



---

**Dokumentation**

---

**Sicherstellung der Stromversorgung bei Dunkelflauten**

## **Sicherstellung der Stromversorgung bei Dunkelflauten**

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 167/18  
Abschluss der Arbeit: 31. Januar 2019  
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

---

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Zum Phänomen der Dunkelflaute</b>	<b>4</b>
2.1.	Begriff	4
2.2.	Auftreten	5
2.3.	Überbrückung	7
<b>3.</b>	<b>Ausgewählte Studien</b>	<b>11</b>
3.1.	Studie der Energy Brainpool GmbH & Co. KG zur kalten Dunkelflaute	11
3.2.	Leitstudie Integrierte Energiewende der Deutschen Energie- Agentur GmbH	13
3.3.	Projekte „Langfrist- und Klimaszenarien“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie	17
3.4.	Weiterführende Hinweise	18

## 1. Vorbemerkungen

In dem hier zugrunde liegenden Auftrag wird die Frage aufgeworfen, wie die Stromversorgung in Deutschland bei Dunkelflauten sichergestellt werden kann. Konkretisierend wird nach Szenarien gefragt, die sich mit der bei einer vollständigen Umstellung auf erneuerbare Energieträger erforderlichen Speicherkapazität und dem entsprechenden Investitionsvolumen befassen.

Die aus Dunkelflauten resultierenden Herausforderungen sind Bestandteil der kontrovers geführten Diskussion über die Gewährleistung der Versorgungssicherheit bei einer zunehmend auf fluktuierenden erneuerbaren Energieträgern aufbauenden Energieversorgung. Allerdings scheinen die von Dunkelflauten ausgehenden Beeinträchtigungen der künftigen Sicherheit der Stromversorgung bisher kaum Gegenstand eigenständiger Untersuchungen gewesen zu sein. Insbesondere konnten im Rahmen der Recherchen keine Studien ermittelt werden, die die im Auftrag aufgeworfenen konkretisierenden Fragen beantworten würden.

Die nachfolgende Dokumentation setzt sich aus zwei Abschnitten zusammen. Zunächst wird in das Phänomen der Dunkelflaute eingeführt. Anschließend werden exemplarisch einige Veröffentlichungen vorgestellt, die sich (u. a.) mit der künftigen Sicherstellung der Stromversorgung in Deutschland in Phasen von Dunkelflauten befassen.

Die im Text angegebenen Internet-Adressen wurden jeweils am 31. Januar 2019 zuletzt aufgerufen.

## 2. Zum Phänomen der Dunkelflaute

### 2.1. Begriff

Der Begriff „Dunkelflaute“ setzt sich aus der ersten Silbe des Wortes Dunkelheit und der zweiten Silbe des Wortes Windflaute zusammen. Er charakterisiert eine Situation, in der eine Windflaute (bzw. Schwachwind) zusammen mit wetter- oder jahreszeitlich bedingter Dunkelheit auftritt und somit das Dargebot von Wind- und Solarenergie nur gering ausfällt oder zum Erliegen kommt. Diese kann sich je nach Wetterlage und Jahreszeit über diverse Tage erstrecken. Fällt eine Dunkelflaute in die Wintermonate, wird auch von einer „kalten Dunkelflaute“ gesprochen.<sup>1</sup> Hierzu heißt es in einer Studie der Denkfabrik Energy Brainpool GmbH & Co. KG: „Tritt eine Dunkel-

---

1 Vgl. Next Kraftwerke GmbH (2018). Was ist die Dunkelflaute? Köln. S. 1. Link: [www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/dunkelflaute](http://www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/dunkelflaute) ; energie-experten.org (2018). Was ist eine Dunkelflaute? Hamburg. S. 1. Link: [www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/energiespeicher/dunkelflaute.html](http://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/energiespeicher/dunkelflaute.html) .

flaute im Winter auf, trifft ein längerfristig geringes Dargebot erneuerbarer Energien auf eine witterungsbedingt besonders hohe Nachfrage nach Energie. Diese Situation wird als ‚kalte Dunkelflaute‘ bezeichnet.“<sup>2</sup>

Nach Angaben des Energiedienstleistungsunternehmens Next Kraftwerke GmbH liegt bisher keine klare qualitative und quantitative Abgrenzung des Begriffs Dunkelflaute vor, obgleich die öffentliche Energiedebatte den Begriff der Dunkelflaute mit großer Selbstverständlichkeit verwende. Ab welchem Zeitraum und in welcher Größenordnung eine Lücke in der Versorgung aus Wind- und Sonnenstrom bestehen müsse, um von einer „Dunkelflaute“ zu sprechen, sei nicht festgelegt.<sup>3</sup>

## 2.2. Auftreten

Kalte Dunkelflauten sind in Deutschland bereits wiederholt aufgetreten.<sup>4</sup> Häufig wird in diesem Zusammenhang an die Situation in der zweiten Januarhälfte des Jahres 2017 erinnert.<sup>5</sup> Sie ist u. a. vom Berliner Thinktank Agora Energiewende in einem Rückblick auf das Jahr 2017 näher analysiert worden.<sup>6</sup> Hierin führt er aus:

„Eine der zentralen Herausforderungen für das Stromsystem ist die Gewährleistung von Versorgungssicherheit in Zeiten sehr geringer Einspeisung aus Erneuerbaren Energien. Dies gilt insbesondere in den frühen Abendstunden im Winter, wenn sowohl die Nachfrage nach Strom als auch nach Wärme ihren Tageshöchstpunkt erreicht („kalte Dunkelflaute“).

Eine solche Situation ergab sich in den letzten beiden Januarwochen 2017 zwischen dem

- 
- 2 Energy Brainpool GmbH & Co. KG (2017). Kalte Dunkelflaute: Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter. Studie im Auftrag der Greenpeace Energy eG. Autoren: Huneke, Fabian/Linkenheil, Carlos Perez/Niggemeier, Marie-Louise. Berlin. 12.05.2017. S. 4. Links: [www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/Studie\\_2017-06-26\\_GPE\\_Studie\\_Kalte-Dunkelflaute\\_Energy-Brainpool.pdf](http://www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/Studie_2017-06-26_GPE_Studie_Kalte-Dunkelflaute_Energy-Brainpool.pdf) ; [www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/pressematerial/170629\\_GPE\\_Studie\\_Kalte-Dunkelflaute\\_Energy-Brainpool.pdf](http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/pressematerial/170629_GPE_Studie_Kalte-Dunkelflaute_Energy-Brainpool.pdf) .
  - 3 Vgl. Next Kraftwerke GmbH (2018). Was ist die Dunkelflaute? Köln. S. 1. Link: [www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/dunkelflaute](http://www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/dunkelflaute) .
  - 4 Vgl. u. a. Energy Brainpool GmbH & Co. KG (2017). Kalte Dunkelflaute: Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter. Studie im Auftrag der Greenpeace Energy eG. A. a. O. S. 4.
  - 5 Vgl. u. a. Next Kraftwerke GmbH (2018). Was ist die Dunkelflaute? Köln. S. 2. Link: [www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/dunkelflaute](http://www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/dunkelflaute) ; Energiezukunft (ez) (2017). Die Angst vor der Dunkelflaute. Beitrag vom 09.02.2017. S. 1 f. Link: [www.energiezukunft.eu/wirtschaft/die-angst-vor-der-dunkelflaute/](http://www.energiezukunft.eu/wirtschaft/die-angst-vor-der-dunkelflaute/) .
  - 6 Vgl. Agora Energiewende (2018): Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2017. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2018. Berlin. S. 51 – 53. Abschnitt 9.1: „Kalte Dunkelflaute“ vom 16. bis 25. Januar 2017. Link: [www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Jahresauswertung\\_2017/Agora\\_Jahresauswertung-2017.pdf](http://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Jahresauswertung_2017/Agora_Jahresauswertung-2017.pdf) . Zur Situation der Versorgungssicherheit während der kalten Dunkelflaute im Januar 2017 vgl. auch folgenden kritischen Beitrag: VERNUNFTKRAFT – Bürgerinitiative für vernünftige Energiepolitik. Januar 2017. „Energiewende“ trifft frostige Wirklichkeit. Links: [www.vernunftkraft.de/kaltflaute/](http://www.vernunftkraft.de/kaltflaute/) ; [www.vernunftkraft.de/de/wp-content/uploads/2017/02/Energiewende-trifft-frostige-Wirklichkeit-1.pdf](http://www.vernunftkraft.de/de/wp-content/uploads/2017/02/Energiewende-trifft-frostige-Wirklichkeit-1.pdf) .

