

Recherche zum deutschen Energiekonzept

Auswertungsbericht

EFWW Engineers GmbH
Ringstraße 15
16321 Bernau bei Berlin

Stiftung zur Stärkung von Demokratie und Bildung
Bodelschwingstraße 48
15848 Beeskow

Berlin, den 19. April 2024

Inhalt

1.	Einleitung	1
2.	Fragestellung und Ziele der Recherche	1
3.	Informationsquellen	2
4.	Ergebnisse der Kontaktaufnahme	3
4.1	Rückmeldung der Deutschen Energieagentur (DENA)	3
4.2	Rückmeldung der Bundesnetzagentur (BNetzA)	4
4.3	Rückmeldung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)	4
4.4	Rückmeldung der Grünen	5
4.5	Rückmeldung der Alternative für Deutschland (AfD)	5
4.6	Vergleich und Analyse	5
5.	Ergebnisse	6
5.1	Strategien, Berichte und Gesetze	6
5.1.1	Die Systementwicklungsstrategie (SES)	9
5.1.2	Die Langfristszenarien	11
5.1.3	Zwischenbericht der Systementwicklungsstrategie	12
5.1.4	Exkurs: Stromspeicher-Strategie (2023)	13
5.1.5	Exkurs: Kraftwerksstrategie (2024)	13
5.2	Stromerzeugung und Strombedarf	15
5.3	Versorgungssicherheit und Strompreis	21
6.	Zusammenfassung	23
7.	Fazit	24

1. Einleitung

Derzeit wird in Deutschland der Ausbau der Erneuerbaren Energien insbesondere von Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen massiv gefördert. Gesetzespakete werden verabschiedet, um die Planung zu erleichtern und den Ausbau zu beschleunigen. Stieß anfänglich diese Form der Energieerzeugung noch auf breite Zustimmung, steigt nunmehr zunehmend die Skepsis gegenüber dieser Ausbaustrategie. Es scheint ein Informationsdefizit hinsichtlich der politisch vorgesehenen Energiestrategie zu geben, damit einhergehend eine Verunsicherung in der Bevölkerung.

Aufgrund der Ungewissheit, ob eine Abwägung von sozialen, ökologischen und ökonomischen Belangen im Zuge der Energiewende stattgefunden hat, erschien die Anfertigung dieser Recherche notwendig.

Die Recherche wurde im Auftrag der Stiftung zur Stärkung von Demokratie und Bildung im Zeitraum Oktober 2023 bis April 2024 durchgeführt.

2. Fragestellung und Ziele der Recherche

Es ergeben sich folgende grundlegende Fragestellungen: Wie kann die Energieversorgung in einer der führenden Industrienationen der Welt gestaltet werden, um eine 100%-ige Versorgungssicherheit zu gewährleisten? Welche zusätzlichen Energieerzeugungsanlagen sind notwendig, um die Herausforderungen, die durch intermittierende Energiequellen wie Wind und Sonne entstehen, zu kompensieren? Und nicht zuletzt: Welche wirtschaftlichen Implikationen ergeben sich aus dieser Umgestaltung, insbesondere hinsichtlich der Kosten pro Kilowattstunde, vor allem wenn mehrere verschiedene Erzeugungsanlagen installiert werden müssen? Die Beantwortung dieser und weiterer Fragen sind für die Nachvollziehbarkeit politischen Handelns unverzichtbar.

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde eine umfassende Recherche durchgeführt, die die Einholung von Expertenmeinungen und die Analyse von Daten einschließt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden fünf Schlüsselstellen kontaktiert: Die Deutsche Energieagentur (DENA), die Bundesnetzagentur (BNetzA), das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), sowie Bundestagsabgeordnete der Parteien Bündnis 90/Die Grünen und der Alternative für Deutschland (AfD), die Mitglieder des Ausschusses für Klimaschutz und Energie sind. Die resultierenden Erkenntnisse und Stellungnahmen bilden die Grundlage dieses Berichts und bieten Einblicke in die energiepolitische Entscheidungsfindung.

Die Expertenbefragung fand mithilfe der folgenden Fragestellungen statt, mit dem Ziel, an ein konkretes Energiekonzept als Grundlage für die aktuellen politischen Entscheidungen zu gelangen:

1. Wie gestaltet sich das aktuelle Ausbaukonzept in Bezug auf Windkraft, Photovoltaik (PV) und Batterie-Speicherkapazität? Werden darüber hinaus konventionelle Kraftwerkstypen wie Gaskraftwerke benötigt und wenn ja, in welchem Umfang?
2. Aufbauend auf dem geplanten Ausbaukonzept
 - Der prognostizierte Preis pro kWh für Haushalte und Industrie.
 - Der voraussichtliche Flächenbedarf und dessen Einfluss auf die CO₂-Bindung durch Biomasse.
 - Die CO₂- und Energiebilanz unter Berücksichtigung von drei Anlagekonzepten (Wind/PV, Speicher, Gaskraftwerk) pro erzeugter kWh.

3. Besonders im Fokus standen die Batteriespeicher:
 - Mögliche Umweltschäden bei der Herstellung der Batterien für die geplante Ausbaukapazität.
 - Kompensationsmaßnahmen und deren Integration in den prognostizierten kWh-Preis.
 - Existierende Entsorgungskonzepte.

3. Informationsquellen

Das dritte Kapitel dieses Berichts widmet sich der Auflistung der Informationsquellen, die zur Erreichung der in Kapitel 2 definierten Ziele und zur Beantwortung der dort aufgeworfenen Fragen kontaktiert wurden. Die Datensammlung erfolgte durch direkte Anfragen, die Analyse von öffentlich zugänglichen Dokumenten sowie durch die Auswertung vorhandener Studien und Berichte.

Zu den primären Kontaktstellen gehören:

- **Deutsche Energieagentur (DENA):** Bereitstellung von Daten und Berichten zur aktuellen und prognostizierten Energieerzeugung und -nutzung in Deutschland.
 - Frau Katharina Umpfenbach – Leiterin Arbeitsgebiet Infrastruktur und Gesamtsystem
- **Bundesnetzagentur (BNetzA):** Informationen über Netzstabilität, Energiehandel und regulatorische Rahmenbedingungen.
 - Herr Fiete Wulff – Leiter Pressestelle
- **Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK):** Erarbeitung von und Einsicht in politische Strategien und Zielsetzungen im Bereich Energie.
 - Frau Dr. Ludwig – Ministerialrätin Bürgerdialog
 - Herr Joachim Nick-Leptin – Ministerialrat Szenarien, ökonomische Aspekte und Finanzierung von Klimaschutz und Energiewende
- **Bundestagsabgeordnete der Parteien Bündnis 90/Die Grünen und der Alternative für Deutschland (AfD), die Mitglieder des [Ausschusses für Klimaschutz und Energie](#) sind:** Meinungen und Einschätzungen zu politischen Aspekten der Energiepolitik
 - Die Grünen
 - Dr. Ingrid Nestle – MdB
 - Dr. Julia Verlinden – MdB
 - Kassem Taher Saleh – MdB
 - AfD
 - Steffen Kotré – MdB
 - Dr. Dirk Spaniel – MdB

4. Ergebnisse der Kontaktaufnahme

4.1 Rückmeldung der Deutschen Energieagentur (DENA)

Im Rahmen der Recherche wurde Kontakt zu Frau Katharina Umpfenbach, Leiterin des Arbeitsgebiets Infrastruktur und Gesamtsystem bei der DENA, aufgenommen. Das Team um Frau Umpfenbach kümmert sich als Unterstützung für das BMWK um die Geschäftsstelle der Systementwicklungsstrategie (SES)¹. Diese Strategie soll ein langfristiges Bild des zukünftigen Energiesystems entwickeln, damit insbesondere die Infrastrukturplanung auf dieses Zielbild ausgerichtet werden kann.

Ausbaukonzept und Flexibilitätsbedarf im Stromsystem

Die Ausbauziele für Wind- und Photovoltaikanlagen sind im Erneuerbare-Energien-Gesetz² verankert und leiten die Systementwicklungsstrategie der DENA. Frau Umpfenbach hebt hervor, dass es kein spezifisches Ausbauziel für Batteriespeicherkapazitäten gibt. Sie betont die Notwendigkeit eines erhöhten Bedarfs an Flexibilität im Stromsystem, der durch eine Vielzahl von Technologieoptionen gedeckt werden soll. Der Zubau und die Nutzung dieser Technologien sollen marktgetrieben erfolgen.

Strompreisentwicklung

Frau Umpfenbach trifft keine konkreten Vorhersagen zu den zukünftigen Strompreisen. Sie weist darauf hin, dass neben der Marktentwicklung die Gestaltung von Umlagen, Abgaben und Steuern eine wesentliche Rolle für die Endverbraucherpreise spielt. Für eine umfassendere Perspektive verweist sie auf die Langfristszenarien, die auch die Energiesystemkosten berücksichtigen.

Flächenbedarf und CO₂-Bilanz

Die Langfristszenarien beinhalten eine intensive Auseinandersetzung mit dem Flächenbedarf des Energiesystems. Frau Umpfenbach empfiehlt, sich für detaillierte Informationen an die entsprechenden Veröffentlichungen und Webinare von Ende 2022 zu wenden. In Bezug auf die CO₂-Bilanz und die Energiebilanz verweist sie auf die Modellierungen der Langfristszenarien, die Aussagen zum Zusammenspiel verschiedener Technologien sowie zu den Anteilen der einzelnen Energieträger an der Gesamterzeugung enthalten.

Batteriespeicher

Es wird nochmals hervorgehoben, dass es kein spezifisches Ausbauziel für Batteriespeicher gibt. Die Betonung liegt auf einer marktgetriebenen Entwicklung und Nutzung dieser Technologien im Rahmen des Gesamtenergiesystems.

¹ Eine Auflistung der Strategien befindet sich auf Seite 7.

² Die Ausbauziele in konkreten Zahlen befinden sich auf Seite 8 und 9.

