

STUDIE

# Kurzstudie zum „Energiewende-Monitoring“

Grundlage für die Modernisierung unserer Energieinfrastruktur oder selbsterfüllende Prophezeiung zur Bremsung der Energiewende?

Dr. Tim Meyer, 3EPunkt, im Auftrag von Germanwatch



## Zusammenfassung

Die Kurzstudie untersucht den von der Bundesregierung vergebenen Auftrag für ein Energiewende-Monitoring sowie die Studien, auf denen das Monitoring beruhen soll. Sie zeigt gravierende Mängel in der Auftragsbeschreibung auf und findet in den zugrunde gelegten Energiewende-Szenarien keine Belege für die Notwendigkeit einer „Neuausrichtung“ der Energiepolitik. Die in den vergangenen Monaten von einer Reihe von Studien identifizierten massiven Einsparpotentiale unter anderem durch einen verzögerten Ausbau der Erneuerbaren werden in diesen nicht ausreichend belegt. Im Ergebnis drohen durch die derzeitige Verengung der Diskussion auf kurzfristige Annahmen zum Stromverbrauch drängende politische Handlungsbedarfe und ökonomische Chancen verpasst zu werden.

## Impressum

**Autor:innen:**

Dr. Tim Meyer, 3EPunkt

Mit Unterstützung von Philipp Diesing, Reiner Lemoine Kolleg

**Redaktion:**

Simon Wolf

**Herausgeber:**

Germanwatch e.V.

Büro Bonn:

Dr. Werner-Schuster-Haus

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Telefon +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

Büro Berlin:

Stresemannstr. 72

D-10963 Berlin

Telefon +49 (0)30 / 5771328-0, Fax -11

Internet: [www.germanwatch.org](http://www.germanwatch.org)

E-Mail: [info@germanwatch.org](mailto:info@germanwatch.org)

30. Juli 2025

**Zitiervorschlag:**

Meyer, T., 2025, Kurzstudie zum „Energiewende-Monitoring“: Grundlage für die Modernisierung unserer Energieinfrastruktur oder selbsterfüllende Prophezeiung zur Bremsung der Energiewende?, hrsg. v. Germanwatch e.V.

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter:

<https://www.germanwatch.org/de/93225>

Sofern keine anderen Copyright-Hinweise vorliegen, stehen Abbildungen dieser Publikation unter der Lizenz [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Der Urhebervermerk lautet bei Weiterverwendung: Germanwatch e.V., Tim Meyer, 2025 | CC BY-NC-ND 4.0.

# Hintergrund

Die Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag ein Energiewende-Monitoring angekündigt, das unter anderem den zu erwartenden Strombedarf sowie den Ausbau der Erneuerbaren Energien überprüfen soll. Die Ergebnisse des Monitorings sollen bis September 2025 vorliegen.

Laut Bundeswirtschaftsministerin Katharina Reiche soll das Monitoring dazu beitragen, die Kosten der Energieversorgung deutlich zu senken. Sie kritisiert das aus ihrer Sicht „völlig unrealistische und völlig überzogene Erneuerbaren-Ziel“, stattdessen brauche es mehr steuerbare Kapazitäten wie Gaskraftwerke. Unterstützung erhält Reiche dabei von einer Reihe von Energiewende-Studien, die in den vergangenen Monaten und begleitet von hoher medialer Aufmerksamkeit Einsparpotentiale bei der Energiewende von mehreren hundert Milliarden Euro identifiziert haben – nicht zuletzt durch eine Anpassung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien und der Stromnetze sowie einer größeren Rolle für fossile Brennstoffe in Form von blauem Wasserstoff oder Kraftwerken mit CCS. Diese Studien sind auch als Grundlage für das Energiewende-Monitoring vorgesehen.

Germanwatch hat beim Energie-Experten Dr. Tim Meyer eine Kurzstudie in Auftrag gegeben, die sowohl die Auftragsbeschreibung für das Energiewende-Monitoring als auch die genannten Studien einer kritischen Betrachtung unterzieht. Das Ergebnis: Weder können diese Studien die Kosteneinsparpotentiale durch einen langsameren Zubau der Erneuerbaren, noch den zum Teil sehr hohen Zubau-Bedarf an Gaskraftwerken schlüssig belegen. Zudem erreichen einige der in den Studien enthaltenen Szenarien nicht das in Deutschland grundgesetzlich verankerte Ziel der Klimaneutralität bis 2045. Durch die Ausrichtung des Monitorings und die Verengung der Diskussion auf kurzfristige Stromverbrauchs-Annahmen drohe die Bundesregierung, die eigentlich drängenden Handlungsbedarfe zu verpassen. Die Kurzstudie identifiziert auch No-regret-Maßnahmen für die Energiewende, die über alle Studien zur Energiewende hinweg geteilt werden, insbesondere eine schnellere Elektrifizierung aller Verbrauchssektoren sowie die Ertüchtigung und Digitalisierung der Verteilnetze. Aus den Erkenntnissen ergeben sich aus Sicht von Germanwatch wichtige Schlussfolgerungen sowohl für das geplante Energiewende-Monitoring als auch für die weitere Gestaltung der Energiewende.

## Kernbotschaften und politische Handlungsempfehlungen von Germanwatch

### Für das Energiewende-Monitoring:

- Deutschland hat sich im Klimaschutzgesetz und inzwischen auch im Grundgesetz zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 verpflichtet, dieses Ziel wurde im Koalitionsvertrag bekräftigt. **Szenarien, die das Klimaziel 2045 nicht erreichen, dürfen daher nicht Grundlage des Monitoringberichts sein.**
- Kostensenkungen sind eine zentrale Motivation für das Energiewende-Monitoring. Dass bei der Umsetzung der Energiewende Kostensenkungen möglich und notwendig sind, ist unstrittig. In den zugrunde gelegten Studien werden als hoch ausgewiesene Einsparpotentiale in vielen Fällen aber nicht erklärt und aus den zugrundeliegenden Annahmen ausreichend transparent hergeleitet. Soweit nachvollziehbar, ergeben sich Einsparungspotentiale zu größten Teilen nicht aus der Reduktion der Ausbauziele erneuerbarer Energien. **In einem methodisch seriösen Monitoringbericht dürfen daher nur Kosteneinsparpotentiale aufgeführt werden, die transparent und nachvollziehbar hergeleitet werden.**

- Der erwartete Stromverbrauch ist ein wichtiger Ausgangspunkt für das Energiewende-Monitoring. Dieser ist jedoch nicht exogen gegeben, sondern hängt in hohem Maß von politischen Maßnahmen zum Erreichen der notwendigen Geschwindigkeit der Elektrifizierung in verschiedenen Sektoren ab. Dementsprechend ist **zentral, dass der Monitoringbericht darlegt, wie die Elektrifizierung im zeitlichen Verlauf in den verschiedenen Sektoren stattfindet bzw. wo nachgesteuert werden muss, um mit dem erwarteten Stromverbrauch die jeweiligen sektoralen Klimaziele zu erreichen.** Im Sinne des vom Bundesverfassungsgericht zugrunde gelegten Budget-Ansatzes muss der Bericht auch aufzeigen, **wie sich darauf basierend die gesamtwirtschaftlichen Emissionen im Zeitverlauf und als kumulierte Emissionen bis 2045 entwickeln.**
- Einige der dem Monitoring zugrunde gelegten Studien setzen stark auf eine fossil basierte Stromerzeugung mit blauem Wasserstoff oder unter Nutzung von CCS. Für die klimapolitische Bewertung ist zentral, dass der Monitoringbericht **bei der Diskussion der Nutzung von thermischen Kraftwerken für die in Betracht gezogenen technologischen Alternativen die zu erwartenden Emissionswerte (inkl. Vorkettenemissionen) bewertet und, wo relevant, Umrüstungszeiträume sowie die entstehenden Kosten inklusive der benötigten Infrastrukturen darstellt.** Wo die Nutzung von Gaskraftwerken mit CCS bzw. blauem Wasserstoff insbesondere über den Zeitraum 2045 hinaus vorgesehen ist, sollten **die zu erwartenden Restemissionen sowie die Art und Kosten des Ausgleichs dieser Emissionen durch Negativemissionen angegeben werden.**

### Zentrale Weichenstellungen für die weitere Gestaltung der Energiewende:

- Die größte Übereinstimmung in den dem Monitoring zugrunde gelegten Energiewende-Studien herrscht dahingehend, dass einerseits die beschleunigte Elektrifizierung von Verkehr, Wärme und Industrie und andererseits die Modernisierung von Infrastruktur und Wirtschaft zentrale Schlüssel für eine bezahlbare und erfolgreiche Energiewende sind. Deutschland hinkt hier im internationalen Vergleich hinterher. **Die Bundesregierung sollte daher eine Strategie und Sofortmaßnahmen für die Beschleunigung der Elektrifizierung inklusive der dafür notwendigen Finanzierung vorlegen. Das sollte sich unter anderem im für den Herbst vorgesehenen Klimaschutzprogramm abbilden.**
- Eine zentrale Baustelle der Energiewende sind aus Sicht der meisten betrachteten Studien die Ertüchtigung und Digitalisierung der Verteilnetze, um Speichertechnologien und Flexibilitäten besser einbinden zu können. Statt zu riskieren, die Energiewende ein weiteres Mal auszubremsen, **sollte die Bundesregierung den Fokus auf diese Herausforderungen legen, um die Energiewende kostengünstig zu beschleunigen.**

# Kurzstudie „Monitoringbericht“

Grundlage für die Modernisierung unserer Energieinfrastruktur oder selbsterfüllende Prophezeiung zur Bremsung der Energiewende?

Hamburg, 28.07.2025

## Motivation und Auftragsbeschreibung 3EPunkt

Die Energiewende ist vermutlich das größte Modernisierungsprojekt von Wirtschaft und Infrastruktur seit Wiederaufbau und Wiedervereinigung. Daher ist es richtig und wichtig, regelmäßig Sachstand und Handlungsbedarfe zur Nachsteuerung zu prüfen. In diesem Sinn hat die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag ein Energiewende-Monitoring angekündigt. Der vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWE) beauftragte Bericht soll Anfang September vorgestellt werden und als Grundlage für eine „Neuausrichtung“ der deutschen Energiepolitik dienen.

Die entscheidende Frage ist jedoch, in welcher Struktur und mit welcher Ziel- und Aufgabenstellung ein Monitoring beauftragt und durchgeführt wird. Äußerungen von Wirtschaftsministerin Reiche über das Erfordernis eines „Realitätschecks“ und eine Neuausrichtung der Energiewende, z.B. auf dem jüngsten Tag der Industrie, legen nahe, dass sie an der aktuellen Zielstellung der Energiewende selbst zweifelt. Der Monitoringbericht könnte dann weniger der Identifikation tatsächlich notwendiger Nachjustierungen und Optimierungen der Energiewende dienen, als möglicherweise einer gezielten und selektiven Dokumentation von Argumenten dafür, ihr Ambitionsniveau deutlich zu senken und länger auf fossile Strukturen der Energieversorgung zu setzen. Damit drohen Rückschritte sowohl beim Klimaschutz als auch bei der Modernisierung von Wirtschaft und Infrastruktur in Deutschland.

Ausgangspunkt dieser Kurzstudie ist die Beobachtung, dass die Energiewende tatsächlich eine Schiefelage aufweist und akuter Handlungsbedarf bei ihrer Justierung besteht. Einerseits entstehen im jetzigen Regulierungsrahmen unnötig hohe Kosten und andererseits droht das Tempo des Umbaus aufgrund von Nachholbedarfen insb. im Verteilnetz und bei der Elektrifizierung des Mobilitäts- und Wärmesektors zu sinken. Vor diesem Hintergrund analysiert diese Kurzstudie den Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWE) für den Monitoringbericht methodisch und ordnet ihn kritisch ein. Sie prüft und erläutert dazu auch die dem Bericht zugrunde gelegten Energiewende-Szenarien, ihre Vorgehensweisen, Prämissen und Ergebnisse. So hilft sie, relevante Grundlagen und Limitierungen der im Monitoringbericht untersuchten Szenarien besser zu verstehen und dadurch den Monitoringbericht selbst und die Schlussfolgerungen des BMWE daraus sachlich fundiert hinterfragen und einzuordnen zu können. Welche konkreten Mengengerüste enthalten die zugrunde gelegten Studien beispielsweise bei Stromverbräuchen und Kraftwerksparks, welche Analysen und Botschaften? Welche nachvollziehbaren Belege führen sie dafür an, von welchen Prämissen der Auftraggeber hängen diese ab?

Zur Beantwortung dieser Fragen hat Germanwatch die Unternehmensberatung 3EPunkt / Dr. Tim Meyer mit der vorliegenden Kurzstudie beauftragt. Dabei sollte neben einer qualitativen und quantitativen Analyse der Szenarien, die dem Monitoringbericht zugrunde gelegt werden, bewusst auch eine politisch-strategische Einordnung aus energiewirtschaftlicher Sicht erfolgen. Ein Schwerpunkt sollte dabei auf den Szenarien von wirtschaftlichen Akteuren wie EnBW, BDI, McKinsey und 50Hertz liegen, da diese ebenfalls dem Monitoringbericht zugrunde gelegt werden. Auch kreist die öffentliche Debatte stark um die in diesen Szenarien angenommenen niedrigeren Stromverbräuche und Kosten. Die konkreten Fragestellungen des Auftrags waren

1. Welches Leistungsbild umfasst der Auftrag des BMWE zum Monitoringbericht? Gibt der Auftrag ggfs. bestimmte Tendenzen oder Zielrichtungen vor und wenn ja, welche?
2. Was leisten energiewirtschaftliche Szenarien? Welche konkrete Aussagekraft haben die in ihnen enthaltenen Berechnungen bzgl. ihrer Methodik und der verfügbaren Daten grundsätzlich? Welche konkreten Schlüsse lassen sich aus den vom BMWE benannten Studien ziehen?
3. Welchen politisch-wirtschaftlichen Rahmen setzen die Studien an und welchen der Auftrag des BMWE?
4. Welche konkreten quantitativen Aussagen machen die Studien und wie sind diese belegt, insbesondere die enthaltenen Kostenschätzungen bzw. -einsparpotentiale? Welche energiepolitischen Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen sprechen sie aus?

## Zusammenfassung und Gliederung der Kurzstudie „Monitoringbericht“

### 1. Die Energiewende befindet sich im Schiefstand, aber Lösungen stehen bereit.

Die Energiewende wurde zu lange als reine Stromerzeugungswende betrieben. Flexibilisierung des Systems, Modernisierung der Netze und Sektorenkopplung hinken hinterher. Lösungen zum Aufholen verlorener Zeit stehen bereit, insbesondere Batteriespeicher und Digitalisierung.

### 2. Die Kernfrage lautet: „Schnelles Bremsen“ oder „Langsames Beschleunigen“?

Auftrag zum Monitoring weist klare Präferenzen aus und lässt wichtige Fragen außen vor. Das BMWV scheint Rolle eines Beobachters der Transformation einnehmen zu wollen, nicht eines Gestalters. Monitoringbericht droht so zu selbsterfüllender Prophezeiung für Ausbremsen der Energiewende zu werden statt Grundlage für Behebung ihrer Schwachstellen.

### 3. Szenarien sind keine Vorhersagen, sondern Spiegel ihrer Prämissen. Sie schreiben aktuelle Trends fort und bilden Wirkung politischen Handelns nicht ab

Szenarienrechnungen sind komplexe Modellierungen gesamter Volkswirtschaften und Infrastrukturen über 30 Jahre. Die Entwicklung der modellierten Kraftwerksparks, von Infrastrukturkosten und Marktpreisen wird von unzähligen Annahmen bestimmt. Kurzfristige Regulierungsänderungen, strukturelle Reformen und absehbare Innovationen bei Flexibilisierung wie vehicle-to-grid werden nicht abgebildet.

### 4. Hohe Bandbreiten + geringe Transparenz bedeuten geringe Vergleichbarkeit

Modellanbieter verfügen über mehrere Szenarien mit unterschiedlichen Storylines und Parametern. Bandbreiten von 50 - 100% auch bei Parametern wie dem Stromverbrauch sind die Regel. Szenarienauswahl und Interpretation der Ergebnisse setzen Offenlegung und kritische Prüfung aller Prämissen und Modellansätze voraus.

### 5. Weder Bremsen des EE-Ausbaus noch 20 GW Gaskraftwerke begründbar: ausgewiesene Kostensenkungen dazu sind nicht belegt oder widersprüchlich

Auch vielen für den Monitoringbericht hinzugezogenen Szenarien von Marktteilnehmern sind hohe EE-Ausbauziele gemein. Daneben fallen deutliche Unterschiede insb. beim Ausbau von Gaskraftwerken und Nutzung von blauem Wasserstoff auf. Annahmen sind nicht transparent, die zu erzielenden Einsparungen nicht belegt und teilweise sogar widersprüchlich. Als Entscheidungsgrundlage scheiden viele Szenarien so aus.

### 6. Skalierung dezentraler Energietechnik wird systematisch unterschätzt

Massenfertigung hat hohe Lern- und Innovationsraten. Dezentrale Energietechnik wie PV & Speicher wird systematisch unterschätzt. Auch dem Monitoringbericht hinterlegte Szenarien vollziehen Entwicklung insb. bei Speichern ex post nach und unterstellen gleichzeitig ex ante heute nicht existente Entwicklung bei Großtechnik.

### 7. Einsparungen sind möglich, aber nicht durch Verschiebung der Energiewende

Hoher Handlungsdruck im Energiesektor und beim Klimaschutz geht auf vorherige Verschleppungen zurück. Teilweise überhöhte Kosten der Energiewende sind auf Nachholbedarfe in politisch vernachlässigten Themenfeldern zurückzuführen. Weitere Verschiebungen erscheinen daher als Lösung nicht intuitiv. Gleichzeitig blendet der Auftrag zum Monitoringbericht industriepolitische Perspektiven weitgehend aus und ihm fehlen Gesamtbilanzen weiterer Verzögerungen z.B. bei der Modernisierung der Stromnetze und der Transformation der Wirtschaft.

### 8. Klimaneutralität ist in Szenarien von Marktakteuren nicht gegeben oder belegt

In den meisten von Marktakteuren hinzugezogenen Szenarien wird Klimaneutralität nicht belegt. In einigen ist sie explizit nicht gegeben oder nicht untersucht. Schlussfolgerungen und Empfehlungen, die von nicht klimaneutralen Szenarien ausgehen, dürfen in den Monitoringbericht nicht eingehen.

### 9. Fazit: die meisten Szenarien sind in großen Teilen progressiv, ein Bedarf nach „Neuausrichtung“ der Energiewende aus den Szenarien nicht abzuleiten

Notwendig ist aber ein klarer Fokus auf bisher vernachlässigte Themenfelder, jenseits von Stromverbrauchsprognosen und Gaskraftwerkszubau. Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung der Elektrifizierung aller Sektoren sowie der Modernisierung, Flexibilisierung und Digitalisierung der Netze sind szenarienübergreifend „no regret“ und müssen politisch gestaltet werden. Unnötige Systembrüche und weitere Marktverunsicherung oder gar eine „Bremsung Energiewende 2.0“ erschweren Zielerreichung und müssen vermieden werden.

