



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



Mai 2023

Kurzfassung der Stellungnahme

Investitionsanreize setzen, Reservekapazitäten sichern

Optionen zur Marktintegration erneuerbarer Energien

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland im Zuge der Energiewende hat das Stromsystem an sich und auch den dazugehörigen Strommarkt stark gewandelt. Obwohl der Strommarkt in den letzten Jahren seine grundsätzliche Funktionsfähigkeit bewiesen hat, bereitet die Energiewende einige Herausforderungen. Aufgrund der Beschaffenheit der erneuerbaren Energien besteht unter anderem in den folgenden zwei Bereichen des Strommarkts ein Investitionsproblem:

- Für eine klimaneutrale Energieversorgung der Zukunft müssen die erneuerbaren Energien (vor allem Windkraft- und Photovoltaikanlagen) massiv ausgebaut werden. Somit werden diese Anlagen den Hauptanteil der Stromversorgung dominieren. Vor dem Hintergrund der hohen Ausbauziele und des hohen Finanzierungsbedarfs soll in Zukunft ein marktwirtschaftliches System mit einer Fokussierung auf einen sektorübergreifenden **CO₂-Preis bis 2030** angestrebt werden. In der Übergangszeit sollte der **CO₂-Preis** kontinuierlich ansteigen und parallel dazu sollten **Marktprämienmodelle** eingesetzt werden, die schrittweise auslaufen.
- Die Transformation hin zu einer dezentraleren und durch erneuerbare Energien geprägte Stromerzeugung stellt die Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Gesamtsystem vor neue Herausforderungen. Zudem besteht aus ökonomischer Sicht ein Externalitätenproblem, da die Versorgungssicherheit im aktuellen System nicht verursachergerecht individualisierbar ist. Dabei ist fraglich, ob das aktuelle System des **Energy-Only-Marktes** mittelfristig ein hinreichend hohes Maß an Versorgungssicherheit garantieren kann. Schon heute wird in Deutschland eine zusätzliche strategische Reserve benötigt. Deshalb ist für die langfristige Versorgungssicherheit der Aufbau von **zentralen** oder **dezentralen** Kapazitätsmärkten zu prüfen.
- Zeitgleich zur Umsetzung der genannten Handlungsoptionen ist es in jedem Fall essenziell, komplementäre Maßnahmen zu treffen, um die Flexibilitätspotenziale im aktuellen Stromsystem zu heben.

Notwendigkeit eines neuen Strommarktdesigns und zentrale Herausforderungen

Elementarer Bestandteil der Energiewende ist der massive Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Bis 2030 soll deren Anteil an der Stromerzeugung achtzig Prozent betragen. Bis 2035 soll die gesamte Stromerzeugung in den sieben großen westlichen Industrieländern (G7-Staaten) aus erneuerbaren Energien erfolgen. Aufgrund ihrer Beschaffenheit gehen jedoch mit der steigenden Marktintegration von erneuerbaren Energien zwei zentrale Investitionsrisiken einher:

Investitionsrisiken von erneuerbaren Energien:

1. **Merit-Order-Effekt:** Windkraft- und Photovoltaikanlagen haben nahezu keine variablen Kosten. Aufgrund ihrer sehr geringen Grenzkosten stehen sie im Vergleich zu anderen Kraftwerksarten ‚am Anfang‘ der Merit-Order. Da das letzte noch genutzte Kraftwerk den Börsenstrompreis bestimmt, führt ein hoher Anteil an Windkraft- und Photovoltaikanlagen an der Stromerzeugung zu einer allgemeinen Verringerung der Börsenstrompreise.
2. **Kannibalisierungseffekt:** Einspeisemengen witterungsabhängiger erneuerbarer Energien (zum Beispiel Windanlagen) korrelieren zeitlich stark mit den Einspeisungen von Anlagen der gleichen Technologie. Je mehr diese Anlagen einspeisen, desto mehr sind sie vom Merit-Order-Effekt betroffen.

Herausforderung bei Investitionen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit

1. **Bereitstellung von Flexibilität bei einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien:** Durch den steigenden Anteil an witterungsabhängigen Windkraft- und Photovoltaikanlagen wird die Stromerzeugung zunehmend unflexibel. Um dies zu kompensieren, müssen zum Ausgleich Anreize wie beispielsweise Speicher, Nachfrageflexibilisierung und flexible zusätzliche Lasten implementiert werden, um Drosselungen und temporäre Abschaltungen von Verbrauchern zu vermeiden.
2. **Veränderungen in Deutschlands Stromangebot:** Mit dem Ausstieg aus der Kernenergie und dem langfristig geplanten Ende der Kohleverstromung fehlen in Deutschland mittelfristig Kapazitäten zur Deckung der Grundlast. In Folge nimmt Erdgas eine immer wichtigere Rolle ein. Zur vollständigen Dekarbonisierung müssen auch andere Flexibilitätsoptionen wie beispielsweise Speicher die fehlende Grundlast ersetzen.
3. **Verantwortung für Versorgungssicherheit:** Aus ökonomischer Sicht besteht im derzeitigen Strommarkt ein Externalitätenproblem: Die Kosten für die Bereitstellung der gesicherten Leistung werden individualisiert, der Nutzen jedoch kollektiviert. Der wettbewerblich ausgestaltete Strommarkt bietet wenig Anreize für die einzelnen Akteure, einen Beitrag zur Versorgungssicherheit zu leisten. Dadurch besteht die Gefahr einer systematischen Unterinvestition in flexible Technologien oder Reservekapazitäten.

Marktorientierung versus Netzdienlichkeit: Zukünftig ergibt sich die Marktororganisation aus der Bereitstellung erneuerbarer Energieversorgung im europäischen Netzsystem und gleichzeitig einer Vielzahl von individuellen und dezentralen Strukturen. Dies führt zu Zielkonflikten zwischen dem Flexibilitätsbedarf für den Gesamtmarkt (Marktorientierung) einerseits und der Reduzierung der Netzbelastung sowie des Netzausbaus (Netzdienlichkeit) andererseits.

Optionen für ein neues Strommarktdesign

Leitfrage 1: Welche **Förderungen für erneuerbare Energieanlagen** sind effektiv und effizient und wie kann das Strommarktdesign dazu beitragen, dass sich erneuerbare Energien in Zukunft **ohne Förderung** und staatliche Risikoabsicherung am Markt durchsetzen können?

Auf einen Blick: Vier Handlungsoptionen für ein effizientes und effektives Fördermodell für erneuerbare Energien

Handlungsoption 1A: Fixe Marktprämien

- **Kurzbeschreibung:** fixer Zuschlag auf Erlös aus Verkauf an Strombörse
- **Vorteile:** Anreiz zu marktdienlichem Handeln und dem Reagieren auf Preissignale, Minderung des Investitionsrisikos, flexible Anpassung auf Regionen und bestimmte Technologien möglich, kombinierbar mit Power-Purchase-Agreements (PPAs), rechtliche Genehmigungsfähigkeit von Marktprämien bei entsprechender Ausgestaltung gegeben
- **Nachteile:** Investitionsrisiko durch Direktvermarktung bleibt bestehen, Gefahr der Über- oder Unterförderung von Anlagen, Gefahr von „Zufallsgewinnen“, begrenzter Anreiz zur Drosselung bei negativen Marktpreisen

Handlungsoption 1B: Einseitig gleitende Marktprämien (aktuell vorherrschendes Modell)

- **Kurzbeschreibung:** Prämie sichert Preis nach unten ab: ‚garantierter Mindestverkaufspreis‘
- **Vorteile:** Sicherheit über Mindestverkaufspreis, Senkung des Investitionsrisikos, Anreiz zu marktdienlichem Verhalten, bereits vorherrschendes Modell zur Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland (keine umfassenden rechtlichen Änderungen nötig)
- **Nachteile:** Geringerer Anreiz, um auf Marktpreisänderungen zu reagieren; begrenzter Anreiz zur Drosselung bei negativen Marktpreisen

Handlungsoption 1C: Contracts for Difference (CfDs, auch „zweiseitig-gleitende Prämien“)

- **Kurzbeschreibung:** Prämie gleicht Preis nach unten und oben aus: ‚garantierter Verkaufspreis‘
- **Vorteile:** Investitionssicherheit am höchsten im Vergleich zu anderen Prämienmodellen, keine unmittelbare Gefahr von Zufallsgewinnen
- **Nachteile:** keine Anreize zu marktdienlichem Verhalten, kein Anreiz zur Investition in flexiblere oder marktdienliche Technologien, Gefahr von Ineffizienzen und volks- und betriebswirtschaftlichen Mehrkosten

Handlungsoption 1D: Fokussierung auf CO₂-Preis

- **Kurzbeschreibung:** keine Prämie, dafür ‚indirekte Förderung‘ durch Internalisierung CO₂-intensiver Erzeugung
- **Vorteile:** hohe Kosteneffizienz, hohe Wirksamkeit im Erreichen der Klimaziele, technologie- und standortneutral, stärkere marktbasiertere Anreize als Marktprämien
- **Nachteile:** Investitionsrisiko erhöht durch Verzicht auf direkte Förderung die Gefahr von Preisverfall bei hohem Anteil

Leitfrage 2: Reicht das heutige Marktdesign („**Energy-Only-Markt**“) aus, um langfristig eine **hohe Versorgungssicherheit** zu gewährleisten oder bedarf es **zusätzlicher Investitionsanreize**?

