von 15.000 t auf 46.000 t pro Jahr vorgenommen werden. Es liegen derzeit keine Informationen darüber vor, ob die Kapazitätserweiterung tatsächlich im Zeitrahmen erfolgt ist. Die angekündigten zusätzlichen Erweiterungen wurden zunächst zurückgestellt. Die Century Sunshine Group Holdings Ltd. plant zudem in Baishan, in der Provinz Jilin, eine neue Anlage mit einer Kapazität in der Größenordnung von ca. 50.000 t pro Jahr in Kürze in Betrieb zu nehmen. Die Endstufe soll eine Kapazität von 75.000 t pro Jahr erreichen. Ein Datum hierfür wurde nicht genannt. Somit plant das Unternehmen in den nächsten Jahren seine Kapazitäten in den beiden Anlagen zunächst auf 96.000 t pro Jahr und in einer Endstufe dann auf bis zu 175.000 t pro Jahr zu erweitern (LEUNG 2017).

Die Kapazitätserweiterungen anderer chinesische Betriebe wird in dieser Studie insgesamt auf ca. 100.000 t zusätzliche Jahreskapazität geschätzt, darunter befindet sich eine Produktionsanlage der Firma Longmen Magnesium in Yungcheng in der Provinz Shaanxi mit geplanten 60.000 t. Die Provinz Shaanxi setzt sogar auf eine Erweiterung der Kapazitäten der Gesamtprovinz von bislang 370.000 t (2018) auf 1 Mio. t im Jahr 2025 (LEUNG 2019b). Dieses Szenario erscheint zurzeit jedoch nicht sehr realistisch, auch wenn für 2019 ein eher enger Markt vorhergesagt wird (LEUNG 2019b).

Inwiefern die Erweiterungen in China tatsächlich umgesetzt werden, ist konjunktur- und damit preisabhängig. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass sich die chinesischen Überkapazitäten reduzieren werden, die Dominanz Chinas im Magnesiummarkt aber langfristig bestehen bleiben wird. Eine tatsächliche physische Verknappung von Magnesium ist zunächst nicht abzusehen.

Meerwasserentsalzung in China

In China gibt es laut dem 13. Fünfjahresplan (NDRC – NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION AND STATE OCEANIC ADMINISTRATION 2016) die Absicht, verstärkt Trinkwasser durch Meerwasserentsalzung zu gewinnen. In China werden bereits heute 1,2 Mio. m³ pro Tag an Meerwasser entsalzt. Bis zum Jahr 2020 ist eine Erweiterung der Kapazitäten auf 2,2 Mio. m³ pro Tag geplant (NDRC – NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION AND STATE OCEANIC ADMINISTRATION 2016). Bislang

ist den Fünfjahresplänen keine Information über eine geplante Gewinnung von Rohstoffen aus den Restsalzen zu entnehmen, allerdings gibt es wohl erste Überlegungen, die Restsalze zukünftig weiter zu nutzen (pers. Information Herr SCHENDERA).

Der Magnesiumgehalt von 1 m³ Meerwasser beträgt ca. 1,3 kg. Etwa 0,3 kg pro m³ muss dem Trinkwasser wieder zugefügt werden, so verbleibt ca. 1 kg pro m³ Magnesium in den Restsalzen. Rein theoretisch verbleiben somit ca. 1.200 t Magnesium pro Tag in den Restsalzen der chinesischen Trinkwasseraufbereitung (pers. Information Herr SCHENDERA). Inwieweit eine Produktion aus dieser Quelle umfassend auch technisch umgesetzt werden kann und wird, bleibt abzuwarten. Norsk Hydro hatte eine solche Technologie früher bereits genutzt, den Betrieb im Jahr 2001 in Norwegen jedoch eingestellt (pers. Information Herr TAUBER).

Langfristige Strategien der chinesischen Regierung könnten über eine zukünftige Nutzung der Restsalze entscheiden. Der Energiebedarf sowohl für die Entsalzung als auch für die Gewinnung von Magnesium und anderen Rohstoffen ist vergleichsweise hoch, weshalb die Energieversorgung gewährleistet sein müsste. Zudem hätte die wenig personalintensive Produktion aus dieser Quelle Auswirkung auf die Arbeitsplätze in der bisherigen sehr personalintensiven Magnesiumproduktion im Inland. Zusätzlich werden im Zuge des Pidgeon-Prozesses insbesondere in der Provinz Shaanxi Schwelgase verwertet, die ansonsten ungenutzt blieben. Mittelfristig (bis 2025) wird die Produktion von Magnesium aus Meerwasser vermutlich daher wohl keine Bedeutung erlangen. Ein guter Grund für die Nutzung der Restsalze könnte darin liegen, dass sie aus Gründen des Umweltschutzes nicht wieder dem Meer zugeführt werden können. Eine Verwertung erscheint damit geboten.

Indien

Die Southern Magnesium & Chemicals Ltd. in Rajahmundry im Bundesstaat Andhra Pradesh könnte laut eigenen Angaben bis zu 500 t primäres Magnesium pro Jahr produzieren. Derzeit produziert das Unternehmen jedoch aufgrund des noch zu geringen Preises Magnesiumkomponenten lediglich aus sekundären Rohstoffen. Ob eine Aufnahme der primären Magnesiumproduktion

Tab. 14: Magnesiumprojekte, mögliche Erweiterungen und bestehende und geplante Kapazitäten in den nächsten Jahren (nach ANTAIKE 2017, CLARK 2017, CLARK 2018, ROSKILL 2016, BRAY 2017 a und b, LEUNG 2019b, LEUNG 2017, Angaben der Betreiber)

Projekt	Unternehmen	Land	Status	Rohstoff	Verfahren	Kapazität	Erwarteter Beginn	
Latrobe Valley	Latrobe Magnesium	Australien	vor Ende Feasibility Study	Flugaschen	Hydromet	3.000 t auf 40.000 t	2019? ?	
Jilin, Xinjiang	Century Sunshine	China	Erweiterung bzw. in Planung	Dolomit	Pidgeon	von derzeit 15.000 t auf 46.000 t auf 96.000 t auf 175.000 t	2017 2018/2019? 2022? ?	
Golmud	Qinghai Salt Lake Magnesium Co.	China	Betriebsstart und Erweiterung	Mg-Salz	Elektrolyse	1.000 t auf 100.000 t	2018 2025?	
versch. Projekte	u. a. Longmen	China	in Planung	Dolomit	Pidgeon	ca. 100.000 t	bis 2025?	
Rajahmundry	Southern Magnesium & Chemicals Ltd	Indien	derzeit stillgelegt	Dolomit	Pidgeon	500 t	?	
Ferodws	Royal Metal Ingot Company	Iran	derzeit stillgelegt?	Dolomit	Pidgeon	von 3.000 t auf 6.000 t	?	
Danville	Alliance Magnesium	Kanada	Demonstrationsanlage/ Testbetrieb	Serpentin/ Chrysotil-Asbest-Tailings	Elektrolyse	11.700 t 50.000 t	2019 2025?	
Perak	Ding He Mining Holdings Ltd.; Xinjiang Tianpeng Energy	Malaysia	derzeit stillgelegt	Dolomit	Pidgeon	15.000 t	?	
Baljevac	Mg-Serbien	Serbien	derzeit stillgelegt	Dolomit	Magnotherm	2.000 t	?	
Gangneung	POSCO	Südkorea	derzeit stillgelegt	Dolomit	Pidgeon	10.000 t	?	
Çifteler	KAR Mineral Madencilik	Türkei	Produktion wieder angelaufen	Dolomit	Pidgeon	von 3.500 t auf 15.000 t	2016/2017	
Rowley	US Magnesium LLC	USA	Erweiterung zurückgestellt	Mg-Salz	Elektrolyse	von derzeit 63.500 t auf 76.500 t	?	
Max. Summe							ca. 505.000 t	

mit steigenden Preisen erfolgen könnte, ist unklar (SOUTHERN MAGNESIUM AND CHEMICALS LTD. o. J).

Iran

Leider sind seit einiger Zeit keine Informationen mehr über die Anlage der Royal Metal Ingot Company in Ferdows erhältlich. Die Produktion wurde vermutlich vollständig gestoppt. Die wirtschaftliche Lage des Unternehmens dürfte durch die Aufkündigung des Iran-Abkommens durch die USA Mitte Mai 2018 zudem deutlich schwieriger geworden sein. Die volle Kapazität von 6.000 t pro Jahr sollte ursprünglich 2018 erreicht werden (vgl. ROSKILL 2016).

Kanada

In Kanada gibt es zahlreiche Projekte zur Produktion von Magnesium (s. Tab. 14 und 15). Das am weitesten vorangeschrittene ist das Projekt der Alliance Magnesium in Danville, Quebec. Im Dezember 2017 hat Alliance Magnesium alle Anteile an der Magnola Metallurgy Inc. und der Magnola Mining Inc. („Magnola“) übernommen und ist nun im Besitz der gesamten Rechte der Industrieanlagen und der Lagerstätten von Magnola. Im August 2018 erhielt Alliance Magnesium 30,9 Mio. CAN\$ Finanzmittel des Staates Quebec, davon 17,5 Mio. CAN\$ als Kredit und 13,4 Mio. CAN\$ als Kapitalinvestition. Mittels eines elektrolytischen Prozesses soll in Danville Magnesium aus den alten Serpentin/Chrysotil-Asbest-Tailings der Region gewonnen werden. Derzeit wird Magnesium in einer ersten Demonstrationsanlage produziert. Die derzeitige Kapazität liegt bei 22 kg pro Tag. Ein erster industrieller Betrieb mit einer Kapazität von 11.700 t pro Jahr soll bis Ende 2019 aufgenommen werden. Bis zum Jahr 2022 soll die volle Kapazität von 50.000 t pro Jahr erreicht werden. Der Termin wird allerdings seit einigen Jahren immer wieder nach hinten verschoben. Die Reserven des Projekts belaufen sich auf mehr als 100 Mio. t ehemalige Asbest-Tailings mit einem Magnesiumgehalt von ca. 23 % (ALLIANCE MAGNESIUM 2017, ALLIANCE MAGNESIUM 2018).

Malaysia

Malaysia ist derzeit kein Produzent von Magnesium, jedoch wurde im Jahr 2010 in der Stadt Tai-

ping in der Region Perak eine Magnesiumhütte durch die Hongkonger Commerce Venture Manufacturing (CVM) entwickelt, die heute unter dem Namen Ding He Mining Holdings Ltd. firmiert. Die Hütte nutzte Dolomit aus einer ca. 60 km entfernten Lagerstätte. Das Magnesium wurde über den Pidgeon-Prozess gewonnen. Die Produktionskapazität lag bei 15.000 t pro Jahr. Eine Erweiterung auf 30.000 t pro Jahr war geplant (ROSKILL 2016). Seit 2012 scheint die Produktion stillzuzustehen, da keine Produktionsdaten zu erfahren sind. In den zwei Jahren zuvor wurden ebenfalls nur wenige Tausend Tonnen Magnesium produziert. Gegen die komplette Schließung der Anlage spricht ein „Letter of Intent (LOI)“, den die Ding He Mining Holdings Ltd. und die Xinjiang Tianpeng Energy aus China im August 2017 unterzeichnet haben. Er enthält u. a. eine Erklärung zur Zusammenarbeit der Unternehmen bei der Gewinnung von Dolomit und der Produktion von Magnesium in Malaysia (DING HE MINING HOLDINGS LTD. 2017). Somit ist nicht ausgeschlossen, dass Malaysia in Zukunft wieder in den Kreis der Magnesiumproduzenten zurückkehrt.