4.2 Rückmeldung der Bundesnetzagentur (BNetzA)

Trotz mehrfacher Kontaktversuche konnte von der Bundesnetzagentur leider keine konkrete Rückmeldung zu den spezifischen Anfragen erhalten werden. Nachdem die Fragen von der zentralen Poststelle an die Verbraucherzentrale weitergeleitet wurden, die sich nicht für die Beantwortung verantwortlich fühlte, wurde Herr Wulff als leitender Regierungsdirektor für Presse und Öffentlichkeitsarbeit kontaktiert. In dem Gespräch mit Herrn Wulff viel die Aussage, dass ein konkretes Konzept nicht vorliege. Eine direkte Anfrage samt Übermittlung der Fragen, führte zu dem Versprechen, passende Studien herauszusuchen, blieb aber ohne Ergebnis.

Aktualisierung vom 15.01.2024: Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat auf die Anfrage zur Energieversorgung und zum Energiekonzept geantwortet. In ihrer Rückmeldung betont die BNetzA, dass sie aufgrund der hohen Anzahl an Verbraucheranfragen und aufgrund des Rechtsdienstleistungsgesetzes (RDG) keine einzelfallbezogene rechtliche Beratung leisten kann. Es wird auf das Informationsangebot auf der Webseite www.bundesnetzagentur.de verwiesen.

4.3 Rückmeldung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Büro L B 5 – Bürgerdialog

Nachdem eine erste Anfrage beim Ministerium untergegangen ist, wurde ein erneuter Versuch über den Bürgerdialog unternommen. Frau Dr. Ludwig, die Leiterin des Büros, teilte telefonisch mit, dass es wahrscheinlich kein konkretes Konzept gibt und sie momentan viele Anfragen zu der Thematik erreichen. Unklarheit bestand ebenfalls darüber, welche Ministeriumsabteilung für die Beantwortung der Fragestellungen zuständig sei. In einem schriftlichen Antwortschreiben wurde darauf hingewiesen, dass das Büro nicht über die Kapazitäten verfügt, um die Fragen zu beantworten. Stattdessen wurde auf die [BMWK-Homepage](#) und Energiewechsel.de für weitere Informationen verwiesen, sowie auf die Bundesnetzagentur und Branchenverbände.

Büro K A 3 – Szenarien, ökonomische Aspekte und Finanzierung von Klimaschutz und Energiewende

Im Anschluss wurde das Büro für Szenarien, ökonomische Aspekte und Finanzierung von Klimaschutz und Energiewende unter der Leitung von Herrn Joachim Nick-Leptin als richtiger Ansprechpartner identifiziert. Die zielgerichtete Rückmeldung und die Tatsache, dass Anfragen von anderen Abteilungen des BMWK an dieses Büro weitergeleitet wurden, unterstreicht seine zentrale Rolle in Bezug auf die gestellten Fragen. Der Mitarbeiter Steffen Brunner verweist in seiner Antwort auf den kürzlich veröffentlichten Zwischenbericht der Systementwicklungsstrategie, in dem einige der Fragen beantwortet werden. Zusätzliche Informationen und Daten sind in den Langfristszenarien zu finden. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass das BMWK im Jahr 2024 eine integrierte Strategie für Energiespeicher vorstellen wird, die sich sowohl mit Wasserstoff-, Strom- als auch Wärmespeichern beschäftigt.

4.4 Rückmeldung der Grünen

Dr. Ingrid Nestle, Energiepolitische Sprecherin der Grünen, MdB

Das Büro um Frau Dr. Nestle verweist zur Beantwortung der Fragen auf die Systementwicklungsstrategie des BMWK, insbesondere auf den kürzlich veröffentlichten Zwischenbericht. Für eine intensivere Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden Annahmen empfiehlt eine Mitarbeiterin von Frau Dr. Nestle, direkt auf die Langfristszenarien zuzugreifen. Sie erwähnt, dass sowohl die Speicher- als auch die Kraftwerksstrategie der Bundesregierung noch nicht veröffentlicht wurden und daher der Bundestagsfraktion nicht vorliegen.

Dr. Julia Verlinden, MdB

Das Büro um Frau Dr. Verlinden betont, dass die gestellten Fragen in den Zuständigkeitsbereich des BMWK fallen und verweist ebenfalls auf die Langfristszenarien.

Kassem Taher Saleh, MdB

Die Mitarbeiterin von Herrn Saleh nennt ebenfalls die Langfristszenarien, den Zwischenbericht und die Systementwicklungsstrategie als relevante Informationsquellen.

4.5 Rückmeldung der Alternative für Deutschland (AfD)

Steffen Kotré, Energiepolitischer Sprecher der AfD, MdB

Herr Kotré äußert, dass die gestellten Fragen aus seiner Sicht die falschen Fragestellungen für eine preiswerte, sichere und umweltverträgliche Energieversorgung seien. Er betone, dass seiner Meinung nach eine Rückkehr zur Kernenergie schnellstmöglich verfolgt werden müsse.

Dr. Dirk Spaniel, MdB

Das Büro um Herrn Dr. Spaniel stellt dar, dass es als Oppositionspolitiker schwierig sei, detaillierte Informationen zu der Thematik zu erhalten. Er äußert die Ansicht, dass die Bundesregierung über die Ministerien versuchen würde, so wenig Informationen wie möglich zu übermitteln. Er verweist ebenfalls auf das BMWK für weitere Informationen.

4.6 Vergleich und Analyse

Gemeinsame Bezüge: Sowohl die DENA als auch das BMWK, sowie die Grünen, verweisen auf die *Systementwicklungsstrategie*, *Langfristszenarien*, den *Zwischenbericht* und das *BMWK* als zentrale Informationsquellen. Dies deutet auf eine starke Konsensbildung über die Bedeutung dieser Dokumente für die Beantwortung grundlegender Fragen zur Energiepolitik hin.

Unterschiedliche Perspektiven: Die AfD hebt sich durch eine deutlich kritischere und gegenläufige Position ab, insbesondere durch die Betonung der Kernenergie, die von den anderen Akteuren nicht thematisiert wird.

Informationszugang und Transparenz: Während einige Akteure wie die DENA, das BMWK und die Grünen konkrete Informationen und Verweise bieten, deutet die Rückmeldung der Bundesnetzagentur sowie die Aussagen der AfD auf Herausforderungen beim Zugang zu detaillierten Informationen hin.

5. Ergebnisse

5.1 Strategien, Berichte und Gesetze

Es gibt einen komplexen Strategieprozess, vorangetrieben vom BMWK als hauptverantwortliche Stelle, indem ein Großteil der Fragen betrachtet wird. Die wichtigsten übergreifenden Strategien sind:

- **Systementwicklungsstrategie (SES)**
 - Verantwortlich: BMWK
 - in Bearbeitung, kontinuierlicher Prozess
- **Langfristszenarien**
 - Verantwortlich: BMWK
 - 1. Veröffentlichung: November 2021
 - 2. Veröffentlichung: November 2022
 - 3. Veröffentlichung: Februar 2024
 - kontinuierliche Weiterentwicklung der Szenarien
- **Zwischenbericht der Systementwicklungsstrategie**
 - Verantwortlich: BMWK
 - Veröffentlichung: November 2023

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz arbeitet an der **Systementwicklungsstrategie (SES)**, einem übergreifenden Leitbild für die Transformation des Energiesystems und eine Orientierung für alle nachfolgenden Prozesse, wie zum Beispiel Infrastrukturplanungen, sowie sektor- und energiespezifische Strategien und Programme. Die Sektoren sind Industrie, Verkehr, private Haushalte, sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Im Zuge der SES werden keine konkreten Instrumente oder institutionelle Rahmenbedingungen entwickelt, diese Aufgaben bleiben den sektor- und energiespezifischen Strategien überlassen.

Die wissenschaftliche Basis der SES und somit auch Grundlage für alle weiteren Strategien bilden die **Langfristszenarien des BMWK**. Die Szenarien modellieren die zukünftige Entwicklung des Energiesystems mit der die energie- und klimapolitischen Ziele erreicht werden sollen. Auf Grundlage der Langfristszenarien und der Rückmeldungen aus einem Stakeholder-Plenum³, das aus Vertretern der Energiewirtschaft, Netzbetreibern, Industrie, Gesellschaft und Politik zusammengesetzt ist, sowie öffentlicher Konsultationen entwickelt das BMWK ein Leitbild des Energiesystems 2045 und eine Transformationsstrategie.

Im November 2023 während der Erstellung dieser Recherche wurde ein **Zwischenbericht zur Systementwicklungsstrategie** vom BMWK veröffentlicht mit zusammenfassenden Informationen zum aktuellen Stand der SES und Erkenntnissen aus den Langfristszenarien.

³ Versammlung aus verschiedenen Interessensgruppen (Stakeholder)

Folgende spezifische Strategiepapiere und Gesetze wurden veröffentlicht oder befinden sich momentan in Bearbeitung. Aufgrund der Dynamik und Relevanz der Thematik, erscheinen beinahe wöchentlich neue Inhalte, wodurch die Auflistung unvollständig sein kann.

Spezifische Strategien und Berichte

- Carbon Management-Strategie – BMWK – veröffentlicht Februar 2024
- EEG-Erfahrungsbericht 2023 – Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM) im Auftrag des BMWK – Veröffentlichung geplant für Februar 2024
- Stromspeicher-Strategie – BMWK – veröffentlicht Dezember 2023
- Kraftwerksstrategie – BMWK – in Bearbeitung, Veröffentlichung geplant für Sommer 2024
- Die Nationale Wasserstoffstrategie – BMWK – veröffentlicht Juni 2020
- Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie – BMWK – veröffentlicht Juli 2023
- Industriestrategie – BMWK – veröffentlicht Oktober 2023
- Photovoltaik-Strategie – BMWK – veröffentlicht Mai 2023
- Windenergie-an-Land-Strategie – BMWK – veröffentlicht Mai 2023
- Roadmap Systemstabilität – BMWK – veröffentlicht November 2023
- Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045 – Netzbetreiber – veröffentlicht Juni 2023
- Sonderbericht zur Umsetzung der Energiewende – Bundesrechnungshof – veröffentlicht März 2024
- Kosten der Stromerzeugung – Deutsche Bank Research – veröffentlicht Mai 2023
- Klimaneutrales Deutschland 2045 – Prognos AG im Auftrag Agora Energiewende, Stiftung Klimaneutralität – veröffentlicht Juni 2021
- Pressemitteilung, Energiewendeindex von McKinsey: Versorgungssicherheit unter Spannung – McKinsey – veröffentlicht März 2023

Gesetze

- Klimaschutzgesetz – Gesetzentwurf seit Herbst 2023 im Bundestag
- Gebäudeenergiegesetz – verabschiedet September 2023
- Osterpaket – verabschiedet April 2022
 - [Erneuerbare-Energien-Gesetz 2023](#) (EEG)
 - Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG)
 - Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)
 - Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG)
 - Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG)
 - weitere Gesetze und Verordnungen im Energierecht

Energie- und Klimapolitische Ziele der Bundesregierung

Die Zielsetzung, bis 2030 mindestens 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs in Deutschland aus erneuerbaren Energien zu decken, wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2023 unterstützt und ist im Kontext der internationalen Klimaschutzbemühungen und des Pariser Klimaschutzabkommens zu sehen.

