

# Helium – von einer Knappheit zur nächsten

Dr. Harald Elsner



Abb. 1: Spezielle Kühlcontainer zum Transport von jeweils bis zu 41.600 l flüssigem Helium im Werk Unterschleißheim der Linde plc. Technisch handelt es sich um mehrwandige, unter 5,2 bar Druck stehende Container aus Edelstahl, bei denen zudem der äußere Schutzmantel durch flüssigen Stickstoff gekühlt wird (Foto: BGR).

Helium kennen die meisten nur als Gas zur Befüllung von Partyballons. Doch das Edelgas Helium hat noch ganz andere Eigenschaften, als nur leichter zu sein als Luft und findet deswegen in einer Vielzahl von Technologien und Forschungsbereichen Verwendung. Helium wird derzeit in elf Ländern produziert, wovon nur drei größere Bedeutung besitzen. Zudem sind nur wenige große Unternehmen im weltweiten Handel und Vertrieb von Helium tätig. Da keines dieser Unternehmen und auch nur zwei Förderländer ihre Handels- bzw.

Produktionsdaten zu Helium veröffentlichen, ist der Heliummarkt sehr intransparent. Immer wieder wird über Knappheiten bei Helium und möglichen Ursachen hierfür spekuliert. Ob die Spekulationen auf Tatsachen beruhen, weiß indessen niemand. Der vorliegende Beitrag in der Reihe Commodity TopNews der BGR liefert Hintergrundinformationen zum Edelgas Helium. Aufbauend auf den wenigen publizierten Daten wird versucht zu hinterfragen, ob Helium wirklich knapp ist und eventuell auch in Zukunft sein wird.

## Eigenschaften und Produktion

Helium (Elementsymbol He) gehört zur Gruppe der Edelgase, die sich alle dadurch auszeichnen, dass sie nur unter extremen Bedingungen chemische Reaktionen eingehen. Alle Edelgase sind bei Raumtemperatur gasförmig. Sie sind farb- und geruchlos sowie nicht brennbar. Sie kondensieren und erstarren erst bei sehr niedrigen Temperaturen, wobei die Schmelz- und Siedepunkte umso höher liegen, je größer die Atommasse ist. Der Siedepunkt von Helium ( $^4\text{He}$ ) liegt mit 4,224 K (-268,926 °C) nur knapp über dem absoluten Nullpunkt (0 K bzw. -273,15 °C), sein Schmelzpunkt liegt sogar noch tiefer (-272,375 °C).

Helium ist mit einem Anteil von 23,01 % nach Wasserstoff das zweithäufigste Element im Universum, in der Erdatmosphäre jedoch nur mit 5,24 ppm vertreten. Helium bzw. sein mit einem Anteil von 99,999862 % häufigstes Isotop  $^4\text{He}$  bildet sich vorrangig durch den radioaktiven Zerfall von Uran ( $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$ ) und Thorium ( $^{232}\text{Th}$ ) in granitischen Gesteinen, aber auch von U- bzw. Th-haltigen Mineralen in Sedimentgesteinen. Nach seiner Entstehung migriert Helium entlang tieferreichender Störungen und/oder vulkanischer Intrusionen in darüberliegende Schichten. Nur wo diese durch mächtige abdichtende Gesteinslagen, meistens Salzhorizonte, Anhydritgesteine oder Tonsteine, von darüberliegenden permeablen Gesteinen bzw. der Erdoberfläche getrennt sind, verbleibt das Helium in der Erdkruste und reichert sich an. Zusätzlich sind auch randlich abdichtende Gesteine bzw. Strukturen notwendig, um die sehr leichten und kleinen Heliumatome am Entweichen zu hindern (Anm.: He-Atome besitzen einen Durchmesser von 56 pm (Pikometer,  $10^{-12}$  m), dagegen  $\text{CO}_2$ -Moleküle von 332 pm,  $\text{N}_2$ -Moleküle von 316 pm und  $\text{CH}_4$ -Moleküle von 414 pm). Da auch Anreicherungen anderer natürlicher Gase ähnliche strukturelle Fallen erfordern, findet sich Helium häufig in über geologisch lange Zeiträume zum Darüberliegenden und zu den Rändern hin abgeschlossenen natürlichen Gaslagerstätten. Bei diesen natürlichen Gasen handelt es sich um typische methanreiche („Erdgas“), häufiger aber um kohlendioxid- oder stickstoffreiche Gase. Wird das sich bildende Helium nicht in strukturellen Fallen in der Erdkruste gefangen und erreicht die Erdoberfläche,

entweicht es von dort ungehindert in die Atmosphäre und von dort ebenfalls ungehindert in das Weltall.

Helium wird industriell gewonnen

a) bei der Verflüssigung von Erdgas zu Flüssigerdgas („liquified natural gas“ = LNG) in LNG-Anlagen, derzeit in Algerien, Australien und Katar. Hierbei wird – stark vereinfacht dargestellt – das Rohgas durch verschiedenste Methoden von allen unerwünschten Bestandteilen, wie  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ , Hg, He, Ne, Ar und den schweren Kohlenwasserstoffen befreit. Das verbleibende, mit 98 %  $\text{CH}_4$  fast reine Methan, wird unterhalb seiner Siedetemperatur von -162 °C heruntergekühlt und damit zu einem versand- bzw. verkaufsfähigen Produkt verflüssigt.

Aus dem verbleibenden Restgas werden auch dessen Bestandteile nacheinander und voneinander getrennt, wobei unterhalb -246,06 °C, der Siedetemperatur von Neon, nur noch Helium als Gas zurückbleibt und als letztes abgezogen wird. In zahlreichen Prozessschritten kann so Helium mit einer Reinheit von 99,999 % He produziert werden. Zumeist wird das Helium dann auch noch verflüssigt, da es so wesentlich leichter – in Spezialbehältern (Abb. 1) – über große Entfernungen transportier- und vermarktbar ist.

b) bei der Denitrifikation von Erdgas, derzeit z. B. in den USA, Russland und Polen. Um die in einigen Erdgaslagerstätten zu hohen Gehalte an nicht-brennbarem Stickstoff zu reduzieren (und zugleich, bzw. in China und Indien sogar vorrangig, als weitere Verkaufsprodukte Stickstoff und Helium zu gewinnen) werden Stickstoff und Helium abgetrennt. Vor allem in den USA fällt dabei in einigen älteren Heliumanlagen zuerst Rohhelium @ 60 – 80 % He an, das anschließend in anderen Anlagen noch zu Reinhelium @ 99,995 % He aufgereinigt werden muss. Im Einzelnen gibt es dazu zahlreiche Varianten und Patente.