Serbien

Das Unternehmen Mg-Serbien produzierte in Baljevac Magnesium und Magnesiumlegierungen mittels des früher bereits in Frankreich verwendeten Magnotherm-Prozesses aus Dolomit. Die Lagerstätte liegt nur ca. 12 km entfernt von der Magnesiumhütte. Die mögliche Jahreskapazität beträgt laut Angaben des Unternehmens bis zu 6.000 t (MG-SERBIEN o. J.). Zurzeit produziert die Anlage kein primäres Magnesium. Es wird Dolomit verkauft und Magnesiumschrott verwertet. Aufgrund der langen Phase, in der kein Primärmagnesium produziert wurde, erscheint mittelfristig eine größere primäre Produktionsmenge wenig wahrscheinlich. Aufgrund dessen werden für die Kapazitätsberechnung 2.000 t als potenziell mögliche Primärkapazität angenommen.

Südkorea

Das Unternehmen POSCO besitzt in Südkorea eine Magnesiumproduktion in Okgye, Gangneung. Die Kapazität der Anlage beläuft sich auf 10.000 t pro Jahr. Sie wurde 2012 fertiggestellt. Aufgrund von Umweltproblemen wurde die Produktion laut

MIN-HEE (2019) jedoch bereits 2013 wieder eingestellt. Die geplanten Erweiterungen liegen auf Eis. Nach MIN-HEE (2019) soll POSCO zudem überlegen, sich weiter aus dem Magnesiummarkt zurückzuziehen. So könnte die Produktion von gewalztem Magnesiumblech in Suncheon (Südkorea) ebenfalls bald eingestellt werden (MIN-HEE 2019).

Türkei

Einzigster türkischer Magnesiumproduzent war der Betrieb der Esan Eczacıbaşı nahe des Ortes Çifteler, ca. 180 km westsüdwestlich von Ankara. Die Anlage mit einer Kapazität von inzwischen 15.000 t pro Jahr hat jedoch 2018 den Betrieb eingestellt. Inzwischen ist das türkische Unternehmen KAR Mineral Madencilik Pächter (KAR MINERAL MADENCILIK 2019). Produktionsziel 2019 sind 4.500 t Magnesium (McBETH 2019a). Die vormals geplante Erweiterung auf 30.000 t pro Jahr ist derzeit nicht absehbar.

USA

Die US Magnesium LLC in Rowley hatte vor einigen Jahren angekündigt, ihre Kapazitäten von derzeit 63.500 t auf 76.500 t pro Jahr zu erweitern. Diese Erweiterung wurde u. a. angeregt, da sich in unmittelbarer Nachbarschaft der Magnesiumproduktion mit der ATI Titanium LLC (eine Tochter der Allegheny Technologies Incorporated) ein Titan-Produzent angesiedelt hatte, der einen Teil der Magnesiumproduktion für die Produktion von Titan-Schwamm benötigte. Die Titan-Schwamm-Produktion begann 2009, in der Endausbaustufe sollte die Produktion ca. 21.000 t betragen. Die ATI Titanium LLC hat jedoch Ende 2016 die Titan-Schwamm-Produktion in Utah aufgrund der Preisentwicklung auf dem Weltmarkt vorübergehend eingestellt (BRAY 2017b). Vor diesem Hintergrund wurde auch der Ausbau der Magnesiumproduktionskapazitäten von der US Magnesium LLC zurückgestellt und die Produktion des Unternehmens ging um ca. 8.000–9.000 t im Jahr 2017 zurück.

Weitere Magnesiumprojekte in frühen Stadien der Entwicklung

Neben den genannten möglichen Erweiterungen und vergleichsweise weit vorangeschrittenen Pro-

jekten gibt es noch eine Anzahl von Vorkommen, die sich in frühen Stadien der Entwicklung befinden und von denen nicht abzusehen ist, dass sie in Kürze die Produktionsphase erreichen werden.

Ein großer Teil der Projekte befindet sich in Kanada, jedoch gibt es auch Projekte in Kirgisien, Norwegen, Indien und den USA, allerdings scheinen einige derzeit bereits schon wieder zurück- oder eingestellt worden zu sein (Tab. 15). Die Rohstoffbasis der Projekte ist zumeist Dolomit, aber auch einige der derzeit nicht für die Magnesiumgewinnung genutzten Rohstoffe wie Serpentin oder Talk. Teilweise handelt es sich auch um die Gewinnung von Tailings eines alten Bergbaus. Über die chinesischen Projekte dieser Kategorie ist nichts bekannt.

In Deutschland gibt es ein Projekt zur Entwicklung eines Gewinnungsverfahrens von Magnesium aus Filteraschen der Braunkohlekraftwerke am Niederrhein durch die RWE Power AG in Verbund mit der australischen Latrobe Magnesium Ltd. Beide Firmen haben im Juni 2016 ein „Memorandum of Understanding“ über die Entwicklung einer Anlage zur Produktion von 30.000 t Magnesium pro Jahr aus den niederrheinischen Kraftwerkaschen unterzeichnet. Verwendet werden soll der patentierte Hydromet-Prozess der Latrobe Magnesium Ltd. (LATROBE MAGNESIUM LTD. 2018). Das Ausgangsmaterial stünde in einem transport- und rieselfähigen Zustand zur Verfügung. Das Projekt befindet sich in einem fortgeschrittenen Forschungsstadium.

Für Europa interessant könnte zudem das Projekt der SilMag DA sein (die Firma gehört Norsk Hydro und der Advanced Metallurgical Group in Verbund mit dem Herøya Industriepark (HIP) und der Firma Enova). Es befindet sich im Industriepark von Herøya (ROSKILL 2016). Der HIP ist hier Eigentümer des Geländes und älterer bereits bestehender Anlagen. Die SilMag DA ist im Besitz der Rechte am Produktionsprozess. Geplant ist die Gewinnung von Magnesium aus Olivin, möglicherweise auch die Verarbeitung von sekundären Magnesiumreststoffen. HIP bemüht sich seit vielen Jahren, ein Konsortium für die Finanzierung einer groß angelegten Pilotanlage zusammenzustellen (eigene Recherche und persönliche Information HIP – HERØYA INDUSTRIEPARK 2018).

Tab. 15: Weitere Magnesiumprojekte außerhalb Chinas in frühen Stadien der Entwicklung (nach CLARK 2018, LATROBE MAGNESIUM LTD. 2018, MGX MINERALS INC. 2018, ANTAIKE 2017, BRAY 2017 a und b, CLARK 2017, KUMAR 2017, ROSKILL 2016, JAFAROVA 2013, MINENPORTAL.DE 2013, MAGONE PRODUCTS INC. o. t.J.)

Projekt	Unternehmen	Land	Status	Rohstoff	Verfahren	geplante Kapazität
Niederrhein	RWE Power AG/Latrobe Magnesium	Deutschland	in Erforschung	Filterasche	Hydromet	30.000 t
Kadapa	Tremag Alloys	Indien	in Planung	Dolomit	Pidgeon	50.000 t
Inwood	Gossan Resources	Kanada	In Planung	Dolomit	Zuliani	
Timmins	General Magnesium Corporation	Kanada	zurückgestellt	Talk-Magnesit		100.000 t
Danville	MagOne Products Inc.	Kanada	in Planung	Serpentinit-Tailings	Elektrolyse	5.000 t (bis 100.000 t möglich)
Driftwood Creek	MGX Minerals Inc.	Kanada	vorl. ökonom. Abschätzung	Magnesit		
Tash Kumyr	POSCO	Kirgistan	zurück- bzw. eingestellt			
Herøya	SilMag/ NorMag (HIP) und Enova	Norwegen	Suche nach Investoren	Olivin und Sekundärmaterial	Elektrolyse	65.000 t (inkl. 50.000 t primär)
Glomfjord	ScanMag AS	Norwegen	zurückgestellt	Dolomit		
Tami-Mosi	Nevada Clean Magnesium	USA	In Planung	Dolomit	Bolzano	30.000 t

2.4.3 Nachfrageentwicklung

Der wesentliche Treiber der zukünftigen Magnesiumnachfrage wird der Leichtbau sein. Der Trend hin zu Leichtbaumaterialien für unterschiedliche Anwendungsbereiche ist seit vielen Jahren zu verfolgen und hat den Magnesiumbedarf seit Anfang der 1990er Jahre um durchschnittlich ca. 5 % pro Jahr ansteigen lassen. Dieser Trend wird sich vermutlich fortsetzen, auch wenn momentan 2018/2019 ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist.

Aufgrund des zunehmenden Bedarfs der für den Leichtbau bedeutenden im Magnesium(druck-)guss gefertigten Produkte sowie der zunehmenden Aluminiumlegierungsproduktion wird in den nächsten Jahren der Magnesiumbedarf weiter steigen. Dies beruht auf der Annahme, dass vor allem der Transportsektor und hier insbesondere die Automobilindustrie in den nächsten Jahren vermehrt auf Magnesium- und Aluminiumlegierungen

zurückgreifen werden. Aber auch der Bedarf für Luft- und Raumfahrt, langlebige Konsumgüter (Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge etc.) oder Sportausrüstungen könnte mittelfristig ansteigen.

Nach der Entscheidung des EU-Parlaments Mitte Dezember 2018, dass der CO₂-Ausstoß von Neuwagen bis 2030 um 37,5 % im Vergleich zum Jahr 2021 sinken soll (u. a. ZEIT-ONLINE 2019), steht vor allem die europäische Automobilindustrie unter starkem Druck, das Gewicht ihrer Fahrzeuge und damit den CO₂-Ausstoß zu minimieren. Neben einer Gewichtsreduktion von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gilt es nun, den Anteil von Elektrofahrzeugen an der Gesamtflotte deutlich zu erhöhen. VW-Chef Herbert Diess kündigte beispielsweise nach der EU-Entscheidung umgehend an, den Anteil der Elektrofahrzeuge am Gesamtabsatz von VW bis zum Jahr 2030 auf 40 % steigern zu wollen (WAZ 2018). Inwieweit Elektrofahrzeuge Leichtbau benötigen, ist umstritten. Während eine

Untersuchung des „Center Automotive Research“ (CAR) aussagt, dass das Gewicht von Elektrofahrzeugen aufgrund der Rekuperation beim Bremsen kaum Bedeutung für die Reichweite hat (Studie der CAR Essen-Duisburg in VETTER 2017), gibt es andere Stimmen, die darauf hinweisen, dass Gewichtseinsparungen beispielsweise im Bereich der Karosserie zu einer Verminderung des Energiebedarfs führen. Ein leichteres Fahrzeug fährt demnach mit einer kleineren Batterie gleich weit wie ein schwererer PKW mit einer größeren Batterie (SCHIEFER 2018).