Auf einen Blick:

Vier Handlungsoptionen zur Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit

Handlungsoption 2A: Energy-Only-Markt

- **Kurzbeschreibung:** Ausreichend Flexibilität wird implizit durch entsprechende Preissignale bereitgestellt.
- **Vorteile:** einfache und kostengünstige Umsetzung, marktbasierete Anreize, kosteneffizient, Verzicht auf strukturelle Veränderungen und Aufbau eines zusätzlichen Kapazitätsmarktes
- **Nachteile:** Externalitätenproblem bleibt bestehen (keine Verantwortung für das Gesamtsystem), Gefahr von Versorgungsengpässen durch geringe Investitionen, bei sehr hohen Börsenstrompreisen Gefahr von politischen Eingriffen und dem Konterkarieren von Flexibilitätspotenzialen

Handlungsoption 2B: Energy-Only-Markt ergänzt mit strategischer Reserve

(aktuell vorherrschendes Modell)

- **Kurzbeschreibung:** Vergütung von nicht mehr am regulären Strommarkt teilnehmenden Kraftwerken als Backup-Kapazitäten zum Einsatz bei Angebotslücken
- **Vorteile:** Absicherung und Erhöhung der Versorgungssicherheit, prinzipiell beliebig hohes Maß an Versorgungssicherheit, bei Beibehaltung des Modells keine strukturellen Änderungen, sondern nur eine Weiterentwicklung nötig
- **Nachteile:** Externalitätenproblem bleibt bestehen (keine Verantwortung für das Gesamtsystem), vergleichbar schlechte Kosteneffizienz, Gefahr politisch motivierter Intervention bei hohen Marktpreisen, Gefahr von Trittbrettfahrerverhalten von Nachbarländern

Handlungsoption 2C: Aufbau eines zentralen Kapazitätsmarktes

- **Kurzbeschreibung:** Ein zweiter Markt zur Vergütung von Kapazität (gesicherter Leistung) wird etabliert.
- **Vorteile:** Gewährleistung eines hohen Niveaus an Versorgungssicherheit, Anreiz zur Beibehaltung von Flexibilitäten, kostengünstiger und effizienter als derzeitige strategische Reserve
- **Nachteile:** kostenintensiver als Energy-Only-Markt und dezentrale Kapazitätsmärkte, Gefahr von gegenseitigen Marktbeeinflussungen (In-Dec-Gaming), schlechtere Kosteneffizienz, anfällig für Lobbyismus, Flexibilitätspotenziale bei Kleinverbrauchern werden gegebenenfalls nicht gehoben

Handlungsoption 2D: Individualisierung der Versorgungssicherheit im Rahmen dezentraler Kapazitätsmärkte

- **Kurzbeschreibung:** Handel von Zertifikaten für flexible Erzeugung, Versorger haben Kapazitätsverpflichtung in Spitzenlastzeiten, Grad der Versorgungssicherheit wird Bestandteil von Versorgungsverträgen
- **Vorteile:** Auflösung des Externalitätenproblems (Übertragung des Versorgungsrisikos auf die Versorger), weniger anfällig für Überkapazitäten, bessere regionale Verteilung, kosteneffizient, Förderung von Nachfrageflexibilität
- **Nachteile:** umfangreiche Vorbereitung der technischen und rechtlichen Rahmenbedingung für die Umsetzung notwendig, bei schlechter Ausgestaltung Gefahr von Belastung ärmerer Haushalte

Nächste Schritte

Grundsätzlich ist die Funktionsfähigkeit des aktuellen Strommarktdesigns gegeben. Damit das Strommarktdesign der Zukunft zur Erreichung der Klimaziele beiträgt und den zukünftigen hohen Anteilen von erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung gerecht wird, bedarf es dennoch einer Überarbeitung des aktuellen Modells. Zeitgleich zur Umsetzung aller genannten Handlungsoptionen ist es in jedem Fall essenziell, die **Flexibilitätpotenziale** im aktuellen Stromsystem zu heben.

1. Nach den Kriterien der Klimawirksamkeit und der Kosteneffizienz ist auf lange Sicht eine Abkehr von der direkten Förderung erneuerbarer Energien hin zu einer **Fokussierung auf einen (sektorübergreifenden) CO₂-Preis** anzustreben. Deshalb sollte eine Umsetzung dieses Modells bis 2030 erfolgen. Während der Übergangszeit sollte der CO₂-Preis in einem vorhersehbaren **Preiskorridor** allmählich ansteigen. Um den massiven Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2030 zu bewerkstelligen, braucht es parallel dazu nach Abwägung der Vor- und Nachteile ein **geeignetes Marktprämienmodell**. Langfristig sollte das Marktprämienmodell auslaufen und eine Fokussierung auf den CO₂-Preis erfolgen.
2. Mit Blick auf den Umstieg auf eine erneuerbare Stromversorgung ist zu prüfen, ob in Zukunft ein reiner **Energy-Only-Markt** in der Lage ist, die benötigte **Versorgungssicherheit** und **Flexibilität** sicherzustellen. Bereits heute wird eine zusätzliche strategische Reserve benötigt, um die entsprechenden Kapazitäten außerhalb des Marktes sicherzustellen. Im Gegenzug muss auch geprüft werden, ob nicht der Einsatz eines **zentralen** oder **dezentralen Kapazitätsmarktes** besser zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und zur Erhöhung der Angebots- und Nachfrageflexibilität beitragen würde. Sollte man sich nach Abwägung der Vor- und Nachteile für eines der Modelle der Kapazitätsmärkte entscheiden, sind insbesondere im Fall der dezentralen Kapazitätsmärkte umfassende Vorbereitung der **technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen** sowie eine Miteinbeziehung einer **sozialgerechten Ausgestaltung** notwendig.

Das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“

Die Stellungnahme „Investitionsanreize setzen, Reservekapazitäten sichern: Optionen zur Marktintegration erneuerbarer Energien“ ist im Rahmen des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“ entstanden. In interdisziplinären Arbeitsgruppen erarbeiten rund 160 Expertinnen und Experten Handlungsoptionen für den Weg zu einer umweltverträglichen, sicheren und bezahlbaren Energieversorgung.

Mitglieder der Arbeitsgruppe „Strommarkt der Zukunft“

Mitglieder: Prof. Dr. Jürgen Kühling (AG-Leiter, Universität Regensburg), Prof. Dr. Justus Haucap (AG-Leiter, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf), Dr. Munib Amin (E.ON), Prof. Dr. Gert Brunekreef (Jacobs University Bremen), Dr. Dörte Fouquet (Becker Büttner Held), Prof. Dr. Veronika Grimm (FAU Erlangen-Nürnberg), Prof. Dr. Jörg Gundel (Universität Bayreuth), Prof. Dr. Wolfgang Ketter (Universität zu Köln), Prof. Dr. Martin Kment (Universität Augsburg), Prof. Dr. Jochen Kreusel (Hitachi Energy), Prof. Dr. Charlotte Kreuter-Kirchhof (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf), Prof. Dr. Mario Liebensteiner (FAU Erlangen-Nürnberg), Prof. Dr. Albert Moser (RWTH Aachen), Dr. Marion Ott (ZEW), Prof. Dr. Christian Rehtanz (Technische Universität Dortmund), Prof. Dr. Heike Wetzel (Universität Kassel)

Wissenschaftliche Referentinnen und Referenten: Miriam Borgmann (acatech), Jonathan Meinhof (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf), Dr. Cyril Stephanos (acatech), Marlene Wagner (Universität Regensburg)

Kontakt:

Dr. Cyril Stephanos

Leiter der Koordinierungsstelle „Energiesysteme der Zukunft“
Pariser Platz 4a, 10117 Berlin

Tel.: +49 30 206 30 96 - 0 | E-Mail: stephanos@acatech.de

Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften unterstützen Politik und Gesellschaft unabhängig und wissenschaftsbasiert bei der Beantwortung von Zukunftsfragen zu aktuellen Themen. Die Akademiemitglieder und weitere Experten sind hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland. In interdisziplinären Arbeitsgruppen erarbeiten sie Stellungnahmen, die nach externer Begutachtung vom Ständigen Ausschuss der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina verabschiedet und anschließend in der *Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung* veröffentlicht werden.

Deutsche Akademie der Naturforscher
Leopoldina e. V.
Nationale Akademie der
Wissenschaften
Jägerberg 1
06108 Halle (Saale)
Tel.: 0345 47239-867
Fax: 0345 47239-839
E-Mail: politikberatung@leopoldina.org

Berliner Büro:
Reinhardtstraße 14
10117 Berlin

acatech – Deutsche Akademie
der Technikwissenschaften e. V.
Geschäftsstelle München:
Karolinenplatz 4
80333 München
Tel.: 089 520309-0
Fax: 089 520309-9
E-Mail: info@acatech.de

Hauptstadtbüro:
Pariser Platz 4a
10117 Berlin

Union der deutschen Akademien
der Wissenschaften e. V.
Geschwister-Scholl-Straße 2
55131 Mainz
Tel.: 06131 218528-10
Fax: 06131 218528-11
E-Mail: info@akademienunion.de

Berliner Büro:
Jägerstraße 22/23
10117 Berlin