Das EEG 2023 ist explizit darauf ausgerichtet, den 1,5-Grad-Pfad des Pariser Klimaschutzabkommens einzuhalten. Durch den beschleunigten und massiven Ausbau von Wind- und Solarenergie sowie anderen Formen erneuerbarer Energien soll der Anteil dieser Energiequellen am deutschen Strommix deutlich erhöht werden.

Der Kohleausstieg wird bis 2030 angestrebt. Gas- und Wasserstoffkraftwerke sollen das Stromsystem in Zeiten mit wenig Wind und Sonne absichern, wobei Wasserstoffkraftwerke vor allem in Zeiten hoher Stromnachfrage und geringer erneuerbarer Erzeugung zum Einsatz kommen.

Die Bedeutung der Biomasse in der Stromerzeugung wird langfristig abnehmen, während Stromimporte dazu beitragen sollen, kostengünstige Stromerzeugungspotenziale im Ausland zu erschließen und die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

Ausbauziele aus dem § 4 EEG 2023 und dem § 1 WindSeeG

Die Ausbauziele für erneuerbare Energien in Deutschland, wie sie im EEG 2023 festgelegt sind, umfassen konkrete Werte für Windenergie an Land, Windenergie auf See, Solaranlagen und Biomasseanlagen bis zum Jahr 2040, sowie für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.⁴

1. Windenergie an Land:

2024: 69 GW

2026: 84 GW

2028: 99 GW

2030: 115 GW

2035: 157 GW

2040: 160 GW

2. Windenergie auf See:

2030: 30 GW

2035: 40 GW

2045: 70 GW

3. Solaranlagen

2024: 88 GW

2026: 128 GW

2028: 172 GW

⁴ https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_4.html, zuletzt aufgerufen am 08. März 2024.

2030: 215 GW

2035: 309 GW

2040: 400 GW

4. Biomasseanlagen

Eine installierte Leistung von 8.400 MW im Jahr 2030.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien:⁵

2023: 287 TWh

2024: 310 TWh

2025: 346 TWh

2026: 388 TWh

2027: 433 TWh

2028: 479 TWh

2029: 533 TWh

2030: 600 TWh

5.1.1 Die Systementwicklungsstrategie (SES)

Die Systementwicklungsstrategie des BMWK ist als Leitfaden für die Transformation des deutschen Energiesystems konzipiert. Sie dient als Orientierung für nachfolgende Prozesse wie Infrastrukturplanungen sowie die sektor- und energiespezifischen Strategien und Programme.⁶

Inhalte und Produkte

- **Wissenschaftliche Grundlage:** Die Langfristszenarien bilden die Basis für die SES, indem sie zentrale Annahmen und Prognosen für die Energieentwicklung liefern.
- **Strategisches Leitbild:** Hier werden zentrale technisch-systemische Gestaltungsfragen behandelt.
- **Transformationsstrategie:** Diese umfasst Maßnahmen, die aus technischer Sicht zur Erreichung der Klimaziele notwendig sind. Sie beinhaltet auch Entscheidungsbedarfe, Zeitpunkte sowie Kosten-Nutzen-Analysen.
- **Sektoren- und Programmkoordination:** Es werden Maßnahmen, Eingangsgrößen und Rahmenbedingungen für Strategien und Prozesse definiert, inklusive Vorgaben für Infrastrukturplanungen.
- **Weiterer Analysebedarf:** Identifizierung von Forschungs- und Entwicklungsbedarf, Verbesserung der Datengrundlagen und Fokus-Themen für folgende SES-Iterationen.

⁵ https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_4a.html, zuletzt aufgerufen am 19. April 2024.

⁶ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/ses.html>, zuletzt aufgerufen am 19. April 2024.

Verantwortliche und Akteure

Die Systementwicklungsstrategie wird in einem öffentlich eingebundenen Prozess erarbeitet. Unterstützt durch das Konsortium der BMWK-Langfristszenarien, berät ein Plenum aus Interessensvertretern der Energiewirtschaft, Industrie, Zivilgesellschaft und Politik die Entwicklung. Zudem wird eine Arbeitsgruppe mit Netzbetreibern für Infrastrukturfragen und eine weitere Arbeitsgruppe mit den Bundesländern eingerichtet. Öffentliche Konsultationen und anlassbezogene Arbeitsgruppen fördern die detaillierte Bearbeitung spezifischer Themen. Die Deutsche Energie-Agentur organisiert den Prozess (Abbildung 1).

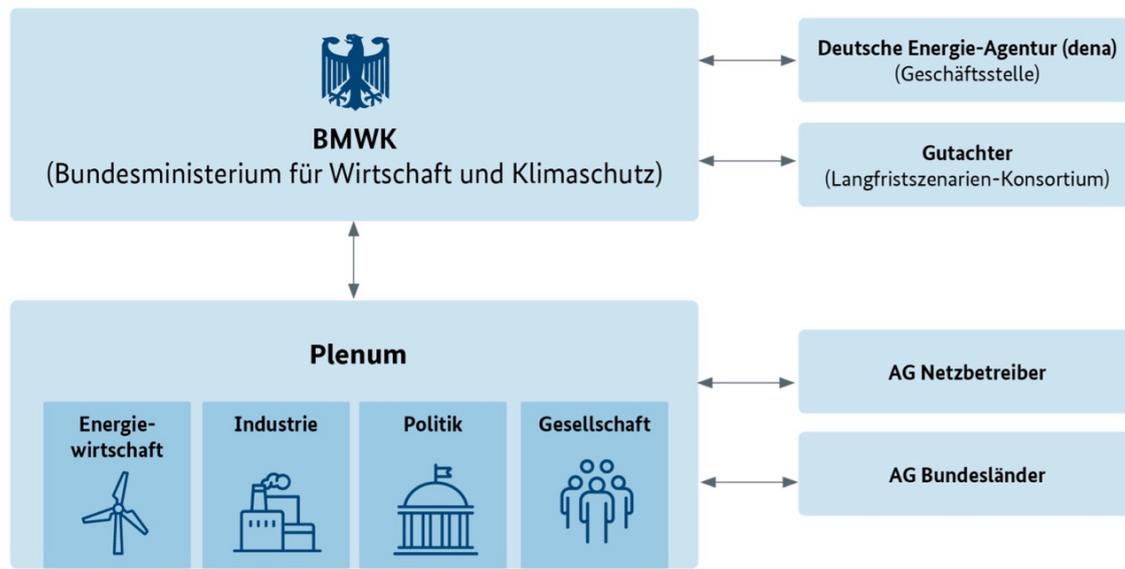


Abbildung 1: Akteure der Systementwicklungsstrategie⁷

Prozessphasen der SES-Entwicklung

Phase A (bis November 2023): Veröffentlichung eines Zwischenberichts und Modellierung von fünf Langfristszenarien, Webinare zur Vorstellung der Ergebnisse, Plenumsitzungen zur Diskussion der Szenarien und öffentliche Konsultationen.

Phase B (Q3 2023 bis ca. Q1 2024): Entwicklung des strategischen Leitbildes und der Transformationsstrategie, Modellierung weiterer Langfristszenarien, öffentliche Webinare und Entwurf der SES.

Phase C (Q2 2024): Finalisierung des strategischen Leitbildes und der Transformationsstrategie, Sektoren- und Programmkoordination, Veröffentlichung der vollständigen SES.

Ziele der Energiewende nach der SES

- Erreichen der Klimaneutralität bis 2045.
- Steigerung des **Anteils erneuerbarer Energien am Stromverbrauch auf 80% bis 2030.**
- Errichtung von 30 GW Windenergie auf See bis 2030.
- Aufbau von 10 GW Elektrolyseurleistung für die Wasserstoffproduktion bis 2030.

⁷ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/ses.html>, zuletzt aufgerufen am 19. April 2024.

5.1.2 Die Langfristszenarien

Die Langfristszenarien des BMWK sind ein Projekt, das die zukünftige Entwicklung des Energiesystems in Deutschland modelliert, um energie- und klimapolitische Ziele zu erreichen. Dabei wird untersucht, wie Deutschland unter Berücksichtigung aktueller politischer Ziele bis 2045 treibhausgasneutral werden kann. Die Modellierungen werden seit 2017 erstellt und beinhalten die Erzeugung von Strom, Wärme und Wasserstoff sowie die Nachfrage nach Energie in den Sektoren Industrie, Verkehr, Gebäude und Geräte. Auch die Energieinfrastrukturen (Strom und Gase) werden modelliert.⁸

Im Fokus der Analyse steht dabei nicht die Entwicklung eines einzelnen Leitszenarios. Vielmehr werden unterschiedliche Szenarien untersucht, um so Erkenntnisse über die Vor- und Nachteile alternativer Pfade für die Transformation des Energiesystems zu gewinnen.

Die Analysen werden durch ein Forschungskonsortium erstellt, bestehend aus

- [Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung](#)
 - Kompetenzzentrum Energietechnologien und Energiesysteme
 - Kompetenzzentrum Energiepolitik und -märkte
- [Consentec GmbH](#) (Beratungs- und Softwareunternehmen für ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Fragestellungen im Bereich der Energieversorgung)
- [ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH](#) (Forschungs-Beratungsunternehmen für Umwelt und Nachhaltigkeit)
- [Lehrstuhl für Energie- und Ressourcenmanagement der TU Berlin](#)

Seit 2017 haben drei Szenariorunden stattgefunden. Die erste Runde hat zur Veröffentlichung der TN-Szenarien 2021 geführt. In den insgesamt 9 Szenarien wird eine Treibhausgasneutralität Deutschlands bis 2050 berechnet. In der zweiten Runde wurden im Jahr 2022 die T45-Szenarien modelliert. Diese untersuchen mit verbesserten Modellen, wie Deutschland unter der Berücksichtigung der aktuellen politischen Ziele (2022) bis 2045 treibhausneutral werden kann.

