

# **Stellungnahme zur Bedarfsbegründung im Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb der Gasversorgungsleitung 'Nord Stream 2' durch die Ostsee von der Narva-Bucht (RUS) nach Lubmin (DEU) im Abschnitt des deutschen Küstenmeeres**

## **Zusammenfassung**

Im Planfeststellungsbeschluss zur Nord Stream 2 Pipeline wird wiederholt auf die energiewirtschaftliche Notwendigkeit des Vorhabens eingegangen. In diesem Gutachten werden die zugrundeliegenden Referenzszenarien kritisch geprüft; darüber hinaus erfolgt eine Analyse des deutschen und europäischen Erdgasmarktes für den Fall der Nichtumsetzung des Vorhabens.

Aus dem dem Planfeststellungsbeschluss zugrundeliegenden „EU-Referenzszenario“ ist keine Bedrohung der Versorgungssicherheit Deutschlands bzw. Europas mit Erdgas im Fall der Nichtumsetzung der Nord-Stream-2 Pipeline abzuleiten. Zum einen ist die Bedeutung des Erdgases in dem Szenario überschätzt, weil – entgegen jeder Plausibilität – von der Verfügbarkeit von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologie ausgegangen wird; dies steigert die Nutzung von CO<sub>2</sub>-intensivem Erdgas. Zum zweiten gibt es eine systematisch fehlerhafte Überschätzung der Erdgasnachfrage in den von der EU-Kommission genutzten und extern kontrahierten Szenarien, welche die tatsächlich realisierten Bedarfsmengen überschätzen. So bemerkt auch der Europäische Rechnungshof (2015) die fehlende Zuverlässigkeit der bestehenden Nachfrageschätzungen und „dass die Kommission die Erdgasnachfrage während des Zeitraums beständig überschätzt hat und die Glaubwürdigkeit der Prognosen, die sie verwendet, wiederherstellen muss.“

Auch auf der Angebotsseite gibt es keine Anzeichen für eine Versorgungslücke in dem Fall, dass die Nord-Stream-2 Pipeline nicht gebaut wird. Zum einen ist die Versorgung mit kostengünstigem Erdgas aus Pipelines aus dem (europäischen) Ausland (UK, Norwegen, Nordafrika) auf Jahrzehnte gesichert; zum anderen gibt es weltweit keine absehbare Knappheit an Flüssiggaslieferungen („LNG“, liquefied natural gas“). Versorgungsrisiken bei der Nichtumsetzung des Projekts sind nicht absehbar.

Die Fehleinschätzung der Bedeutung der Nord-Stream-2 Pipeline ist vor allem der Tatsache zuzuschreiben, dass Erdgas seine vormals vermutete Bedeutung als „Brückenenergieträger“ verloren hat und für die längerfristig anstehende Dekarbonisierung des europäischen Energiesystems nicht mehr benötigt wird.

Im Ergebnis ist der Bau der Nord-Stream-2 Pipeline weder vernünftigerweise geboten, und schon gar nicht zur Deckung des Erdgasbedarfs in Deutschland und Europa erforderlich. Die dem Planfeststellungsbeschluss zugrundeliegenden Szenarien enthalten Mängel in der Erstellung und systematische Fehler, die zu einer Überschätzung des Erdgasbedarfs führen. Eine energiewirtschaftliche Notwendigkeit der Nord-Stream-2 Pipeline zur Versorgung des deutschen bzw. europäischen Energiesystems ist nicht erkennbar.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>i</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Rahmenbedingungen: Das deutsche und europäische Energiesystem in der Transformation</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Nachfrageszenarien</b> .....	<b>2</b>
3.1 Zielszenarien sehen Rückgang der Erdgasnachfrage voraus .....	2
3.2 Referenzszenarien.....	6
3.3 Weitere Unsicherheiten .....	9
<b>4 Angebot</b> .....	<b>9</b>
4.1 Langfristige Versorgungssicherheit Europas mit Erdgas auch ohne Lieferungen aus Russland sicher.....	9
4.2 Kurz- und mittelfristige Versorgungssicherheit Europas mit Erdgas gewährleistet	11
4.3 Notwendiger Pipelineausbau gering.....	13
4.4 Zwischenfazit .....	13
<b>5 Fazit</b> .....	<b>13</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>15</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prognostizierte Erdgasnachfrage weltweit (in bcm) .....	3
Abbildung 2: Stromerzeugung in Europa im „Business as Usual“ Szenario .....	4
Abbildung 3: Entwicklung des Erdgasanteils im Primärenergieverbrauch Deutschlands (in PJ) .....	5
Abbildung 4: Erdgasverbrauch im Gebäudesektor (Wohn- und Nichtwohngebäude) in PJ .....	6
Abbildung 5: Erdgasverbrauch im Industriesektor in PJ.....	6
Abbildung 6: Überschätzung der Erdgasnachfrage in Szenarien der EU Kommission .....	8
Abbildung 7: Anteil russischer Erdgasimporte in Europa .....	10
Abbildung 8: Erdgasverbrauch (links) und Durchschnittspreis (rechts) in der EU für zwei Szenarien ..	10

## 1 Einleitung

Die Erdgasversorgung Deutschlands sowie der Europäischen Union durch direkte Pipelinelieferungen aus Russland ist seit über einem Jahrzehnt stark umstritten. Nunmehr wurde ein Planfeststellungsbeschluss für eine weitere Pipeline aus der Narva-Bucht (RUS) durch die Ostsee und nach Lubmin (DEU) erteilt, die sogenannte Nord-Stream-2 Pipeline. Dabei wurde ausgeführt, das Vorhaben sei gemessen an den Zielsetzungen des deutschen Energiewirtschaftsgesetzes vernünftigerweise geboten und sichere auch langfristig die Versorgungssicherheit der Europäischen Union.

In diesem Gutachten wird der vorliegende Planfeststellungsbeschluss zur Nord-Stream-2 Pipeline in Bezug auf seine energiewirtschaftliche Notwendigkeit geprüft. Dabei geht der nächste Abschnitt 2 auf die Rahmenbedingungen der Transformation des deutschen und europäischen Energiesystems ein, die Abschnitte 3 und 4 gehen auf die zukünftige Nachfrage bzw. das zukünftige Angebot ein, und Abschnitt 5 fasst die Ergebnisse der Kurzstudie zusammen.<sup>1</sup>

## 2 Rahmenbedingungen: Das deutsche und europäische Energiesystem in der Transformation

Sowohl die deutsche als auch die europäische und auch die globale Energiewirtschaft unterliegen derzeit einer Systemtransformation, welche erhebliche Auswirkungen auf den Energiemix als auch die notwendige Infrastruktur hat. Dabei lassen sich parallele Trends beobachten, welche sich auf die geplante weitgehende Dekarbonisierung, den Durchbruch der erneuerbaren Energien sowie die Digitalisierung der Energiewirtschaft beziehen und auch erhebliche Auswirkungen auf den Erdgassektor haben:

- Aufgrund der langfristigen negativen Auswirkungen auf die durchschnittliche Erdtemperatur und das Klima verstärken sich Bemühungen um eine weitgehende Dekarbonisierung des Energiesystems. In Deutschland handelt es sich dabei laut dem aktuellen Klimaschutzplan sowie früheren Beschlüssen um eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80-95% bis 2050 gegenüber 1990 (BMUB, 2016; Bundesregierung, 2010); auch die Europäische Union hat sich dieses Klimaschutzziel bis 2050 gegeben (EC, 2011). Auf globaler Ebene streben die Unterzeichnerstaaten des Pariser Klimaschutzabkommens an, den globalen Temperaturanstieg in Bezug auf das präindustrielle Zeitalter auf 2° Celsius zu beschränken, nach Möglichkeit sogar in Richtung 1,5° (UNFCC, 2015).
- Der technische und wirtschaftliche Durchbruch erneuerbarer Energien in Verbindung mit Speichertechnologien stärkt die Flexibilität der Energiesysteme in Bezug auf die Klimaschutzziele. In Deutschland sieht das Energiekonzept der Bundesregierung vor, bis 2050 über 80% des Stromverbrauchs sowie über 60% des Primärenergieverbrauchs aus Erneuerbaren zu leisten; in Europa muss bis 2030 ein Erneuerbarenanteil von mindestens 27% am Energieverbrauch erzielt werden, woraus sich ca. ein Anteil von 50% Erneuerbarer an der Stromproduktion ableitet.