In den USA und Kanada werden aufgrund der stark gestiegenen Heliumpreise seit einigen Jahren auch heliumreiche Stickstoffgase gefördert und auf ähnliche technische Weise vorrangig auf Helium hin aufbereitet.

c) bei der Reinigung von Kohlendioxidnaturgas. Kohlendioxid wird in den USA beim Fracking eingesetzt, so dass sich ein großer Gasproduzent

entschlossen, ein sehr CO<sub>2</sub>-reiches Naturgas aufzubereiten und dabei Helium als Verkaufsprodukt zu gewinnen. Im Jahr 2015 wurde die weltweit erste Heliumanlage auf CO<sub>2</sub>-Gasbasis am Standort Doe Canyon/Colorado eingeweiht

- d) bei der Luftzerlegung, derzeit z. B. in Leuna in Sachsen-Anhalt, in der Ukraine und in mehreren Anlagen in China. Hierbei fällt Helium als Nebenprodukt der Neongewinnung an, wobei es mit bis zu 24 % Anteil in der Rohneon-Helium-Fraktion enthalten ist. Aus dieser wird es dann in mehreren weiteren Schritten abgetrennt. Da die Helium- und Neongehalte in der Luft sehr gering sind, ist diese Form der Heliumgewinnung sehr aufwändig und teuer und auch die dadurch gewonnene Heliummenge im Vergleich zu den anderen Heliumgewinnungsverfahren a) bzw. b) sehr gering.

## Helium, ein Gas mit vielfältigen Anwendungen

Helium kommt in sehr unterschiedlichen Verwendungsbereichen zum Einsatz, wobei sich die Verwendungsanteile in verschiedenen Ländern teils stark unterscheiden. Die weltweit wichtigsten hiervon sind:

**Kernspintomographie/Magnetresonanztomographie (MRT).** Geschätzte 20 – 25 % des gegenwärtig weltweit benötigten Heliums wird zur Kühlung von Kernspin- bzw. Magnetresonanztomographen (MRTs) in Krankenhäusern und Radiologiepraxen verwendet, von denen weltweit rund 50.000 in Betrieb sind. Damit ist die Medizintechnik, die Helium auch noch für andere Anwendungen einsetzt, weltweit der größte Verbraucher von Helium.

Die magnetischen Felder in MRTs werden größtenteils mit supraleitenden NbTi-Elektromagnetspulen erzeugt, die magnetische Flussdichten von heute meist 1,5 – 3,0 Tesla oder sogar noch höher aufbauen. Diese werden durch flüssiges Helium auf Temperaturen um -269 °C gekühlt. Zu Befüllung jedes Gerätes werden zwischen 1.000 und 2.000 l flüssiges Helium verwendet. Trotz mehrfacher Isolation entweicht Helium (ca. 30 – 60 ml/h) und muss daher halbjährlich bis jährlich in einer Größenordnung von bis zu 1.000 l ersetzt werden. Der Trend geht

dementsprechend zur Entwicklung von MRT-Kühlsystemen mit deutlich reduziertem Heliumbedarf sowie deutlich verkürzten Analysezeiten, während gleichzeitig der Einsatz von MRTs in den Schwellenländern (v. a. Indien und Brasilien) sowie China ständig steigt.

### Halbleiterindustrie

Siliziumeinkristalle zur späteren Produktion von Halbleitern werden aus heißem hochreinem Halbleitersilizium gezogen. Hierfür kommen starke, durch Helium tiefgekühlte, supraleitende Magnete zum Einsatz. Auch während der gesamten Prozesse der Wafer- und Halbleiterfertigung dient Helium aufgrund seiner Nichtreaktivität als Trägergas für Chemikalien sowie wegen seiner guten Wärmeleitfähigkeit als Kühlgas. Zudem erfolgt die gesamte Halbleiterproduktion in einer kontrollierten



*Abb. 2: Hochmoderner offener Magnetresonanztomograph (MRT) in der Klinik für diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Magdeburg. Seine Kühlung erfolgt mit flüssigem Helium Foto: (Julian Jürgens/Wikipedia).*

Atmosphäre aus hochreinem gasförmigen Helium, das möglichst keinerlei Verunreinigungen anderer Gase, wie  $O_2$  oder  $N_2$ , oder anderer Elemente enthalten darf. Bei der Weiterverarbeitung der Halbleiter zu Schaltelementen findet Helium darüber hinaus als Zwischenräume ausfüllendes Gas Verwendung. Zudem dient es der Wärmeableitung im Produktionsprozess und steigert damit den Durchsatz. Die Halbleiterindustrie soll mit stark steigenden Anteilen jährlich rund 15 % des weltweit produzierten Heliums benötigen. In einigen Ländern Asiens, speziell Taiwan und Südkorea, ist der Verbrauchsanteil mit rund 35 % sehr hoch. Besonders auch während der „Chipkrise“ überstieg der weltweite Bedarf an Helium in der Halbleiterindustrie den in der Medizintechnik.

### Traggas

Helium wird durch seinen statischen Auftrieb als unbrennbares Traggas zur Befüllung von Ballons (Partyballons, Wetterballons) und Luftfahrzeugen (Blimps, „Zeppeline“) verwendet. In den USA sollen ca. 9 %, in Westeuropa sogar 15 % des verbrauchten Heliums auf diese Weise Absatz finden.

### Schutzgasschweißen

Das Schutzgasschweißen bildet eine Gruppe von Schweißverfahren, die wiederum zur Gruppe des Lichtbogenschweißens zählen. Wie bei allen Lichtbogenschweißverfahren dient als Wärmequelle zum Schmelzen ein sehr heißer elektrischer Lichtbogen, der zwischen dem leitfähigen Werkstück und einer Elektrode brennt. Kennzeichnend für das Schutzgasschweißen ist die Verwendung von Schutzgasen. Das inerte Verhalten des Heliums erlaubt es Titan, Kupfer, Zirkon, Hafnium, Tantal, Magnesium oder Aluminium für Einsätze im Flugzeugbau, in der Raumfahrt oder im Schiffsbau im Lichtbogen zu schweißen. In den USA und Westeuropa werden ca. 7 % des jährlich verwendeten Heliums zum Schweißen eingesetzt, in Asien sind es über 12 %.

