



ENERGIEBERICHT

(zu BGR Energiedaten 2022)

Dieter Franke, Stefan Ladage, Rüdiger Lutz, Martin Pein, Dorothee Rebscher, Michael Schauer, Sandro Schmidt & Gabriela von Goerne

Wie steht es um die Energieversorgung Deutschlands, Europas und der Welt? Mit dem Energiebericht zu den *BGR Energiedaten 2022* (Datenstand Ende 2021) möchte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zu einer faktenbasierten energiepolitischen Diskussion beitragen.

Der Angriff der russischen Föderation auf die Ukraine im Februar 2022 rückte die Themen Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit von Energierohstoffen mit Nachdruck in den Fokus der öffentlichen und politischen Wahrnehmung. Als Folge politischer Entscheidungen verringerten sich zunächst die russischen Erdölexporte nach Europa. Anfang August 2022 trat zudem ein EU-weites Einfuhrverbot für Kohle aus der russischen Föderation (Kohleembargo) in Kraft, die bislang mehr als die Hälfte der EU-Steinkohleimporte lieferte. Vor allem aber verringerte die russische Föderation ihrerseits die pipelinegebundenen Erdgaslieferungen nach Europa im Laufe des Jahres 2022 erheblich.

Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Energiekrise sind kurzfristig wirtschaftspolitische Entscheidungen und Maßnahmen erforderlich, um eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten. Der vorliegende aktuelle Energiebericht und die *BGR Energiedaten 2022* stellen rohstoffwirtschaftliche Daten und Fakten als Entscheidungsgrund-

lage bereit. Mit diesem Bericht beleuchtet die BGR den Status quo der aktuellen Energiesituation, vor allem beim Erdgasbezug.

Zwei Maßnahmen zur Stärkung sowohl der Versorgungssicherheit als auch zur Verbesserung des Klimaschutzes sind unstrittig: Der Ausbau der erneuerbaren Energien, einschließlich der hierfür erforderlichen Infrastruktur müssen zügig umgesetzt werden. Die zweite Maßnahme ist die Nutzung aller Möglichkeiten der Steigerung der Energieeffizienz und Energieeinsparung. Eine Reihe an Untersuchungen (z. B. Prognos AG¹⁺², Robinius³, Weltenergieat – Deutschland u. a.⁴) zeigen, dass für unsere Energiesicherheit weiterhin kurz- und mittelfristig Kapazitäten im Bereich fossiler Energierohstoffe vorgehalten werden müssen. Die Internationale Energieagentur⁵ geht in ihrem Netto-Null-Szenario davon aus, dass global in 2030 noch 78 % (3.268 Mrd. m³) des Erdgasverbrauchs von 2021 (4.213 Mrd. m³) bestehen wird und in 2050, bei erreichter Netto-Klimaneutralität, noch 28 % (1.159 Mrd. m³). Diese Minderungsziele werden nur erreicht, sofern umgehend und weltweit die vorgeschlagenen Maßnahmen in Richtung Klimaneutralität umgesetzt werden.

Im Übergang zu einem vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Ener-

giesystem in Deutschland war und ist als weiterer Energieträger vor allem Erdgas vorgesehen. Erdgas ist der emissionsärmste fossile Energieträger und Gaskraftwerke sind flexibel für die Stromerzeugung zuschaltbar. Diese ergänzen damit die fluktuierende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Darüber hinaus ist ein Teil der deutschen und europäischen Erdgasinfrastruktur für die zukünftige Wasserstoffnutzung verwendbar. Die weitgehende Substitution von Erdgas sowohl in der Industrie, insbesondere bei der stofflichen Nutzung in der chemischen Industrie, als auch bei der Wärmeversorgung von Gebäuden wird lange Zeiträume erfordern.

Szenarien zum zukünftigen Erdgasbedarf in Deutschland zeigen eine große Spannweite⁶. Selbst sehr optimistische Szenarien bezüglich des Ausbaus der erneuerbaren Energien zeigen, dass der Bedarf an Erdgas im Übergang zu einer kohlenstofffreien

Energieversorgung in Deutschland noch für lange Zeiträume bestehen bleibt. Der Erdgasbedarf wird im Wesentlichen abhängig sein vom zukünftigen Beitrag der erneuerbaren Energien, dem Fortschritt der Elektrifizierung, dem Angebot an Wasserstoff und der bereitstehenden Kapazität für Energiespeicherung.

Absehbar ist, dass eine europäische Erdgasversorgung über den LNG-Spotmarkt herausfordernd bleiben wird. Die europäischen LNG-Importe werden in diesem Jahr voraussichtlich um mehr als 60 Mrd. m³ steigen⁷. Dies entspricht mehr als dem Doppelten der weltweit hinzukommenden LNG-Exportkapazitäten und dürfte den internationalen LNG-Handel kurz- bis mittelfristig unter Druck setzen. Die russische Föderation war 2021 der drittgrößte LNG-Lieferant für Europa, nach den USA und Katar (Abb. 1).