---

<sup>1</sup> Die Kurzstudie stellt die persönliche Meinung der Autorin dar.

- Die Realisierung von Energieeinsparpotenzialen durch Sanierungen im Gebäude- und Wärmemarkt werden zu einem signifikanten Rückgang der Energienachfrage in diesem Bereich führen. Auch in anderen Sektoren wie Verkehr oder Industrie werden sich durch die Elektrifizierung der Wirtschaft die Versorgungsstrukturen verändern.

Neben diesen in der deutschen und europäischen Politik verankerten Zielbetrachtungen hat sich auch in der technischen Entwicklung ein drastischer Wandel ergeben, welcher die Bedeutung des Erdgases im Energiesystem schmälert. Hier ist insbesondere auf die Entwicklung großindustrieller Speicheranlagen zu verweisen. Jüngere wissenschaftliche Analysen belegen, dass allein mit den heute bekannten und verfügbaren Technologien ein Anteil von 70-80% fluktuierender Erneuerbarer im Stromsystem darstellbar ist (Zerrahn und Schill, 2016). Die laufende Kostendegression von Erneuerbaren- und Speichertechnologien führt dazu, dass diese Ziele sogar innerhalb der nächsten 10 bis 15 Jahre kostengünstig, d.h. auch günstiger als mit fossilen Quellen unter Berücksichtigung der Umweltexternalitäten, erreicht werden können (ISE, 2018). Die Kombination „Erneuerbare + Speicher“ wird somit zur kostengünstigen Grundlast und kann die konventionellen Energieträger vollständig ersetzen. Durch die weiterhin absehbare Entwicklung von Erneuerbaren in Verbindung mit Stromspeichern verliert die Erdgaswirtschaft ihre vormals vermutete Situation als „Brückenenergieträger“.

Aufgrund des technischen Fortschritts und der Digitalisierung kommt es im Energiesystem zu flexibleren, dezentralen Strukturen. Die traditionellen, vertikal integrierten Erzeugungs-, Transport- und Verteilstrukturen verlieren ihre Bedeutung dabei weitgehend. Bei stärkerer Nutzung dezentraler Potenziale bei Stromerzeugung und -verbrauch verlieren insbesondere großräumige Energieinfrastrukturen (wie Pipelines) an Bedeutung.

Die grundlegenden Tendenzen des Energiesystems haben auch auf den Erdgassektor sowie die geplante Nord-Stream-2 Pipeline Auswirkungen. Dies wird in dem folgenden Abschnitt anhand der energiewirtschaftlichen Notwendigkeit des Vorhabens mit Bezug auf Angebot und Nachfrage konkret geprüft.

### **3 Nachfrageszenarien**

Der für Nord-Stream-2 erteilte Planfeststellungsbeschluss zielt darauf ab, dass die Pipeline die deutsche und europäische Energiesicherheit nachhaltig stärkt (PFB, S. 94/95). Dies setzt voraus, dass es zwischen der zukünftig zu erwartenden Nachfrage und dem erwarteten Angebot eine Deckungslücke gäbe. Dieser Abschnitt behandelt die Nachfrageseite, der folgende die Angebotsseite; beide kommen zu demselben Schluss, dass eine Deckungslücke nicht absehbar ist

#### **3.1 Zielszenarien sehen Rückgang der Erdgasnachfrage voraus**

##### **3.1.1 Szenarien der Erdgasnachfrage weltweit**

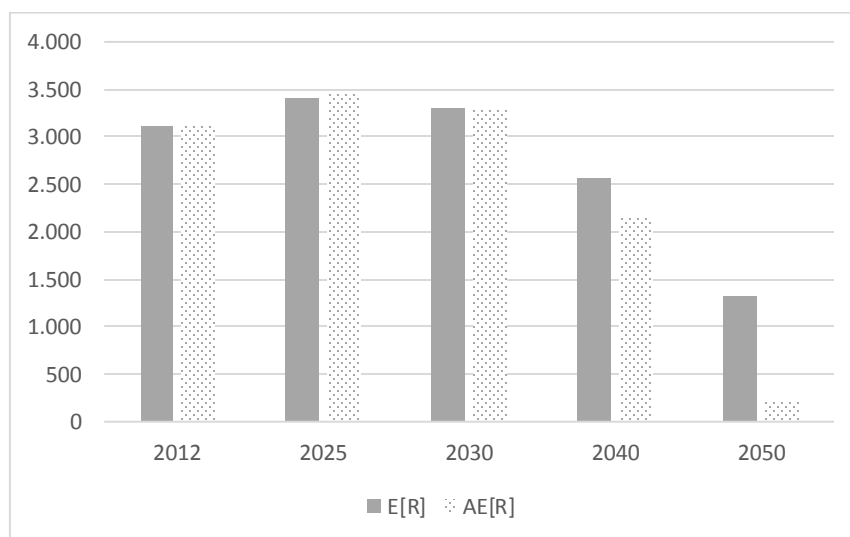
Die Diskrepanz vorliegender Studien führt zu einer starken Unsicherheit des gesamten Erdgassektors. So geht die eher konservative, der fossil-atomaren Energiewirtschaft verbundene Internationale Energieagentur (IEA) von weiterhin hoher Bedeutung der Erdgaswirtschaft aus. Dies kommt in den

jüngst veröffentlichten Szenarien für 2040 zum Ausdruck, sowohl im New Policy Scenario (NPS) als auch im neu eingeführten Sustainable Development Scenario, in dem insbesondere Schwellenländer wie Indien und China stark ansteigende Erdgasnachfrage aufweisen (IEA, 2017).<sup>2</sup>

Stern (2017a) argumentiert, dass auch die für diese Szenarien zugrundeliegenden Annahmen zur Erdgaspreisentwicklung im internationalen Kontext die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit im Vergleich zu anderen Szenarien hat. Die Rolle fossiler Energieträger wird in Prognosen von Unternehmen dieser Branche tendenziell überbewertet (vgl. BP Energy Outlook 2035 und Statoils Energy Perspectives). Die oben angesprochenen Klimaschutzziele werden in diesen Szenarien nicht bzw. nur unter sehr unplausiblen Annahmen bzgl. der Atomkraft und CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologien erreicht.

Dagegen kommen Studien, welche die genannten Umweltschutzziele ernst nehmen, zum gegenteiligen Ergebnis, bei dem Erdgas kein Bestandteil eines nachhaltigen Energiemixes mehr ist. So kommt das Grantham Institute an der London School of Economics in einer Studie zu dem Ergebnis, dass bei weiterhin sinkenden Kosten für Photovoltaik und einer steigenden Anzahl elektrisch betriebener Fahrzeuge der Marktanteil von Erdgas im Jahr 2050 lediglich 1% betragen könnte (Carbon Tracker Initiative, 2017). In den Szenarien Energy [R]evolution (E[R]) und Advanced Energy [R]evolution [AE[R)] der Greenpeace-Studie (2015) geht die weltweite Erdgasnachfrage bis 2050 signifikant zurück (vgl. Abbildung 1). Im E[R] sinkt die weltweite Nachfrage bis 2040 um 16% des Niveaus in 2012, bis zum Jahr 2050 jedoch bis zu 42%; im Vergleich dazu prognostiziert das AE[R] Szenario einen Rückgang um 30% bis 2040 und bis auf 7% des Niveaus von 2012 im Jahr 2050.