## 1. Die Energiewende befindet sich im Schiefstand, aber Lösungen stehen bereit

*Die Energiewende wurde zu lange als reine Stromerzeugungswende betrieben. Flexibilisierung des Systems, Modernisierung der Netze und Sektorenkopplung hinken hinterher. Lösungen zum Aufholen verlorener Zeit stehen bereit, insbesondere Batteriespeicher und Digitalisierung.*

Spätestens mit Einführung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 war der Startschuss für die Energiewende in Deutschland gefallen. Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der deutschen Stromerzeugung wuchs über die Jahre und Legislaturperioden hinweg in variierendem Tempo, aber kontinuierlich. Im Jahr 2019 trugen die erneuerbaren Energien erstmalig über 40% zur deutschen Stromerzeugung bei<sup>1</sup>. Doch bis zu diesem Zeitpunkt waren neben dem Ausbau grüner Stromerzeugung und den Beschlüssen zum Ausstieg aus der Atomenergie kaum Weichenstellungen zur System- und Marktintegration oder auch nur Planungen für eine integrierte, sektorübergreifende Transformation der Energieversorgung erfolgt. In den Prognosen für zukünftige Stromverbräuche fand keine Elektrifizierung der Wärme- und Mobilitätssektoren oder gar der energieintensiven Industrie statt. Infrastruktur und Organisation der Verteilnetze zur Flexibilisierung und Digitalisierung, zur Aufnahme von Millionen neuen Verbrauchern und Erzeugern oder für neue, digitale Geschäftsmodelle waren nicht vorbereitet. Erst in den letzten Jahren wurden entsprechende Planungsprämissen, integrierte Systemstrategien und weitere grundlegende Elemente einer integrierten Energiewende angepasst und geschaffen – über 20 Jahre nach ihrem Start. Aber auch dies geschah nicht vollständig. Insbesondere wurde versäumt, die Geschwindigkeit bei der Markt- und Systemintegration der erneuerbaren Energien, bei der Flexibilisierung und dem Zubau systemdienlicher Batteriespeicher auf dasselbe Niveau wie den Ausbau der Solar- und Windenergie zu bringen.

Der immense Erfolg beim Ausbau der erneuerbaren Energien der letzten Jahrzehnte und zuletzt bei der erneuten Beschleunigung dieses Ausbaus hat dazu geführt, dass heute in Deutschland Symptome von Schiefständen im Markt zu beobachten sind, die auch aus anderen Ländern bekannt sind: erhöhter Redispatch und damit verbundene Kosten, zunehmende Zeiten negativer Preise, zunehmend überlastete und überforderte Netzbetreiber inkl. deren Infrastrukturen, zunehmende Bearbeitungszeiten von Anschlussbegehren und teils jahrelang verzögerte Anschlusszusagen, steigende Netzentgelte etc. Die mangelnde Vorbereitung des Stromnetzes erweist sich zunehmend als einer der Flaschenhälse der Energiewende.

Aus vielen Systemstudien sind die marktseitigen Lösungen für solche Schiefstände bekannt:

- **Sektorübergreifende Elektrifizierung** (Steigerung der Stromnachfrage und Erschließen neuer Flexibilitäten insb. im Mobilitäts- und Wärmesektor)
- **Flexibilisierung** des Verbrauchs sowie der Einspeisung inkl. dem massiven Rollout von **Batteriespeichern** und deren systemdienlichen Betrieb
- **Schaffen von Innovations -und Wachstumsdynamiken** bei neuen Geschäftsmodellen und dezentralen Lösungen als Grundlage für die o.g. Punkte

Um das Zusammenspiel von Millionen Erzeugern, Speichern und (flexiblen) Verbrauchern organisieren zu können, sind die Digitalisierung und die Standardisierung insb. im Verteilnetz erfolgskritische Grundlagen. Hier ist der Rückstand in Deutschland besonders groß, sowohl aufgrund des kaum vorankommenden Smart Meter Rollouts (~3% Smart Meter Quote bei Haushalten und kleinen Gewerbekunden<sup>2</sup>) als auch aufgrund der extrem fragmentierten Organisation des Verteilnetzbetriebes durch 866 Netzbetreiber<sup>3</sup>, die in Bezug auf technische und Verfahrensstandards, Softwaresysteme sowie Personal- und Finanzierungsstrukturen sehr eigenständig agieren. Die vermehrte Bildung von Verbänden von Netzbetreibern ist dabei eine positive Entwicklung. Sie hebt die Effizienzpotentiale bisher aber nur sehr langsam und unvollständig.

## Verteilnetze entsprechen aktuell nicht mehr den Anforderungen eines modernen Industrielandes

Die Verteilnetze in Deutschland entsprechen damit aktuell nicht den Anforderungen, die ein modernes Industrieland an seine Infrastruktur und ihre Organisation stellen sollte. Dies ist Ergebnis der über Jahrzehnte bestehenden Anreiz- und Regulierungsstrukturen, die trotz großen Anstrengungen bei vielen Netzbetreibern der notwendigen strukturellen, technischen und organisatorischen Vorbereitung auf Energiewende im Wege standen. Heute häufen sich die Engpässe und Schiefstände im Verteilnetz und die strukturelle Überlastung vieler Netzbetreiber nimmt zu. Auch die für den Markt grundsätzlich verfügbaren Lösungen zur Linderung oder Beseitigung der genannten Schiefstände können aufgrund dieser Limitierungen häufig nicht implementiert werden. Im Ergebnis kann der Markt seiner Aufgabe nicht nachkommen, die hohe Volatilität der Preise in Investitionen in neue Flexibilität zu übersetzen. Mangels passender Regulierung und ausreichender Netzzugänge geschieht dies trotz massiver Preissignale und hoch attraktiver Geschäftsmodelle nur schleppend.

Abbildung 1 zeigt schematisch die beschriebene Bestandsaufnahme. Anders als im Übertragungsnetz, für das mit dem Netzausbaubeschleunigungsgesetz NABEG und weiteren Maßnahmen im Jahr 2019 strukturelle Verbesserungen eingeleitet wurden, ist die genannte Problematik im Verteilnetz bisher kaum bearbeitet. Im Übertragungsnetz scheint eher die Frage Freileitung vs. Erdkabel neuerlichen Prüfbedarf auszulösen. Auch die dem Monitoringbericht des BMWi zugrunde zu legenden Szenarien äußern – soweit sie sich auf eine solche Bestandsaufnahme einlassen – keine abweichende Diagnose. Gleichzeitig werden mögliche Kostensenkungs- und Beschleunigungspotentiale durch entsprechende strukturelle Reformen und Standardisierung kaum untersucht.

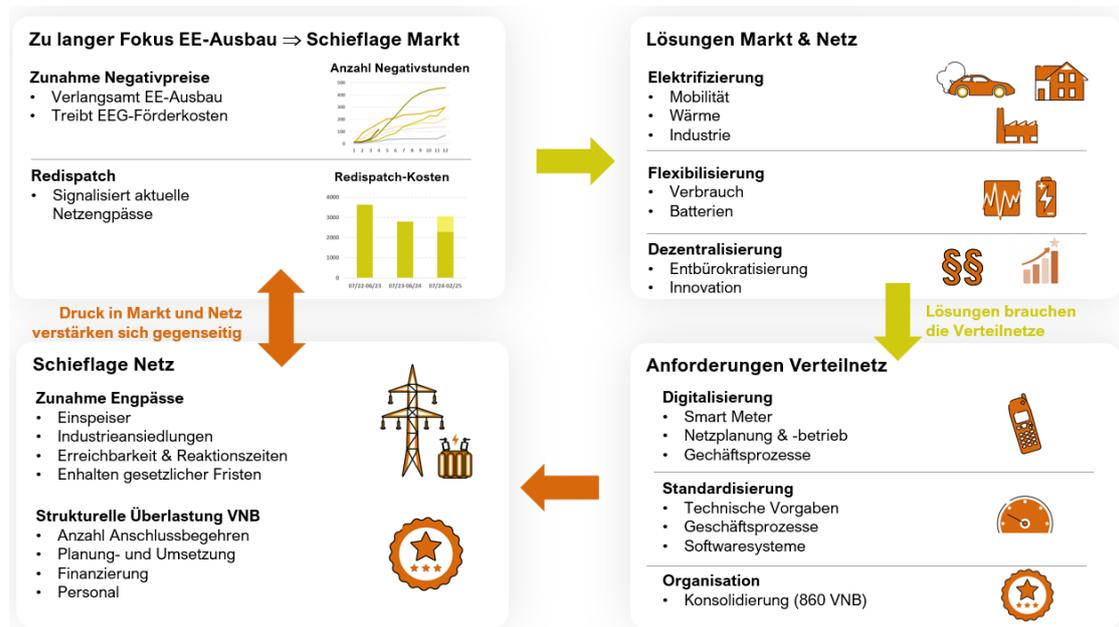


Abbildung 1: Schematische Darstellung der aktuellen Schiefstände der Energiewende und ihrer Wechselwirkungen zwischen Markt und Netz. Die schleppende Modernisierung und Standardisierung der Verteilnetze ist heute ein entscheidender Bremsen der Energiewende.

## 2. Die Kernfrage lautet: „Schnelles Bremsen“ oder „Langsames Beschleunigen“?

*Auftrag zum Monitoring weist klare Präferenzen aus und lässt wichtige Fragen außen vor. Das BMWE scheint Rolle eines Beobachters der Transformation einnehmen zu wollen, nicht eines Gestalters. Monitoringbericht droht so zu selbsterfüllender Prophezeiung für das Ausbremsen der Energiewende zu werden statt zur Grundlage der Behebung ihrer Schwachstellen.*

Der Monitoringbericht soll als Grundlage einer möglichen Neuausrichtung der Energiepolitik dienen. Er gibt dafür eine Liste von Studien und Szenarien vor, die bzgl. vielfältiger Fragen auszuwerten sind. Die Institute BET und EWI sollen in m Monitoringbericht die Kosten verschiedener Transformationspfade vorwiegend aus diesen Studien und Szenarien ableiten. Dieses Vorgehen wird damit begründet, dass in Anbetracht des politischen Handlungsdrucks für die Erstellung neuer Szenarien und umfassender Modellrechnungen nicht ausreichend Zeit sei. Da der Gesamtstromverbrauch in Deutschland in den letzten Jahren langsamer gewachsen ist als in der aktuellen Rahmensetzung der letzten Bundesregierung hinterlegt war und zudem die Elektrifizierung im Wärme- und Mobilitätssektor langsamer vorankommt, stehen dabei die Überprüfung der Gesamtstromverbrauchsannahmen sowie die Auswirkung sinkender Verbrauchsannahmen auf den zukünftigen Transformationspfad im Mittelpunkt.

### Der Ansatz des BMWE scheint widersprüchlich: Neuausrichtung oder Pfadkorrekturen?

Der Wunsch, mit dem Monitoringbericht sehr zügig eine analytische Grundlage für die Arbeit der neuen Bundesregierung zu schaffen, ist nachvollziehbar. Unklar bleibt dabei jedoch, inwiefern eine um 2-3 Jahre verzögerte Verbrauchsentwicklung in einigen Sektoren das Zielbild des Jahres 2045 oder selbst die möglichen Pfade dahin wirklich prägend beeinflusst – oder ob solche Verzögerungen nicht vielmehr auf politische Handlungs- und Korrekturbedarfe hinweisen, um wieder zurück auf den geplanten Pfad zu kommen.

Zitate der Ministerin Reiche aus den letzten Wochen (Abbildung 2) sowie die Fragestellung und Ausgestaltung des Auftrages zum Monitoringbericht legen jedoch nahe, dass das Ministerium von der Fehlerhaftigkeit der bisherigen Zielstellung selbst ausgeht und nicht lediglich notwendige Pfadkorrekturen prüft.

Zitate Ministerin Katherina Reiche	Einordnung auf mögliches Präjudiz (subjektive Wahrnehmung)
„Klimaschutz kann nicht das einzige Ziel sein.“	✓
„Als ehemalige Energiemanagerin kann ich Ihnen sagen, dass Dunkelflauten ohne Wind- und Sonnenenergie nicht nur wenige Tage, sondern oft Wochen anhalten können.“	✓
„Unser Ziel sind dauerhaft niedrige und planbare, international wettbewerbsfähige Energiekosten.“	✓
„Wir müssen anerkennen, dass der Strom allein aus erneuerbaren Quellen keine günstige Stromversorgung, schon gar nicht für energieintensive Unternehmen erreicht.“	✗ Wird von Fehlerhaftigkeit der Zielstellung der Energiewende ausgegangen?
„Die Erneuerbaren können [...] mehr Verantwortung übernehmen. Die Kosten für den Netzausbau sind nicht mehr nur [...] die allgemeinen Netzentgelte von den Stromkunden zu bezahlen.“ <sup>6</sup>	✗ Ausbaubremse bei Erneuerbaren vs. Modernisierung Netz?
„Gas wird auf absehbare Zeit für unsere Energieversorgung von großer Bedeutung bleiben.“	✗ Präjudiz für Erdgas und blauen Wasserstoff?

Quellen: 1 & 4: CDU-Gipfel Tegernsee, diverse Medien 10.05.25 / 2: Interview „NZZ“, 26.05.25 / 3: Koalitionsvertrag : 5 & 6: dpa

Abbildung 2: Ausgewählte Zitate von Bundeswirtschaftsministerin Katherina Reiche und mögliche enthaltene Hinweise darauf, dass die bisherige Zielstellung der Energiewende grundsätzlich in Frage gestellt wird.

Dies weist jedoch auf einen inneren Widerspruch im Vorgehen des BMWE hin. Einerseits sollen keine neuen Szenarien für ein grundsätzlich neues Zielbild gerechnet werden. Und andererseits stellen die zusätzlich

hinzugezogenen Szenarien von Marktakteuren nicht auf ein klimaneutrales Deutschland 2045 ab und / oder ihre Annahmen und Ergebnisse sind weit über Fragen der Klimaneutralität hinaus intransparent und in Teilen widersprüchlich (siehe Abschnitte 4, 5 und 8). Damit scheiden diese als mögliche Grundlage zur Formulierung eines neuen Zielbildes und für weitreichende politische Weichenstellungen im Sinne einer „Neuorientierung“ von Energiepolitik aus. Die Überprüfung des Bedarfes nach einer solchen Neuorientierung und daraus abzuleitende Empfehlungen sollen aber gemäß Auftrag des BMWE der eigentliche Zweck des Monitoringberichtes sein.

In der Sache könnte und kann der Monitoringbericht notwendige Maßnahmen für Pfadkorrekturen und potentielle Kostensenkungen aufzeigen, soweit diese in den Szenarien tatsächlich belegt und transparent dokumentiert werden. Mindestens kann er hier auf „no regret“-Maßnahmen hinweisen und weitere Prüfaufträge herleiten. Hierbei kann es sich dann aber lediglich um Maßnahmen für Pfadkorrekturen handeln und nicht um eine „Neuorientierung“ auf ein neu entworfenes Zielbild.

### **Die Vorauswahl der zu verwendenden Szenarien behindert eine neutrale Analyse**

Die Auswahl der zusätzlich hinzugezogenen Szenarien von Marktakteuren birgt zusätzliche Risiken sowohl in der sachlichen Bewertung als auch für die öffentliche Diskussion. Gegenüber den bisher verwendeten und relativ transparent dokumentierten Szenarien mit stark wissenschaftlicher Prägung (BMBF/Ariadne<sup>4</sup>, BMWK-Langfristszenarien<sup>5</sup>, Agora<sup>6</sup>) wurden Szenarien von Marktakteuren mit eigenen Interessenlagen ergänzt, die teilweise auftraggeberspezifisch von kommerziellen Anbietern von Fundamentalmodellen gerechnet wurden (EnBW/Aurora<sup>7</sup>, BDI/BCG<sup>9</sup>, McKinsey<sup>10</sup>, 50 Hertz/E-Venture<sup>11</sup>, Aurora<sup>12</sup>). Die Annahmen und wesentliche Teilergebnisse in solchen kommerziellen Szenarien sind jedoch für die Öffentlichkeit weitgehend intransparent und in den Studien nicht ausreichend dokumentiert. Auch wird von den Auftraggebern oft nur ein gezielter Aspekt beleuchtet und sind diese naturgemäß nicht unabhängig von den eigenen Geschäftsinteressen. In den Abschnitten 3 bis 5 dieser Kurzstudie werden daher die grundlegenden Funktionsweisen und Eigenschaften von Szenarienrechnungen erläutert, ihre Bandbreiten aufgezeigt und anhand konkreter Beispiele auch möglicherweise durchscheinende Geschäftsinteressen aufgezeigt.

Den Szenarien von EnBW, BDI und McKinsey ist eine deutliche Präferenz der Auftraggeber für blauen Wasserstoff gemein, bei EnBW und McKinsey zudem für einen massiven Ausbau von Gaskraftwerken. Die Begründung beider Punkte, konkrete Annahmen von Kosten und Volumenströmen etc. sind anhand der veröffentlichten Unterlagen nicht nachvollziehbar. Insofern erweitert die Szenarienauswahl des BMWE den ausgewerteten Möglichkeitsraum zwar. Schlussfolgerungen daraus könnten jedoch nur dann gezogen werden, wenn die dafür jeweils relevanten Annahmen dieser zusätzlichen Szenarien offengelegt und überprüfbar gemacht würden. Andernfalls müssten sie aus der Maßnahmenbewertung gestrichen werden, um mögliche interessengeleitete Verzerrungen zu vermeiden (Abschnitt 5).

### **Mit den beauftragten Fragestellungen nimmt das BMWE eine Beobachterrolle ein, nicht die eines politischen Gestalters**

Für eine politisch-strategische Einordnung des BMWE-Auftrages zum Monitoringbericht wurden zudem die konkret beauftragten Fragestellungen analysiert. Der gedankliche Aufbau des BMWE-Auftrages scheint neben der Szenarienauswahl auch in Form konkreter Fragestellungen tatsächlich auf ein bevorzugtes Ergebnis abzielen.

Insbesondere überrascht die im Auftrag mehrfach formulierte Kernfrage „Was ist zu erwarten...“ (mit Blick auf Fortschritte bei der Elektrifizierung, beim Stromverbrauch, Netzausbau, Flexibilisierung des Systems etc.). Denn anhand des in Abschnitt 1 beschriebenen Schiefstandes und Handlungsbedarfes in der Energiewende scheint offensichtlich, dass ohne politisches Handeln eine Verschärfung der Symptomaten in Markt und Netz droht. Da die neu herangezogenen Szenarien von einer Fortschreibung der Markttrends

der letzten Jahre und von einem weitgehend unveränderten Regulierungsumfeld ausgehen, kann die o.g. Frage an die Szenarien „Was ist zu erwarten...“ gedanklich fortgesetzt werden mit „... wenn die Politik in den nächsten Jahren passiv bleibt“. Dies scheint in Anbetracht der konkreten Situation jedoch keine geeignete Prämisse zur Neuausrichtung von Energiepolitik. Die Sorge, dass die im Auftrag so durchscheinende passiv wirkende Beobachterrolle des BMWI zur Grundlage einer selbsterfüllenden Prophezeiung werden könnte, kann zumindest nicht von der Hand gewiesen werden.