16. und dem 25. Januar: Für einen Zeitraum von zehn Tagen lag die maximal ins Netz eingespeiste Leistung aus Erneuerbaren-Energien jeweils um 19 Uhr lediglich zwischen 7,9 und 13,7 Gigawatt, wobei der Großteil hiervon von Wasserkraft- und Biomassekraftwerken bereitgestellt wurde. Gleichzeitig betrug die nachgefragte Gesamtleistung von Industrie, Gewerbe und Haushalten zu diesen Zeitpunkten zwischen 72,8 und 76,0 Gigawatt ( ... ).“<sup>7</sup>

Weiterhin teilt Agora Energiewende mit, dass die Stromeinspeisung um jeweils 19 Uhr in diesem Zeitraum überwiegend durch konventionelle Kraftwerke gedeckt worden sei. Eine Gefahr für die Versorgungssicherheit habe nicht bestanden.<sup>8</sup>

Darüber hinaus gibt Agora Energiewende im Rückblick auf das Jahr 2018 Folgendes zu bedenken: Im Jahr 2018 sei zwar keine längere kalte Dunkelflaute aufgetreten, allerdings habe es von Mitte Februar bis Anfang März eine Periode mit Temperaturen von bis zu minus 20 Grad Celsius gegeben, in die auch eine ca. sechstägige Phase gefallen sei, in der nur in geringem Umfang Strom aus Erneuerbaren Energien in das Netz eingespeist worden sei (17. bis 23. Februar). So hätten am 19. Februar 2018 in der Zeit von 17 bis 19 Uhr Erneuerbare Energien nur zu 11 Prozent zur Deckung des inländischen Strombedarfs in Höhe von 77,1 beziehungsweise 78,9 Gigawatt beigetragen; sie seien zu knapp 70 Prozent durch Biomasse- und Wasserkraftanlagen bereitgestellt worden. Der weit überwiegende Teil des Strombedarfs sei dagegen durch Strom aus konventionellen Kraftwerken, vor allem aus Erdgas- und Braunkohlenkraftwerken, gedeckt worden. Ähnliche Verhältnisse seien auch im Oktober aufgetreten. Dennoch habe in diesen Tagen für Deutschland zu keiner Zeit eine kritische Engpasssituation bestanden.<sup>9</sup>

Auch der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat die wetterbedingten Risiken einer Stromproduktion aus erneuerbaren Energien untersucht. Er teilt hierzu in einer Pressemitteilung vom 6. März 2018 u. a. mit:

„Exemplarisch hat der DWD ausgewertet, wie oft in der Vergangenheit über einen Zeitraum von 48 Stunden in bestimmten Gebieten die mittlere Energieproduktion aus Wind und Sonne unter zehn Prozent der Nennleistung blieb. ( ... ). Zugrunde gelegt wurden Leistungsmerkmale heutiger Windkraftwerke und Photovoltaikanlagen. Bei Windkraftanlagen auf dem deutschen Festland trat dieser Fall im Mittel etwa 23 Mal im Jahr auf. Werden auch Offshore-Windkraftanlagen in den ausschließlichen Wirtschaftszonen Deutschlands in Nord- und Ostsee hinzugenommen, muss die Energiewirtschaft mit 13 Fällen pro Jahr rechnen. ( ... ). Die Kombination von Windkraft auf Land und See mit Photovoltaik ergab ( ... ) im Mittel für Deutschland noch

---

7 Agora Energiewende (2018): Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2017. A. a. O. S. 51.

8 Vgl. Agora Energiewende (2018): Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2017. A. a. O. S. 52.

9 Vgl. Agora Energiewende (2019): Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2018. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2019. Berlin, Januar 2019. S. 61. Link: [www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Jahresauswertung\\_2018/125\\_Agora-JAW-2018\\_WEB.pdf](http://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Jahresauswertung_2018/125_Agora-JAW-2018_WEB.pdf).

2 Fälle. Bei einer europaweiten Betrachtung trat der Musterfall schließlich nur noch 0,2 Mal im Jahr auf.“<sup>10</sup>

Der DWD fährt fort, die Verwendung anderer Schwellenwerte bei den Erträgen oder Zeitperioden führe zu ähnlichen Ergebnissen. Anschließend gibt er jedoch zu bedenken, dass sich Wind und Sonne im Durchschnitt zwar gut ergänzen, in Deutschland jedoch trotzdem Situationen auftreten könnten, in denen beide Energieformen gleichzeitig nur wenig Strom einspeisen würden. Ein weiterer Ausbau erneuerbarer Energien erfordere deshalb zugleich Strategien zur Gewährleistung der Netzstabilität, zum Beispiel durch Reservekraftwerke, Speicher oder einen großräumigen Stromaustausch.<sup>11</sup>

### 2.3. Überbrückung

Wie in den vorangehenden Ausführungen anklingt, werden zur Überbrückung künftiger Stromengpässe infolge von Dunkelflauten verschiedene Lösungsansätze diskutiert, hierunter der Einsatz von

- flexibel nutzbaren konventionellen Kraftwerkskapazitäten (insbesondere von Gaskraftwerken),
- Maßnahmen des Last- bzw. Demand Side Managements,
- Stromspeichern (insbesondere von längerfristig nutzbaren Speichern wie großen Pumpspeichieranlagen sowie Speichern auf der Grundlage von Power-to-Gas-Technologien),
- Stromimporten im Rahmen des europäischen Stromverbundes.

In diesem Zusammenhang wird auf einen Beitrag des Fachportals energie-experten.org zur Frage „Was ist eine Dunkelflaute?“ aufmerksam gemacht, in dem sich u. a. folgende Aussagen finden:

„Um Dunkelflauten in der deutschen und europäischen Stromversorgung zu überbrücken, können einerseits flexible Erzeugungsanlagen wie Gaskraftwerke (zum Beispiel mit Bio- oder Erdgas) eingesetzt werden.

Eine weitere Möglichkeit sind Speichersysteme. Um mit Speichern einen effizienten Ausgleich zwischen Stromangebot und -nachfrage zu erzielen, bedarf es kurzfristiger Flexibilitätsoptionen wie Batteriespeicher, mittelfristiger Flexibilitätsoptionen wie Pumpspeicher und Langzeitspeichersysteme wie mit Elektrolysegas aus erneuerbaren Energien und Biogas gefüllte Gasspeicher. Grundsätzlich gilt: Je mehr Flexibilitätsoptionen zur Verfügung stehen und je geringer die Klimaschutzanforderungen sind, desto weniger Langzeitspeicher müssen eingesetzt werden.