**Abbildung 1: Prognostizierte Erdgasnachfrage weltweit (in bcm)**



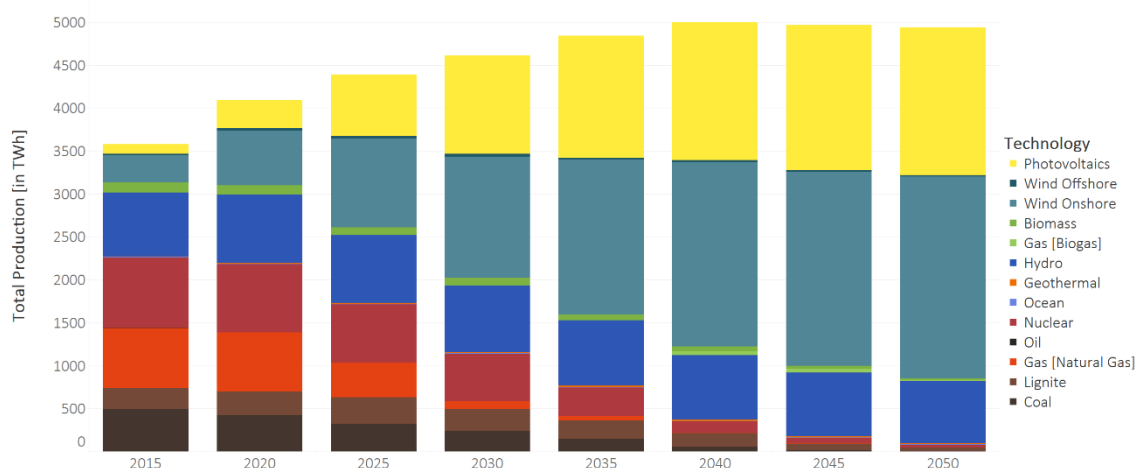
Quelle: Greenpeace (2015, S. 218).

<sup>2</sup> Das Sustainable Development Scenario beinhaltet drei wesentliche Aspekte: i) Zugang zu Energie für alle bis 2030, ii) Einhaltung der COP21-Vereinbarung und iii) drastische Verbesserung der Luftqualität. Bei Einhaltung dieser Randbedingungen ergibt sich ein differenziertes Bild der zukünftigen Erdgasnachfrage: bis zum Jahr 2040 sinkt die Nachfrage in Russland, Europa und Japan drastisch und steigt in Nordamerika und dem Mittleren Osten bis zum Jahr 2030 ehe sie auch dort sinkt.

### 3.1.2 Europa

Auch für die Entwicklung des zukünftigen europäischen Erdgasbedarfs ist eine Vielzahl von Ergebnissen verfügbar, jedoch unterscheiden sich die zugrunde liegenden Modelle signifikant hinsichtlich ihres Detailgrads und der Nachvollziehbarkeit bzw. der Transparenz der zugrunde liegenden Annahmen. So geht im Kontext von Zielszenarien, welche die Erreichung der europäischen Klimaschutzziele annehmen, die Nachfrage nach Erdgas drastisch zurück. Hainsch und Löffler (2018) ermitteln in einem Energiesystemmodell die Auswirkungen einer 80-98%-igen Reduktion der Treibhausgasemissionen für die EU-28. Die Auswirkungen sind sowohl im Stromsektor als auch in den Verkehrs- und Wärmesektoren zu beobachten (vgl. Abbildung 2): Im Stromsektor geht die Verwendung von Erdgas bereits bis 2030 auf sehr geringe Mengen, bis 2045 vollständig zurück. Analoge Entwicklungen ergeben sich auch bei der Betrachtung von Industriesektoren bzw. Hoch- und Niedrigtemperaturwärme. Auch im Verkehrssektor läuft der – ohnehin sehr moderate – Erdgasverbrauch aus. Auch auf europäischer Ebene ist der Rückgang des Erdgases somit vagespurt.

**Abbildung 2: Stromerzeugung in Europa im „Business as Usual“ Szenario**



Quelle: Hainsch und Löffler (2018).

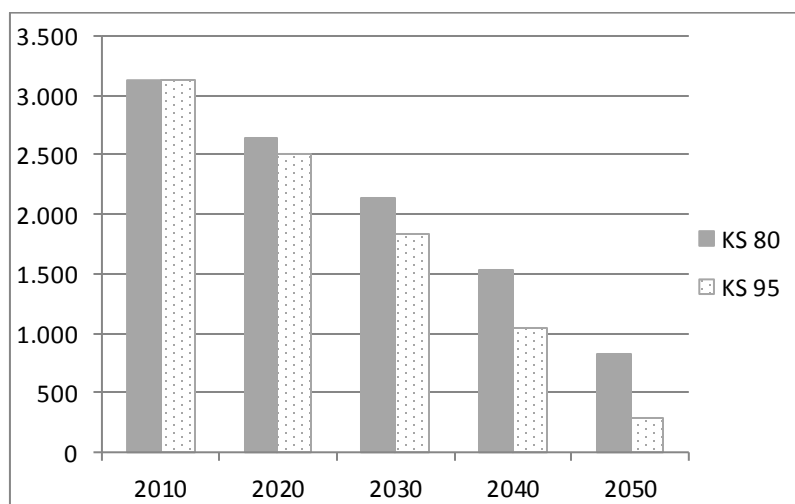
Aus diesen Zahlen ergibt sich eine eindeutige Unsicherheit über die Entwicklung der zukünftigen Erdgasnachfrage. Unabhängig von der Größenordnung ist jedoch ersichtlich, dass von einer langfristig sinkenden Nachfrage auszugehen ist. Eine detaillierte sektorspezifische Betrachtung (Verkehr, Energie, Industrie, Haushalte) und jeweilige Prognosen über Technologie- und Kostenentwicklungen gehen über den Rahmen dieser Studie hinaus. Auch für den europäischen Erdgasmarkt ist festzuhalten, dass führende Kenner des Umfeldes mittelfristig eine untergeordnete Rolle des Energieträgers sehen (u.a. Aoun und Cornot-Gandolphe, 2015; Stern, 2017a, 2017b, vgl. unten).

### 3.1.3 Deutschland

Auch in Deutschland ist der Anteil des Erdgases rückläufig, sofern man die Klimaschutzziele der Bundesregierung in der Modellierung berücksichtigt und nicht auf höchst unsichere Technologiesprünge wie CO<sub>2</sub>-Abscheidung (CCTS) setzt.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit hat ein Konsortium Szenarien mit verschiedenen klimapolitischen Ambitionsniveaus für den Zeithorizont bis 2050 erstellt und analysiert (Öko-Institut, 2015). Im Klimaschutzprogramm 2050 werden detailliert auf Sektorebene entweder die im Energiekonzept der Bundesregierung festgelegten Ziele für Treibhausgasemissionen, erneuerbare Energien und Energieeffizienz möglichst erreicht (Szenario KS 80) oder bis zum Jahr 2050 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 95 % gegenüber 1990 mehr als erreicht werden (Szenario 95). Die aggregierte Entwicklung des Primärenergiebedarfs in Deutschland für beide Szenarien (vgl. Abbildung 3) zeigt einen drastischen Rückgang für die Nutzung von Erdgas.