Die drei Hauptszenarien unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der Bedeutung der eingesetzten Energieträger in den Nachfragesektoren:

Szenario T45-Strom: sehr hoher Anteil von direktelektrischen Lösungen (Elektromobilität, Wärmepumpen). Das Szenario T45-Strom setzt auf eine starke Elektrifizierung des Energiesystems und ist das erste Hauptszenario als Ausgangspunkt zur Analyse der Stromwelten.

Szenario T45-H2: Das Szenario setzt auf einen hohen Anteil von grünem Wasserstoff im Energiesystem.

Szenario T45-PtG/PtL: Das Szenario setzt auf einen hohen Anteil von synthetischen Kohlenwasserstoffen im Energiesystem.

⁸ <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/index.php>, zuletzt aufgerufen am 08. März 2024.

Ergänzend zum Hauptszenario T45-Strom gibt es zwei weitere Szenarien:

Szenario T45-RedEff: Dieses Szenario untersucht, wie sich das Bild des Szenarios T45-Strom ändert, wenn die Fortschritte bei der Energieeffizienz geringer ausfallen.

Szenario T45-RedGas: Dieses Szenario untersucht einen möglichst schnellen Ausstieg aus der Nutzung von Methan.

Am 15. Februar 2024, während der Erstellung dieses Berichts, wurde eine weitere Runde veröffentlicht, bei der auf Basis der T45-Szenarien die Auswirkungen verschiedener Einschränkungen berücksichtigt werden. Die Schwerpunkte liegen hier auf der Seite des Energieangebots und der Netze. Folgende Szenarien wurden in der 3. Runde modelliert:

Szenario T45-Strom*: Dieses Szenario ist ein Update des Szenarios T45-Strom.

Szenario T45-PV+: Dieses Szenario untersucht die Auswirkung einer deutlichen Verschiebung des Technologiemixes Richtung PV.

Szenario T45-Dezentral: Auf Basis des Szenarios T45-PV+ wird die Auswirkung einer deutlich erhöhten Flexibilität über Batteriespeicher und E-Fahrzeuge untersucht.

Szenario T45-RedH2SP: In diesem Szenario werden Auswirkungen untersucht, wenn kein Neubau von Wasserstoffkavernenspeichern in Europa möglich ist.

5.1.3 Zwischenbericht der Systementwicklungsstrategie

Der Zwischenbericht zur Systementwicklungsstrategie aus dem November 2023 legt einen Fokus auf die Transformation des deutschen Energiesystems bis 2045 und fasst die bisherigen Erkenntnisse zusammen. Dabei werden Ausgangslage, sektorübergreifende Eckpunkte, die Energienachfrage in den Bereichen Industrie, Gebäude und Verkehr, das Energieangebot mit den Schwerpunkten Stromerzeugung, Wärmebereitstellung, Wasserstoff, Energieimporte, Flexibilitäten und Infrastrukturen hinsichtlich der Strom-, Gas- und Wasserstoffnetze beschrieben.

Hauptziele sind der deutliche **Ausbau erneuerbarer Energien**, die **Elektrifizierung** und der Einsatz von **Wasserstoff**. Bis 2030 ist geplant, die Kapazitäten von Wind- und Solarenergie zu steigern und bis 2040 sollen diese weiter ausgebaut werden, um rund **1.000 TWh Strom aus Wind und Photovoltaik** zu erzeugen. Gaskraftwerke und zukünftig Wasserstoffkraftwerke dienen als flexible Backup-Systeme. Der Bericht berücksichtigt auch den zunehmenden Einsatz von **Batteriespeichern**, hauptsächlich für die Kurzzeitspeicherung.

Der Zwischenbericht zur SES bündelt die **Erkenntnisse aus den Langfristszenarien**⁹ und skizziert **Transformationspfade** zur Erreichung der Klimaziele. Weiterhin wird die Notwendigkeit von Flexibilität und Anpassungsfähigkeit im Transformationsprozess betont, um auf **technologische Entwicklungen und Umweltveränderungen** reagieren zu können, ohne dabei die Ziele der **Versorgungssicherheit und Kosteneffizienz** aus den Augen zu verlieren.

Der Zwischenbericht enthält Informationen zur Entwicklung von **Energienachfrage sowie Energieangebot**, welche im folgenden Kapitel näher betrachtet werden.

⁹ [Quelle: BMWK, 2023, S. 13.](#)

5.1.4 Exkurs: Stromspeicher-Strategie (2023)

Stromspeicher spielen eine wesentliche Rolle für die kurzfristige Energiespeicherung und die Stabilität des Stromsystems. Die Strategie umfasst verschiedene Handlungsfelder, darunter die Analyse von Hemmnissen, die Förderung von Innovation, die Beschleunigung von Netzanschlüssen und die Stärkung der Akzeptanz vor Ort. Es werden Maßnahmen zur Unterstützung der Technologieentwicklung, der Wirtschaftlichkeit von Stromspeichern und der rechtlichen Rahmenbedingungen vorgestellt, um die Speicherpotenziale im Energiesystem effektiv zu nutzen und die Systemintegration zu verbessern.

Zu den Stromspeicher-Potenzialen im Energiesystem und den Bedarfen an Speicherkapazitäten enthält die Stromspeicher-Strategie keine konkreten Zahlen. Das BMWK zielt darauf ab, in den Langfristszenarien auch Szenarien mit deutlich stärkerem Batteriewachstum zu modellieren, um deren Effekte auf das Energiesystem zu analysieren. Basierend auf diesen Überlegungen und Untersuchungen wird ermittelt, wie der weitere Ausbau von Stromspeichern gestaltet werden kann.

Aktueller Stand des Ausbaus von Stromspeichern

Speicherkapazitäten (Stand: 04. März 2024)

Heimspeicher (bis 30 kWh) – 10,3 GWh

Gewerbespeicher (30 bis 1.000 kWh) – 484,7 MWh

Großspeicher (ab 1.000 kWh) – 1,5 GWh

Pumpspeicherkraftwerke – 39 GWh

Speicherleistung (Stand: 04. März 2024)

Heimspeicher (bis 30 kWh) – 6,4 GW

Gewerbespeicher (30 bis 1.000 kWh) – 232,9 MW

Großspeicher (ab 1.000 kWh) – 1,3 GW

5.1.5 Exkurs: Kraftwerksstrategie (2024)

Im Februar 2022 wurde die Kraftwerksstrategie (KWS) erstmals angekündigt mit dem Ziel, die volatile Erzeugung aus erneuerbaren Energien mithilfe von Backup-Kraftwerken abzusichern, um so Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Im August 2023 kündigte das BMWK an, im Rahmen der KWS neue Kraftwerke auszuschreiben.¹⁰

- Kraftwerke mit 8,8 GW Gesamtleistung, die von Beginn an mit Wasserstoff betrieben werden,
- Kraftwerke mit 15 GW Gesamtleistung, die vorübergehend mit Erdgas betrieben und später auf Wasserstoff umgestellt werden können (H2-ready-Gaskraftwerke).

Anfang Februar 2024 verkündete die Bundesregierung eine Einigung zur KWS gefunden zu haben. Die neue KWS soll spätestens im Sommer vom Bundeskabinett verabschiedet werden. Kurzfristig werden 10 GW als H2-ready-Gaskraftwerke ausgeschrieben und ab 2035 sollen die Kraftwerke vollständig auf Wasserstoff umstellen. Die Bundesregierung ist offen für weitere

¹⁰ Eine Übersicht zu den aktuellen Kraftwerkskapazitäten (Stand 2024) befindet sich auf Seite 15.

Technologien über den Wasserstoff hinaus und unterstützt die Forschung und Entwicklung, etwa von CCS (CO₂-Abscheidung, -Transport und -Speicherung) oder der Kernfusion.¹¹

¹¹ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/kraftwerksstrategie-2257868>, zuletzt aufgerufen am 08. März 2024.

5.2 Stromerzeugung und Strombedarf

Basierend auf den Energy Charts des Fraunhofer ISE und Daten des statistischen Bundesamts werden in diesem Kapitel zunächst die Stromerzeugung und der Stromverbrauch in 2023/24 analysiert. Danach werden aktuelle Daten und Vorhersagen zur deutschen Energielandschaft aus den Langfristszenarien, der SES, dem Zwischenbericht und dem McKinsey Energiewendeindex dargestellt. Abschließend werden die Positionen der Bundesregierung und des Bundesrechnungshofs zur Versorgungssicherheit sowie Stromgestehungs- und Systemkosten gegenübergestellt.