Zudem muss die Stromnachfrage durch ein verbessertes Demand Side Management stärker gesteuert werden können, um die Stromnachfrage zu flexibilisieren. Indem der Stromverbrauch teilweise zeitlich verlagert wird, kann Demand Side Management bei höheren Anteilen

---

10 Deutscher Wetterdienst (2018). Pressemitteilung. Klima-Presskonferenz 2018 des Deutschen Wetterdienstes. Wetterbedingte Risiken der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien durch kombinierten Einsatz aus Windkraft und Photovoltaik reduzieren. Berlin. 6. März 2018. S. 1. Link: [www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2018/PK\\_06\\_03\\_2018/pressemitteilung\\_20180306.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](http://www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2018/PK_06_03_2018/pressemitteilung_20180306.pdf?__blob=publicationFile&v=4) .

11 Vgl. Deutscher Wetterdienst (2018). Pressemitteilung. A. a. O. S. 1.

schwankender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zur Flexibilisierung des Stromsystems beitragen. Neben großen und energieintensiven Unternehmen werden zunehmend auch Haushalte mit Photovoltaik-Batteriesystemen, elektrischen Heiz- und Warmwassersystemen in Verbindung mit thermischen Speichern sowie Elektrofahrzeugen zum Demand Side Management herangezogen, um Dunkelflauten abzufedern bzw. zu vermeiden.<sup>12</sup>

Darüber hinaus wird in dem Beitrag darauf hingewiesen, dass bei länderübergreifenden Dunkelflauten die Anrainerstaaten oft mit dem gleichen Problem der Stromknappheit wie Deutschland konfrontiert seien. Insofern spielen neben der zeitlichen auch die räumliche Dimension einer Dunkelflaute eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Sicherstellung der Stromversorgung.<sup>13</sup>

In Presseveröffentlichungen werden ebenfalls Bedenken geäußert, sich zur Überbrückung kalter Dunkelflauten in Deutschland auf Stromimporte aus dem europäischen Ausland zu verlassen. So verweist beispielsweise der stellvertretende Büroleiter des Handelsblatts in Berlin, Klaus Stratmann, in einem Beitrag in der Ausgabe des Handelsblatts vom 2. Januar 2019 auf ähnliche wetterbedingte Anspannungen in der Stromversorgung der Nachbarstaaten und konstatiert, dass fossile Energieträger auch künftig für die Gewährleistung einer verlässlichen Stromversorgung in Deutschland unverzichtbar seien. Er merkt kritisch an:

„Das Jahr 2018 war also wieder ein voller Erfolg für die Betreiber von Anlagen zur Stromerzeugung mittels Wind, Sonne, Wasser und Biogas. Doch der Schein trügt. Ein Blick auf die Erzeugungsdaten des Monats Dezember 2018 verdeutlicht das. Die Sonnenstromproduktion war in der eher trüben Vorweihnachtszeit über weite Strecken kaum relevant. Mitte Dezember gab es zudem einige Tage mit sehr geringer Windstromerzeugung. Ohne Kohle, Gas und auch Atomkraft wäre die Stromversorgung zusammengebrochen. Hilfe aus dem Ausland wäre nur sehr eingeschränkt möglich gewesen. Denn in den Nachbarstaaten war Strom über weite Strecken knapp. Europäische Solidarität endet immer dann, wenn die Gefahr besteht, dass im eigenen Land die Lichter ausgehen.

Wenn die jährliche Energiebilanz für die Erneuerbaren von Jahr zu Jahr positiver ausfällt, so fußt diese Feier auf einer sehr einseitigen Betrachtung der reinen Produktionsmengen. Über den Beitrag der Erneuerbaren zu einer verlässlichen Stromversorgung ist damit wenig gesagt. Man mag sich eine schönere Welt wünschen, aber ohne fossile Kraftwerke als Back-up-Lösung geht es nicht. Nur sie können dafür sorgen, dass zu jeder Sekunde eines Jahres ausreichend Strom erzeugt wird.

Das wird sich auch dann nicht nennenswert ändern, wenn die Bundesregierung ihr Ziel erreichen sollte, den Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung bis 2030 auf 65 Prozent zu steigern. Fallen Windflaute und schwache Solarstrom-Ausbeute zusammen, müssen die Fossilien in die Bresche springen - und sei die Jahresbilanz der Erneuerbaren auch noch so positiv.

Es zeichnet sich keine brauchbare Lösung für dieses Problem ab. Wer Deutschland über eine Dunkelflaute - also eine Phase ohne nennenswerte Wind- und Sonnenstromproduktion - retten

---

12 energie-experten.org (2018). Was ist eine Dunkelflaute? S. 3. Link: [www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/energiespeicher/dunkelflaute.html](http://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/energiespeicher/dunkelflaute.html) .

13 Vgl. energie-experten.org (2018). Was ist eine Dunkelflaute? A. a. O. S. 1.



will, ist auf fossile Kraftwerke angewiesen. Solche Phasen gibt es immer wieder, und sie können gut und gerne zwei Wochen andauern. Kostengünstige Stromspeicher, mit denen man in großem Stil Strom aus wind- und sonnenreichen Tagen auffangen könnte, sind nicht in Sicht. (...).“<sup>14</sup>

Vor dem Hintergrund einer Untersuchung zur Verfügbarkeit ausländischer Kraftwerkskapazitäten für die Stromversorgung in Deutschland<sup>15</sup> warnt darüber hinaus der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. davor, sich in Deutschland darauf zu verlassen, künftig Phasen kalter Dunkelflauten durch Stromimporte aus den europäischen Nachbarstaaten überbrücken zu können. Unter teilweise wörtlicher Bezugnahme auf Ausführungen des Vorsitzenden der BDEW-Hauptgeschäftsführung, Stefan Kapferer, teilt der Verband in einer Presseinformation zu der Untersuchung mit, dass fast überall in Europa gesicherte Stromerzeugungskapazitäten vom Netz genommen werden sollen. Dies sei keine zufällige Entwicklung, sondern eine logische: Alle EU-Staaten strebten – richtigerweise – den Ausbau der Erneuerbaren Energien an. In der Folge seien auch die Nachbarn Deutschlands in Europa dabei, ihre konventionellen, sicheren Kapazitäten zu reduzieren.

Die Zeiten, in denen sehr viel Strom nachgefragt werde, seien in Mitteleuropa nahezu deckungsgleich. Sei die Stromnachfrage in Deutschland hoch, sei dies in der Regel auch in den angrenzenden Staaten der Fall. Ein besonders kalter Winter mache nicht an einer deutschen Grenze halt. Und die stromintensiven Werkstage seien in Europa auch identisch. Wir könnten uns in solchen Phasen nicht darauf verlassen, aus diesen Ländern Strom in nennenswertem Umfang importieren zu können. Leider funktioniere auch die Idee nicht, die Versorgungssicherheit in Deutschland mit dem Import von mehr Erneuerbaren-Strom aus dem EU-Ausland abzusichern. Die für Wind

---

14 Deutscher Bundestag – Pressedokumentation (2019). Stratmann, Klaus. Erneuerbare Energien. Trügerische Bilanz. Der Strom aus erneuerbaren Quellen wird immer wichtiger, aber nicht immer verlässlicher, kritisiert Klaus Stratmann. In: Handelsblatt. 02.01.2019. S. 13.

Vgl. auch:

Deutscher Bundestag – Pressedokumentation (2018). Stratmann, Klaus. Der Zwist um den Ausstieg aus der Kohle. Aktuelle Zahlen belegen, dass der Anteil von Strom aus Kohlekraftwerken rapide sinkt. Aus Sicht der Branche schmälert das den Handlungsdruck. Doch Klimaschützer wollen das nicht gelten lassen. Peter Altmaier muss sich entscheiden. In: Handelsblatt. 18.04.2018. S. 6;

Deutscher Bundestag – Pressedokumentation (2018). Wetzel, Daniel (2018). Der Strom geht aus. Deutschland rechnet mit der Hilfe der Nachbarländer. Das wird nicht funktionieren. In: Die Welt. 23.08.2018. S. 12;

Deutscher Bundestag – Pressedokumentation (2018). Meier, Jürg/Ziegert, Susanne. Alarm in der Stromversorgung. Der deutsche Branchenverband warnt vor einem Kraftwerksterben, das auch der Schweiz Probleme bereiten könnte. Das Bundesamt für Energie widerspricht. NZZ am Sonntag. 06.05.2018. S. 34.