### Herstellung von optischen Glasfasern

Helium wird in zwei Prozessschritten bei der Produktion von optischen Glasfasern für die Telekommunikation eingesetzt. In einem der Schritte wird Sauerstoff mit einer Glasgrundsubstanz in einer Erdgasflamme erhitzt, wobei sich sog. „Glasruß“

bildet. Dieser „Glasruß“ wird in einer  $He-Cl_2$ -Atmosphäre auf einem Siliziumstab aufgesintert. Das Chlor bindet die Feuchtigkeit, während das Helium die Gasblasen austreibt. Der aufgesinterte Siliziumstab wird dann in einer Ziehmaschine erhitzt und zu einer Glasfaser ausgezogen. Die Glasfaser wird in einem Hochgeschwindigkeitsgasstrom eines  $He-N_2$ -Gemisches abgeschreckt, das hervorragende Wärmeleitfähigkeiten besitzt. In den USA werden ca. 8 %, in China jedoch über 30 % des Heliums in der Produktion von optischen Glasfasern eingesetzt.

### Gaschromatographie/Analysegas

Bei der Bestimmung von Gasen kommt zur Auftrennung der Gemische meist die Gaschromatographie zum Einsatz. Das Gasgemisch, das hierzu benutzt wird, wird von einem Trägergas durch die Trennsäule getrieben. Geeignete Trägergase für die Gaschromatographie müssen hochrein, trocken, sauerstoff- und kohlenwasserstofffrei und von der Fließgeschwindigkeit und vom Druck her genau dosierbar sein. Gut geeignet ist hierfür Helium mit der größten Empfindlichkeit für bestimmte Detektoren. Da die Qualitätsanforderungen in der Gasanalyse ständig wachsen, steigt der Bedarf an hochreinem Helium in diesem Verwendungsbereich kontinuierlich. Er liegt bei ca. 5 % weltweit bzw. ca. 10 % in Westeuropa.

### Wissenschaft und Forschung

Durch seine Suprafluidität bei Temperaturen kleiner  $-270,98\text{ °C}$  eignet sich flüssiges Helium als Kühlmittel in Teilchenbeschleunigern, wie dem Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY in Hamburg, dem supraleitenden Elektronenlinearbeschleuniger S-DALINAC in Darmstadt, dem Elektronenbeschleuniger ELBE in Dresden-Rossendorf oder am bekanntesten dem Großen Hadronen-Speicherring LHC am Europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf. Auch in anderen physikalischen Forschungseinrichtungen und physikalischen Instituten von Universitäten weltweit werden unterschiedlich große, in ihrer Gesamtmenge jedoch vermutlich durchaus beachtliche Mengen an Helium benötigt. Schätzungen gehen davon aus, dass 6 % des weltweit verwendeten Heliums in verschiedenen Forschungseinrichtungen benötigt wird.



### Lecksuche

Helium hat den kleinsten Atomdurchmesser aller Elemente und diffundiert daher sehr leicht selbst durch kleinste Öffnungen. Es ist zudem durch spezielle Gasmessgeräte („Sniffer“) relativ leicht nachweisbar und wird deshalb zur Feststellung unterirdischer Gasbewegungen, zu Durchlässigkeitsprüfungen von Pumpen, Dichtungen, Leitungen, Getriebegehäusen, Kompressoren, Herzschrittmachern u. v. a. m. sowie zur Sicherheitsüberprüfung von Kernreaktoren benutzt. In den USA werden ca. 4 % des Heliums für Dichtigkeitsprüfungen eingesetzt, in Asien, vor allem in Japan, deutlich mehr.

### Spülung und Druckaufbau

Da die Siedetemperatur von Helium (-268,93 °C) noch unterhalb der von Wasserstoff (-252,87 °C) liegt, wird Helium zum Durchspülen und Vorkühlen von Behältern und Leitungen benutzt, die hinterher mit flüssigem Wasserstoff gefüllt werden sollen. Durch dieses Durchspülen werden alle Gase, wie N<sub>2</sub> oder Ar, entfernt, die sonst in Kontakt mit flüssigem Wasserstoff sofort gefrieren und dabei Leitungen und Ventile verstopfen würden. Durch seine geringe

Löslichkeit in Treibstoffen, seinen niedrigen Siedepunkt und seine chemische Nichtreaktivität ist Helium zudem das einzige Gas, das auch zum Druckaufbau von Spezialtreibstoffen sowie bei der Betankung bzw. in der Startvorbereitung von Interkontinental- und Weltraumraketen zum Einsatz kommt. In den USA werden gegenwärtig rund 7 % des Heliums zum Durchspülen und zum Druckaufbau verwendet. Staatlicher Hauptabnehmer ist dabei vor allem die NASA, die derzeit jährlich 2 – 2,4 Mio. m<sup>3</sup> Helium (entsprechend 4 – 5 % des US-Heliumbedarfs) verbraucht.

### Technisches Tauchen

Helium besitzt die geringste Löslichkeit aller Gase in Wasser (und damit auch Blut), wodurch es sich beim technischen Tieftauchen in Form von He-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-Gemischen statt reinen N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-Gemischen durchgesetzt hat. In den USA werden ca. 2 % des Heliums für Tauchluftmischungen verwendet, in Westeuropa sind es rund dreimal so viel.

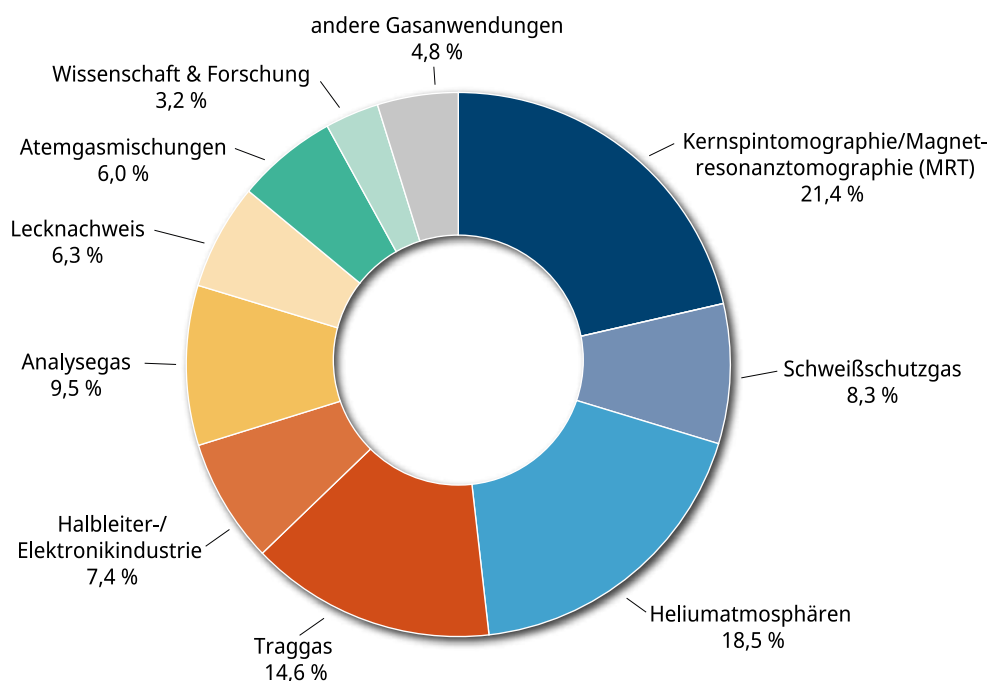


Abb. 3: Verwendung von Helium in Westeuropa, nach GUBLER et al. (2016).