Es ist zu vermuten, dass die Veränderungen im Fahrzeugbau dazu führen werden, dass mehr Magnesium benötigt wird. Das Ausmaß dieser Veränderung ist allerdings sehr schwer abzuschätzen, da Magnesium(druck)gussteile teilweise mit Aluminiumlegierungen, Leichtbaustählen und anderen Leichtbaustoffen konkurrieren. Industrie-sektoren jenseits des Automobilbaus werden bis auf wenige Ausnahmen (s. o.) aufgrund der geringeren Wachstumsraten und des vergleichsweise geringen Bedarfs den Magnesiummarkt mittelfristig nicht wesentlich beeinflussen.

Zukünftige Entwicklung des Fahrzeugbaus

Magnesiumbauteile werden insbesondere in der amerikanischen Automobilindustrie und bislang etwas weniger in europäischen und chinesischen Fahrzeugen verwendet. Global geht man derzeit durchschnittlich von etwas mehr als 4,1 kg Magnesium pro PKW aus (Daten aus dem Jahr 2012 nach IMA 2017). Wie könnte vor diesem Hintergrund der Magnesiumbedarf im Automobilsektor in den nächsten Jahren aussehen?

Die mögliche globale Fahrzeugproduktion in den nächsten ca. 20 Jahren ist der Abb. 11 zu entnehmen. Sie basiert auf Daten des VDA (2018), IRLE (2018) und der DERA (2016). Die globale PKW-Produktion könnte von ca. 84 Mio. Fahrzeugen im Jahr 2016 auf etwa 113 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2025 und auf etwa 147 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2035 ansteigen. Die Anzahl der neu zugelassenen Elektrofahrzeuge wird vermutlich ebenfalls deutlich zunehmen, von ca. 1 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2017 auf etwa 7–12 Mio. Elektrofahrzeuge im Jahr 2025. Dies dürfte in etwa auch der Produktion an Elektrofahrzeugen in diesen Jahren entsprechen. Etwa die Hälfte der Produktion wird auf

China entfallen. Derzeit liegt das jährliche globale Wachstum der Elektrofahrzeugproduktion bei ca. 60 %. Allerdings ist es regional sehr unterschiedlich. In China beträgt das Wachstum ca. 100 %, in Europa und den USA ca. 40 % (IRLE 2018).

Mit diesen Annahmen wurden zwei Szenarien für den Magnesiumbedarf berechnet (Abb. 11):

- 1) Wenn der Bedarf an Magnesium pro Fahrzeug mit 4,1 kg in den nächsten Jahren konstant bliebe, würden im Jahr 2025 ca. 460.000 t und im Jahr 2035 etwa 600.000 t Magnesium für die Automobilindustrie benötigt. Dies entspräche einem jährlichen Wachstum von ca. 3 %.
- 2) Setzt man hingegen eine globale Steigerung des Magnesiumgehalts um insgesamt 40 % pro Fahrzeug bis 2025 voraus, bei einem derzeitigen durchschnittlichen Magnesiumgehalt von ca. 4,1 kg pro Fahrzeug (Daten aus dem Jahr 2012 nach IMA 2017), so entspräche dies einem Zusatzbedarf von ca. 1,6 kg pro PKW. In diesem Szenario würde bei einer Produktion von 113 Mio. Fahrzeugen der Magnesiumbedarf im Jahr 2025 auf ca. 650.000 t ansteigen und sich damit gegenüber 2016 für diesen Sektor fast verdoppeln. Hinzu kommen Nutzfahrzeuge, deren Produktion von derzeit ca. 3,3 Mio. Fahrzeugen (VDA 2018) ebenfalls bis 2025 deutlich steigen dürfte. Würde sich der Bedarf an Magnesium pro PKW zwischen 2025 und 2035 auf ca. 8 kg pro PKW weiter steigern, bei einer globalen Produktion von geschätzten 147 Mio. PKW, so würde der Bedarf bis zum Jahr 2035 auf ca. 1,2 Mio. t Magnesium für diesen Sektor ansteigen. Insgesamt entspräche dies einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 7 % zwischen 2016 und 2035 für diesen Sektor. Der Bedarf für den Automobilsektor im Jahr 2035 entspräche dann etwa 60 %–75 % der heutigen aktiven globalen Produktionskapazität.

Die Quellen der Daten zur Entwicklung des Fahrzeugbaus in Abb. 11 stammen aus den Jahren 2016 bis 2018. Die im Laufe des Jahres 2019 intensivierte Diskussion über den Klimawandel könnte möglicherweise jedoch den Trend hin zum Elektroauto verstärken, so dass der Bedarf und die Produktion dieser Fahrzeuge in den Szenarien deutlich unterschätzt wird. Es erscheint auch möglich, dass sich vermehrt Carsharing-Modelle oder andere Mobi-

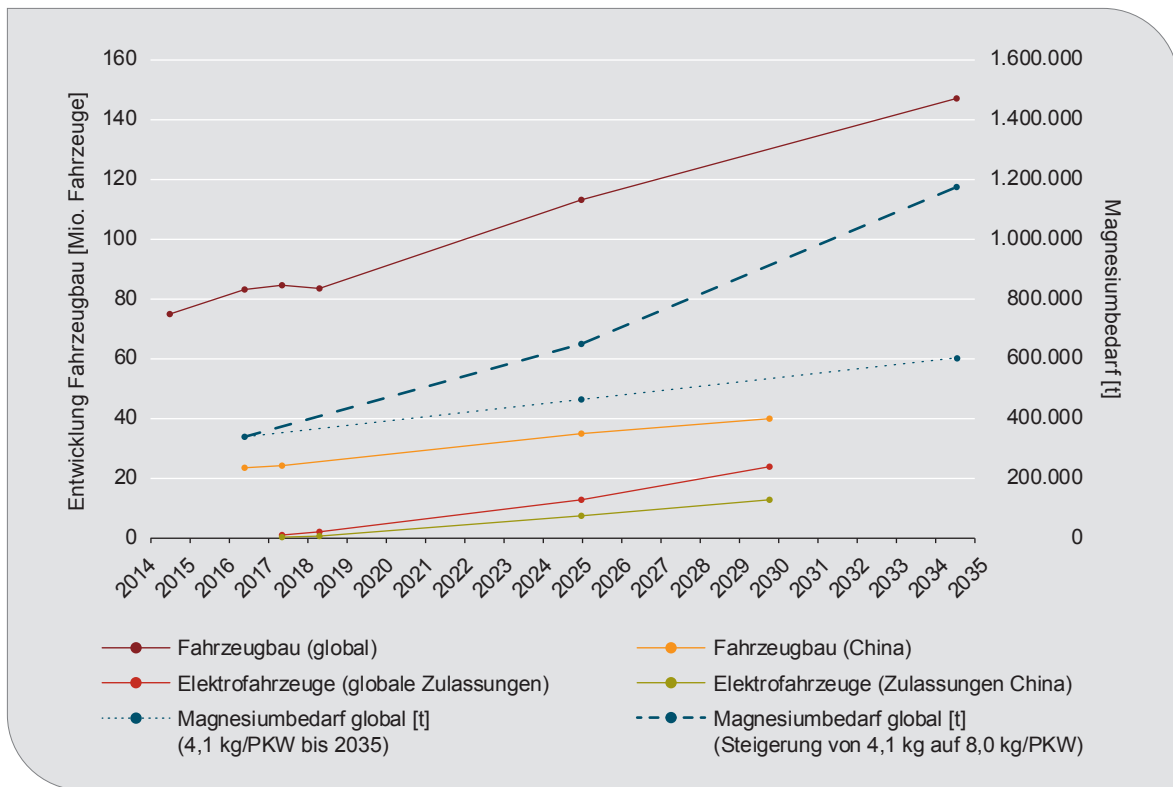


Abb. 11: Geschätzte Entwicklung des globalen Fahrzeugbaus und des Magnesiumbedarfs für den Fahrzeugbau (2014–2035, Entwicklung des Fahrzeugbaus nach Daten VDA 2018, DERA 2016, IRLÉ 2018, WYMAN 2018/Steigerung des Magnesiumbedarfs geschätzt)

litätskonzepte durchsetzen, wodurch die Fahrzeugproduktion weniger stark steigen könnte als angenommen.

Die „Chinesische Gesellschaft der Automobilingenieure“ hat im Jahr 2016 für China eine „Roadmap für energiesparende und neue Elektrofahrzeuge“ vorgelegt, die deutlich auf Magnesium in Fahrzeu-

gen setzt (in CHUNMING 2017/Tab. 16). Laut dieser Roadmap liegt in einer ersten Phase (Phase 1, 2016–2020) der Schwerpunkt des chinesischen Fahrzeugbaus auf der Verbesserung der Stahlqualität. In Phase 2 (2021–2025) sollen vermehrt bessere Mischungen von hochqualitativem Stahl (der dritten Generation) und vermehrt Aluminium in den Automobilen eingesetzt werden. Das Ziel

Tab. 16: Gewichtsreduktion und Leichtbaumaterialeinsatz für chinesische energiesparende und neue Elektrofahrzeuge nach der Roadmap der „Chinesischen Gesellschaft der Automobilingenieure“ (2016) (nach CHUNMING 2017)

	2020	2025	2030
Gewichtsreduktion (im Vergleich zu 2015)	10 %	20 %	35 %
Aluminiumlegierungen	190 kg/Fahrzeug	250 kg/Fahrzeug	350 kg/Fahrzeug
Magnesium	15 kg/Fahrzeug	25 kg/Fahrzeug	45 kg/Fahrzeug
Karbonfasern	mehr Einsatz	2 % der Fahrzeugmasse	5 % der Fahrzeugmasse
Hochfester Stahl	Stahl (AHSS) > 600 MPa mit 50 % Anteil	30 % der Fahrzeugmasse	Stahl > 2.000 MPa in erhöhten Anteilen

sind 250 kg Aluminium pro PKW. Magnesiumlegierungen und Kohlenstofffasern sollen ebenfalls verstärkt eingesetzt werden. Das Ziel liegt bei 25 kg Magnesium pro PKW im Jahr 2025. In Phase 3 (2026–2030) liegt der Schwerpunkt auf Magnesiumlegierungen und Kohlenstofffasern. Das Ziel sind 45 kg Magnesium und 5 % des Gewichts in Karbonfasern pro PKW. Sollte diese Roadmap auch nur in Teilen umgesetzt werden, so wäre mit einer deutlichen Zunahme der in der chinesischen Automobilindustrie verwendeten Magnesiummengen zu rechnen.