15 Vgl. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2018). Fakten und Argumente. Verfügbarkeit ausländischer Kraftwerkskapazitäten für die Versorgung in Deutschland. Berlin. 16. August 2018. Link: [www.bdew.de/media/documents/Awh\\_20180816\\_Verfuegbarkeit-auslaendischer-Kraftwerkskapazitaeten.pdf](http://www.bdew.de/media/documents/Awh_20180816_Verfuegbarkeit-auslaendischer-Kraftwerkskapazitaeten.pdf).

und Photovoltaik entscheidenden Großwetterlagen führten in Zentraleuropa zu einer mehr oder weniger deutlichen Gleichzeitigkeit von Erzeugungsmangel oder Überflusssituationen.<sup>16</sup>

Abschließend stellt der Verband im Fazit der Presseinformation fest: „Es wäre zu riskant, wenn sich Deutschland zum Beispiel in einer Winter-Dunkelflaute auf Stromimporte verlassen würde. Wir werden in Deutschland neue Erzeugungskapazitäten auf Basis von Gas brauchen. Die Bedingungen für Energiespeicher und Kraft-Wärme-Kopplung müssen sich verbessern sowie alle Optionen zur Nachfrageflexibilisierung ergriffen werden. Der Netzausbau muss deutlich beschleunigt werden.“<sup>17</sup>

Eine besondere Bedeutung im Hinblick auf die Überbrückung kalter Dunkelflauten misst der BDEW regenerativ erzeugtem Gas zu. In einer gemeinsam mit dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) herausgegebenen Untersuchung wird hierzu unter Verweis auf die eingangs erwähnte Studie der Energy Brainpool GmbH & Co. KG<sup>18</sup> festgestellt:

„Bei einem überwiegend auf Erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem können Dargebotsengpässe im europäischen Strommarkt durch eine sogenannte Dunkelflaute auftreten. Im Fall einer Dunkelflaute ist nahezu keine Erzeugung aus Photovoltaik und Windenergie möglich. Erneuerbares Gas ist absehbar eine wichtige Möglichkeit, um genügend Energie zu speichern und in solchen Situationen Versorgungssicherheit gewährleisten zu können.“<sup>19</sup>

- 
- 16 Vgl. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2018). Presseinformation. BDEW-Analyse zur Entwicklung der konventionellen Kraftwerke in Europa: Kraftwerks-Kapazitäten in der Europäischen Union schmelzen dahin. Berlin. 22.08.2018. S. 2 f. Link: [www.bdew.de/presse/presseinformationen/kraftwerks-kapazitaeten-der-europaeischen-union-schmelzen-dahin](http://www.bdew.de/presse/presseinformationen/kraftwerks-kapazitaeten-der-europaeischen-union-schmelzen-dahin) .  
Vgl. auch BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2018). Klimaschutz und Versorgungssicherheit sind gleich wichtig. Um die Klimaschutzziele 2020 und 2030 zu erreichen, darf die Versorgungssicherheit nicht gefährdet werden. Berlin. Link: [www.bdew.de/energie/energiewende-wir-machen-tempo/klimaschutz-und-versorgungssicherheit-sind-gleich-wichtig](http://www.bdew.de/energie/energiewende-wir-machen-tempo/klimaschutz-und-versorgungssicherheit-sind-gleich-wichtig) .
- 17 BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2018). Presseinformation. BDEW-Analyse zur Entwicklung der konventionellen Kraftwerke in Europa: Kraftwerks-Kapazitäten in der Europäischen Union schmelzen dahin. A. a. O. S. 3.
- 18 Vgl. S. 5, Fußnote 2 dieser Dokumentation.
- 19 BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V./DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hrsg.) (2018). Infrastrukturen verbinden. Die Bedeutung der Gasinfrastruktur und von Power-to-Gas für die Energiewende Botschaften und Forderungen von BDEW und DVGW zur infrastrukturellen Kopplung des Strom- und Gasnetzes. Berlin/Bonn. Stand: November 2018. S. 8. Link: [www.bdew.de/media/documents/BDEW\\_DVGW\\_Positionspapier\\_Infrastrukturen\\_verbinden\\_2018.pdf](http://www.bdew.de/media/documents/BDEW_DVGW_Positionspapier_Infrastrukturen_verbinden_2018.pdf) .  
Vgl. auch BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V./DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (2018). Potenziale von Gas für die Sektorkopplung nutzen. Gemeinsame Pressemitteilung vom 01.02.2018. Berlin. Link: [www.bdew.de/presse/presseinformationen/potenziale-von-gas-fuer-die-sektorkopplung-nutzen](http://www.bdew.de/presse/presseinformationen/potenziale-von-gas-fuer-die-sektorkopplung-nutzen) .

### 3. Ausgewählte Studien

#### 3.1. Studie der Energy Brainpool GmbH & Co. KG zur kalten Dunkelflaute

Wie bereits erwähnt, hat die Denkfabrik Energy Brainpool GmbH & Co. KG im Auftrag der Greenpeace Energy eG im Jahr 2017 eine Studie zu den Herausforderungen einer kalten Dunkelflaute für die Sicherheit der Stromversorgung vorgelegt.

Energy Brainpool GmbH & Co. KG (2017). Kalte Dunkelflaute: Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter. Studie im Auftrag der Greenpeace Energy eG. Autoren: Huneke, Fabian/Linkenheil, Carlos Perez/Niggemeier, Marie-Louise. Berlin. 12.05.2017. Links:  
[www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/Studie\\_2017-06-26\\_GPE\\_Studie\\_Kalte-Dunkelflaute\\_Energy-Brainpool.pdf](http://www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/Studie_2017-06-26_GPE_Studie_Kalte-Dunkelflaute_Energy-Brainpool.pdf) ;  
[www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/pressematerial/170629\\_GPE\\_Studie\\_Kalte-Dunkelflaute\\_Energy-Brainpool.pdf](http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/pressematerial/170629_GPE_Studie_Kalte-Dunkelflaute_Energy-Brainpool.pdf) .

In der Studie wird einleitend darauf hingewiesen, dass zunächst untersucht werde, wie oft, wie lange und mit welchen regionalen Unterschieden kalte Dunkelflauten auftreten. Anschließend würden das Konzept „Strom 2030“ der Bundesregierung sowie ein Stromsystem, das nicht mehr auf fossile Erzeugungskapazitäten aus Kohle und Erdgas zurückgreife, in den Blick genommen. Wörtlich führt die Studie hierzu aus:

„Wie oft, wie lange und mit welchen regionalen Unterschieden solche „kalten Dunkelflauten“ auftreten, soll in dieser Studie untersucht werden. Die daraus resultierende Herausforderung ist auf verschiedene Art und Weise lösbar: Das Konzept „Strom 2030“<sup>(...)</sup> der Bundesregierung setzt auf Stromimporte, die die Versorgungssicherheit absichern sollen. Über eine Fundamentalanalyse untersucht die Studie, wie der Erzeugungs- und Importmix während einer kalten Dunkelflaute in einem solchen Stromsystem aussehen würde und welchen Effekt ein Ausstieg aus der Braunkohleverstromung hätte.

