



Leopoldina  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften



November 2021

Impuls

# Vorschläge für einen klimagerechten Ausbau der Photovoltaik und Windenergie

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

## Impuls

Trotz hoher Akzeptanz in der Bevölkerung werden Windenergie und Photovoltaik nicht schnell genug ausgebaut, um die Klimaziele zu erreichen. Vier Handlungsfelder sind zentral, um die Ausbaugeschwindigkeit auf die erforderlichen 15 bis 25 Gigawatt pro Jahr zu erhöhen:

- Eine **vorausschauende Planungskultur** integriert die bundes- und landesweiten Ausbauziele in die Regionalplanung. Klare, einheitliche Naturschutzkriterien und mehr personelle Ressourcen in den Behörden können helfen, Planungs- und Genehmigungsprozesse zu beschleunigen.
- **Mehr und frühere Bürgerbeteiligung** sowie **finanzielle Teilhabe von Kommunen** und Anwohner\*innen können die Akzeptanz stärken. Beteiligungsverfahren sollten darauf abzielen, positives, gestalterisches Potenzial der Bürger\*innen zu aktivieren und die Energiewende als sinnvolles Gemeinschaftsprojekt erfahrbar zu machen.
- **Ausreichende Flächen** kann ein zwischen Bund und Ländern abgestimmtes Mengengerüst für PV- und Windenergie sicherstellen. Eine Solarpflicht auf geeigneten Gebäudedächern sowie die Förderung von Agri-PV und Floating PV unterstützen die Mehrfachnutzung von Flächen.
- **Technische Infrastrukturen und der regulatorische Rahmen der Stromversorgung** müssen daran angepasst werden, dass zukünftig der Großteil des Stroms aus PV und Windenergie stammt. So soll ermöglicht werden, dass Windenergie- und Solaranlagen zur Netzstabilität beitragen. Ein Innovations-Ökosystem für Erneuerbare-Energie-Technologien kann die Technologiesouveränität Deutschlands und Europas stärken.

## Windenergie und Photovoltaik müssen deutlich schneller ausgebaut werden

Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, müssen erneuerbare Energien in etwas mehr als zwei Jahrzehnten den gesamten Energiebedarf decken. Windenergie- und Photovoltaikanlagen werden zukünftig die tragenden Säulen der Energieversorgung sein. Sie verfügen noch über große ungenutzte Potenziale und gehören durch die enormen Kostensenkungen, die bei den Anlagen erzielt werden konnten, heute zu den kostengünstigsten Technologien der Stromerzeugung. Auch die gesellschaftliche Akzeptanz ist hoch. Die Mehrheit der Bevölkerung wünscht sich ambitionierteren Klimaschutz und befürwortet die Energiewende und insbesondere auch den Ausbau von Wind- und Solarenergie.

Energieszenarien zeigen, dass für eine kosteneffiziente Energieversorgung Strom aus Wind- und Solarenergie zukünftig auch große Teile des Energiebedarfs im Wärme- und Verkehrssektor sowie in der Industrie decken wird. Trotz großer Fortschritte bei der Energieeffizienz wird der Strombedarf daher stark ansteigen.

Die Kapazitäten an Windenergie- und Photovoltaikanlagen müssen bis 2045 auf das Vier- bis Sechsfache der heute installierten Leistung ansteigen. Dafür ist ein durchschnittlicher Zubau von 15 bis 25 Gigawatt pro Jahr erforderlich.<sup>1</sup> Die Ausbaugeschwindigkeit muss gegenüber 6 Gigawatt im Jahr 2020 deutlich erhöht werden.

## Hemmnisse für den Ausbau

Trotz der sehr positiven Kostenentwicklung und einer hohen gesellschaftlichen Zustimmung zum Ausbau der Photovoltaik- und Windenergieanlagen blieb der Zubau in den letzten Jahren bei beiden Technologien hinter ihren einstigen Spitzenwerten zurück. Ein Grund dafür ist auch, dass die Nutzung fossiler Brennstoffe aufgrund eines zu niedrigen oder fehlenden Preises auf Kohlendioxidemissionen nicht alle Folgekosten berücksichtigt. Somit ist kein unverzerrter Wettbewerb zwischen den Technologien möglich. Genauso stehen aber auch Hemmnisse im Bereich der Planungs- und Genehmigungspraxis sowie teilweise auch mangelnde lokale Akzeptanz für konkrete Projekte vor Ort einem schnelleren Ausbau im Wege:

- Mangelnde Vorgaben der Politik, welche Ausbaupfade zur Erreichung der Klimaziele erforderlich sind, führen dazu, dass **Planende und Öffentlichkeit den Ausbaubedarf unterschätzen**. Zudem wird der in den Bundesländern derzeit sehr unterschiedlich realisierte Ausbau von Windenergieanlagen teilweise als ungerecht empfunden.
- Eine **restriktive Regionalplanung** und **unzureichend ausgewiesene Flächen** erschweren mögliche Investitionen und Anlagenprojekte.
- **Lange, komplexe Genehmigungsverfahren** in Kombination mit **Personalmangel in den Behörden** führen zu teils mehrjährigen Verfahren.
- Obwohl die Bevölkerung die Energiewende generell befürwortet, hat die Umsetzung von konkreten Maßnahmen vor Ort häufig auch Gegner mit einer **hohen Klagebereitschaft**. Teilweise verzögern Klagen die Umsetzung der Ausbauprojekte erheblich.
- **Ungenügende Beteiligung an Planungsprozessen** sowie fehlende finanzielle **Teilhabe** lassen Unterstützungspotenziale von betroffenen Kommunen und Anwohner\*innen ungenutzt.

---

<sup>1</sup> Der Ausbaubedarf hängt unter anderem von der zukünftigen Entwicklung des Strombedarfs und dem Ausbau der europäischen Stromnetze mit europaweitem Stromaustausch ab. Auch die zukünftigen Mengen an importiertem Wasserstoff und daraus hergestellter Syntheseprodukte sowie der Mix aus Windenergie Offshore, Windenergie Onshore und Photovoltaik haben Einfluss auf die benötigte Leistung an Windenergie- und Photovoltaikanlagen.

- Eine **pauschale Priorisierung anderer Belange** (militärisch, Radar, Wetterradar, Erdbebenmessstationen etc.) statt angemessener Einzelfallabwägung kann der Realisierung von Projekten im Wege stehen.
- **Unklare und offene Vorgaben zum Natur- und Artenschutz** erschweren deren Anwendung durch die Behörden und geben oft Anlass für Rechtsstreitigkeiten.
- Ein **hoher bürokratischer Aufwand** (Meldepflichten, Gewerbeanmeldung, Steuererklärung) schreckt Gebäudeeigentümer\*innen von der Errichtung von PV-Anlagen auf Dach oder an der Fassade ab.

## Gesellschaftliche Akzeptanz als Schlüssel

Demoskopische Studien zeigen seit Jahren eine anhaltend hohe Zustimmung der Bevölkerung zu Klimaschutzmaßnahmen und zum Ausbau der erneuerbaren Energien. Photovoltaik und Windenergieanlagen gehören dabei zu den Technologien, die am stärksten befürwortet werden. Die Mehrheit der Bürger\*innen ist der Ansicht, dass jeder seinen Beitrag zur Energiewende leisten sollte. Die praktische Umsetzung der Energiewende wird jedoch oft als teuer, langsam und bürgerfern kritisiert. Vor allem bei der Windenergie gibt es zudem teilweise erhebliche Probleme bei der Umsetzung vor Ort. Denn obwohl häufig eine Mehrheit der Anwohner\*innen den Anlagen positiv gegenübersteht, werden 20 Prozent der Windenergieanlagen im Genehmigungsverfahren beklagt.

Es gilt also, Wege für die Umsetzung der Energiewende zu finden, die das große gesellschaftliche Unterstützungspotenzial für den Ausbau der erneuerbaren Energien mobilisieren. Erkenntnisse aus der Akzeptanzforschung deuten darauf hin, dass frühzeitige und umfassende Möglichkeiten zur Mitgestaltung es Menschen erleichtert, Veränderungen positiv anzunehmen und sich mit der Energiewende als Gemeinschaftsprojekt zu identifizieren.

## Vorausschauend und integrativ: eine neue Planungs- und Genehmigungskultur

Planungs- und Genehmigungsverfahren sollten sicherstellen, dass zum einen ausreichend Flächen für Windenergie- und Photovoltaikanlagen zur Verfügung stehen, und dass zum anderen Projekte schnell genug umgesetzt werden können. Hierzu ist eine Überarbeitung der rechtlichen Grundlagen erforderlich. Sinnvoll ist hier eine Kultur in der Planungs- und Genehmigungspraxis, in der die Energiewende als Chance und Bürgerbeteiligung als Ressource begriffen werden. Ein Fokus auf Gestaltung („Raumbilder“, „Entwicklungskonzepte“, „Projektideen“) anstatt auf negative Aspekte („Raumwiderstände“, „Konfliktminimierung“) kann helfen, kreatives Potenzial der Bürger\*innen zu aktivieren.

Erneuerbare-Energieanlagen werden zunehmend zu einem selbstverständlichen Teil des Landschaftsbildes werden. Ziel der Raumplanung sollte daher sein, die Anlagen in die Landschaft im Sinne einer allgemeinen positiven Neugestaltung von Landschaften zu integrieren, anstatt sie wie bisher vor allem in abgewerteten Resträumen zu konzentrieren.

## Systemintegration: Energieversorgung von den Erneuerbaren aus denken

Bisher wurde versucht, die erneuerbaren Energien mittels Sonderregeln wie dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) in das von fossilen und nuklearen Kraftwerken dominierte System zu integrieren. Da bereits rund die Hälfte des Stroms aus erneuerbaren Energien stammt, ist absehbar, dass dieser Ansatz bald an seine Grenzen stoßen wird. Daher ist ein Paradigmenwechsel erforderlich: Die fluktuierenden erneuerbaren Energien müssen zukünftig im Zentrum von technischem System- und Marktdesign stehen. Technische Infra-

strukturen wie Stromnetze, Regeln zum Erbringen von Systemdienstleistungen und das Strommarktdesign sollten so konzipiert werden, dass sie eine zuverlässige und kostengünstige Stromversorgung mit einem schnell wachsenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien ermöglichen und unterstützen.

## Handlungsoptionen: Wie kann ein klimagerechter Ausbau gestaltet werden?

Um den Ausbau von Photovoltaik und Windenergie zu beschleunigen, schlägt die ESYS Arbeitsgruppe die folgenden zwölf Handlungsoptionen (HO) in vier zentralen Handlungsfeldern vor:

### Handlungsfeld 1:

#### Planungs- und Genehmigungsprozesse transformieren

Für eine Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsprozesse spielt die Regionalplanung eine Schlüsselrolle.

- **Handlungsoption 1.1:**

Eine **nachhaltige, integrative Planungskultur** verankert die politisch festgelegten Ausbauziele in der formellen Planung. Klare und bundesweit einheitliche Kriterien für Naturschutz erhöhen die Rechtssicherheit, eine gesetzlich festgelegte frühe und umfassende Bürgerbeteiligung kann die Akzeptanz fördern.

- **Handlungsoption 1.2:**

Mehr **personelle Ressourcen und Weiterbildungsprogramme** ermöglichen den Behörden eine schnellere Durchführung rechtssicherer Prüfungen und Genehmigungen.

### Handlungsfeld 2:

#### Mit Beteiligung eine neue Planungskultur stärken

Eine vorausschauende, proaktive und partizipatorische Planungskultur ermöglicht eine frühere und umfassendere Beteiligung der Bürger\*innen an den komplexen Entscheidungsprozessen und gibt ihnen so Möglichkeiten zur Mitgestaltung des Gemeinschaftsprojektes Energiewende. Auch lokale finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten kann dazu beitragen, das hohe Unterstützungspotenzial für Windenergie- und Photovoltaikanlagen in der Gesellschaft zu mobilisieren.

- **Handlungsoption 2.1:**

**Interaktive Informationsangebote** wie das **Decision Theater**, **Planungszellen** oder **Bürgerräte** bieten Raum für eine kritische Auseinandersetzung mit der Komplexität der Energiewende und können Konfliktpotenziale frühzeitig auflösen.

- **Handlungsoption 2.2:**

Das Vertrauen und Einverständnis kann durch die **Verankerung von Beteiligungsansätzen in Planungsschritten** gestärkt werden. Wichtig ist vor allem eine stärkere Bürgerbeteiligung in den frühen Planungsphasen, in denen noch große Entscheidungsspielräume bestehen – etwa bei der Flächensuche und -ausweisung.