### Sonstige Anwendungen

Zu den sonstigen, aber durchaus nennenswerten weiteren Verwendungsbereichen von Helium gehören die Herstellung von Schutzgasatmosphären in der chemischen Industrie, die Nutzung als Verpackungsgas in der Lebensmittelindustrie, die Metallhärtung, die Lasertechnik (He-Ne-Laser, He-Cd-Laser), die Bildschirmproduktion, die Befüllung von Festplattenlaufwerken, das Plasmaspritzen und Plasma-Pulver-Auftragsschweißen, die Befüllung von Airbags, die Behandlung von Atemwegserkrankungen und Entfernung von Krebstumoren, die Magnetoenzephalographie, die Kühlung von Starkfeldmagnetscheidern in der Aufbereitungsindustrie, die Kühlung von supraleitenden Energiespeichern und Infrarot-Sensoren in Satelliten, die Forschung in Überschall-Windkanälen und zur Kernfusion sowie in den USA auch die Befüllung von Reifen bei Autorennen.

### Weltweite Produktion

Die internationalen großen Gasunternehmen sind an die wenigen weltweiten Heliumproduzenten praktisch ausschließlich über sog. „Take-or-Pay“-Verträge gebunden, d.h. die Unternehmen sind verpflichtet, die ihnen garantierte Heliummenge auf jeden Fall abzunehmen, egal, ob dafür derzeit ein Absatzmarkt besteht, oder nicht. Da eine Bevorratung von flüssigem Helium nur begrenzt und nur mit sehr hohen Kosten möglich ist, haben sich in den letzten Jahren einige Gasunternehmen entschieden, das ihnen zustehende Reinhelium – ebenfalls unter hohen Kosten – in das US-amerikanische Heliumpipelinesystem bzw. zu natürlichen Gasspeichern in den USA oder Deutschland (geplant auch in Russland) zu transportieren und dort zu reinjizieren und damit als Rohhelium zu bevorraten. Im österreichischen Gumpoldskirchen bei Wien nutzt ein Gasunternehmen zudem ein Tanklager mit einem Fassungsvermögen von 113.000 l Helium.

Die elf Länder, in denen derzeit nachweislich Helium produziert wird, sind:

**Algerien**, mit zwei Anlagen in Arzew (seit 1995) und Skikda (seit 2005), beide am Mittelmeer gelegen, in denen Erdgas vor dem Export verflüssigt wird. Beide Heliumanlagen besitzen jeweils eine offizielle Produktionskapazität von 16,6 Mio. m<sup>3</sup> Helium pro Jahr, wobei die tatsächlichen Produktionsdaten jedoch nicht veröffentlicht werden. Das verflüssigte Helium wird zum Teil in den Häfen von Marseille und Rotterdam angelandet und von dort europaweit vertrieben, teils in den Ländern des östlichen Mittelmeerraums verbraucht und in einigen Jahren manchmal auch in großen Mengen in die USA exportiert. Die weltweiten Handelsdaten zeigen zudem, dass die Produktionsmengen in den beiden algerischen Heliumanlagen offensichtlich sehr stark schwanken und die offiziellen Gesamtkapazitäten in einigen Jahren sowohl deutlich unter-, als auch überschreiten. Dies dürfte einerseits an technischen Problemen, andererseits an stark wechselnden Erdgaszufuhren liegen.

In **Australien** ging im Januar 2010 in der Nähe von Darwin eine Heliumanlage mit einer Jahreskapazität von rund 4,4 Mio. m<sup>3</sup> in Betrieb. Die Produktion basiert auf He-reichen Restgasen von Erdgas aus der Timor See, das für den Export verflüssigt wird. Die australische Heliumanlage produzierte in den letzten Jahren zumeist am oberen Rande ihrer Kapazität und ist ein zuverlässiger Lieferant von Flüssighelium für den pazifischen Raum und SE-Asien.

**China** ist eines der weltgrößten Verbraucherländer von Helium mit starken Wachstumsraten. Da das Land kaum über He-reiche Erdgase verfügt und kein Erdgas verflüssigt, drängen der chinesische Staat und das Militär Stahlkonzerne und Chemieunternehmen trotz hoher Investitions- und Betriebskosten, Helium und alle anderen Edelgase auch durch Luftzerlegung zu gewinnen. Hierdurch ist China nicht nur zu einem bedeutenden Produzenten der seltenen Edelgase Neon, Krypton und Xenon aufgestiegen, sondern soll jährlich mittlerweile auch ca. 1 Mio. m<sup>3</sup> Helium selber produzieren.

**Deutschland** ist fast vollständig auf Heliumimporte angewiesen. Nur in der seit 1959 produzierenden Luftzerlegungsanlage in Leuna/Sachsen-Anhalt

werden seit 2014 auch sehr geringe Mengen (ca. 12.000 m<sup>3</sup>/Jahr) an Helium produziert. Seit 2016 wird zudem eine Kaverne im Solfeld Epe im westlichen Münsterland zur Heliumzwischenspeicherung genutzt. Diese Kaverne kann bis zu 47 Mio. m<sup>3</sup> Helium aufnehmen.

**Indien** produziert seit Anfang 2008 in einer Pilotanlage am Standort Kuthalam im Bundesstaat Tamil Nadu aus Erdgas mit geringer He-Führung jährlich auch bis zu 100.000 m<sup>3</sup> Helium. Der wesentlich höhere Heliumbedarf des Subkontinents wird vor allem durch Importe aus Katar gedeckt.

In **Kanada** wird sporadisch seit 1917 in der Provinz Saskatchewan Helium produziert, wobei alle derzeitigen Aktivitäten auf das Jahr 2014 zurückgehen. In Förderung stehen seitdem He-reiche Stickstoffgase, aus denen in mittlerweile sechs Heliumanlagen durch drei Unternehmen Helium abgetrennt und größtenteils in die USA exportiert wird. Die Exportmengen sind sehr stark ansteigend, lagen im Jahr 2021 bei 3,3 Mio. m<sup>3</sup> und überschritten im Jahr 2022 5,0 Mio. m<sup>3</sup> Helium.