Diese Studie betrachtet darüber hinaus auch ein Stromsystem, das gar nicht mehr auf fossile Erzeugungskapazitäten aus Kohle und Erdgas zurückgreift. Als technische Lösung für die kalte Dunkelflaute stehen langfristige Flexibilitätsoptionen bereit. Insbesondere Gasspeicher können synthetisches Methan – und bis zu einem gewissen Maße auch erneuerbaren Wasserstoff direkt – über lange Zeiträume speichern. Die Studie untersucht, wie ein Stromsystem aufgebaut sein kann, das – eingebettet in den europäischen Strommarkt – sich selbst in kritischen Wettersituationen nur aus erneuerbaren Energien speist und was Strom in einem solchen System mit den notwendigen Flexibilitätsoptionen aus heutiger Sicht kostet.“<sup>20</sup>

Abschließend gelangt die Studie zu folgendem Fazit:

„Die vorliegende Untersuchung der „kalten Dunkelflaute“ gibt Aufschluss über die zeitliche und geografische Dimension dieses Phänomens. Sie zeigt weiterhin, wie Stromsysteme mit ho-

---

20 Energy Brainpool GmbH & Co. KG (2017). Kalte Dunkelflaute: Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter. Studie im Auftrag der Greenpeace Energy eG. A. a. O. S. 3. An der Stelle des Auslassungszeichens ( ... ) wird im Originaltext auf eine Fußnote mit der Fundstelle verwiesen.

hen Anteilen erneuerbarer Energien einen langen Zeitraum mit hoher Residuallast versorgungssicher überdauern können. Bei der Analyse der Wetterjahre 2006 bis 2016 stellten sich die 14 Tage vom 23. Januar bis 6. Februar des Wetterjahres 2006 als Extremfall einer kalten Dunkelflaute heraus. Weiterhin zeigte sich in jedem zweiten Jahr mindestens eine zweiwöchige Phase mit einer ähnlich angespannten Situation. Die genauere Analyse des Wetterjahres 2006 zeigte, dass selbst bei Annahme einer (theoretischen) Flexibilitätstechnologie, die einen perfekten Ausgleich der Einspeisung von Wind- und Solarstrom über eine ganze Woche ermöglicht, in 362 Stunden eines Jahres dennoch weniger als die Hälfte der durchschnittlichen Wind- und Solareinspeisung zur Verfügung stünde. Neben der zeitlichen spielt ebenso die geografische Dimension eine entscheidende Rolle: Die Analyse der Wetterdaten der genannten zweiwöchigen kalten Dunkelflaute zeigte, dass ein europäischer Ausgleichseffekt über die mit Grenzkuppelkapazitäten verbundenen Stromsysteme bei stabiler und homogener Großwetterlage nur sehr bedingt existiert.

Darüber hinaus wurde ermittelt, von welcher Erzeugungstechnologie und aus welchem Nachbarland die Stromimporte während der kalten Dunkelflaute kommen, die die Versorgungssicherheit gemäß eines dem „Strom 2030“-Diskussionsprozess folgenden Szenarios absichern. Erdgas-, Wasser- und Kernkraftwerke und Strom aus den Niederlanden, Frankreich und Österreich sind dominierend. Bei einem zusätzlich angenommenen Ausstieg aus der Braunkohleverstromung reichen die berücksichtigten Zubauten an Grenzkuppelkapazitäten nicht aus, um die Versorgungssicherheit während der kalten Dunkelflaute zu gewährleisten. Dazu werden langfristige Flexibilitätsoptionen benötigt.

Eine besondere Herausforderung ist, eine Lösung für die Versorgungssicherheit in diesen unterschiedlich intensiven, jedoch regelmäßig eintretenden kalten Dunkelflauten zu finden, mit der die Klimaziele der Bundesregierung tatsächlich erreicht werden können. Im letzten Teil der Studie wird ein gleichzeitig robustes wie auch nachhaltiges Stromsystem entworfen, das über Elektrolysegas aus erneuerbaren Energien und Biogas die verfügbaren Gasspeicher füllt, um in Zeiten der kalten Dunkelflaute Versorgungssicherheit mit klimaneutralen Gaskraftwerken zu gewährleisten. Elektrolyseure haben bei einer Kapazität von 42,7 GW 2478 Volllaststunden und verursachen 2 Prozent der Gesamtkosten des Systems. Sie verbrauchen 106 TWh Strom, um das erneuerbare Speichergas zu produzieren. Die Gaskraftwerke zur Absicherung der Versorgungssicherheit tragen 10 Prozent zu den Gesamtkosten bei. Die mittleren Stromkosten für ein solches System betragen unter Annahme einer weiterhin starken Kostendegression erneuerbarer Energien aus heutiger Sicht 5,7 ct/kWh (ohne Transport/Verteilung und Besteuerung).

Ein solches Stromsystem zeigt beispielhaft, dass auch klimaneutrale Technologien Versorgungssicherheit während einer kalten Dunkelflaute zu adäquaten Kosten gewährleisten können.“<sup>21</sup>

Zu der Studie hat Energy Brainpool folgende Pressemitteilung veröffentlicht:

Energy Brainpool GmbH & Co. KG (2017). Pressemitteilung der Energy Brainpool GmbH & Co. KG vom 29. Juni 2017. Greenpeace Energy und Energy Brainpool veröffentlichen Studie über die kalte Dunkelflaute. Neue Studie zeigt Lösung für wetterbedingte Versorgungsengpässe im

---

21 Energy Brainpool GmbH & Co. KG (2017). Kalte Dunkelflaute: Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter. Studie im Auftrag der Greenpeace Energy eG. A. a. O. S. 27 f.

---

Stromsystem. Hamburg/Berlin, 29. Juni 2017. Link: [blog.energybrainpool.com/wp-content/uploads/2017/06/2017-06-29\\_Energy-Brainpool\\_PM\\_Dunkelflautenstudie.pdf](http://blog.energybrainpool.com/wp-content/uploads/2017/06/2017-06-29_Energy-Brainpool_PM_Dunkelflautenstudie.pdf) .

Einen zusammenfassenden Einblick in Hintergründe und Ergebnisse der Untersuchungen von Energy Brainpool vermittelt darüber hinaus die nachfolgend aufgeführte Zusammenstellung von Abbildungen zur Studie:

Energy Brainpool (2017). Kalte Dunkelflaute. Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter. Fabian Huneke. Für das Strommarkttreffen. Berlin, 17. November 2017. Link: [www.strommarkttreffen.org/2017-11\\_Huneke\\_Kalte\\_Dunkelflaute.pdf](http://www.strommarkttreffen.org/2017-11_Huneke_Kalte_Dunkelflaute.pdf) .

### 3.2. Leitstudie Integrierte Energiewende der Deutschen Energie-Agentur GmbH

Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) hat im Jahr 2018 unter der Überschrift „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende“ eine Studie veröffentlicht, in der vor dem Hintergrund der Zielsetzung der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2050 im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95 Prozent zu senken, anhand von einem Referenzszenario und vier alternativen Zielszenarien Transformationspfade zur Fortentwicklung des Energiesystems Deutschlands bis zum Jahr 2050 untersucht werden. Die Studie erschließt sich über eine Übersichtsseite zu dieser Leitstudie, die unter dem Link [www.dena.de/de/integrierte-energiewende/](http://www.dena.de/de/integrierte-energiewende/) im Internet aufgerufen werden kann. Sie besteht aus zwei Teilen, dem Teil A mit einem Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen der dena sowie dem Teil B, einem Gutachterbericht, den die ewi Energy Research & Scenarios gGmbH im Auftrag der dena erstellt hat.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena). Teil B: Gutachterbericht (ewi Energy Research & Scenarios gGmbH). Berlin. Stand: 07/2018. Link: [www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261\\_dena-Leitstudie\\_Integrierte\\_Energiewende\\_lang.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf) .<sup>22</sup>

Zu dieser Studie hat die dena mit Datum vom 04. Juni 2018 vorab eine Pressemitteilung herausgegeben, die unter dem Link [www.dena.de/newsroom/meldungen/dena-leitstudie-integrierte-energiewende-deutschland-braucht-klares-klimaziel-2050/](http://www.dena.de/newsroom/meldungen/dena-leitstudie-integrierte-energiewende-deutschland-braucht-klares-klimaziel-2050/) im Internet aufgerufen werden kann.