Zusätzlich fällt auf, dass bei der Frage der Abstimmung des Ausbaus erneuerbarer Energien und der Stromnetze gegenüber dem Koalitionsvertrag ein zusätzlicher Spielraum geöffnet wird und eine intendierte Umdrehung der gedanklichen Reihenfolge zumindest nicht auszuschließen ist. Der Koalitionsvertrag spricht noch davon, dass der „kosteneffiziente Ausbau der Netze mit dem EE-Ausbau synchronisiert wird“. Was tatsächlich sinnvoll und notwendig erscheint, im Sinne der Zielerreichung für Klimaneutralität im jetzigen Zielbild jedoch den Handlungsauftrag auf Netzseite in den Vordergrund stellt. Im Auftrag zum Monitoringbericht heißt es umgekehrt, dass er Grundlage sein soll für die Ausrichtung auf einen [...] „netz- und systemverträglichen Ausbau der erneuerbaren Energien“.

Inwiefern die benannten Präferenzen in den Fragestellungen zum Monitoringbericht tatsächlich die beschriebene Wirkung entfalten, wird von der konkreten Ausgestaltung des Berichtes durch die Auftragnehmer BET und EWI abhängen sowie von der Begleitung des Prozesses durch weitere Stakeholder.

### **Ist Bremsen die richtige Antwort auf die angestaute Verspätung im Handeln?**

In vielen Infrastrukturbereichen hat Deutschland lange von der Substanz gelebt. Das gilt auch für die Infrastrukturen unseres Energiesystems. Die Stromnetze wurden über Jahrzehnte auf minimale Investitionen hin betrieben, Investitionen in Digitalisierung und moderne Betriebsmittel blieben gerade im Verteilnetz unter dem Niveau, das mit Blick auf die anstehende umfassende Elektrifizierung in Wärme, Mobilität und Industrie sowie den Ausbau der erneuerbaren Energien erforderlich gewesen wäre. Auch die Organisation der Verteilnetze ist heute nicht auf dem Stand, den wir eigentlich benötigen. Rund 860 Verteilnetzbetreiber geben Netznutzern unterschiedliche technische Anschlussbedingungen vor, nutzen eigene Softwaresysteme und/oder -mandanten, haben eigene Organisationsstrukturen, Personaltableaus, Beschaffungs- und Finanzierungsstrukturen etc. Zwar schließen sich immer mehr Netzbetreiber mindestens für Teilaufgaben zusammen, doch sowohl in der inneren Organisation als auch in den Schnittstellen zu den Netzkunden, den Geschäftsprozessen, Formularen und Datenbanken sind die Planung und der Betrieb der deutschen Verteilnetze hochgradig fragmentiert.

Auch dieser Hintergrund macht notwendige Beschleunigungen bei der Anpassung von Prozessen für die Erteilung und Umsetzung von Netzzugängen, den Smart Meter Rollout, die laufende Einarbeitung und Verwaltung regulatorischer Änderungen etc. so schwierig. Zudem ist die genannte Fragmentierung für den Netzbetrieb selbst, aber auch für die Netzkunden ein erheblicher Treiber von Kosten und (Rechts-)Streitigkeiten. Planungsabläufe, Komponenten, wie Schaltanlagen und Transformatoren etc., müssen für viele Netzbetreiber spezifisch angepasst und oft in Einzelanfertigung hergestellt werden.

Mit der Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien, der überwältigenden Masse an Netzanschlussbegehren für Batteriespeicher, der steigenden Zahl von Anschlussbegehren für Wärmepumpen, Ladeinfrastruktur und auch Gewerbe- und Industriekunden ist das bestehende System nicht zuletzt aufgrund seiner Organisationsstruktur zunehmend überfordert. Der Handlungsdruck ist groß. Auch in den Sektoren Wärme und Mobilität kam die Modernisierung und damit auch Elektrifizierung in der Vergangenheit zu langsam voran, während die Elektrifizierung industrieller Prozesse noch am Beginn steht. Das regelmäßige Verfehlen der sektoralen Klimaziele ist nur ein Indikator dafür. Auch in diesen Sektoren ist der Handlungsdruck groß.

Insofern stellt sich die grundsätzliche Frage, inwiefern eine Senkung der Energiewende-Ambitionen die richtige Antwort auf die angestauten Verspätungen der Vergangenheit ist. Denn der immense Handlungsdruck, der Wirtschaft und Gesellschaft aktuell belastet, ist wesentliches Ergebnis verschleppter Modernisierung. Effizienzsteigerungen und eine bessere sektorenübergreifende Abstimmung innerhalb der Energiewende sind notwendig. Gerade in Abgrenzung zu Vorgängerregierungen scheint dies jedoch eher größere Ambitionen zu erfordern und auch das Anpacken schwieriger Strukturreformen, als eine reine Fortschreibung oder gar eine Absenkung des Ambitionsniveaus. Wie in Abschnitt 1 dargelegt, scheint jedoch Letzteres zumindest im Auftrag des BMWE zum Monitoringbericht durch. Die Frage nach Maßnahmen zur Korrektur eingetretener Pfadabweichungen oder nach der Bedeutung politischer Rahmenseetzungen jenseits des Stromsektors findet kaum statt (Elektrifizierung von Wärme, Mobilität und Industrie).

Zur Verdeutlichung zeigt Abbildung 3 schlaglichtartig den beschriebenen gedanklichen Aufbau und Charakter des BMWE-Auftrages anhand ausgewählter Fragestellungen und Beobachtungen.

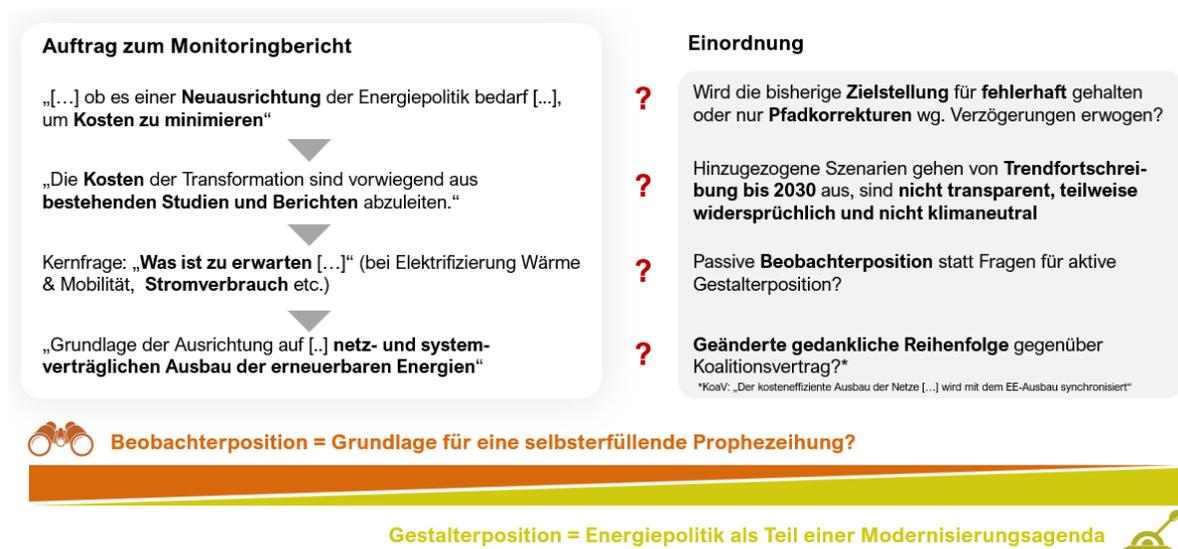


Abbildung 3: Gedanklicher Aufbau und Charakter des Auftrags des BMWE zum Monitoringbericht.

### 3. Szenarien sind keine Vorhersagen, sondern Spiegel ihrer Prämissen. Sie schreiben aktuelle Trends fort und bilden Wirkung politischen Handelns nicht ab

*Szenarienrechnungen sind komplexe Modellierungen gesamter Volkswirtschaften und Infrastrukturen über 30 Jahre. Die Entwicklung der modellierten Kraftwerksparks, von Infrastrukturkosten und Marktpreisen wird von unzähligen Annahmen bestimmt. Kurzfristige Regulierungsänderungen, strukturelle Reformen und absehbare Innovationen bei Flexibilisierung wie vehicle-to-grid werden nicht abgebildet.*

Fundamentalmodelle sind sowohl für die wissenschaftliche Arbeit als auch für energiewirtschaftliche Marktakteure von großer Bedeutung. Sie sollen die Frage beantworten, in welchem Möglichkeitsraum politische Weichenstellungen oder konkrete Investitionsentscheidungen stattfinden. Investoren bewerten anhand der Ergebnisse von Fundamentalmodellen beispielsweise die wirtschaftliche Tragfähigkeit neuer Stromerzeugungsanlagen oder großer industrieller Verbraucher sowie den Ausbau von Stromnetzen oder den Aus- und Rückbau von Gasnetzen.

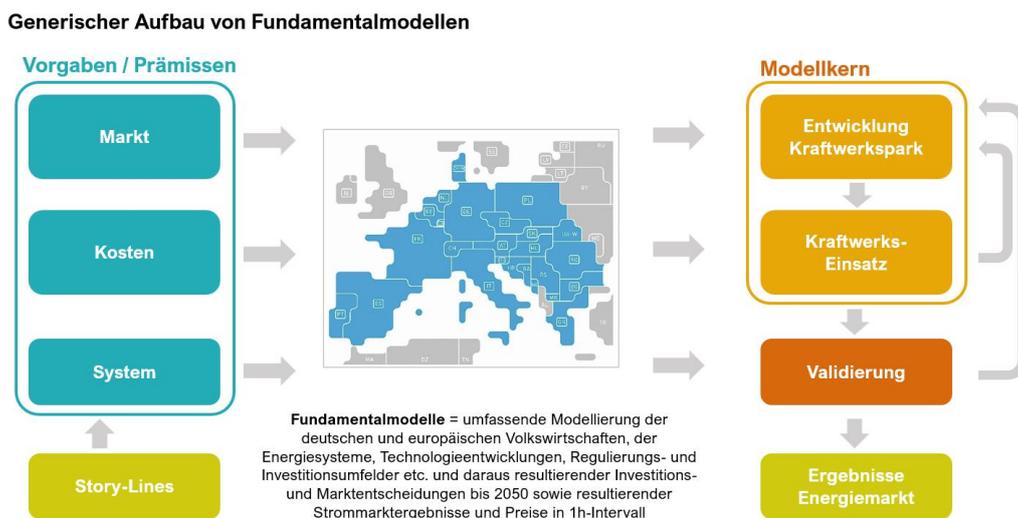


Abbildung 4: Schematischer Aufbau von Fundamentalmodellen mit ihren umfangreichen Input-Daten und Prämissen (links) und der iterativen Simulation und Validierung möglicher Entwicklungen von Energieinfrastruktur (rechts).

Damit die dafür modellierten Szenarien überhaupt entsprechende Bewertungen erlauben, müssen sie sehr umfangreich aufgebaut und aufwändig optimiert werden (schematisch dargestellt in Abbildung 4). Typischerweise wird dabei das europäische Verbundsystem inklusive der für jedes Land angenommenen wirtschaftlichen Entwicklungen und politischen Rahmenbedingungen sowie der Kopplungen zwischen den Ländern abgebildet. Über verschiedene „Story-Lines“ werden denkbare weltwirtschaftliche Entwicklungen z.B. entlang sich unterscheidender Rohstoffpreise oder politischer Ambitionsniveaus wie beispielsweise beim Klimaschutz vorgegeben. In die eigentliche Simulation der Entwicklung des Stromsystems sowie der Gas- und Wärmeversorgung, des Mobilitätssektors etc. fließen umfassende Annahmen zur Entwicklung zukünftiger Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) für die verschiedenen Stromerzeugungs-, Netz- und Speichertechnologien, der Nachfrageentwicklung in den verschiedenen Sektoren und Wirtschaftszweigen, zu konkreten Anforderungen an Verzinsungen von Investitionen (WACC), zur Leistungsfähigkeit von Industrie und Handwerk, z.B. bei Ausbau und Modernisierung der Netze, oder zu geänderten regulatorischen Rahmenbedingungen (z.B. Einführung von Kapazitätsmärkten) ein. Für jedes Zukunftsjahr z.B. bis 2050 wird so die Frage beantwortet, in welchem Umfang Investoren in neue Erzeugungsanlagen, Stromspeicher oder Fertigungsmaschinen etc. investieren würden auf Basis der für sie ab diesem Jahr erwartbaren Markterlöse und -preise. Im zweiten Schritt wird dann in Auflösung von

1h-Intervallen die Preisbildung am Strommarkt für den gesamten Betrachtungszeitraum simuliert. Sollten die so für die jeweiligen Folgejahre errechneten Marktpreisentwicklungen die zuvor angenommenen Investorenentscheidungen nicht rechtfertigen, werden die Prämissen hierfür angepasst, das Modell wird neu simuliert und auf diese Weise so lange iteriert, bis das Ergebnis stabil ist. Zuletzt werden die Ergebnisparameter und viele techno-ökonomische Details durch die Modellanbieter plausibilisiert und es werden ggfs. nochmals Justierungen am Modell vorgenommen.

Diese kursorische Beschreibung zeigt bereits, welche überbordende Bedeutung die verwendeten Input-Parameter haben und wie groß der so ausgeleuchtete Raum möglicher zukünftiger Entwicklungen ist, wenn man bis ins Jahr 2050 für ganz Europa und stundenscharf Strompreise simuliert. Dies macht auch die Bewertung im vorangegangenen Abschnitt verständlich: bei Meta-Studien wie dem Monitoringbericht kann bereits die Wahl von Szenarien eine Verzerrung von Ergebnissen herbeiführen.

Abbildung 5 veranschaulicht dies: der äußere Bereich aller möglichen Zukünfte im Zielbild 2045 wird nie vollständig abzubilden sein. Beispielsweise dürften 20-jährige Szenarien zum Datenvolumen im Mobilfunk aus dem Jahr 2007, dem Jahr der Einführung des iPhones, aus heutiger Sicht zu maßloser Unterschätzung geführt haben. In ähnlicher Weise kann dies heute für Szenarien im Stromsektor gelten, da die meisten im Monitoringbericht zugrunde gelegten Szenarien Innovationen, wie beispielsweise vehicle-to-grid, nicht abbilden, obwohl dies z.B. in Frankreich bereits Realität ist. In mehreren Jahren könnten auch Engpässe bei urbaner Ladeinfrastruktur dadurch obsolet werden, dass Autos autonom zu einem Ladepunkt fahren. Doch wie sollte so etwas belastbar modelliert werden? Entsprechend sind solche, aus heutiger Sicht keinesfalls phantastischen, Ideen in keinem Szenario enthalten.

## Szenarien beantworten die Frage „was wäre, wenn“?

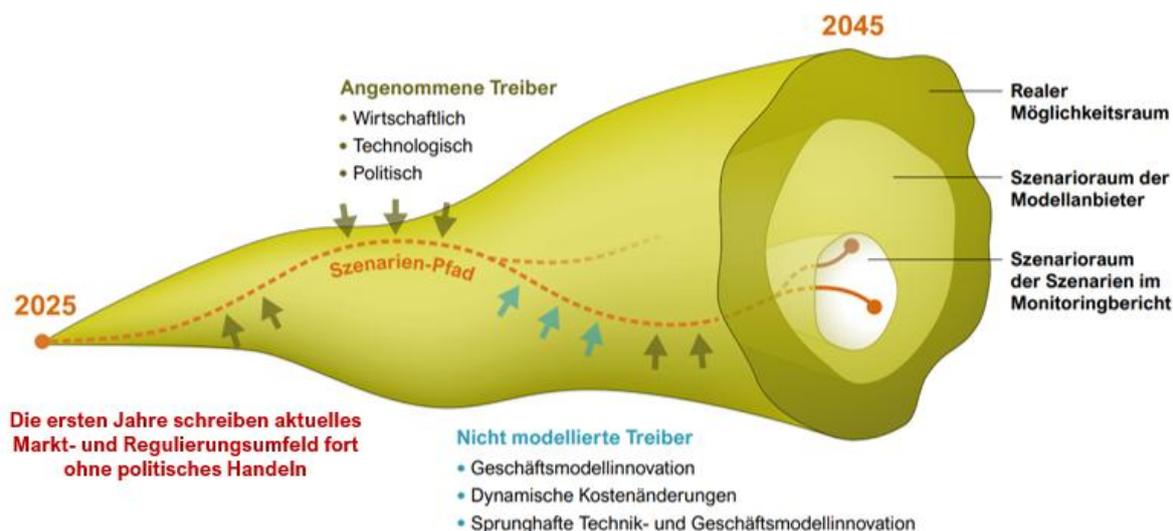


Abbildung 5: Schematische Darstellung von Möglichkeitsräumen und Pfaden, die in Fundamentalmodellen abgebildet und nicht abgebildet werden können.

Der zweite Bereich in Grafik 5 rechts zeigt den Szenarierraum, den alle Modellanbieter mit allen von ihnen betriebenen und am Markt angebotenen Modellen für Deutschland grundsätzlich ausleuchten. Dieser wird im BMW-Monitoringbericht jedoch nicht abgebildet, sondern nur die ebenfalls dargestellte Teilmenge der ausgewählten Szenarien. Ob die am Ende tatsächlich eintretende Realität in diesem Korridor liegt, ist natürlich Spekulation. Zumal sie naturgemäß nur diejenigen Treiber und Entwicklungen beinhalten kann, die die Modellierer im Jahr 2025 annehmen und als sicher und belegbar in ihren Modellen begründen können. In Abschnitt 6 wird dargelegt, dass die systematische Unterschätzung von Innovation dezentraler

Energietechnik als nicht „modellierter Treiber“ ebenso dazu gehört wie die Überschätzung zentral organisierter Technologien wie H<sub>2</sub> oder CCS.

Im Ergebnis muss bei allen folgenden Analysen immer mitgedacht werden, dass Szenarien keine Prognosen sind, sondern Spiegel ihrer Annahmen. Daher ist die Transparenz und die Neutralität dieser Annahmen entscheidend, wenn Szenarien zur Grundlage politischer Entscheidungen werden sollen.

### **Methodisch ist in Fundamentalmodellen stets die Grundlage zur Schaffung selbsterfüllender Prophezeiungen eingebaut**

Zu den prägenden Annahmen der meisten Szenarien zählt auch, dass ihre Pfade im „Deutschland des hier und jetzt“ starten und in den nächsten Jahre keine relevanten und wirksamen Änderungen im Regulierungs- und Marktumfeld vorgenommen werden. Denn diese sind ja noch nicht entschieden, so dass den Modellierern eine belastbare und nachvollziehbare Grundlage für entsprechende Annahmen fehlt. Banken und Investoren, die die entsprechenden Modelle von Marktakteuren nutzen, würden solche beliebig erscheinenden Annahmen als Grundlage von Investitionsentscheidungen nicht mittragen – das Risiko eines solchen Vorgehens wäre schlicht zu hoch. Daher haben Fundamentalmodelle die grundsätzliche Eigenschaft, aktuelle Trends für die nächsten Jahre fortzuschreiben und politische Korrekturen nicht adäquat berücksichtigen zu können, selbst wenn der Bedarf für solche Korrekturen offensichtlich ist. Sie unterstellen damit notwendigerweise auch das weitere Verlieren von Zeit bei der Transformation und unterschätzen die Wirksamkeit tatsächlich stattfindenden politischen Handelns. Insofern ist ihnen methodisch in gewisser Weise die Grundlage zur Schaffung selbsterfüllender Prophezeiungen bei politischer Untätigkeit eingebaut.