Status Quo der Stromversorgung und des Strombedarfs

Im Jahr 2024 ist in Deutschland eine Netto-Leistung von 245 GW installiert, zu 68% aus erneuerbaren und zu 32% aus konventionellen Quellen bestehend (Abbildung 2). Die deutsche Spitzenlast liegt momentan bei rund 80 GW.¹²

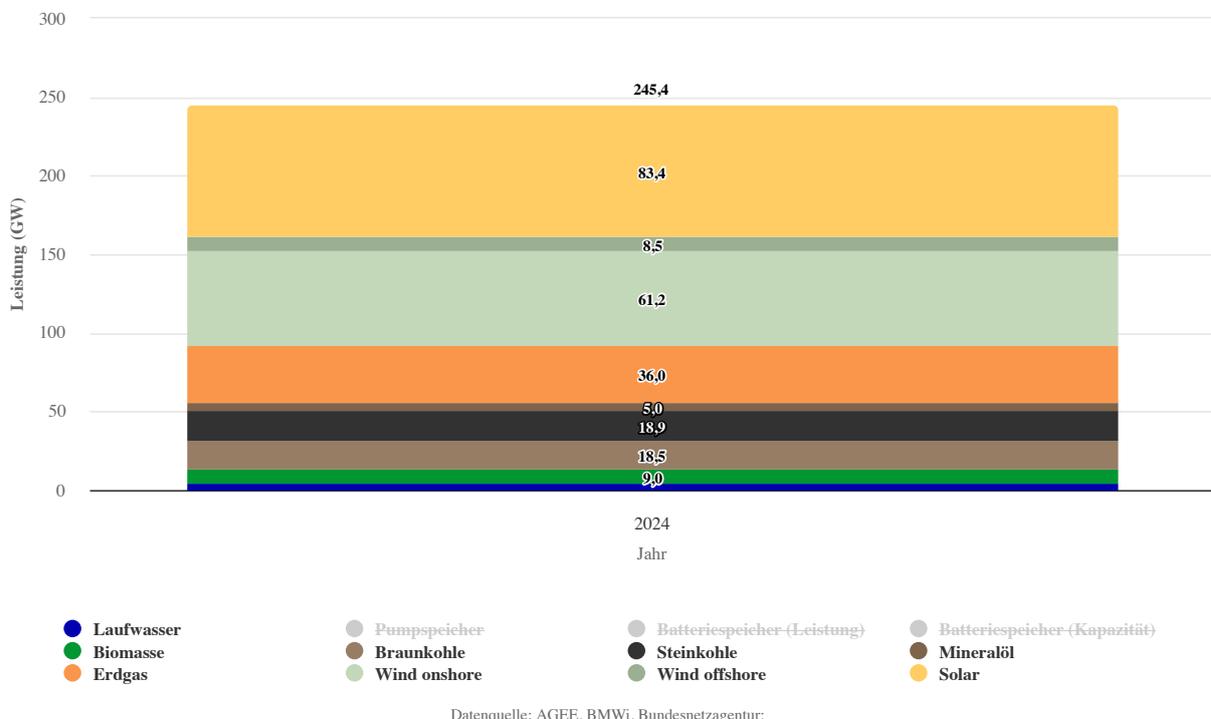


Abbildung 2: Installierte Netto-Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland 2024¹³

Konventionell (2024): 78,5 GW – 32%

Erdgas: 36 GW
 Mineralöl: 5 GW
 Steinkohle: 19 GW
 Braunkohle: 18,5 GW

Erneuerbar (2024): 167 GW – 68%

Solar: 83,5 GW
 Wind offshore: 8,5 GW
 Wind onshore: 61 GW
 Biomasse: 9 GW
 Laufwasser: 5 GW

¹² <https://gas.info/gas-im-energiemix/...>, zuletzt abgerufen am 19. April 2024.

¹³ https://www.energy-charts.info/charts/installed_power/chart.htm?l..., zuletzt abgerufen am 12. März 2024.

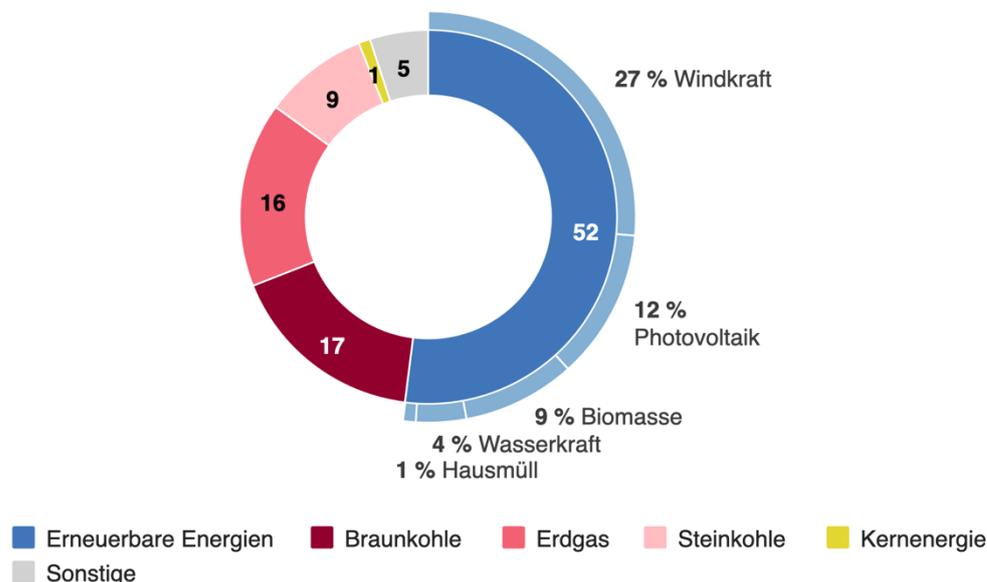
Im Jahr 2023 wurden laut statistischem Bundesamt 514 TWh Strom erzeugt. Davon stammte ein Anteil von **48% aus konventionellen und 52% aus erneuerbaren Quellen**.¹⁴

Gesunkene Erdgas-Großhandelspreise und weiterhin hohe CO₂-Preise führten Anfang 2023 zu Veränderungen in der Stromerzeugungsstruktur. Die **konjunkturelle Abschwächung** in den energieintensiven Industriezweigen bewirkte einen Rückgang der Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle.

Deutschland verzeichnete **erstmalig seit 2002 einen Importüberschuss von 9,2 TWh**. Die **Abschaltung der letzten drei Kernkraftwerke (4 GW Nennleistung)** am 15. April 2023 und witterungsbedingt mehr Strom aus erneuerbaren Quellen prägten den Erzeugungsmix 2023 maßgeblich (Abbildung 3).

Bruttostromerzeugung 2023

in %, insgesamt 515 Mrd. kWh



Rundungsbedingte Abweichung möglich. Vorläufige Angaben. Quelle: AGEE-Stat und AGEB

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024

Abbildung 3: Bruttostromerzeugung 2023¹⁵

¹⁴ <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/...>, zuletzt abgerufen am 14. März 2024.

¹⁵ <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/...>, zuletzt abgerufen am 19. April 2024.

Geplanter Elektroenergiebedarf

Mehreren Presseartikeln, Studien und Beiträgen des BMWK zufolge wird sich der Elektroenergiebedarf in Deutschland bis 2045 von derzeit 500 TWh auf über 1.100 bis 1.300 TWh mehr als verdoppeln. Grund für diese Entwicklung soll die Elektrifizierung in den Bereichen Industrie, Verkehr und Gebäudewirtschaft sein, wobei ein hoher Anteil an Elektroautos, Wärmepumpen und ein steigender Bedarf an grünem Wasserstoff eine Rolle spielen.

Der Anteil „Erneuerbare“ am gesamten Elektroenergiebedarf (grüne Balken in Abbildung 4) wird auf der Homepage der Langfristszenarien leider nicht erläutert und eine Anfrage beim Fraunhofer Institut diesbezüglich blieb unbeantwortet. Es wird davon ausgegangen, dass darin der Eigenverbrauch von Energiespeichern und Kraftwerken, sowie Netzverluste enthalten sind.

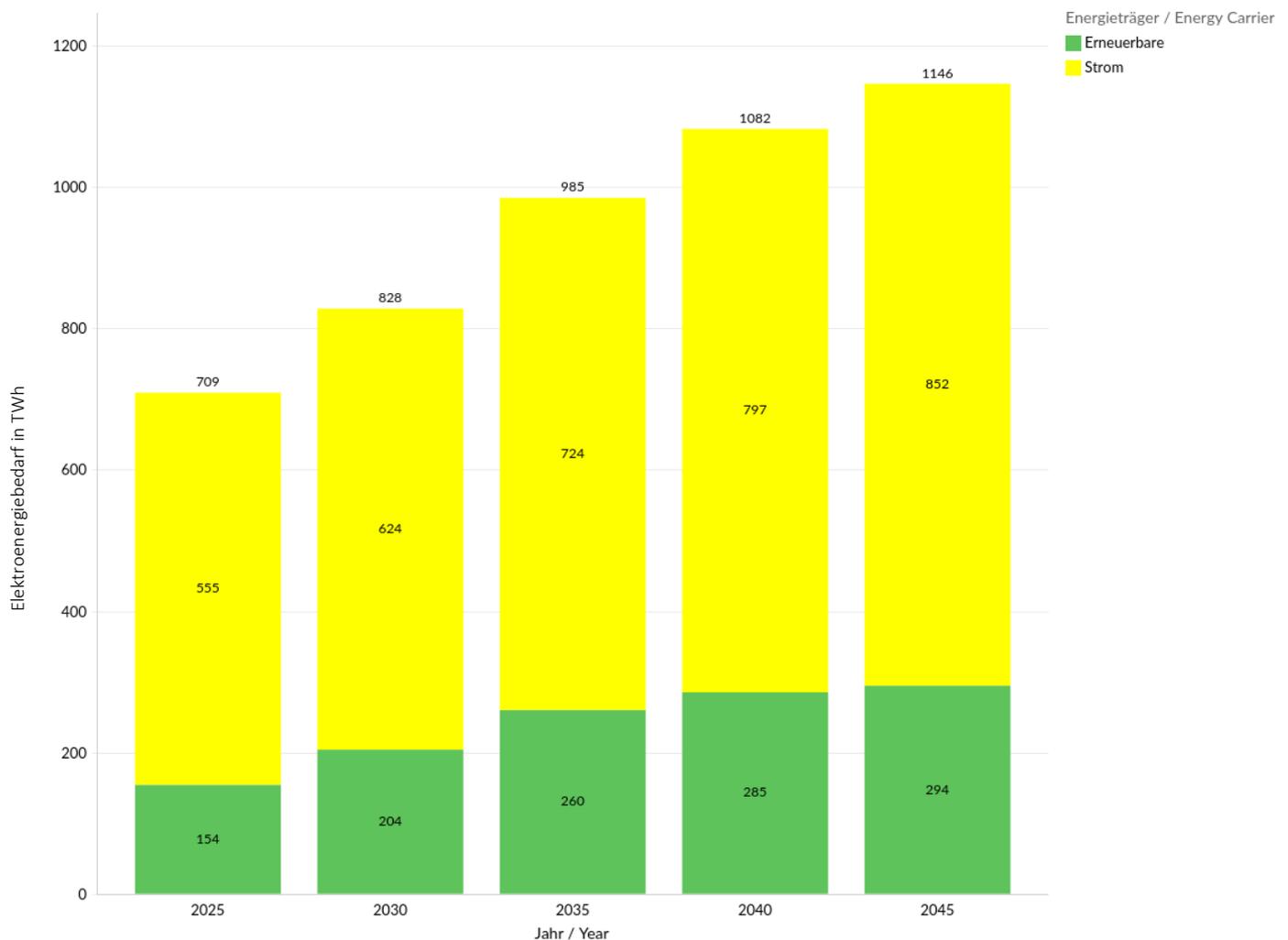


Abbildung 4: Elektroenergiebedarf in TWh bis 2045¹⁶

¹⁶ <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/...>, zuletzt abgerufen am 14. März 2024.