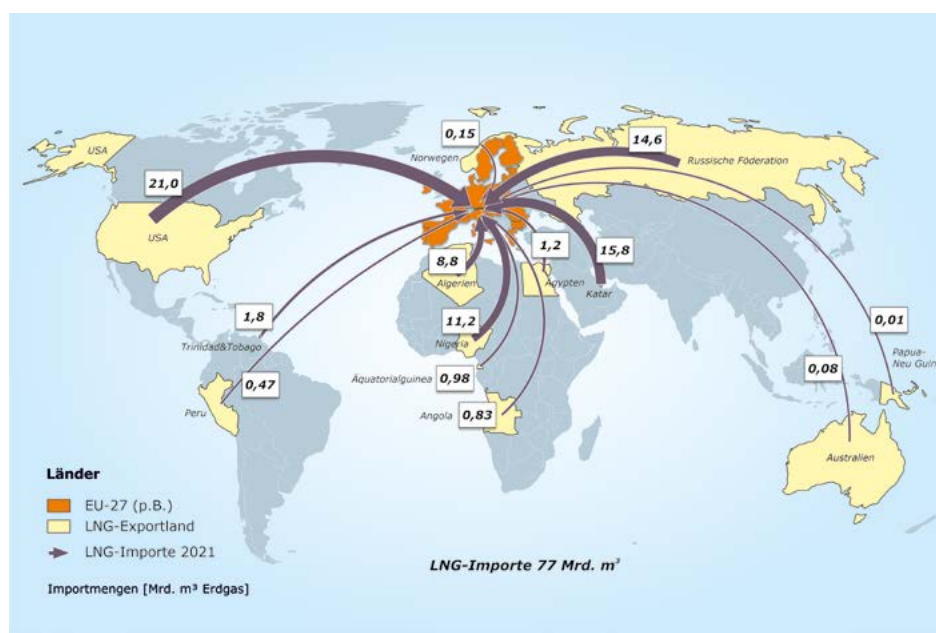


Abbildung 1: LNG-Importmengen (Mrd. m³) im Jahr 2021 für die Lieferländer der EU-27 (ohne Vereinigtes Königreich) in 2021; Angaben umgerechnet auf gasförmiges Erdgas (Daten: GIIGNL 2022⁸).

Im Sinne einer sicheren Energieversorgung sollten daher Maßnahmen zur Sicherstellung eines diversifizierten mittel- bis langfristigen Erdgasbezugs ergriffen werden. Daneben müsste der Ausbau der Erdgasinfrastruktur vorangehen, um Erdgasimporte aus Russland (Abb. 2) zu ersetzen. Dies beinhaltet LNG-Importterminals, den Ausbau der Pipelinekapazitäten zwischen den europäischen Ländern, auch um den Transport nach Mittel- und Osteuropa zu ermöglichen sowie weitere Anbindungen an Nachbarregionen, wie Nordafrika, das östliche Mittel-

meer und der kaspische Raum. Weiterhin steht die gesellschaftliche Diskussion einer verstärkten inländischen Förderung von Erdgas in Deutschland an. Eine kurzfristige Ausweitung von ca. 5 % bis 10 % der derzeitigen Erdgasförderung wird für möglich gehalten. Letztlich bedarf es einer breiten gesellschaftlichen Unterstützung, um diesem naheliegenden Instrument der Versorgungssicherheit, gepaart mit höchsten Umweltstandards, zu einem größeren Beitrag zu verhelfen.

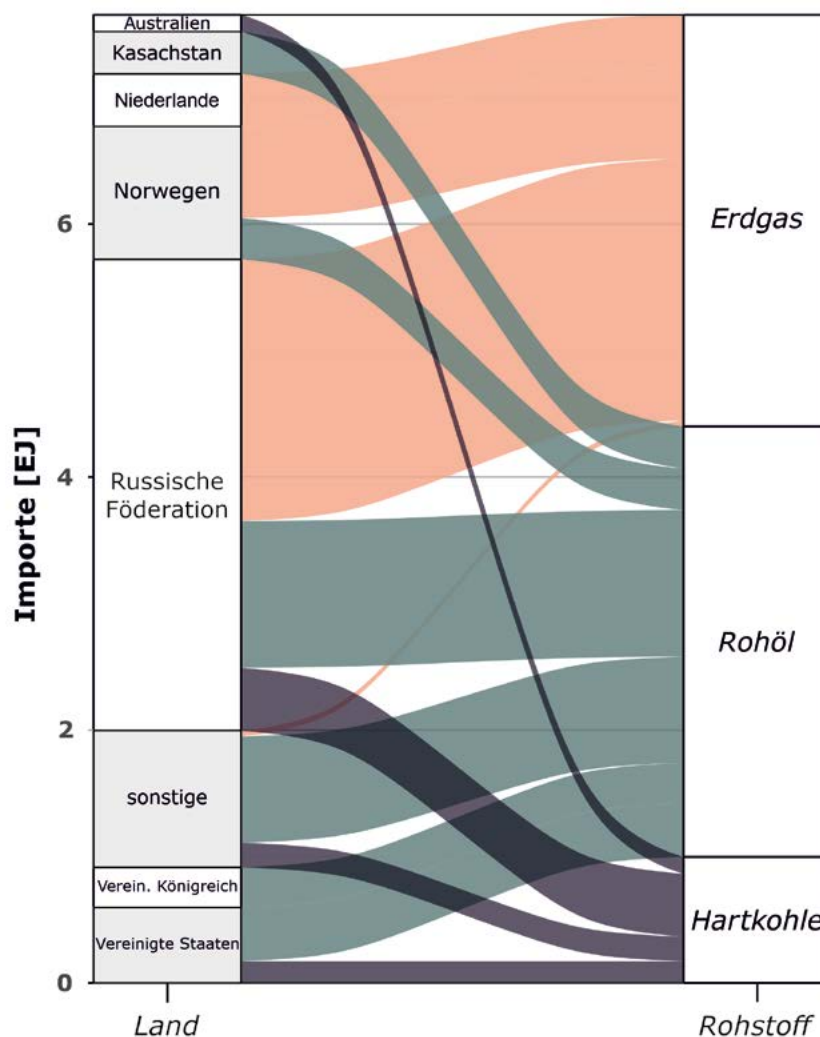


Abbildung 2: Nettoenergierohstoffimporte Deutschlands nach Herkunftsländern 2021; dargestellt sind Länder mit Einfuhrmengen über 23 TWh (Destatis 2022⁹, BAFA 2022¹⁰, Bundesnetzagentur/Bundeskartellamt 2022¹¹, VDKI 2022¹²). Vorläufige Daten für 2022 zeigen, dass der Anteil der russischen Föderation bei Energierohstoffimporten gesunken ist.

Energiesituation nach Energieträgern

Erdgas

In 2021 stieg der globale Erdgasverbrauch und einhergehend die weltweite Erdgasförderung fast wieder auf das Niveau vor der Covid-19-Pandemie an. In der zweiten Jahreshälfte 2020 begannen die Erdgaspreise auf den Spotmärkten weltweit zu steigen, der europäische Erdgaspreis allerdings um ein Vielfaches stärker als der US-amerikanische oder der japanische. Im Mai 2021 überstieg der europäische Erdgaspreis den über viele Jahre höheren japanischen LNG-Preis. Im August 2022 verteuerte sich Erdgas auf über 0,20 €/kWh bevor es im Herbst auf rund 0,10 €/kWh zurückging. Diese Preissprünge sind außergewöhnlich, da die weltweiten Erdgaspreise in den beiden Jahrzehnten davor vergleichsweise stabil waren. Der europäische Großhandelspreis für Erdgas lag viele Jahre umgerechnet no-

minal zwischen 0,02 €/kWh und 0,03 €/kWh. Der Vergleich mit Erdgaspreisen in anderen Regionen der Welt zeigt die kritische Erdgasversorgungslage in Europa.

Während in 2021 noch Australien vor Katar und den USA der größte LNG-Exporteur war, stiegen die USA in 2022 zum bedeutendsten LNG-Exporteur auf. Die größten Mengen LNG importierten in 2021 China, gefolgt von Japan, Südkorea und der EU. Der LNG-Markt blieb dabei in 2022 angespannt, da das globale Angebot an verflüssigtem Erdgas den Bedarf kaum decken konnte. In 2021 stand weltweit etwa doppelt so viel LNG-Importkapazität wie Exportkapazität zur Verfügung.

In Deutschland belief sich die im Jahr 2021 eingesetzte Erdgasmenge (Abb. 3) zur Stromversorgung auf 93,1 TWh (ca. 9 Mrd m³), dies entspricht einem Anteil von 15,2 % an der Bruttostromerzeugung.

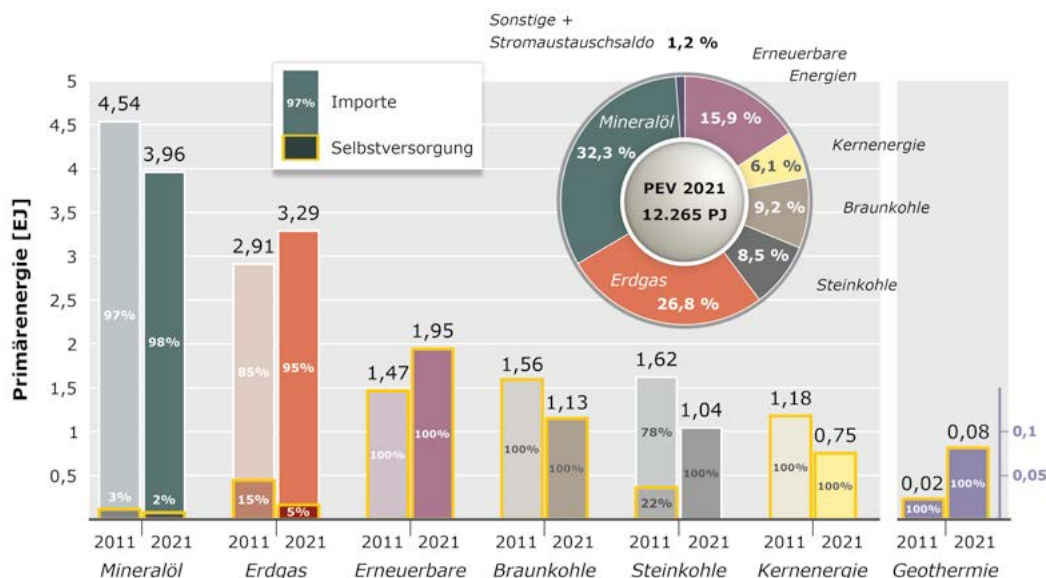


Abbildung 3: Importabhängigkeit und Selbstversorgungsgrad Deutschlands einzelner Energieträger in den Jahren 2011 und 2021. Kreisdiagramm: Anteil der einzelnen Energieträger am deutschen Primärenergieverbrauch (PEV) im Jahr 2021 (Daten: AGEB 2022¹³).

Erneuerbare Energien

Im Jahr 2021 entfielen global 84 % des Kapazitätszubaues zur Stromerzeugung auf erneuerbare Energien¹⁴. Mehr als 314 GW wurden 2021 weltweit errichtet, was einer Steigerung von 17 % gegenüber dem Vorjahr entspricht und einen neuen Höchststand des jährlichen Zuwachses erneuerbarer Energien bildet. Dominierend, mit rund 43 % des weltweiten Zubaus, war erneut China, das knapp 136 GW errichtete und damit als erstes Land die Marke von 1 TW installierter Leistung an erneuerbaren Energien überschritt.

An der weltweiten Stromerzeugung stieg der Anteil der erneuerbaren Energien 2021 auf 28,3 %. Am globalen Primärenergieverbrauch hingegen stagniert der Anteil erneuerbarer Energien ungeachtet eines Rekordzuwachses an erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten. Der Anstieg der weltweiten Primärenergienachfrage um 5 % gegenüber dem Vorjahr konnte nicht durch den Zubau von erneuerbaren Energien alleine kompensiert werden, sondern wurde hauptsächlich durch fossile Brennstoffe gedeckt. Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten globalen Energieverbrauch belief sich 2021 auf 12,6 % (2019: 11,7 %).

Obwohl 139 Länder zugesichert haben bis 2050 keine Treibhausgasemissionen mehr zu emittieren („Net-Zero“)¹⁵, nutzen viele Länder als Reaktion auf die Energiekrise 2022 wieder vermehrt fossile Brennstoffe. Die Weltgemeinschaft hatte Ende 2015 bei der UN-Klimakonferenz in Paris ein völkerrechtlich verbindliches Klimaabkommen beschlossen, das die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C (möglichst max. 1,5 °C) begrenzen soll. Derzeit haben 194 Staaten das Abkommen ratifiziert.

Auch Deutschland hat sich diesem Ziel verpflichtet und mit der EEG-Novelle 2022 („Osterpaket“) seine Ziele nochmals geschärft. Bis 2030 sollen 80 % und ab 2035 100 % des Bruttostroms^a mit erneuerbaren Energien erzeugt werden. Im ersten Halbjahr 2022¹⁶ wurden rund 52 % des Stroms in Deutschland aus erneuerbaren Energien erzeugt (2021: 41 %), sowie 16 % des Primärenergieverbrauch (2021) in Deutschland gedeckt. Wind- und Solarenergie sowie Biomasse sind dabei die wichtigsten erneuerbaren Energieträger zur Stromerzeugung. Während die erneuerbaren Energien im Bereich der Stromerzeugung bereits weit vorangekommen sind, zeigt sich im Wärmesektor noch wenig Bewegung. Der Anteil erneuerbarer Energien liegt bei 16,5 % (siehe auch Abschnitt Geothermie).

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien ist ein zunehmender Bedarf an Stromspeichern und Regelenergie absehbar. Die bisherigen Stromspeicher sind zum allergrößten Teil Pumpspeicher (5,5 TWh Auspeisung in 2021 bei 6,5 GW Leistung), deren weiterer Ausbau begrenzt ist. Hier besteht Handlungsbedarf zur Beschleunigung des Ausbaus weiterer Möglichkeiten zur Energiespeicherung.

Geothermie

Obwohl die Potenziale der Tiefen Geothermie in Deutschland (siehe z. B. Sandrock¹⁷) und ihre Bedeutung als unverzichtbarer Baustein der Wärmewende (siehe z. B. Moeck & Weber¹⁸) erkannt werden, vollzieht sich ihr Ausbau bislang nur langsam. Im Jahr 2021 betrug die geothermische Stromproduktion circa 208,8 GWh_e bei einer installierten Leistung von 45,8 MW_e. Die gesamte geother-

^a Bruttostromverbrauch bezeichnet die gesamte verbrauchte Strommenge, inkl. Netzverlusten und Kraftwerkseigenverbräuchen

misch erzeugte Wärme, inklusive Gebäudeheizung und Thermalbädern, belief sich im gleichen Zeitraum auf etwa 1.974 GWh_{th} bei einer installierten Leistung von 470,3 MW_{th}.

Durch die Zuspitzung von Klima- und Energiekrise wächst in Bezug auf die Energiegewinnung durch Geothermie der Druck auf Politik, Energiewirtschaft und Forschung, Hemmnisse wie beispielsweise fehlende Finanzierungsmodelle für hydrothermale Tiefengeothermie-Projekte mit ihren hohen Bohrkosten und Fündigkeitsrisiken (LBEG¹⁹) abzubauen. Mit dem am 11. November 2022 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gestarteten Konsultationsprozess zur besseren Nutzung von Erdwärme sollen solche Hemmnisse nun abgebaut und Maßnahmen zum Ausbau der Geothermie für eine klimaneutrale Wärmeversorgung eingeleitet werden (BMWK²⁰).

Erdöl

Sowohl die Erdölförderung als auch der -verbrauch stiegen in 2021 fast wieder auf das Niveau vor der Covid-19-Pandemie an. Diese Zunahme ist auf einer steten Erholung der wirtschaftlichen Aktivitäten und einer verstärkten Mobilität zurückzuführen. Infolge der hohen Nachfrage kam es zu einem Anstieg der Erdölpreise (Abb. 4). Die Jahresdurchschnittspreise 2022 befinden sich auf einem sechs-Jahreshoch.

Bedeutende Erdölfunde wurden um den Jahreswechsel 2021/2022 vor der Küste Namibias getätigt. Da weitere Funde wahrscheinlich sind, wird Namibia voraussichtlich mittelfristig zu einem bedeutenden erdölfördernden afrikanischen Staat werden.

Als eine Reaktion auf den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine hat die EU ein

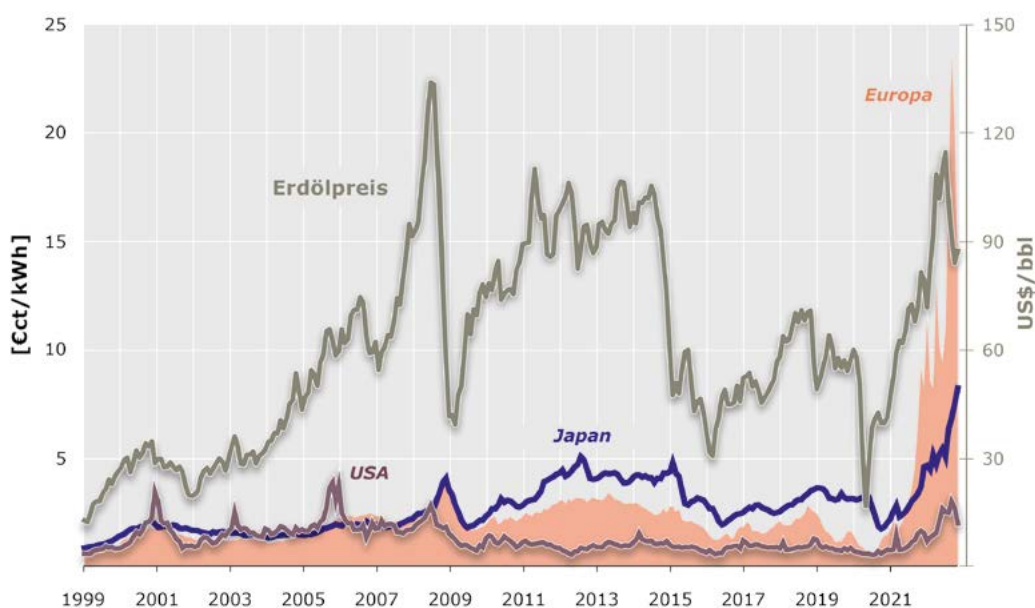


Abbildung 4: Entwicklung des Erdölpreises (West Texas Intermediate, WTI) und der Erdgaspreise der USA (Henry Hub), Japans (LNG-Einfuhrpreis) sowie Europas (seit 2015 Title Transfer Facility, TTF) (Daten: World Bank 2022²¹).

Einfuhrempargo auf russisches Erdöl und Mineralölprodukte beschlossen, welches mit einer Übergangszeit zum 5. Dezember 2022, bzw. 5. Februar 2023 wirksam wird. Bereits im Laufe des Jahres 2022 verringerten sich die russischen Erdölexporte nach Europa erheblich, während die russische Föderation verstärkt nach China, Indien und Saudi-Arabien lieferte.

Investitionen in den Erdölsektor sind bereits seit 2014 weltweit stark zurückgegangen, was dazu führen könnte, dass mittelfristig das Angebot eine weiter steigende Nachfrage nicht vollständig deckt.

Kernbrennstoffe

Die globale Uranproduktion ist nach Jahren der Rückläufigkeit 2021 wieder gestiegen. Zahlreiche Minen reduzierten in den letzten fünf Jahren auf Grund des stagnierenden Bedarfs ihre Produktion oder stellten sie zeitweise ganz ein, darunter auch marktdominierende Minen in Kanada, Kasachstan und Australien. In 2021 wurden Produktionsrestriktionen gelockert und rund 48.300 t Uran gefördert. Rund 82 % der Weltförderung wurde von fünf Ländern erbracht, Kasachstan, Namibia, Kanada, Australien und Usbekistan. Größtes Förderland war mit über 21.800 t Uran erneut Kasachstan.

Weltweit besteht ein wachsendes Interesse an der energetischen Nutzung von Kernbrennstoffen. Ende 2021 befanden sich 56 Kernreaktoren in 19 Ländern im Bau. Vor allem in den Schwellen- und Entwicklungsländern in Asien und dem Nahen Osten ist mit einem Anstieg des Uranverbrauchs zu rechnen. Auch in Europa setzen mehrere Länder auf Kernenergie als einen wichtigen Teil ihrer nationalen Energieversorgung, darunter auch Länder die Kernenergie bisher

nicht genutzt haben. Polen plant den Bau eines ersten Kernkraftwerkes bis 2033. In der Türkei soll bereits 2023 der erste von vier im Bau befindlichen Reaktoren ans Netz gehen.

Auf Grund der derzeitigen Energiekrise in Europa rückt die Nutzung der Kernenergie auch bei einigen Ländern, die bereits Ausstiegsabsichten hatten, wieder in den Fokus. So erwägt Belgien den bis 2025 geplanten Ausstieg aus der Kernenergie um weitere zehn Jahre zu verschieben. Auch in den Niederlanden wurde ein früherer Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie rückgängig gemacht und der Bau von zwei neuen Kernkraftwerken angekündigt.

In Deutschland ist der Ausstieg aus der Kernenergie zur kommerziellen Stromerzeugung gesetzlich festgelegt. Allerdings sollen noch bis Mitte April 2023 die Kernkraftwerke Emsland, Isar 2 und Neckarwestheim 2 im Streckbetrieb am Netz bleiben, um bei Bedarf im Winter 2022/23 einen zusätzlichen Beitrag zur Stromerzeugung leisten zu können. Zum Jahresende 2021 wurden planmäßig die Kernkraftwerke Grohnde, Gundremmingen C und Brokdorf (zusammen rund 4 GW) vom Netz genommen.

Kohle

In 2021 stieg der Hart- und Weichbraunkohlenverbrauch wieder auf das Niveau vor der Covid-19-Pandemie und die Hartkohlenförderung sogar über die Werte von 2019 an, vor allem aufgrund der Zuwächse in Asien. Bereits im Oktober 2021 ergaben sich nachfragebedingte Höchstpreise für Kraftwerkskohlen sowie Kokskohlen auf dem Weltmarkt, welche dann seit dem Kriegsbeginn Anfang März 2022 nochmals signifikant überboten wurden.

Die Hartkohlenförderung insbesondere in Indien und China wurde 2022 abermals deutlich ausgeweitet, was dazu führen dürfte, dass die globale Hartkohlenförderung 2022 auf schätzungsweise 7,5 Mrd. t und damit auf einen neuen Höchstwert seit 2012 steigt.

Als Reaktion auf den russischen Krieg gegen die Ukraine trat Anfang August 2022 ein EU-weites Einfuhrverbot für Kohle aus Russland (Kohleembargo) in Kraft. Im Jahr 2020 lieferte Russland mehr als die Hälfte (55,6 %) der EU-Steinkohleeinfuhren, gefolgt von den Vereinigten Staaten (17,2 %) und Australien (15,3 %). Weitere wichtige Lieferanten waren Kolumbien, Südafrika, Indonesien und Kanada. Auch nach Deutschland lieferte die Russische Föderation im Jahr 2021 knapp die Hälfte der Steinkohle und Steinkohleprodukte. Nach vorläufigen Angaben entfielen auf den Zeitraum von Januar bis August 2022 – also weitestgehend vor dem Kohleembargo – noch fast 43 % der deutschen Kohleeinfuhren auf Kohlelieferungen aus Russland. Die nun zu ersetzenden russischen Kohlelieferungen, bei denen es sich vorrangig um Kraftwerkskohle für die Stromerzeugung handelt, werden vorrangig aus den USA, Kolumbien und Südafrika importiert. Sowohl mit Blick auf die Förder- und Exportkapazitäten dieser Länder als auch die hohen Kohleweltmarktpreise dürfte es für Deutschland und die anderen EU-Länder auch 2023 herausfordernd bleiben, die russischen Kohlelieferungen zu ersetzen.

In Deutschland erhöhte sich die Förderung von Weichbraunkohle – nach dem Corona-Einbruch 2020 – um knapp 18 % auf rund 126 Mio. t in 2021, womit die Förderung rund 5 Mio. t unterhalb des Jahres 2019 lag. Für 2022 dürfte sich auf Basis der ersten drei

Quartale 2022 eine weitere Ausweitung der deutschen Förderung um schätzungsweise 7 % bis 8 % ergeben. In Deutschland soll die Braunkohleförderung und -verstromung idealerweise bis 2030, spätestens aber bis 2038 beendet werden. Im Oktober 2022 wurde bekannt gegeben, dass die Förderung im rheinischen Braunkohlenrevier 2030 eingestellt werden soll.

Wasserstoff

Im Jahr 2021 wurden weltweit rund 94 Mio. t reiner Wasserstoff verbraucht (2019: 91 Mio. t). Der weit überwiegende Anteil des Wasserstoffs wurde weiterhin aus Erdgas und Kohle hergestellt. Die Produktion von emissionsarmem Wasserstoff lag im Jahr 2021 bei weniger als 1 Mio. t und stammte nahezu ausschließlich aus Anlagen, die fossile Brennstoffe nutzen, allerdings mit CO₂-Abscheidung (sog. blauer Wasserstoff; z. B. Port Arthur, USA; Port Jerome, FRA; Quest, KAN). Um das international gesetzte Klimaziel, bis 2050 weltweit Netto-Null-Emissionen zu erreichen, zu erfüllen, wären nach Einschätzung der internationalen Energieagentur bis 2030 global die Herstellung von etwa 100 Mio. t emissionsarmen Wasserstoffs pro Jahr erforderlich.

Elektrolyseverfahren spielen mit bislang geschätzt 1 % bis 2 % Anteil eine untergeordnete Rolle bei der Herstellung von Wasserstoff. Die derzeitige installierte Elektrolyseleistung in der EU-27 beträgt, mit Stand 2021, rund 0,083 GW, weitere 0,023 GW befinden sich im Bau. Angesichts sinkender Herstellungskosten von Elektrolyseuren und politischer Unterstützung für deren Einsatz wird die Bedeutung zunehmen.

Die Europäische Union plant, bis 2024 eine Elektrolyseleistung von mindestens 6 GW

aufzubauen und diese bis 2030 auf mindestens 40 GW zu erweitern. Damit sollen 2024 bis zu 1 Mio. t (entspricht rd. 11 Mrd. m³) und im Jahr 2030 bis zu 10 Mio. t (entspricht rd. 111 Mrd. m³) grüner Wasserstoff produziert werden. Darüber hinaus ist geplant bis 2030 über 40 GW Elektrolyseleistung im Nicht-EU-Ausland aufzubauen, um den angenommenen Wasserstoffbedarf von bis zu 20 Mio. t in 2030 decken zu können. Schätzungen der Industrie zufolge würde die Erzeugung von 10 Mio. t erneuerbarem Wasserstoff eine installierte Elektrolyseurkapazität von 90 GW bis 100 GW erfordern, je nach Auslastungsfaktoren und Wirkungsgraden²². Viele europäische Staaten haben bereits nationale Wasserstoffstrategien verabschiedet, weitere arbeiten gegenwärtig an deren Finalisierung. Insgesamt zeichnet sich ab, dass sich die mindestens 40 GW Elektrolyseleistung, die bis 2030 in der EU-Wasserstoffstrategie als Ziel festgesetzt wurden, auch in der Summe der nationalen Wasserstoffstrategien der EU-Staaten widerspiegeln wird.

LITERATUR

- 1 Prognos AG, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung m Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. – 120 S.; Berlin. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf
- 2 Prognos AG (2021): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050 – Gesamtdokumentation der Szenarien. Prognos AG; Fraunhofer ISI; GWS; IINAS. – 461 S. <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2021/energiewirtschaftliche-projektionen-und-folgeabschaetzungen-2030-2050.pdf>
- 3 Robinius, M., Markewitz, P., Lopion, P., Kullmann, F., Heuser, P., Syranidou, C., Cerniauskas, S., Schöb, T., Reuß, M., Ryberg, S., Kotzur, L., Caglayan, D., Welder, L., Linßen, J., Grube, T., Heinrichs, H., Stenzel, P. & Stolten, D. (2020): Wege für die Energiewende - Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050. Forschungszentrum Jülich GmbH Zentralbibliothek, Verlag, Jülich, VIII. – 141 S. https://juser.fz-juelich.de/record/877960/files/Energie_Umwelt_499.pdf
- 4 Weltenergierat – Deutschland e.V. (2020): Globale Szenarien und Prognosen zur Energieversorgung im Vergleich. – 32 S.; Berlin. <https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2020/05/Szenarien-und-Prognosen-weltweit-im-Vergleich.pdf>
- 5 IEA (2022): World Energy Outlook 2022. – 524 S.; Paris <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- 6 Scharf, H., Arnold, F. & Lencz, D.(2021): Future natural gas consumption in the context of decarbonization – A meta-analysis of scenarios modeling the German energy system, – In: Energy Strategy Reviews (33), S. 100591, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100591>
- 7 IEA (2022): Gas Market Report, Q3-2022 including Gas 2022 medium-term forecast to 2025. – 119 S.; Paris. <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q3-2022>
- 8 GIIGNL – International Group of Liquefied Natural Gas Importers (2022): The LNG industry – GIIGNL Annual Report 2022. – 76 S.; Neuilly-sur-Seine, Frankreich. https://giignl.org/wp-content/uploads/2022/05/GIIGNL2022_Annual_Report_May24.pdf
- 9 Destatis – Statistisches Bundesamt (2022): Datensatz: Gewinnung, Netzeinspeisung, Eigenverbrauch, Speicherstand von Gas: Deutschland, Monate (43321-0001); Wiesbaden. https://www-genesis.destatis.de/genesis/downloads/00/tables/43321-0001_00.xml

- 10 BAFA (2022): RohölINFO Dezember 2021 (Rohölimporte); Eschborn. https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Rohoel/2021_12_rohloelinfo.html
 - 11 Bundesnetzagentur/Bundeskartellamt (2021): Monitoringbericht 2020. – 508 S.; Bonn. https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4
 - 12 VDKI – Verein der Kohlenimporteure e.V. (2022): Jahresbericht 2022. Fakten und Trends 2021/22. – 88 S.; Berlin. https://www.kohlenimporteure.de/files/user_upload/jahresberichte/Jahresbericht_2022.pdf
 - 13 AGEB (2022): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2021 – Jahresbericht. – 52 S., Berlin. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/04/AGEB_Jahresbericht2021_20220524_dt_Web.pdf
 - 14 REN21 (2022): Renewables 2022 – Global Status Report. – 312 S.; Paris, Frankreich. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
 - 15 Net Zero Tracker. (2022): Energy and Climate Intelligence Unit, Data-Driven EnviroLab, NewClimate Institute, Oxford Net Zero. <https://zerotracker.net/>
 - 16 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2022): Energy-Charts 2022. https://energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=halfyear&datetimepicker=22.11.2022&halfyear=1
 - 17 Sandrock, M., Maaß, C., Weisleder, S., Westholm, H., Schulz, W., Löschan, G., Baisch, C., Kreuter, H., Reyer, D., Mangold, D., Riegger, M. & Köhler, C. (2020): Kommunalen Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefeingeothermischer Ressourcen. UBA Abschlussbericht, Climate Change 31/2020. – 357 S. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_10_21_climate_change_31_2020_kommunaler_klimaschutz_durch_verbesserung_der_effizienz_abschlussb_0.pdf
 - 18 Moeck & Weber (2022): Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie – Ersatz fossiler Brennstoffe im Bereich Raumwärme und Warmwasser durch Geothermie als unverzichtbarer Bestandteil im Energiesektor Ökowärme bis 2045. LIAG Bericht. – 30 S.; Hannover. <https://idw-online.de/de/attachmentdata92060.pdf>
 - 19 LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2021): Zahlen und Fakten zur Tiefengeothermie in Niedersachsen 2020, Fachbericht. – 19 S., Hannover. <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/168792>
 - 20 BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Pressemitteilung: Geothermie für die Wärmewende – Bundeswirtschaftsministerium startet Konsultationsprozess; Berlin. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilung/2022/11/20221111-geothermie-fuer-die-waermewende.html>
 - 21 World Bank (2022): Commodity Markets, “Pink sheet” data: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/5d903e848db1d1b83e0ec8f744e55570-0350012021/related/CMO-Historical-Data-Monthly.xlsx>
 - 22 European Clean Hydrogen Alliance (2022): Joint Declaration European Electrolyser Summit, Brussels, 5 May 2022 <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/50014/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- Zum Abkürzungsverzeichnis / Glossar verweisen wir auf die ► *BGR Energiestudie 2021*
- *BGR Energiedaten 2022*

Impressum

Herausgeber:
© **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Januar 2023**
B1.3 Geologie der Energierohstoffe
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Stilleweg 2
30655 Hannover
E-Mail: energierohstoffe@bgr.de
<https://www.bgr.bund.de>