

Frondel, Manuel; Hansteen, Sven; Krieg, Marielena; Schmidt, Christoph M.

**Research Report**

## Deutschlands Energieversorgungsrisiko vor Russlands Angriff auf die Ukraine: Ein empirischer Vergleich mit den G7-Staaten

RWI Materialien, No. 155

**Provided in Cooperation with:**

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

*Suggested Citation:* Frondel, Manuel; Hansteen, Sven; Krieg, Marielena; Schmidt, Christoph M. (2023) : Deutschlands Energieversorgungsrisiko vor Russlands Angriff auf die Ukraine: Ein empirischer Vergleich mit den G7-Staaten, RWI Materialien, No. 155, ISBN 978-3-96973-154-3, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/268448>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

Manuel Frondel  
Sven Hansteen  
Marielena Krieg  
Christoph M. Schmidt

## Diskussionspapier

# Deutschlands Energieversorgungsrisiko vor Russlands Angriff auf die Ukraine: Ein empirischer Vergleich mit den G7-Staaten

## Herausgeber

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung  
Hohenzollernstraße 1-3 | 45128 Essen, Germany  
Fon: +49 201-81 49-0 | E-Mail: [rwi@rwi-essen.de](mailto:rwi@rwi-essen.de)  
[www.rwi-essen.de](http://www.rwi-essen.de)

### Vorstand

Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Dr. Stefan Rumpf

© RWI 2023

Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des RWI gestattet.

## RWI Materialien Heft 154

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt

Konzeption und Gestaltung: Julica Bracht, Claudia Lohkamp, Daniela Schwindt

Deutschlands Energieversorgungsrisiko vor Russlands Angriff auf die Ukraine: Ein empirischer Vergleich mit den G7-Staaten

ISSN 1612-3573 - ISBN 978-3-96973-154-3

**Materialien**

Diskussionspapier

Manuel Frondel, Sven Hansteen, Marielena Krieg und Christoph M. Schmidt

# **Deutschlands Energieversorgungsrisiko vor Russlands Angriff auf die Ukraine: Ein empirischer Vergleich mit den G7-Staaten**

Heft 155



## Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über: <http://dnb.ddb.de> abrufbar.



Das RWI wird vom Bund und vom Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

ISSN 1612-3573

ISBN 978-3-96973-154-3

Manuel Frondel, Sven Hansteen, Marielena Krieg und Christoph M. Schmidt<sup>1</sup>

# Deutschlands Energieversorgungsrisiko vor Russlands Angriff auf die Ukraine: Ein empirischer Vergleich mit den G7-Staaten

## Zusammenfassung

*Der starke Anstieg der Energiepreise, der bereits im Jahr 2021 begann, und der russische Angriff auf die Ukraine im Februar 2022 haben die Sicherheit der Energieversorgung Europas in den öffentlichen und politischen Fokus gerückt. Dieser Beitrag quantifiziert vor diesem Hintergrund die spezifischen Risiken Deutschlands bei der Versorgung mit Erdöl, Steinkohle und Erdgas vor Russlands Angriff auf die Ukraine sowie das gesamte Energieversorgungsrisiko Deutschlands und ordnet es durch einen Vergleich mit dem der übrigen G7-Staaten ein. Im Ergebnis zeigt sich, dass das Risiko der Versorgung mit Energie dem von Frondel und Schmidt (2009) konzipierten Indikator zur Messung der langfristigen Energieversorgungssicherheit zufolge seit dem Ende der 1970er-Jahre stark gestiegen ist. Dies geht vor allem auf die massive Zunahme der Rohöl-, Steinkohle- und Erdgasimporte aus Russland bei einem gleichzeitigen Rückgang der heimischen Anteile an der Versorgung mit Erdöl, Steinkohle und Erdgas zurück. Der Beitrag illustriert, wie eine stärkere Diversifizierung der Importe von Energierohstoffen nach Bezugsländern sowie hinsichtlich der Energierohstoffe und -technologien die Versorgungssicherheit mit Energie erhöhen könnte.*

*JEL Classification: C43, Q41*

*Keywords: Energieberichte; Versorgungssicherheit; Diversifizierung*

*Januar 2023*

---

<sup>1</sup> Manuel Frondel, RWI und RUB; Sven Hansteen, RWI; Marielena Krieg, RWI; Christoph M. Schmidt, RWI und RUB. – Wir danken Maira Kusch und Prof. Dr. Hans-Wilhelm Schiffer vom Weltenergieerat – Deutschland e. V. für wertvolle Anmerkungen und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung im Rahmen des Kopernikus-Projekts Ariadne (FKZ: 03SFK5CO). – Korrespondenz: Manuel Frondel, RWI, Hohenzollernstr. 1-3, 45128 Essen, e-mail: manuel.frondel@rwi-essen.de

## 1 Einleitung

Der Angriff Russlands auf die Ukraine am 24. Februar 2022 hat schlagartig die Sicherheit der Versorgung Deutschlands und Europas mit Energierohstoffen zu einem Thema von höchster Priorität werden lassen (acatech, Leopoldina, Akademienunion 2022; Wörner, Schmidt 2022). Deutschland wurde, ebenso wie der Mehrheit der übrigen europäischen Staaten, auf drastische Weise vor Augen geführt, welche Risiken eine hohe Abhängigkeit von Energieimporten aus einem einzigen Lieferland wie Russland in sich birgt. Denn trotz der Zunahme des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergiemix auf rund 16 % im Jahr 2021 basierte die Energieversorgung in Deutschland vor dem russischen Angriff noch immer zu großen Teilen auf dem Import der fossilen Energieträger Steinkohle, Erdöl und Erdgas, vor allem aus Russland. So beruhte die Gasversorgung Deutschlands im Jahr 2021 zu etwas mehr als der Hälfte auf Lieferungen aus russischen Gasfeldern, der Anteil der Importe aus Russland betrug rund 55 %. Auch der Beitrag Russlands zur Versorgung Deutschlands mit Steinkohle belief sich auf etwas über 50 % und Russlands Anteil an der Rohölversorgung lag im Jahr 2021 ebenfalls relativ hoch, bei knapp 37 % (Deutscher Bundestag 2022).

Die relativ hohe Abhängigkeit von Rohölimporten aus Ländern der Organisation Erdöl exportierender Länder (Organization of Petroleum Exporting Countries, OPEC), die Deutschland in den Ölkrisen der 1970er-Jahre schwer zu schaffen machte, wurde somit von einer noch viel höheren Abhängigkeit von Russland bei den Importen von gleich drei Energierohstoffen abgelöst: Erdöl, Steinkohle und Erdgas. Dies war bereits vor einem Jahrzehnt deutlich zu erkennen (Frondel, Schmidt 2009). Dass diese Abhängigkeit seitdem noch anstieg, ist nicht zuletzt auf die Inbetriebnahme der durch die Ostsee führenden Pipeline Nord Stream 1 im Jahr 2011 zurückzuführen. Diese führt vom russischen Wiborg ins ostdeutsche Lubmin bei Greifswald und hat eine Kapazität von rund 55 Mrd. Kubikmeter Erdgas pro Jahr – das entspricht deutlich mehr als der Hälfte des jährlichen Erdgasverbrauchs Deutschlands von ca. 90 Mrd. Kubikmetern bzw. rund 1.000 Mrd. Kilowattstunden im Jahr 2021 (BDEW 2022).

Mit der Fertigstellung der zusätzlichen Ostsee-Pipeline Nord Stream 2 sowie der Umsetzung der Ausstiegsbeschlüsse aus der Kernenergie- und der Kohleverstromung wurde der Weg bereitet, Deutschlands Abhängigkeit von Energieimporten aus Russland sogar noch weiter zu steigern. Vor allem der Einsatz von Erdgas wurde als die zentrale Brücke in Richtung eines defossilisierten Energiesystems betrachtet – und Russland wurde vertraut, die sichere Versorgung mit den dafür benötigten Mengen an Erdgas zu gewährleisten.<sup>1</sup> Der Angriff Russlands auf die Ukraine hat dieses Vorhaben zerschlagen und

---

<sup>1</sup> Statt des üblicherweise verwendeten Begriffs der Dekarbonisierung zur Beschreibung des Ziels der Treibhausgasneutralität benutzen wir den Begriff der Defossilisierung. Damit wollen wir darauf hinweisen, dass es nicht darum geht, das Treibhausgas Kohlendioxid unter allen Umständen zu vermeiden, denn das Leben auf der Erde

das Szenario einer noch weiter steigenden Abhängigkeit Deutschlands von russischen Energieimporten sehr unattraktiv werden lassen. Vielmehr ist nun davon auszugehen, dass Deutschlands ehemals hohe Abhängigkeit von russischen Energieimporten der Geschichte angehören könnte.

Vor diesem Hintergrund quantifiziert dieser Beitrag die Versorgungssicherheit Deutschlands mit Energie auf Basis des von Frondel und Schmidt (2009) konzipierten Indikators zur Messung des langfristigen Energieversorgungsrisikos und zieht einen Vergleich zu den Versorgungsrisiken der übrigen G7-Staaten. Der Beitrag aktualisiert somit die Analyse von Frondel, Ritter und Schmidt (2012), die schon für die Zeit vor der Inbetriebnahme von Nord Stream 1 Deutschland das zweithöchste Energieversorgungsrisiko unter den G7-Ländern nach Italien attestiert hatte. Ein vorbereitender Schritt hierzu ist die Ermittlung der einzelnen rohstoffspezifischen Risiken Deutschlands für Erdöl, Steinkohle und Erdgas seit Ende der 1970er-Jahre. Hier nutzt der Beitrag das von Frondel und Schmidt (2007) entwickelte Konzept und stellt dar, wie sich der Indikator zur Quantifizierung des langfristigen Energieversorgungsrisikos eines Landes von Frondel und Schmidt (2009) aus den rohstoffspezifischen Indikatoren zusammensetzt.

Bei der empirischen Berechnung des übergreifenden Indikators finden sämtliche Energierohstoffe und -technologien Berücksichtigung, sowohl die fossilen Energierohstoffe Öl, Kohle und Gas als auch Kernenergie und die erneuerbaren Energien. Die wesentlichen Bestandteile, die zur empirischen Umsetzung des Indikators herangezogen werden, sind erstens die Importanteile der diversen Rohstoffbezugsländer sowie der Anteil der inländischen Förderung eines jeden Rohstoffs an dessen gesamtem Angebot in Deutschland, zweitens quantitative Kenngrößen zur Einordnung der Wahrscheinlichkeiten, mit denen in den Bezugsländern mit Angebotsunterbrechungen zu rechnen ist, und drittens die Anteile einzelner Energierohstoffe und -technologien am Primärenergiemix.

Im Ergebnis zeigt sich, dass das Risiko der Versorgung mit Energie in Deutschland seit dem Ende der 1970er-Jahre massiv gestiegen ist. Dieser Anstieg ist sehr wesentlich auf die starke Zunahme der Rohöl-, Steinkohle- und Erdgasimporte aus Russland bei einem gleichzeitigen Rückgang der heimischen Anteile an der Versorgung mit Erdöl, Steinkohle und Erdgas zurückzuführen. Unter den G7-Staaten wies Deutschland damit vor dem Angriff Russlands auf die Ukraine und dem damit verbundenen Ausrufen einer Zeitenwende bezüglich der Themen Sicherheit und Resilienz (Wörner, Schmidt 2022) nach Italien das zweithöchste Risiko bei der Versorgung mit Energierohstoffen auf.

---

ist sehr wesentlich der Existenz von Kohlen- und Sauerstoff zu verdanken — zwei Elemente, aus denen in natürlicher Weise Kohlendioxid entsteht. Vielmehr gilt es, sich von einer Energieversorgung zu lösen, die einen Ausstoß von Kohlendioxid infolge der Verbrennung fossiler Rohstoffe voraussetzt. Kohlendioxid ist per se nicht schädlich und kann künftig ein wichtiger Baustein der Energiewende werden, etwa um durch Elektrolyse mit Hilfe von grünem Strom Wasserstoff herzustellen und daraus mittels Kohlendioxid dann Methan, und somit synthetisches grünes Erdgas.



Der folgende zweite Abschnitt erläutert das von Frondel und Schmidt (2007) vorgeschlagene Maß zur Quantifizierung des Risikos bei der Versorgung mit einem einzelnen Energierohstoff wie Erdöl sowie den von Frondel und Schmidt (2009) konzipierten statistischen Indikator zur Messung des Risikos der gesamten Versorgung eines Landes mit Energie. In Abschnitt 3 wird die empirische Umsetzung dieses Indikators am Beispiel Deutschlands illustriert. Abschnitt 4 vergleicht Deutschlands Versorgungsrisiko mit den Versorgungsrisiken der übrigen G7-Staaten. Der fünfte Abschnitt präsentiert eine kurze Zusammenfassung und zieht Schlussfolgerungen für die künftige Energiepolitik.

## 2 Konzepte zur quantitativen Erfassung von Versorgungsrisiken

Das von Frondel und Schmidt (2007) vorgeschlagene Maß zur Quantifizierung des rohstoffspezifischen Versorgungsrisikos eines Importlandes bezüglich eines Energierohstoffs  $i$  beruht auf einer Modifizierung des üblicherweise zur Messung von Marktkonzentration verwendeten Herfindahl-Index (Herfindahl 1950) und lautet wie folgt:<sup>2</sup>

$$Risiko_i := \mathbf{x}_i^T \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{x}_i = x_{id}^2 r_d + x_{i1}^2 r_1 + x_{i2}^2 r_2 + \dots + x_{ij}^2 r_j + \dots + x_{ij}^2 r_j, \quad (1)$$

wobei  $x_{ij}$  den Anteil des Exportlandes  $j$  am inländischen Angebot des Energierohstoffs  $i$  bezeichnet und  $x_{id}$  den entsprechenden Anteil der heimischen Förderung.  $r_j$  bezeichnet die länderspezifischen Ausfallrisiken, die beispielsweise durch die normierten Hermesklassifizierungen operationalisiert werden können (siehe Tabelle A1 im Anhang).<sup>3</sup>  $\mathbf{R} := \mathbf{r}^T \cdot \mathbf{I}$  wird Risikomatrix genannt, wobei  $\mathbf{I}$  die Einheitsmatrix darstellt und  $\mathbf{r}^T := (r_d, r_1, \dots, r_j, \dots, r_j)$  den Risikovektor. Länger anhaltende Ausfälle bei der heimischen Gewinn-

---

<sup>2</sup> Die Definition beruht auf dem durch die Ausfallrisiken  $r_j$  der jeweiligen Bezugsländer ergänzten Herfindahl-Index zur Messung von Konzentration:  $H_i := s_{i1}^2 + \dots + s_{ij}^2 + \dots + s_{ij}^2$ . Dabei bezeichnet  $s_{ij}$  den Anteil des Landes  $j$  am Gesamtimport des Rohstoffs  $i$ . Dieser Anteil hängt mit  $x_{ij}$ , dem Anteil des Landes  $j$  an der heimischen Versorgung mit Rohstoff  $i$ , wie folgt zusammen:  $x_{ij} = s_{ij}(1 - x_{id})$ . Entsprechend erhöht eine Verringerung der inländischen Förderung  $x_{id}$  die Abhängigkeit  $x_{ij}$  von den einzelnen Bezugsländern  $j$  hinsichtlich Rohstoff  $i$  und damit auch das rohstoffspezifische Risiko, wenngleich eine Erhöhung der Importe die wirtschaftlich und energiepolitisch richtige Entscheidung sein kann.

<sup>3</sup> Die im Risikovektor  $\mathbf{r}$  zusammengefassten Werte identifizieren wir durch die Länderklassifizierungen, die die ehemalige Euler-Hermes Kreditabsicherungs-AG, heute Allianz Trade, zur Verfügung stellt und die in Tabelle A1 des Anhangs in leicht modifizierter Form als normierte Werte für die relevanten Länder dargestellt sind. Um die ursprünglichen Klassifizierungen zu normieren, wurden sie durch den Maximalwert von 7 dividiert. Mit den Länderklassifizierungen werden die Exportkreditgarantien klassifiziert, mit denen deutsche Unternehmen ihre Exportgeschäfte gegen wirtschaftliche und politische Risiken absichern. Die Klassifizierungen umfassen wirtschaftliche und politische Risiken wie Aufruhr und kriegerische Auseinandersetzungen.

nung von Rohstoffen sollten ausgeschlossen werden können, sodass von  $r_d = 0$  ausgegangen werden kann und sich Gleichung (1) wie folgt vereinfacht:

$$Risiko_i := x_{i1}^2 r_1 + x_{i2}^2 r_2 + \dots + x_{ij}^2 r_j + \dots + x_{ij}^2 r_j . \quad (1')$$

Falls  $x_{id} = 1$  gilt, ist die Volkswirtschaft  $j$  bezüglich des Rohstoffs  $i$  autark, wie dies in Deutschland etwa bei der Braunkohle der Fall ist. In solch einem Fall eines fehlenden Versorgungsrisikos nimmt das nach Gleichung (1) definierte rohstoffspezifische Risiko den Minimalwert von Null an. Im entgegengesetzten, aber sehr unwahrscheinlichen Fall, dass die Versorgung mit Rohstoff  $i$  ausschließlich durch Importe aus einem einzigem Land  $j$  gewährleistet wird, das noch dazu die höchste Ausprägung der Kennzahl für das Ausfallrisiko von  $r_j = 1$  aufweist, erhält das rohstoffspezifische Risiko den Maximalwert von 1. Die Werte des durch Gleichung (1) definierten rohstoffspezifischen Risikos liegen folglich im Intervall  $[0;1]$ ; der rohstoffspezifische Risikoindikator ist somit normiert.

Die im Vektor  $\mathbf{x}_i^T := (x_{id}, x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{ij})$  mit  $x_{id} + x_{i1} + \dots + x_{ij} = 1$ ,  $i = 1, \dots, I$ , erfassten Anteile der jeweiligen Lieferländer an der Versorgung mit Rohstoff  $i$  sind aus Sicht eines Importlandes der primäre Hebel, um das Versorgungsrisiko zu beeinflussen. Rohstofflieferanten mit geringem Anteil  $x_{ij}$  erhalten in Gleichung (1) durch die Quadrierung des Anteils  $x_{ij}$  ein disproportional geringes Gewicht. Dies erscheint sinnvoll, denn selbst wenn ein Rohstoff aus einem politisch sehr fragwürdigen Land eingeführt wird, sollte dies kein allzu großes Problem darstellen, wenn dessen Anteil an der Versorgung gering ist, also beispielsweise lediglich 3 % ausmacht. Das Gewicht, mit dem dieses Land nach Gleichung (1) zum Versorgungsrisiko beiträgt, ist mit 0,09 % praktisch vernachlässigbar.

Andererseits fallen Lieferungen aus Ländern mit einem hohen Anteil, so wie dies bis vor kurzem bei Russland der Fall war, vergleichsweise stark ins Gewicht, sodass sich eine Konzentration auf ein risikoreiches Land in einem großen Wert des Risikoindex niederschlägt. Nicht zuletzt wirkt sich die Aufteilung des Bezugs auf zwei Quellen mit gleichem Risiko aufgrund der Quadrierung der Gewichte risikomindernd aus, also genau so, wie man dies bei einer stärkeren Diversifizierung erwarten würde. Der nach Gleichung (1) berechnete Indikator des rohstoffspezifischen Risikos umfasst somit drei Aspekte, die bei der Messung von Versorgungssicherheit von Bedeutung sind: (i) den Anteil der heimischen Förderung  $x_{id}$  am gesamten Angebot an Rohstoff  $i$  im Inland, (ii) die politische und wirtschaftliche Stabilität der Bezugsländer, die im Risikovektor  $\mathbf{r}$  zusammengefasst ist, und (iii) die Diversifikation des Rohstoffbezugs, die sich im Vektor  $\mathbf{x}_i$  widerspiegelt.

Volkswirtschaften greifen für ihre Energieversorgung typischerweise auf eine Kombination unterschiedlicher Energierohstoffe zurück, die in sehr unterschiedlichem Umfang importiert werden. Um die Vulnerabilität eines Landes hinsichtlich der gesamten

Versorgung mit Energie zu erfassen, schlugen Frondel und Schmidt (2009) eine unmittelbare Verallgemeinerung des rohstoffspezifischen Risikos nach Gleichung (1) vor:

$$Risiko := \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{X} \cdot \mathbf{w} = \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{\Pi}^T \cdot \mathbf{w}. \quad (2)$$

Bei dieser quadratischen Form stellt  $\mathbf{w}^T := (w_1, \dots, w_i, \dots, w_l)$  den Vektor der nichtnegativen Anteile  $w_i$  der unterschiedlichen Rohstoffe und Energietechnologien an der gesamten Versorgung eines Landes mit Primärenergie dar. Diese Anteile addieren sich definitionsgemäß zu Eins:  $w_1 + \dots + w_l = 1$ .

Wie bereits bei der Erfassung der rohstoffspezifischen Risiken enthalten die Spalten der Matrix  $\mathbf{X}$  neben den jeweiligen Anteilen der Bezugsländer  $x_{ij}$  auch den Beitrag  $x_{id}$  der heimischen Forderung eines Rohstoffs  $i$  zur Energieversorgung:

$$\mathbf{X} := \begin{pmatrix} x_{1d} & \cdot & x_{1i} & \cdot & x_{1l} \\ x_{11} & \cdot & x_{1i} & \cdot & x_{1l} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{1j} & \cdot & x_{ij} & \cdot & x_{lj} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{1J} & \cdot & x_{iJ} & \cdot & x_{lJ} \end{pmatrix} = (\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_i \dots \mathbf{x}_l).$$

Die Diagonalelemente  $\pi_{ii}$  der Produktmatrix  $\mathbf{\Pi} := \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{X}$  sind identisch mit den rohstoffspezifischen Risiken:  $\pi_{ii} := Risiko_i = \sum_j x_{ij}^2 r_j \geq 0$ . Die übrigen, nichtverschwindenden Elemente von  $\mathbf{\Pi}$ ,  $\pi_{kl} = \sum_j x_{kj} x_{lj} r_j > 0$  für  $k, l = 1, \dots, l, k \neq l$ , berücksichtigen die Tatsache, dass beispielsweise Versorgungsunterbrechungen in einem Exportland bei den Öllieferungen mit solchen bei Gas korreliert sein können. So zeigen die aktuellen politischen und militärischen Konflikte mit Russland, bekanntermaßen einem der bedeutendsten Öl- und Gasförderstaaten, sehr deutlich, dass Probleme bei der Ölversorgung auch Schwierigkeiten bei der Gasversorgung zur Folge haben können. Zuletzt soll nicht unerwähnt bleiben, dass der Indikator (2) für das Risiko der gesamten Energieversorgung eines Landes konstruktionsbedingt ebenso normiert ist wie das rohstoffspezifische Risiko (1):  $0 \leq Risiko \leq 1$ .

Natürlich sind sowohl der Indikator für das rohstoffspezifische Risiko als auch der Indikator für das Gesamtversorgungsrisiko nicht allumfassend und berücksichtigen verschiedene wesentliche Aspekte nicht, etwa die Volatilität der Rohstoffpreise und andere kurzfristig relevante Aspekte. Dennoch sollten die Indikatoren in Bezug auf die Messung des langfristigen Versorgungsrisikos gute Anhaltspunkte liefern können, wie im Folgenden illustriert wird.

### 3 Deutschlands Energieversorgungsrisiko

Seit den Ölpreiskrisen der 1970er-Jahre nahm Deutschlands Abhängigkeit von Energieimporten aus Russland beinahe beständig zu. So beruhte die Gasversorgung Deutschlands im Jahr 2019, dem letzten Vorkrisenjahr vor Ausbruch der Corona-Pandemie, mit einem Importanteil von rund 49 % zu knapp der Hälfte auf Lieferungen aus russischen Gasfeldern (Tabelle 1). Im Jahr 1970 hingegen wurde die Gasversorgung Deutschlands noch zu rund drei Vierteln aus heimischen Quellen sichergestellt – allerdings bei einem deutlich niedrigeren Gasverbrauch als heute. Der übrige Teil wurde durch die Niederlande beigesteuert.

**Tabelle 1:** Anteile verschiedener Herkunftsländer an der Erdgasversorgung Deutschlands

Herkunft	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Deutschland	76,7 %	32,2 %	25,8 %	22,5 %	12,8 %	7,9%	5,0 %
Niederlande	23,3 %	33,6 %	26,8 %	19,3 %	21,8 %	20,4%	9,8 %
Norwegen	0,0%	12,2 %	11,1 %	18,8 %	28,3 %	29,8%	32,6 %
Russland	0,0%	21,9 %	35,7 %	35,4 %	31,9 %	39,2%	48,5 %
Übrige	0,0%	0,1 %	0,6 %	4,0 %	5,2 %	2,7%	3,6 %

Quellen: Eigene Berechnungen auf Basis von IEA (2022a, b).

Mit Inbetriebnahme der durch die Ostsee führenden Pipeline Nord Stream I im Jahr 2011 ist die Abhängigkeit von Erdgasimporten aus Russland im vergangenen Jahrzehnt stark angestiegen: von einem Importanteil von rund 32 % im Jahr 2010 über einen Anteil von rund 39 % im Jahr 2015 auf etwa 55 % im Jahr 2021 (Deutscher Bundestag 2022). Im Gegenzug ist der Anteil der Erdgasimporte aus den Niederlanden in den vergangenen Jahren massiv gesunken und betrug im Jahr 2019 weniger als 10%. Auch der heimische Beitrag zur Versorgung mit Erdgas ist in den vergangenen Jahren weiter gefallen; dieser Trend ist seit den 1970er-Jahren ungebrochen.

Die mit dem hohen russischen Gasimportanteil verbundene Abhängigkeit Deutschlands wurde dadurch verschärft, dass Russland auch bei der Versorgung Deutschlands mit Rohöl und Steinkohle die mit weitem Abstand führende Rolle einnahm. So betrug der Anteil Russlands zur Rohölversorgung Deutschlands im Jahr 2019 knapp 37 % (Tabelle 2), bei der Versorgung mit Steinkohle über 50 % (Tabelle 3).

Besonders bemerkenswert ist, dass die Abhängigkeit von Russland nach dem Jahr 2010 noch einmal deutlich zunahm, vor allem bei Steinkohle und Erdgas. Dies verdeutlicht Abbildung 1, die das nach Gleichung (1) berechnete spezifische Versorgungsrisiko für die einzelnen Energierohstoffe Rohöl, Erdgas und Steinkohle illustriert. Der starke Anstieg des rohstoffspezifischen Risikos bei Erdgas in der zweiten Dekade des 21. Jahrhunderts hängt ganz offenbar mit der Inbetriebnahme der Pipeline Nord Stream I im Jahr 2011 zusammen.

**Tabelle 2:** Anteile diverser Herkunftsländer an der Rohölversorgung Deutschlands

Herkunft	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Algerien	5,2 %	3,8 %	6,1 %	1,1 %	3,8 %	1,3 %
Deutschland	3,8 %	4,0 %	3,0 %	2,7 %	2,6 %	2,2 %
Irak	2,8 %	0,2 %	0,2 %	0,4 %	2,6 %	3,0 %
Iran	4,8 %	3,1 %	0,8 %	1,6 %	0,0 %	0,0 %
Libyen	12,2 %	12,5 %	11,1 %	7,8 %	3,1 %	9,4 %
Nigeria	8,8 %	6,7 %	1,9 %	4,2 %	7,3 %	5,9 %
Norwegen	2,4 %	7,2 %	17,5 %	9,5 %	13,6 %	10,9 %
Russland	18,7 %	23,2 %	32,0 %	36,3 %	35,7 %	30,5 %
Saudi-Arabien	19,8 %	6,5 %	4,3 %	0,8 %	1,3 %	1,8 %
Venezuela	1,3 %	5,0 %	1,8 %	1,3 %	0,1 %	0,9 %
V. Arab. Emirate	5,1 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Ver. Königreich	11,8 %	16,2 %	12,2 %	14,1 %	10,9 %	11,5 %
Übrige	3,3 %	10,8 %	9,1 %	20,3 %	18,8 %	21,6 %

Quellen: IEA (2022 c, d).

**Tabelle 3:** Anteile diverser Herkunftsländer an der Steinkohleversorgung Deutschlands

Herkunft	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Australien	0,5 %	1,3 %	5,7 %	3,0 %	5,4 %	11,6 %
China	0,2 %	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,6 %	2,3 %
Deutschland	85,4 %	84,9 %	57,2 %	15,4 %	11,8 %	0,0 %
Kolumbien	0,0 %	0,1 %	4,2 %	14,8 %	13,0 %	4,6 %
Polen	1,7 %	3,0 %	10,4 %	11,5 %	4,7 %	0,5 %
Russland	0,2 %	0,4 %	1,4 %	19,9 %	26,5 %	46,7 %
Südafrika	1,3 %	5,0 %	7,0 %	5,3 %	4,9 %	2,0 %
USA	2,0 %	0,8 %	1,1 %	6,5 %	9,8 %	20,9 %
Übrige	8,7 %	4,5 %	12,9 %	13,3 %	23,3 %	11,4 %

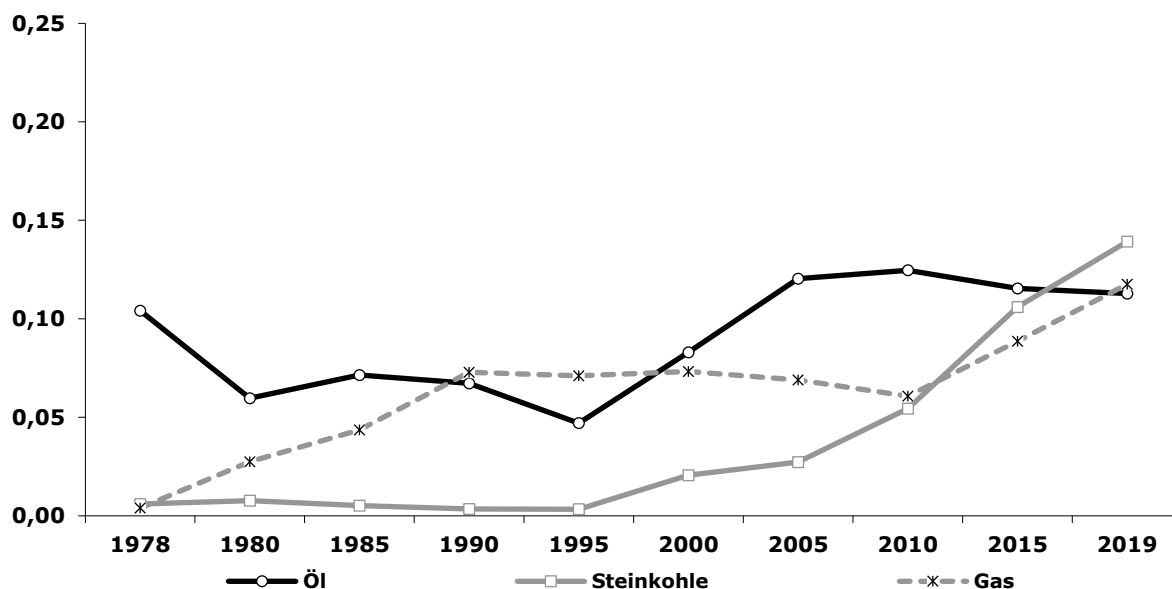
Quellen: Eigenen Berechnungen auf Basis von IEA (2022e, f).

Seit Beginn der 1980er-Jahre hat sich der Primärenergiemix Deutschlands deutlich verändert (Tabelle 4). Während Steinkohle und die heimische Braunkohle erheblich an Bedeutung verloren, blieb Erdöl mit einem beinahe gleichbleibenden Anteil von 35 % am deutschen Primärenergiemix bedeutsam. Gestiegen ist vor allem der Anteil von Erdgas, von etwas mehr als 14 % auf über ein Viertel. Zudem machen Erneuerbare mittlerweile fast 16 % am Primärenergiemix aus.

Insgesamt betrachtet hat der Anstieg der rohstoffspezifischen Risiken, vor allem bei Steinkohle und Erdgas, seit dem Jahr 2010 zu einer erheblichen Zunahme des gesamten Energieversorgungsrisikos Deutschlands geführt (Abbildung 2). Tendenziell stieg das Energieversorgungsrisiko Deutschlands seit Beginn der 1980er-Jahre somit immer

weiter an. Mit Ausnahme von Italien fallen die Versorgungsrisiken der übrigen G7-Staaten nach dem Indikator von Frondel und Schmidt (2009) mittlerweile deutlich niedriger aus, wie im folgenden Abschnitt vertieft wird.

**Abbildung 1:** Rohstoffspezifische Risiken bei der Versorgung Deutschlands mit Öl, Gas und Steinkohle nach Gleichung (1). Maximales Risiko: 1, minimales Risiko: 0.



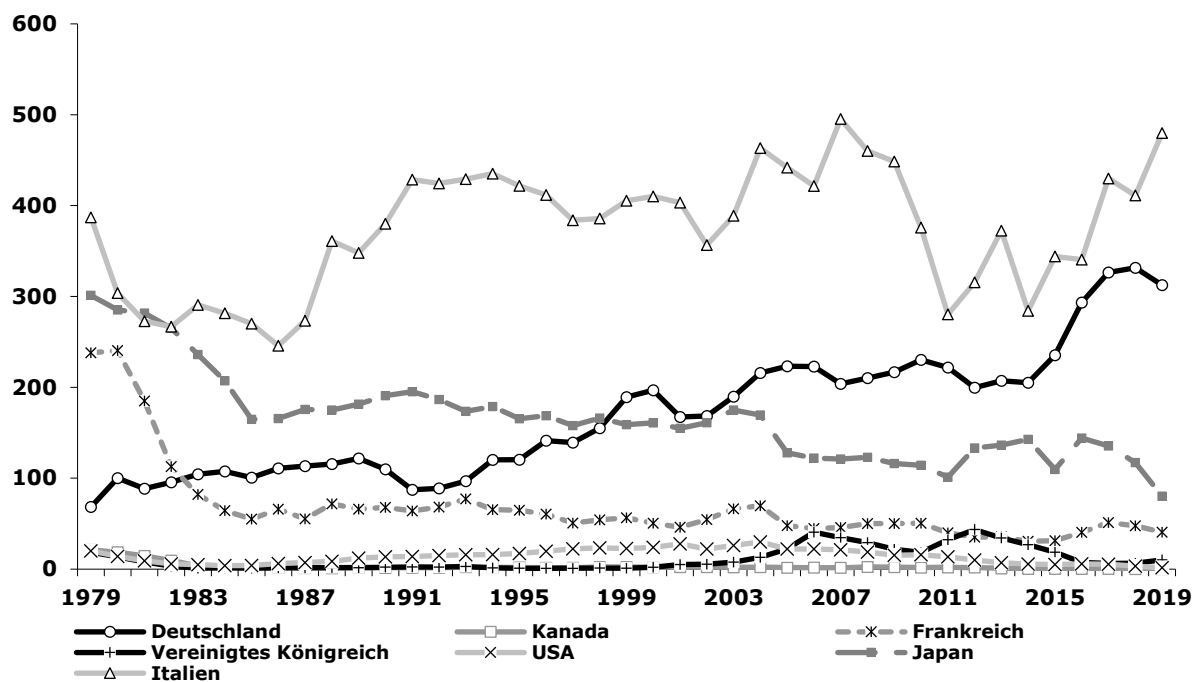
**Tabelle 4:** Primärenergiemix Deutschlands

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	40,8 %	35,3 %	38,3 %	32,9 %	32,9 %	35,2%
Erdgas	14,2 %	15,4 %	20,9 %	22,3 %	21,1 %	25,1 %
Steinkohle	17,5 %	15,5 %	13,4 %	12,1 %	13,3 %	9,1 %
Kernkraft	4,0 %	11,2 %	12,9 %	10,8 %	7,8 %	6,4 %
Braunkohle	21,7 %	20,6 %	11,3 %	10,6 %	12,5 %	8,5 %
Erneuerbare etc.	1,8 %	2,0 %	3,2 %	11,3 %	13,8 %	15,7 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von IEA (2022), 2019: AGEB (2021). Erneuerbare etc. beinhaltet u. a. Wasserkraft, Wind- und Solarenergie.

Mit der Verringerung der Importabhängigkeit von Russland infolge des Ukrainekrieges im Jahr 2022 hat Deutschland sein Energieversorgungsrisiko nun wieder massiv reduziert. Würde Deutschland auch im Jahr 2030 noch immer weitgehend unabhängig von russischen Importen sein, würde das Versorgungsrisiko dem Indikator zufolge auf etwa dem Niveau der 1980er-Jahre liegen (Frondele 2022).

**Abbildung 2:** Langfristiges Risiko der Versorgung mit Primärenergie in den G7-Staaten (Deutschland 1980: 100).



#### 4 Energieversorgungsrisiken der G7-Staaten

Bereits im Jahr 2010 wies Deutschland unter den G7-Staaten nach dem im Abschnitt 2 erläuterten Risikoindikator nach Italien das zweithöchste Risiko bei der Versorgung mit Energierohstoffen auf (Frondel, Ritter, Schmidt 2012). Italien konnte seine Position seitdem nicht verbessern: dem Risikoindikator zufolge stieg nicht allein das Energieversorgungsrisiko Deutschlands nach dem Jahr 2010 deutlich an, sondern auch das Risiko Italiens (Abbildung 2). Denn obwohl Italien seine Abhängigkeit von Erdöl seither etwas verringern konnte und den Anteil der erneuerbaren Energietechnologien am Primärenergiemix weiter ausgebaut hat (Tabelle 5), ist die italienische Volkswirtschaft in unvermindert hohem Maße von Erdgaseinfuhren abhängig.