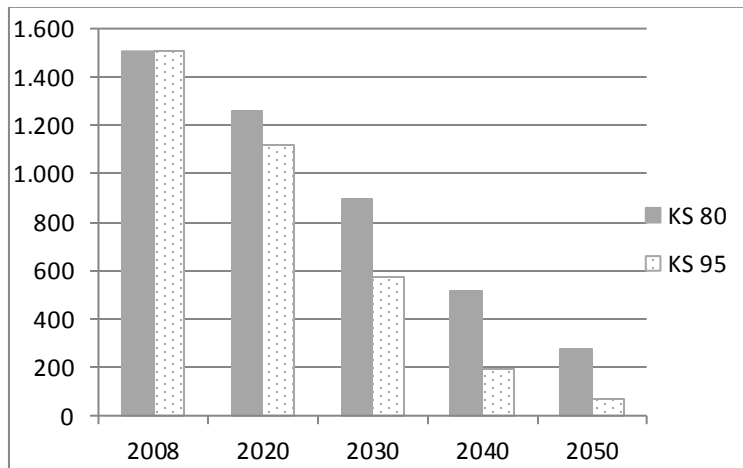
**Abbildung 3: Entwicklung des Erdgasanteils im Primärenergieverbrauch Deutschlands (in PJ)**



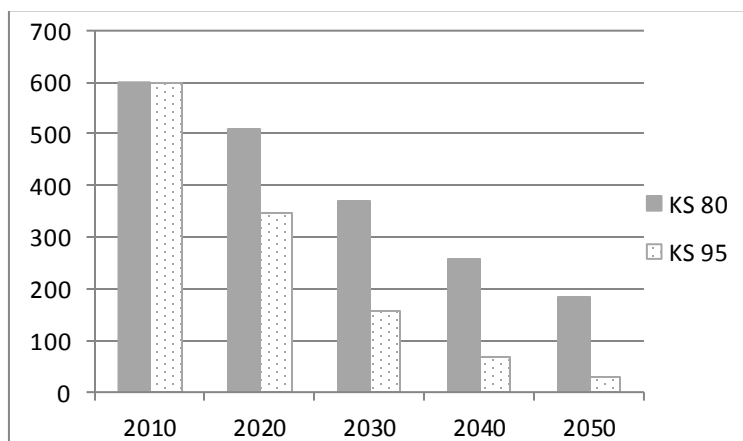
Quelle: Öko-Institut (2015).

Der Rückgang des Erdgases in Deutschland wird aus den Klimaschutzszenarien 2050 mehr als deutlich, sowohl für den Industrie- als auch für den Wärmesektor: Im Gebäudesektor ist der sinkende Erdgasbedarf zum Großteil der Energieeinsparung durch zusätzliche und ambitioniertere Sanierungen bedingt (Öko-Institut, 2015). Damit wird der Energiebedarf um 58% (66%) im Szenario KS 80 (KS 95) gegenüber dem Jahr 2008 reduziert.

Im Industriesektor führt die Dekarbonisierung zu einem Brennstoffwechsel in den energieintensiven Branchen. Darüber hinaus führt die Erschließung substantieller Einsparpotenziale im Bereich der Querschnittstechniken (bspw. Elektromotorsysteme) zu einem Rückgang der Stromnachfrage in diesem Sektor.

**Abbildung 4: Erdgasverbrauch im Gebäudesektor (Wohn- und Nichtwohngebäude) in PJ**

Quelle: Öko-Institut (2015).

**Abbildung 5: Erdgasverbrauch im Industriesektor in PJ**

Quelle: Öko-Institut (2015).

## 3.2 Referenzszenarien

Die dem Planfeststellungsverfahren zugrunde liegenden Referenzszenarien weisen Mängel und Fehler auf, welche die energiewirtschaftliche Grundlage des Planfeststellungsbeschlusses untergraben. Dies bezieht sich insbesondere auf das „Referenzszenario“ der EU (2016), aber auch auf die daraus abgeleiteten „Status und Perspektiven der europäischen Gasbilanz“ (Prognos, 2017). Mangelhaft ist insbesondere die Annahme eines mittelfristig stagnierenden Erdgasbedarfs in der EU gegenüber der energiewirtschaftlichen Realität stark rückläufigen Erdgasverbräuche.

### 3.2.1 Mängel und Fehler im EU-Referenzszenario ...

Die fehlerhafte Methodik der dem EU-Referenzszenario zugrundeliegenden Modellierung wird seit vielen Jahren in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert und wurde u.a. schon im Jahr 2013 in (Hirschhausen et al., 2013) ausführlich dargelegt. Neben der Überschätzung der Kosten der



Erneuerbaren und einer Unterschätzung der Kosten konventioneller Stromerzeugung handelt es sich auch um methodische Punkte der Modellierung:

~ Das verwendete Energiesystemmodell PRIMES (Capros et al, 1998; Capros, 2011) legt einen systematischen Schwerpunkt auf fossile Energieträger, insb. Kohle und Erdgas (sowie die hier nicht weiter betrachtete Atomkraft), deren Bedeutung insb. im Stromsektor strukturell überbewertet wird;

~ Die systematische Verwendung einer nicht-existenten Technologie, die CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologie (Carbon Capture, Transport, and Storage, CCTS) stärkt den Bias in Richtung fossilen Erdgases weiterhin: Die für CCTS gewählten Kosten sind fälschlicherweise so niedrig angesetzt, dass diese Technologie alleine aus ökonomischen Erwägungen ab 2020 zum Einsatz kommt; dies widerspricht jeglicher Plausibilität in allen EU-Mitgliedstaaten und weltweit (Hirschhausen, Herold und Oei, 2012; Mendelewitsch, 2014);

~ Dagegen wird die Bedeutung der erneuerbaren Energieträger Sonne und Wind systematisch unterschätzt, indem der technische Fortschritt ignoriert und weit überhöhte Kostenannahmen getroffen werden (Hirschhausen et al., 2013; Schröder et al., 2013);

~ Die rasanten Entwicklungen in der Speichertechnologie werden im PRIMES-Modell ebenfalls ignoriert, indem überhöhte Kostenwerte verwendet werden.

### 3.2.2 ... in Wissenschaft und Politik breit rezipiert

Die Kritikpunkte am EU-Referenzszenario entsprechen auch weitgehend den Argumenten, mit denen inzwischen die meisten Szenarien offizieller Regierungsorganisationen konfrontiert sind, u.a. die Internationale Energieagentur (International Energy Agency, IEA) sowie nationale Referenzszenarien. Systematische Versuche sowohl der EU- als auch der IEA-Regierungen, an fossil-atomaren Grundstrukturen in der Energiewirtschaft festzuhalten, wurden anfangs lediglich in der umweltorientierten Literatur geäußert, u.a. bei Jacobson und Delucci, 2009; Metayer, Breyer und Fell, 2015). Seit einigen Jahren hat sich aber auch der wissenschaftliche Mainstream der Energie- und Ressourcenökonomik den grundlegenden Kritikpunkten angeschlossen, vgl. u.a. Creutzig et al., 2017, Mohn, im Erscheinen.