In der konkreten Situation und Schieflage der Energiewende droht dieser Mechanismus, besonders stark auf Szenarien und aus ihnen zu ziehende Schlüsse zu wirken. Denn der politische Handlungsdruck ist hoch. Die Trends der vergangenen Jahre, wie der langsame Hochlauf der Elektromobilität und Wärmewende oder der Flexibilisierung und Digitalisierung des Stromsystems, führen zu Kostensteigerungen und drohenden Zielverfehlungen. Wenn die Story-Lines der ausgewählten Szenarios nicht explizit die politische Ambition enthalten, sich um diese Probleme wirksam zu kümmern – worauf keines der Szenarien der Marktakteure hinweist – setzen sich in ihnen diese Trends für die nächsten Jahre fort. Dies scheinen tatsächlich alle dem Monitoringbericht zugrunde gelegten Szenarien so zu handhaben (bei 50Hertz wird konkret Trendfortschreibung bis 2030 genannt).

Werden Szenarien ohne transparente und zielgerichtete Vorgaben ausgewählt oder aufgebaut und dann als Grundlage politischer Entscheidungen herangezogen, droht also immer ein Zirkelschluss auf Basis der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen. Deren Ausrichtung auf wirtschafts- und klimapolitische Ziele ist jedoch politische Aufgabe und ein formaler Grund für die Erstellung des Monitoringberichtes. Wenn der Monitoringbericht und / oder das BMWF nun allerdings die in den Szenarien enthaltene Trendfortschreibung als Grundlage für Entscheidungen heranziehen, entsteht der genannte Zirkelschluss und es perpetuieren sich aktuelle Schieflagen und Trends wie in einer selbsterfüllenden Prophezeiung. Handlungsempfehlungen und tatsächliches Handeln sollten aber nicht darauf abstellen, dass eine Bundesregierung die aufgezeigten Versäumnisse ihrer Vorgängerregierungen fortsetzt. Die Fragestellung im Auftrag des Monitoringberichtes „Was ist zu erwarten...“ ist insofern methodisch falsch.

#### 4. Hohe Bandbreiten + geringe Transparenz bedeuten geringe Vergleichbarkeit

Typischerweise bieten Modellanbieter mehrere Szenarien mit unterschiedlichen Storylines und Parametern an. Im Vergleich sind Bandbreiten von 50 - 100% auch bei relevanten Parametern die Regel, nicht die Ausnahme. Die Interpretation der Ergebnisse setzt Offenlegung und kritische Prüfung aller Prämissen und Modellansätze voraus.

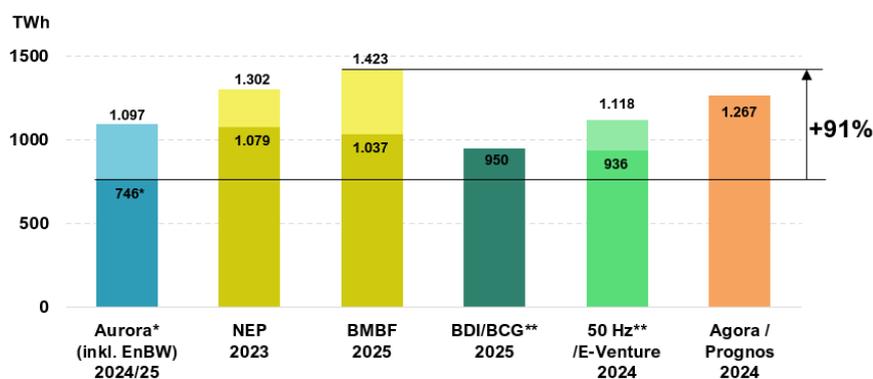
##### Die Auswahl der Szenarien und deren Prämissen entscheiden das Ergebnis

Es gibt eine Vielzahl wissenschaftlicher und kommerzieller Modelle zur Modellierung von Energiesystemszenarien. Wie zuvor beschrieben, entscheiden die dabei verwendeten Story-Lines und techno-ökonomischen Annahmen das Ergebnis. Entsprechend groß sind die Bandbreiten auch sehr zentraler Parameter wie den gesamten Stromverbräuchen oder den Stromverbräuchen je Sektor, dem Kraftwerks- und Speicherpark, den Energiemengen je Energieträger, Importmengen und Preisen z.B. von grünem und blauem Wasserstoff und seinen Derivaten, dem Netzausbau, den Systemkosten und Energiepreisen – sowohl im Zieljahr 2045 oder 2050 als auch im Pfadverlauf bis dorthin.

Abbildung 6 zeigt dies beispielhaft für den Gesamtstromverbrauch Deutschlands für die im Monitoringbericht betrachteten Szenarien. Ihre Bandbreite beträgt für das Jahr 2045 rund 91%. Entsprechend groß fallen auch Unterschiede in vielen anderen Parametern aus.

Bandbreiten verschiedener Parameter zwischen Modellen von 50-100% sind in der Fundamentalmmodellierung durchaus üblich. Auch über 150% Bandbreite kommen selbst bei prägenden Parametern wie der Auslastung von Kraftwerken und damit der für ihren Betrieb zugrunde gelegten Ökonomie vor (siehe Abschnitt 5). Insofern bestimmt stärker noch als die methodische Qualität und Vollständigkeit eines Modells die Auswahl der Szenarien und der verwendeten Parameter das Ergebnis. Dabei erscheinen selbst die genannten Bandbreiten klein vor dem Hintergrund real beobachtbarer, hoch dynamischer Veränderungen. Das Beispiel zu Schätzungen des Datenvolumens im Mobilfunk aus dem Jahr 2007 – also vor der Einführung des iPhone – für das Zieljahr 2027 wurde bereits erwähnt. Markt und Infrastruktur haben diese Dynamik dennoch bewältigt. Ebenfalls erleben Stromverbrauchsprognosen für Rechenzentren eine deutliche Steigerung, seit OpenAI Ende 2022 mit ChatGPT den Boom breit nutzbarer KI-Systeme eröffnet hat<sup>13</sup>.

**Stromverbräuche 2045 in Szenarien aller Modelle im Monitoringbericht**



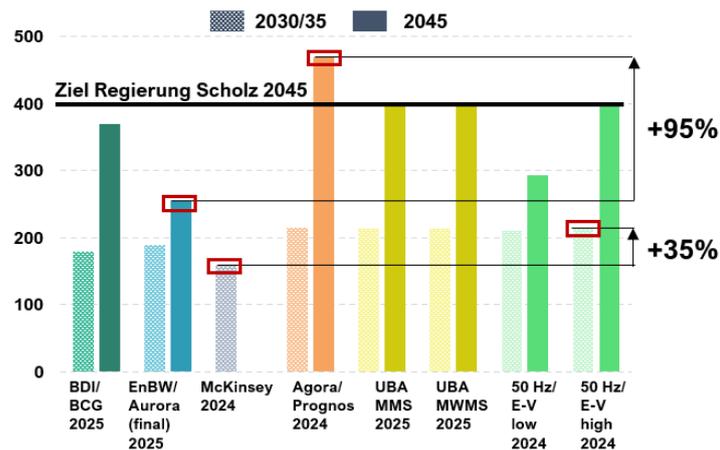
\* Nicht klimaneutral

\*\* Klimaneutralität nicht nachgewiesen/transparenz

Abbildung 6: Vergleich der modellierten Stromverbräuche im Jahr 2045 der im Monitoringbericht zugrunde zu legenden Szenarien. Bandbreiten auch von über 100% sind bei Szenarienvergleichen üblich.

Vor dem Hintergrund großer Bandbreiten bei den Stromverbrauchsprognosen überrascht auch nicht, dass auch die Ausbaupfade von Solar- und Windenergie in den Szenarien entsprechende Bandbreiten aufweisen. Jedoch fällt beim Vergleich der PV-Leistungen im Jahr 2045 lediglich das EnBW-Szenario deutlich gegenüber dem aktuellen politischen Ziel von 400 GW ab (Abbildung 7 oben). Das „high“-Szenario von 50Hertz (mit höherem Elektrifizierungsgrad) und auch das BDI-Szenario erreichen ähnliche Werte. Bei der Windkraft ist der Unterschied insgesamt angenommener Leistungen geringer (Abbildung 7 unten). Jedoch finden hier in einigen Szenarien Verschiebungen zwischen Wind-Offshore zu Wind-Onshore statt. Auch sind die angenommenen Volllaststunden der Onshore-Windkraftanlagen teilweise sehr unterschiedlich, was dafür spricht, dass sehr unterschiedliche Prämissen zu Investitionskosten und Marktumfeld verwendet wurden. Denn ein Windrad mit nur 2.100 Volllaststunden Stromertrag und eines mit 2.800 Volllaststunden weisen eine grundsätzlich andere Erlösstruktur und Ökonomie auf.

### PV-Leistung 2045 in allen zugrundeliegenden Szenarien



### Wind-Leistung 2045 in allen zugrundeliegenden Szenarien\*

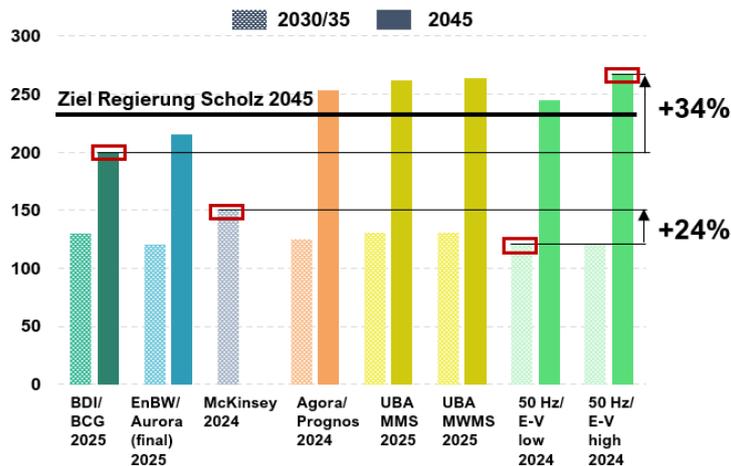


Abbildung 7: Vergleich der Leistungen PV- und Windenergie in den Jahren 2030/35 und 2045 im Szenarienvergleich (\*bei Wind Gesamtleistung aus Onshore + Offshore).

### Szenarien, die nicht alle zentralen Vorgaben erfüllen, sind auszuschließen (Multi-Kriterien-Bewertung)

Da Prämissen und Ergebnisse von Szenarien eng gekoppelt sind, können für einen Vergleich nur diejenigen Szenarien herangezogen werden, die gleichzeitig alle zentralen Vorgaben erfüllen (Multi-Kriterien-Bewertung). Im Falle des Monitoringberichtes gehört insbesondere die Vorgabe der Klimaneutralität dazu

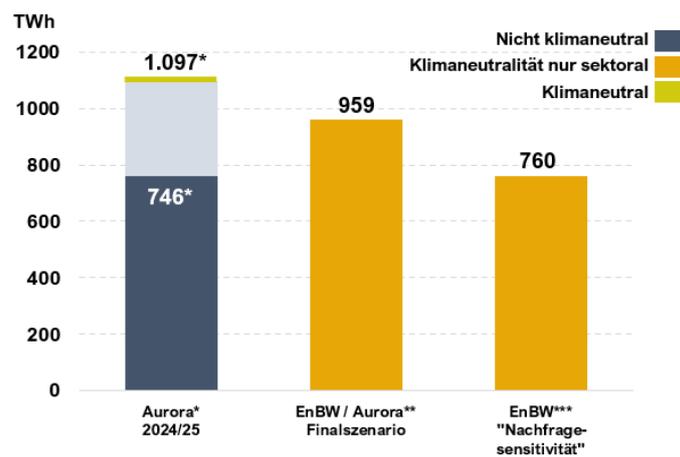
(siehe BMW-E-Auftrag). Wie entscheidend sich ändernde Vorgaben auf die Ergebnisse selbst mit ein- und demselben Modell auswirken, zeigt Abbildung 8. Die Säule links zeigt die Bandbreite der für das Jahr 2045 simulierten Stromverbräuche Deutschlands nur derjenigen im Monitoringbericht zugrunde zu legenden Szenarien, die auf Basis des Aurora-Modells gerechnet wurden. Darin enthalten sind vier Szenarien, die Aurora selbst auf Basis eigener Prämissen kommerziell vertreibt sowie spezifische Modellierungen für EnBW und Agora. Von den vier eigenen Aurora-Szenarien erreicht nur eines Klimaneutralität 2045 („net zero“ Szenario). Der Stromverbrauch Deutschlands liegt in diesem Szenario bei 1.097 TWh/Jahr. Die anderen Aurora-eigenen Szenarien erreichen Klimaneutralität erst deutlich später (~2055 bis 2060).

Das im Auftrag von EnBW von Aurora gerechnete Szenario „Systemkostenreduzierter Pfad zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040“ weist hingegen deutlich geringere Stromverbräuche für das Jahr 2045 aus. Im sogenannten „Finalszenario“ sind dies 959 TWh, in einem Szenario mit geringerer Stromnachfrage aufgrund der Annahme deutlich gesunkener industrieller Produktion nur 760 TWh. Diese Szenarien sind jedoch nur im Stromsektor klimaneutral, gesamtwirtschaftlich wurde dies nicht als Voraussetzung und damit als Ergebnis ausgewiesen.

Hier scheinen also die Prämissen des Auftraggebers EnBW das Ergebnis zu prägen. Andersherum wäre es erstaunlich, wenn Aurora in den eigenen Szenarien 1.097 TWh Strombedarf als ökonomisches Optimum für ein klimaneutrales Deutschland im Jahr 2045 ermitteln würde, dies jedoch mit denselben Prämissen plötzlich auch mit 760 TWh gelänge.

Der in Abbildung 8 dargestellte Szenarienvergleich zeigt nicht nur, dass Prämissen der Auftraggeber Ergebnisse prägen, sondern gleichzeitig, dass die EnBW-Szenarien zur Bewertung und Ermittlung von Empfehlungen für den Monitoringbericht ausgeschlossen werden müssen: sie erfüllen nicht die Vorgabe des BMW-E nach Klimaneutralität im Jahr 2045.

### Stromverbräuche 2045 in Szenarien mit Aurora-Modell



\* Nur eines der Standard-Szenarien ist klimaneutral 2045

\*\* Finalszenario bei üblicher Wirtschaftsentwicklung & Import von blauem H<sub>2</sub>, ohne Transparenz zu Mengen und Kosten

\*\*\* Finalszenario mit starkem Rückgang industrieller Aktivität in Deutschland, aber gleichbleibendem Bedarf an blauem Wasserstoff (?)

Abbildung 8: Vergleich der Bandbreiten der Stromverbräuche im Jahr 2045 aller im Monitoringbericht anzulegenden Szenarien mit einer Modellierung durch Aurora (links) und Stromverbräuche des mit abweichenden Vorgaben mit dem Aurora-Modell gerechneten EnBW-Szenarios (rechts). Mindestens die Vorgabe „Klimaneutralität“ unterscheidet sich. Weitere ggfs. auftraggeberspezifische Anpassungen von Prämissen, Kostenfaktoren o.ä. sind nicht transparent.

## 5. Weder Bremsen des EE-Ausbaus noch 20 GW Gaskraftwerke begründbar: ausgewiesene Kostensenkungen dazu sind nicht belegt oder widersprüchlich

Auch vielen für den Monitoringbericht hinzugezogenen Szenarien von Marktteilnehmern sind hohe EE-Ausbauziele gemein. Daneben fallen deutliche Unterschiede insb. beim Ausbau von Gaskraftwerken und Nutzung von blauem Wasserstoff auf. Annahmen sind nicht transparent, die zu erzielenden Einsparungen nicht belegt und teilweise sogar widersprüchlich. Als Entscheidungsgrundlage scheiden viele Szenarien so aus.

### Marktteilnehmer nutzen Szenarien zur Hinterlegung ihrer Positionen

Szenarien sind für alle wirtschaftlichen und politischen Akteure ein wichtiges Hilfsmittel zur Einschätzung möglicher zukünftiger Entwicklungen und eigener Entscheidungen. Dass auch Marktteilnehmer Szenarien erstellen lassen, ist insofern folgerichtig. Dass sie diese zur Hinterlegung ihrer politischen Forderungen nutzen und entsprechende Botschaften daraufhin zuspitzen, ist naheliegend.

In der Diskussion um Anpassungsbedarfe in der deutschen Energiewende haben insb. die Szenarien des BDI und von EnBW größere Aufmerksamkeit erzielt: über 300 Milliarden Euro oder sogar 700 Milliarden ließen sich sparen, wenn entsprechende energiepolitische Anpassungen vorgenommen würden (Abbildung 9). Auch über die vom McKinsey-Szenario postulierten 150 Milliarden Euro Einsparung bis 2035 wurde in den Medien oft ohne kritische Einordnung berichtet.

**BDI-Studie**

Stiddeutsche Zeitung  
Wäre die Energiewende 300 Milliarden Euro billiger zu haben?

SPICEBEL Wirtschaft  
Studie sieht 300 Milliarden Euro Sparpotenzial bei der Energiewende

ntv  
300 Milliarden Euro Einsparung  
BDI will Energiewende kosteneffizienter gestalten

**Zitierte Maßnahmevorschläge:**

- Mehr Freileitung statt Erdkabel
- Mehr Wind Onshore statt Wind Offshore
- Netzausbau an **gesunkene Nachfrageprognose** anpassen
- **Blauer Wasserstoff** statt grünem Wasserstoff

**EnBW-Studie**

SZ  
Immense Kosten der Energiewende  
EnBW-Studie zeigt: Beim Strom ließen sich 700 Milliarden sparen

ntv  
Studie zu Energiewende-Kosten  
Klimaneutraler Stromsektor könnte Deutschland bis zu 700 Milliarden Euro sparen

**Zitierte Maßnahmevorschläge:**

- Netzausbau an **gesunkene Nachfrageprognose** anpassen
- Weniger Wind Offshore
- Weniger Photovoltaik und Speicher, mehr Gaskraftwerke
- **Blauer Wasserstoff** statt grünem Wasserstoff

Abbildung 9: Beispielhafte Schlagzeilen zu den Veröffentlichungen der BDI- und EnBW-Szenarien.

Die großen Zahlen sollen vermutlich die notwendige Aufmerksamkeit für die eigenen Positionen verschaffen. Und tatsächlich enthalten einige der Szenarien wichtige Hinweise und Impulse zur Weiterentwicklung, Verbesserung und auch Vervollständigung politischen Handelns für mehr Kosteneffizienz beim klimaneutralen Umbau und bei der Modernisierung der deutschen Energieinfrastruktur und Wirtschaft.