Ausweislich der einleitenden Anmerkungen in Teil A verfolgt die Studie einen innovativen, sektorübergreifenden Szenarioansatz. Zugleich baue sie auf dem Branchenwissen von über 60 Studienpartnern aus allen relevanten Sektoren und dem kontinuierlichen Austausch mit wesentlichen Akteuren aus Politik, Gesellschaft und Wissenschaft auf. Ziel sei es, die energiewirtschaftlichen

---

22 Der Ergebnisbericht und die Handlungsempfehlungen der dena-Leitstudie Integrierte Energiewende können unter dem Link [www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9262\\_dena-Leitstudie\\_Integrierte\\_Energiewende\\_Ergebnisbericht.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9262_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_Ergebnisbericht.pdf) auch separat im Internet aufgerufen werden.

Analysen durch Einschätzungen zu Umsetzungs Herausforderungen und gesellschaftlichen Fragestellungen zu überprüfen und zu ergänzen.<sup>23</sup>

Nähere Angaben zum Referenzszenario sowie zu den vier Zielszenarien, jeweils einem „Elektrifizierungsszenario“ und einem „Technologiemixszenario“ für eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen um 80 % oder 95 % gegenüber dem Jahr 1990 bis zum Jahr 2050, finden sich in Kapitel 2 des Teils B der Studie.<sup>24</sup> Demnach geht das Referenzszenario (RF) im Grundsatz von einer Fortschreibung historischer und aktueller Politik- und Technologieentwicklungen in den Endenergieverbrauchssektoren aus und dient dem Vergleich mit den Entwicklungen, die durch die übrigen Szenarien aufgezeigt werden.<sup>25</sup>

Dagegen unterstellen die Elektrifizierungsszenarien (EL80 und EL95) eine weitgehende Elektrifizierung der Endenergieverbrauchssektoren Gebäude, Industrie und Verkehr bis zum Jahr 2050, während die Technologiemixszenarien (TM80 und TM95) von einer breiten Variation der eingesetzten Technologien und Energieträger in den Endenergieverbrauchssektoren Gebäude, Industrie und Verkehr bis zum Jahr 2050 ausgehen.<sup>26</sup>

Im Rahmen der Studie werden auch Herausforderungen thematisiert, die sich für eine im hohen Maße auf erneuerbaren Energieträgern beruhende Stromversorgung in Phasen kalter Dunkelflauten ergeben können. Im Teil A geschieht dies in Abschnitt 2.6. Er steht unter der Überschrift „Wie lassen sich Versorgungssicherheit und Deckung der Nachfrage auch bei Dunkelflaute gewährleisten?“.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena). Berlin. Stand: 07/2018. S. 32 - 35. Link: [www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261\\_dena-Leitstudie\\_Integrierte\\_Energiewende\\_lang.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf).

In Abschnitt 2.6 wird u. a. festgestellt, dass die Jahreshöchstlast heute wie in 2050 insbesondere durch gesicherte steuerbare Kraftwerksleistung, Demand Side Management, Speicher und Stromimporte gedeckt werde. Als gesicherte Kraftwerksleistung kämen vor allem Gaskraftwerke und größere sowie kleinere Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zum Einsatz, die zunehmend durch synthetische Brennstoffe betrieben würden. Der steigende Bedarf an gesicherter Leistung durch den

---

23 Vgl. Deutsche Energie-Agentur (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena). Berlin. Stand: 07/2018. S. 10. Link: [www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261\\_dena-Leitstudie\\_Integrierte\\_Energiewende\\_lang.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf).

24 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht (ewi Energy Research & Scenarios gGmbH). Berlin. Stand: 07/2018. S. 22 – 25. Link: [www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261\\_dena-Leitstudie\\_Integrierte\\_Energiewende\\_lang.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf).

25 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 22 f.

26 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 24 f.

zunehmenden Einsatz strombasierter Anwendungen mache zusammen mit dem Ausstieg aus der Kernkraft und der Reduzierung von Kohlekraftwerken bereits zwischen 2020 und 2030 einen deutlichen Neubau von Gaskraftwerken notwendig, der bis 2050 weiter ansteigen werde. Dabei seien die Kraftwerke durch den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien am Strommarkt nur für vergleichsweise wenige Stunden im Jahr in Betrieb.<sup>27</sup>

Konkrete Angaben zu den Annahmen und Ergebnissen der Studie in Bezug auf das Thema Dunkelflaute finden sich in einem Unterabschnitt des Abschnitts 2.6, der mit der Überschrift „Diskurs: Versorgungssicherheit und Dunkelflaute“ versehen ist. Dieser weist darüber hinaus auf sehr kontroverse Diskussionen zum Thema Dunkelflaute nach der Veröffentlichung des Zwischenfazit der dena-Leitstudie im Oktober 2017 und der anschließenden Diskussion im Partnerkreis wie mit relevanten Akteuren aus Wissenschaft und Politik hin. Die zentralen Fragen seien, welche Auswirkungen die Energiewende auf die Entwicklung der Versorgungssicherheit – insbesondere in Bezug auf die Jahreshöchstlast und ihre Deckung – haben werde und ob es überhaupt zusätzlich erforderlich sei, sich auf eine sogenannte Dunkelflaute einzustellen. Hieraus habe sich sehr deutlich die Notwendigkeit ergeben, die Anforderungen an das Energiesystem der Zukunft zum Erhalt der Versorgungssicherheit gesamtgesellschaftlich zu diskutieren und politisch festzulegen. In diesem Zusammenhang seien vier Fragen relevant, die sich nach Angaben der dena auf die nachgefragte Strommenge und Spitzenlast während einer kalten Phase, den mindestens während einer Dunkelflaute zu erwartenden Beitrag von erneuerbarer Stromerzeugung, das Verlassen auf das europäische Ausland sowie die eventuelle Akzeptanz von Versorgungsausfällen in überschaubarem Maß beziehen.<sup>28</sup>

Im Teil B der Studie wird das Thema Dunkelflaute vor allem in Kapitel 3 („Methodik“), Abschnitt 3.3 („Modellierung des Energiesektors“), Unterabschnitt 3.3.2 („Stromhandel, gesicherte Leistung und Dunkelflaute“) sowie in Kapitel 7 („Ergebnisse: Szenarienvergleich“), Abschnitt 7.2 („Energiesektor“), Unterabschnitt 7.2.4 („Gesicherte Leistung, Jahreshöchstlast und Dunkelflaute“) aufgegriffen.<sup>29</sup>

Im Unterabschnitt 3.3.2 formuliert die Studie u. a. Rahmenbedingungen für eine kalte Dunkelflaute. Zu ihrer Abbildung im Rahmen der Modellierung des Energiesektors wird von einer zweiwöchigen Phase mit sehr niedriger Wind- und Photovoltaikeinspeisung bei gleichzeitig niedrigen Außentemperaturen ausgegangen. Zugleich wird unterstellt, dass Batterien, Wärmespeicher und Maßnahmen des Demand Side Managements (DSM-Maßnahmen) während dieser Phase zwar kurzfristige Lastschwankungen ausgleichen, jedoch aufgrund von Kapazitätsrestriktionen nicht

---

27 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena). A. a. O. S. 33.

28 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena). A. a. O. S. 34.

29 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 33 – 35, S. 204 – 210.

dazu beitragen können, die durchgängig hohe Residuallast dauerhaft zu decken bzw. zu reduzieren. Des Weiteren wird angenommen, dass Stromimporte keinen nachhaltigen Beitrag zur Deckung der Stromnachfrage während der zweiwöchigen Dunkelflaute leisten können. Im Hinblick auf die weiteren Einzelheiten der Modellierung wird auf die Studie selbst verwiesen.<sup>30</sup>

Im Rahmen des Unterabschnitts 7.2.4 werden u. a. die Auswirkungen einer zweiwöchigen kalten Dunkelflaute auf den Strombedarf sowie den Stromerzeugungsmix bis zum Jahr 2050 analysiert. Demnach steigt der Strombedarf während der kalten Dunkelflaute insbesondere bei einer zunehmenden Nutzung elektrischer Anlagen und damit bei einer Zugrundelegung der Elektrifizierungsszenarien bis zum Jahr 2050 deutlich an und wird in dieser Phase im Jahr 2050 zu einem Großteil durch gasbefeuerte Stromerzeuger gedeckt.<sup>31</sup>

Die nachfolgende Abbildung in Unterabschnitt 7.2.4 zeigt die Veränderungen auf, die der Stromerzeugungsmix während der zweiwöchigen Dunkelflaute gemäß den einzelnen Szenarien bis zum Jahr 2050 erfährt.<sup>32</sup>

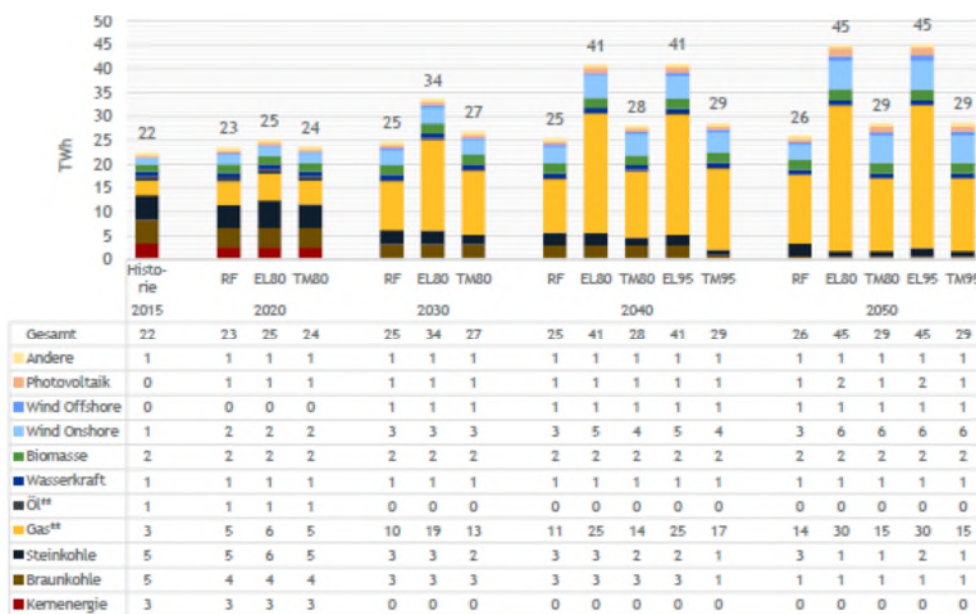


ABBILDUNG 106: SZENARIENVERGLEICH - ERZEUGUNGSMIX IN EINER ZWEIWÖCHIGEN DUNKELFLAUTE

Quelle: dena

Zum Ergebnis der tabellarischen Übersicht führt die Studie anschließend aus:

- 30 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 34 f.
- 31 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 207 f.
- 32 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 208.



„Abbildung 106 stellt den Erzeugungsmix in einer zweiwöchigen Dunkelflaute dar. Wind- und PV-Anlagen tragen in 2050 etwa 19 % (EL80/95) bzw. 26 % (TM80/95) des zu sichernden Bedarfs bei. (...) Der Rest wird neben geringen Mengen Wasserkraft und Biomasse durch konventionelle Kraftwerke gedeckt. In 2050 sind dies überwiegend gasbefeuerte Anlagen. Diese haben einen Anteil von knapp über 50% in den Technologiemiixszenarien, bzw. 66% in den Elektrifizierungsszenarien. In den Technologiemiixszenarien laufen im Durchschnitt über die zweiwöchige Dunkelflaute etwa 45 GW an Gaskraftwerken, in den Elektrifizierungsszenarien sind es etwa 90 GW. Bei einer dreiwöchigen Dunkelflaute würden sich ähnliche Werte ergeben. Daraus lässt sich schließen, dass ab einem bestimmten Punkt (nämlich dann, wenn Kurzfristspeicher und andere kurzfristige Flexibilitätsoptionen keinen Beitrag mehr leisten können) die Länge der Dunkelflaute keine Rückwirkungen auf den Bedarf an Gaskraftwerken hat. D.h., ob eine zwei- oder dreiwöchige kalte Dunkelflaute angenommen wird, ist nicht entscheidend für den Kapazitätzubau an Gaskraftwerken. Vielmehr sind die Stromnachfrage und der Beitrag von Wind und PV während der angenommenen Dunkelflaute (sowie ggf. die angenommenen Importe) entscheidend. (...)“<sup>33</sup>

### 3.3. Projekte „Langfrist- und Klimaszenarien“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Ausweislich seines elektronischen Informationsangebots hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie zwei wissenschaftliche Projekte für den Transformationsprozess zu einem weitgehend treibhausgasneutralen Energiesystem in Deutschland aufgelegt, das Projekt „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland“ sowie das Projekt „Auswirkungen der Klimaschutzziele und diesbezüglicher Maßnahmen auf den Energiesektor und den Ausbau der erneuerbaren Energien“. Nähere Angaben zu beiden Projekten finden sich unter der gemeinsamen Kurzbezeichnung „Langfrist- und Klimaszenarien“.

Nach Angaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie werden in diesen Projekten Szenarien für ein kostenoptimiertes und sicheres Energiesystem modelliert. Die Modellierung umfasse das gesamte Energiesystem: Strom, Wärme/Kälte, Verkehr, Industrie. Dem Energiekonzept der Bundesregierung entsprechend reiche der Zeithorizont der Modellierung bis 2050. Mit Ausnahme des sogenannten Referenzszenarios würden dabei in den (Ziel-)Szenarien die energie- und klimapolitischen Ziele des Energiekonzepts grundsätzlich erreicht. Zudem würden diverse Zielszenarien modelliert, um das Spektrum möglicher Transformationspfade für das Energiesystem möglichst umfassend abzubilden. Ein besonderer Fokus liege hierbei auf den Kosten des Energiesystems.

Wie das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie weiter mitteilt, werden die Projekte von einem Forschungskonsortium bestehend aus dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), der Consentec GmbH, dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), unter Beteiligung der Unterauftragnehmer M-Five, der Technischen Universität Wien, der TEP Energy GmbH und der GEF Ingenieur AG durchgeführt.<sup>34</sup>

---

33 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil B: Gutachterbericht. A. a. O. S. 208 f. Die Auslassungszeichen ( ... ) markieren Stellen, an denen im Originaltext auf Fußnoten verwiesen wird.

34 Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Webseite Langfrist- und Klimaszenarien. Link: [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/langfrist-und-klimaszenarien.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/langfrist-und-klimaszenarien.html) .

Nähere Einzelheiten zu den Projekten können folgender Veröffentlichung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie entnommen werden:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017). Projekte „Langfrist- und Klimaszenarien“: Übergreifende Einordnung. Untersuchungsgegenstand, Szenarioarchitektur und Aussagekraft der Szenarien. Link: [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/U/untersuchungsgegenstand-szenarioarchitektur-und-aussagekraft-der-szenarien.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/U/untersuchungsgegenstand-szenarioarchitektur-und-aussagekraft-der-szenarien.pdf?__blob=publicationFile&v=8) .

Laut Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gliedern sich die Endberichte zu den Projekten in diverse Berichtsmodule. Ein Teil dieser abschließenden Berichtsmodule liegt inzwischen vor und kann über die Webseite „Langfrist- und Klimaszenarien“ im Internet aufgerufen werden. Dies trifft jedoch nicht für das Modul 9 zu, das sich mit Extremwetterszenarien befasst. Hierzu teilt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit:

„Der kostenoptimierende Charakter des Basisszenarios (Modul 3) führt europaweit zu einem starken Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere der Windenergie. Des Weiteren findet im Basisszenario ein Speicherausbau aus Kostengründen nicht statt. Dahingegen werden in erheblichem Maße Netze als günstigste Flexibilität ausgebaut, um für den großräumigen Ausgleich der witterungsbedingt fluktuierenden Einspeisung der erneuerbaren Energien zu sorgen. Dieser großräumige Ausgleich erfolgt nicht nur national, sondern europaweit.

Die Modellierung ist für die Stützjahre (2020, 2030, 2040 und 2050) stündlich und damit zeitlich hoch aufgelöst. Bei der Modellierung wurden die empirischen Wetterdaten des Jahres 2010 zugrunde gelegt, welches ein "normales" beziehungsweise unauffälliges Wetterjahr darstellt.

In Modul 9 soll untersucht werden, welche Auswirkungen andere Wettersituationen auf die Versorgungssicherheit eines Energie- beziehungsweise Stromversorgungssystems haben, das weitgehend auf fluktuierenden erneuerbaren Energien basiert. Dies gilt insbesondere für Extremwettersituationen, zum Beispiel eine sogenannte "Dunkelflaute" über einen längeren Zeitraum.

Das Modul 9 wird erst noch im weiteren Projektverlauf bearbeitet, so dass hierzu noch kein Bericht vorliegt.“<sup>35</sup>

### 3.4. Weiterführende Hinweise

Die Herausforderung, bei einer zunehmend auf fluktuierenden Energieträgern aufbauenden Stromversorgung die Versorgungssicherheit in Zeiten von Dunkelflauten auch künftig sicherzustellen, berührt, wie oben angesprochen, die Frage nach der Verwendung und der Bedeutung von Stromspeichern im künftigen Stromversorgungssystem. Über diese Frage ist in den letzten Jahren teilweise sehr kontrovers diskutiert worden. Besondere Aufmerksamkeit haben hierbei Verlautbarungen des früheren Leiters des Center for Economic Studies an der Ludwig-Maximilians-Universi-

---

35 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Webseite Langfrist- und Klimaszenarien. Modul 9: Extremwetterszenarien. Link: [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/langfrist-und-klimaszenarien.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/langfrist-und-klimaszenarien.html) .

sität München und des ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung, Prof. Dr. Hans-Werner Sinn, erlangt, in denen anhand von eigenen Berechnungen auf Grenzen der Energiewende, u. a. aufgrund von Beschränkungen bei den Speichermöglichkeiten, aufmerksam gemacht wird.<sup>36</sup>

Den Untersuchungsergebnissen von Professor Sinn in der Speicherfrage ist von Seiten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin), u. a. unter Hinweis auf diverse dem entgegenstehende wissenschaftliche Studien, nachdrücklich widersprochen worden.<sup>37</sup>

Weitere wissenschaftliche Veröffentlichungen zur Speicherproblematik erschließen sich über die Studiendatenbank des Online-Portals „Forschungsradar Energiewende“ der Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (AEE) und können im Rahmen der erweiterten Suchfunktion unter dem Schlagwort „Speicher“ aufgerufen werden.<sup>38</sup> Entsprechendes gilt im Hinblick auf die Sicherstellung der Stromversorgung für das Schlagwort „Versorgungssicherheit“.

Abschließend wird auf folgende über dieses Portal abrufbare Metaanalyse der Agentur für Erneuerbare Energien e. V. aufmerksam gemacht:

Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (2016). Forschungsradar Energiewende. Metaanalyse. Investitionskosten von Energiewende-Technologien. Berlin. Dezember 2016. Link: [www.forschungsradar.de/fileadmin/content/bilder/Vergleichsgrafiken/meta\\_investitionskosten\\_2016/AEE\\_Metaanalyse\\_Investitionskosten\\_dez16.pdf](http://www.forschungsradar.de/fileadmin/content/bilder/Vergleichsgrafiken/meta_investitionskosten_2016/AEE_Metaanalyse_Investitionskosten_dez16.pdf) .

Die Untersuchung wertet die Aussagen von 15 verschiedenen Studien zur künftigen Entwicklung der Investitionskosten bei Technologien zur Umgestaltung der Energieversorgung aus, hierunter Batterien, Elektrolyseanlagen und Methanisierungsanlagen.

\*\*\*

- 
- 36 Vgl. Sinn, Hans-Werner (2016). Buffering volatility: A study on the limits of Germany's energy revolution. In: European Economic Review. Jg. 99 (2017). S. 130 – 150. Link: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0014292117300995?token=97B9CA430E-ABD06261B854FEC88464334ADD01B0BE5E2DF90741E55523F0CD40F5D25C4A8C9C997242B5AD9793E679C5>  
Sinn, Hans-Werner (2017). Buffering Volatility: A Study on the Limits of Germany's Energy Revolution. CESifo. Center for Economic Studies & IFO Institute. CESifo Working Paper No. 5950. München. Version Mai 2017. Link: [www.cesifo-group.de/DocDL/cesifo1\\_wp5950.pdf](http://www.cesifo-group.de/DocDL/cesifo1_wp5950.pdf) ;  
Sinn, Hans-Werner (2017). „Wie viel Zappelstrom verträgt das Netz? Bemerkungen zur deutschen Energiewende“. Vortrag im Rahmen der Münchner Seminare an der Ludwig-Maximilians-Universität München. 18. Dezember 2017. Link: [www.hanswernersinn.de/de/Weihnachtsvorlesung\\_18122017](http://www.hanswernersinn.de/de/Weihnachtsvorlesung_18122017) . Der Vortrag kann über diesen Link auf YouTube verfolgt werden.
- 37 Vgl. Schill, Wolf-Peter/Zerrahn/Alexander/Kemfert, Claudia/von Hirschhausen, Christian (2018). DIW aktuell. Die Energiewende wird nicht an Stromspeichern scheitern. Berlin. Link: [www.diw.de/de/diw\\_01.c.591126.de/presse/diw\\_aktuell/die\\_energiewende\\_wird\\_nicht\\_an\\_stromspeichern\\_scheitern.html](http://www.diw.de/de/diw_01.c.591126.de/presse/diw_aktuell/die_energiewende_wird_nicht_an_stromspeichern_scheitern.html) .  
Die Langfassung dieser Veröffentlichung kann im Internet unter folgenden Angaben aufgerufen werden: Schill, Wolf-Peter/Zerrahn/Alexander/Kemfert, Claudia (2018). On the economics of electrical storage for variable renewable energy sources. Reprint. 6. Juni 2018. Link: [arxiv.org/pdf/1802.07885.pdf](https://arxiv.org/pdf/1802.07885.pdf) .
- 38 Vgl. Link: [www.forschungsradar.de/startseite.html](http://www.forschungsradar.de/startseite.html) .