Errechnet man den zukünftigen Magnesiumbedarf für die chinesische Automobilindustrie gemäß den Zahlen der Roadmap für chinesische Elektrofahrzeuge, so könnte sich der Bedarf für diesen Sektor in den nächsten Jahren vervielfachen. Da mit einer Steigerung der chinesischen Produktion von Elektrofahrzeugen in China bis zum Jahr 2025 auf über 7 Mio. Fahrzeuge und bis zum Jahr 2030 auf mehr als 10 Mio. Fahrzeuge zu rechnen ist, würde dies bedeuten, dass der Bedarf an Magnesium für diesen Sektor in China bis zum Jahr 2030 von ca. 1.800 t (0,6 Mio. Elektrofahrzeuge in China) im Jahr 2025 auf etwa 185.000 t (7 Mio. Elektrofahrzeuge in China) und im Jahr 2030 bei mehr als 10 Mio. Elektrofahrzeugen auf etwa 600.000 t pro Jahr ansteigen würde. Dies entspräche einer CAGR von über 50 % zwischen 2016 und 2030. Der Anstieg des Bedarfs an Magnesium für PKWs gemäß der chinesischen Roadmap erscheint aus heutiger Sicht deutlich zu hoch. Sie weist jedoch auf den Willen Chinas hin, Magnesium vermehrt in diesem Sektor einzusetzen.

Zukünftige Entwicklung des globalen Magnesiumbedarfs

Die Impulse aus dem Automobilbau werden somit voraussichtlich zu einem weiteren deutlichen Wachstum des Magnesiumbedarfs führen. In diese Richtung weist auch der 13. Fünfjahresplan für die chinesische NE-Metallindustrie, herausgegeben vom chinesischen Ministerium für Industrie und Informationstechnologie (MIIT). Demnach könnte die chinesische Magnesiumnachfrage im Jahr 2020 um etwas mehr als 7 % pro Jahr von 532.000 t auf 750.000 t ansteigen. Die chinesischen Ausgangszahlen sind, wie in den vorangehenden Kapiteln dargelegt, umstritten, jedoch ist nicht zu bezweifeln, dass China weiterhin der

globale Treiber für den zunehmenden Bedarf an Magnesium sein wird.

Laut ROSKILL (2016) wird sich die jährliche Steigerung des globalen Magnesiumbedarfs zwischen 2015 und 2020 auf ca. 3,4 % pro Jahr belaufen. Hiernach läge der Bedarf 2020 bei ca. 1,17 Mio. t. CM (CLARK 2018) rechnet mit einer CAGR von 5,0 % bis zum Jahr 2025. Für das Jahr 2020 ergäbe sich damit eine Magnesiumnachfrage von ca. 1,13 Mio. t. Insgesamt sehen alle Analysten den größten Treiber der Magnesiumnachfrage im Bereich des Magnesium(druck)gusses und der Aluminiumlegierungsproduktion. Aufbauend auf den Steigerungsraten der vergangenen Jahre und Jahrzehnte berechnet die DERA ihr Szenario zur Marktdeckung bis zum Jahr 2025 mit jährlichen Steigerungsraten (CAGR) von 5,0 %, 7,0 % und 9,0 % (Tab. 17), wobei die Steigerungsrate von 5 % aufgrund der sich vermindernenden Weltkonjunktur und der rückläufigen Steigerungsraten in China derzeit am realistischsten erscheint.

Der Trend der Forschung im Magnesiumbereich geht in Richtung der Entwicklung neuer Legierungen und Formungsmöglichkeiten, um neue und breitere Anwendungsbereiche zu erschließen. Zudem wird intensiv an der Weiterentwicklung von Ofen- und Schmelztechnologien geforscht. Die Absicht Chinas, deutlich mehr Magnesium zu verwenden, ist daher auch an den Forschungsinvestitionen zu erkennen. Dies geht insbesondere aus der Finanzierung von drei Projekten des „National Key Research and Development Plan“ im Rahmen des 13. Fünfjahresplans hervor. 88 Mio. Yuan (ca. 11,5 Mio. €) werden in die Erforschung neuer hochqualitativer Magnesiumlegierungen investiert (CHUNMING 2017).

Mit Ausnahme der E-Mobilität (s. o.) sind derzeit keine neuen Technologien oder Treiber erkennbar, die in absehbarer Zeit die Nachfrage nach Magnesium deutlich verändern könnten. Inzwischen gibt es beispielsweise zwar zahlreiche Forschungsaktivitäten im Bereich der auf Magnesium basierenden Batterietechnologien, aber es ist noch kein Durchbruch absehbar. Im Vergleich zu Lithium kann Magnesium theoretisch dadurch, dass es zweifach positiv geladen ist, die doppelte Energiemenge bei gleichem Volumen speichern (ANALYTIK NEWS NACH Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA 2017). An der Universität Houston wurde zudem bereits ein Magnesiumak-

kumulator mit deutlich höherer Speicherkapazität und Energiedichte als der von kommerziellen Lithiumakkumulatoren entwickelt (HIGGELKE 2017). In Japan und China sind Notfallbatterien auf Magnesiumbasis im Falle von Naturkatastrophen bereits weit verbreitet. Diese Verwendung wird allerdings keinen großen Einfluss auf den Magnesiumbedarf haben. Bei allen Forschungsaktivitäten ist bislang nicht absehbar, ob eine der Ideen Marktreife erlangen und sich mittel- bis langfristig durchsetzen wird.

2.4.4 Marktdeckung bis zum Jahr 2025

Zur Berechnung der Marktdeckung für die Jahre 2016–2025 wird davon ausgegangen, dass die Nachfrage in etwa der Produktion entspricht und im Durchschnitt jährlich (CAGR) um 5 %, 7 % oder 9 % steigt. Aufgrund des chinesischen Konsolidierungskurses der letzten zwei Jahre wird in unserem Szenario („Worst-Case“) angenommen, dass die aktive chinesische Kapazität derzeit lediglich 1,3 Mio. t beträgt. Die globale Kapazität würde demnach ca. 1,584 Mio. t betragen (Tab. 17). Der Begriff „Worst-Case“ bezieht sich in diesem Szenario auf die vergleichsweise geringen globalen Kapazitäten. Die bestehenden Kapazitäten umfassen auch Werke außerhalb Chinas, die derzeit stillgelegt sind. Diese Kapazitäten liegen bei einer Gesamtmenge von ca. 30.000 t (Malaysia, Südkorea, Iran, Serbien, Indien). Sie wurden in die Berechnung einbezogen, da davon auszugehen ist, dass sie bei deutlichen Preissteigerungen zumindest teilweise wieder in Betrieb gehen würden.

Es wird insgesamt mit einem Zuwachs der Kapazitäten von 2016 bis zum Jahr 2025 von 284.000 t gerechnet. Hiervon sind 220.000 t chinesische Kapazitäten. Außerhalb Chinas kommen insgesamt noch einmal etwa 64.500 t der Projekte in Kanada

(50.000 t) und Australien (3.000 t) sowie die bereits fertiggestellte Erweiterung der Kapazität in der Türkei von 3.500 t auf 15.000 t hinzu. Dies bedeutet, die globalen Kapazitäten lägen im Jahr 2025 in unserem Szenario bei ca. 1,87 Mio. t (Tab. 17).

Worst-Case-Szenario

Das „Worst-Case-Szenario“ (Abb. 12) zeigt, dass ein Nachfragewachstum von 5 % in den nächsten Jahren durch die Kapazitäten gut gedeckt werden kann (MzK: 23 % Kapazitätsüberschuss).

Läge das Wachstum bei 7 %, so wäre dies als mäßig kritisch einzustufen (MzK: 9 % Kapazitätsüberschuss), da 91 % der Kapazitäten bereits benötigt würden und somit nur wenig Spielraum für eine weitere Steigerung bestünde. Läge die Nachfragesteigerung im Bereich von durchschnittlich 9 % pro Jahr, so wäre in diesem Szenario davon auszugehen, dass es ab dem Jahr 2022 zu Engpässen auf den Märkten kommen könnte, da der Bedarf die Kapazitäten überstiege. Das Defizit läge im Jahr 2025 dann bei ca. 8 % (MzK: –8 % Kapazitätsdefizit). Es ist allerdings anzumerken, dass in diesem Falle, bei vermutlich steigenden Preisen, noch zahlreiche zurzeit inaktive Kapazitäten in China reaktiviert und auch Projekte außerhalb Chinas verstärkt fertiggestellt würden und in Produktion gingen (Abb. 12). Diese abfedernde Wirkung kann das Szenario nicht abbilden.

Szenarien sind folglich mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet. Aufgrund des Konsolidierungskurses der Regierung in China ist nur sehr schwer abzuschätzen, wie sich die Kapazitäten dort zukünftig tatsächlich entwickeln werden. 2019 wurde durch den chinesischen Staatsrat angekündigt, dass u. a. zahlreiche Dolomitlagerstätten stillgelegt bzw. aufgrund von Sicherheitsdefiziten

Tab. 17: DERA „Worst-Case-Szenario“ (der CAGR bezieht sich auf das Wachstum der globalen Nachfrage im Betrachtungszeitraum)

CAGR	Zeitraum	2016		2025		
		Kapazität	Nachfrage	Kapazität	Nachfrage	Marktdeckung
5,0 %	2016–2025	1,584 Mio. t	927.000 t	1,87 Mio. t	1,44 Mio. t	23 %
7,0 %	2016–2025	1,584 Mio. t	927.000 t	1,87 Mio. t	1,70 Mio. t	9 %
9,0 %	2016–2025	1,584 Mio. t	927.000 t	1,87 Mio. t	2,01 Mio. t	–8 %

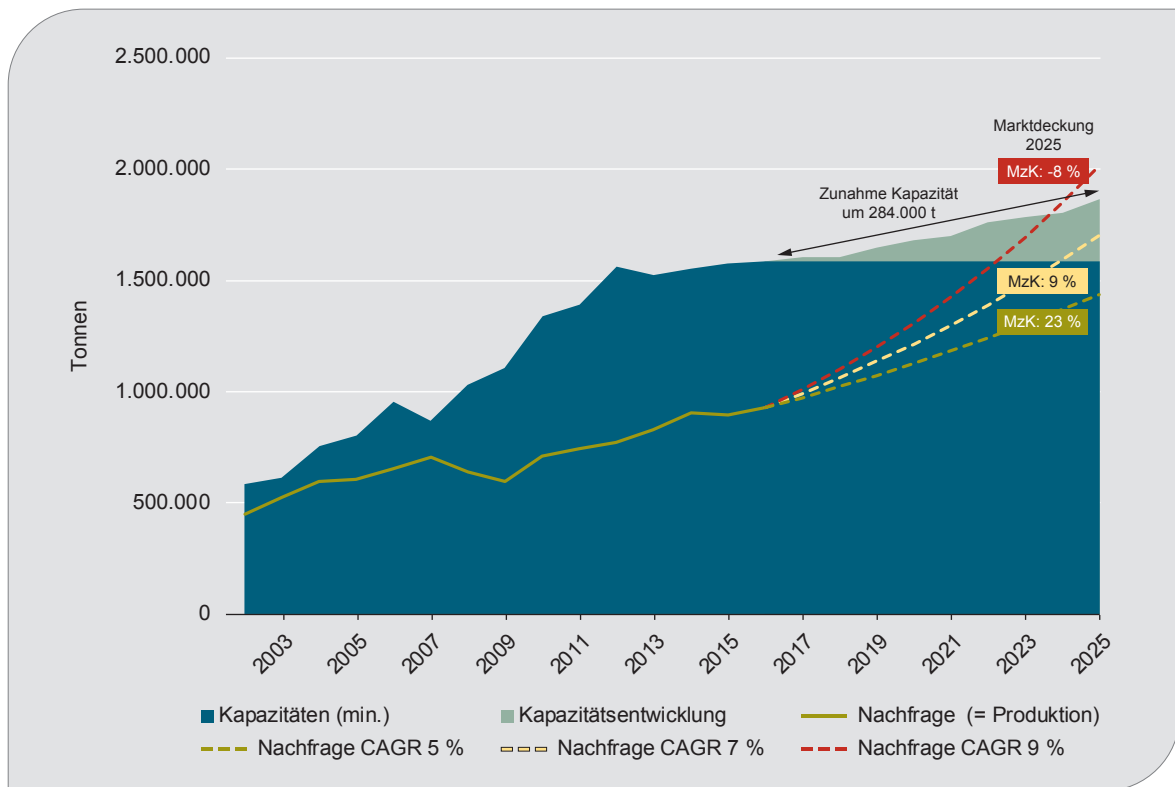


Abb. 12: „Worst-Case-Szenario“ der Kapazitätsauslastung (Entwicklung der chines. Kapazitäten berechnet auf Grundlage ROSKILL 2016, MzK = zukünftige Marktdeckung in % bezogen auf Angebot = Kapazitäten)

vorübergehend geschlossen werden sollen (LEUNG 2019a). Der Gesamtumfang der Umwälzung ist derzeit nur schwer einzuschätzen. Die nächsten ein bis zwei Jahre werden hierüber wohl Aufschluss geben. Der Aufstieg der Provinz Shaanxi innerhalb von kurzer Zeit zum größten Magnesiumproduzenten Chinas ist bereits Teil eines Umbruchs. Geht dieser längerfristig einher mit einem deutlichen Rückgang der chinesischen Kapazitäten, so würde der chinesische Konsolidierungskurs und damit auch das Versorgungsrisiko – selbst im vorliegenden „Worst-Case-Szenario“ – unterschätzt. Dies erscheint momentan jedoch wenig wahrscheinlich. Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der chinesischen Datenlage ist jedoch ebenso anzumerken, dass, sollte die aktive chinesische Kapazität bereits heute bei deutlich höheren Werten als 1,3 Mio. t liegen, selbst eine Bedarfssteigerung von 9 % pro Jahr bis zum Jahr 2025 voraussichtlich gut aufgefangen werden könnte.

Im „Worst-Case-Szenario“ besitzt der HHI bei der dort skizzierten Entwicklung im Jahr 2025 etwa einen Wert von 6.662, das GLR läge bei -0,29.

Sind die chinesischen Kapazitäten doch größer, als im „Worst-Case-Fall“ angenommen, so wäre der HHI aufgrund des größeren chinesischen Anteils an den globalen Kapazitäten noch höher und auch das GLR noch etwas weiter im negativen Bereich. Hier wird deutlich, dass Magnesium in Bezug auf die geopolitischen Risiken auch zukünftig als potenziell kritisch einzustufen ist.

Deutsche Unternehmen sollten die Entwicklung in China in den nächsten Jahren besonders intensiv beobachten. Der bedeutendste Risikofaktor des Magnesiummarkts, die starke Konzentration der Produktion auf China bleibt langfristig bestehen. Innenpolitische Maßnahmen in China werden sich daher auch in den nächsten Jahren direkt auf den globalen Magnesiummarkt auswirken.

3 Fazit

Obwohl Magnesium ein häufiges Element in der Erdkruste und global gesehen weit verbreitet ist, weist die Produktion doch eine hohe Länderkonzentration und ein erhöhtes gewichtetes Länderisiko auf. Die Untersuchung der Preis- und Lieferrisiken zeigt, dass die größten Risiken in der nur wenig kalkulierbaren Kapazitätsentwicklung und der hohen Konzentration der Produktion in China liegen. Selbst wenn einige Projekte außerhalb Chinas das Produktionsstadium erreichen, wird sich aufgrund der Konzentration der Kapazitäten in China an der dominanten Stellung des Landes im Magnesiummarkt kaum etwas ändern, weshalb sich die Länderkonzentration und das gewichtete Länderrisiko für den Magnesiummarkt auch längerfristig kaum reduzieren werden.

Es gibt zudem Hinweise darauf, dass sich die chinesische Magnesiumproduktion weiter konsolidieren und verändern wird. Wie stark diese Veränderungen ausfallen werden, ist von den weiteren innenpolitischen Maßnahmen der Regierung und deren Umsetzung in den Provinzen abhängig. Bereits in den vergangenen zwei bis drei Jahren haben sich zwischenzeitlich im Rahmen der Umsetzung von Einzelmaßnahmen in China die Preisvolatilitäten, aber auch die Preise für Magnesium erhöht und zahlreiche Produzenten mussten aufgeben bzw. ihre Anlagen umrüsten. Es ist somit davon auszugehen, dass sich die Überkapazitäten in China mittelfristig etwas verringern werden.

Die Projekte in den USA, Kanada und Australien haben eher den amerikanischen oder asiatischen Markt im Blick, insbesondere aufgrund des höheren erzielbaren Magnesiumpreises, ausgelöst durch die amerikanischen Antidumping-Zölle vor allem auf chinesische Importe. Die für Deutschland und Europa interessanten Projekte in der Türkei und dem Iran liegen in Ländern mit ebenfalls erhöhten Länderrisiken. Während die iranische Produktion stillzustehen scheint, wurde die türkische Produktion zwischenzeitlich wieder aufgenommen. Aufgrund der politischen Entwicklung in diesen Ländern sind Importe von dort jedoch auch mit erhöhten Preis- und Lieferrisiken behaftet. Somit wird Europa weiterhin stark von China abhängig sein.

Das Recycling bietet eine Basis der Versorgung der europäischen Industrie, jedoch nur in geringem

Maße für den Magnesium(druck)gussbereich, da das Recycling von EOL-Magnesium im Wesentlichen über den Aluminiumpfad oder bei der Entschwefelung von Metallschmelzen erfolgt. Das Magnesium ist hier für den Magnesiumkreislauf jedoch verloren. Damit ist die europäische Industrie bei der Produktion von Magnesiumstrukturbauteilen weiterhin auf Magnesiumimporte angewiesen und direkt oder indirekt von China abhängig. Der Einsatz und die Verwertung von Neuschrott aus der Produktion helfen, das importierte Magnesium möglichst umfassend zu verwerten, verringern aber nicht wesentlich die Abhängigkeit von Importen und damit das Versorgungsrisiko.

Deutsche Unternehmen sollten in den nächsten Jahren vor allem den chinesischen Markt besonders aufmerksam verfolgen. Veränderungen in den chinesischen Kapazitäten und Handelsbeschränkungen einzelner Länder, wie etwa die Ankündigung des Importstopps von Magnesiumabfällen und -schrotten nach China Ende 2019 durch den chinesischen Staat, dürften sich auch auf den europäischen Magnesiummarkt auswirken. Vor diesem Hintergrund ist es für deutsche Unternehmen interessant, die Entwicklungen europäischer Projekte beispielsweise in Norwegen oder in der Türkei weiter zu verfolgen. Ein erfolgreiches größeres Projekt in der EU oder andernorts in Europa würde die Versorgungssicherheit in Hinblick auf die Konzentrationstendenz und möglicherweise auch die Länderrisiken zumindest etwas minimieren.

4 Literaturverzeichnis

ALLIANCE MAGNESIUM (2017): Internetauftritt Alliance Magnesium. – URL: <http://alliancemagnesium.com> [Stand: 12.01.2018].

ALLIANCE MAGNESIUM (2018): Alliance Magnesium receives \$30.9 Million in financing from the government of Quebec for its first commercial phase. – Pressemitteilung Alliance Magnesium vom 21.08.2018. – URL: <http://alliancemagnesium.com/alliance-magnesium-receives-30-9-million-in-financing-from-the-government-of-quebec-for-its-first-commercial-phase/> [Stand: 22.08.2018].

ANALYTIK NEWS (2017): Batterien künftig mit Natrium und Magnesium statt Lithium? – Analytik News – das Online Labormagazin, 08.05.2017; nach Artikeln der Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA). – URL: <https://www.analytik-news.de/Presse/2017/268.html> [Stand 02.07.2018].

ANDERSON J. W. (2005): For Dead Sea, a slow and seemingly inexorable death. – Washington Post foreign service, 19. Mai 2005. – URL: <https://www.iatp.org/news/for-dead-sea-a-slow-and-seemingly-inexorable-death> [Stand 22.08.2018].

ANTAIKE (2017): Yearbook of Chinese magnesium industry 2016. – Beijing Antaika Information Development Co. Ltd.: 46 S.; Beijing.

ASIAN METAL (2019): Magnesium industry annual report 2018. – Asian Metal 21.02.2019.

BAIJIE A. (2016): Xi: Natural resources must be safeguarded. – China Daily Asia, Wednesday, August 24, 2016. – URL: http://www.chinadailyasia.com/nation/2016-08/24/content_15483825.html [Stand: 10.02.2017].

BAKER P. E. (2016): Pidgeon or electrolytic; the choice for modern China. – Vortrag Hatch Light Metals auf der 73. Conference der International Magnesium Association, Rom, 2016, unveröffentl.

BDGUSS – BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GIEßEREI-INDUSTRIE (2018): Magnesium-Druckguss in Europa. – 26. Magnesium Automotive und Abnehmer-Seminar 2018, Düsseldorf, unveröffentl. Vortrag.

BGR-BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (o. J.): Fachinformationssystem Rohstoffe. – Hannover, unveröffentl. [Stand 10.01.2019].

BGR-BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2018): Deutschland – Rohstoffsituation 2017. – 190 S.; Hannover. – URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [Stand: 05.07.2019].

BRAY E. L. (2017a): Magnesium. – USGS Minerals Year Book 2015. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/myb1-2015-mgmet.pdf> [Stand: 03.03.2017].

BRAY E. L. (2017b): Magnesium Metal. – USGS Mineral Commodity Summaries 2017. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mcs-2017-mgmet.pdf> [Stand 17.01.2018].

BRAY E. L. (2018): Magnesium Metal. – USGS Mineral Commodity Summaries 2018. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mcs-2018-mgmet.pdf> [Stand 19.04.2018].

CHEPRASOV N., VYDRIN V. & MELNIKOV D. (2017): Use of magnesium in titanium production at Solikamsk magnesium works. – Vortrag der Solikamsk Magnesium Works auf der 74. Conference der International Magnesium Association, Singapur, 2017. – URL: https://cdn.ymaws.com/www.intlmag.org/resource/resmgr/conf2017/S1-Sprk4-Cheprasov_EN.pdf [Stand 11.01.2019].

CHINESISCHE GESELLSCHAFT DER AUTOMOBILINGENIEURE (2016): Technology roadmap for energy saving and new energy vehicles. – zitiert in CHUNMING D. (2017): Development status and prospect of China's magnesium industry and market. – Vortrag auf der 74. Conference der International Magnesium Association, Singapur, 2017. – URL: https://cdn.ymaws.com/www.intlmag.org/resource/resmgr/conf2017/S4-Sprk1_DongChunming_EN.pdf [Stand 11.01.2019].

CHUNMING D. (2017): Development status and prospect of China's magnesium industry and market. – Vortrag auf der 74. Conference der International Magnesium Association, Singa-

pur, 2017. – URL: https://cdn.ymaws.com/www.intlmag.org/resource/resmgr/conf2017/S4-Spkr1_DongChunming_EN.pdf [Stand 11.01.2019].

CLARK A. (2017): Global primary magnesium supply and demand balance 2016. – Vortrag der CM Group auf der 74. Conference der International Magnesium Association, Singapur, 2017. – URL: https://cdn.ymaws.com/www.intlmag.org/resource/resmgr/conf2017/S1-Spkr1_AlanClark_EN.pdf [Stand 11.01.2019].

CLARK A. (2018): Global primary magnesium supply demand balance and outlook. – Vortrag der CM Group auf der 75. Conference der International Magnesium Association, New Orleans, USA, 2018. – URL: <https://cdn.ymaws.com/www.intlmag.org/resource/resmgr/conf2018/session1-4-clark-alan.pdf> [Stand 12.11.2018].

DERA – DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR (2013): Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen. – DERARohstoffinformationen, 17: 126 S.; Berlin. – URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-17.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [Stand 30.11.2017].

DERA – DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. – DERA Rohstoffinformationen, 28: 360 S.; Berlin. – URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_Zukunftstechnologien-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=5 [Stand 30.11.2017].

DESTATIS – STATISTISCHES BUNDESAMT (2017/2018): Genesis-Online. – URL: <https://www.genesis.destatis.de/genesis/online> [Stand 01.12.2018].

DING HE MINING HOLDINGS LTD. (2017): Strategic cooperation letter of intent. – URL: <http://www.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2017/0807/LTN20170807221.pdf> [Stand 07.08.2017].

EHRENBERGER S. (2013): Life cycle assessment of magnesium components in vehicle construction. – Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt DLR im Auftrag der IMA: 102 S. – URL: http://c.ymcdn.com/sites/intlmag.site-ym.com/resource/resmgr/docs/lca/2013IMA_LCA_Report_Public.pdf [Stand 06.02.2017].

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (o.J.): Superfund Site: US Magnesium Tooele County, UT - Cleanup Activities. – URL: <https://cumulis.epa.gov/supercpad/SiteProfiles/index.cfm?fuseaction=second.cleanup&id=0802704> [Stand: 12.07.2019].

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2015): Phase 1A-B Remedial Investigation Sampling and Analysis Plan for 1) Chemicals of Potential Concern in Soil, Sediment, and Solid Wastes in PRI Areas 1 and 3 through 7; 2) Preliminary Site Characterization Mapping of PRI Areas 1 and 3 through 7; and 3) Background Chemical Assessment of Biotic Reference Areas for Sitewide Ecological Risk Assessment. – URL: <https://sempub.epa.gov/work/08/1622672.pdf> [Stand: 08.02.2017].

ESAN ECZACIBAŞI GROUP (o. J.): Esan Magnesium – The only in Turkey and Europe. – Internetauftritt der Esan Eczacibaşı Group. – URL: <http://www.esanmagnezyum.com/en/index.html> [Stand 11.08.2017].

ESAN ECZACIBAŞI GROUP (2016): Eczacibaşı Group Esan 2016. – Vortrag auf der 73. Conference der International Magnesium Association, Rom, 2016, unveröffentl.

EUROPEAN COMMISSION (2017): Study on the review of the list of critical raw materials – critical raw materials factsheets. – Deloitte Sustainability, British Geological Survey (BGS), Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) for Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs; Directorate Industrial Transformation and Advanced Value Chains, Unit C2 – Resource Efficiency and Raw Materials. – URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en> [Stand 30.11.2017].

GUSS-EINKAUF (o. J.): Magnesiumlegierungen – eine Übersicht. – URL: <http://gusseinkauf.de/magnesiumlegierungen/> [Stand 23.11.2018].

GRENHAM R. (2018): Mg imports from Israel threaten to injure US industry: US iTC. – Platts Metals Daily, Vol. 7, Issue 242: 10.

- GRUBER M. (2019): Die Magnesiumelektrolyse in Golmud (China) – aktueller Stand zu Technologie, Kapazität und Produktion. – Vortrag der Magontec GmbH auf dem DERA Industrieworkshop zur Verfügbarkeit von Magnesium (Metall). – URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/vortrag_magnesium_gruber.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 12.07.2019].
- HÄUSSER I. & ELLMIES R. (2000): Magnesium – Das Leichtgewicht unter den Metallen – Renner für die Metallindustrie im neuen Jahrtausend? – *CommodityTopNews*, 11:11 S.; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover. – URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/11_magnesium.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 06.02.2017].
- HERØYA INDUSTRIPARK (2017): Herøya could be the first in the world with CO₂-free magnesium production. – Pressemitteilung des Herøya Industriparks, 8. September, 2017. URL: <https://eng.heroyaindustripark.no/latest-news/heroyea-could-be-the-first-in-the-world-with-co2-free-magnesium-production> [Stand: 14.01.2018].
- HIGGELKE R. (2017): Durchbruch bei Magnesium-Akkus? – *Design & Elektronik*, 29.08.2017. – URL: <https://www.elektroniknet.de/design-elektronik/power/durchbruch-bei-magnesium-akkus-145018.html> [Stand 02.07.2018].
- IHS MARKIT INC. (2019): Global Trade Atlas. – URL: <https://www.gtis.com/gta/> [Stand: 05.2019].
- IKENSON D. (2011): Death by antidumping. – *Forbes*, 3. Januar, 2011. – URL: <https://www.forbes.com/sites/beltway/2011/01/03/death-by-antidumping/#62b861671df0> [Stand: 20.06.2017].
- IMA – INTERNATIONAL MAGNESIUM ASSOCIATION (2017): Magnesium Recycling in the EU. – URL: http://cymcdn.com/sites/www.intlmag.org/resource/resmgr/sustainability/FullRprt_EU-Mg-recycling_201.pdf [Stand 03.11.2017].
- IRLE R. (2018): Global Plug-In sales in the 1st half of 2018. – *EVvolumes.com*. – URL: <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/> [Stand 10.01.2019].
- JAFAROVA A. (2013): South Korea's POSCO to build magnesium plant in Kyrgyzstan. – *Azernews*, 14. Juni 2013. – URL: <https://www.azernews.az/region/55454.html> [Stand 11.07.2019].
- JSC SOLIKAMSK MAGNESIUM WORKS (2018): Annual Report 2017. – URL: <http://xn--g1ajo.xn--p1ai/raport/2018/itog2017/6985.pdf> [Stand 20.08.2018].
- KAR MINERAL MADENCILIK (2019): Internetauftritt der KAR Mineral Madencilik. – URL: <https://www.karmadencilik.com.tr/en> [Stand 19.07.2019].
- KRAMER D. A. (2011): Magnesium Metal. – *USGS Mineral Commodity Summaries 2011*. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mcs-2011-mgmet.pdf> [Stand: 08.01.2019].
- KUMAR V. R. (2017): Tata Chem, Tremag Alloys get AP govt. nod to set up two mega projects. – *The Hindu Business Line*, 21. April, 2017 – überarbeitet am 15. Januar 2018. – URL: <https://www.thehindubusinessline.com/news/national/tata-chem-tremag-alloys-get-ap-govt-nod-to-set-up-two-mega-projects/article9656933.ece> [Stand 11.07.2019].
- LARSEN L. (2015): As Great Salt Lake shrinks, fate of nesting pelicans unknown. – *Standard Examiner*, 11. Oktober, 2015. – URL: <http://www.standard.net/environment/2015/10/11/As-Great-Salt-Lake-shrinks-fate-of-nesting-pelicans-unknown> [Stand: 03.03.2017].
- LARSEN L. (2016): Mineral extraction on Great Salt Lake has local, national and global impact. – *Standard Examiner*, 1. Mai, 2016. – URL: <http://www.standard.net/Environment/2016/05/01/Great-Salt-Lake-provides-significant-portion-of-national-global-commodities> [Stand: 03.03.2017].
- LATROBE MAGNESIUM LTD. (2018): Quarterly Activities Report. – Report vom 31. März 2018. – URL: <https://latrobemagnesium.com/wp-content/uploads/1792690.pdf> [Stand 06.07.2019].
- LEE W. (2019): Seasonal maintenance supporting Chinese magnesium prices: CNIA. – *Platts Metals Daily*, Vol. 8, Issue 138: 7.

- LEUNG J. (2017): Century Sunshine to complete Xinjiang Mg expansion by Dec. – *Platts Metals Daily*, Vol. 6, July 18: 6–7.
- LEUNG J. (2018): China's 2017 refined magnesium output up 4%: CNIA. – *Platts Metals Daily*, Vol. 7, Issue 26: 7.
- LEUNG J. (2019a): China to shut 1,000 nonferrous mines by end-2019 on safety grounds. – *Platts Metals Daily*, Vol. 8, Issue 107: 1, 11–12.
- LEUNG J. (2019b): Nanjing forecast lower 2020 Chinese magnesium prices. – *Platts Metals Daily*, Vol. 8, Issue 121: 7.
- LOW E. (2017): China Mg export offers soften further amid weak demand. – *Platts Metals Daily*, Vol. 6, Issue 207: 9.
- MAGONE PRODUCTS INC. (o. J.): Internetauftritt der MagOne Products Inc. – URL: <http://www.magone-products.com/> [Stand 11.07.2019].
- MAGONTEC (2017): Magontec – Increasing production to service growth markets. – *Resource Global Network*, Vol. 4,1:176–185. – URL: <http://resourceglobalnetwork.com/images/magazines/v4i1/#p=1> [Stand: 06.02.2017].
- McBETH K. (2018): Commerce initiates magnesium trade cases against Israel. – *Platts Metals Daily*, Vol. 7, Issue 226: 8.
- McBETH K. (2018a): Dead Sea tells ITC US magnesium's injury was not from its imports. – *Platts Metals Daily*, Vol. 7, Issue 225: 1, 6–7.
- McBETH K. (2018b): US magnesium prices rise after ITC continues case. – *Platts Metals Daily*, Vol. 7, Issue 247: 9–11.
- McBETH K. (2019): Dead Sea Magnesium hit with 193,24 % preliminary US antidumping duty. – *Platts Metals Daily*, Vol. 8, Issue 128, S. 7.
- McBETH K. (2019a): Turkish magnesium plant sends first US shipment to offset potential supply shortfall. – *Platts Metals Daily*, Vol. 8, Issue 141: 1, 8–9.
- McBETH K. (2019b): Israel's DSM, US Magnesium may be closer to suspending trade cases. – *Platts Metals Daily*, Vol. 8, Issue 178: 1, 12–13.
- MEYRING G. (2017): Rohstoff Magnesium – Unschlagbares Leichtgewicht. – *technik-einkauf.de*, 4.Oktober, 2017. – URL: <https://www.technik-einkauf.de/ratgeber/rohstoffe/rohstoff-magnesium-unschlagbares-leichtgewicht-115.html> [Stand 12.07.2019].
- MG-SERBIEN (o. J.): Internetauftritt Mg-Serbien. – URL: <http://mg-serbien.com/> [Stand 18.01.2017].
- MGX MINERALS INC. (2018): MGX Minerals provides DriftwoodCreekmagnesiumupdate; engages Hatch Ltd. for pre-feasibility study analysis and reports regional exploration results. – *Pressemitteilung* vom 9. Juli 2018. – URL: <https://www.mgxminerals.com/investors/news/2018/375-mgx-minerals-provides-driftwood-creek-magnesium-update-engages-hatch-ltd-for-pre-feasibility-study-analysis-and-reports-regional-exploration-results.html> [Stand 11.07.2019].
- MINENPORTAL.DE (2013): Nevada Clean Magnesium and ScanMag AS meet in Norway to advance plans for producing magnesium metal for North American and European industrial markets. – *minenportal.de*, 10. Dezember, 2013. – URL: <https://www.minenportal.de/artikel.php?sid=98014&lang=en> [Stand 11.07.2019].
- MIN-HEE J. (2019): POSCO pulls out of magnesium business. – *Business Korea*, 8. April, 2019. – URL: <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=30660> [Stand: 13.09.2019]
- NDRC–NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION & SOA–STATE OCEANIC ADMINISTRATION (2016): 13. Nationaler Fünfjahresplan für die Nutzung von Meerwasser. – URL: <http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201612/W020161230504474078661.pdf> [Stand: 05.12.2018].
- RABINOVITCH A. (2018): Israel seeks early re-tender of mining rights to shore up Dead Sea. – *Reuters Business News*, 12. August, 2018. – URL: <https://www.reuters.com/article/us-israel-deadsea-mining-insight/israel-seeks-early-re-tender-of-mining-rights-to-shore-up-dead-sea-idUSKBN1KX065> [Stand 16.08.2018].

- RHOMBERG A. & BILJAN S. (2016): Blast furnace iron production and usage of magnesium for desulphurization. – Vortrag auf der 73. Conference der International Magnesium Association, Rom, 2016, unveröffentl.
- RIMA-GROUP (2018): Magnesium Division. – Internetauftritt der RIMA-Group. – URL: <http://www.rima.com.br/eng/htmls/rima-magnesium-division.php> [Stand: 19.01.2018].
- RÖSLER H. J. (1991): Lehrbuch der Mineralogie. – 5. unveränderte Auflage: 844 S.; Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie; Leipzig.
- ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (2016): Magnesium Metal. – Global Industry, Markets & Outlook, 12th Edition: 320 S.; London.
- RUHAI L. (2018): Evolution of the Chinese magnesium industry in 2017. – Vortrag auf der 75. Conference der International Magnesium Association, New Orleans, USA, 2018. – URL: <https://cdn.ymaws.com/www.intlmag.org/resource/resmgr/conf2018/session3-1-lin-ruhai.pdf> [Stand 18.07.2019].
- SCHARF C. & DITZE A. (2008): Recycling of magnesium. – 183 S; Papierflieger Verlag; Clausthal Zellerfeld.
- SCHIEFER U. W. (2018): Leichtbau ohne Wirkung beim Elektroauto. – Kommentar. – In: Pratz S. (2017): Natürlich braucht das E-Auto Leichtbau. – Automobil-Industrie, 14. Februar, 2018. – URL: <https://www.automobil-industrie.vogel.de/natuerlich-braucht-auch-das-e-auto-leichtbau-a-686449/> [Stand: 18.06.2019].
- SOUTHERN MAGNESIUM AND CHEMICALS LTD. (o. J.): Overview/History. – Internetauftritt der Southern Magnesium & Chemicals Ltd. – URL: <http://www.southernmagnesium.com/> [Stand 11.07.2019].
- TAUBER M. (2016): Next generation of sustainable Mg primary production. – Vortrag auf der 73. Conference der International Magnesium Association, Rom, 2016, unveröffentl.
- TRIPP T. G. (2009): Production of magnesium from Great Salt Lake, Utah USA. – Natural Resources and Environmental Issues, Vol. 15, Saline Lakes around the world: Unique systems with unique values, Article 10. URL: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1308&context=nrei> [Stand: 21.03.2018].
- TSE P.-K. (2013): Australia. – In: U.S. Department of the interior & U.S. Geological Survey: Minerals Yearbook, Area Reports: International 2011 – Asia and the Pacific, Volume III: 3.1–3.12; United States Government Printing Office; Washington.
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2011): Recycling Rates of Metals – A Status Report. – A Report of the Working Group Global Metal Flows in the International Resource Panel. Graedel, T. E., Allwood, J., Birat, J.-P., Reck, B. K., Sibley, S. F., Sonnemann, G., Buchert, M. & Hage-lücken, C.: 44 S. – URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/recycling-rates-metals> [Stand: 12.07.2019].
- US MAGNESIUM LLC (2018): Internetauftritt der US Magnesium LLC. – URL: <http://usmagnesium.com/> [Stand 12.07.2018].
- UST-KAMENOGORSK TITANIUM-MAGNESIUM-WERKE JSC (o. J.): Internetauftritt der Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium-Werke JSC. – URL: <http://www.uktmp.kz/en> [Stand 12.07.2019].
- VDA – VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE (2018): Automobilproduktion. – Internetauftritt des Verbandes der Automobilindustrie. – URL: <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html> [Stand: 29.03.2018].
- VETTER P. (2017): Leichtbau fällt nicht schwer ins Gewicht. – Welt am Sonntag, Nr. 49, 3. Dezember 2017: 36. – URL: https://www.uni-due.de/~hk0378/publikationen/2017/20171203_WAMS.pdf [Stand: 13.09.2019]
- VSMPO-AVISMA (o. J.): Internetauftritt der VSMPO-Avisma. – URL: <http://www.vsmo.ru/en> [Stand:12.07.2019].
- WATANABE M. (2018): China ferrosilicon producers call for export tax on silica feedstock and cut in FeSi export duty to 10 %. – Platts Metals Daily, Vol. 7, Issue 233: 1, 8.
- Weiser M. (2016): Bear River: The biggest dam project you've never heard of. – Water Deeply, 29. August, 2016. URL: <https://www.newsdeeply.com/>

water/articles/2016/08/29/bear-river-the-biggest-dam-project-youve-never-heard-of
[Stand 03.03.2017].

WAZ-WOLFSBURGER ALLGEMEINE ZEITUNG-ONLINE (2018): VW-Chef Diess kündigt verschärftes Umbauprogramm für Konzern an. – Wolfsburger Allgemeine Zeitung-Online, 18. Dezember 2018. – URL: <https://www.waz-online.de/Wolfsburg/Volkswagen/VW-Chef-Diess-kuendigt-verschaerftes-Umbauprogramm-fuer-Konzern-an>
[Stand 08.07.2019].

WORLD BANK GROUP (2017): Worldwide Governance Indicators. – URL: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/#home> [Stand: 04.2018].

WYMAN O. (2018): Fast 2030 – Future Automotive industry structure until 2030. – Vortrag zu einer Studie der Marsh & McLennon Companies im Auftrag des VDA. – URL: https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/Iberia/Publications/FAST_2030.pdf [Stand 10.11.2019]

YEE A. (2018): Stronger yuan underpins Chinese magnesium export offers. – Platts Metals Daily, Vol. 7, Issue 24: 12.

ZAPOROZHYE TITANIUM & MAGNESIUM COMBINE LTD. (2015): In 2014 „ZTMC“ increased production of deeper redistribution – Titanium Ingots. – Pressemitteilung ZTMC, 2. Februar 2015. – URL: <http://ztmc.zp.ua/en/press-center/press-releases/409-in-2014-qztmlcq-increased-production-of-deeper-redistribution-titanium-ingots>
[Stand 03.02.2015].

ZEIT-ONLINE (2019): EU-Parlament beschließt strengere Klima-Regeln für Autos. – Zeit-Online, 27. März 2019. – URL: <https://www.zeit.de/news/2019-03/27/eu-parlament-beschliesst-strengere-klima-regeln-fuer-autos-190327-99-570248> [Stand 08.07.2019].



5 Anhang

Indikatoren und Risikobewertung für Magnesium	58
Glossar	64

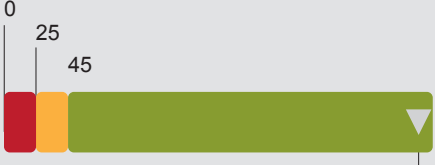

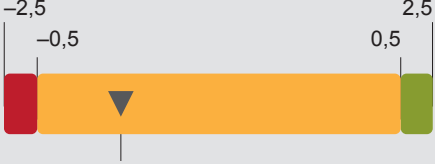
Indikatoren und Risikobewertung für Magnesium

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2016)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Angebot und Nachfrage				
<p>Recyclingrate (EOL-RR):</p> <p>End-of-Life-Recyclingrate Quotient aus der Menge der zum Recycling eingesammelten Abfälle und der Gesamtmenge an anfallenden Abfallstoffen</p> <p><i>Bewertungsskala:</i> < 10 % = <i>bedenklich</i> 10 %–50 % = <i>mäßig</i> > 50 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>End-of-Life-Recyclingrate EOL – RR = 14 %</p>	<p style="text-align: center;">EOL – RR = 14 %</p>		
<p>Derzeitige Marktdeckung bezogen auf die Produktion (Md):</p> <p>Quotient aus Nachfrage zu Angebot. Md gibt den Anteil von Angebotsüberschuss oder -defizit in Prozent an.</p> <p><i>Bewertungsskala qualitativ:</i> < -2,5 % = <i>bedenklich</i> -2,5 %–2,5 % = <i>mäßig</i> > 2,5 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>Derzeitige Marktdeckung: Md = ca. 0 %</p>	<p style="text-align: center;">Derzeitige Marktdeckung: Md = 0 %</p>		
<p>Derzeitige Marktdeckung bezogen auf die Kapazität (MdK):</p> <p>Quotient aus Nachfrage (= Produktion) zu möglichem Angebot (Kapazität). MdK gibt den Anteil von Kapazitätsüberschuss oder -defizit in Prozent an.</p> <p><i>Bewertungsskala:</i> < 5 % = <i>bedenklich</i> 5 %–15 % = <i>mäßig</i> > 15 % = <i>unkritisch</i></p>	<p>Derzeitige Marktdeckung: MdK = 42 %</p>	<p style="text-align: center;">Derzeitige Marktdeckung: MdK = 42 %</p>		