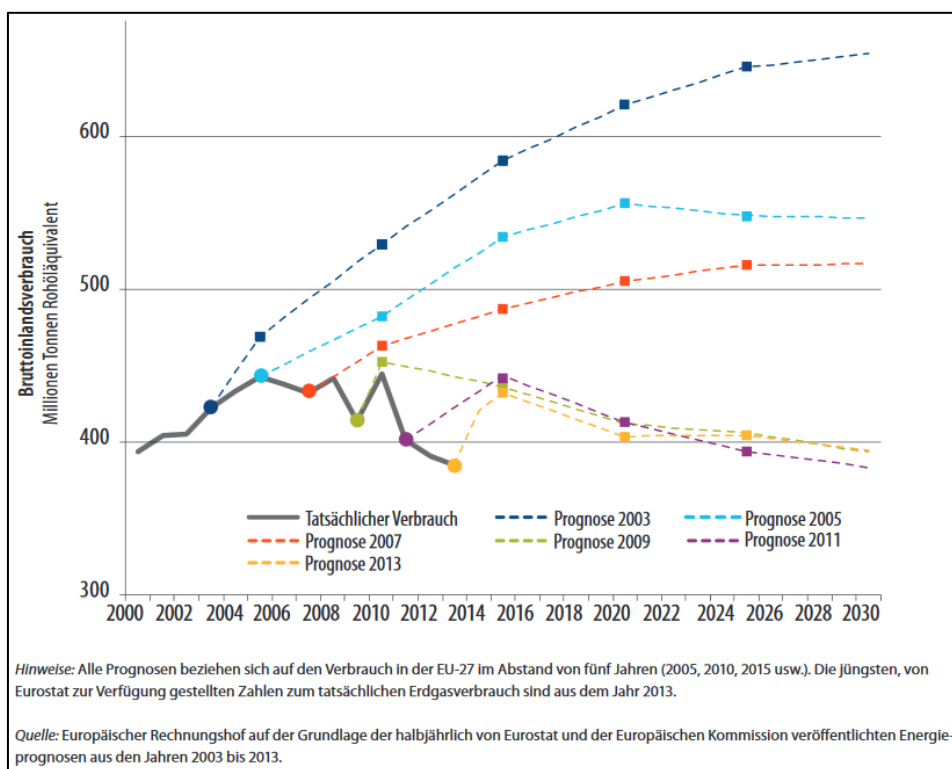
Neben der fehlerhaften Methodik des EU-Referenzszenarios ist dieses auch durch mangelnde Transparenz und Nachvollziehbarkeit gekennzeichnet. Bis heute sind weder die verwendeten Daten noch der Modellcode vollständig offengelegt; darüber hinaus wird nicht zwischen den getroffenen Annahmen (sogenannte exogene Parameter) und den durch das Modell generierten („endogenen“) Ergebnissen differenziert. Beispielhaft sei auf die willkürliche Annahme der Verfügbarkeit der CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologie verwiesen. Das EU-Referenzszenario erfüllt somit nicht die Anforderungen an eine wissenschaftliche Politikberatung, welche in Deutschland durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft oder auch den Verein für Socialpolitik (der deutschsprachigen Ökonomen) verlangt werden.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Die Ethiksatzung des Vereins für Socialpolitik enthält folgende Vorgaben: Präambel: „... Bei der Erkenntnisfindung und Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse sind insbesondere folgende Prinzipien zu beachten: 1/ *Transparenz*

Die Mängel und Fehler im EU-Referenzszenario führen zu einer Überschätzung der Kosten der Erneuerbaren und einer Unterschätzung der Kosten konventioneller Stromerzeugung; auch technische Entwicklungen wie Speicher in Verbindung mit Erneuerbaren sind dort nicht abgebildet. Neben der breiten Rezeption in der Wissenschaft sind die strukturellen Fehler inzwischen auch in der Politik auf kritisches Echo gestoßen: So bemerkt auch der Europäische Rechnungshof (2015) die fehlende Zuverlässigkeit der bestehenden Nachfrageschätzungen und konstatiert, „dass die Kommission die Erdgasnachfrage während des Zeitraums beständig überschätzt hat und die Glaubwürdigkeit der Prognosen, die sie verwendet, wiederherstellen muss.“ Die Prognoseergebnisse der von der EU-Kommission genutzten und extern kontrahierten Szenarien überschätzen die tatsächlich realisierte Bedarfsmenge erheblich (vgl. Abbildung 6).

**Abbildung 6: Überschätzung der Erdgasnachfrage in Szenarien der EU Kommission**



Quelle: Europäischer Rechnungshof (2015).

### 3.2.3 Qualitative Expertenaussagen

Auch qualitative Analysen von Experten weisen auf eine zukünftig untergeordnete Bedeutung des Energieträgers Erdgas hin. So weisen Aoun und Cornot-Gandolphe (2015) darauf hin, dass das

---

bei allen professionellen Aktivitäten; ...” (Hervorhebung im Original); sowie im Abschnitt II. Kodex des guten wissenschaftlichen Verhaltens für Ökonomen; „1. Forschung soll transparent und nachvollziehbar sein. Die zugrundeliegenden Annahmen sollen deutlich werden. Bei empirischen Arbeiten sollen, im Rahmen der rechtlichen Möglichkeiten, die verwendeten Datensätze und Programme zur Replikation der Ergebnisse verfügbar gemacht werden.“; Quelle: <https://www.socialpolitik.de/De/ethikkommission-und-vertrauensperson>.

„goldene Zeitalter“ von Erdgas nicht eingetreten ist, und wohl auch nicht mehr wird. Der britische Erdgasexperte Jonathan Stern (Stern, 2017a, 2017b) weist auf die Gefahr hin, dass sich das Erdgas angesichts hoher internationaler Preis und sinkenden Kosten für Erneuerbare selber aus dem Markt preist.

### 3.3 Weitere Unsicherheiten

Mögliche Risiken für die zukünftige Entwicklung der Bedeutung von Erdgas ergeben sich zum einen auf der Versorgungsseite und zum anderen nachfrageseitig. Für die Erdgasversorgung ergeben sich Unwägbarkeiten insbesondere in der Verfügbarkeit *unkonventioneller* Reserven und Ressourcen, die international sehr unterschiedlich eingeschätzt wird. Darüber hinaus dürfen begonnene und bereits feststehende Projekte (Ausbau bestehender Pipelinekapazitäten, bi-direktionale Flussmöglichkeiten und Konstruktion von LNG-Terminalen in strategisch wichtigen Regionen) nicht in Zeitverzug geraten. Kurzfristige Lieferausfälle können im bestehenden (globalen) Markt durch Preissignale und Aktivierung ungenutzter Kapazitäten durchaus absorbiert werden.

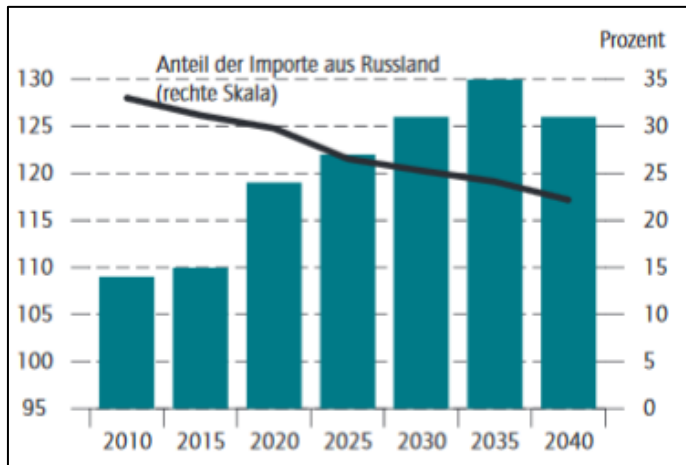
Nachfrageseitig stellt die Erreichung der Klimaziele auf nationaler und internationaler Ebene eine Unwägbarkeit dar. Hierbei ist insbesondere der zulässige CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch die Verbrennung fossiler Energieträger und die dafür benötigten Umstellungen jeweiliger Energiesysteme ausschlaggebend. Die Verfügbarkeit von Technologien zur Abtrennung von Kohlenstoffdioxidemissionen bei der Stromerzeugung aus Erdgas ist derzeit nicht absehbar, die Zukunft der Atomenergie unsicher. Bei weiter sinkenden Kosten der Erneuerbaren Energien ist auch die Notwendigkeit von Erdgaskraftwerken zum Ausgleich fluktuierender Energieträger fraglich.

## 4 Angebot

### 4.1 Langfristige Versorgungssicherheit Europas mit Erdgas auch ohne Lieferungen aus Russland sicher

Der tendenziell rückläufigen Erdgasnachfrage steht ein reichhaltiges Angebot gegenüber, welches keinen Anlass zu Risikoerwägungen gibt. Die Versorgungssicherheit Europas mit Erdgas war in den vergangenen Jahren sicher und ist – insb. angesichts des oben ausgeführten erwarteten Rückgangs der Nachfrage – auch ohne einen erheblichen Anteil von Importen aus Russland ungefährdet. Beispielsweise hat das DIW Berlin die Entwicklung der Erdgasversorgung Europas mit dem Global Gas Model analysiert und kommt zu dem Ergebnis, dass viele EU-Länder ihre Erdgasimporte durch die Einfuhr von verflüssigtem Erdgas und neuen Pipeline-Optionen weiter diversifizieren werden. Insbesondere gilt dies für jene Länder Osteuropas, die derzeit stark auf russische Importe angewiesen sind. Das DIW Berlin erwartet somit einen rückläufigen Anteil russischer Erdgasimporte in Europa (vgl. Abbildung 7).

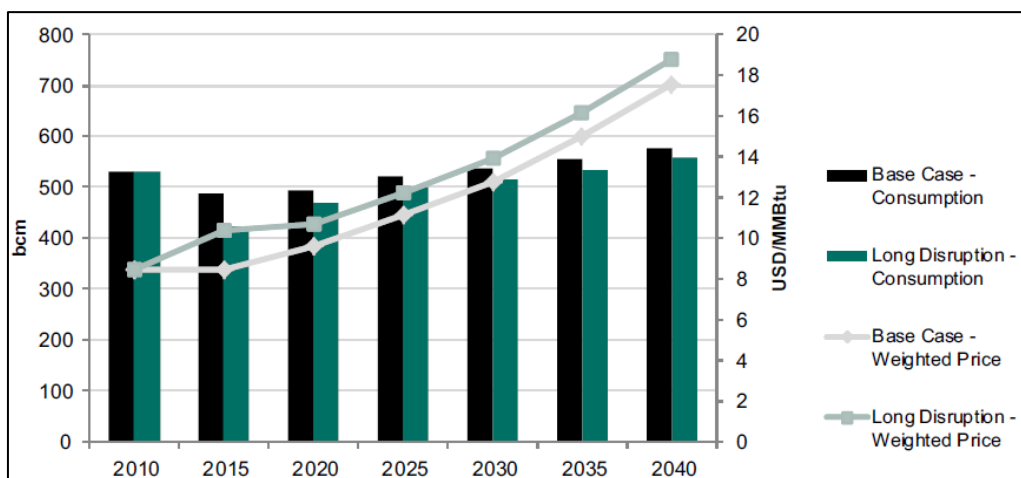
Abbildung 7: Anteil russischer Erdgasimporte in Europa



Quelle: DIW Berlin (2014).

Richter und Holz (2015) zeigen, dass auch bei einer Lieferunterbrechung von Erdgas aus Russland entlang bestehender Transportkapazitäten bis zum Jahr 2040 und zeitgleich sinkender einheimischer Produktion von Erdgas die Versorgung Europas nicht gefährdet ist. Der Import würde stärker diversifiziert und insbesondere durch Flüssiggas (LNG)-Terminals abgedeckt werden. Gleichzeitig zeigen die Autoren, dass es zu einer Preissteigerung insbesondere in den ost- und südosteuropäischen Mitgliedstaaten käme und somit einige Länder ihren Erdgasverbrauch senken würden. Der Preisanstieg schwächt sich aber bis 2020 ab, wenn der durchschnittliche Preis nur noch 4% höher und somit die Nachfrage um 5% gesunken ist.

Abbildung 8: Erdgasverbrauch (links) und Durchschnittspreis (rechts) in der EU für zwei Szenarien



Quelle: Richter und Holz (2015).

Auch ein drastischer Rückgang der niederländischen Erdgasproduktion würde nur unwesentliche Auswirkungen für die von den Niederlanden belieferten Länder haben. Die ausgefallenen Mengen werden durch die bereits diversifizierten Transportrouten- und Lieferantenstruktur kompensiert und die erwartete durchschnittliche Preissteigerung beträgt lediglich 1% (DIW Berlin, 2014; Holz et al., 2017).

Für eine zukünftige sichere Erdgasversorgung Europas gilt es weiterhin, die bestehenden nationalen Märkte und ihren jeweiligen Pipelinesystemen durch Interkonnektoren miteinander zu verbinden (iberische Halbinsel, Anbindung Süd- an Zentraleuropa), bidirektionale Flüsse zu ermöglichen und Speicherkapazitäten zu erweitern. Die Möglichkeit, Erdgas in flüssiger Form als LNG in zahlreichen Importterminals entlang der europäischen Küsten anzulanden und im Anschluss eine effiziente Verteilung durch das bestehende Pipelinesystem zu realisieren, können somit die Versorgungssicherheit Europas und Deutschlands gewährleisten. Dies spiegelt sich auch in den jeweiligen Netzentwicklungsplänen auf nationaler und internationaler Ebene (TYNDP) und den durch die Europäische Kommission von besonderem Interesse bestimmten Infrastrukturprojekte (Projects of Common Interest, Project corridors) wieder, die insbesondere die Anbindung und Errichtung des südlichen Erdgaskorridors anstreben.

## **4.2 Kurz- und mittelfristige Versorgungssicherheit Europas mit Erdgas gewährleistet**

Zur Gewährleistung einer sicheren kurz- und mittelfristigen Erdgasversorgung Europas bestehen technisch mehrere Möglichkeiten. Zum einen kann durch Druckregulierung in den Pipelines das Volumen des zu transportierenden Erdgases verschiedenen Bedarfen angepasst werden. Ebenso können Pipelines dadurch auch als Speicher genutzt werden. Darüber hinaus kann durch relativ wenig kostenintensive Aufrüstung der bidirektionale Fluss von Erdgas ermöglicht werden und somit Erdgas im Krisenfall auch entgegen seiner dominanten Flussrichtung transportiert werden. Die Nutzung von Erdgasspeichern (insbesondere Kavernenspeicher) ist ein weiteres Instrument, das flexibel auf mögliche Lieferunterbrechungen von Importen oder dem Ausfall einzelner Pipelines eingesetzt werden kann. Eine Diversifikation der Erdgasimporte kann in Ländern mit Küstenabschnitten durch den Bau von LNG-Importterminals und der Anbindung an das Pipelinetz erfolgen. Im Jahr 2016 wurden jedoch lediglich 25% der existierenden Importkapazitäten in Europa genutzt (IGU, 2017). Typischerweise verfügen diese Importterminals auch über LNG-Speicherkapazitäten, die ebenfalls zur Versorgungssicherheit beitragen. Im Folgenden wird auf die aktuelle kurz- bis mittelfristige Versorgungssicherheit Europas eingegangen.

### **4.2.1 Kurzfristige Krisenfestigkeit**

Der europäische Erdgasbedarf wird derzeit zu etwa 65% durch Importe, hauptsächlich aus Russland, Norwegen und Algerien, abgedeckt. Bestandteil der bisherigen Energiebinnenmarktpakete war daher auch stets eine Verordnung über Maßnahmen zur Gewährleistung einer sicheren Erdgasversorgung.

Die erste Verordnung (EU 994/2010) und ehemalige Richtlinie zur Gewährleistung der sicheren Erdgasversorgung (2004/97/EG) verpflichtete alle Mitgliedstaaten dazu, nationale Krisenpräventions- und -bewältigungsmaßnahmen zu erarbeiten und einander darüber zu informieren. Darüber hinaus enthielt sie die Verpflichtung zur Installation bidirektionaler Kapazitäten, um Erdgas auch entgegen der Hauptflussrichtung zu transportieren. In ihrer Mitteilung über die kurzfristige Krisenfestigkeit des

europäischen Gassystems und Vorkehrungen für den Fall einer Lieferunterbrechung aus dem Osten im Herbst und Winter 2014/2015 (COM(2014)654) teilt die Europäische Kommission mit, dass im Fall einer sechsmonatigen Lieferunterbrechung („Stresstest“) insgesamt lediglich 1-2% des jährlichen Erdgasverbrauches der EU fehlen würde. Auswirkungen wären insbesondere für die östlichen EU-Mitgliedstaaten spürbar und somit der innereuropäische Ausbau von Pipelinekapazitäten von hoher Priorität. Diese sind als Vorhaben gemeinschaftlicher Interessen (PCI) identifiziert und werden finanziell durch europäische Zuwendungen unterstützt.

Die Verabschiedung der aktuellsten Version ((EU) 2017/1938) löst die bestehende Verordnung aus dem Jahr 2010 ab und erfordert die Bewertung der Versorgungssicherheit durch die Gruppe der europäischen Fernleitungsnetzbetreiber, eine enge Zusammenarbeit über nationale Grenzen hinweg sowie die Veröffentlichung der Transportverpflichtungen aus Langfristverträgen. Dies soll insbesondere einer effizienteren Nutzung der bestehenden innereuropäischen Pipelineinfrastruktur, der Bildung liquider Handelsplätze für Erdgas und der Identifikation potentiell notwendiger Infrastrukturerweiterungen dienen. Für die Implementierung der Verordnung ist eine nationale Behörde (in der Regel die Regulierungsbehörde bzw. das Wirtschaftsministerium) verantwortlich.

Der europäische Verbund der Fernleitungsnetzbetreiber für Erdgas (ENTSOG) hat bereits eine europaweite Analyse des derzeitigen Stands der Erdgasversorgungssicherheit durchgeführt. Für den Fall - wie er mit statistischer Wahrscheinlichkeit einmal in 20 Jahren vorkommt - eines besonders kalten Tages oder einer 14-tägigen Kälteperiode simulieren die Fernleitungsnetzbetreiber den Ausfall von Infrastrukturen in 17 Szenarien (bspw. zweimonatige Lieferunterbrechung via Ukraine oder zweimonatiger hälftiger Ausfall der bestehenden Nord-Stream-Pipeline). Für den Großteil der Analysen zeigt sich nach Einschätzung der europäischen Fernleitungsnetzbetreiber, dass i) das bestehende System resilient ggü. solchen Ausfälle ist und ii) die regionale Kooperation in Europa funktioniert, jedoch verstärkt werden sollte und somit die Versorgungssicherheit mit Erdgas in Europa kurz- und mittelfristig gegeben ist (ENTSOG, 2017). Der Präventionsplan der Bundesrepublik Deutschland (BMW, 2016) gemäß SoS-VO zeigt in der Risikobewertung, dass der Infrastrukturstandard (n-1) sowie der Versorgungsstandard in allen Fällen kurzfristig mehr als gewährleistet ist und keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Somit ergibt sich für die Bestimmung einer möglichen Versorgungslücke lediglich eine Risikobewertung der Nachfrageentwicklung nach Erdgas.

#### **4.2.2 Mittelfristige Stärkung des Europäischen Erdgasbinnenmarktes**

Die Energieversorgungssicherheit, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit Europas kann und muss durch ein funktionierendes Verbundnetz im Bereich der Energieunion getragen werden. Der Investitionsbedarf für Fernleitungen zur Erreichung der europäischen Energie- und Klimaschutzziele wurde im Rahmen der Infrastrukturvorhaben von gemeinsamem Interesse (Projects of Common Interest, PCI) identifiziert. Dazu zählen neben LNG-Importterminals auch der Ausbau von Interkonnektoren (inklusive Kompressorstationen) zwischen Ländern sowie. In ihrer Mitteilung über die Stärkung der europäischen Energienetze befindet die Europäische Kommission, dass die bereits getätigten Investitionen die „Sicherheit der Gasversorgung und die Diversifizierung in den schwächeren Regionen Europas erfolgreich verbessert“ haben. Darüber hinaus können über weitere PCI

verbleibende Engpässe bis zum Jahr 2020 (oder kurz danach) behoben seien und Europa somit über ein gut vernetztes Fernleitungsnetz verfügen (EC, 2017).

### **4.3 Notwendiger Pipelineausbau gering**

Angesichts einer gut entwickelten Pipelineinfrastruktur sowie rückläufiger Nachfrage ist kein Ausbaubedarf in bzw. aus Richtung Russland absehbar. Das bestehende Erdgas-Transportsystem in Deutschland im europäischen Kontext ist gut ausgebaut und nicht auf die Nord-Stream-2 Pipeline angewiesen. Unterschiedliche Modellrechnungen legen nahe, dass der Ausbaubedarf für überregionale Pipelines gering ist; dies gilt umso mehr bei rückläufiger Erdgasnachfrage.

Im Rahmen eines internationalen Modellierungvergleichs zeigen Holz, Richter und Egging (2016) bei sinkender einheimischer Produktion und einem Anstieg der Importabhängigkeit keine Notwendigkeit für einen signifikanten Zubau von Infrastruktur. Abrell und Weigt (2012) verbinden den Elektrizitäts- und Erdgassektor in einem europäischen Modell, um mögliche Interdependenzen darzustellen. Eine Analyse von Strom- und Erdgaspreisen im Falle einer Lieferunterbrechung russischen Erdgases kommt zu dem Ergebnis, dass der erwartete Preiseffekt für Erdgas und Strom in West- und Zentraleuropa gering ist. Die bestehende Infrastruktur kann jedoch einen steigenden Erdgaspreis in Südosteuropa nicht verhindern, so dass die Autoren auf die notwendige Anbindung dieser Region, nicht jedoch Russlands, hinweisen.

### **4.4 Zwischenfazit**

Bei der Transformation des Energiesystems in Europa sowie der Energiewende in Deutschland ist die Bedeutung des Erdgases rückläufig. Das dem Planfeststellungsbeschluss zugrundeliegende EU-Referenzszenario weist Mängel und Fehler auf. Aktuelle Studien internationaler Experten gehen sogar von einem (erheblichen) Rückgang der Erdgasnachfrage aus, bei international zunehmendem und diversifiziertem Angebot. Studien und Analysen legen auch nahe, dass die Versorgungssicherheit Deutschlands und Europas mit Erdgas selbst bei Lieferausfällen aus Russland nicht gefährdet würde. Europaweit ist auch der notwendige Pipelineausbau geringfügiger als noch vor einem Jahrzehnt – dem Planungszeitraum für die Nord-Stream-2 Pipeline - erwartet. Somit besteht weder für die zusätzliche Erdgasversorgung Deutschlands aus Russland noch für den Bau der Nord-Stream-2 Pipeline eine energiewirtschaftliche Notwendigkeit.

## **5 Fazit**

Im Planfeststellungsbeschluss zur Nord-Stream-2 Pipeline wird wiederholt auf die energiewirtschaftliche Notwendigkeit des Vorhabens eingegangen. In diesem Kurzgutachten werden die zugrundeliegenden Referenzszenarien kritisch geprüft; darüber hinaus erfolgt eine Analyse des deutschen und europäischen Erdgasmarktes für den Fall der Nichtumsetzung des Vorhabens.

Aus dem dem Planfeststellungsbeschluss zugrundeliegenden „EU-Referenzszenario“ ist keine Bedrohung der Versorgungssicherheit Deutschlands bzw. Europas mit Erdgas im Fall der Nichtumsetzung der Nord-Stream-2 Pipeline abzuleiten. Zum einen ist die Bedeutung des Erdgases in dem Szenario überschätzt weil – entgegen jeder Plausibilität – von der Verfügbarkeit von CO<sub>2</sub>-Abscheidetechnologie ausgegangen wird; dies steigert die Nutzung von CO<sub>2</sub>-intensivem Erdgas. Zum

zweiten gibt es eine systematisch fehlerhafte Überschätzung der Erdgasnachfrage in den von der EU-Kommission genutzten und extern kontrahierten Szenarien, welche die tatsächlich realisierten Bedarfsmengen überschätzen. So bemerkt auch der Europäische Rechnungshof (2015) die fehlende Zuverlässigkeit der bestehenden Nachfrageschätzungen und „dass die Kommission die Erdgasnachfrage während des Zeitraums beständig überschätzt hat und die Glaubwürdigkeit der Prognosen, die sie verwendet, wiederherstellen muss.“

Auch auf der Angebotsseite gibt es keine Anzeichen für eine Versorgungslücke für den Fall, dass die Nord-Stream-2-Pipeline nicht gebaut wird. Zum einen ist die Versorgung mit kostengünstigem Erdgas aus Pipelines aus dem (europäischen) Ausland (UK, Norwegen, Nordafrika) auf Jahrzehnte gesichert; zum anderen gibt es weltweit keine absehbare Knappheit an Flüssiggaslieferungen („LNG“, liquefied natural gas“). Versorgungsrisiken bei der Nichtumsetzung des Projekts sind nicht absehbar.