**Tabelle 5:** Primärenergiemix Italiens

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	69,4 %	58,5 %	51,3 %	38,3 %	37,1 %	35,8 %
Erdgas	16,3 %	25,6 %	33,7 %	40,0 %	36,2 %	40,9 %
Steinkohle	8,4 %	9,6 %	7,3 %	8,3 %	8,1 %	4,4 %
Kernkraft	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Braunkohle	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Erneuerbare etc.	5,5 %	6,3 %	7,7 %	13,4 %	18,6 %	18,9 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von Daten der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g)

Dabei stammen die Erdgasimporte mit einem Importanteil von rund 40 % im Jahr 2019 vor allem aus Russland. Während Italien damit nach Deutschland der zweitgrößte Importeur von russischem Erdgas in der Europäischen Union war, lag der Anteil von Erd-

gas am Primärenergiemix Italiens bei rund 40 %, in Deutschland hingegen bei lediglich rund einem Viertel (Tabelle 4). Dementsprechend weist Italien ein ähnlich hohes gasspezifisches Risiko auf wie Deutschland (Abbildung A1 im Anhang). Einander ähnliche Verläufe zeigen auch die öl- und kohlespezifischen Risiken von Italien und Deutschland (siehe die Abbildungen A2 und A3 im Anhang).

Die Energieversorgungsrisiken Japans und Frankreichs hatten Frondel, Ritter und Schmidt (2012) für das Jahr 1980 als noch deutlich höher taxiert als das für Deutschland. Japan und Frankreich gelang es in der Zwischenzeit jedoch, die Sicherheit ihrer Energieversorgung zu erhöhen und ihre damals sehr hohe Erdölabhängigkeit auf Anteile zu verringern, die in Japan heute unter 40 % (Tabelle 6) bzw. in Frankreich unter 30 % liegen (Tabelle 7). Darüber hinaus setzt Frankreich unverändert auf die Kernkraft, welche dort in den 1980er-Jahren massiv ausgebaut wurde und in der energieökonomischen Literatur als quasi-heimischer Energieträger gilt.<sup>4</sup> Unter allen G7-Staaten weist Frankreich damit den bei weitem höchsten Anteil an Kernenergie auf: Die Kernkraft hat im französischen Primärenergiemix einen Anteil von etwas mehr als 40 %.

**Tabelle 6:** Primärenergiemix Japans

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	68,0 %	57,1 %	50,4 %	40,6 %	43,0 %	38,4 %
Erdgas	6,2 %	9,9 %	12,6 %	17,2 %	23,3 %	22,2 %
Steinkohle	17,2 %	17,4 %	17,5 %	23,0 %	27,3 %	27,8 %
Kernkraft	6,2 %	11,8 %	16,1 %	15,0 %	0,6 %	4,0 %
Braunkohle	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Erneuerbare etc.	2,4 %	3,8 %	3,4 %	4,1 %	5,8 %	7,7 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von Daten der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g).

Japans Energieversorgungsrisiko ist nach den Ereignissen von Fukushima im Jahr 2011 allerdings vorübergehend wieder etwas angestiegen (Abbildung 2), da die Kernkraftwerke über viele Jahre ihren Betrieb einstellen mussten (IEA 2021). Heute spielt die Kernkraft nur noch eine untergeordnete Rolle für den japanischen Primärenergiemix (Tabelle 6). Stattdessen wurden die Anteile von Erdgas und Steinkohle ausgeweitet. Beide Energieträger müssen vom energierohstoffarmen Land Japan per Schiff importiert werden. Japan ist daher nach Luxemburg das Land mit den zweitniedrigsten Selbstversorgungsgrad mit Energie unter den IEA-Ländern und verbrauchte im Jahr 2019 so viel verflüssigtes Erdgas (LNG) wie kein anderes Land, war der zweitgrößte Importeur von Kohle und der drittgrößte von Erdöl (IEA 2021: 24).

Der 5. Strategische Energieplan (SEP) Japans aus dem Jahr 2018 sieht vor, dass der Anteil der Kernkraft am Primärenergiemix im Jahr 2030 wieder auf 10-11 % ausgeweitet wird. Hingegen wird davon ausgegangen, dass der Beitrag der Erneuerbaren ledig-

<sup>4</sup> Diese Betrachtungsweise beruht auf der Tatsache, dass Kernbrennstoffe in großen Mengen über viele Jahre gelagert werden, bevor sie in Kraftwerken eingesetzt werden.



lich moderat steigt: von rund 11 % im Jahr 2018 auf 13-14 % im Jahr 2030. Darüber hinaus soll der Anteil fossiler Brennstoffe am Primärenergiemix von 89 % im Jahr 2018 auf 76 % sinken, hauptsächlich durch eine Verringerung des Öl- und Gasverbrauchs (IEA 2021: 27).

**Tabelle 7:** Primärenergiemix Frankreichs

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	55,9 %	38,4 %	33,9 %	28,9 %	28,8 %	27,3 %
Erdgas	11,2 %	11,4 %	13,9 %	16,3 %	14,2 %	15,5 %
Steinkohle	16,6 %	8,5 %	5,8 %	4,6 %	3,6 %	3,0 %
Kernkraft	8,2 %	36,0 %	42,0 %	42,8 %	44,0 %	42,9 %
Braunkohle	0,4 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Erneuerbare etc.	7,7 %	5,3 %	4,4 %	8,4 %	9,4 %	11,3 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von Daten der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g)

Die beiden G7-Länder mit den geringsten Energieversorgungsrisiken sind Kanada und die USA (Abbildung 2). Dies liegt vor allem daran, dass diese Länder auf ihre eigenen Energieressourcen zurückgreifen können. So gewinnt Kanada dank seiner Reserven an Erdöl und Erdgas weit mehr fossile Energierohstoffe, als das Land selbst benötigt: Kanada exportierte rund 44 % der im Jahr 2020 geförderten Energierohstoffe (IEA 2022h). Im Primärenergiemix Kanadas machten im Jahr 2019 Erdöl und Erdgas zusammen etwas mehr als 70 % aus (Tabelle 8).

Auch die Vereinigten Staaten (USA) sind dank der sogenannten „Schieferrevolution“, die durch die Kombination aus der Horizontalbohrtechnologie und hydraulischem Fracking möglich wurde, mittlerweile praktisch zum Selbstversorger bei fossilen Energierohstoffen geworden (IEA 2019a: 20). Diese Technologien führten zu einem noch nie dagewesenen Anstieg der Energiegewinnung aus fossilen Rohstoffen. Heutzutage sind die USA weltweit der größte Förderer von Erdöl und Erdgas. Beide Energieträger machten im Primärenergiemix im Jahr 2019 nahezu 70 % aus (Tabelle 9). Die USA spielen vor allem aufgrund ihrer Erdgasexporte international eine führende Rolle in der weltweiten Energieversorgung (Fronde, Horvath 2019). In den 1970er-Jahren war das Land hingegen noch sehr stark von Erdölimporten aus dem Nahen Osten abhängig (Fronde, Ritter, Schmidt 2012).

**Tabelle 8:** Primärenergiemix Kanadas

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	46,1 %	36,9 %	33,6 %	37,0 %	37,2 %	32,4 %
Erdgas	23,6 %	26,2 %	29,1 %	29,1 %	31,1 %	38,3 %
Steinkohle	7,0 %	5,4 %	4,4 %	5,5 %	4,0 %	3,6 %
Kernkraft	4,1 %	9,3 %	11,0 %	9,1 %	9,4 %	8,6 %
Braunkohle	3,5 %	5,3 %	6,2 %	2,8 %	2,1 %	1,0 %
Erneuerbare etc.	15,7 %	16,9 %	15,7 %	16,5 %	16,7 %	16,2 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von Daten der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g)

**Tabelle 9:** Primärenergiemix der USA

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	44,4 %	40,0 %	38,7 %	36,4 %	36,1 %	36,0 %
Erdgas	26,3 %	22,8 %	23,8 %	25,1 %	29,6 %	33,5 %
Steinkohle	20,0 %	22,4 %	22,6 %	25,1 %	29,6 %	11,7 %
Kernkraft	3,8 %	8,3 %	9,0 %	9,9 %	9,9 %	9,9 %
Braunkohle	0,8 %	1,3 %	1,0 %	1,1 %	1,0 %	0,7 %
Erneuerbare etc.	3,4 %	5,2 %	4,9 %	5,9 %	6,9 %	8,1 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von Daten der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g)

Im Gegensatz zu den USA nahm die Importabhängigkeit des Vereinigten Königreichs bei fossilen Brennstoffen in den beiden vergangenen Dekaden deutlich zu und beträgt aktuell rund 40 % (IEA 2019b: 24). Die Importabhängigkeit ist damit allerdings nach wie vor deutlich niedriger als die von Deutschland, welche bei rund 70 % liegt (Frondele 2022). Noch zu Beginn des Jahrtausends war das Vereinigte Königreich Selbstversorger bei Erdöl und Erdgas. Beide Energieträger machten im Jahr 2019 drei Viertel des Primärenergiemix des Vereinigten Königreichs aus (Tabelle 10). Trotz einer vorübergehenden Erhöhung der Öl- und Gasproduktion in den vergangenen Jahren ist langfristig zu erwarten, dass die Öl- und Gasvorkommen des Vereinigten Königreichs in der Nordsee zu Neige gehen werden.

**Tabelle 10:** Primärenergiemix des Vereinigten Königreichs

	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Erdöl	40,8 %	38,9 %	36,2 %	31,4 %	33,0 %	35,8 %
Erdgas	20,0 %	22,2 %	37,8 %	42,0 %	33,9 %	39,2 %
Steinkohle	34,2 %	29,7 %	14,8 %	15,0 %	13,2 %	3,4 %
Kernkraft	4,8 %	8,1 %	9,6 %	8,0 %	10,1 %	8,6 %
Braunkohle	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Erneuerbare etc.	0,2 %	1,0 %	1,6 %	3,5 %	8,7 %	13,1 %

Quelle: Eigene Berechnungen der Anteile auf Basis von Daten der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g)

Der dadurch drohenden Verschlechterung bei der Energieversorgungssicherheit begegnet das Vereinigte Königreich durch einen verstärkten Ausbau von Windparks vor den Küsten, während die Nutzung von Kohle, die seit Jahren ausschließlich importiert wird, beständig abnimmt. Steinkohle hatte im Jahr 2019 lediglich noch einen Anteil am Primärenergiemix von unter 5 % (Tabelle 10). Darüber hinaus sorgt die Diversifizierung im Gasangebot durch einen Mix aus heimischer Produktion, Pipelineimporten sowie Importen von verflüssigtem Erdgas für eine vergleichsweise hohe Energiesicherheit (IEA 2019b: 24). Erst kürzlich wurde zudem das 2019 verhängte Moratorium für das Fracking von Schiefergas wieder aufgehoben.

Auch die Sicherheit der Versorgung mit Rohöl und Ölprodukten erscheint robust, obwohl das Vereinigte Königreich seit dem Jahr 2013 Nettoimporteur von raffinierten Ölprodukten ist (IEA 2019b: 24). Mit ein Grund für die verhältnismäßig sichere Versorgung ist, dass das Land Ölvorräte vorhält, die den Nettoimporten von rund 240 Tagen

entsprechen, wobei alle diese Vorräte von der Industrie gehalten werden. Die Internationale Energieagentur (IEA) verlangt von ihren Mitgliedsländern hingegen lediglich die Vorrhaltung von Vorräten für mindestens 90 Tage.

Summa summarum zeigt sich wenig überraschend, dass das Versorgungsrisiko mit Energierohstoffen in jenen G7-Ländern am niedrigsten ist, die sich vollkommen aus eigener Kraft mit Erdöl, Erdgas und Kohle versorgen können. Dies trifft traditionell auf Kanada, seit dem Fracking-Boom tendenziell aber auch auf die USA zu. Umgekehrt ist das Energieversorgungsrisiko in jenen Ländern mit am höchsten, die mangels ausreichender eigener Reserven den größten Teil an Energierohstoffen importieren müssen. Zu diesen energierohstoffarmen Ländern zählen Japan, Italien und Frankreich. Allerdings gehen diese Länder unterschiedlich mit ihrem Mangel an heimischen Energierohstoffen um und weisen daher in Termini des Risikoindikators von Frondel und Schmidt (2009) ein deutlich unterschiedliches Energieversorgungsrisiko auf (Abbildung 2). So haben Frankreich und Japan ihre Energieversorgungssicherheit vor Jahrzehnten dadurch erhöht, dass sie stark auf den quasi-heimischen Energieträger Kernenergie gesetzt haben.

Italien hingegen hat den Einsatz der Kernkraft in den 1980er-Jahren gänzlich aufgegeben und kann – im Gegensatz zu Deutschland – auch nicht auf heimische Braunkohlevorräte zurückgreifen. Stattdessen ist Italien stark abhängig von Erdgas und entsprechenden Importen. So wurde der Primärenergiebedarf Italiens in den vergangenen Jahren zu rund 40 % durch Erdgas gedeckt (Tabelle 5); rund 40 % des Erdgases wurden aus Russland importiert. Dies erklärt, warum Italien neben Deutschland unter den G7-Ländern das höchste Energieversorgungsrisiko aufweist. Die Hauptursachen dafür sind die fehlende Diversifikation der Energieträger im Primärenergiemix, aber vor allem die mangelnde Diversifikation der Lieferquellen bei den Importen fossiler Rohstoffe, insbesondere Erdgas, die sich nun nicht allein für Deutschland als ein unkalkulierbares Klumpenrisiko herausgestellt hat.

## **5 Zusammenfassung und energiepolitische Schlussfolgerungen**

Im Zuge des Krieges Russlands gegen die Ukraine ist Energieversorgungssicherheit wieder zu einem Thema von höchster öffentlicher und politischer Priorität geworden. Aus diesem Anlass hat dieser Beitrag die rohstoffspezifischen Risiken Deutschlands bei der Versorgung mit Erdöl, Steinkohle und Erdgas sowie das Energieversorgungsrisiko für Deutschland insgesamt quantifiziert und dieses Risiko durch einen Vergleich mit dem der übrigen G7-Staaten eingeordnet. Im Ergebnis zeigt sich, dass das Risiko der Versorgung mit Energie dem von Frondel und Schmidt (2009) konzipierten Indikator zur Messung der langfristigen Energieversorgungssicherheit zufolge nicht nur seit dem Ende der 1970er-Jahre immer weiter gestiegen ist. Dieser Anstieg hat sich vielmehr im Verlauf der vergangenen Dekade noch beschleunigt. Ursächlich geht der Anstieg vorwiegend auf die starke Zunahme der Rohöl-, Steinkohle- und Erdgasimporte aus Russland bei einem

gleichzeitigen Rückgang der heimischen Anteile an der Versorgung mit diesen Energieträgern zurück.

Die Ergebnisse unserer Analyse legen nahe, die Versorgungssicherheit mit Energie erstens durch eine Verbreiterung des Mixes an Energierohstoffen und -technologien zu steigern, zweitens durch die Ausweitung der heimischen Gewinnung von Energierohstoffen und drittens dadurch, dass künftig eine stärkere Diversifizierung der Importe von Energierohstoffen aus einer Vielzahl an Bezugsländern angestrebt wird. Dies gilt in erster Linie für den fossilen Brennstoff Erdgas, dem aufgrund der vergleichsweise geringen Emissionen bei seiner Verbrennung und mangels fehlender wirtschaftlicher Alternativen bei der Stromspeicherung bislang eine Brückenfunktion auf dem Weg zur Nettotreibhausgasneutralität zudedacht war: Die intensive Nutzung von Erdgas als Brücke in eine treibhausgasneutrale Volkswirtschaft, die im Koalitionsvertrag der Ampel-Regierung festgeschrieben wurde, sollte neben der Gewährleistung der Stromversorgungssicherheit einen gleitenden Übergang zu einer Wasserstoffwirtschaft begünstigen.

Ob insbesondere Erdgaskraftwerke weiterhin als Brückentechnologie Verwendung finden werden, ist nach der Einstellung der russischen Lieferungen durch die Nord Stream Pipeline fraglich. Dazu müsste es zumindest gelingen, den Import von Erdgas durch eine diversifiziertere Lieferstruktur auf eine breitere Basis als bislang zu stellen. Zugleich muss die Errichtung einer Wasserstoffwirtschaft mit größerer Entschlossenheit verfolgt werden, indem die Bemühungen um den ernsthaften Aufbau einer Import- und Verteil-Infrastruktur für Wasserstoff verstärkt werden (acatech, Leopoldina, Akademienunion 2022).

Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, darüber nachzudenken, wie die Sicherheit der Energieversorgung durch den Einsatz eines breiteren Mix an Energierohstoffen und -technologien gesteigert werden könnte. In dieser Hinsicht wäre der alleinige Fokus auf einen beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren aufgrund des Rückgangs der Diversifizierung der Stromversorgung unzureichend, nicht zuletzt aber auch wegen der Volatilität der Erzeugung von Wind- und Solarstrom. Ebenso kritisch wäre ein ordnungsrechtliches Vorziehen des Kohleausstiegs in Deutschland auf das Jahr 2030 zu hinterfragen. Stattdessen gilt es anzuerkennen, dass mit dem „Kohleausstieg“ angesichts der Koexistenz mit dem europäischen Emissionshandel keineswegs eine beschleunigte Defossilisierung des europäischen Energiesystems einhergeht: Die in Deutschland eingesparten Emissionen werden stattdessen woanders in Europa ausgestoßen, in Summe entstehen EU-weit nur so viele Emissionen wie die Obergrenze im EU-Emissionshandel gestattet.

Damit handelt es sich beim Ende der Kohleverstromung in Deutschland emissions-technisch betrachtet lediglich um einen symbolischen Akt. Warum ein Ende der Kohleverstromung nicht eher den steigenden Preisen für Emissionszertifikate überlassen werden sollte, lässt sich daher nur schwer begründen. In der derzeitigen akuten Knappheitssituation ist es zudem hilfreich, dass reaktivierte sowie nicht wie geplant abgeschaltete Kohle-

kraftwerke die wegen der hohen Erdgaspreise ungleich teurere Stromerzeugung in Erdgaskraftwerken ersetzen und dadurch helfen, Erdgas einzusparen.

Hilfreich wäre schließlich auch eine unvoreingenommene Neubewertung der heimischen Gewinnung von Energierohstoffen, vor allem von Erdgas, nicht zuletzt da ein Import aus autokratisch geführten Staaten wie Katar, mit dem Ende 2022 ein Abkommen zur Lieferung von 2 Milliarden Kubikmeter LNG ab dem Jahr 2026 über eine Laufzeit von 15 Jahren abgeschlossen wurde, das Risiko birgt, eine unerwünschte Abhängigkeit von Russland durch eine andere problematische Abhängigkeit zu ersetzen. Eine Möglichkeit, dies zu vermeiden, wäre die Förderung von aus Schiefergestein gewinnbarem Erdgas in Deutschland durch den Einsatz hydraulischer Verfahren (Fracking). Nach einer Studie der Bundesanstalt Geowissenschaften und Rohstoffe stellen die in Deutschland vorhandenen Ressourcen an Schiefergas etwa das Zehnfache des jährlichen Verbrauchs an Erdgas dar (BGR 2016: 13). Demnach lägen hier erhebliche Potenziale zur Verminderung der Abhängigkeit von importiertem Erdgas. Die Expertenkommission Fracking (2021: 24) hat das Risiko, ein Erdbeben mit mehr als geringfügig schädigender Auswirkung durch Fracking zu induzieren, jüngst als äußerst gering eingeschätzt, die Gefahr für das Grundwasser als gering (Expertenkommission Fracking 2021: 22). Den Experten zufolge geht mit Fracking heutzutage ein vertretbares Risiko einher. Die Umsetzung dieser Möglichkeit würde zuallererst jedoch die Aufhebung des bestehenden Fracking-Verbots voraussetzen.

Die aktuelle Sorge um die Versorgungssicherheit mit Energie zeigt, dass keines der drei Ziele des energiepolitischen Zieldreiecks — Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit — vernachlässigt werden darf. Daher wäre es wünschenswert, wenn dem Thema Versorgungssicherheit nicht nur vorübergehend eine hohe politische Relevanz beigemessen wird, weil ebenso wie im Winter 2022/2023 auch in den kommenden Wintern mit möglichen Versorgungsengpässen bei Erdgas gerechnet werden muss. Vielmehr steht die Gesellschaft langfristig vor der Herausforderung, nicht nur Alternativen zur Kohle zu finden, sondern auch einen nachhaltigen Ersatz für Erdgas und Rohöl. Es wäre ratsam, dieser Herausforderung mit mehr Technologie- und Innovationsoffenheit als bislang zu begegnen, um die mittel- und langfristigen Klimaziele trotz der vorübergehenden Notwendigkeit, aus Versorgungssicherheitsgründen an fossilen Energieträgern festhalten zu müssen, zu erreichen.

Insbesondere sollte sich Deutschland offen gegenüber neuen Kernenergietechnologien zeigen. Dazu zählt nicht allein die Kernfusion, mit der zwar keine radioaktiven Abfallstoffe verbunden wären, aber deren erfolgreicher Durchbruch nach jahrzehntelanger Forschung mit vergleichsweise geringen Mitteln noch immer in den Sternen steht. Vielmehr zählen hierzu auch die sogenannten Kernreaktoren der vierten Generation, die aufgrund ihrer Konzeption inhärent sicher sind und die das immense, aber weitgehend ungelöste Problem der Beseitigung des in den vergangenen Jahrzehnten angehäuften Atom Mülls lindern könnten (Schulenberg et al. 2004). Selbst wenn Deutschland auch künftig

vom Bau neuer Reaktoren absieht, wäre deren Export womöglich ein relevanter Wirtschaftsfaktor, da derartige Technologien nach einer Studie der Internationalen Energieagentur (IEA 2022g) zur Erreichung der globalen Treibhausgasneutralität unverzichtbar sind.

Nicht zuletzt wäre die regelmäßige Erstellung von Berichten zur Einschätzung der Sicherheit der Energieversorgung und von langfristigen energiepolitischen Strategien zur Sicherung der Versorgung wünschenswert, so wie dies auch in anderen G7-Staaten wie Japan oder Italien geschieht. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz berichtet zwar aktuell in Fortschrittsberichten zur Energiesicherheit über die Fortschritte bei der kurzfristigen Verringerung der Importe an Kohle, Rohöl und Erdgas aus Russland (BMWK 2022). Mit Blick auf die langfristige Verbesserung der Energieversorgungssicherheit sollte sich die Erstellung solcher Berichte nicht allein auf Krisenzeiten beschränken.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass Energieversorgungssicherheit keine rein nationale Angelegenheit ist und in jedem Fall im europäischen Zusammenhang gesehen werden muss, wie an der Verbundenheit der europäischen Staaten durch die Gaspipeline- und Stromnetzinfrastruktur erkennbar ist. Eine unkoordinierte Energiepolitik eines einzelnen EU-Mitgliedsstaates kann daher die Interessen anderer Mitgliedsstaaten erheblich beeinträchtigen. Vor diesem Hintergrund, sowie auch aus ökonomischen, umweltpolitischen und geostrategischen Gründen, ist es zwingend notwendig, auf EU-Ebene eine gemeinsame Energiepolitik zu entwickeln, insbesondere um das erhebliche Gewicht Europas auf den globalen Energiemärkten durch ein gemeinsames Handeln wirkmächtiger nutzen zu können, etwa durch einen gemeinsamen Einkauf von Energierohstoffen, vor allem von Erdgas.

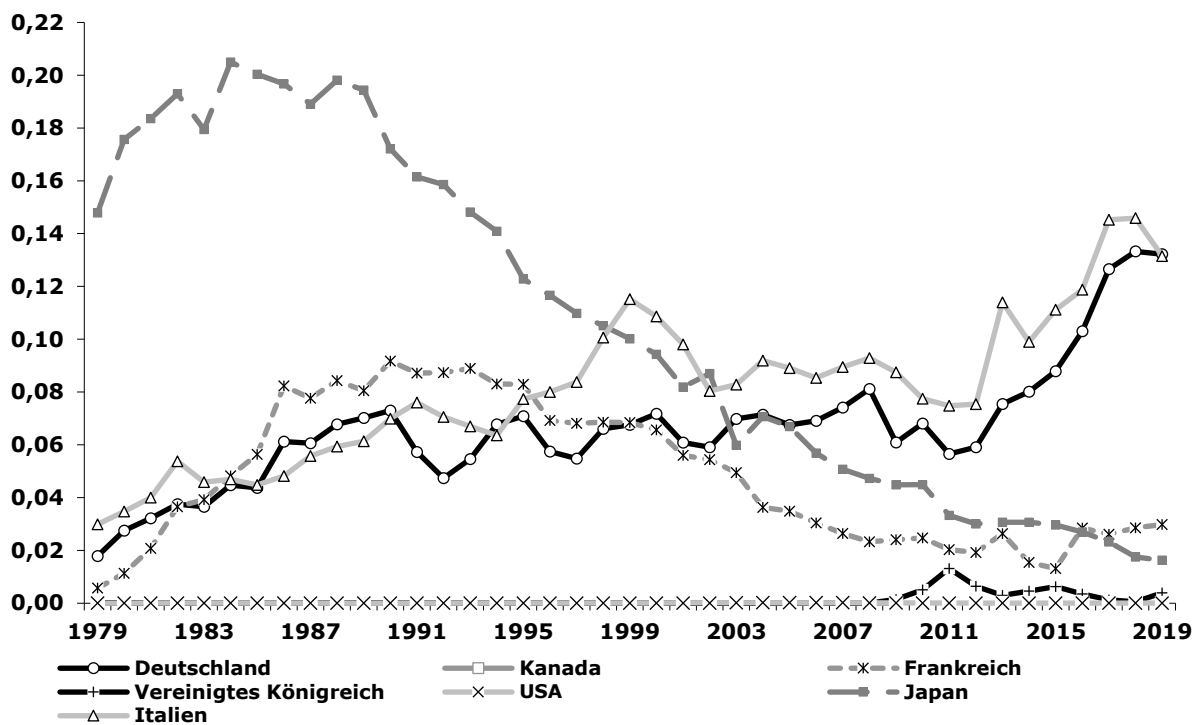
## Anhang: Tabellen und Abbildungen

**Tabelle A1:** Normierte Hermes-Indikatoren

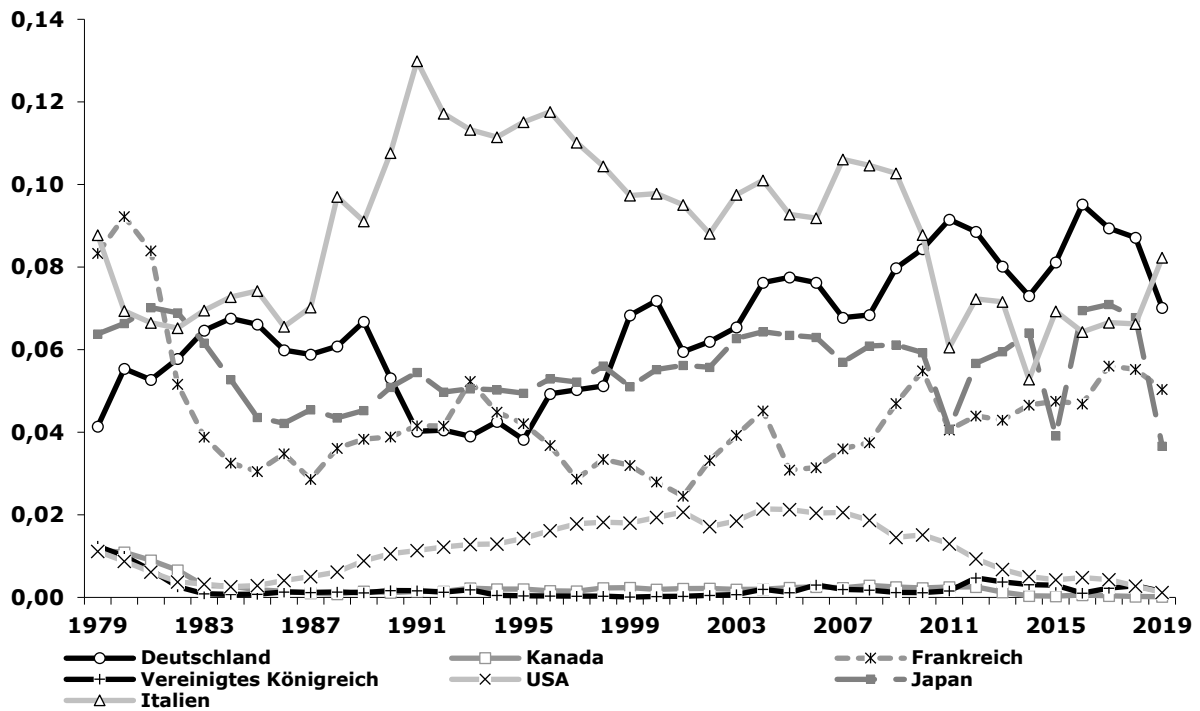
Land	Risiko	Land	Risiko
Algerien	5/7	Nigeria	6/7
Arabische Emirate	2/7	Norwegen	0
Australien	0	Polen	0
China	2/7	Russland	4/7
Großbritannien	0	Saudi-Arabien	2/7
Irak	1	Südafrika	4/7
Iran	1	USA	0
Kolumbien	4/7	Venezuela	6/7
Libyen	1	Übrige	7/7
Niederlande	0		

Quelle: Euler Hermes (2022)

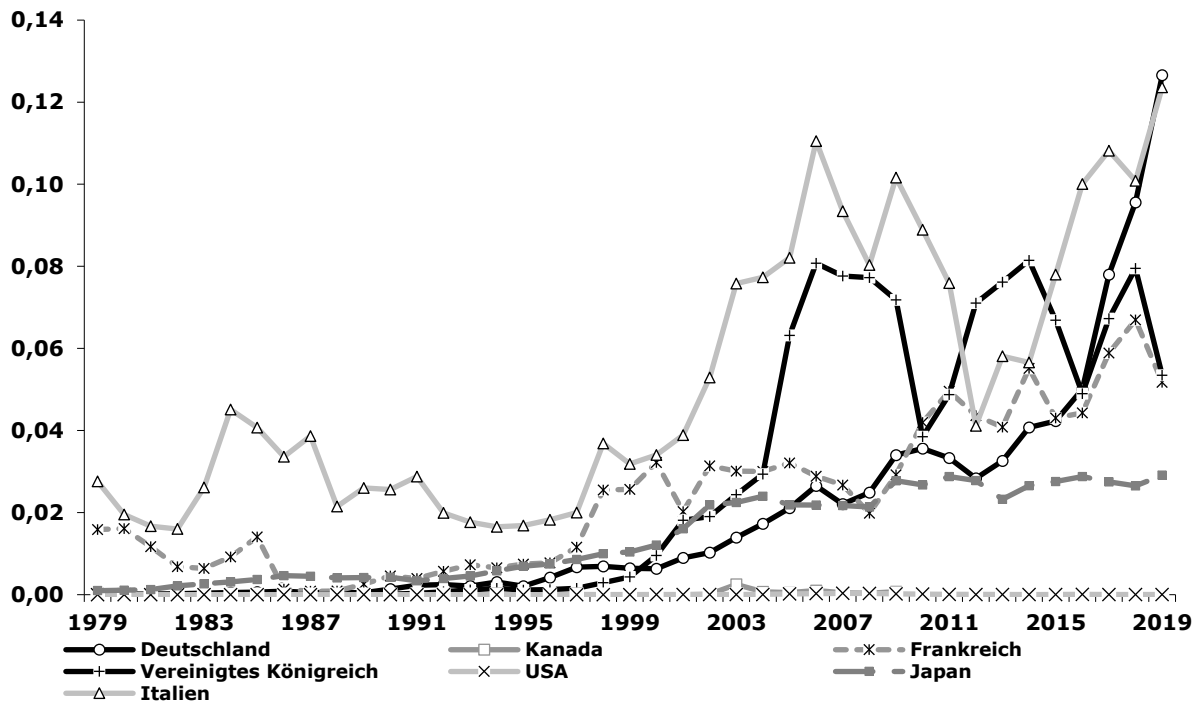
**Abbildung A1:** Erdgasspezifische Risiken der G7-Staaten.



**Abbildung A2: Rohölspezifische Risiken der G7-Staaten.**



**Abbildung A3: Steinkohlespezifische Risiken der G7-Staaten.**





## Literatur

acatech (Hrsg., 2015), Hydraulic Fracturing: Eine Technologie in der Diskussion, acatech POSITION, München.

acatech, Leopoldina, Akademienunion (Hrsg., 2022), Welche Auswirkungen hat der Ukrainekrieg auf die Energiepreise und Versorgungssicherheit in Europa?, Impuls, Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS).

AGEB (2021), Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 12/2021, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/>

BDEW (2022) Die Energieversorgung 2022 – Jahresbericht. Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 20.12.2022. <https://www.bdew.de/service/publikationen/jahresbericht-energieversorgung-2022/>

BGR (2016) Schieferöl und Schiefergas in Deutschland. Potenziale und Umweltaspekte. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

BMWK (2022) Zweiter Fortschrittsbericht Energiesicherheit, 01.05.2022. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0501\\_fortschrittsbericht\\_energiesicherheit.html](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0501_fortschrittsbericht_energiesicherheit.html)

BP (2021) BP Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

Deutscher Bundestag (2022) Bericht des BMWK zu den aktuellen Entwicklungen in der Energiepolitik im Zusammenhang mit dem Krieg gegen die Ukraine. Wirtschaftsausschuss des Deutschen Bundestages, Ausschussdrucksache 20(9)29. <https://www.klimareporter.de/images/dokumente/2022/04/20-9-29-bmwk-bericht-zu-energiepolitischen-auswirkungen-ukr-rus.pdf>

Euler Hermes (2022), Länderklassifizierungen, Exportkreditgarantien der Bundesrepublik Deutschland, Stand 4. Februar 2022, Euler Hermes Aktiengesellschaft, Hamburg.

Expertenkommission Fracking (2021) Bericht der Expertenkommission Fracking. <https://www.expkom-fracking-whg.de/>

Frondel, M. (2022), Deutschlands Energieversorgungssicherheit im Kontext aktueller geopolitischer Entwicklungen. Schwerpunktthema Energie für Deutschland 2022 – Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext. Weltenergiemat – Deutschland, Berlin. [https://www.weltenergiemat.de/wp-content/uploads/2022/06/Energie-fuer-Deutschland-2022\\_final-1.pdf](https://www.weltenergiemat.de/wp-content/uploads/2022/06/Energie-fuer-Deutschland-2022_final-1.pdf)

Frondel, M., M. Horvath (2019), The U.S. Fracking Boom: Impact on Oil Prices. *Energy Journal* 40(4), 191-205.

Frondel, M., Ch.M. Schmidt (2007), Versorgungssicherheit mit Öl und Gas: Eine Empirische Analyse für Deutschland, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 31(2), 117-128.

Frondel, M., Ch.M. Schmidt (2009), Am Tropf Russlands? Ein Konzept zur empirischen Messung von Energieversorgungssicherheit, *Perspektiven für Wirtschaftspolitik* 10(1), 79-91.

Frondel, M., N. Ritter, Ch.M. Schmidt (2012), Measuring Long-term Energy Supply Risks: A G7 Ranking. *Energy Studies Review* 91(1), 117-128.

Herfindahl, O.C. (1950), Concentration in the Steel Industry. Unpublished doctoral dissertation, Columbia University.

IEA (2022a), OECD – Natural Gas imports by origin, IEA Natural Gas Information Statistics (Datenbank), <https://doi.org/10.1787/data-00480-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022b), World – Natural gas statistics, IEA Natural Gas Information Statistics (Datenbank), <https://doi.org/10.1787/data-00482-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022c), OECD imports, IEA Oil Information Statistics (Datenbank), <https://doi.org/10.1787/data-00477-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022d), World oil statistics, IEA Oil Information Statistics (Datenbank), <https://doi.org/10.1787/data-00474-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022e), OECD – Coal balances, IEA Coal Information Statistics (Datenbank), <https://doi.org/10.1787/data-00552-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022f), OECD – Coal imports by origin, IEA Coal Information Statistics (Datenbank), <https://doi.org/10.1787/data-00464-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022g), World energy balances, IEA World Energy Statistics and Balances (database), <https://doi.org/10.1787/data-00512-en> (abgerufen am 06.07.2022).

IEA (2022h), Canada 2022 — Energy Policy Review. International Energy Agency, Paris.

IEA (2022g) Nuclear Power and Secure Energy Transitions: From today's challenges to tomorrow's clean energy systems. International Energy Agency, Paris, <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions> (abgerufen am 10.12.2022).

IEA (2021), Japan 2021 — Energy Policy Review. International Energy Agency, Paris.

IEA (2020), Germany 2020 — Energy Policy Review. International Energy Agency, Paris.

IEA (2019a), United States 2019 — Energy Policy Review. International Energy Agency, Paris.

IEA (2019b), United Kingdom 2019 — Energy Policy Review. International Energy Agency, Paris.

Schiffer, H.-W. (2019), Zur energiewirtschaftlichen Notwendigkeit der Braunkohle für die Energieversorgung in Deutschland, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 43(2), 71-84.

Schulenberg, T.; Behnke, L.; Hofmeister, J.; Löwenberg, M. (2004) Was ist Generation IV? Forschungsbericht des Instituts für Kern- und Energietechnik (IKET). KIT, Karlsruhe. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/270057199>

Wörner, J.-D., Ch.M. Schmidt (Hrsg., 2022), Sicherheit, Resilienz und Nachhaltigkeit, acatech IMPULS, München. DOI: [https://doi.org/10.48669/aca\\_2022-2](https://doi.org/10.48669/aca_2022-2)