### Zu erzielende Einsparungen sind nicht transparent belegt und teilweise widersprüchlich

Die auf Basis der eigenen Forderungen zu erzielenden Einsparungen werden in den Szenarien und den dazu veröffentlichten Begleitdokumenten jedoch nicht belegt. Einerseits sind die verwendeten Prämissen weitgehend intransparent – und andererseits scheinen angegebene Einsparungen und dazu genannte

Begründungen teilweise im Widerspruch zu Aussagen und Mengengerüsten zu stehen, die sich an anderer Stelle desselben Szenarios finden. Auch ist nicht immer klar, ob es sich tatsächlich um Einsparungen handelt oder lediglich um zeitliche Verschiebungen. Zuletzt ist auch die Differenzierung zwischen Investitionen und Kosten nicht immer nachvollziehbar.

Fehlende Belege und innere Widersprüche zeigt Abbildung 10 am Beispiel des BDI-Szenarios „Energiewende auf Kurs bringen“<sup>1</sup>. Auf Seite 22 wird eine Zusammenstellung von Einsparungen über insgesamt 320 Mrd. Euro gezeigt. Zu den gelb umrandeten Zahlen wird in der Folge jeweils knapp ausgeführt, auf welche Weise eine vorgeschlagene Maßnahme wirken soll. Die verwendeten Annahmen, Kosten etc. sind jedoch Teil des verwendeten Modells und der verwendeten Prämissen und damit nicht transparent.

### **Einsparungen werden mit niedrigerem EE-Ausbau begründet, der im Szenario nicht hinterlegt ist**

Die beiden stärksten Positionen ganz oben und ganz unten auf der Einsparungsliste in Abbildung 10 werden jedoch nicht mehr erwähnt, d. h. weder an anderer Stelle des Berichtes erläutert noch in irgendeiner Form mit Zahlen hinterlegt. Der mit Abstand größte Posten der insgesamt ausgewiesenen Einsparung von 320 Mrd. Euro wird begründet mit „bedarfsgerechtem Netzausbau, etwa einem Viertel weniger EE-Zubau sowie Vermeidung Lieferkettenengpässe“. Er beträgt 215 Mrd. Euro (in Abbildung 10 oberste rot umrandete Box). Allerdings steht diese Begründung im Widerspruch zu den im Szenario an anderer Stelle ausgewiesenen Mengengerüsten für den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Das BDI-Szenario erreicht im Jahr 2045 annähernd die Werte der aktuellen politischen Ziele (siehe Grafik „optimiertes Szenario“ auf Seite 26 der BDI-Dokumentation). Demnach liegt der EE-Ausbau in diesem Jahr nur etwa 6% unter dem Referenzwert. Die genannten 25% weniger EE-Ausbau im Vergleich zum Referenzszenario enthält der BDI-Pfad lediglich im Jahr 2030. Das Szenario geht also von einem langsameren Hochlauf aus, nicht aber von einer massiven Zielabsenkung insgesamt. Ein Teil der Differenz lässt sich dadurch erklären, dass das BDI-Szenario einen höheren Anteil flexibilisierter Biomassenutzung anzunehmen scheint. Doch auch der Ausbau der volatilen Erzeugung – insb. der besonders für hohen Netzausbaubedarf verantwortlich gemachten Photovoltaik – liegt im BDI-Szenario nur 10% unter der aktuellen politischen Ambition. Damit würde es sich im Wesentlichen um eine Kostenverschiebung handeln, nicht jedoch um eine Einsparung, wie es die Studie suggeriert. Welcher Teil der genannten 215 Mrd. Euro Einsparungen evtl. auf die Vermeidung von Knappheitspreisen zurückzuführen ist, wird in dem Szenario nicht ausgewiesen.

### **Auch hohe Einsparungen durch mehr Gaskraftwerke werden nicht belegt und scheinen kontraintuitiv**

Auch eine zweite Position in Abbildung 10 scheint auf einen inneren Widerspruch hinzuweisen – zumindest ist auch dieser Punkt nicht anhand der mitgelieferten Dokumentation auszuräumen. Es werden hohe Einsparungen bis zu 50 Mrd. Euro durch den Zubau größerer Leistungen an Gaskraftwerken ausgewiesen. Die Mechanik sei, dass durch zusätzliche Kraftwerke „Preisspitzen geglättet“ würden. Einerseits scheint es energiewirtschaftlich kontraintuitiv, dass mehr Gasverstromung im System die Kosten senken soll. Auch hier fehlt die Hinterlegung. Mehr noch weist das BDI-Szenario auf Seite 26 im Vergleich mit dem Referenzszenario auf Seite 10 keinen Aufwuchs gesicherter Leistung auf, sondern sogar eine Reduktion. Aus den beiden Grafiken lassen sich im Referenzfall ca. 80 GW Leistung H<sub>2</sub>-Kraftwerke ablesen (in Übereinstimmung mit den Langfristszenarien der Bundesregierung) und weniger als die Hälfte davon im optimierten Szenario. Vielmehr scheint es daher, dass es sich bei dieser Position um mögliche Risikokosten handelt, die bei zu langer Verschleppung z.B. der Flexibilisierung des Stromsystems dadurch entstehen

---

<sup>1</sup> Entsprechende Fragen wurden an den BDI am 21.07. übermittelt, eventuell aufgrund der knappen Zeit, bisher jedoch nicht beantwortet

könnten, dass die Politik dann zur Sicherung der Versorgungssicherheit ersatzweise und evtl. überstürzt zusätzliche gesicherter Leistung zuzubauen lassen müsste. In diesem Fall dürften diese 15-50 Mrd. Euro jedoch nicht als Einsparpotential der Energiewende eingerechnet und benannt werden, sondern als drohende Kosten bei politischer Untätigkeit (siehe Abschnitt 3).

Die genannten Beispiele bedeuten nicht, dass nicht auch im Stromnetz und dem Aufbau gesicherter Leistung nennenswerte Einsparungen möglich sind. Im Gegenteil scheint hier sehr wohl Optimierungsbedarf zu liegen (siehe Abschnitt 7). Die Szenarien begründen oder belegen diese Einsparungen jedoch nicht und scheinen in diesen beiden zentralen Punkten sogar im Widerspruch zu den eigenen Annahmen zu stehen. Dennoch bedienen sie die öffentlich stark verbreitete Erzählung „weniger EE-Zubau spart massiv Kosten“ oder „mehr gesicherte Leistung spart massiv Kosten“. Im Monitoringbericht und bei der Übernahme von Handlungsvorschlägen durch die Bundesregierung müssen daher in diesen Punkten Botschaften und Quellen besonders sorgfältig geprüft werden.

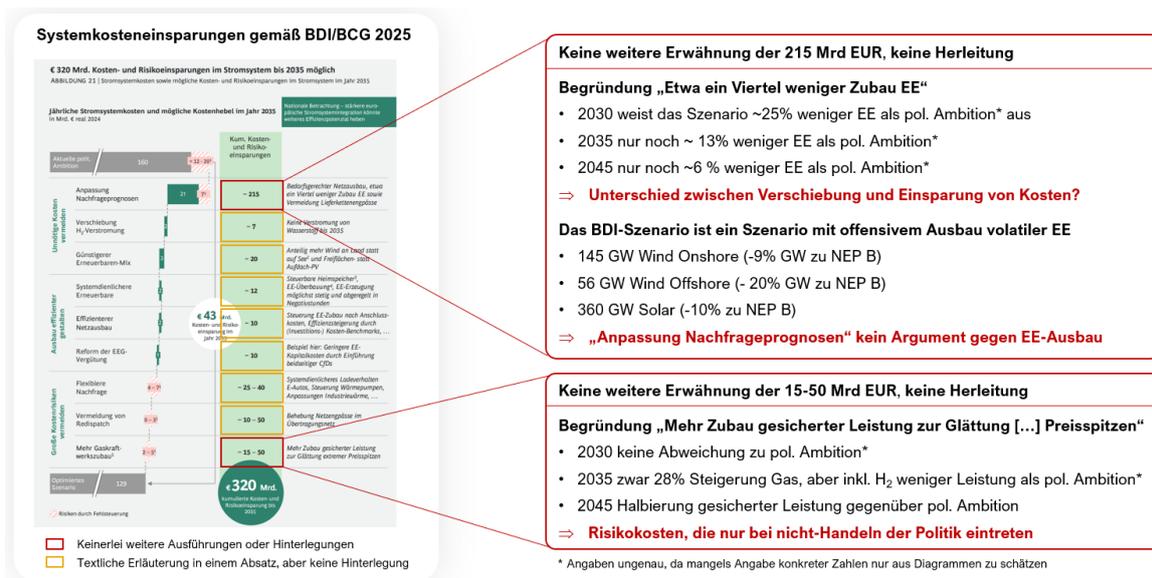


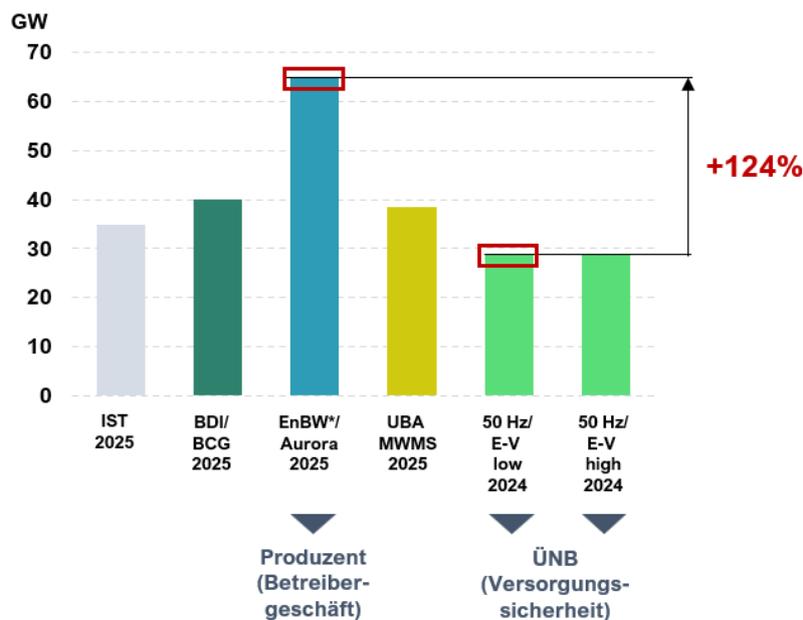
Abbildung 10: Übersicht möglicher Systemkosteneinsparungen gemäß BDI-Szenario (links) sowie sich anhand der mitgelieferten Dokumentation und Mengengerüste ergebende Fragen / mögliche Inplausibilitäten (die Grafik ist in höherer Auflösung im Foliensatz zur Studie enthalten).

### Szenarienergebnisse zum Ausbau von Gaskraftwerken scheinen weniger durch Versorgungssicherheit bestimmt als durch Vorgaben ihrer Auftraggeber

Neben der Debatte um anzunehmende Stromverbräuche und zu deren Deckung notwendiger Ausbauziele erneuerbarer Energien, hat die Frage der Versorgungssicherheit in den letzten Monaten eine große Rolle gespielt. Die neue Bundesregierung ist angetreten mit dem Ziel, möglichst kurzfristig 20 GW neue Gaskraftwerke errichten zu lassen. Abbildung 11 zeigt die im Jahr 2030 angenommene Leistung aus Gaskraftwerken der zusätzlich zum Monitoringbericht hinzugezogenen Szenarien, soweit diese ausgewiesen werden. Gegenüber der aktuellen installierten Leistung von ca. 36 GW gehen die meisten Szenarien von ähnlichen Werten auch für 2030 aus. Für das Jahr 2037 weist das Szenario von 50Hertz – in seiner Rolle als Übertragungsnetzbetreiber für Versorgungssicherheit verantwortlich – eine Leistung aus Gaskraftwerken von knapp 40 GW aus. Dass in Abbildung 11 das EnBW-Szenario mit 65 GW Gaskraftwerksleistung weit aus den anderen Szenarien heraussticht, liegt also nicht am Betrachtungszeitpunkt 2030. Lediglich das Szenario von McKinsey weist für 2035 mit 80 GW einen ebenfalls besonders hohen Wert auf (mangels Datenpunkt für 2030 nicht dargestellt).

Wie McKinsey gibt auch das EnBW-Szenario keinerlei Hinweise oder angenommene Kostenstrukturen an, weshalb ein so massiver Ausbau von Gaskraftwerken ökonomisch vorteilhaft sein soll. Da Strom aus Gaskraftwerken die teuerste Stromerzeugungsform darstellt<sup>14</sup>, scheint dies auch kontraintuitiv – zumal in dem „optimierten“ EnBW-Szenario günstigere Flexibilitätsoptionen wie Batteriespeicher gegenüber dem Referenzszenario reduziert wurden. Es ist weder belegbar noch widerlegbar, dass das Szenario-Ergebnis von EnBW damit zusammenhängt, dass EnBW als Betreiber von Gaskraftwerken ein Geschäftsinteresse in diesem Feld hat und dass Kraftwerke, deren Finanzierung über einen Kapazitätsmechanismus gesichert werden kann, ein attraktives Geschäft versprechen. Doch gerade im Vergleich zum 50Hertz-Szenario, in dem Versorgungssicherheit bei gleichzeitiger Kostenoptimierung im Vordergrund steht, stehen unterschiedliche Interessenlagen als möglicher Auslöser dieser Modellierung ins Auge. Für das Jahr 2045 nimmt das EnBW-Modell übrigens nur noch 34 GW Gas/H<sub>2</sub>-Kraftwerke an.

### Leistung Gaskraftwerke in 2030



\* Aus Grafik „Installierte Kapazitäten Finalszenario im Vergleich“, Werte für 2030 als Summe aus Erdgas GuD, Gasturinen (Erdgas) und Gasturbinen (Wasserstoff), Seite 5 Endbericht

Abbildung 11: Vergleich der in den Szenarien des Monitoringberichtes angegebenen Leistung Gaskraftwerke in 2030.

### Ein kurzfristiger Zubaubedarf von 20 GW Gaskraftwerken ist aus den Szenarien nicht ableitbar – bei gesenkten Stromverbrauchsannahmen sogar unplausibel

Unabhängig von möglichen Geschäftsinteressen lässt sich aus dem dargestellten Szenarienvergleich kein kurzfristiger Zubaubedarf von 20 GW neuen Gaskraftwerken herleiten. Hier werden die vertieften Analysen des Monitoringberichtes möglicherweise genaueren Aufschluss geben.

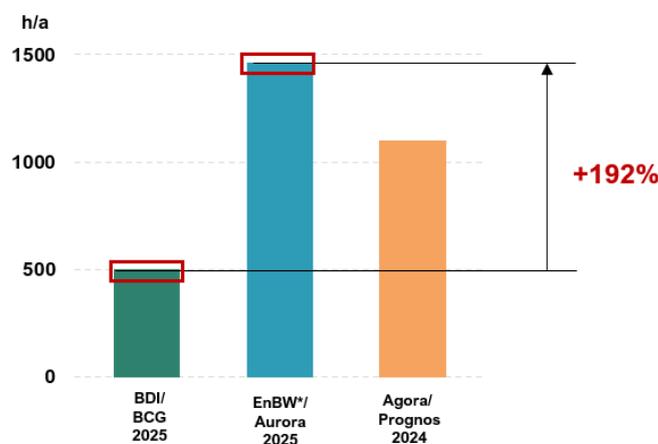
Des Weiteren erscheint unplausibel, wie eine Absenkung von Stromverbrauchsprognosen insb. in den Szenarien von EnBW und McKinsey für die Jahre 2030-2035 aufgrund verzögerter Elektrifizierung des Wärme-, Mobilitäts- und Industriesektors ausgerechnet zu einem massiv erhöhten Bedarf an Gaskraftwerken führen soll.

## Eine große, reale Unsicherheit liegt in den benötigten Mengen und Auslastungen zukünftiger H<sub>2</sub>-Kraftwerke

Ebenfalls im Zusammenhang mit der angenommenen Menge notwendiger Gaskraftwerkskapazitäten ist deren Auslastung von Bedeutung. Die Auslastung von Kraftwerken wirkt naheliegenderweise stark auf deren Wirtschaftlichkeit bzw. umgekehrt: die angenommenen Prämissen für Investitions- und Betriebskosten bestimmen, welchen Zubau und welche Auslastung im jeweiligen Modell simuliert werden.

Aufgrund der schwachen Datentransparenz kann die Auslastungen von Gaskraftwerken anhand der veröffentlichten Unterlagen leider nur für wenige Szenarien ermittelt werden. Abbildung 12 zeigt die Bandbreite von ca. 500 Volllaststunden im BDI-Szenario bis zu knapp 1.500 Volllaststunden im EnBW-Szenario. Die globalen Wettbewerbs- und Kostenstrukturen für Wasserstoff als Energiespeicher für die letzte Meile der Dekarbonisierung im Stromsektor sowie der Kosten seiner Verstromung ist hochgradig ungewiss. Dennoch scheint eine Bandbreite von nahezu einem Faktor drei ungewöhnlich hoch. Insofern weist das Beispiel darauf hin, dass verfrühte politische Festlegungen auf finale Mengengerüste für besonders unsichere Energievektoren und darauf abgestellte Infrastrukturentscheidungen zu teuren Pfadabhängigkeiten und Lock-In Effekten führen können. Daher sollten gerade Investitionen in zunächst weiterhin fossil betriebene Infrastruktur wie Gas/H<sub>2</sub>-Ready Kraftwerke nur schrittweise und entlang des tatsächlich zur Sicherung von Versorgungssicherheit minimal notwendigen Pfades erfolgen.

**Volllaststunden (Auslastung) von H<sub>2</sub>-Kraftwerken in 2045\***



\* Die Vergleichbarkeit ist aufgrund der schwachen Transparenz der veröffentlichten Szenarienprämissen und -ergebnisse eingeschränkt

Abbildung 12: Bandbreiten der angenommenen Volllaststunden von Gaskraftwerken im Jahr 2045, soweit diese aus den Angaben in den Szenarien ermittelt werden können.

## Ohne Transparenz zu den Prämissen sollten Szenarien nicht als Grundlage weitreichender politischer Entscheidungen verwendet werden

Diese Beispiele zeigen erneut, wie irreführend es sein könnte, Szenarienergebnisse oder daraus abgeleitete Botschaften von Marktakteuren als Entscheidungsgrundlage zu verwenden, wenn deren Prämissen nicht transparent offengelegt werden und somit nicht einer kritischen Prüfung, auch durch die Fachöffentlichkeit, unterzogen werden können.

## 6. Skalierung dezentraler Energietechnik wird systematisch unterschätzt

*Massenfertigung hat hohe Lern- und Innovationsraten. Dezentrale Energietechnik wie PV & Speicher wird systematisch unterschätzt. Auch dem Monitoringbericht hinterlegte Szenarien vollziehen Entwicklung insb. bei Speichern ex post nach und unterstellen gleichzeitig ex ante heute nicht existente Entwicklung bei Großtechnik.*

Seit Jahrzehnten wird die Dynamik des weltweiten Ausbaus der Photovoltaik systematisch unterschätzt. Eindrücklich ist dies in den Fehleinschätzungen der Internationalen Energieagentur IEA dokumentiert. In den jährlich erscheinenden „World Energy Outlooks“ wurde seit 2006 jedes Jahr aufs Neue prognostiziert, dass das Marktvolumen für neue Photovoltaik-Installationen weltweit stagnieren oder nur sehr langsam wachsen würde. Der reale Marktverlauf folgte jedoch einer steilen exponentiellen Entwicklung. Selbst die Prognose aus dem Jahr 2018 für das Jahr 2024 unterschätzte das real erreichte Marktvolumen beinahe um den Faktor sechs<sup>15</sup>! Im Ergebnis fließen bereits seit dem Jahr 2023 weltweit mehr Investitionen in Photovoltaik als in alle anderen Energietechnologien zusammen (andere Erneuerbare, Kohle, Gas & Atom). Im Jahr 2024 wuchs der Abstand auf 77 Mrd. USD<sup>16</sup>.