Die Fehleinschätzung der Bedeutung der Nord-Stream-2 Pipeline ist vor allem der Tatsache zuzuschreiben, dass Erdgas seine vormals vermutete Bedeutung als „Brückenenergieträger“ verloren hat und für die längerfristig anstehende Dekarbonisierung des europäischen Energiesystems nicht mehr benötigt wird.

Im Ergebnis ist der Bau der Nord-Stream-2 Pipeline weder vernünftigerweise geboten, und schon gar nicht zur Deckung des Erdgasbedarfs in Deutschland und Europa erforderlich. Die dem Planfeststellungsbeschluss zugrundeliegenden Szenarien enthalten Mängel in der Erstellung und systematische Fehler bei der Überschätzung des Erdgasbedarfs. Eine energiewirtschaftliche Notwendigkeit der Nord-Stream-2 Pipeline zur Versorgung des deutschen bzw. europäischen Energiesystems ist nicht erkennbar.



## 6 Literaturverzeichnis

- Abrell Jan und Hannes Weigt (2011): Combining energy networks. *Networks and Spatial Economics* 12(3): 377-401.
- Aoun, Sylvie Marie Claire und Sylvie Cornot-Gandolphe (2015): The European gas market looking for its golden age? Paris, France: Les Etudes IFRI.
- BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin, Deutschland.
- BMWi (2016): Präventionsplan Gas für die Bundesrepublik Deutschland. Berlin.
- Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin, Deutschland.
- Capros, Pantelis (2011): "PRIMES Energy System Model." Athens: National Technical University of Athens.  
[http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/PRIMES%20Manual/PRIMES\\_ENERGY\\_SYSTEM\\_MODEL.pdf](http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/PRIMES%20Manual/PRIMES_ENERGY_SYSTEM_MODEL.pdf).
- Capros, P., L. Mantzos, D. Kolokotsas, N. Ioannou, T. Georgakopoulos, A. Filippopoulitis, und Y. Antoniou (1998): The PRIMES Energy System Model–reference Manual. National Technical University of Athens, Greece.
- Creutzig, Felix, Peter Agoston, Jan Christoph Goldschmidt, Gunnar Luderer, Gregory Nemet, und Robert C. Pietzcker (2017): The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change. *Nature Energy* 2(9): 17140.
- DIW Berlin (2014): European natural gas infrastructure: The role of Gazprom in European natural gas supplies. DIW Berlin, Politikberatung kompakt 81. Berlin, Deutschland.
- EC (2017): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Mitteilung über die Stärkung der europäischen Energienetze. COM(2017)718 final. Brussels, Belgium: European Commission.
- EC (2016): EU reference scenario 2016: Energy, transport and GHG emissions trends to 2050.
- EC (2015): Mitteilung der Kommission an das europäisch Parlament und den Rat über die kurzfristige Krisenfestigkeit des europäischen Gassystems. Com(2014)654 final/2. Brussels, Belgium.
- EC (2011): Energy Roadmap 2050. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2011) 885 final. Brussels, Belgium: European Commission.
- ENTSOG (2017): Union-wide simulation of gas supply and infrastructure disruption scenarios (SoS simulation). Brussels, Belgium.
- Europäischer Rechnungshof (2015): Verbesserung der Sicherheit der Energieversorgung durch die Entwicklung des Energiebinnenmarkts. Sonderbericht Nr. 16, Luxemburg.
- Carbon Tracker Initiative (2017): Expect the unexpected: The disruptive power of low-carbon technology. London, UK.
- Greenpeace International (2015): Energy [R]evolution – A sustainable world energy outlook.
- Hainsch, Karlo, and Konstantin Löffler (2018): Modeling the low-carbon transformation in Europe and Germany - Developing paths for the European energy system until 2050. DIW Berlin Discussion Paper.
- Hirschhausen, Christian von, Claudia Kemfert, Friedrich Kunz, and Roman Mendelevitch (2013): European electricity generation post-2020: Renewable energy not to be underestimated. *DIW Economic Bulletin* 3(9):16–28.
- Hirschhausen, Christian von, Johannes Herold und Pao-Yu Oei (2012): How a 'low carbon' innovation can fail -Tales from a 'lost decade' for carbon capture, transport, and sequestration (CCTS). *Economics of Energy & Environmental Policy* 1(2).
- Holz, Franziska, Hanna Brauers, Philipp M. Richter und Thorsten Roobeek (2017): Shaking Dutch grounds won't shatter the European gas market. *Energy Economics* 64:520-529.
- Holz, Franziska, Philipp M. Richter, und Ruud Egging (2016): The role of natural gas in a low-carbon Europe: Infrastructure and regional supply security in the global gas model. *The Energy Journal*, Special Issue "Cross-border coordination for sustainable energy security".

- IGU (2017): World LNG report. International Gas Union.
- IEA (2017): World energy outlook. Paris, Frankreich IEA/OECD.
- ISE (2018): Stromgestehungskosten Erneuerbarer Energien. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme.
- Jacobson, Mark Z. und Mark A. Delucchi (2009): A path to sustainable energy by 2030. *Scientific American* (November): 58–65.
- Mendelevitch, Roman (2014): The role of CO<sub>2</sub>-EOR for the development of a CCTS infrastructure in the North Sea region: A techno-economic model and applications. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 20(January): 132–59.
- Metayer, Matthieu, Christian Breyer und Hans-Josef Fell (2015): The projections for the future and quality in the past of the World Energy Outlook for solar PV and other renewable energy technologies." In: 31<sup>st</sup> European PV Solar Energy Conference and Exhibition, September 14 - 18, 2015, Hamburg, Germany. [https://www.researchgate.net/profile/Christian\\_Breyer/publication/281939932\\_The\\_projections\\_for\\_the\\_future\\_and\\_quality\\_in\\_the\\_past\\_of\\_the\\_World\\_Energy\\_Outlook\\_for\\_solar\\_PV\\_and\\_other\\_renewable\\_energy\\_technologies/links/55ff47d308aeafc8ac8b9a4c.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christian_Breyer/publication/281939932_The_projections_for_the_future_and_quality_in_the_past_of_the_World_Energy_Outlook_for_solar_PV_and_other_renewable_energy_technologies/links/55ff47d308aeafc8ac8b9a4c.pdf).
- Mohn, Klaus (im Erscheinen): The gravity of status quo: A review of IEA's World Energy Outlook. *Economics of Energy & Environmental Policy* 8(2). <https://doi.org/10.5547/2160-5890.8.2.kmoh>.
- Öko-Institut (2015): Klimaschutzszenarien 2050. 2. Endbericht, Berlin, Deutschland.
- Prognos (2017): Status und Persepektiven der europäischen Gasbilanz. Endbericht, Berlin.
- Richter, Philipp M. und Franziska Holz (2015): All quiet on the Eastern front? Disruption scenarios of Russian natural gas supply to Europe. *Energy Policy* 80: 177-89.
- Schröder, Andreas, Maximilian Bracke, Clemens Gerbaulet, Roman Mendelevitch, Marco Islam und Christian von Hirschhausen (2013): Current and prospective costs of electricity generation until 2050. DIW Berlin Data Documentation 68. Berlin, Germany.
- Stern, Jonathan (2017a): Challenges to the future of gas: Unburnable and unaffordable. Paper NG 116. Oxford, UK: Oxford Institute for Energy Studies (OIES).
- Stern, Jonathan (2017b): The future of gas in decarbonising European energy markets: The need for a new approach. Paper NG 116. Oxford, UK: Oxford Institute for Energy Studies (OIES).
- UNFCCC (2015): Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Zerrahn, Alexander und Wolf-Peter Schill (2016): Long-run power storage requirements for high shares of renewables: Review and a new model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79: 1518-1534.



Prof. Dr. Anne Neumann

Berlin, den 15.05.2018