- **Handlungsoption 2.3:**

Eine **obligatorische finanzielle Beteiligung der Standortkommune** an den Erträgen von Windenergie- und PV-Anlagen sowie Modelle, die auch kleinen Kommunen Investitionen in Erneuerbare-Energieanlagen ermöglichen, können die Motivation in Kommunalpolitik, Verwaltung und lokaler Bürgerschaft, Erneuerbare-Energie-Projekte aktiv voranzutreiben erhöhen.

- **Handlungsoption 2.4:**

**Bürgerenergiekonzepte** sollten entsprechend der EU-Richtlinien gestärkt werden. Insbesondere sollte durch die **Einführung Erneuerbarer-Energien-Gemeinschaften** gemeinschaftlicher Eigenverbrauch lokal erzeugten Stroms ermöglicht werden. Die Möglichkeiten der Digitalisierung sollten genutzt werden, beispielsweise für innovative Flexibilitätsplattform-Konzepte.

### Handlungsfeld 3:

#### Voraussetzungen für eine höhere Flächenverfügbarkeit schaffen

Der Ausbau der erneuerbaren Energien benötigt Flächen und tritt damit teilweise in Konkurrenz zu anderen Nutzungen, beispielsweise der Landwirtschaft. Eine stärkere Nutzung von Dach- und Fassadenflächen zur Solarenergiegewinnung sowie eine Mehrfachnutzung von Flächen können Flächenkonflikte entschärfen.

- **Handlungsoption 3.1:**

Ein **verbindliches Mengengerüst** für den erforderlichen Windenergie- und PV-Ausbau sollte **von Bund und Ländern gemeinsam verabschiedet** werden. Die Länder sollten darauf aufbauend im Rahmen der Landes-, Regional- und kommunalen Raumplanung sicherstellen, dass ausreichend Flächen für Windenergie- und PV-Anlagen ausgewiesen werden, um die vereinbarten Landesziele zu erreichen.

- **Handlungsoption 3.2:**

**Mehrfachnutzungen von Flächen**, insbesondere durch PV- Anlagen (z.B. Fassaden-PV, Agri-PV, Floating-PV) sollten in den regulativen Vorgaben der Raumordnung und im Baurecht berücksichtigt und ermöglicht werden.

- **Handlungsoption 3.3:**

Eine **Solarpflicht** für geeignete Gebäudedächer hilft, Dachflächen möglichst vollständig für die Energiegewinnung zu erschließen. Bundesweit einheitlich könnte dies durch eine Novelle des Gebäudeenergiegesetzes umgesetzt werden. Eine stufenweise Einführung, beispielsweise zuerst auf Neubauten und zwei Jahre später bei Dachsanierung auf Bestandsbauten würde der Wirtschaft ermöglichen, ihre Kapazitäten anzupassen.

### Handlungsfeld 4:

#### Das Energiesystem auf erneuerbare Energien ausrichten

PV- und Windenergieanlagen müssen in Kombination mit Speichern und einer Flexibilisierung des Verbrauchs zunehmend Netzstabilisierung und Versorgungssicherheit übernehmen. Das Strommarktdesign und weitere regulatorische Rahmenbedingungen der Energieversorgung müssen dies ermöglichen und sicherstellen, dass es ökonomisch hinreichend attraktiv ist.

- **Handlungsoption 4.1:**

Die **systemdienliche Integration volatiler Stromerzeugung** erfordert eine geeignete informations- und kommunikationstechnische Infrastruktur sowie die Entwicklung der erforderlichen Leistungselektronik.

- **Handlungsoption 4.2:**

Ein **neuer ganzheitlicher regulativer Rahmen für den Strommarkt** sollte unter anderem Anreize setzen, dass Erneuerbare-Energieanlagen systemdienlich errichtet und betrieben, und Beiträge zur Systemstabilität angemessen vergütet werden.

- **Handlungsoption 4.3:**

Die Entwicklung einer Industriepolitik im Bereich Erneuerbare Energien und der gezielte Aufbau eines Innovations-Ökosystems für Erneuerbare Energien in Deutschland und Europa können die **Technologiesouveränität stärken** und **Importabhängigkeit** bei der Anlagentechnik **reduzieren**.

Wind- und Solarenergie sind die tragenden Säulen einer klimaneutralen Energieversorgung und bilden daher eine Grundlage unseres zukünftigen Wohlstands. Wege zu finden, sie ausreichend schnell auszubauen und die Energiewende als Gemeinschaftswerk voranzutreiben, muss daher ein vorrangiges Ziel der Energiepolitik der nächsten Jahre sein.

## Empfohlene Zitierweise

Bett, Andreas W./ Erlach, Berit/ Gölz, Sebastian/ Gutnik, Magdalena/ Hentschel, Anja/ Hirschl, Bernd/ Hübner, Gundula/ Kienzlen, Volker/ Matthies, Ellen/ Müller, Florian J. Y./ Münch, Wolfram/ O'Sullivan, Marlene/ Rech, Bernd/ Reusswig, Fritz W./ Schöbel-Rutschmann, Sören/ Schomerus, Thomas/ Stryi-Hipp, Gerhard: „Vorschläge für einen klimagerechten Ausbau der Photovoltaik und Windenergie (Impuls)“, Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS), 2021

## Autor\*innen

Prof. Dr. Andreas W. Bett (Fraunhofer ISE), Dr. Berit Erlach (ESYS-Koordinierungsstelle | acatech), Dr. Sebastian Gölz (Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE), Magdalena Gutnik (ESYS-Koordinierungsstelle | acatech), Prof. Dr. Anja Hentschel (Hochschule Darmstadt), Prof. Dr. Bernd Hirschl (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) | Brandenburgische Technische Universität (btu) Cottbus-Senftenberg), Prof. Dr. Gundula Hübner (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg | MSH Medical School Hamburg), Dr.-Ing. Volker Kienzlen (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, KEA), Prof. Dr. Ellen Matthies (Otto-von-Guericke-Universität), Florian J. Y. Müller (MSH Medical School Hamburg), Prof. Dr. Wolfram Münch (EnBW Energie Baden-Württemberg AG), Marlene O'Sullivan (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., DLR), Prof. Dr. Bernd Rech (Helmholtz-Zentrum Berlin), Dr. Fritz W. Reusswig (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK), Prof. Dr. Sören Schöbel-Rutschmann (Technische Universität München), Prof. Dr. Thomas Schomerus (Leuphana Universität Lüneburg), Gerhard Stryi-Hipp (Fraunhofer ISE)

## Weitere Mitwirkende

Christiane Abele (ESYS-Koordinierungsstelle | acatech), Anja Lapac (ESYS-Koordinierungsstelle | acatech), Annika Seiler (ESYS-Koordinierungsstelle | acatech)

## Reihenherausgeber

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Federführung)  
Koordinierungsstelle München, Karolinenplatz 4, 80333 München | [www.acatech.de](http://www.acatech.de)

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Jägerberg 1, 06108 Halle (Saale) | [www.leopoldina.org](http://www.leopoldina.org)

Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V.  
Geschwister-Scholl-Straße 2, 55131 Mainz | [www.akademienunion.de](http://www.akademienunion.de)

## Projektlaufzeit

03/2016 bis 12/2023

## Finanzierung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 03EDZ2016) gefördert.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“

Mit der Initiative „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS) geben acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften Impulse für die Debatte über Herausforderungen und Chancen der Energiewende in Deutschland. Im Akademienprojekt erarbeiten mehr als 100 Fachleute aus Wissenschaft und Forschung in interdisziplinären Arbeitsgruppen Handlungsoptionen zur Umsetzung einer sicheren, bezahlbaren und nachhaltigen Energieversorgung.

### Kontakt:

Dr. Berit Erlach & Dr. Cyril Stephanos  
Leitung der Koordinierungsstelle „Energiesysteme der Zukunft“  
Pariser Platz 4a, 10117 Berlin  
Tel.: +49 30 206 30 96 - 0  
E-Mail: [erlach@acatech.de](mailto:erlach@acatech.de) | [stephanos@acatech.de](mailto:stephanos@acatech.de)  
web: [energiesysteme-zukunft.de](http://energiesysteme-zukunft.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](mailto: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](mailto: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](mailto:info@akademienunion.de)  
Berliner Büro:  
Jägerstraße 22/23  
10117 Berlin