Auch das weltweite Wachstum der Windenergie verläuft exponentiell, jedoch mit etwas geringeren Wachstumsraten. Noch schneller als die Photovoltaik wächst seit einigen Jahren hingegen der Markt für Batteriespeicher. Auch der damit verbundene Kostenverfall, die sogenannte „Lernkurve“ ist noch steiler als die der Photovoltaik.

In der Energietechnik waren solch steile Wachstumskurven und Kostendegressionen früher nicht bekannt. Der Grund liegt in der Struktur der jeweiligen Technologie: Photovoltaik und Batterietechnik skalieren in der Logik industrieller Massenfertigung und damit erheblich schneller als die früher übliche (Groß)Kraftwerkstechnik. Dies erklärt auch die etwas weniger steile Lernkurve von Windkraftanlagen, die zwar ebenfalls in erheblichen Stückzahlen hergestellt werden, aber im Vergleich zu Solaranlagen und Batteriespeichern noch einen deutlich höhere Anzahl verschiedenartiger Bauteile und Montage vor Ort erfordern<sup>17</sup>. Einen Vergleich realer Kostenentwicklungen bis 2020 und der zu diesem Zeitpunkt prognostizierten weiteren Entwicklung zeigt Abbildung 14. Die prognostizierten Kostensenkungspfade bis 2030 bei Photovoltaik und Batteriespeichern wurden dabei erneut unterschritten.

Die Dynamik der Skalierung dezentraler Energietechnik, die in Massenfertigung hergestellt wird, führt einerseits zur Unterschätzung der Entwicklung ihres jeweils eigenen Marktvolumens, wie oben ausgeführt. Das in Abbildung 13 sichtbare Muster von Unterschätzungen findet sich dabei auch in weltweiten Prognosen für die E-Mobilität und Batteriespeicher wieder (Abbildung 15, ebenfalls anhand Zahlen der Internationalen Energieagentur). Spiegelbildlich führen diese Unterschätzungen regelmäßig auch zu Überschätzungen fossiler Stromproduktion, die jedoch schneller verdrängt wird, als erwartet. Ebenfalls in Abbildung 15 ist dies für die Prognosen der US-amerikanischen Kohleverstromung durch die Energy Information Administration (EIA) dargestellt<sup>18</sup>.

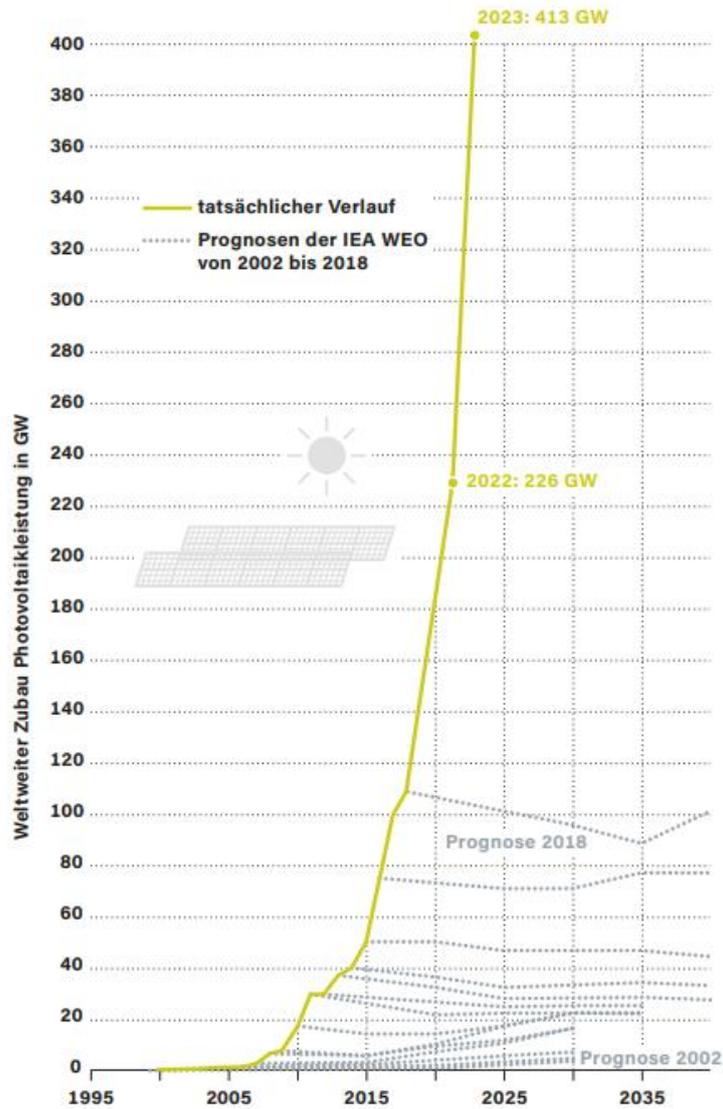


Abbildung 13: Entwicklung der wiederkehrenden Fehlprognosen der IEA zum weltweiten Wachstum der Photovoltaik<sup>19</sup>.

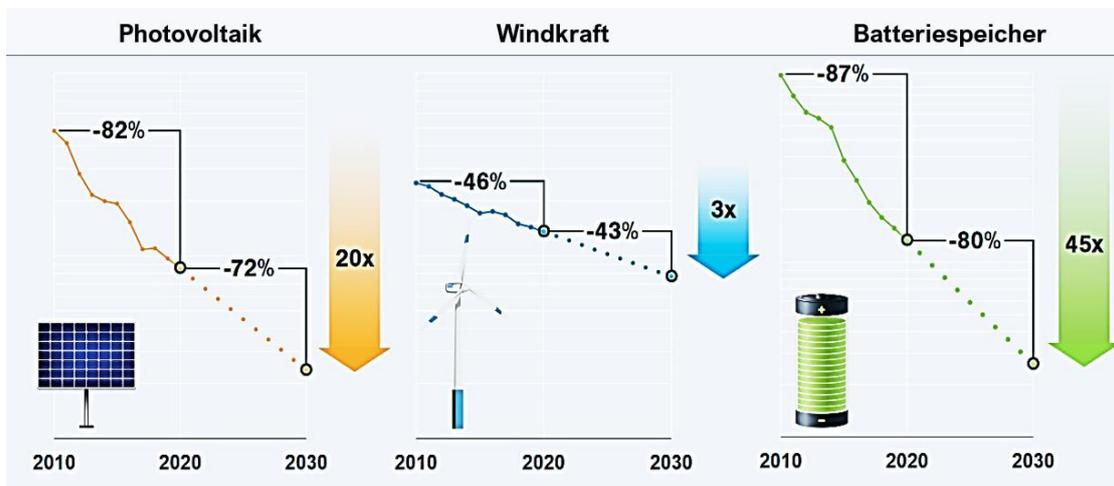


Abbildung 14: Darstellung der Kostenentwicklung von Photovoltaik, Windkraft und Batteriespeichern im IST der Jahre 2010-2020 und einer Prognose bis 2030. Grafik: RethinkX<sup>20</sup> (Anm.: diese Prognose aus dem Jahr 2020 ist bereits heute unterschritten).

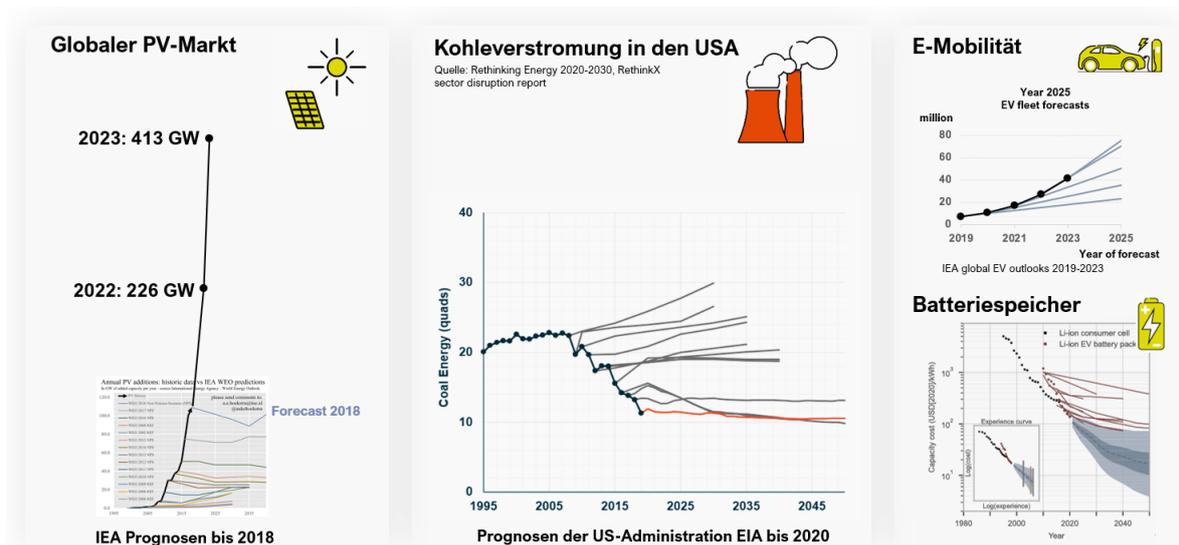


Abbildung 15: Übersicht identischer Muster von Unterschätzungen des weltweiten PV-Marktes (links) sowie der Märkte für E-Mobilität und Batteriespeicher (rechts). Spiegelbildlich kann dies zu Überschätzungen der Entwicklung konventioneller Technologien führen, wie am Beispiel der Prognosen der US-amerikanischen EIA für die Kohleverstromung in den USA (Mitte), die systematisch überschätzt wurde.

### Auch Energieszenarien neigen zur Unterschätzung bereits skalierender dezentraler Energietechnik

Die industriellen Mechanismen hinter solchen Unter- und Überschätzungen zu verstehen ist wichtig auch für die Interpretation von deutschen Energieszenarien. Denn der Kostenverfall, z. B. von Solartechnik und Batteriespeichern, hat unmittelbare Auswirkungen auch auf die Entwicklung des deutschen Marktgeschehens. Entsprechend werden Fundamentalmodelle regelmäßig aktualisiert. Dabei werden die real schneller eingetretenen Kostensenkungen von Technologien wie Batteriespeichern eingearbeitet. Im „Backtesting“, also im rückwärts schauenden Vergleich ein und desselben Modells aus verschiedenen Jahren, wird dies deutlich. Abbildung 16 zeigt dies für die BDI-Szenarien der Jahre 2021 und 2025. Innerhalb von nur vier Jahren hat sich das Simulationsergebnis für das Jahr 2045 stark verändert: mehr als doppelt so viel Batteriespeicher- und über 50% mehr Solarleistung (jetzt nur noch 10% unter der politischen Ambition von 400 GW).

Es ist zu vermuten, dass gerade die hoch dynamische Entwicklung bei Batteriespeichern auch in zukünftigen Modell- und Szenarien-Updates dazu führen wird, dass die Mengengerüste für Batteriespeicher angehoben werden. Auch enthalten viele Szenarien sowohl von wissenschaftlicher Seite als auch von Marktakteuren innovative Flexibilitäten (z.B. flexibilisierte Biomasse) oder relevante Geschäftsmodellinnovationen, wie vehicle-to-grid, kaum oder gar nicht. In anderen Ländern ist eine solche Nutzung von Batterien in Elektrofahrzeugen im Stromhandel bereits möglich oder befindet sich in der Markteinführung<sup>21</sup>. Sowohl Fahrzeugnutzer als auch -anbieter und Stromlieferanten können erheblichen Mehrwert aus solchen Modellen generieren. Es ist aus heutiger Sicht wahrscheinlich, dass solche Nutzungen sich langfristig durchsetzen werden. Eine einfache Überschlagsrechnung zeigt, dass auf diese Weise große Mengen zusätzlicher Speicherkapazität ins System kommen können: bei angenommenen 40 Mio. Fahrzeugen mit jeweils nur 50 kWh Batteriekapazität und nur 10% Teilnahme an vehicle-to-grid Nutzung wären zusätzliche Speicherkapazitäten im Umfang von 200 GWh verfügbar. Weitere Geschäftsmodellinnovationen, die sich erst mit einem breiten Rollout von Smart Metern einstellen können, sind ebenfalls heute kaum modellierbar, wie etwa die Nutzung kleiner Heimspeicher zu eigenen Kostenoptimierung des Stromeinkaufs auch jenseits der heimischen PV-Anlage.

Je mehr Marktanteile die beschriebenen schnell skalierenden, dezentralen Technologien für sich gewinnen, desto mehr müssen andere, meist zentraler organisierte Technologien abgeben. Dies ist im Back-Testing der BDI-Szenarien in Abbildung 16 ebenso zu erkennen. Die für das Zieljahr 2045 simulierte Leistung an



## 7. Einsparung sind möglich, aber nicht durch Verschiebung der Energiewende

*Hoher Handlungsdruck im Energiesektor und beim Klimaschutz geht auf vorherige Verschleppungen zurück. Teilweise überhöhte Kosten der Energiewende sind auf Nachholbedarfe in politisch vernachlässigten Themenfeldern zurückzuführen. Weitere Verschiebungen erscheinen daher als Lösung nicht intuitiv. Gleichzeitig blendet der Auftrag zum Monitoringbericht industriepolitische Perspektiven weitgehend aus und ihm fehlen Gesamtbilanzen weiterer Verzögerungen z.B. bei der Modernisierung der Stromnetze und der Transformation der Wirtschaft.*

### **Einsparungen durch bessere Auslastung und Organisation der Netze sind auch bei hohem EE-Ausbau möglich**

Einige Szenarien weisen erhebliche Kostensenkungspotentiale durch eine Reduktion von Investitionen und deren Abschreibungen aus. Soweit dies nachvollziehbar ist, scheinen auch diese Einsparungen wesentlich durch das Absenken der Stromverbrauchsprognosen zum Jahr 2030/35 und gleichzeitig für diesen Zeitpunkt reduzierten EE-Ausbauzielen und Netzausbau begründet. Zusätzliche Anteile stammen aus anderen Einsparungen, wie der stärkeren Nutzung von Freileitungen statt Erdkabeln, die unabhängig von den Mengengerüsten in den jeweiligen Szenarien sind.

Abbildung 17 weist beispielhaft für das BDI-Szenario reduzierte Investitionsbedarfe in Höhe von 330 Mrd. Euro bis 2035 aus. Leider ist nicht transparent, wie sich diese Reduktion zusammensetzt. Doch anhand der Grafiken zu den Investitionsbedarfen im Referenzszenario und im optimierten Szenario lässt sich beispielsweise alleine für den Zeitraum der Jahre 2026-2030 eine Reduktion von Investitionen in die Verteilnetze von 10 Mrd. Euro ablesen. Für Einsparungen in dieser Höhe scheinen zwei grundsätzliche Hebel besonders relevant, welche in der textlichen Erläuterung beschrieben werden:

- Bessere Auslastung vorhandener Netze durch Batteriespeicher und Überbauung;
- Weniger Elektrifizierung in Wärme und Mobilität, weniger EE-Ausbau, weniger Netzmodernisierung und -ausbau.

Während es sich beim ersten Hebel um nachhaltige und damit sinnvolle Einsparungen handelt, wäre der Zweite vor allem eine Verschiebung von Investitionen und keine Einsparung. Denn wie weiter oben ausgeführt unterscheiden sich die Mengengerüste für den EE-Ausbau im Jahr 2045 im BDI-Szenario nur relativ geringfügig von der aktuellen politischen Ambition.

### **Analysen, die Kostensenkungspotentiale im Netzbetrieb aufzeigen, werden im Monitoringbericht nicht herangezogen**

Auf großes Einsparpotential im Netz auch ohne Senkung der Ambition beim Ausbau erneuerbarer Energien weist auch eine jüngst veröffentlichte Studie von Agora Energiewende hin, die jedoch nicht vom Monitoringbericht betrachtet wird. Demnach könnten Einsparungen von rund 160 Mrd. Euro durch drei Maßnahmen erzielt werden: mehr Freileitung statt Erdkabel, Senkung der Investitionskosten durch Eigenkapitalbeteiligung des Bundes an den Übertragungsnetzbetreibern sowie Einführung dynamischer Netzentgelte für flexible Verbraucher wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge<sup>24</sup>.

Eine jüngste Auswertung des Bundesverbandes Neue Energiewirtschaft (BNE) weist darüber hinaus auf offenbar teils stark überhöhte Eigenkapitalrenditen von Netzbetreibern hin. So hätte in den vergangenen Jahren EWE Netz bis zu 50%, die Pfalzwerke 38% und Westnetz 27% Eigenkapitalrenditen erzielt – trotz der kalkulatorischen Renditen der sog. Anreizregulierung für den Netzbetrieb von nur 5 - 7%<sup>25</sup>.

Neben solchen spezifischen Untersuchungen gibt es bei dezentralen Energietechniken einen breiten Blumenstrauß weiterer Flexibilitätsoptionen, sowohl auf der Lastseite (das Beispiel vehicle-to-grid wurde bereits genannt) als auch der Erzeugungsseite (z.B. Flexibilisierung der Biomasse<sup>26</sup>). Aus heutiger Sicht

erscheinen diese auch mit Blick auf weitere Kostensenkungspotentiale in den Szenarienrechnungen zu wenig berücksichtigt.

### Ein Nutzen gesenkter Ambition bei Netzmodernisierung, -ausbau und -organisation ist nicht belegt und scheint kontraintuitiv

Insofern ist es für die Analyse im Monitoringbericht und die folgenden Weichenstellungen der Bundesregierung entscheidend, diese Hebel sauber zu trennen. Eine Absenkung der Ambition bei der Elektrifizierung, der Modernisierung und dem Ausbau der Verteilnetze (Hebel 2, siehe oben) könnte auch negative Folgen haben. Zum einen, dass der Handlungsdruck in den Folgejahren umso größer wird (der aktuelle Modernisierungstau wird größer). Und zum anderen, dass Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit leidet, weil Unternehmen lange auf Netzanschlüsse warten und neue Verbraucher, wie moderne Rechenzentren oder elektrifizierte Verfahren in der Industrie, somit nicht versorgt werden können etc.

In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig, die aufgrund der Verschleppungen der Vergangenheit jetzt notwendigerweise ambitionierten Ziele bei Modernisierung, Digitalisierung und Ausbau der Verteilnetze nicht im „jetzigen Deutschland“ zu denken. Vielmehr müssen sie mit einer Reduktion der zuvor beschriebenen Fragmentierung im Verteilnetzbetrieb und damit der Kostensenkung gedacht werden, also auch unter Berücksichtigung von zielgerichtetem politischem Handeln. Gleichzeitig würde eine damit verbundene Reorganisation im Verteilnetzbetrieb anfangs zusätzliche Investitionen erfordern, die einer Reduktion der Investitionsbudgets bis 2030/2035 entgegenlaufen würde.