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2016)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
<p>Länderkonzentration der derzeitigen Kapazitäten (HHI):</p> <p>Summe der quadrierten Anteile an den Kapazitäten</p>	<p>Derzeitige Kapazitäten: HHI = 6.787</p>	<p>Derzeitige Produktion: HHI = 6.787</p>		
<p>Gewichtetes Länderrisiko der derzeitigen Kapazitäten (GLR):</p> <p>Summe der Anteile der derzeitigen Kapazitäten multipliziert mit dem Länderrisiko</p>	<p>Derzeitige Kapazitäten: GLR = -0,33</p>	<p>Derzeitige Kapazitäten: GLR = -0,33</p>		
<p>Länderkonzentration der derzeitigen Produktion (HHI):</p> <p>Summe der quadrierten Anteile an der Produktion</p>	<p>Derzeitige Produktion: HHI = 7.050</p>	<p>Derzeitige Produktion: HHI = 7.050</p>		
<p>Gewichtetes Länderrisiko der derzeitigen Produktion (GLR):</p> <p>Summe der Anteile der derzeitigen Produktion multipliziert mit dem Länderrisiko</p>	<p>Derzeitige Produktion: GLR = -0,30</p>	<p>Derzeitige Produktion: GLR = -0,30</p>		
<p>Firmenkonzentration (HHI)</p> <p>Summe der quadrierten Anteile der Kapazitäten einzelner Firmen</p> <p><i>Bewertungsskala HHI:</i> 2.500– 10.000 = <i>bedenklich</i> 1.500–2.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i></p> <p><i>Bewertungsskala GLR:</i> -2,5 bis -0,5 = <i>bedenklich</i> -0,5–0,5 = <i>mäßig</i> 0,5–2,5 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Firmenkonzentration: HHI = 6.872</p>	<p>Firmenkonzentration: HHI = 6.872</p>		

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2017)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI):				
Summe der quadrierten Anteile der Exportländer	Magnesium in Rohform > 99,8 %: HHI = 8.789			
Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR):				
Summe der Anteile der Exporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Exportländer	Magnesium in Rohform > 99,8 %: GLR = -0,34			
	Magnesium in Rohform < 99,8 %: HHI = 7.051			
	Magnesium in Rohform < 99,8 %: GLR = -0,22			
Bewertungsskala HHI: 2.500–10.000 = <i>bedenklich</i> 1.500–2.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i>	Abfälle und Schrott aus Magnesium: HHI = 1.129			
Bewertungsskala GLR: -2,5 bis -0,5 = <i>bedenklich</i> -0,5–0,5 = <i>mäßig</i> 0,5–2,5 = <i>unkritisch</i>	Abfälle und Schrott aus Magnesium: GLR = 1,05			

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2017)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Geopolitische Risiken und Marktmacht				
<p>Diversifizierung der globalen Nettoexporte (HHI):</p> <p>Summe der quadrierten Anteile der Exportländer</p>	<p>Drehspäne, Körner und Pulver aus Magnesium: HHI = 9.733</p>	<p style="text-align: right;">HHI = 9.733</p>		
<p>Gewichtetes Länderrisiko der globalen Nettoexporte (GLR):</p> <p>Summe der Anteile der Exporte multipliziert mit dem Länderrisiko der Exportländer</p>	<p>Drehspäne, Körner und Pulver aus Magnesium: GLR = -0,41</p>	<p style="text-align: center;">GLR = -0,41</p>		
<p><i>Bewertungsskala HHI:</i> 2.500– 10.000 = <i>bedenklich</i> 1.500– 2.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Waren aus Magnesium: HHI = 2.654</p>	<p style="text-align: center;">HHI = 2.654</p>		
<p><i>Bewertungsskala GLR:</i> -2,5 bis -0,5 = <i>bedenklich</i> -0,5–0,5 = <i>mäßig</i> 0,5– 2,5 = <i>unkritisch</i></p>	<p>Waren aus Magnesium: GLR = -0,46</p>	<p style="text-align: center;">GLR = -0,46</p>		
<p>Handelsbeschränkungen:</p> <p><i>Qualitative Bewertung</i></p>	<p>Magnesium = <i>bedenklich</i></p>	<p style="text-align: center;">Handelsbeschränkungen (qualitativ)</p>		

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2016)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Angebots- und Nachfragetrends				
Lebensdauer kennziffer (Lk): Quotienten aus Reserven und aktueller Weltbergwerksförderung <i>Bewertungsskala Lk:</i> < 25 Jahre = <i>bedenklich</i> 25 – 45 Jahre = <i>mäßig</i> > 45 Jahre = <i>unkritisch</i>	Reserven: nahezu unbegrenzt Lebensdauer kennziffer Lk > 150 Jahre	 <p style="text-align: center;">Lebensdauer kennziffer LK > 150</p>		
Länderkonzentration der zukünftigen Kapazitäten (HHI): Summe der quadrierten Anteile an der angenommenen Bergwerksförderung im Jahr 2025	Zukünftige Kapazitäten: HHI = 6.662	 <p style="text-align: center;">Zukünftige Kapazitäten: HHI = 6.662</p>		
Gewichtetes Länderrisiko der zukünftigen Kapazitäten (GLR): Summe der Anteile der möglichen Bergwerksförderung 2025 multipliziert mit dem Länderrisiko von 2015 <i>Bewertungsskala HHI:</i> 2.500 – 10.000 = <i>bedenklich</i> 1.500 – 2.500 = <i>mäßig</i> < 1.500 = <i>unkritisch</i> <i>Bewertungsskala GLR:</i> -2,5 bis -0,5 = <i>bedenklich</i> -0,5 – 0,5 = <i>mäßig</i> 0,5 – 2,5 = <i>unkritisch</i>	Zukünftige Kapazitäten: GLR = -0,29	 <p style="text-align: center;">Zukünftige Kapazitäten: GLR = -0,29</p>		

Indikator	Ergebnisse (Datenbasis 2016)	Bewertung		
		unkritisch	mäßig	bedenklich
Angebots- und Nachfragetrends				
<p>Zukünftige Marktdeckung (MzK) bis 2025 „Worst-Case-Szenario“:</p> <p>Quotienten aus einer angenommenen Nachfrage (= Produktion) zu angenommenen Kapazitäten im Jahr 2025</p> <p>MzK gibt den Anteil von Kapazitätsüberschuss oder -defizit in Prozent an.</p> <p>Bewertungsskala: < 5 % = bedenklich 5 % – 15 % = mäßig > 15 % = unkritisch</p>	<p>CAGR 5 %: MzK = 23 %</p>			
	<p>CAGR 7 %: MzK = 9 %</p>			
	<p>CAGR 9 %: MzK = -8 %</p>			

Glossar

Diversifizierung der Exporte	Die Diversifizierung der Exporte errechnet sich mithilfe des HHI, wobei die mengenmäßigen Anteilswerte am Export auf Länderebene herangezogen werden.
Firmenkonzentration	Die Firmenkonzentration wird mithilfe des HHI berechnet, wobei Anteilswerte an der weltweiten Gesamtproduktion der Unternehmen herangezogen werden. In dieser Studie werden alle chinesischen Kapazitäten zusammengefasst und wie ein einzelnes Unternehmen betrachtet.
Gewichtetes Länderrisiko	Das gewichtete Länderrisiko (GLR) errechnet sich aus der Summe der Anteilswerte der Länder an der Produktion, bzw. dem Nettoexport, multipliziert mit dem Länderrisiko (LR s. u.). Das gewichtete Länderrisiko liegt in einem Intervall zwischen +2,5 und –2,5. Bei Werten über 0,5 wird das Risiko als niedrig eingestuft, zwischen +0,5 und –0,5 liegt ein mäßiges Risiko vor und Werte unter –0,5 gelten als kritisch.
Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)	Der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) ist eine Kennzahl, welche die unternehmerische Konzentration in einem Markt angibt. Sie wird durch das Summieren der quadrierten Marktanteile aller Wettbewerber errechnet. Die Bewertungsskala für den HHI richtet sich nach den Vorgaben des U.S. Department of Justice und der Federal State Commission, die einen Markt bei einem HHI unter 1.500 als gering und zwischen 1.500 und 2.500 Punkten als mäßig konzentriert definieren. Bei einem Indexwert über 2.500 gilt ein Markt als hoch konzentriert.
Länderkonzentration	Die Länderkonzentration wird mithilfe des HHI berechnet, wobei jahresbezogene Anteilswerte der Magnesiumproduktion, der Kapazitäten 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 (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 und dem Angebot. In dieser Studie entspricht die Nachfrage der Produktion.
Nettoimporte	Unter Nettoimporten versteht man die Differenz von Importen und Exporten einer Volkswirtschaft. Nettoimporte können sowohl positive als auch negative Werte annehmen. Im Rahmen der Studie wurden für die einzelnen Handelsprodukte die positiven Nettoimporte (NI > 0) berechnet. Nettoimporteure sind Verbraucherländer der jeweiligen Rohstoffe. Die Summe der positiven Nettoimporte stellt dementsprechend die benötigte, über den internationalen Handel netto importierte Menge einer Warengruppe dar.

Nettoexporte	<p>Unter Nettoexporten versteht man die Differenz von Exporten und Importen einer Volkswirtschaft. Nettoexporte können sowohl positive als auch negative Werte annehmen.</p> <p>Im Rahmen der Studie wurden für die einzelnen Handelsprodukte die positiven Nettoexporte ($NX > 0$) verwendet. Solche Länder sind Nettoexporteure und somit Nettoanbieter der Waren und Produkte. Länder, die einen negativen Nettoexport aufweisen, sind Verbraucherländer (Nettoimporteure; siehe dort) der jeweiligen Rohstoffe. Die Summe der positiven Nettoexporte stellt dementsprechend die netto in den internationalen Handel gelangte Produktionsmenge einer Warengruppe dar.</p>
Recyclingrate (EOL-RR)	<p>Die End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR) ist der Quotient aus der Menge des tatsächlich recycelten Altschrotts eines Rohstoffs und der Gesamtmenge des theoretisch in den End-of-Life-Produkten angefallenen Rohstoffs.</p>
Reserven	<p>Reserven sind die zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbaren Rohstoffmengen.</p>
Wachstumsraten CAGR	<p>Wachstumsraten basieren auf der jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate (engl.: Compound Annual Growth Rate, CAGR). Diese stellt den durchschnittlichen Prozentsatz dar, um den der Anfangswert einer Zeitreihe auf hypothetische Folgewerte für die Berichtsjahre wächst, bis der tatsächliche Endwert der Zeitreihe erreicht ist. Tatsächliche Ausschläge und Abweichungen in den Zwischenjahren wirken sich dabei nicht aus.</p>
Zukünftige Marktdeckung	<p>Die zukünftige Marktdeckung ergibt sich aus dem Quotienten der zukünftigen Nachfrage (zukünftige Produktion) und des zukünftigen Angebots (zukünftige Kapazitäten). Die zukünftige Marktdeckung wird in einem Szenario dargestellt. Das maximale zukünftige Angebot errechnet sich aus der Summe der derzeitigen Produktionskapazitäten und der zusätzlichen Jahresförderkapazitäten neuer Magnesiumprojekte.</p>

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

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

ISBN: 978-3-943566-69-7 (Druckversion)
ISBN: 978-3-948532-00-0 (PDF)
ISSN: 2193-5319