Geplanter Gesamtenergiebedarf (Wärme und Elektrizität)

Gleichzeitig wird prognostiziert, dass der Gesamtenergiebedarf durch eine Reduzierung der Anteile der Energieträger Kohle, Öl und Gas von aktuell etwa 2.400 TWh auf 1.600 TWh im Jahr 2045 sinkt (Abbildung 5).

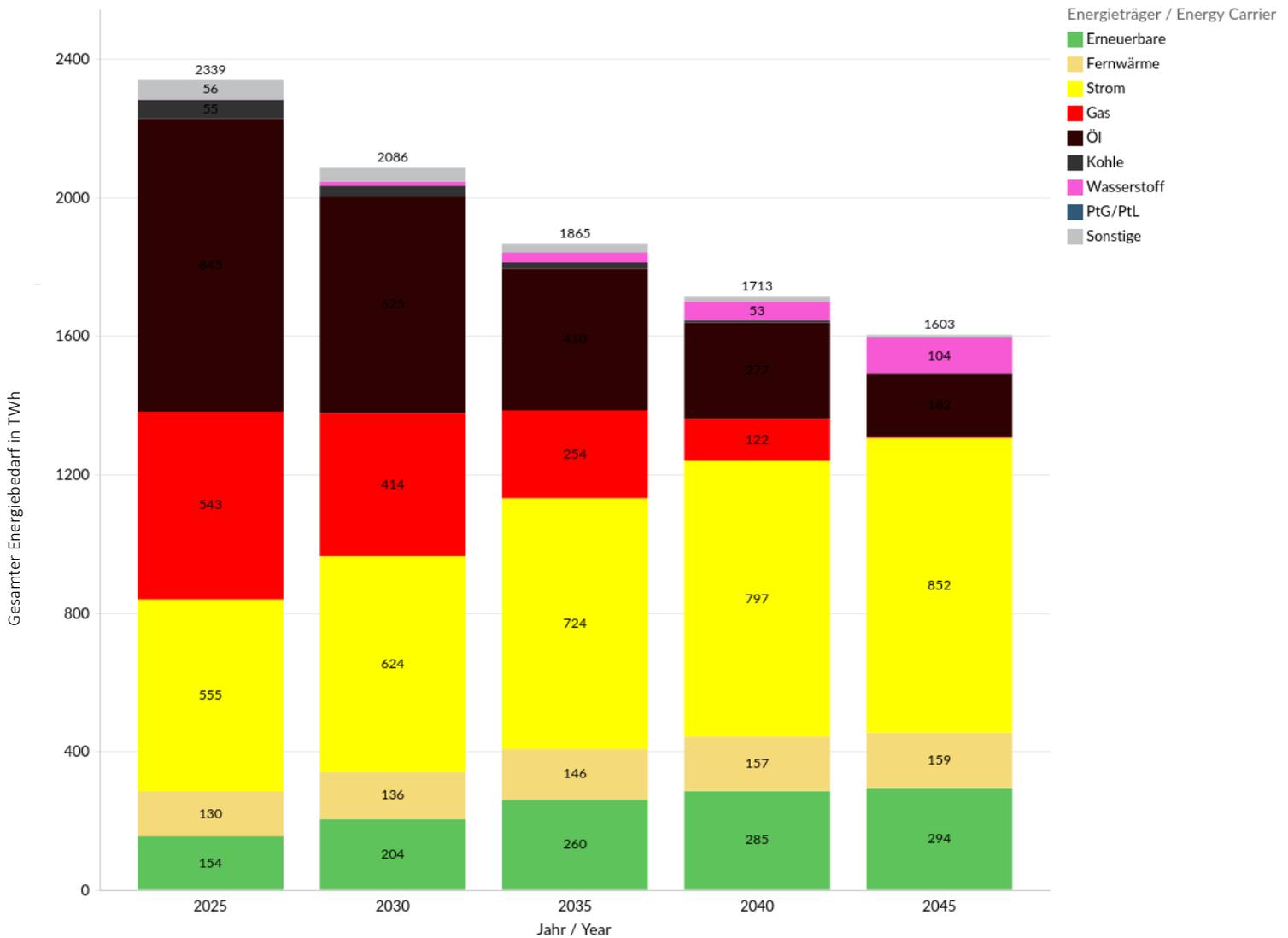


Abbildung 5: Gesamtenergiebedarf in TWh¹⁷

¹⁷ <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/...>, zuletzt abgerufen am 13. März 2024.

Geplante Leistung

Bis 2045 wird eine installierte Leistung von 700 GW angestrebt, darunter 400 GW aus Photovoltaik, 160 GW aus Wind an Land, 70 GW aus Offshore-Wind, 60 GW aus Wasserstoff und 10 GW aus Wasserkraft, Biomasse und anderen Quellen (Abbildung 6).

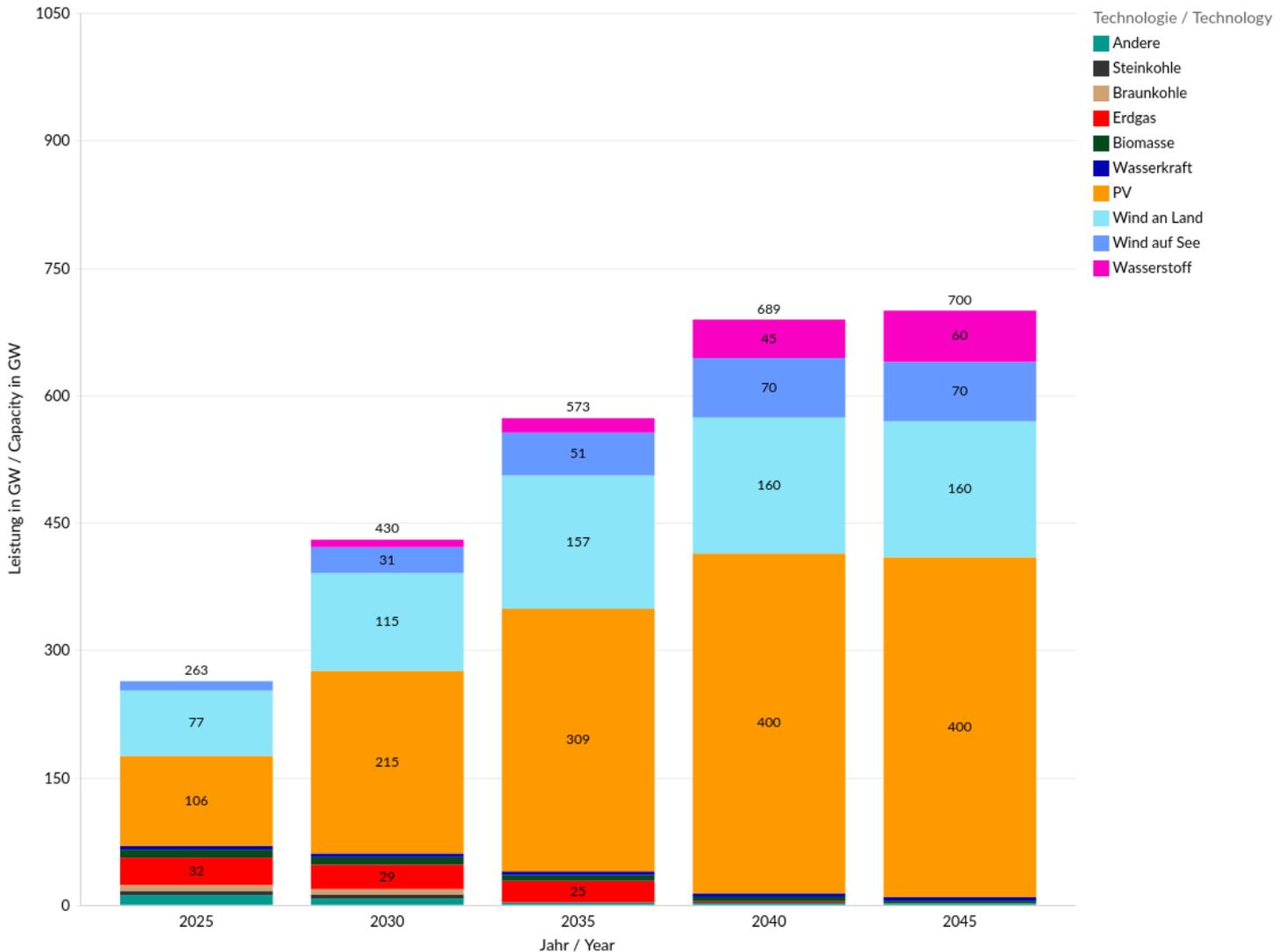


Abbildung 6: Geplante Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland bis 2045¹⁸

Laut dem Energiewendeindex von McKinsey sinkt die verfügbare Leistung zu Spitzenlastzeiten durch den Ausstieg aus konventionellen Energieträgern von heute 99 GW auf 90 GW im Jahr 2030. Gleichzeitig soll die Spitzenlast von heute rund 80 GW auf bis zu 120 GW im Jahr 2030 ansteigen, wodurch eine Stromlücke zwischen der verfügbaren Leistung zu Spitzenlastzeiten und der prognostizierten Spitzenlast von bis zu 30 GW droht (umgerechnet etwa 30 thermische Großkraftwerke).¹⁹

Die Darstellung aus dem Energiewendeindex von McKinsey weicht gegenüber den Analysen der Langfristszenarien ab, unterstreicht aber die Problematik der Stromlücke.

¹⁸ <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/>, zuletzt abgerufen am 19. April 2024.

¹⁹ <https://www.mckinsey.com/de/news/presse/2023-03-06-energiewende>, zuletzt abgerufen am 10. April 2024.

Geplante Stromerzeugung

Die Erzeugung soll bis 2045 auf ca. 1.200 TWh ansteigen, mit 90% aus erneuerbaren Energien und 10% Importanteil.

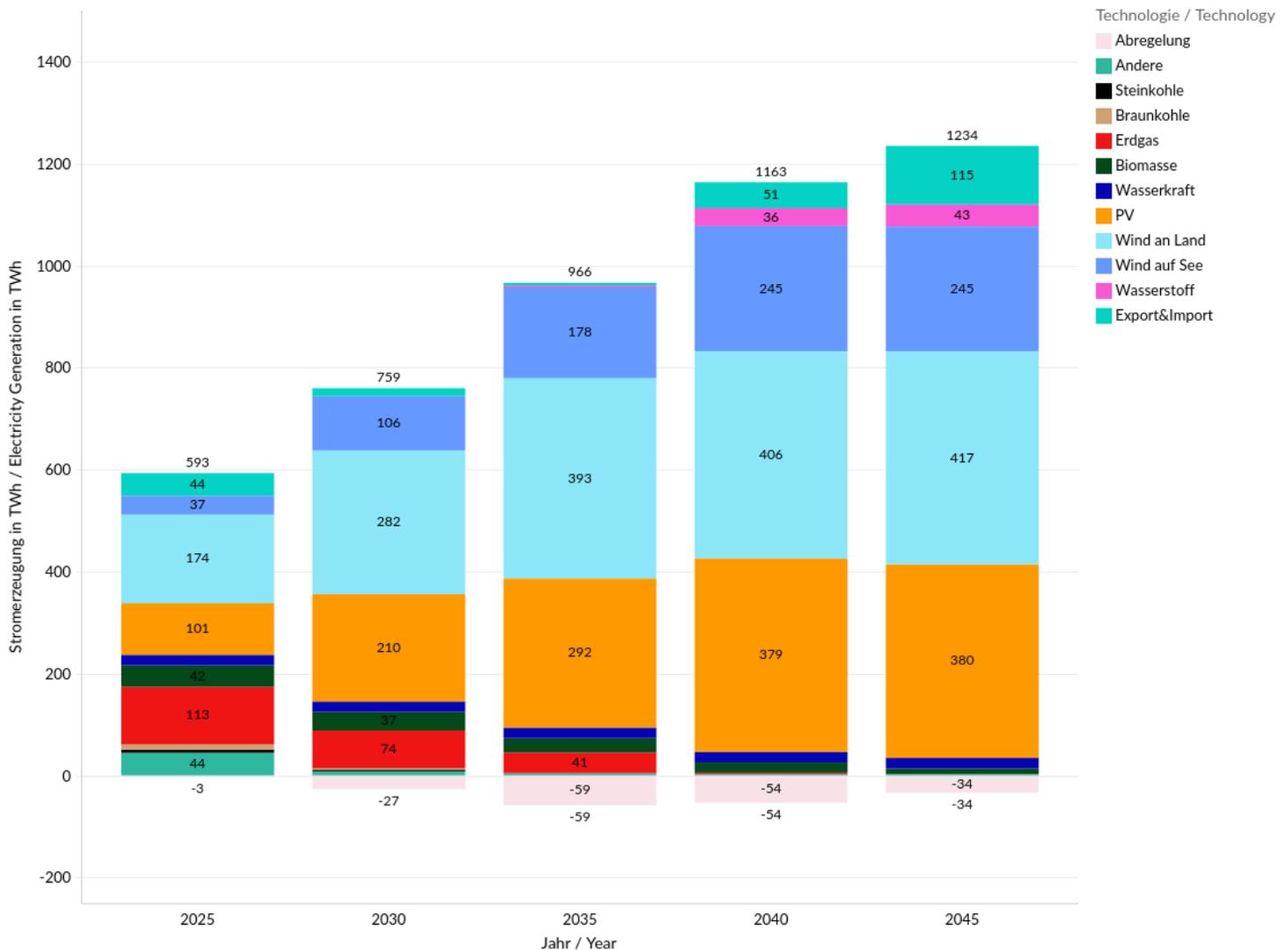


Abbildung 7: Geplante Stromerzeugung in Deutschland bis 2045²⁰

Die Grafiken der Langfristszenarien sind in sich un schlüssig. Eine tiefere Analyse dazu wurde zurückgestellt, da sie für die eigentliche Fragestellung der Recherche von untergeordneter Bedeutung ist.

²⁰ <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/>, zuletzt abgerufen am 19. April 2024.

	2024	2045
Installierte Leistung		
Erneuerbare Energien	167 GW	700 GW
Konventionell	78,5 GW	0 GW
Leistung gesamt	245 GW	700 GW
Bruttostromerzeugung		
Erneuerbare Energien	268 TWh	1.085 TWh
Konventionell	246 TWh	0 TWh
Erzeugung gesamt	514 TWh	1.085 TWh
Importierte Strommenge	9 TWh	115 TWh
Summe aus Erzeugung und Import	523 TWh	1.200 TWh

5.3 Versorgungssicherheit und Strompreis

Um ein Verständnis für die Debatte hinsichtlich der Versorgungssicherheit sowie der Stromkosten insbesondere der Systemkosten zu bekommen, wurden zwei Auszüge von dem BMWK und dem Bundesrechnungshof zusammengefasst und gegenübergestellt.

Auszug aus der Eröffnungsbilanz Klimaschutz des BMWK, Januar 2022

Das BMWK legt in der Eröffnungsbilanz Klimaschutz dar, dass die Sicherstellung der Energieversorgung und die Gestaltung eines zukunftsfähigen Strommarktes zunehmend durch die Förderung erneuerbarer Energien bestimmt werden.

Das BMWK schreibt: „Ange­sichts der **Preisentwicklungen für fossile Energien und CO₂-Emissionen** weltweit sowie der zunehmenden **Abhängigkeiten** ist inzwischen klar, dass die kostengünstige Stromversorgung der Bürgerinnen und Bürger sowie der deutschen Industrie nur dann gewährleistet ist, wenn die heimischen Erneuerbaren Energien massiv ausgebaut werden.“²¹

Die **geringen Stromgestehungskosten**, von 4 bis 5 ct/kWh entsprechen etwa der Hälfte der aktuellen Börsenstrompreise. Diese Energiequellen bieten eine **hohe Prognostizierbarkeit** und sind **unabhängig von politischen Krisen**, was sie zu einem stabilen Element der nationalen Energieversorgung macht.

Das BMWK plant, das Design des Strommarktes anzupassen, um den Übergang zu einem klimaneutralen System zu erleichtern. Eine geplante Plattform für ein „Klimaneutrales Stromsystem“ soll Vorschläge für eine Neugestaltung des Strommarktdesigns, den Einsatz von **Wasserstofftechnologien, Reformen bei Abgaben und Steuern** sowie die **Förderung dezentraler Energieerzeugung und Bürgerenergieprojekte** erarbeiten.

Mit der Zunahme von Wind- und Solarenergie am Energiemix gewinnen Maßnahmen zur Gewährleistung des Gleichgewichts zwischen Stromerzeugung und Stromnachfrage an Bedeutung. Hierzu zählen die Steigerung der **Nachfrageflexibilität**, die Förderung der **Integration des Strommarktes auf EU-Ebene**, der **Ausbau von Energiespeicherkapazitäten** und die **Intensivierung des Netzausbaus**. Zusätzlich wird die Bedeutung des **Baus moderner Gaskraftwerke**, die auf erneuerbare Brennstoffe umgestellt werden können („H₂-ready“), hervorgehoben, um die Versorgungssicherheit zu stärken.

²¹ [BMWK, 2022, Eröffnungsbilanz Klimaschutz, S. 16.](#)

Schließlich wird die kontinuierliche Anpassung und Erweiterung des **Monitorings der Versorgungssicherheit** betont, um die Kapazitäten der Energieerzeugung und die Systemsicherheit im Kontext des Kohleausstiegs und der zunehmenden Integration erneuerbarer Energien effektiv zu überwachen. Die Bundesnetzagentur übernimmt die integrierte Überwachung, um langfristige Herausforderungen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Zusammenfassung der Punkte des BMWK hinsichtlich Versorgungssicherheit und Strompreis:

- Sicherstellung der Energieversorgung durch Förderung erneuerbarer Energien.
- Die kostengünstigste Stromversorgung nur durch Erneuerbare Energie, aufgrund der geringen Stromgestehungskosten.
- Erneuerbare Energien über das Jahr hinweg verlässlich prognostizierbar, sicher vor politischen Krisen, dienen der öffentlichen Sicherheit, tragen zu unabhängiger Energieversorgung bei.
- Anpassung des Strommarktdesigns für den Übergang zu einem klimaneutralen System.
- Plattform für ein klimaneutrales Stromsystem zur Neugestaltung und Förderung von Technologien und Projekten.
- Maßnahmen wie Nachfrageflexibilität, EU-Integration, Speicherkapazitäten und Netzausbau.
- Bau von modernen, auf erneuerbare Brennstoffe umstellbaren Gaskraftwerken („H2-ready“).
- Kontinuierliche Anpassung des Monitorings der Versorgungssicherheit durch die Bundesnetzagentur.

Auszug aus dem Sonderbericht des Bundesrechnungshofs zur Energiewende, März 2024

Der Bundesrechnungshof bemängelt, dass die Bundesregierung bisher keine eindeutige Definition und spezifische Zielwerte für eine bezahlbare Energieversorgung formuliert hat, was für effektive Gegenmaßnahmen bei Bedarf notwendig wäre.²² Der Bundesrechnungshof hebt potenzielle Treiber für zukünftige Strompreiserhöhungen hervor, darunter eine **steigende Nachfrage durch die Elektrifizierung weiterer Sektoren, den Rückgang an gesicherten Stromerzeugungskapazitäten, den verzögerten Ausbau erneuerbarer Energien sowie Backup-Kapazitäten.**

Erhebliche zukünftige Kosten, die in den aktuellen Strompreisen noch nicht enthalten sind, resultieren aus dem **Bedarf an Netzausbau**. Die geschätzten Investitionsbedarfe bis zum Jahr 2045 belaufen sich auf mindestens 313,7 Milliarden Euro für Übertragungsnetze und zusätzliche Beträge für die Verteilernetze. Die Gesamtinvestitionen werden von der Bundesnetzagentur auf bis zu 150 Milliarden Euro geschätzt, während in den Medien von bis zu 250 Milliarden Euro die Rede ist. Auch die Kosten für das **Management von Netzengpässen**, die auf etwa 6,5 Milliarden Euro jährlich geschätzt werden, verdeutlichen den finanziellen Mehraufwand.

Bezüglich der Versorgungssicherheit äußert der Bundesrechnungshof ebenfalls ernsthafte Bedenken: Die Ausbauziele für Erneuerbare Energien, insbesondere **Wind an Land**, gemäß EEG 2023 werden voraussichtlich nicht erreicht, Unklarheiten bezüglich des Zeitplans der

²² [Bundesrechnungshof, 2024, S. 33/34.](#)

Kraftwerksstrategie und dadurch **fehlende Backup-Kapazitäten** gefährden die Versorgungssicherheit, der **Netzausbau** hinkt mit 6.000 km und 7 Jahren erheblich hinter den Zielen her. Weiterhin vermittelt der **Monitoringbericht zur Versorgungssicherheit** von Bundesregierung und Bundesnetzagentur ein zu optimistisches Bild basierend auf einem **„Best-Case“-Szenario**.

Die notwendige Transformation hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung durch den Ausbau erneuerbarer Energien führt nicht nur zu einer Veränderung der Kostenstruktur im Energiemarkt, sondern hat auch **Auswirkungen auf die Umwelt**. Insbesondere die Inanspruchnahme knapper Flächen und Ressourcen sowie potenzielle Beeinträchtigungen der biologischen Vielfalt rücken dabei in den Fokus. Darüber hinaus weist der Bundesrechnungshof darauf hin, dass der derzeitige Schwerpunkt des Monitorings auf **klimabezogenen Aspekten** liegt und dabei andere wichtige **Schutzgüter wie Biodiversität, kulturelles Erbe und ökologische Belange** vernachlässigt werden könnten.

Zusammenfassung der Punkte des Bundesrechnungshofs hinsichtlich Versorgungssicherheit und Strompreis:

- Bundesregierung definiert keine klaren Ziele für bezahlbare Energieversorgung.
- Potenzielle Strompreistreiber: erhöhte Elektrifizierungsnachfrage, Rückgang gesicherter Kapazitäten, verzögerter Ausbau erneuerbarer Energien.
- Zukünftige Kosten für Netzausbau: geschätzt auf mindestens 313,7 Milliarden Euro bis 2045, mit Diskrepanzen in Schätzungen zwischen BNetzA und Medienberichten.
- Netzengpassmanagement kostet jährlich etwa 6,5 Milliarden Euro.
- Versorgungssicherheit bedroht durch unerfüllte Ausbauziele für Erneuerbare Energien und Verzögerungen bei Kraftwerksstrategie.
- Netzausbau erheblich hinter Zielen (6.000 km, 7 Jahre Verzug).
- Monitoringbericht zur Versorgungssicherheit gibt ein zu optimistisches Bild ab, setzt den Fokus zu sehr auf klimatische Belange und vernachlässige andere Schutzgüter.

6. Zusammenfassung

Dieser Abschnitt fasst die Kernpunkte hinsichtlich der Energiequellen, Versorgungssicherheit und Kostenstruktur zusammen.

Welche Energiequellen sollen genutzt werden?

Die Strategie der Bundesregierung fokussiert sich auf den massiven Ausbau erneuerbarer Energien, insbesondere Windkraft und Photovoltaik, ergänzt durch Wasserstofftechnologien für Speicherung und Rückverstromung. Diese Ausrichtung wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2023 vorgegeben und zielt darauf ab, bis 2030 mindestens 80% des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen zu decken, bis 2045 beinahe vollständig. Biomasse und Wasserkraft spielen eine geringere Rolle, im Vergleich zu Wind und Sonne. Der Import von Strom soll zudem zur Deckung des Bedarfs beitragen, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen und Kosten zu optimieren. Trotz der aktuellen Debatte um die Nutzung der Kernenergie, wird sich auf erneuerbare Quellen konzentriert, um die Klimaziele zu erreichen. Neue technologische Entwicklungen und die Marktdynamik werden kontinuierlich evaluiert, um die Strategie gegebenenfalls anzupassen.

Wie ist mit diesen Quellen die 100%ige Versorgungssicherheit zu gewährleisten?

Die Herausforderung der Versorgungssicherheit bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien wird durch den Einsatz verschiedener Technologien und Strategien angegangen. Dazu gehören die Energiespeicherung, Flexibilisierung der Stromnachfrage, der Ausbau der Netzinfrastruktur und grenzüberschreitender Verbindungen. Gaskraftwerke, die zunehmend auf Wasserstoff umgestellt werden („H2-ready“), dienen als flexible Backup-Systeme, um Versorgungslücken bei geringer Erzeugung aus Wind und Sonne zu schließen. Die Anpassungsfähigkeit des Systems an variierende Erzeugungsbedingungen und die Intensivierung des europäischen Energieaustauschs sind entscheidend für die Ausrechterhaltung der Versorgungssicherheit.

Was kostet die kWh Strom?

Die Kosten pro kWh Strom sind scheinbar schwer zu quantifizieren, da sie von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, darunter die Marktentwicklung, politische Entscheidungen bezüglich Steuern, Abgaben und Umlagen sowie Kosten für den Ausbau und Betrieb des zukünftigen Energiesystems.²³ Es wird deutlich, dass die Transformation des Energiesystems erhebliche Investitionen erfordert, die sich langfristig auf die Strompreise auswirken. Neben der reinen Erzeugungskostenbetrachtung sind Investitionen in die Infrastruktur, Technologieförderung und die Integration neuer Speichertechnologien wesentliche Faktoren.

7. Fazit

Ausgehend von einer 100%igen Versorgungssicherheit sollten im Rahmen der Recherche das für die Energiewende geplante **Ausbaukonzept** (Wind, Sonne, andere), sowie die damit einhergehenden zukünftigen **Energiekosten** untersucht werden.

Das geplante Ausbaukonzept ist in der Systementwicklungsstrategie und den Langfristszenarien dargestellt und sieht bis 2030 eine installierte Leistung von 430 GW, bestehend aus erneuerbaren Energien vor, bei einer prognostizierten Spitzenbedarfslast von 120 GW.

Die für das viertgrößte Industrieland der Welt essenzielle Frage nach den Energiekosten bleibt hingegen unbeantwortet. Das BMWK zieht sich hierbei auf gegenwärtige Gestehungskosten von 4 bis 5 ct/kWh zurück, was als bewusst oder unbewusst irreführend bezeichnet werden muss. Es bleiben sämtliche mit der Umstrukturierung eines Energiesystems verbundenen Kosten, wie Netzausbau, Netzengpassmanagement und der Bau von modernen Backup-Kraftwerken unberücksichtigt.

Die kritische Gegenüberstellung der für das Jahr 2030 angenommenen Spitzenbedarfslast von 120 GW zu der dann installierten Leistung von 430 GW ist nirgends zu finden. Erhöht man die große installierte Leistung die Grundlastfähigkeit des Gesamtsystems, so gehen zum anderen doch mit der im Vergleich zur Bedarfslast überproportional installierten Leistung erhebliche Investitions-, Betriebs- und Entsorgungskosten, sowie ein erheblicher zusätzlicher Flächenverbrauch einher.

²³ Ebenfalls der [Deutschland-Monitor von Deutsche Bank Research, 2023, Kosten der Stromerzeugung](#).

Selbst bei einer fast um den Faktor 4 „überinstallierten“ Leistung im Vergleich zur Spitzenbedarfslast geht das BMWK bis 2030 von einer ca. 2%igen Stromimportrate aus, Tendenz steigend auf 10% bei wachsendem Strombedarf über 1.200 TWh bis 2045. Zum einen steigt dadurch die Abhängigkeit, zum anderen muss die Frage gestellt werden: Was, wenn alle anderen europäischen Länder ebenso auf 100% erneuerbare Energien setzen? Wie soll dann die Versorgungssicherheit aufrechterhalten werden?

Weiterhin wird von einem marktgetriebenen Zubau von Technologien gesprochen. Hier erscheint eine Debatte notwendig, um den marktgetriebenen Zubau im Kontrast zu den durch das EEG 2023 festgelegten Ausbauzielen näher zu erörtern. Wie funktioniert eigentlich ein Markt im Kontext der Energiewende und was bedeutet „marktgetrieben“ in einem regulierten Umfeld?

In dem Zwischenbericht zur Systementwicklungsstrategie heißt es, dass im Zuge des Transformationsprozesses auf technologische Entwicklungen und Umweltveränderungen reagiert wird, ohne dabei die Ziele der Versorgungssicherheit und Kosteneffizienz zu verletzen. **Ohne konkretes Konzept mit entsprechenden Zielwerten und Definitionen zur Versorgungssicherheit und Kosten erscheint ein plausibles Monitoring jedoch nicht möglich.** Diese Art und Weise der Argumentation findet sich ebenfalls in der Eröffnungsbilanz Klimaschutz des BMWK wieder und steht beispielhaft dafür, dass es sich bei der Energiewende momentan um ein Experiment handelt. Zufälligerweise wurde parallel zur Erstellung dieser Recherche der Bericht des Bundesrechnungshofs veröffentlicht, der die Rechercheergebnisse stützt.

Auslöser für diese Recherche war die Ungewissheit darüber, ob im Zuge der Energiewende eine Abwägung hinsichtlich der sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekte stattfindet. Die politischen Ziele basieren auf einer klimatischen Perspektive mit CO₂-Einsparungen als absolute Prämisse. Eine Abwägung hinsichtlich weiterer Aspekte samt öffentlicher Diskussion scheint zu fehlen.

Fragestellungen für weiterführende Recherchen:

- Auf welcher Grundlage wurden und werden Gesetzesänderungen verabschiedet, wenn noch kein konkretes Konzept vorliegt?
- Bis wann macht der Zubau von Erneuerbaren Energien ökonomisch, ökologisch und sozial Sinn? Wann ist der Kipppunkt erreicht? Wo findet eine Abwägung hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten statt?
- Wo werden Zielgrößen für das Monitoring festgelegt?
- Welche Prognosen gibt es für den Elektroenergiebedarf bis 2045 hinsichtlich der Grund- und Spitzenlast?

Berlin, den 19. April 2024

Joshua Schulz – EFWW Engineers GmbH