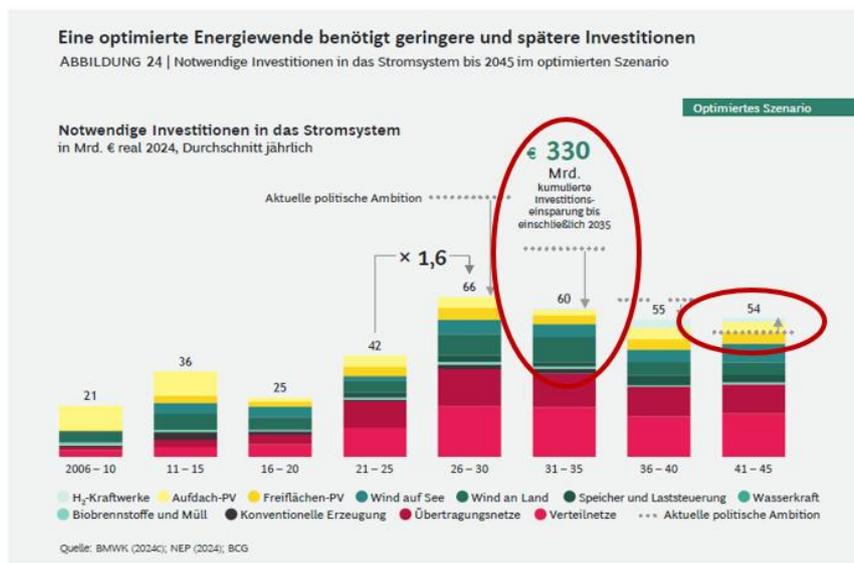


Abbildung 17: Beispielhafte Darstellung reduzierter Investitionsbedarfe aus dem BDI-Szenario.

Dass Senkungen von Investitionsbedarfen in Netzinfrastruktur auch unabhängig vom EE-Ausbau notwendig und möglich sind, belegt neben dem BDI-Szenario auch jenes von 50Hertz. Abbildung 18 zeigt eine in dem Szenario simulierte Senkung der Investitionen alleine in die Übertragungsnetze von 80 Mrd. Euro auch im „high“ Szenario. Gleichzeitig weist dieses Szenario einen hohen Elektrifizierungsgrad der deutschen Volkswirtschaft auf und sogar höhere EE-Ausbauziele als in der aktuellen politischen Ambition (Abbildung 18 unten).

Die genannten Szenarienauszüge unterstreichen den dringenden politischen Handlungsbedarf in der systemisch verbesserten Organisation der Energiewende jenseits des Ausbaus von Stromerzeugungskapazitäten.



Abbildung 18: Auszug aus dem 50Hertz-Szenario mit Blick auf simulierte Reduktionen beim Netzausbau an Land (oben), trotz sogar höherer EE-Ausbauziele als aktueller politischer Ambition (unten).

### Vorgeschlagene Maßnahmen sollten auf mögliche Zielkonflikte hin überprüft werden

Die in den Szenarien vorgeschlagenen Maßnahmen zur Kostensenkung – etwa der vermehrte Einsatz von Freileitungen anstelle von Erdkabeln, eine stärkere Fokussierung auf Onshore- statt Offshore-Windkraft – enthalten auch wertvolle Impulse zur Überprüfung bisheriger Annahmen, da sie auf eine unmittelbare Senkung der Systemkosten abzielen. Jedoch bleiben in den Szenarien zentrale Zielkonflikte weitgehend unreflektiert, was in einem eingehenderen Monitoring überprüft werden sollte. So sind Freileitungen zwar günstiger in der Umsetzung, stoßen jedoch häufig auf gesellschaftlichen Widerstand und können Planungsverfahren verzögern. Die Verlagerung von Offshore - zu Onshore-Windkraft geht mit geringeren Volllaststunden und damit einem größeren Flächenbedarf an Land einher, was nur bei Lösung von lokalen Akzeptanzproblemen eine real umsetzbare Option ist. Die ebenfalls in einigen Szenarien vorgeschlagene Priorisierung von blauem gegenüber grünem Wasserstoff scheint zumindest auf den ersten Blick die mit fossilen Rohstoffen verbundenen Leckage-Emissionen nicht zu berücksichtigen sowie die geopolitischen Abhängigkeiten, die gerade durch den Aufbau einer heimischen, grünen Wasserstoffwirtschaft vermieden werden können. Insgesamt dürfen Maßnahmenvorschlägen keine verkürzten Kostenbetrachtungen zugrunde gelegt werden, die systemische Wechselwirkungen und langfristige Transformationsziele unzureichend einbeziehen.

### Volkswirtschaftliche Gesamtwirkung bisher zu wenig im Fokus

Der Weg und die Mittel, mit denen die Modernisierung und Transformation der deutschen Energieinfrastruktur betrieben wird, hat weitreichende Auswirkungen auf die langfristige Leistungsfähigkeit und Kostenstruktur von Unternehmen am Standort Deutschland. Zu diesem Punkt gibt auch das Szenario des BDI relevante Hinweise. Beispielsweise wird die Ursache für hohe Energiekosten großer Unternehmen als Gaspreisproblem diagnostiziert sowie die schwache Koordination von EE- und Netzausbau dafür benannt (Kernaussage 1). Auch wird „eine zu starke Senkung bestehender Ausbauziele“ (der Erneuerbaren) als „Gefährdung des Industriewachstums in Zukunftsbranchen“ eingeordnet (Kernaussage 7).

Im Auftrag zum Monitoringbericht kommt eine solche industriepolitische und -strategische Perspektive nicht relevant vor. Aufgrund der oben beschriebenen engen Kopplung aller Sektoren im Zielbild sind jedoch Themen wie Elektromobilität, Digitalisierung, KI, intelligente Gebäudesteuerung, die Elektrifizierung von Industrieprozessen etc. nicht nur energiepolitisch zusammen zu denken, sondern auch industriepolitisch. Jede dieser Kopplungen birgt Innovationspotential für deutsche Unternehmen, (Heimat-)Märkte und Exportmöglichkeiten. Umgekehrt kann ein zu spätes Reagieren auf industrielle Entwicklungen in anderen Ländern die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland einschränken oder auch ein zu forsches Umsteuern ohne entsprechende regulatorische Begleitung und finanzielle Unterstützung der betroffenen Branchen zu Brüchen und Wettbewerbsnachteilen in diesen Segmenten führen. Auch diese Themen können in dieser Kurzstudie nicht vertieft werden. Doch ein Blick auf den internationalen Wettbewerb – namentlich nach China als Technologie- und Kostenführer in relevanten Branchen sauberer Energietechnik – soll diese Fehlstelle verdeutlichen.

Abbildung 19 zeigt die Entwicklung von vier einfachen Indikatoren. Die chinesische Volkswirtschaft wurde in den letzten 25 Jahren gezielt und strategisch elektrifiziert und ist in dieser Hinsicht in den letzten Jahren deutlich an westlichen Industrienationen und auch an Deutschland vorbeigezogen. Heute leistet die Elektrifizierung der Mobilität einen relevanten Beitrag zur Fortsetzung dieses Pfades (Abbildung 19 oben rechts). In deren Zuge haben deutsche Hersteller ihre starke Stellung im größten Automobilmarkt der Welt eingebüßt. Auch der Wärmesektor und Teile der Industrie werden in China aktiv elektrifiziert. Nachdem die Anfangsjahre dieser Elektrifizierungswelle vor allem noch mit fossiler und in geringem Maße nuklearer Stromerzeugung genährt wurde, dominiert nach der erfolgreichen Skalierung der Wind- und Solarindustrie der Zubau von erneuerbaren Energien und Batteriespeichern das Wachstum chinesischer Stromproduktion (Abbildung 19 unten).

Dieses Schlaglicht ersetzt nicht die notwendige, deutlich differenziertere Betrachtung der industriepolitischen Dimension von Energiepolitik, zeigt jedoch auf, welche langfristige strategische Bedeutung der Gestaltung von Energiepolitik innewohnt. Eine mögliche „Neuaustrichtung“ von Energiepolitik sollte diese differenzierte Betrachtung daher insbesondere mit Blick auf Zukunftsmärkte und -industrien berücksichtigen. Da dieser Aspekt im Auftrag zum Monitoringbericht und in vielen der hinterlegten Szenarien fehlt oder nur angerissen wird, dürfte der Monitoringbericht selbst zumindest keine vollständige Grundlage für entsprechende Bewertungen und Schlussfolgerungen liefern. Diese Lücke muss separat geschlossen werden.

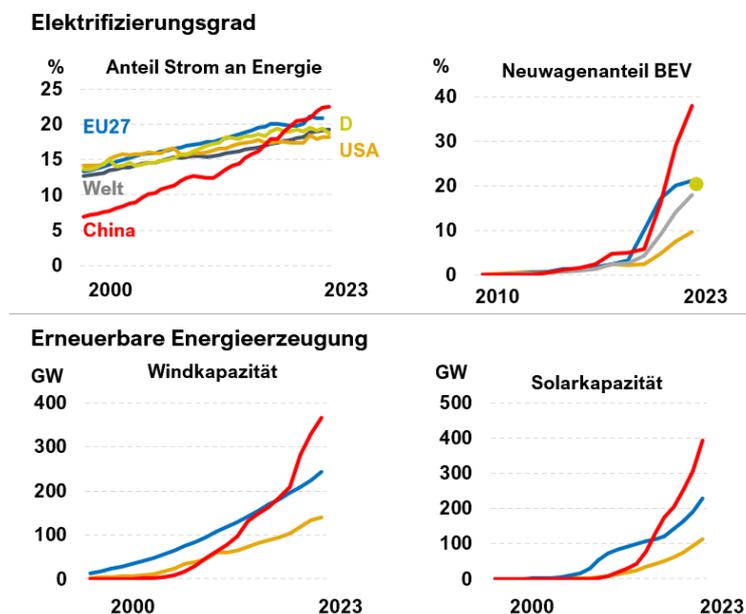


Abbildung 19: Elektrifizierungsgrade und weitere Kennzahlen zur Energiewende in ausgewählten Regionen im Vergleich zum heutigen Technologie- und Kostenführer China.

## 8. Klimaneutralität ist in Szenarien von Marktakteuren nicht gegeben oder belegt

*In den meisten von Marktakteuren hinzugezogenen Szenarien wird Klimaneutralität nicht belegt. In einigen ist sie explizit nicht gegeben oder nicht untersucht. Schlussfolgerungen und Empfehlungen, die von nicht klimaneutralen Szenarien ausgehen, dürfen in den Monitoringbericht nicht eingehen.*

Der Auftrag zum Monitoringbericht gibt vor, dass in seinen Bewertungen und Empfehlungen die Einhaltung nationaler und europäischer Klimaziele zu gewährleisten ist. Die Prüfung der hinzugezogenen Szenarien von Marktakteuren zeigt jedoch, dass Klimaneutralität in den meisten Szenarien entweder

- explizit nicht gegeben ist (EnBW untersucht und erreicht Klimaneutralität nur im Energiesektor)
- nicht explizit erwähnt und belegt ist (BDI-Szenario)
- erwähnt, aber nicht transparent belegt ist (50Hertz)
- als Fragestellung nicht bearbeitet wurde (McKinsey reicht nur bis 2035)

Nur das Szenario von Agora/Prognos gibt an, die Klimaziele als harte Rahmenbedingungen zu berücksichtigen und zu erreichen und gibt dafür in der öffentlichen Dokumentation auch sektorscharfe Emissionspfade an. Im Rahmen des Monitoringberichtes wären die dafür verwendeten, nicht öffentlichen Prämissen zu prüfen.

Im Ergebnis des oben Geschilderten müssten auch gemäß Auftrag des BMWF die Szenarien, die keine Klimaneutralität erreichen, aus den Empfehlungen des Monitoringberichtes ausgeschlossen werden.

	Erwähnung Klimaziele	Detailgrad / Transparenz	Erreichung
EnBW/Aurora 2025	●	●	●
BDI/BCG 2025	●	●	●
50 Hertz/E-Venture 2024	●	●	●
Agora/Prognos 2024	●	●	●
McKinsey* 2024	●	●	●

● Hoch/Ja	● Mittel/unklar	● Niedrig/Nur sektoral
-----------	-----------------	------------------------

Abbildung 20: Erwähnung der Klimaziele in den Szenarien von Marktakteuren, (subjektiver) Detailgrad der Beschreibung und Transparenz des Nachweises sowie tatsächliche Berücksichtigung der Klimaziele als Szenarienvorgabe = Zielerreichung.

## 9. Fazit: die meisten Szenarien sind in großen Teilen progressiv, ein Bedarf nach „Neuorientierung“ der Energiewende aus den Szenarien nicht abzuleiten

Notwendig ist aber ein klarer Fokus auf bisher vernachlässigte Themenfelder, jenseits von Stromverbrauchsprognosen und Gaskraftwerkszubau. Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung der Elektrifizierung aller Sektoren sowie der Modernisierung, Flexibilisierung und Digitalisierung der Netze sind szenarienübergreifend „no regret“ und müssen politisch gestaltet werden. Unnötige Systembrüche und weitere Marktverunsicherung oder gar eine „Bremsung Energiewende 2.0“ erschweren Zielerreichung und müssen vermieden werden.

### Ableitungen aus Szenarien von Marktakteuren sind aufgrund Intransparenz, Unvollständigkeit & Zielerreichung schwierig. Zwei Szenarien sind ganz auszuschließen

Abbildung 21 zeigt eine summarische Übersicht der in den vorherigen Abschnitten ausgeführten Analysen zu verschiedenen Aspekten der untersuchten Szenarien. Aufgrund der bestehenden Intransparenz und teils widersprüchlichen Belegen sind die genannten Kosteneinsparungen sowie Ziel- und Pfadanpassungen für alle Szenarien kritisch zu hinterfragen. Für zwei Szenarien ist bereits im Rahmen dieser Kurzstudie deutlich geworden, dass sie entweder unvollständig sind, die Klimaschutzziele verfehlen, oder weitere deutliche Mängel haben. Als Ergebnis wird in dieser Kurzstudie empfohlen, diese nicht als Grundlage für Maßnahmenempfehlungen im Monitoringbericht heranzuziehen (EnBW, McKinsey). Soweit in der Arbeit am Monitoringbericht von den Szenarienautoren entsprechende Transparenz der Annahmen und Belege hergestellt wird, können deren Schlussfolgerungen und Empfehlungen mindestens teilweise herangezogen werden (BDI, 50Hertz). Darüber hinaus gibt es zahlreiche „no regret“ Maßnahmen, die in dieser Übersicht nicht dargestellt und in allen oder den meisten Szenarien empfohlen werden. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Nutzbarkeit	Betrachtungszeitraum	Netto-Strombedarf 2045*	EE-Ausbau 2045	Gas-kraftwerke 2030/35	Rolle Blauer Wasserstoff	Rolle Batterien & Flex	Erreichung Klimaziele	Transparenz
EnBW	2045	760 / 959	●	●	●	●	●	●
BDI	2045	950	●	●	●	●	●	●
50 Hertz	2045	936 / 1.118	●*	●	●	●	●	●
McKinsey	2035	--	--	●	●	●	●	●

Übereinstimmung aktuellem NEP\*\* & Zielsetzung = Empfehlung zu Zielanpassungen
 ● Hoch
● Unklar/Mittel
● Niedrig

\* Angaben für die beiden verschiedenen Szenarien vom jeweiligen Marktakteur  
 \*\* Netzentwicklungsplan

Abbildung 21: Summarische Übersicht untersuchter Aspekte der Szenarien von Marktakteuren und deren Übereinstimmung mit der aktuellen politischen Ambition. Niedrige Übereinstimmung bedeutet im Umkehrschluss eine Empfehlung zu Zielanpassungen. Diese sind jedoch in einigen Szenarien so widersprüchlich und zudem nicht belegt, und / oder verfehlen die Klimaziele, dass diese Szenarien nicht als Grundlage für Empfehlungen im Monitoringbericht herangezogen werden können (EnBW, McKinsey) bzw. im Falle des Herstellens von Transparenz zu den Annahmen und Belegen mindestens auszugsweise herangezogen werden können (BDI, 50Hertz).

## **Eine Verengung auf Stromverbräuche und Gaskraftwerkskapazitäten verstellt den Blick auf entscheidende Handlungsbedarfe der Energiewende**

Nicht nur die von wissenschaftlichen Akteuren hinzugezogenen Szenarien, sondern auch jene von Marktakteuren wie dem BDI und 50Hertz leiten in weiten Teilen progressive Handlungsempfehlungen ab, die auf die Nutzung der langfristigen Vorteile einer sektorübergreifenden und kosteneffizienten Modernisierung der deutschen Energieinfrastruktur abzielen. Dennoch argumentieren diese Szenarien, dass in einer Übergangsphase der Transformation niedrigere Stromverbräuche auch eine geringere Ambition beim Ausbau der erneuerbaren Energien und der Stromnetze rechtfertigen könnten. Diese Argumentation könnte jedoch an einer wesentlichen Annahme liegen, die im Kern politisch ist: dass sich nämlich der Trend der vergangenen Jahre z.B. beim langsamen Hochlauf der E-Mobilität und der Wärmewende oder bei der Flexibilisierung des Stromsystems in den nächsten Jahren fortsetzen wird (bei 50Hertz konkret bis 2030). Dieser Trend beruht aber auf den aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen. Deren Ausrichtung auf wirtschafts- und klimapolitische Ziele ist jedoch politische Aufgabe und ein formaler Grund für die Erstellung des Monitoringberichtes. Wenn der Monitoringbericht und / oder das BMWF nun allerdings die in den Szenarien enthaltene Trendfortschreibung als Grundlage für Entscheidungen heranziehen, perpetuiert sich die Trendfortschreibung ähnlich einer selbsterfüllenden Prophezeiung. Handlungsempfehlungen und tatsächliches Handeln sollten nicht darauf abstellen, dass eine Bundesregierung die aufgezeigten Versäumnisse ihrer Vorgängerregierungen fortsetzt.

## **Ein Bedarf nach einer „Neuausrichtung“ der Energiewende wird nicht belegt. Mehr Fokus auf bisher vernachlässigte Themenfelder scheint notwendig**

Die vorangegangenen Abschnitte zeigen, dass keines der Szenarien den Bedarf nach einer tatsächlichen Neuausrichtung der Energiewende im Sinne eines angepassten Zielbildes oder einer gravierenden Pfadänderungen belegt. Umso mehr droht daher die Verengung der Diskussion auf Stromverbrauchsmengen und den Zubau von Gaskraftwerken tatsächlich zentrale Handlungsbedarfe für eine kosteneffiziente Transformation der deutschen Infrastruktur und Wirtschaft zu vernachlässigen. Denn viele, kaum im Lichte der Öffentlichkeit stehende Maßnahmen dürften bei aktiver Gestaltung die unterstellten Trendfortschreibungen aufbrechen und damit maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz, Kosten und Geschwindigkeit der Energiewende haben. Beispielhaft zeigt Abbildung 22 eine Auflistung von Handlungsbedarfen im BDI-Szenario, von denen viele auch in andere Szenarien abgeleitet werden und in der energiewirtschaftlichen Fachwelt Zustimmung erfahren.