**Katar** ist weltweit der zweitgrößte Erdgasexporteur und der größte Produzent und Exporteur von Flüssigerdgas (LNG). Seit der im Jahr 1981 begonnenen Verflüssigung des Erdgases fallen in großem Umfang Erdgasderivate und seit 2005 auch Helium an. Mittlerweile betreibt das Unternehmen Qatargas am Industriestandort Ras Laffan drei Heliumanlagen:

- Helium 1, Inbetriebnahme 2005, Jahreskapazität: 19,4 Mio. m<sup>3</sup> Helium
- Helium 2, Inbetriebnahme 2013, Jahreskapazität: 36,1 Mio. m<sup>3</sup> Helium
- Helium 3, Inbetriebnahme 2021, Jahreskapazität: 12,0 Mio. m<sup>3</sup> Helium.

Die Errichtung einer vierten Heliumanlage, Helium 4, wurde für das 2027 angekündigt. Diese soll eine Jahreskapazität zwischen 28,3 und 42,5 Mio. m<sup>3</sup> Helium besitzen.

Das verflüssigte Helium wird über die Häfen von Hamad/Katar, Jebel Ali/Vereinigte Arabische Emirate (VAE) sowie gelegentlich auch Salalah/Oman welt-

weit exportiert. Zusammen mit den USA und Algerien zählt Katar dabei zu den bedeutendsten Produzenten und Exporteuren von Flüssighelium. Die wenigen publizierten Produktionsdaten von Qatar-gas sowie die weltweiten Importdaten von Helium aus Katar (bzw. dem Oman und den VAE) deuten darauf hin, dass die katarischen Heliumanlagen in einigen Jahren deutlich über ihren offiziellen Kapazitäten, teils auch darunter produzieren. Besonders auffällig sind – ähnlich wie in Algerien - die teils starken Schwankungen in den jährlichen Heliumexportmengen. So wurden im Jahr 2021 weltweit aus Katar, den VAE und dem Oman rund 19 Mio. m<sup>3</sup> weniger Helium importiert als im Vorjahr 2020 und dies trotz Inbetriebnahme der Heliumanlage 3.

In **Polen** treten im Gebiet Zielona Góra-Rawicz-Odolanów Erdgase mit hohen Stickstoff- und erhöhten Heliumgehalten auf. Zur Reduzierung der hohen Stickstoffgehalte wurde am zentralen Standort Odolanów eine Denitrifizierungsanlage mit integrierter Heliumanlage errichtet, die 1977 in Produktion ging. Die Jahreskapazitäten der polnischen Heliumanlage betragen 4,2 Mio. m<sup>3</sup> gasförmiges Helium bzw. 420 t Flüssighelium, wobei diese aufgrund sinkender Erdgasproduktion bzw. geringerer Auslastung seit einigen Jahren nicht mehr erreicht werden. Auch ist der Heliumgehalt der verarbeiteten Erdgase im Laufe der Jahre deutlich gesunken. Im Jahr 2021 wurden in Odolanów 2,76 Mio. m<sup>3</sup> Helium produziert, von denen 0,69 Mio. m<sup>3</sup> aus Erdgasfeldern mit erhöhten Heliumgehalten stammten.

Im Jahr 1966 wurde im Süden von **Russland** ein großes Erdöl- und Erdgaskondensatfeld entdeckt. Zur Nutzung des an H<sub>2</sub>S- und N<sub>2</sub>-reichen sowie He-führenden Erdgases aus diesem Feld wurde westlich der Stadt Orenburg ein Gaswerk errichtet, das 1974 in Produktion ging. Im Januar 1978 erfolgte die Inbetriebnahme einer angeschlossenen Heliumanlage. Ein Jahr später wurde im nahen Kasachstan ein weiteres großes Erdgaskondensatfeld entdeckt und nach Aufnahme der Förderung 1984 ebenfalls dem Gaswerk Orenburg angeschlossen. Heute gehört das Gaswerk Orenburg zum russischen Konzern PAO Gazprom, der entsprechende Informationen auch zu seiner Heliumproduktion veröffentlicht. Die Heliumanlage in Orenburg besteht danach aus

sieben Einzelanlagen (hiervon sind fünf in Produktion) mit einer Heliumkapazität von 8,8 Mio. m<sup>3</sup> jährlich. Seit dem Jahr 1993 ist in Orenburg auch eine Heliumverflüssigungsanlage in Betrieb. Aufgrund ständig sinkender Gaszulieferungen produzierte die Heliumanlage in Orenburg im Jahr 2021 nur noch 4,30 Mio. m<sup>3</sup> Helium, die zum Teil auch nach Mitteleuropa exportiert wurden.

Über ein sehr großes Heliumpotenzial verfügen zudem einige Erdgasfelder in Süd- und Ostsibirien. Zur Aufbereitung dieses Erdgases hat der russische Konzern PAO Gazprom im Jahr 2015 nahe der Stadt Svobodny, Region Amur, auf über 850 ha Fläche und mit geschätzten Gesamtkosten von 11,5 Mrd. € mit der Konstruktion eines großen Gaswerkes, Amur Gas Processing Plant (GPP), begonnen. Dieses ging im Juni 2021 mit einer ersten von drei geplanten Heliumanlagen mit einer Jahreskapazität von jeweils 19,4 Mio. m<sup>3</sup> Helium in Betrieb. Die Inbetriebnahme der beiden weiteren Heliumanlagen sollte 2023 bzw. 2026 erfolgen. Allerdings wurde die erste Heliumanlage nach kurzer Produktionsdauer für einen Abschluss der Konstruktionsarbeiten wieder heruntergefahren. Dann kam es in der zuführenden Erdgasaufbereitungsanlage im Oktober 2021 zu einem Feuer und im Januar 2022 zusätzlich zu einer Explosion. Da die Errichtung der Heliumanlagen in Sibirien durch ein westliches Gasunternehmen erfolgt, dessen Tätigkeiten in Russland aufgrund des Krieges Russlands in der Ukraine von Sanktionen betroffen sind, ist offen, wann und in welchem Umfang die Amur Gas Processing Plant ihre Heliumlieferungen aufnehmen wird. Das verflüssigte Helium soll über eine (noch zu bauende) 1.500 km lange Straße durch bis zu 4.000 Heliumcontainer im Jahr zur Hafenstadt Wladiwostok transportiert und von dort vor allem nach China exportiert werden.

Im September 2022 ging in **Südafrika**, aufbauend auf He-reichen Erdgas aus einem Gasfeld auf halbem Weg zwischen Johannesburg und Bloemfontein, eine Heliumanlage in Betrieb, die eine Kapazität von vorerst 570.000 m<sup>3</sup> Helium/Jahr besitzt. In einer zweiten Phase soll die Kapazität dieser Heliumanlage auf 11,0 Mio. m<sup>3</sup> Helium im Jahr erweitert werden

und dann maßgeblich zur Deckung des inländischen Bedarfs an Helium beitragen.

Seit dem Jahr 1918 wird in den **USA** kommerziell Helium gewonnen; seit dieser Zeit dominiert die USA den Weltheliummarkt. Über viele Jahrzehnte waren die USA zudem der einzige Heliumproduzent weltweit. Erst im letzten Jahrzehnt begann der Einfluss der USA zu sinken und wird in den kommenden Jahren vermutlich weiter deutlich abnehmen.

Die großen Erdgasvorkommen mit wirtschaftlich interessanten Heliumgehalten (>0,3%) sind in den USA auf den mittleren Westen (Texas, Kansas, Oklahoma) konzentriert. Die häufig sehr stickstoffreichen Gasvorkommen mit deutlich höheren Heliumgehalten (bis 9,8%) sind dagegen kleiner und liegen in anderen Bundesstaaten (Colorado, New Mexico, Utah, Arizona). Sie sind erst seit einigen Jahren aufgrund der gestiegenen Heliumpreise wirtschaftlich interessant geworden.

Von besonderer Bedeutung ist in den USA das 1924 entdeckte Cliffside-Erdgasfeld in Texas, das seit 1945 in großem Umfang zur staatlichen und privatwirtschaftlichen Zwischenspeicherung von Helium und damit als nationale strategische Heliumreserve genutzt wird. Es ist durch ein 750 km langes Pipelinetz mit verschiedenen Heliumanlagen verbunden, die teils Rohhelium produzieren und in das Speicherfeld einpressen, teils eingespeichertes Rohhelium nutzen, um daraus Reinhelium zu gewinnen. Aufgrund der hohen Kosten, die über die Jahrzehnte beim Betrieb des Cliffside-Speicherfelds aufgelaufen waren, entschloss sich die US-Regierung im Jahr 1996 mit dem „Helium Privatization Act“ unter anderem spätestens zum 1.1.2015 (bis auf einen für die Regierung reservierten Rest von 16,6 Mio. m<sup>3</sup>) sämtliches Helium aus der damals 978 Mio. m<sup>3</sup> Helium beinhaltenden Heliumreserve Cliffside Speicherfeld „ohne Marktschwankungen zu verursachen“ zu verkaufen. Aufgrund von anhaltenden Protesten von Helium nutzenden Unternehmen und staatlicher Forschungsorganisationen wurde im Jahr 2013 der „Helium Privatization Act“ in Form des „Helium Stewardship Act“ überarbeitet. Dieser regelt nun, dass im Cliffside-Speicherfeld 83,2 Mio. m<sup>3</sup> Helium für



Regierungszwecke verbleiben und das restliche dort befindliche staatliche Helium in vorgegebenen Mengen bis zum Erreichen der o. g. Restmenge öffentlich versteigert werden sollte. Die entsprechenden Auktionen fanden zwischen 2014 und 2018 statt. Bis zum 30.9.2021 musste der bisherige staatliche Betreiber zudem alle verbliebenen Bestandteile des staatlichen Heliumsystems (z. B. das Pipelinennetz) veräußern. Da aufgrund der geringen Heliumnachfrage während der COVID-19 Pandemie unerwartet viel „privates Helium“ im Speicher verblieb, soll eine andere Behörde nun die Auslieferung des verbleibenden Heliums übernehmen. Weiterhin wurde der US Geological Survey beauftragt, eine Bewertung der nationalen Heliumressourcen vorzunehmen und dem Kongress eine internationale Heliumbedarfsstudie vorzulegen.

Als teilweisen Ersatz für das wegfallende staatliche Cliffside-Speicherfeld kündigten mittlerweile bereits zwei Gasunternehmen an, selber eigene Gasspeicher in Texas bzw. Kansas in Betrieb nehmen zu wollen. Ebenso gravierend für die weltweite Heliumindustrie ist, dass mit der Beendigung der staatlichen Heliumaktivitäten in den USA auch die Richtpreisinformationen für Helium wegfallen, die vom staatlichen Betreiber des Cliffside-Speicherfeldes jährlich publiziert wurden.

Soweit bekannt sind in den USA derzeit 19 Heliumanlagen zur Produktion von Rohhelium (95–99% He) und zehn Anlagen zu Produktion von Reinhelium (>99,997% He) in Betrieb. Die Gesamtreinheliumproduktion im Jahr 2021 wird auf 71 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt, zudem wurden 10,7 Mio. m<sup>3</sup> Helium aus dem Cliffside-Speicherfeld entnommen.

## Angebot und Nachfrage

Gesicherte Daten oder Erhebungen zur Nachfrage nach Helium liegen nicht vor. Bekannt ist jedoch, dass Helium in praktisch allen Ländern und dort in sehr unterschiedlichen Anteilen in einer meist großen Vielzahl von Anwendungen benötigt wird. Da die Kosten zur Abkühlung, dem Transport und der Lagerung von Helium in flüssiger Form hoch sind, andererseits Helium in gasförmigen Zustand ext-

rem viel Platz benötigt, nehmen viele Analysten vereinfacht an, dass die weltweite Nachfrage nach Helium im Regelfall ungefähr dem Angebot entspricht. Nur in Ausnahmezeiten, wo Kunden über stark steigende Preise oder gar Lieferengpässe klagen, wird nach Argumenten gesucht, um dieses dann doch offensichtliche Ungleichgewicht von Angebot und Nachfrage zu erklären. Die jährlichen Wachstumsraten der Heliumnachfrage sollen zwischen 1% (USA, Europa) und 4% (SE-Asien, China) liegen.

Da nur der US GEOLOGICAL SURVEY (versch. Jg.) regelmäßig Daten zur weltweiten Heliumproduktion veröffentlicht, nutzen alle Analysten diese Quelle. Der US Geological Survey geht in seinen Analysen jedoch davon aus, dass im Regelfall die Produktionsmengen aller Heliumanlagen weltweit in etwa ihren Kapazitäten entspricht.

Im Zeitraum 2006 bis zu Beginn der Weltfinanzkrise im Herbst 2008 soll weltweit eine Knappheit von Helium bestanden haben (vgl. Abb. 3). Diese wurde von einem US-amerikanischen Analysten mit dem Begriff „Helium Shortage 1.0“ bezeichnet. Eine Auswertung der weltweiten Handelsdaten zeigt, dass in den Jahren 2006 und 2007 die algerischen Heliumanlagen deutlich weniger Helium lieferten, als in den beiden Jahren zuvor.

Ab Mitte des Jahres 2011 bis in das Jahr 2013 hinein soll erneut eine weltweite Knappheit an Helium bestanden haben (vgl. Abb. 3), die vom vorerwähnten US-amerikanischen Analysten nun mit dem Begriff „Helium Shortage 2.0“ bezeichnet wurde. Weder die Auswertungen des US Geological Survey noch die weltweiten Handelsdaten deuten jedoch daraufhin, dass in diesem Zeitraum in einem Land weniger Helium produziert wurde als in den Vorjahren. Die Knappheit muss also auf eine deutlich erhöhte Nachfrage nach Helium in diesen Jahren zurückgeführt werden.

Aufgrund von Ausfällen und Wartungsarbeiten an Heliumanlagen in den USA, Katar und Algerien, in Algerien zum Teil verstärkt durch Mangel an Erdgas, dem Ausbleiben neuer Kapazitäten sowie hoher Nachfrage soll im Februar 2018 eine erneute Verknappung („Helium Shortage 3.0“) begonnen haben

(vgl. Abb. 3), die erst aufgrund der COVID-19 Pandemie im März 2020 zu einem abrupten Ende kam. Die Handelsdaten bestätigen, dass im Jahr 2018 nach Jahren der Produktion weit oberhalb der Kapazitäten sowohl die algerische als auch die katarische Heliumproduktion drastisch einbrach. Auch die australische Heliumproduktion ging im Jahr 2018 deutlich zurück. Im Jahr 2019 waren die technischen Probleme in Algerien und Australien jedoch wieder behoben.

Aufgrund des Ausfalls der Heliumanlage in Amur/Russland im Herbst 2021, mehreren längeren Wartungsarbeiten und eines Feuers in Heliumanlagen in den USA im Jahr 2022, reduzierter Heliumproduktion in Katar zu Beginn des Jahres 2022 sowie reduzierter Heliumproduktion in der LNG-Anlage Arzew

in Algerien seit Beginn des Krieges von Russland in der Ukraine, wurde von dem bereits mehrfach erwähnten US-amerikanischen Analysten rückwirkend zum 1.7.2021 eine weitere Heliumkrise („Helium Shortage 4.0“) ausgerufen (vgl. Abb. 3). Diese hält bis heute an. Die bisher vorliegenden Handelsdaten zeigen, dass im Jahr 2021 in Algerien die Heliumproduktion zwar stark einbrach, aber immer noch oberhalb der offiziellen Kapazitäten lag. Im Jahr 2022 ist die Heliumproduktion in Algerien dann jedoch weiter stark zurückgegangen. Der zweite Hauptgrund für die gegenwärtige Verknappung liegt erneut in Katar, wo bereits im Jahr 2021 die Produktion 19 Mio. m<sup>3</sup> unter der Vorjahresproduktionsmenge lag. Auch die Inbetriebnahme der katarischen Heliumanlage 3 im Frühjahr 2021 veränderte wenig an der Situation.

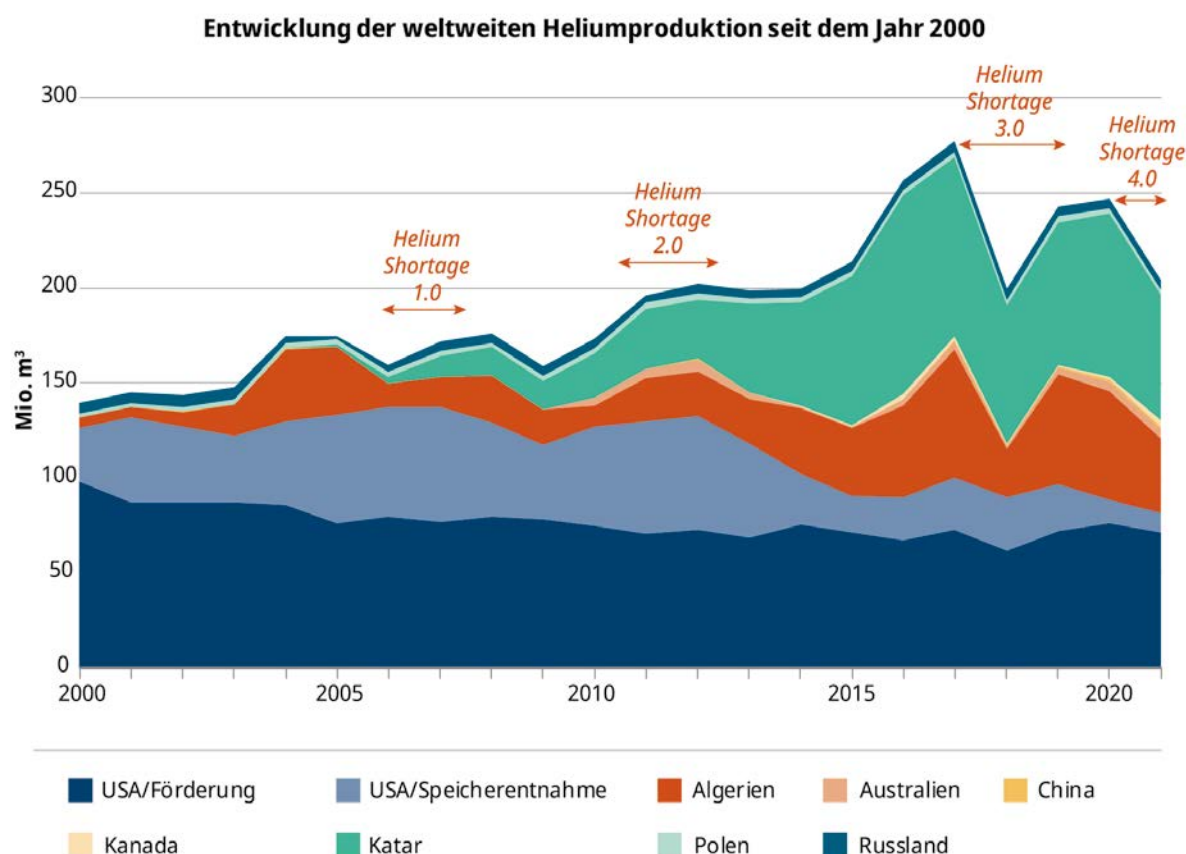


Abb. 4: Entwicklung der weltweiten Heliumproduktion seit dem Jahr 2000 mit Zuordnung der Zeiträume mit Heliumknappheiten, nach verschiedenen Quellen aufgeführt in ELSNER (2018). Deutlich sichtbar sind die Einbrüche in der Heliumproduktion im Jahr 2018 bzw. seit dem Jahr 2021 in Algerien und Katar sowie der Rückgang der Heliumentnahme aus dem Cliffsidespeicherfeld in den USA bei dort nur leicht zurückgehender Primärförderung (Grafik: BGR).

### Wichtige internationale Handelswege (2022)

Exporte Helium (HS 2804.29)

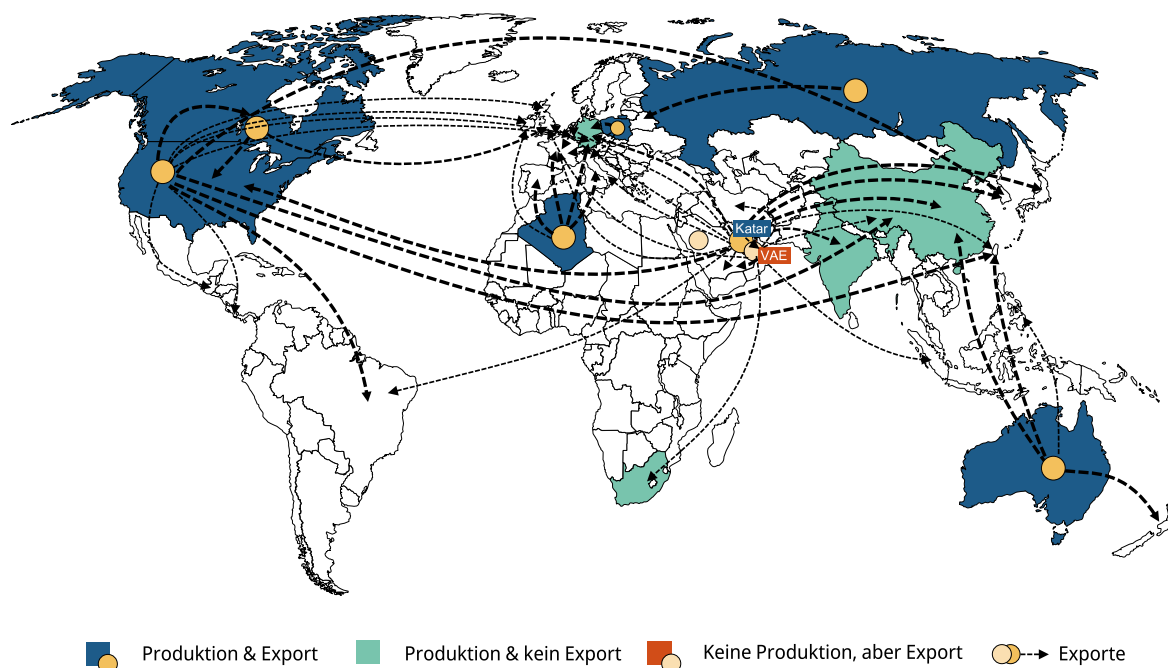


Abb. 5: Karte der wichtigsten internationalen Handelswege von Helium im Jahr 2022, zusammengestellt nach Daten von Global Trade Tracker (Grafik: BGR).

### Fazit

In den letzten 15 Jahren wird immer wieder über Engpässe in der weltweiten Versorgung mit dem wichtigen Edelgas Helium berichtet. Eine Analyse der möglichen Gründe für diese Engpässe gestaltet sich schwierig. Eine Herausforderung in der Untersuchung des Heliummarktes liegt dabei darin, dass nur aus wenigen Ländern (Russland, Polen) genaue Produktionsdaten vorliegen. Dagegen sind weder die Produktionsmengen in den mit Abstand wichtigsten drei Produzentenländern Katar, USA und Algerien, noch die weltweite Nachfrage nach Helium bekannt. Der Heliummarkt ist also, ähnlich dem der anderen Edelgase, sehr intransparent.

Wertet man die verfügbaren weltweiten Handelsdaten zu Helium aus (Abb. 4), zeigt sich, dass ein Großteil der immer wieder auftretenden Engpässe ihre Ursprünge in Algerien und Katar haben müssen. In diesen beiden Ländern sind mehrheitlich Staatsunternehmen in der Förderung von Erdgas, dessen

Verflüssigung für den Export sowie im Fall von Katar auch alleinig für den Betrieb der Heliumanlagen zuständig. Der Vertrieb des Flüssigheliums erfolgt danach durch verschiedene weltweit tätige Gasunternehmen, die miteinander im globalen Wettbewerb stehen und sich über die ihnen zugeteilten jährlichen Heliummengen nicht austauschen. Welche Heliummengen, unabhängig von den publizierten Kapazitäten der Anlagen, also wirklich in Algerien und Katar produziert werden, ist nur den staatlichen Erdgasunternehmen bekannt. Nur vereinzelt dringen Informationen über technische Probleme oder Wartungsintervalle der Heliumanlagen oder aber auch über Schwankungen in der Erdgaszufuhr bzw. dessen Zusammensetzung nach außen. Offensichtlich sind diese technischen Probleme und Schwankungen weit gravierender als angenommen und beeinflussen den weltweiten Heliummarkt dadurch erheblich.

## Literatur

ELSNER, H. (2018): Edalgase – Versorgung wirklich kritisch? – DERA Rohstoffinformationen 39: 197 S., 58 Abb., 36 Tab., 1 Anh.; Berlin (URL: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-39.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-39.pdf?__blob=publicationFile&v=3)) [Stand: 23.01.2023].

GLOBAL TRADE TRACKER.– ZEN INNOVATIONS AG; Bern (URL: <https://www.globaltradetracker.com>) [Stand: 23.01.2023].

GUBLER, R., SURESH, B, HE, H. & YAMAGUCHI, Y. (2016): Helium. – IHS Chemical Economics Handbook: 72 S., zahlr. Abb. und Tab.; London (IHS Markit).

US GEOLOGICAL SURVEY (versch. Jg.): Helium. – In: Minerals Yearbook – Vol. I. Metals and Minerals; National Minerals Information Center; Reston, VA.

## Impressum

Stand: Mai 2023

B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und  
Rohstoffe (BGR)  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: [mineralische-rohstoffe@bgr.de](mailto:mineralische-rohstoffe@bgr.de)  
[www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)

DOI: 10.25928/7c6x-xa11