### Auszüge aus den Empfehlungen im BDI-Szenario

„Eine zu <b>starke Senkung bestehender Ausbauziele könnte Deutschlands Industriegewachstum</b> in Zukunftsbranchen <b>gefährden</b> “	✓
„ <b>Bekennnis zur Energiewende</b> stärken, Investitionssicherheit stärken“	✓
„ <b>Elektrifizierung</b> weiter beschleunigen (Elektromobilität, Wärmepumpen und elektrische Industriewärme anreizen)“	✓
„ <b>Gesicherte Leistung</b> zubauen“	(✓)
„Redispatch begrenzen – <b>Netzausbau adäquat beschleunigen</b> “	✓
„ <b>Flexible Nachfrage anreizen</b> – Smart-Meter-Rollout beschleunigen, §19 StromNEV reformieren“	✓
„Stromnetze kosteneffizienter ausbauen – Erdkabel wo möglich vermeiden, <b>Harmonisierung von Netzkomponentenanforderungen</b> “	✓
„Erneuerbare Systemdienstlicher machen – [...] <b>regionale Anreize, systemdienliche Erzeugungsprofile, steuerbare Heimspeicher, Überbauung</b> [...]“	✓
„Optionen für „letzte Meile“ offenhalten – Breiten Technologieraum ermöglichen ( <b>Batterien, Bioenergie, CCS</b> )“	(✓)

Abbildung 22: Auszüge aus den Empfehlungen im BDI-Szenario (Seite 46). Viele werden auch in anderen Szenarien benannt und scheinen in energiewirtschaftlichen Fachkreisen nur in der konkreten Ausgestaltung strittig und könnten daher als „no regret“ in den Fokus des kurzfristigen politischen Handelns rücken. Bei einigen (in Klammern gesetzt) sind konkrete Annahmen, Mengen, Kosten etc. offenzulegen und zu diskutieren.

### Umfangreiche Handlungsempfehlungen sind „no regret“. Unnötige Systembrüche und Marktverunsicherung schaden

Eine detaillierte Prüfung und Würdigung dieser und weiterer Handlungsoptionen und Maßnahmenvorschläge aus den Szenarien, die dem Monitoringbericht zugrunde gelegt werden, geht über den Umfang dieser Kurzstudie hinaus. Eine cursorische Zusammenstellung zeigt jedoch, dass eine breite Palette von Maßnahmen als „no regret“ zu betrachten sein dürfte, also als in jedem Fall sinnvoll oder notwendig zur kosteneffizienten Fortsetzung der Energiewende:

- **Beschleunigte Elektrifizierung** von Mobilität, Wärme und Industrie
- **Beschleunigte Digitalisierung** in Verteilnetz und letzter Meile zu Kunden
- Verstärkung Anreize für Flexibilisierung (Last & Erzeugung, insb. Bioenergie)
- Abbau Hürden und aktiver Anreiz systemdienlicher Batteriespeicher
- **„Defragmentierung“ im Verteilnetz** (Standardisierung, Organisation)
- Anreize für regionalen Abgleich EE-Ausbau, Speicher und Netz setzen
- Umfassende Entbürokratisierung

Einige dieser Punkte können sehr kurzfristige Beiträge leisten, den aktuellen Schieflagen der Energiewende zu begegnen (z.B. systemdienliche Batteriespeicher), andere sind längerfristige Prozesse (z.B. Defragmentierung im Verteilnetz). Die Breite und Länge des o.g. Kataloges von Maßnahmen zeigt jedoch, um wie vieles umfassender und systemischer der politische Gestaltungsauftrag von Energiewende alleine im Stromsektor ist, als es eine Diskussion um Stromverbrauchsmengen und Gaskraftwerke widerspiegelt. Wie oben dargestellt belegen auch die hinzugezogenen Szenarien von Marktakteuren nicht, dass eine Verzögerung im Hochlauf dieser Stromverbrauchsmengen um wenige Jahre tatsächliche Anpassungen der infrastrukturellen Ziele z.B. beim Netzausbau notwendig oder volkswirtschaftlich günstiger erscheinen lässt. Im Detail kann der Monitoringbericht hier evtl. mehr Klarheit schaffen.

Umgekehrt scheinen die Kostensenkungspotentiale und der volkswirtschaftliche Nutzen, der durch eine aktive Gestaltung, Modernisierung und Effizienzsteigerung der genannten „no regret“-Maßnahmen erzielt werden kann, in den meisten Szenarien kaum untersucht. Stattdessen scheinen Trendfortschreibungen auf

Basis des „jetzigen Deutschland“ eine prägende Rolle zu spielen. Eine aktivere politische Gestaltung hätte entsprechend positive Auswirkungen.

Entsprechend sind bei der Bewertung des Monitoringberichtes und seiner Empfehlungen ebenfalls die negativen Auswirkungen unnötiger Systembrüche und Änderungen von Marktbedingungen zu berücksichtigen. Die effiziente Entwicklung von Märkten und Investitionsentscheidungen ihrer Akteure erfordern möglichst stabile langfristige Zielsetzungen und Grundlogiken. Bei der eingangs erwähnten Wahl zwischen einer „Beschleunigung des Langsamen“ oder einer „Bremsung des Schnellen“ sollte dies zwingend berücksichtigt werden. Wenn ganze Branchen von sich ändernden politischen Einschätzungen abhängen, führt dies notgedrungen zu Fehlinvestitionen oder Investitionszurückhaltung. Pendeleffekte wie zuletzt in der Heizungsbranche zwischen dynamisch geplantem Markthochlauf und -rückgang bei Wärmepumpen oder in der Solar- und Windbranche in den Vorjahren sind volkswirtschaftlich ineffizient. Auch hier muss die Transformation der Energiesysteme in allen Sektoren systemisch gedacht und mit einem möglichst hohen Maß an Kontinuität umgesetzt werden.

### **Eine Aktualisierung der Langfristszenarien sollte systemische Kostensenkungspotentiale und volkswirtschaftliche Effekte stärker in den Blick nehmen**

Auch wenn die untersuchten Szenarien keinen Bedarf nach einer „Neuausrichtung“ der Energiewende belegen, weisen sie auf eine wichtige Fehlstelle hin: eine nüchterne Bestandsaufnahme heute dysfunktionaler Anreize und Strukturen sowie eine Übersetzung von deren möglicher Beseitigung in Kostensenkungen und Beschleunigungen der Energiewende sowie dadurch erzielbarer Effizienz- und Wohlfahrtssteigerungen. Besonders deutlich wird dies bei der Analyse der hinzugezogenen Szenarien von Marktakteuren. Das BDI-Szenario zielt beispielsweise auf Mengengerüste für erneuerbare Energien im Jahr 2045 ab, die nur wenig unter dem Niveau der aktuellen politischen Zielsetzung liegen. Andererseits scheint auch dieses BDI-Szenario davon auszugehen, dass dringend notwendige Strukturreformen z.B. in der Organisation der Stromverteilnetze, der schnelleren Digitalisierung, Innovation von Geschäftsmodellen rund um die Flexibilisierung, Entbürokratisierung etc. von der Politik nicht oder nur sehr schleppend angepackt werden. Auch die damit verbundenen Kosteneinsparungen durch effiziente Nutzung marktlicher Kräfte z.B. über einen beschleunigten, marktgetriebenen Ausbau von Großbatterien oder neuen Flexibilitätsdienstleistungen, scheinen nicht nennenswert berücksichtigt. Daraus scheint das Szenario abzuleiten, dass eine Verzögerung des Transformationspfades große Kosteneinsparungen ermöglicht. Die Umkehrung dieses Gedankens scheint als politische Forderung naheliegender und im Sinne einer Modernisierungsagenda für Deutschland unternehmerischer: die Hürden für eine „Beschleunigung des Langsamen“ aus dem Weg zu räumen.

In einer Aktualisierung der Langfristszenarien oder ähnlichen Untersuchungen könnte und sollte die umgekehrte Fragestellung detailliert geprüft werden: welche Wirkung auf Effizienz, Kosten und Geschwindigkeit der Energiewende können die genannten systemischen Reformen und Maßnahmen erzielen? Welche volkswirtschaftlichen Effekte, auch mit Blick auf die Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit in aktuellen Wachstumsmärkten und Zukunftsbrachen, können damit erreicht werden?

## **Über 3EPunkt / Dr. Tim Meyer**

Der Studienautor verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in Energiesystemtechnik und Energiewirtschaft, davon 20 Jahre in Rollen als Geschäftsführer oder Vorstand von Hersteller- und Serviceunternehmen, Projektentwicklern und Energieversorgern. Über 3EPunkt ist er seit über drei Jahren als Berater in der Strategie- und Geschäftsentwicklung für Unternehmen der neuen Energiewelt tätig. Der Schwerpunkt liegt dabei an der Schnittstelle zwischen volatilen Energiemärkten und Asset- sowie Dienstleistungsgeschäften. In seiner beruflichen Praxis und Beratungsprojekten hat sich Dr. Tim Meyer auch in der Vergangenheit intensiv mit der Fundamentalmodellierung von Energiemärkten anhand unterschiedlichster marktgängiger Modelle befasst. Neben seiner Beratungstätigkeit berichtet er als Buch-Autor, Key-Note-Speaker sowie auf LinkedIn über die globalen Umwälzungen im Energiesektor und die deutsche Energiewende. Ehrenamtlich ist er im Vorstand im Bundesverband Neuer Energiewirtschaft (BNE) tätig.

Mit inhaltlicher Unterstützung durch

## **Reiner Lemoine Kolleg (RLK) / Philipp Diesing**

Philipp Diesing ist Doktorand am Reiner Lemoine Kolleg in Berlin und der LUT University in Lappeenranta, Finnland und promoviert zur Defossilisierung der deutschen Grundstoffindustrie mithilfe von direkter Elektrifizierung und Wasserstoffnutzung sowie Wechselwirkungen zwischen Industrie und Energiesystem. Er beschäftigt sich zudem mit der sektorengerkoppelten Modellierung von 100 Prozent erneuerbaren Energiesystemen mit hohem Anteil an Windenergie und Photovoltaik, in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Teil der Arbeit am Reiner Lemoine Kolleg beinhaltet zudem die öffentlichkeitswirksame Kommunikation von Forschungsergebnissen sowie die Stellungnahme zu aktuellen energiepolitischen Themen in Form von Kolumne, Impulspapieren und auf LinkedIn.

## Quellenangaben

---

- <sup>1</sup> Umweltbundesamt (UBA), „2019 record: Electricity production from renewable sources is now greater than coal“, 12/2019
- <sup>2</sup> Bundesnetzagentur (BNetzA), „Roll-out in-tel-li-ge-n-te Messsysteme: Quartalsweise Erhebung Q2/2025“, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NetzzugangMesswesen/Mess-undZaehlwesen/iMSys/artikel.html>
- <sup>3</sup> Bundesnetzagentur (BNetzA), „Monitoringbericht 2024“ gem. §63 und §25 EnWG, 02/2025
- <sup>4</sup> BMBF/Ariadne, „Die Energiewende kosteneffizient gestalten: Szenarien zur Klimaneutralität 2045“, 03/2025, abgerufen unter [https://www.kopernikus-projekte.de/lw\\_resource/datapool/systemfiles/elements/files/891ef21d-5717-11f0-9297-fa163ebab5e5/live/document/Ariadne-Report\\_Szenarien2025\\_Maerz2025\\_highres-3.pdf](https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/891ef21d-5717-11f0-9297-fa163ebab5e5/live/document/Ariadne-Report_Szenarien2025_Maerz2025_highres-3.pdf)
- <sup>5</sup> Langfristszenarien des BMWK, abgerufen 07/25 unter <https://langfristszenarien.de/>
- <sup>6</sup> Agora Energiewende, „Klimaneutrales Deutschland 2045“, 12/2024, <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/klimaneutrales-deutschland-szenariopfade>
- <sup>7</sup> EnBW / Aurora, „Systemkostenreduzierter Pfad zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040“, Zusammenfassung 04/25, abgerufen unter <file:///C:/Users/timme/Downloads/zusammenfassung-systemkostenstudie-aurora-zzgl-enbw-ableitungen-3.pdf>
- <sup>8</sup> Aurora, „Systemkostenreduzierter Pfad zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040“, Langfassung zum Szenario, 04/25, abgerufen unter <https://auroraer.com/resources/aurora-insights/market-reports/decarbonisation-of-the-german-power-system-our-study-shows-savings-potential-of-between-e300-and-e700-billion-by-2045>
- <sup>9</sup> BDI/BCG, „Energiewende auf Kurs bringen“, 03/2025, Abruf unter <https://bdi.eu/artikel/news/transformationspfade-studie-energiewende-auf-kurs-bringen>
- <sup>10</sup> McKinsey, „Zukunftspfad Stromversorgung“, 01/2025, Abruf unter [https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2024/2024-01-17%20zukunftspfad%20stromversorgung/januar%202024\\_mckinsey\\_zukunftspfad%20stromversorgung.pdf](https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2024/2024-01-17%20zukunftspfad%20stromversorgung/januar%202024_mckinsey_zukunftspfad%20stromversorgung.pdf)
- <sup>11</sup> 50Hertz / E-Venture, „Stromverbrauch bis 2045“, 12/2024, abgerufen unter <https://e-vc.org/download/>
- <sup>12</sup> Aurora Energy Research, „Germany Power and Renewables Market Forecast“, 04/2025, dieser Bericht ist nicht öffentlich zugänglich. Die Verwendung der in dieser Kurzstudie verwendeten Zahlen aus diesem Bericht hat Aurora freundlicherweise zur Verfügung gestellt.
- <sup>13</sup> International Energy Agency (IEA), „Energy and AI“, 04/2025, abgerufen unter <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- <sup>14</sup> Fraunhofer ISE, „Stromerzeugungskosten erneuerbare Energien“, 08/2024, abgerufen unter <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>
- <sup>15</sup> T. Meyer, „STROM – über Nostalgie, Zukunft und warum der Markt längst entschieden hat“, 05/2025
- <sup>16</sup> Internationale Energieagentur IEA, World Energy Investment Report 2024 “Overview and Key Findings“, zugänglich unter <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024/overview-and-key-findings>
- <sup>17</sup> T. Meyer, „STROM – über Nostalgie, Zukunft und warum der Markt längst entschieden hat“, 2025
- <sup>18</sup> ebda
- <sup>19</sup> ebda
- <sup>20</sup> T. Seba et al, “Rethinking Energy 2020-2030”, RethinkX sector disruption report, 10/2020. abgerufen unter <https://www.rethinkx.com/publications/rethinkingenergy2020.en>
- <sup>21</sup> P. Kumar et al. in Energy Conversion and Management, “A comprehensive review of vehicle-to-grid integration in electric vehicles: Powering the future”, 01/2025, abgerufen unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174524003428>
- <sup>22</sup> A. Malhotra et. Al. “Accelerating Low-Carbon Innovation. “, 2020, Joule
- <sup>23</sup> Global CCS Institute, Global CCS Status report. 2024, abgerufen unter <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/>
- <sup>24</sup> Agora Energiewende, „Netzentgeltreform: Welche Maßnahmen die Kosten für das Stromnetz senken“, Juni 2025
- <sup>25</sup> Bundesverband Neue Energiewirtschaft (BNE): „Analyse zeigt: Verteilnetzbetreiber erzielen zweistellige Renditen auf Kosten der Stromkunden“, Juli 2025
- <sup>26</sup> J. Karl et. al Universität Erlangen-Nürnberg, „Biogas im künftigen Energiesystem“, 07/2024

## Fundierte Arbeit braucht ein solides Fundament.

Wir stellen unsere Veröffentlichungen zum Selbstkostenpreis zur Verfügung, zum Teil auch unentgeltlich. Dafür spielen Spenden und Mitgliedsbeiträge eine ungemein wichtige Rolle: Diese sichern unsere Unabhängigkeit und ermöglichen uns auch in Zukunft wissenschaftsbasiert und fundiert zu dringenden Themen zu arbeiten. Helfen auch Sie mit!

**Einfach Online Spenden:** [www.germanwatch.org/spenden](http://www.germanwatch.org/spenden)



**Spendenkonto:** IBAN: DE95 3702 0500 0003 2123 23, BIC/Swift: BFSWDE33XXX

**Fördermitgliedschaft:** Eine der wirksamsten Arten zu helfen ist die regelmäßige Unterstützung von Vielen. Sie sichern Planbarkeit und den langen Atem unseres Engagements. Dazu erwarten Sie spannende Hintergrundberichte und aktuellste Nachrichten zur Arbeit von Germanwatch.

[www.germanwatch.org/foerdermitglied-werden](http://www.germanwatch.org/foerdermitglied-werden)



Bei Rückfragen sind wir jederzeit gerne für Sie da:  
Telefon: 0228/604920, E-Mail: [info@germanwatch.org](mailto:info@germanwatch.org)

# Germanwatch

Germanwatch ist eine unabhängige Umwelt-, Entwicklungs- und Menschenrechtsorganisation, die sich für eine zukunftsfähige globale Entwicklung einsetzt. Zukunftsfähig, das heißt für uns sozial gerecht, ökologisch verträglich und ökonomisch tragfähig.

Unsere Organisation gibt es seit über 30 Jahren. In dieser Zeit haben wir uns als wirkungsvoller Akteur der Zivilgesellschaft etabliert. So mancher klima- und entwicklungspolitische Meilenstein wäre ohne Germanwatch später oder vielleicht auch gar nicht erreicht worden.

Unsere Themen:

- Klimaschutz, Klimaanpassung, Schäden und Verluste
- Unternehmensverantwortung
- Welternährung, Landwirtschaft und Handel
- Nachhaltige und demokratiefähige Digitalisierung
- Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Sustainable Finance
- Klima- und Menschenrechtsklagen

Germanwatch finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Zuschüssen der Stiftung Zukunftsfähigkeit sowie aus Projektmitteln öffentlicher und privater Zuschussgeber.

Möchten Sie die Arbeit von Germanwatch unterstützen? Wir sind hierfür auf Spenden und Beiträge von Mitgliedern und Förderern angewiesen. Spenden und Mitgliedbeiträge sind steuerlich absetzbar.

Einfach online spenden:

[www.germanwatch.org/spenden](http://www.germanwatch.org/spenden)

Fördermitgliedschaft:

[www.germanwatch.org/foerdermitglied-werden](http://www.germanwatch.org/foerdermitglied-werden)

## Bankverbindung / Spendenkonto:

Bank für Sozialwirtschaft AG,  
IBAN: DE95 3702 0500 0003 2123 23,  
BIC/Swift: BFSWDE33XXX

Weitere Informationen erhalten Sie unter

**[www.germanwatch.org](http://www.germanwatch.org)**

oder bei einem unserer beiden Büros:

## Germanwatch – Büro Bonn

Dr. Werner-Schuster-Haus  
Kaiserstr. 201, D-53113 Bonn  
Telefon +49 (0)228 / 60492-0, Fax -19

## Germanwatch – Büro Berlin

Stresemannstr. 72, D-10963 Berlin  
Telefon +49 (0)30 / 5771 328-0, Fax -11

E-Mail: [info@germanwatch.org](mailto:info@germanwatch.org)



**Hinsehen. Analysieren. Einmischen.**

Für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen.