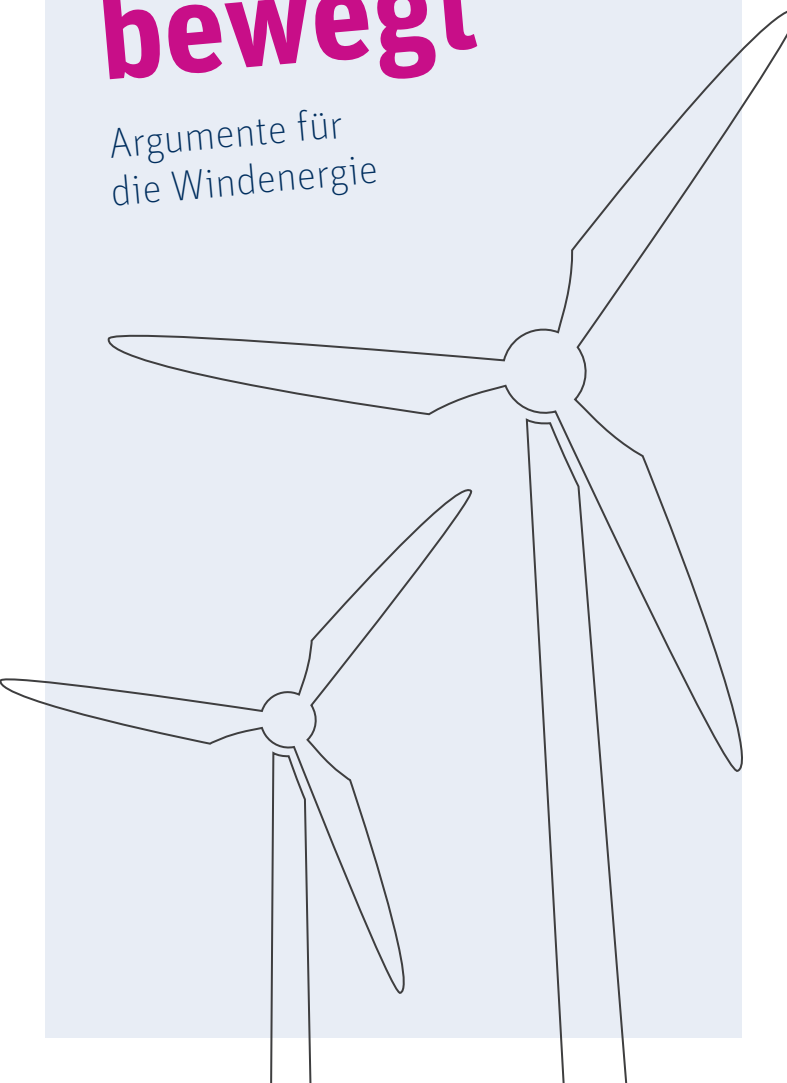
8., komplett überarbeitete Auflage

Wind bewegt

Argumente für die Windenergie



Darum braucht es Windenergie

4 Wind bewegt die Energiewende

6 Windenergie fördert den Klimaschutz

7 Windenergieanlagen haben eine hervorragende Ökobilanz

8 Auswirkungen auf Natur und Umwelt sind gering

9 Es entstehen kaum gesellschaftliche Kosten

10 Wind bewegt den Arbeitsmarkt

12 Windenergie stärkt ländliche Gebiete

13 Windstrom wird immer günstiger

14 Windenergie macht Deutschland unabhängiger von Rohstoffimporten

15 Windenergieanlagen aus Deutschland sind ein Exportschlager

16 Wind bewegt die Menschen

18 Bürger profitieren von Windparks

Unsere Antworten auf wichtige Fragen zur Windenergie

21 Wie viel kostet mich der Ausbau der Windenergie?

22 Ist die Windenergie den Ansprüchen gewachsen?

24 Bleibt meine Stromversorgung sicher?

25 Reicht der Windstrom für E-Mobilität und Wärme?

26 Machen Windparks im Süden Deutschlands Sinn?

27 Warum stehen Windenergieanlagen manchmal still, obwohl der Wind weht?

28 Warum werden alte Windparks durch neue ersetzt?

30 Können Windenergieanlagen recycelt werden?

31 Bedeuten mehr Anlagen mehr Netze?

32 Wozu brauchen wir Offshore-Windenergie?

33 Werden Windparks jetzt überall gebaut?

34 Werden Vögel und Fledermäuse geschützt?

36 Was ist bei Windenergie im Wald zu beachten?

37 Werden wir Bürger beim Ausbau der Windenergie überhaupt gefragt?

38 Verliert mein Haus an Wert?

39 Schrecken Windparks Touristen ab?

40 Macht mich Windenergie krank?

42 Was tut die Branche gegen das Blinken bei Nacht?

Überblick: Zahlen und Fakten

44 Energiebereitstellung 2016/2017

44 Strom aus Windenergie

44 Anteil der Windenergie

44 Branchenzahlen

45 Ausbauziele

45 Akzeptanz

45 Technologie

Quellen

48-55 Quellen

Wind bewegt die Energiewende

20,4%
Windenergie=
zweitwichtigste Stromquelle in Deutschland

Seit Jahrhunderten bringt Wind die Menschen voran. Früher half er, Ozeane zu überqueren, Korn zu mahlen und Flächen zu entwässern. Heute spielt er eine Schlüsselrolle beim Umstieg auf eine umwelt- und klimaschonende Stromversorgung. Vor über 30 Jahren ging der erste Windpark Deutschlands ans Netz und versorgte rund 400 Haushalte mit sauberem Strom.[1] Anfangs wurde die neue Technologie belächelt: Noch 1993 schrieben deutsche Stromversorger in einer Anzeige „Regenerative Energien wie Sonne, Wasser oder Wind können auch langfristig nicht mehr als 4 Prozent unseres Strombedarfs decken“.[2] Politische Weichenstellungen und die vehemente Forderung vieler Bürgerinnen und Bürger nach einem nachhaltigen und dezentralen Energiesystem ließen es anders kommen. 111 Milliarden Kilowattstunden (kWh) erzeugen die über 29.000 Windenergieanlagen in Deutschland heute jährlich, genug für 34 Millionen Haushalte.[3] Das entspricht 20,4 Prozent der Nettostromerzeugung Deutschlands.[4] **Windenergie ist damit Deutschlands zweitwichtigste Stromquelle** und produziert mehr Strom als Atomkraft oder Steinkohle.

Heute steht das größte generationenübergreifende Projekt Deutschlands, die Energiewende, vor einer neuen Entwicklungsstufe: Digitalisierung und Dezentralisierung sowie eine stärkere Vernetzung durch Blockchain-Technologien werden die nächsten Innovationstreiber der neuen Energiewirtschaft sein. Verbraucher werden mehr und mehr zu Erzeugern und revolutionieren den Strommarkt. Angetrieben von der Idee einer ganzheitlichen Energiewende werden die Erneuerbaren die Bereiche Verkehr und Wärme stärker einnehmen.

Deutschland steht hinter der Energiewende und den Klimaschutzzielen. 93 Prozent der Menschen hierzulande begrüßen den Ausbau der Erneuerbaren Energien.[5] Dennoch werden vielerorts auch hitzige Debatten insbesondere über den Ausbau der Windenergie geführt. Diese Broschüre möchte mit ehrlichen Argumenten und auf Augenhöhe die Diskussionen im Land begleiten.

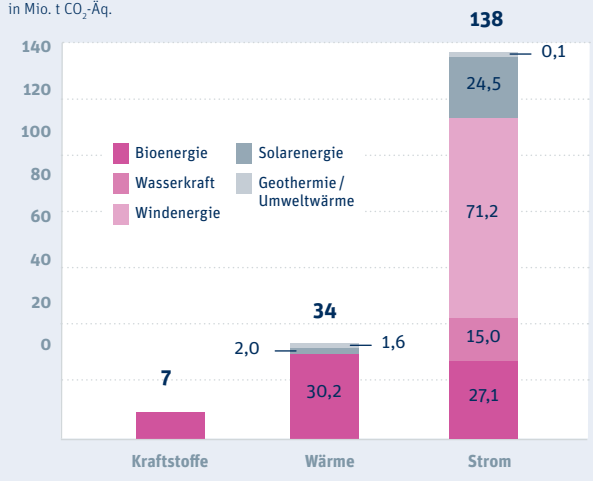
Windenergie fördert den **Klimaschutz**

Das Klima der Erde befindet sich durch natürliche, meteorologische Faktoren im permanenten Wandel. Doch die Geschwindigkeit, mit der dies in den letzten Jahren geschieht, hat auf unnatürliche Weise zugelegt. Durch den Abbau der Erdressourcen, die fortlaufende Entwaldung und vor allem den Ausstoß von Treibhausgasen hat die Menschheit zu einer beschleunigten Erderwärmung beigetragen[6] – mit dramatischen Folgen.

Neben Energiesparmaßnahmen sind die Erneuerbaren Energien das wichtigste Mittel im Kampf gegen den Klimawandel: Allein 2017 wurden durch die Nutzung Erneuerbarer Energien 179 Millionen Tonnen Treibhausgas-Emissionen eingespart. Durch die Windenergie konnten 2017 etwa 71 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente vermieden werden.[7]

Doch zur Erreichung der notwendigen Klimaschutzziele ist es noch ein langer Weg, denn Deutschland droht als einer von wenigen Staaten die gegenüber der EU eingegangene Verpflichtung zum Erneuerbaren-Ausbau zu verfehlen. Um die Lücke zu schließen, sollten zusätzliche Mengen Erneuerbarer Energie ausgeschrieben werden.

Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2017 in Deutschland



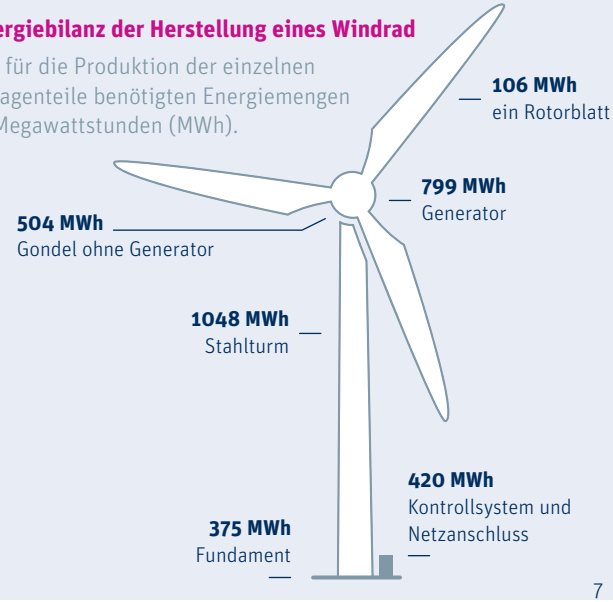
Windenergieanlagen haben eine hervorragende **Ökobilanz**

Windenergieanlagen produzieren nicht nur sauberen Strom, auch für ihre Herstellung, Nutzung und Entsorgung muss Energie aufgebracht werden. Wann aber sind die Energiemengen im Betrieb wieder eingespielt? Die Antwort liegt in der so genannten „energetischen Amortisation". Moderne Anlagen können sich bereits nach 5 bis maximal 12 Monaten energetisch amortisieren[8,9], sprich: Die für Herstellung, Nutzung und Entsorgung verbrauchte Energie ist durch eigene Stromproduktion wieder ausgeglichen.

Natürlich hängt die energetische Amortisation stets von der Anlagenleistung und -höhe sowie vom Standort ab. Aber auch bei immer größerer Leistungssteigerung bleiben die energetischen und finanziellen Rücklaufzeiten von wenigen Monaten überzeugend gering. Darüber hinaus erzeugt eine Windenergieanlage während ihrer 20-jährigen Laufzeit bis zu 70 Mal so viel Energie, wie für ihre Herstellung, Nutzung und Entsorgung benötigt wird. Rechnet man die Wiederverwertung der Materialien in die Ökobilanz mit ein, erzeugt eine Anlage sogar bis zu 90 Mal mehr Energie (mehr zum Thema Recycling auf Seite 30). Die Abbildung[10] zeigt beispielhaft, welche Energiemengen für die Herstellung einer Windenergieanlage durchschnittlich aufgewendet werden und wie sie sich auf die einzelnen Komponenten verteilen.

Energiebilanz der Herstellung eines Windrad

Die für die Produktion der einzelnen Anlagenteile benötigten Energiemengen in Megawattstunden (MWh).



Auswirkungen auf Natur und Umwelt sind **gering**

Wie bei jedem anderen Bauprojekt wird beim Bau von Windenergieanlagen im Planungs- und Genehmigungsprozess sichergestellt, dass die Auswirkungen auf Naturschutz, Artenschutz und Landschaftsbild gering bleiben. Zusätzlich tragen Windparkplaner durch so genannte Ausgleichsmaßnahmen dazu bei, dass etwaige Folgeschäden für Natur und Umwelt minimiert oder gar vollständig kompensiert werden, z. B. durch Investitionen in Aufforstung oder das Schaffen von Nahrungshabitaten für Vogelarten[11] (mehr zum Thema Artenschutz auf Seite 34).

Die Flächen, auf denen Windenergieanlagen stehen, können weiter land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden. Zudem lassen sich die Anlagen nach Ablauf ihrer Betriebszeit ohne Folgeschäden abbauen und fast vollständig recyceln. In industriellen Verfahren können Großteile der Anlagen wiederverwertet und etwa im Straßenbau oder in der Zementindustrie eingesetzt werden. Der Bundesverband WindEnergie spricht sich zudem für eine vollständige Entfernung der Fundamente aus. Moderne Anlagen halten dafür eigens Sprenglöcher in den Fundamenten bereit, die das Zerkleinern und den Abtransport deutlich erleichtern. Außerdem werden Trafohäuschen und Schaltanlage abgebaut und die Kabel aus dem Boden entfernt. So kann das Grundstück nach Nutzung des Windparks in den ursprünglichen Zustand zurückversetzt werden. Welche Verpflichtungen für den Rückbau vorgesehen sind, ist in der Regel vor Baubeginn festgehalten.[12] In manchen Bundesländern müssen die Kosten dafür bereits bei Projektbeginn durch eine Bürgschaft abgesichert werden.

Wie umweltschonend Windenergie ist, wird insbesondere im Vergleich zum Braunkohleabbau in Tagebauen deutlich.[13] Dieser verursacht, dass ganze Dörfer umgesiedelt werden, die Landschaft dauerhaft verändert wird und auf lange Zeit unbewohnbar bleibt. Auch nach Rückbau eines Kohlekraftwerks werden Renaturierungsmaßnahmen umgesetzt. Doch im ausgebeuteten Land treten anschließend nicht selten Gewässerbelastungen, Bergschäden oder der Verlust an biologischer Vielfalt auf.

Eingriff in die Bodentiefe: Braunkohle und Windenergie im Vergleich

Abtragung: bis zu 500 m

Fundament: bis zu 3 m

Es entstehen **kaum gesellschaftliche Kosten**

Bei der Erzeugung von Strom aus fossilen und atomaren Energiequellen entstehen enorme gesellschaftliche Kosten[14], die nicht im Strompreis berücksichtigt und daher für Bürgerinnen und Bürger nicht unmittelbar nachvollziehbar sind. Diese Formen der konventionellen Stromerzeugung sind also mit hohen Kosten für die Endlagerung, Umweltauswirkungen und Gesundheitsschäden verbunden. Man spricht hierbei von so genannten „externen Kosten".

Ein Beispiel: Atommüll von Atomkraftwerken muss für eine Million Jahre strahlungssicher gelagert werden. Die Zwischen- und Endlagerung verantwortet der deutsche Staat in Form eines 2016 beschlossenen Staatsfonds in Höhe von 24 Milliarden Euro. 169 Milliarden Euro braucht es langfristig, um ein entsprechendes Endlager bis zur Jahrhundertwende betriebsfertig zu haben. Zwar zahlen die Konzerne künftig für Stilllegung und Abriss ihrer Atomkraftwerke. Dafür haben sie jedoch jahrelang von den Stromkunden Milliarden-Summen abrechnen können und diese entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen als Rücklagen mit enormem Steuervorteilen in ihren Bilanzen verbucht.

Im Energiebereich ergeben sich weitere externe Kosten zum einen durch die Emission von Schadstoffen, die wiederum der Gesundheit von Menschen und Tieren sowie natürlichen Ökosystemen schaden. Zum anderen wird durch den Abbau von Primärrohstoffen wie Kohle nachhaltig in die Natur eingegriffen. Für Kohlestrom beziffern Studien die Folgekosten weltweit auf circa 5 Billionen US-Dollar. Das sind umgerechnet circa 4.219.943.000.000 Euro.[15]

Rechnet man diese gesamtgesellschaftlichen Kosten ein, ist die Windenergie seit mehreren Jahren die günstigste Stromquelle. Doch selbst ohne diese Einberechnung sind Windenergie und andere Erneuerbare Energien, die wesentlich weniger gesellschaftliche Kosten verursachen, aus preislicher Sicht wettbewerbsfähig.[16] Das Angebot an Wind ist endlos, während Forschung und Weiterentwicklung zu Effizienzgewinnen neuer Windenergieanlagen führen werden.

Der Preis für CO_2-Emissionen liegt weit unter den tatsächlichen Kosten der Klimafolgeschäden

Preis für CO_2-Zertifikat nach ETS in Euro/t CO_2

ETS-Zertifikatspreis[17] im April 2018

Angemessener Einstiegspreis mit Lenkungswirkung

Kosten unter Einbeziehung von Klimafolgeschäden

Wind bewegt den Arbeitsmarkt

Windenergie ist ein Jobmotor für den Industriestandort Deutschland. Im Jahr 2016 waren über alle Bundesländer verteilt rund 160.000 Menschen direkt oder indirekt in der Windbranche beschäftigt – darunter Ingenieure, Techniker, Mechaniker, Planer und Logistiker.[18] Die Windenergie ist damit von Bayern bis Schleswig-Holstein zu einem unverzichtbaren Arbeitgeber geworden. Weltweit arbeiten sogar 1,16 Millionen Menschen im Bereich Windenergie.[19]

Die Zahl der Beschäftigten in Deutschland hat sich zwischen 2006 und 2016 mehr als verdoppelt. Die mitunter neu entstandenen Berufsfelder sind dabei vielfältig. Nicht nur die Bereiche Produktion und Bau, sondern auch Wartung und Betrieb bieten zahlreiche Ausbildungsmöglichkeiten für junge Menschen und Quereinsteiger. 390 Studiengänge mit Fokus auf Erneuerbare Energien werden inzwischen an Universitäten und Hochschulen in Deutschland angeboten.[20]

Dabei profitieren alle Bundesländer. Selbst jene, die einen deutlichen Nachholbedarf beim Zubau erneuerbarer Kapazitäten haben, sind im Bereich der Zulieferer aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektrotechnik und der IT-Industrie stark positioniert. Die Endfertigung der Anlagenhersteller erfolgt zwar überwiegend im Norden, die Zulieferindustrie hingegen verteilt sich bundesweit mit den Schwerpunkten Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern. Aber auch viele Unternehmen in Ostdeutschland sind wichtige Lieferanten für die Windindustrie.

Aufgrund der positiven Tendenzen ist es umso wichtiger, dass die Industrie politisch verlässliche Rahmenbedingungen erhält. Beim zukünftigen Ausbau Erneuerbarer Energien sollte der Gesetzgeber daher durch ambitionierte Zielvorgaben Investitions- und Planungssicherheit ermöglichen.

5.

Windenergie **stärkt ländliche Gebiete**

In Zeiten großer, konventioneller Kraftwerksnutzung zentrierten sich die Erträge der Energieproduktion in einzelnen, wirtschaftlich starken Regionen, während andere Regionen nicht davon profitieren konnten. Die Nutzung der dezentralen Windenergie trägt dazu bei, diese häufig strukturschwachen und ländlichen Regionen wieder aufzuwerten.[21]

Windstrom wird, im Gegensatz zu konventioneller Energie, an vielen verschiedenen Standorten deutschlandweit erzeugt. Durch diese regionale Verteilung stärkt sie die Wertschöpfung quer durch die Bundesrepublik. Dafür gibt es verschiedene Gründe. Erstens entstehen beim Bau und Betrieb von Windenergieanlagen Arbeitsplätze. Zweitens im Falle von Bürgerwindparks gehen Aufträge für Wegebau, Fundamente oder Service-Dienstleistungen häufig an Firmen aus der Region. Und schließlich stärkt die regionale Verteilung die Landbesitzer, zumeist landwirtschaftliche Betriebe, für die die Errichtung von Windrädern ein sicheres zweites Standbein ist, können auch nach dem Bau und während des Betriebs von Anlagen ihre Felder bewirtschaften.

Lokale Anwohner sind zudem über Bürgerenergieprojekte an fast jedem zweiten Windpark in Deutschland beteiligt. Auch die Pachteinnahmen bleiben meist in den Regionen und stärken die Kaufkraft vor Ort. Seit 2009 fließen 70 Prozent der Gewerbesteuer an die Gemeinde, in der die Anlage steht (Standortgemeinde), und 30 Prozent an die Gemeinde am Sitz der Betreibergesellschaft.[22] Auch die direkt an die Windparks angrenzenden Ortsteile, können z. B. durch Gründung von Fördervereinen oder Stiftungen, finanziell unterstützt werden. Gerade in strukturschwachen Regionen sind dies wichtige Einnahmen, die beispielsweise in den Ausbau von Breitbandnetzen, den öffentlichen Wegebau oder Investitionen in Kindergärten fließen.

Auch der Tourismus kann angekurbelt werden: Einige Kommunen, die ihre Energieversorgung vollständig auf Erneuerbare Energien umgestellt haben, nutzen das positive Image der ökologischen Windenergie auch als Tourismusmagnet[23,24] (mehr zum Thema Windenergie und Tourismus auf Seite 39).

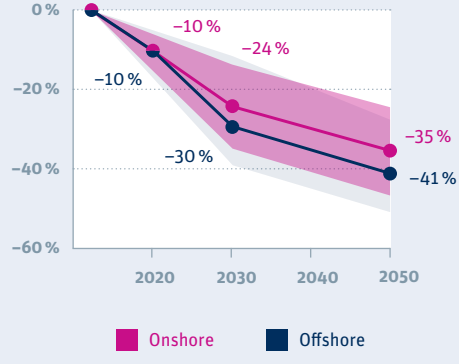
6.

Windstrom wird **immer günstiger**

Strom aus Windenergieanlagen garantiert stabile und langfristig niedrige Strompreise. Konnte man im Jahr 1980 mit einer Anlage rund 10 Haushalte versorgen, sind es heute je nach Standort 2.500 bis 3.500 Haushalte.[25] Windenergieanlagen produzieren schon heute günstigeren Strom als neu gebaute fossile Kraftwerke. Bezieht man externe Kosten in die Betrachtung mit ein, ist Windenergie seit Jahren die günstigste verfügbare Energiequelle.[26]

Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2017 erhalten nur noch die Windenergieanlagen mit den niedrigsten Kosten eine staatliche Förderung. Dies wird durch ein Ausschreibungsverfahren bewirkt, bei dem sich Projektträger um eine Förderung bewerben müssen. Dabei werden Standortunterschiede durch ein Rechenverfahren, das so genannte Referenzertragsmodell, ausgeglichen. Der maximale Gebotspreis liegt in 2019 bei 6,2 Cent pro Kilowattstunde. Einige Anbieter sehen sich bereits in der Lage, deutlich niedrigere Gebote abzugeben.[27] Im Bereich Windenergie auf See werben Projektträger sogar damit, ganz auf Förderung verzichten zu wollen. Dank gesteigertem Wettbewerb, Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie Fortschritten bei der Digitalisierung gehen Experten von weiter sinkenden Stromgestehungskosten für Windenergie aus (siehe Abbildung).[28] Konventionelle Brennstoffe hingegen sind endlich und gehen langsam aus. Das lässt die Preise für Strom aus nicht-erneuerbaren Energiequellen potenziell steigen. Moderne Berechnungen sind zudem in der Lage, die gesellschaftlichen Kosten für Atmosphäre, Umwelt und Gesundheit je Energieträger zu beziffern. Würden solche Berechnungen als Grundlage für Preisvergleiche herangezogen, steigt der Kostenvorteil der Windenergie noch deutlicher.

Entwicklung der Stromgestehungskosten der Windenergie



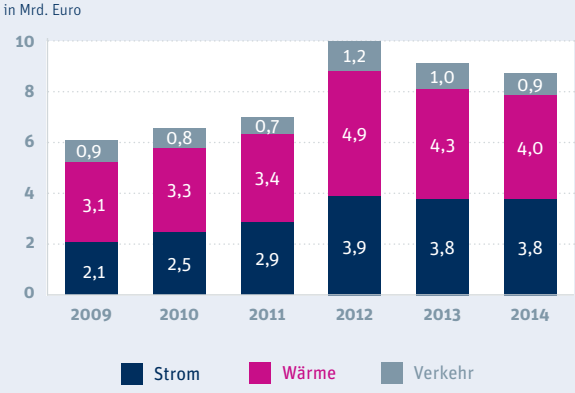
7.

Windenergie macht Deutschland **unabhängiger von Rohstoffimporten**

Konventionelle Kraftwerke benötigen zur Stromproduktion Energieträger – Rohstoffe wie Braunkohle, Uran, Erdöl oder Erdgas. Über viele Jahre war Deutschlands Energieversorgung abhängig von externen Lieferanten jener Rohstoffe: 97 Prozent des Erdöls und etwa 91 Prozent des in Deutschland benötigten Erdgases stammen aus Importen.[29] Die größten Anteile stammen aus Russland und Norwegen, aber auch aus Konfliktregionen wie Nigeria, Algerien, Ägypten und Libyen. Die Weltmärkte, auf denen sie gehandelt werden, unterliegen starken Schwankungen. Zudem können militärische Konflikte und außenpolitische Entscheidungen zu Verknappungen der Rohstoffe führen. Der Abbau von Steinkohle in Deutschland endete im Dezember 2018. Somit verbleibt neben den Erneuerbaren nur die Braunkohle als heimischer Energieträger, deren Abbau jedoch mit großen Problemen verbunden ist.

Die Ressource Wind hingegen muss nicht abgebaut oder importiert werden. Seltene Erden, die im Ausland abgebaut werden müssen, spielen bei der Windenergie eine untergeordnete Rolle. Jede mit Windenergie erzeugte Megawattstunde Strom ist eine Megawattstunde, die Deutschland unabhängiger von internationalen Rohstoffmärkten macht.[30] Und mehr noch: Windenergieanlagen werden in Deutschland gefertigt, errichtet und gewartet. Damit schafft die Windindustrie hierzulande Wertschöpfung, die bei importierten Energieträgern im Heimatland verbleibt. Würde dieses Potenzial auch für die Sektoren Mobilität und Wärme genutzt, um fossile Kraftstoffe und Heizungen zu

Vermiedene Importe von fossilen Brennstoffen durch Erneuerbare Energien in Deutschland (2014)



8.

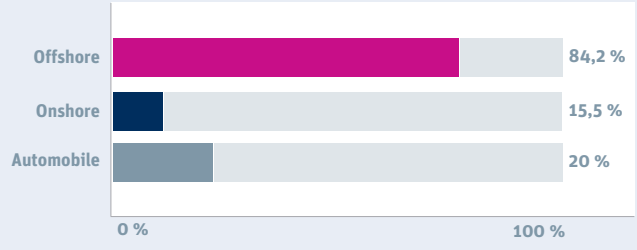
Windenergieanlagen aus Deutschland sind ein **Exportschlager**

Im weltweiten Vergleich nehmen deutsche Hersteller und Zulieferer eine Spitzenstellung beim Ausbau der Windenergie ein. Grund dafür sind die jahrelange Erfahrung im Betrieb sowie gezielte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die es den deutschen Unternehmen erlauben, effizientere und leistungsstärkere Windenergieanlagen zu bauen. Sie können ihre Produkte im laufenden Betrieb optimieren und Innovationen gründlich auf Praxistauglichkeit überprüfen.

Die innovationsstarken deutschen Windenergie-Anlagenhersteller haben im Jahr 2016 eine Exportquote von über 70 Prozent erzielen können. Über 80 Prozent betrug laut statistischem Bundesamt der Weltmarktanteil der deutschen Offshore-Windenergieanlagenhersteller. Zum Vergleich: die deutsche Automobilindustrie kam im selben Jahr auf 20 Prozent Weltmarktanteil (bei höherer Produktionszahl). Der Offshore-Windindustrie ist es gelungen, neben Turbinen auch erfolgreich Technologie für die Gründung und die Netzinfrastruktur zu exportieren. Auch die Expertise und Beratung der deutschen Fachleute – vom Projektierer über den Windgutachter bis zum Wartungsunternehmer – sind weltweit gefragt. Neben Deutschland sind die Vereinigten Staaten, Kanada, China, Indien und weitere asiatische Staaten die größten Märkte für Windenergie.[31]

Ansgesichts der bedeutenden Umsatz- und Exportzahlen, die sich aus einem starken Heimatmarkt ergeben, ist es umso wichtiger, dass diese Wertschöpfung im Land gehalten wird. Insbesondere die Marktperspektive für Anfang der 2020er Jahre birgt Risiken für Unternehmen. Alle Marktteilnehmer, ganz gleich ob Projektentwickler, Hersteller oder Zulieferer, brauchen ausreichend Chancen, im deutschen Ausschreibungssystem bestehen und auskömmlich wirtschaften zu können. Die gesamteuropäische Entwicklung wird für sie ausschlaggebend sein.

Vergleich der Weltmarktanteile deutscher Hersteller in Prozent (2016)



Wind bewegt die Menschen

93 Prozent der Deutschen begrüßen den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien. 55 Prozent der Anwohner finden Windenergieanlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts „gut“ oder „sehr gut“. So das Ergebnis einer Kantar Emnid-Umfrage im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien.[32] Doch wenn die Energiewende in den eigenen Landkreis oder vor die Tore der Heimatstadt kommt, dann will man es genauer wissen, dann fragt man kritischer nach. Das ist bei Windrädern nicht anders als bei neuen Straßen, bei neuen Bahnhöfen oder selbst bei der Einrichtung von Nationalparks. Wissenschaftler haben in den vergangenen Jahren immer wieder untersucht: Was muss geschehen, damit zumindest die Mehrheit der Menschen vor Ort zu Befürwortern eines neuen Windparks wird? Die Antwort ist klar: Sie wollen frühzeitig und umfassend informiert werden. Doch ein Vorgehen der Politiker und Planer nach „Schema F“ hilft wenig, denn die Erwartungen der Menschen in den Gemeinden nahe der geplanten Windparks können sehr unterschiedlich sein. Oft ist nicht der Abstand zu einem Windpark das Wichtigste für Akzeptanz oder Ablehnung der Anwohner.[33] Entscheidend ist, wie der Gestaltungs- oder Planungsprozess angelegt ist. Die Planungsbehörden müssen das Verfahren transparent machen und erklären, wie diese Gebiete nach Kriterien der Besiedlung, des Naturschutzes und des Landschaftsbildes ausgesucht wurden. Auch nehmen Menschen, die beispielsweise Miteigentümer von Windrädern sind oder regionale Stromangebote zu vergünstigten Preisen erhalten, solche Anlagen naturgemäß nicht mehr in dem Maße als störend wahr.

Bürger **profitieren** von Windparks

Ob Privatpersonen, Gewerbebetriebe oder Energieversorger, Genossenschaften oder Gesellschaftsformen wie die GmbH – die Betreiberstruktur deutscher Windparks ist vielfältig. Seit vielen Jahren sind Bürgerinnen und Bürger mit diversen Beteiligungsformaten an fast jedem zweiten Windenergieprojekt in Deutschland beteiligt.[34]

Die Energiewende hat zu einer Dezentralisierung des deutschen Energiesystems geführt. Bürger konsumieren nicht nur sauberen Strom, sie produzieren ihn inzwischen selbst. Ihre aktive Teilhabe an Windenergieprojekten schafft neben der regionalen Wertschöpfung Akzeptanz und Unterstützung für Windparks. Durch sie bestehen für die Bürger vor Ort Mitsprachemöglichkeiten bei der Planung und Betriebsführung, zum Beispiel als Mitglied einer Energiegenossenschaft oder Teilhaber eines Bürgerwindparks. Darüber hinaus können die Windenergieprojekte von den Bürgern auch durch die Partizipationsmodelle Sparbrief, Inhaberschuldverschreibung, Nachrangdarlehen oder Stille Beteiligung mitfinanziert werden.[35] Ein mittel- bis langfristiges Ziel der Energiewende ist es, die lokalen Erzeugungsstrukturen der Erneuerbaren Energien noch stärker zu nutzen, um energetisch autarke Einheiten zu erreichen, in denen Bürger erzeugten Strom letztlich auch untereinander handeln können.

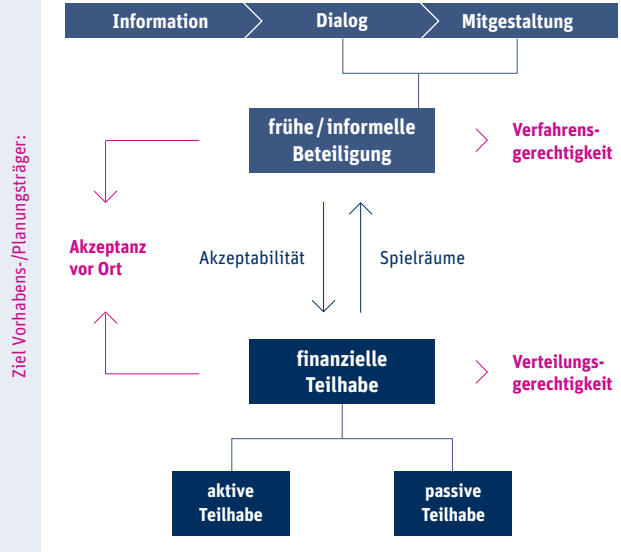
Anwohner können aber auch ohne eine aktive Teilhabe von Windenergieprojekten profitieren. Einige Betreiber bieten zum Beispiel Vergünstigungen über die Stromrechnung an. Dabei können Bürger immer häufiger bei den ortsansässigen Stadtwerken einen Windenergiebonus beantragen. Dieser Bonus wird danach berechnet, wie viele Anlagen vom Ort zu sehen sind und wie groß die Ortschaft ist. Als Anwohner einer Gemeinde profitieren die Bürger auch von Gewerbesteuer- und Pachteinnahmen, die oft in die lokale Infrastruktur oder öffentliche Einrichtungen investiert werden. Kindergärten, Schulen oder Gemeindezentren können so zu großen Teilen finanziert werden.

Wie die Grafik nach Idee der Fachagentur Windenergie an Land rechts zeigt, geht es bei der aktiven und passiven Teilhabe immer um eine ausgewogenges Mittelmaß zwischen Akzeptanz vor Ort und Verfahrensgerechtigkeit.

Beispiele für finanzielle Beteiligungen (Auswahl)

Aktive Beteiligung	Passive Beteiligung
Bürger produzieren mit: · Energiegenossenschaften · Bürgerwindparks als GmbH & Co. KG **Bürger finanzieren mit:** · Sparbrief · Langfristige Anleihe · Stille Beteiligung	**Der Anwohner:** · Flächenpacht · Bonus für Anwohner · Verkauf von Strom **Der Allgemeinheit:** · Bürgerstiftung · Kommune als Betreiber · Zahlungen an die Gemeinde

Beteiligung und Teilhabe[36]



Unsere Antworten

auf wichtige Fragen zur Windenergie

1.
Wie viel **kostet** mich der **Ausbau** der Windenergie?

Stromerzeugung kostet Geld, egal ob fossil mit Kohle und Gas oder erneuerbar mit Wind und Sonne. Dank der bisherigen Investitionen, allen voran dank der Förderung der Erneuerbaren Energien durch das Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG), sind die Preise für Windenergie in Deutschland auf das Niveau der fossilen Energieträger gesunken, die ebenfalls seit Jahrzenten steuerlich unterstützt wurden.

Anders als die Kosten der fossilen Energien, die weitreichende externe Folgekosten für Mensch und Umwelt verursachen, werden die Kosten für die Erneuerbaren Energien auf der Stromrechnung transparent ausgewiesen: Mit der EEG-Umlage. Diese Umlage, die von privaten Verbrauchern sowie kleinen und mittleren Unternehmen als Zuschlag auf den Strompreis bezahlt wird, ist in den letzten Jahren angestiegen. 2018 liegt die EEG-Umlage bei 6,405 Cent pro Kilowattstunde.[37] Betreiber von Windenergieanlagen erhalten die EEG-Umlage als sogenannte Marktprämie auf den erzielten Börsenstrompreis. So können sie ihre Anlagen wirtschaftlich betreiben.

Neue, effizientere Anlagen erhalten deutlich weniger Förderung aus der EEG-Umlage als ältere Anlagen. Die Förderung wird dabei über 20 Jahre ausgezahlt. Weil 2020 die ersten Altanlagen mit hohem EEG-Förderzuschlag aus der Förderung fallen, ist langfristig mit einer Abnahme der EEG-Umlage zu rechnen. Auch der Preis an der Strombörse hat einen Einfluss auf die Höhe der EEG-Umlage, denn die Marktprämie gleicht Schwankungen des Börsenpreises aus. Sinkende Preise an der Strombörse haben deshalb eine höhere EEG-Umlage zur Folge. Der Börsenstrompreis sinkt seit Jahren, zuletzt auf 4,70 Cent pro Kilowattstunde. Würde er ansteigen, zum Beispiel durch die Einführung einer CO_2-Bepreisung oder den Abbau von konventionellen Überkapazitäten, hätte das eine sinkende EEG-Umlage zur Folge.

Ob mit oder ohne Energiewende: In den nächsten Jahren müssten 40 Prozent der fossilen Kraftwerke in Deutschland aus Altersgründen ersetzt oder saniert werden. Daher ist es sinnvoll, die dafür nötigen Gelder in ein nachhaltiges und langfristig günstigeres Energieversorgungssystem zu investieren.

2.
Ist die Windenergie den Ansprüchen **gewachsen**?

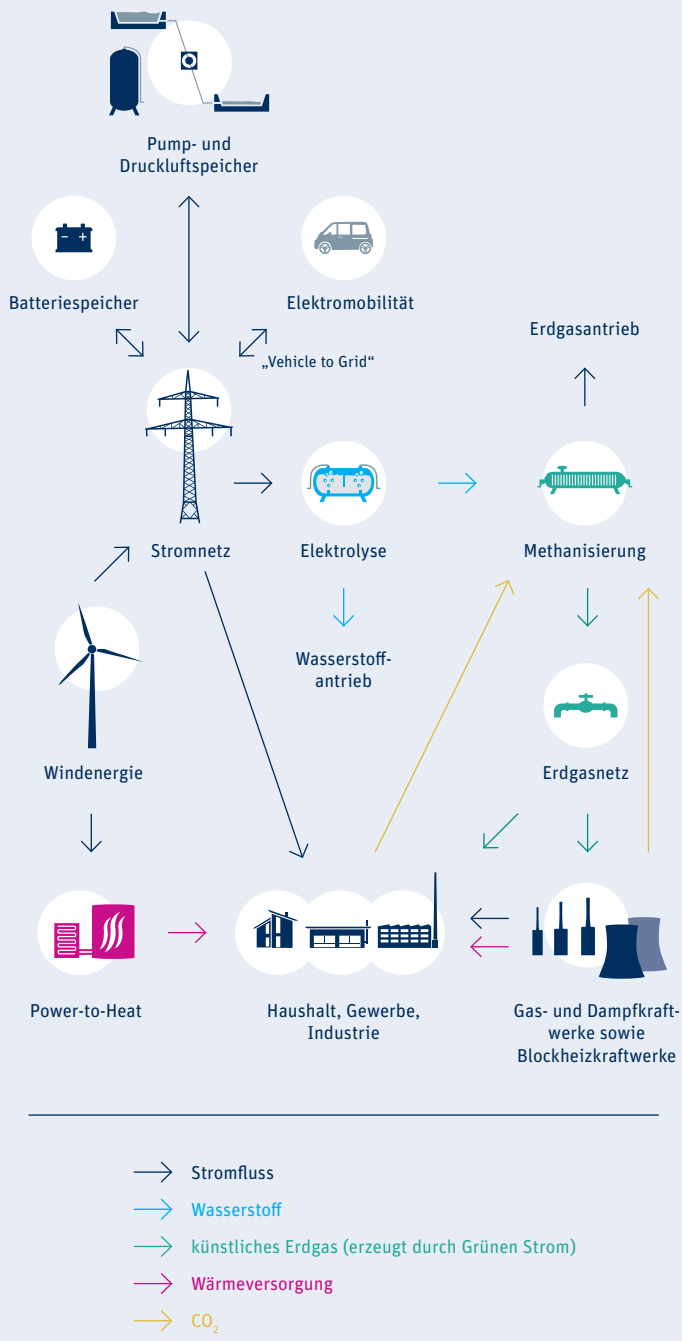
Seit Beginn der deutschen Energiewende ist der Anlagenbestand von Windenergieanlagen an Land und auf See kontinuierlich angewachsen. Schon heute haben die Erneuerbaren einen Anteil am Deutschen Strommix von 40 Prozent.[38] In Zukunft wird ihr Anteil noch höher sein, da Deutschland nicht nur aus der Atomenergie, sondern mittelfristig auch aus der Kohleverstromung aussteigen wird und in Konsequenz auch die Energiesektoren Wärme und Verkehr mehr und mehr durch Erneuerbare erschlossen werden. Die Vielschichtigkeit der deutschen Akteurslandschaft insbesondere in Mittelstand und Industrie ist der Treiber für technischen Fortschritt und Innovation. Technische Innovationen machen es heute möglich, dass die Energieproduktion bei immer niedrigeren Windgeschwindigkeiten beginnt. Dies führt zu steigenden Betriebsstunden und insgesamt zu einer wirtschaftlichen Nutzung der Windenergie in ganz Deutschland.

Eine Studie von enervis energy advisors GmbH im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie e. V. und der Initiative Erdgasspeicher kommt zu dem Ergebnis, dass ein vollständig mit Erneuerbaren Energien versorgtes Deutschland schon mit einer Bebauung von 2 Prozent der Bundesfläche möglich ist.[39] Auf diesen Flächen, die zum Teil heute schon bebaut sind, wird durch Repowering in Zukunft effizienter und zuverlässiger Windstrom erzeugt werden. Entscheidend ist in dem Szenario, das die Studie bis ins Jahr 2050 zeichnet, das Zusammenspiel von Windenergie an Land mit anderen Erneuerbaren Energieträgern wie Offshore-Windenergie und Photovoltaik, der Aufbau einer leistungsstarken Speicherinfrastruktur, der Einstieg in die Sektorenkopplung und damit einhergehend die verstärkte Nutzung Erneuerbarer Gase durch Power-to-Gas. Für ein treibhausgasneutrales Energiesystem in Deutschland im Jahr 2050 braucht es demnach etwa 930 TWh Erneuerbare Gase, um die Dekarbonisierung von Verkehr und Industrie zu meistern.

Durch den Aufbau einer Speicherinfrastruktur können Windenergieanlagen in Zukunft deutlich länger laufen, ohne dass sie trotz günstiger Bedingungen vom Netz genommen werden müssen und die Netzstabilität gefährdet wird. Neben Batteriespeichern sind thermische Speicher (Power-to-Heat) und Gasspeicher (Power-to-Gas) wichtige Komponenten des zukünftigen Energiesystems.

Nicht zu vergessen ist: Ab 2021 werden rund 6.000 Bestandsanlagen, die bis zum Jahr 2000 gebaut wurden, mit insgesamt 4.500 Megawatt (MW) aus dem Festpreissystem des EEG ausscheiden. Für die betreffenden Anlagenbetreiber stellt sich dann die Frage des Weiterbetriebs oder des Repowerings. Politisch müssen bis dahin die Weichen stehen, dass der Bedarf an Windstrom auch durch einen weiteren Ausbau gedeckt werden kann.

Windenergie und Sektorenkopplung

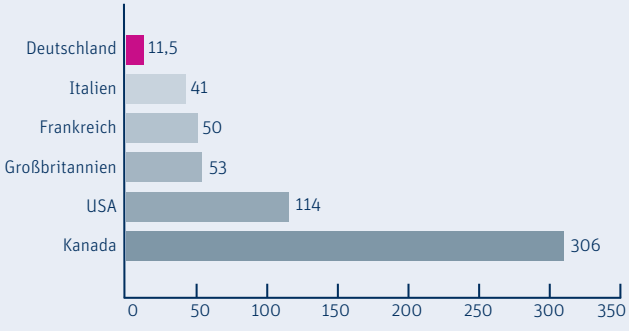


3.
Bleibt meine Stromversorgung **sicher?**

In Deutschland stehen weit mehr Kraftwerke, als zur Versorgung der Bevölkerung gebraucht werden. Wie Experten des Bundeswirtschaftsministeriums schreiben, könnten Kohlekraftwerke von mindestens sieben Gigawatt abgeschaltet werden – ohne die Stromversorgung zu gefährden. Dem komplementären Stromsystem, bestehend aus diversen EE-Anlagen, kommt daher die Verantwortung zu, bei Stilllegung die Stromversorgung zu sichern. Die Windenergieanlagen erzeugen in den Winter- und Frühlingsmonaten besonders viel Strom. Sie ergänzen damit sehr gut den Jahreslastgang aus PV-Anlagen mit hoher Einspeisung in den Sommermonaten. Auch „nicht dargebotsabhängigen" EE-Technologien wie Biogas kommt eine wichtige Rolle zu. Diese Technologien können immer dann eingesetzt werden, wenn die Stromnachfrage durch Windstromerzeugung nicht vollständig gedeckt werden kann. Auch Erdgas kann die Schwankungen bei der Einspeisung von Windstrom optimal ausgleichen und ist darüber hinaus sauberer als andere fossile Energieträger. Versorgungsengpässe sind dadurch verlässlich umgehbar.

Die Energieversorgung hierzulande wird zudem seit einigen Jahren auf die erhöhte Einspeisung aus Erneuerbaren Energien mit Flexibilitätsoptionen vorbereitet. Dieser Transformationsprozess ist sehr komplex und beinhaltet zum Beispiel den verstärkten Einsatz von Lastmanagement, Power-to-Heat-Anlagen und dezentralen Speichersystemen. In Folge ist die Versorgungssicherheit in Deutschland seit Beginn der Energiewende auf konstant hohem Niveau. Im Jahr 2016 waren die Stromkunden bundesweit im Schnitt nur 11,5 Minuten ohne Strom.[40] Hierzu gehören auch Störungen, die durch Erd- und Baggerarbeiten verursacht werden.

Versorgungssicherheit bei parallelem Windenergieausbau: Durchschnittliche Stromausfalldauer in Minuten (2016)



4.
Reicht der Windstrom für **E-Mobilität** und **Wärme?**

Erneuerbare Energien stellen heutzutage einen wesentlichen Anteil der Stromerzeugung. Es ist somit höchste Zeit, die Energiewende weiter zu denken und sie auch in andere Bereiche des Endenergieverbrauchs zu integrieren. Bis 2020 soll der Anteil der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch den Zielen der Bundesregierung gemäß auf 18 Prozent, bis 2030 sogar auf 30 Prozent ansteigen.[41]

Nach dem Energiesektor ist der Verkehr Hauptverursacher von CO_2-Emmissionen in Deutschland.[42] Das Potenzial zur Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Wärme ist somit groß. Windenergie kann ergänzend zu anderen Erneuerbaren Energieträgern eine zentrale Rolle für die CO_2-freie Versorgung von Elektroautos übernehmen. Gerade bei einer weiteren Elektrifizierung des Verkehrssektors ist es wichtig, dass die Energie durch die Erneuerbaren Energien bereitgestellt wird. Gelingt dies, kommt die Bundesrepublik ihren Klimaschutzzielen entscheidend näher.

In windstarken Zeiten ist Strom aus Windenergie insbesondere im Norden Deutschland in einem hohen Maße vorhanden. Dieser kann teilweise nicht vollständig eingespeist werden, da der Netzausbau nicht weit genug vorangeschritten oder konventionelle Kraftwerke nicht flexibel heruntergeregelt werden können. Anstatt die Windenergieanlagen abzuregeln, könnte der Strom durch verbrauchsnahe Abnehmer wie zum Beispiel Elektroautos genutzt werden. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität ist dafür von zentraler Bedeutung. Die Bundesregierung hat daher ein Förderprogramm verabschiedet, das den Aufbau von weiteren 5.000 Schnellladestationen und weiteren 10.000 Normalladestationen unterstützt.

Weitere Schnittstellen sind die Nutzung von Windstrom zur Wärmebereitstellung (Power-to-Heat) oder zur Erzeugung von Windgas (Power-to-Gas). In Form von in Gas umgewandelte Energie ist einfach zu transportieren und kann wie konventionelles Gas eingespeichert werden. Diese Technologien finden heute bereits Anwendung, die notwendigen Geschäftsmodelle benötigen für eine erfolgreiche Umsetzung allerdings weitere Anreizmechanismen.

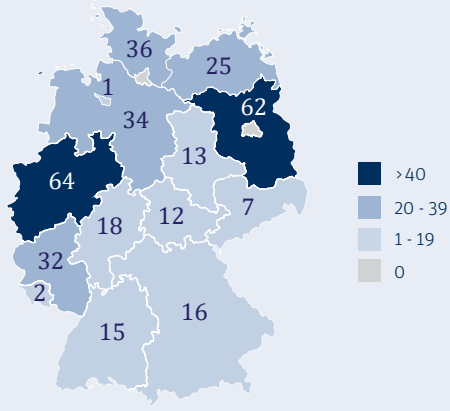
Strom aus Windenergie ist somit in weiten Teilen Deutschlands bereits heute in einer ausreichenden Menge verfügbar. Nun muss die Sektorenkopplung weiter voranschreiten, damit der saubere Strom aus Windenergieanlagen durch schlaue Energieversorgungskonzepte in die Bereiche Verkehr und Wärme übertragen werden kann.

5. Machen Windparks im **Süden Deutschlands** Sinn?

Im gesamten Bundesgebiet gibt es Standorte mit Windverhältnissen, die für die Windstromerzeugung geeignet sind und im Sinne einer gesamtgesellschaftlich getragenen Energiewende genutzt werden sollten. Technische Innovationen machen es heute möglich, dass die Energieproduktion bei immer niedrigeren Windgeschwindigkeiten beginnen kann. In Windparks mit älteren und neueren Anlagen lässt sich beobachten, dass die technisch ausgereifteren, neuen Typen schon bei geringen Windstärken anlaufen. Dies führt zu steigenden Betriebsstunden und insgesamt zu einer noch wirtschaftlicheren Nutzung der Windenergie in ganz Deutschland. Wird Windstrom im Binnenland erzeugt, hat das sogar zusätzliche Vorteile. Der Strom muss nicht von der Küste durch das ganze Land zu den großen Industriekunden und in die süddeutschen Ballungsräume transportiert werden. Dadurch lassen sich Übertragungsverluste beim Stromtransport vermeiden und die derzeit noch auftretenden Netzengpässe im Norden entlasten. Zuletzt werden auch wetterbedingte Schwankungen ausgeglichen: Durch den flächendeckenden Ausbau wird die Versorgungssicherheit gesteigert, da Flauten an einem Ort durch laufende Windenergieanlagen an einem anderen Ort ausgeglichen werden können.

Voraussetzung für einen deutschlandweiten Ausbau der Windenergie ist es jedoch, dass in allen Bundesländern Projekte unter Ausschreibungen Zuschläge erhalten.[43]

Zuschläge für Projekte unter Ausschreibungen 2018



6. Warum **stehen** Windenergieanlagen manchmal **still,** obwohl der Wind weht?

Betrachter glauben häufig, dass Windräder stillstehen, weil sie an Orten aufgestellt wurden, an denen nicht ausreichend Wind weht. Dabei gibt es eine Vielzahl von Gründen, warum Anlagen tatsächlich vorübergehend still stehen. Wie der Name der Technologie verrät, sind Windenergieanlagen naturgemäß auf Wind angewiesen. Dass sie in Gebieten mit ausreichend Wind gebaut werden, garantieren zum Beispiel Messungen der lokalen Windverhältnisse vor Ort. Wenn Anlagen also vorübergehend still stehen, hat dies häufig andere Gründe.

Vor allem der verschleppte Netzausbau sowie ein Überangebot an konventionellem Strom stehen einer noch effizienteren Nutzung der Windenergie im Weg. Gelegentlich müssen Windenergieanlagen abgeschaltet werden, wenn sie eigentlich am effizientesten arbeiten. Genauer gesagt dann, wenn bei starkem Wind viel Windstrom ins Netz eingespeist wird. In Zukunft werden diese Fälle abnehmen. Dafür gibt es zwei Gründe. Ein optimiertes und leistungsfähiges Stromnetz wird künftig mehr Windstrom aufnehmen und Angebot und Nachfrage besser miteinander in Einklang bringen können. Durch einen zügigen Ausbau der Netze wird langfristig und europaweit ein größtmöglicher Stromanteil aus Erneuerbaren Energien gewährleistet. Nimmt man den Klimaschutz ernst, müssen neben Steinkohle- auch Braunkohlekraftwerke in den kommenden Jahren konsequent abgeschaltet werden. Durch ihre geringe Flexibilität verstopfen sie derzeit die Stromnetze mit klimaschädlichem Strom und sorgen so für die Abschaltung flexibler Windenergieanlagen. Im Stromsystem der Zukunft, das von Windenergie, anderen Erneuerbaren und flexiblen Gaskraftwerken gekennzeichnet sein wird, werden Kohlekraftwerke nicht mehr benötigt.

Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe von Gründen, wieso sich die Rotoren der Windenergieanlagen trotz gutem Windaufkommen teilweise nicht drehen. Häufig sind Wartungsarbeiten und Reparaturen der Grund für eine zeitweise Abschaltung. Ein weiterer Anlass für den Stillstand kann der Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu Brut- und Ausflugzeiten sein. Zum Schutz von Anwohnern werden Anlagen ebenfalls abgeschaltet, wenn sie bei tiefstehender Sonne länger als 30 Minuten am Tag Schatten auf anliegende Wohngebäude werfen.[44]

7.
Warum werden **alte** Windparks durch neue **ersetzt?**

Damit Deutschland seine Klimaschutzziele einhalten kann, muss der Anteil der Erneuerbaren Energien am Energieverbrauch steigen. Für die Windenergie an Land bedeutet das nicht zwingend eine proportional steigende Anzahl an Windenergieanlagen, sondern den Einsatz einer effizienteren Technologie mit höherem Ertrag.[45] Unter dem Schlagwort Repowering versteht man das Ersetzen von Altanlagen durch leistungsstärkere Anlagen, die im Laufe der letzten Jahre auch hinsichtlich anderer Anforderungen optimiert wurden. Eine 2018 neu errichtete Anlage hatte eine durchschnittliche Leistung von 3.232 kW, die durchschnittliche Anlagenleistung der im gleichen Jahr abgebauten Anlagen lag hingegen bei 1.214 kW. Diese Effizienzsteigerungen werden vor allem durch die Aufstockung der Narbenhöhen und der damit verbundenen Steigerung von Volllaststunden erzielt.

Was sind die Vorteile des Repowerings? Erstens kann durch das Verfahren eine Reduktion der Gesamtanlagenzahl erreicht werden. Eine Faustregel lautet: Mit Repowering kann bei einer Halbierung der Anlagenzahl eine Verdopplung der Leistung und eine Verdreifachung des Stromertrags erzielt werden. Der Abbau häufig verstreut und nahe an bebauten Gebieten stehender Bestandsanlagen und das Ersetzen durch weniger, aber leistungsstärkere Windenergieanlagen entlastet das Landschaftsbild und bietet je nach raumplanerischer Situation die Chance einer Neuanordnung von Anlagen. Der zweite Vorteil ist, dass sich moderne Anlagen sehr viel besser in das elektrische Netz integrieren lassen, denn sie speisen konstanter und in größeren Mengen Strom ein. Drittens bieten sich Vorteile des Anwohnerschutzes, da die neuen Anlagen durch geringere Umdrehungszahl optisch verträglicher und durch neue Technologien geräuschärmer sind als die bisherigen Bestandsanlagen.

Obwohl die lokale Akzeptanz und vorhandene Infrastruktur für Repowering auf vorhandenen Flächen sprechen, sorgen administrative Hemmnisse, wie neue Flächenausweisungen, Höhenbegrenzungen und geänderte Abstandsregelungen für raumplanerische Herausforderungen. Um das volle Repowering-Potenzial ausschöpfen zu können, sollten in der Flächen- und Regionalplanung Wege gefunden werden, die Bestandsflächen für Repowering zu erhalten.

Das Potenzial von Repoweringmaßnamen sollte aufgrund der vielen Vorteile, die das Repowering mit sich bringt, ermöglicht und ausgeschöpft werden.

↓

Dreifacher Stromertrag bei halber Anlagenzahl

↓

Klassisches Repowering-Projekt:
4 moderne Windräder (3 MW) ersetzen 8 Altanlagen (1,3 MW)

- ➔ Reduktion der Gesamtanlagenzahl
- ➔ bessere Integration ins Stromnetz
- ➔ geringere Umdrehungszahl
- ➔ weniger Geräuschemissionen

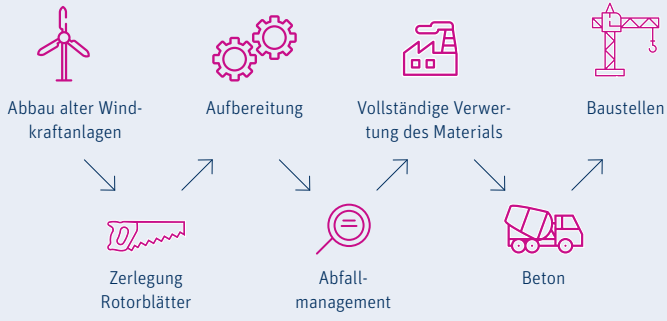
8.
Können Windenergie-anlagen **recycelt** werden?

Windenergieanlagen sind anspruchsvolle Hochtechnologien. Trotzdem stellen der Abbau und das Recycling ihrer Bestandteile keine Probleme dar, wie Unternehmen der Abfallwirtschaft bestätigen. Inzwischen haben Firmen sichere Lösungen gefunden, um Windenergieanlagen zu recyceln und gewinnbringend weiterzuverwenden.

Moderne Windräder lassen sich fast vollständig verwerten: 80 bis 90 Prozent der Komponenten einer Windenergieanlage, bezogen auf ihre Gesamtmasse, können wiederverwertet werden.[46] Sie bestehen zu über 80 Prozent aus Stahl und Beton. Die Betonteile des Fundaments finden nach einer Aufbereitung als Recyclingbeton beispielsweise im Straßenbau Verwendung. Die Stahlsegmente gehen vorwiegend als Sekundärstoff zurück ins Stahlwerk. Einige Bestandteile, wie die Rotorblätter, finden keinen Zweitmarkt und müssen recycelt werden. Das Recycling der Rotorblätter gestaltet sich besonders herausfordernd, aufgrund der Zusammensetzung aus Glasfaserkunststoffen, Kohlefasern und anderen Kunststoffen. Diese führt dazu, dass die thermische Verwertung alter Rotorblätter nur in spezialisierten Betrieben möglich ist.

Seit Kurzem können die Rotorblätter in einem industriellen Recyclingprozess verbrannt werden. Die anfallende Asche, die vom Volumen noch ungefähr 30 Prozent des Ausgangsmaterials ausmacht, kann dann als Ersatz für andere Rohstoffe in der Zementindustrie eingesetzt werden. Diese Technik kommt übrigens auch für komplexe Kunststoffe aus anderen Industrien, wie der Autoindustrie und der Luft- und Schifffahrtsindustrie zum Einsatz.

Recycling alter Windkraftanlagen



9.
Bedeuten mehr Anlagen **mehr Netze?**

Schon jetzt wird auf die schwankende Nachfrage nach Strom mit einer ständigen Steuerung im Stromnetzmanagement erfolgreich reagiert. Für die neue Erzeugungslandschaft rund um Erneuerbare Energien braucht es jedoch mehr und mehr ein „intelligentes“ Stromnetz, um Erzeugung und Verbrauch bedarfs- und verbrauchsorientiert aufeinander abzustimmen. Als Grundprinzip gilt weiterhin, bestehende Netze zu optimieren und erst nach Optimierung auszubauen (so genanntes „NOVA“-Prinzip). Neu sind jedoch so genannte „Smart Grids“, die die Kommunikation aller Energieerzeuger, aller Energiespeicher und aller Energieverbraucher miteinander sicherstellen.

Die Übertragungsnetzbetreiber nehmen die Herausforderung, die sich aus einer erhöhten Einspeisung durch Wind und Sonne ergibt, selbstbewusst an. Damit die Kosten für Einspeisemanagement und Redispatch sinken, müssen die Netzausbauprojekte, die im Jahr 2009 mit dem Energieleitungsbaugesetz (EnLAG) und Netzentwicklungsplan definiert wurden, weiter realisiert werden. Im Jahr 2016 konnte beispielsweise der Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz die Inbetriebnahme des ersten Systems der Südwest-Kuppelleitung („Thüringer Strombrücke“) einleiten und damit einen wesentlichen Beitrag leisten, dass die Redispatch-Kosten 2016 deutlich sanken. Damit waren zum Zeitpunkt Ende 2017 jedoch erst 55 Prozent der EnLAG-Projekte in ausschließlich diesem Netzgebiet realisiert. Weitere müssen folgen. Zusätzlich helfen innovative Netzsysteme und Technologien, eine Lastverschiebung im Netz und eine Verbrauchsoptimierung beim Anwender zu ermöglichen. Ob der Einsatz von Hochtemperatur-Leiterseilen, das Zusammenspiel von Smart Market und Smart Grid, die moderne Messung aktueller Wetterdaten, die Ausreizung verfügbarer Speicherkapazitäten oder die Flexibilisierung der Verbraucher – der moderne Netzbetrieb bietet viele Möglichkeiten.[47]

Die Windenergiebranche demgegenüber arbeitet an einer Vergleichmäßigung der Produktion von Windstrom, um die Herausforderungen an den Netzbetrieb zu minimieren. Und auch die technologische Entwicklung hilft dabei, Verstetigung der Windstromnutzung zu erhöhen und den Netzbedarf zu senken. In Smart Grids lassen sich zukünftig mehr und mehr Elektrogeräte und Stromproduzenten miteinander vernetzen, vom Windpark bis zur Waschmaschine. Verbunden über das Glasfasernetz können große Stromverbraucher eingeschaltet werden, wenn besonders viel Wind weht. E-Autos an der Ladestation können außerdem Strom ans Netz zurückgeben, wenn er knapp und teuer ist.

10.
Wozu brauchen wir **Offshore**-Windenergie?

Für die Gesamteffizienz des Energiesystems sind auch Technologien im Energiemix entscheidend, die stabilisierend und ausgleichend wirken. Offshore-Windenergie kommt hier als Ergänzung zur Onshore-Windenergie und Photovoltaik eine Schlüsselrolle zu. Windenergie auf offener See steht durchschnittlich an 363 Tagen im Jahr zur Verfügung und ist durch die gleichmäßige Einspeisung von sauberem Strom eine unverzichtbare Säule der Energiewende.[48]

Deutschland ist Weltmarktführer für Offshore-Technologie und verfügt über die gesamte Wertschöpfungskette beim Bau der leistungsstarken Anlagen. Der industriepolitische Vorteil Zulieferung, Herstellung, Projektierung und Betrieb mit deutschen Unternehmen abdecken zu können, muss auch im Hinblick auf die Arbeitsplatzsicherung und Exportmöglichkeiten erhalten und ausgebaut werden. In der Offshore-Branche steckt ein enormes Wachstumspotenzial. Während der Küstenzugang in Deutschland limitiert ist, haben andere Länder eine ungleich größere Nachfrage nach führenden Offshore-Technologien aus Deutschland. Durch ihre hohe Auslastung und ihre stetige Produktion von Windstrom tragen Offshore-Windenergieanlagen entscheidend zur Versorgungssicherheit bei. Sollen die ambitionierten deutschen Klimaschutzziele erreicht werden, bedarf es neben einem Ausbau der Windkraft an Land auch einem weiteren Ausbau der Offshore-Windkraft.

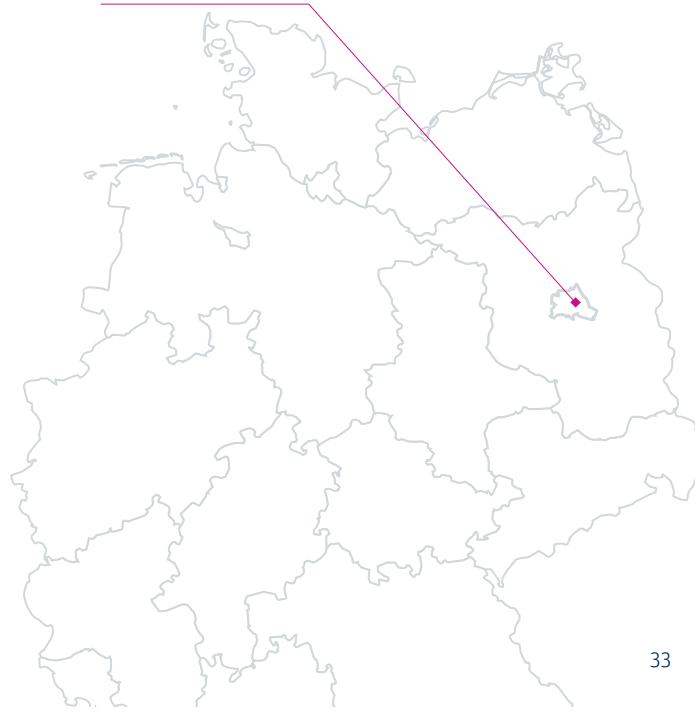
Wussten Sie schon? Für den Einsatz von Offshore-Technologien in der Nord- und Ostsee gelten europaweit die strengsten Vorgaben. Da die Windparks für Schifffahrt und Fischerei gesperrt sind, können sich Pflanzen und Tiere in dieser Region besonders gut regenerieren.[49] So entstehen sogar neue Biotope. Darüber hinaus leistet die Offshore-Branche beträchtliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit, damit der natürliche Lebensraum im Meer so wenig wie möglich durch die Errichtung der Großanlagen beeinflusst wird. Zum Schutz von besonderen Meerestieren, wie dem Schweinswal, kommen zusätzlich lärmmindernde Technologien wie der so genannte „Blasenschleier“ zum Einsatz.[50] Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz der umweltschonenden „Flüstergründung“, bei der auf schallintensive Rammungen beim Bau der Fundamente verzichtet werden kann. Außerdem werden Bauteile, die dauerhaft einer gewissen Meerestiefe ausgesetzt sind, durch den kathodischen Schutz wirksam vor Korrosion geschützt. Dadurch wird verhindert, dass wasserschädigende Stoffe ins Meer gelangen.

11.
Werden Windparks jetzt **überall** gebaut?

In der öffentlichen Debatte wird immer wieder die Frage gestellt, ob nun in ganz Deutschland und an jedem beliebigen Ort Anlagen errichtet werden. Angst vor einem ungesteuerten Zubau brauchen Bürgerinnen und Bürger aber nicht haben, denn auch in Zukunft würden nicht mehr als zwei Prozent der Fläche der Bunderepublik als Windstandorte genutzt werden. Als Standort kommt zudem nur in Frage, was in den Regionalplänen der Länder als Vorranggebiete für Windenergie ausgewiesen wurde und einer ausführlichen Prüfung standhält. Neben den Abständen zu Wohngebieten und Verkehrswegen, Gewässern, zu Natur- und Landschaftsschutzgebieten, zu Militärbasen, Flughäfen oder denkmalgeschützten Bauwerken müssen die lokalen Windverhältnisse stimmen. Und selbst in optimistischen Prognosen, die von einem vollständig Erneuerbaren Energiesystem ausgehen, wird Deutschland nicht bis auf die letzte Lichtung mit Windrädern zugebaut werden.[51,52]

Viel Leistung auf kleiner Fläche

Der Flächenverbrauch aller Windenergieanlagen in Deutschland entsprach im Jahr 2016 etwa einem Zehntel der Fläche Berlins.

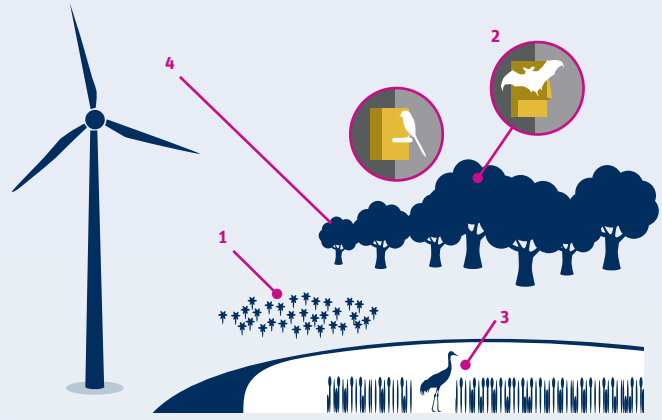


12.
Werden **Vögel und Fledermäuse** geschützt?

Windenergieanlagen stellen, ebenso wie die Errichtung von Straßenverbindungen und die Nutzung von Flächen für moderne Landwirtschaft, einen Eingriff in die Natur dar. Daher müssen die Folgen für die lokale Tierwelt genauestens beurteilt werden. Die Alternativen zur Windenergie wie Kohleabbau und ungebremster Klimawandel stellen jedoch auch weiterhin die größeren Gefahren für die deutsche Artenvielfalt dar.

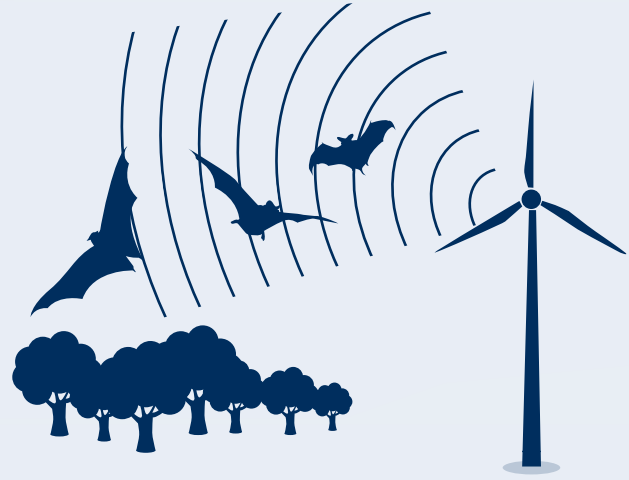
Eines ist klar: Windenergie und Naturschutz schließen einander nicht aus. Das garantieren naturschutzrechtliche Prüfungen in den regionalen Prüfungs- und Genehmigungsverfahren. Das Bundesnaturschutzgesetz definiert rechtliche Standards für Eingriffe in die Natur und zum Schutz wilder Tiere. Nahezu jedes Projekt wird heutzutage durch Artenschutzuntersuchungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen begleitet.[53] Dabei wird gründlich untersucht, ob der geplante Standort geschützte Vogel- und Fledermausarten beherbergt. Auch unbesetzte Vogelhorste müssen in die Betrachtung einbezogen werden, denn es gilt als wahrscheinlich, dass vorübergehend nicht besetzte Brutgebiete und Jagdreviere zu einem späteren Zeitpunkt durch die Tiere neu genutzt werden. Bedeutende Artenschutzgebiete bleiben bei der Wahl der Windkraftstandorte ohnehin außen vor. In Summe gilt auch weiterhin, dass 98 Prozent der Gesamtfläche der Bundesrepublik nicht für Windenergie zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus verpflichten sich Projektierer von Windenergieanlagen häufig zu Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Solche Maßnahmen haben vereinzelt dazu geführt, dass die Lebensbedingungen der Tiere sogar aufgewertet wurden und ihre Populationen parallel zum Ausbau der Windenergie gewachsen sind. Alle 25 in Deutschland heimischen Fledermausarten sind nach dem Bundesnaturschutzgesetz streng geschützt. Für sie gelten die Vorschriften zum besonderen Artenschutz. Besteht durch hoch frequentierte Flugzeiten dennoch eine akute Gefahr, werden die Anlagen vorrübergehend abgeschaltet. Die Entwicklung und Erprobung solcher Algorithmen gehen zumeist auf Forschungsvorhaben des Bundes und Innovationen der Windenergieanlagenhersteller zurück. Die Praxis zeigt außerdem, dass die Kollisionsgefahr überschätzt wird. Der Rotorüberstrich einer modernen Windenergieanlagen liegt über der Flughöhe der meisten Tiere.[54]



Ausgleich für Eingriffe in die Natur

Zum Ausgleich für Eingriffe in Natur und Landschaft werden viele ökologische Projekte umgesetzt, etwa Blüh- und Streuobstwiesen (1) gepflanzt, Brutkästen (2) gesetzt, Biotope (3) angelegt oder beim ökologischen Waldumbau und -aufforstung (4) unterstützt. Windparks auf Naturschutzgebieten bleiben auch weiterhin tabu.



Abschalten für Fledermäuse

In windarmen, warmen Sommernächten jagen einige Fledermausarten so hoch, dass sie in den Bereich der Rotoren geraten können. In solchen Nächten werden darum viele Windräder zeitweise abgeschaltet.

13.
Was ist bei **Windenergie im Wald** zu beachten?

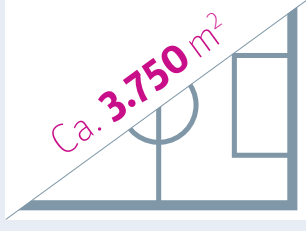
Das Wichtigste vorab: Eine Ausweisung besonders wertvoller Waldgebiete für die Windenergienutzung findet in Deutschland nicht statt. Laubwälder und Schutzflächen mit besonders hoher ökologischer Wertigkeit für Mensch und Tier sind von der Windenergienutzung ausgeschlossen. In den meisten Bundesländern stehen stattdessen forstwirtschaftlich intensiv genutzte Nadelwälder zur Verfügung. Sie bieten große Flächen ökologisch weniger kritischer Standorte (Monoforstkulturen) außerhalb von Schutzgebieten. In diesen Waldformen ist die Artenvielfalt zumeist geringer als in Naturwäldern. Mögliche Kahlflächen in Folge von Schadensereignissen wie Sturm sowie Vorbelastungen durch Autobahnen oder technische Elemente wie Sendemasten können die Eignung für Windenergie ebenfalls bestärken.

Ja, für die Errichtung von Anlagen im Wald braucht es geringfügig Platz. Aber: Die Summe der Waldinanspruchnahmen kann durch ein platzsparendes Montagekonzept und günstige Standorteigenschaften reduziert werden, zum Beispiel bei geringer Geländeneigung oder bei bereits vorhandenen Zuwegungen, die in Nutzwäldern häufig schon vor Errichtung von Windenergieanlagen für forstwirtschaftliche Fahrzeuge errichtet wurden.

Ebenso wie im Freiland unterliegen Planung und Bau von Windenergieanlagen in Nutzwäldern strengen Regeln. Nicht zuletzt gelten in Deutschland neben dem Bundesnaturschutzgesetz die waldrechtlichen Vorschriften des Bundeswaldgesetzes und der Landesforstgesetze. Durch die frühzeitige Einbeziehung der Forstbehörde in die Planungs- und Genehmigungsverfahren ist zudem die amtliche Abwägungsentscheidung sichergestellt. Ist eine Standortauswahl unter Berücksichtigung der Eingriffsregelung getroffen, setzt die Forstbehörde die erforderlichen Kompensationsmaßnahmen fest. Dazu gehört im Regelfall die Verpflichtung zur Ersatzaufforstung oder zur qualitativen Aufwertung bestehender Waldbestände.

Windenergie hat einen vergleichsweise geringen Flächenverbrauch.

Für eine moderne Onshore-Anlage mit **3 MW** Leistung wird einschließlich der Zufahrtswege die Fläche eines halben Fußballfeldes benötigt.



14.
Werden wir **Bürger** beim Ausbau der Windenergie überhaupt **gefragt?**

Die formelle Beteiligung der Bürger an den Planungs- und Genehmigungsprozessen ist gesetzlich garantiert und geregelt. Die Planungsbehörden wahren die Interessen aller Beteiligten und sorgen dafür, dass Windenergieanlagen dort errichtet werden, wo möglichst wenige Konflikte auftreten. Die Menschen vor Ort werden daher schon lange vor der konkreten Planung eines Windparks von den Behörden mit in die Regionalplanung einbezogen.

Darüber hinaus sollten sich auch Anwohner selbst frühzeitig und ausführlich über das geplante Windenergieprojekt informieren. Windparkplaner und Behörden bieten dafür diverse Formate an: Energietische, Vor-Ort-Besichtigungen, Workshops, Informationsveranstaltungen, Planungswerkstätten usw. können als Kommunikationsformate für den Austausch zwischen Bürgern und Projektentwicklern genutzt werden. Von einem solchen Dialog profitieren alle Seiten: Die Anwohner können ihre Sorgen und Änderungsvorschläge äußern und dadurch mehr Einfluss auf die Projektgestaltung und Umsetzung bekommen. Die Projektträger profitieren vom Wissen der lokalen Akteure, können Kritik konstruktiv umsetzen und mögliche Risiken frühzeitig erkennen.

Offene Kommunikation auf Augenhöhe garantiert alleine keinen Erfolg, kann aber helfen, Vorbehalte abzubauen. Durch das Klären von Verständnisproblemen wird die Akzeptanz der Windenergieprojekte vor Ort effektiv gesteigert. Die Erfahrungen zeigen, dass die Vorbehalte gegen Windenergie gerade in der Nachbarschaft von Windparks deutlich zurückgehen. Oft sind besorgte Anwohner nicht über den aktuellen Stand der Anlagentechnik informiert. Aufklärung über die stark reduzierten Schallimmissionen dank aerodynamisch optimierter und verstellbarer Rotorblätter, nicht mehr reflektierende Lacke oder sensorgestütztes Abschalten, sobald der Schattenwurf das gesetzliche Höchstmaß von 30 Minuten pro Tag oder 30 Stunden pro Jahr überschreitet, kann die Akzeptanz deutlich erhöhen. Bei Konflikten mit Mensch und Natur gilt die Regel für Planer, aber auch Anwohner: Ein tragfähiger Kompromiss ist allemal besser als gerichtliches Durchsetzen der eigenen Rechte.

15.
Verliert **mein Haus** an Wert?

Für die Bewertung der Immobilienpreise sind Windenergieanlagen genauso zu beurteilen wie andere Bauobjekte, die die lokale Infrastruktur kennzeichnen (Industrieanlagen, Schweinemastanlagen, Supermärkte, Bahnhöfe, Autobahnen und Flughäfen).[55] Die Änderung des Marktwertes einer Immobilie kann jedoch nicht allein auf einen einzelnen Faktor zurückgeführt werden. Viel eher hängt der Wert einer Immobilie von einer ganzen Reihe diverser Faktoren ab. Das Angebot wird durch Lage einer Immobilie, Bestand, Leerstand und Neubauaktivitäten gelenkt, während die Nachfrage vom Standort, der regionalen Sozial- und Wirtschaftsstruktur sowie der allgemeinen Vermögensentwicklung und dem demografischen Wandel beeinflusst wird.[56] Zudem spielen bei der Kaufentscheidung für ein Grundstück oder ein Eigenheim persönliche Beweggründe eine Rolle.

Aus psychologischer Sicht ist der folgende Aspekt interessant: Obwohl nach bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen klar ist, dass Windenergieanlagen keinen negativen Einfluss auf die Immobilienwerte haben, kann allein die Annahme, dass Windenergieanlagen ein wertminderndes Risiko darstellen, sich kurzfristig auf die Preisbildung von Grundstücken und Immobilien auswirken.[57] Ohne diese psychologische Komponente verhält sich die Preisentwicklung oftmals anders.

Betrachtet man den Zuzug von Arbeitskräften in den ländlichen Raum sowie die regionale Wertschöpfung durch den Ausbau der Windenergie, so kann vielmehr unterstellt werden, dass diese insbesondere in strukturschwachen Regionen eher positiv auf die Entwicklung der Immobilienpreise wirkt. Untermauert wird diese Vermutung durch die Ergebnisse einer Untersuchung im Raum Ostfriesland an Standorten mit einer im deutschlandweiten Vergleich sehr hohen Dichte an Windrädern.[58] Dort konnte eine positive Immobilienpreisentwicklung verzeichnet werden. Zu dem gleichen Ergebnis kommt eine langjährige Analyse der Stadt Aachen zur Immobilienpreisentwicklung bzgl. des Windparks „Vetschauer Berg“.[59] Dort wurde festgestellt, dass die Immobilien in nächster Nähe zum Windpark eine positive Preistendenz aufwiesen.

16.
Schrecken Windparks **Touristen** ab?

Diverse Untersuchungen und verschiedene, kreative Ferienorte beweisen, dass Tourismus und Windenergie nicht nur Hand in Hand gehen, sondern Windenergie sogar positive Effekte auf Besucherzahlen und Übernachtungen haben kann.

Laut einer Studie des Instituts für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa (NIT) würde nur einer von 100 Gästen einen Urlaubsort wegen eines Windparks in der Nähe meiden.[60] Andere Faktoren sind laut Umfrage wesentlich wichtiger für die Wahl des Reiseziels. Zum Beispiel spielen Freundlichkeit der Urlaubsanbieter, Qualität der Unterkunft, Preise und Angebotsvielfalt vor Ort eine entscheidende Rolle bei der Entscheidungsfindung von Urlaubern. Fehlt es an Rad-, Reit- und Wanderwegen, an einer Verknüpfung von öffentlichem Verkehr oder auch an kulinarischen und kulturellen Erholungsangeboten, sinkt die Zufriedenheit der Feriengäste. Auch sind innovative Hotelkonzepte und Angebote für nachhaltiges und soziales Reisen gefragt. Für einige Ferienorte ergaben sich im Gegenteil sogar Imagegewinne durch Windenergie vor Ort. Windenergieanlagen stehen symbolisch für Innovationskraft, Zukunftsorientierung und Nachhaltigkeit.[61] Informationsangebote zu Erneuerbaren Energien, Besichtigungen von Windrädern und integrierte Wander- oder Radwege bereichern inzwischen das touristische Angebot.

Das Bioenergiedorf Jühnde[62] in Niedersachsen, die Energielandschaft Morbach[63], das brandenburgische Feldheim[64] und das „WindErlebnis Ostfriesland“ sind einige Paradebeispiele, die zeigen, wie Windenergie gerade im ländlichen Raum den Tourismus ankurbeln und die Zahl der Übernachtungen steigern kann. Deutsche Reisegruppen aber auch Energiewende-Interessierte aus dem Ausland sorgen für Wertschöpfung vor Ort und haben positive Effekte für lokale Hotellerie, Gastronomie und Gewerbe. Durch das hohe Interesse an den Erneuerbaren gibt es inzwischen auch Reiseführer[65] mit Fokus auf klimafreundliche Energiegewinnung.

17.
Macht mich Windenergie **krank?**

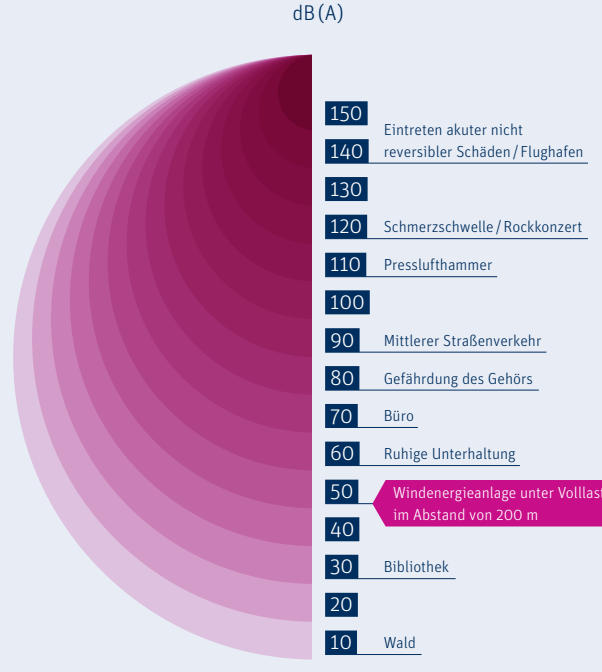
Menschen sind tagtäglich von modernen Technologien umgeben, nicht nur in Städten und Gemeinden, sondern auch unmittelbar in ihren privaten Wohnungen und ihrem Arbeitsumfeld. Windenergie zählt jedoch zu den weithin sichtbaren Technologien im Landschaftsbild. Verständlicherweise fragen sich Anwohner deshalb, ob Windräder in der Nähe von Wohngebieten einen Einfluss auf die Gesundheit haben können.

Verschiedene Studien und Gutachten entkräften diese Befürchtungen. Laut Studien des Deutschen Naturschutzbunds und verschiedener Landesämter für Umwelt werden in unmittelbarer Nähe von Windrädern nicht ansatzweise gesundheitsschädlich bedenkliche Schallpegel erreicht.[66] Weit höhere Infraschallwerte, als die einer Windenergieanlage in 150 Meter Abstand, lassen sich beispielsweise im Innenraum eines mit 130 km/h fahrenden Mittelklasse-PKW oder anderen Alltagssituationen messen. Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind daher nach derzeitigem internationalem Kenntnisstand nicht zu erwarten. Gestützt werden diese Studien von einem Urteil des Verwaltungsgerichts Würzburg zur Unbedenklichkeit der Schallemissionen von Windenergieanlagen.[67] Auch regelmäßig vor Ort durchgeführte Nachmessungen decken sich mit diesen Einschätzungen.

Wie böiger Wind, die Meeresbrandung oder fahrende Autos erzeugen auch Windkraftanlagen Schall mit sehr niedrigen Frequenzen, sogenannten Infraschall. Dabei handelt es sich um sehr tiefe Töne mit einer Frequenz von unter 20 Hertz (Hz). Diese Frequenzen sind für den Menschen normalerweise nicht wahrnehmbar. Dennoch befürchten einige Anwohner, dass sie durch Infraschallbelastung krank werden könnten.[68]

Obwohl Forscher die vermeintliche Ursache-Wirkung-Beziehung zwischen Windkraft und dem Auftreten von Krankheiten nicht nachvollziehen können, gibt es Menschen, die unter Beschwerden wie Kopfschmerzen oder Übelkeit leiden. Diese Beschwerden sind real und müssen ernst genommen werden. Experten führen das sogenannte „Windturbinensymptom“ auf den Nocebo-Effekt zurück. Demnach erkranken Anwohner nicht an akustischen oder optischen Signalen der Windenergieanlage, sondern an der Befürchtung, dass diese gesundheitsschädlich sein könnten. Hier sind weitere Aufklärungsarbeit und Forschung dringend notwendig.

Auf 200 Meter Entfernung leiser als ruhige Unterhaltung



- Eine Studie im Auftrag der australischen Regierung zeigt: es ist kein Zusammenhang zwischen optischen und akustischen Emissionen von WEA und gesundheitlichen Einschränkungen feststellbar.
- Eine Langzeitstudie des Bayrischen Landesamtes für Umwelt aus dem Jahr 2012 belegt: Auf 250 Meter Entfernung liegen die Schallemissionen der untersuchten Windenergieanlagen weit unter der Wahrnehmungsschwelle des Menschen. Der durch den Wind verursachte Infraschall ist deutlich stärker als der vom Windrad selbst erzeugte.
- Eine Studie des Bundesumweltministeriums zeigt: es gibt „insgesamt keine erhebliche Belästigung“ durch Hinderniskennzeichnung von Windenergieanlagen.

18.
Was tut die Branche gegen das **Blinken bei Nacht**?

Windenergieanlagen entstehen nicht nur auf dem Land und auf dem Meer, sondern zumeist auch in der Nähe von Städten und Siedlungen. Windräder in der Nähe von Städten und Siedlungen können aufgrund von optischen Reizen gelegentlich als störend empfunden werden. Es stellt sich also die Frage, wie die Anwohner vor möglichen Störungen durch Windenergieanlagen geschützt werden. Ein Musterbeispiel für verbesserte gesetzliche Rahmenbedingungen und neue technologische Lösungen zur Sicherung der Akzeptanz von Windenergieanlagen ist die bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung.[69]

Die roten Blinklichter (Befeuerung) an den Rotorblättern sind bei Anlagen ab 100 Metern Pflicht, um Flugzeuge und Helikopter zu warnen. In vielen Windparks gehen die Lichter seit Neuestem nur noch an, wenn es auch tatsächlich nötig ist. Radarsensoren überwachen dort die Umgebung der Windenergieanlagen. Durch ein solches System sollen die Lichter in Zukunft nur noch nach Bedarf, das heißt beim Anflug von Flugzeugen, leuchten. Da es nur selten vorkommt, dass Flugzeuge nachts in kritischer Höhe über einen Windpark fliegen, können die Lichter über 90 Prozent der Nachtzeit ausgeschaltet bleiben. Auch der Gesetzgeber sieht hierin eine Akzeptanzmaßnahme und hat die Verpflichtung zur bedarfsgerechten Nachtkennzeichnung eingeführt. Schon in Kürze dürfte die Technologie daher mehr und mehr Anklang finden. Wenn eine bedarfsgerechte Befeuerung aus technischen Gründen nicht realisierbar ist, lässt sich die Belastung schon heute durch eine Synchronisierung der Befeuerung aller Windenergieanalagen im Park sowie durch eine Anpassung der Leuchtstärke reduzieren.

Für eine erfolgreiche Weiterführung der deutschen Energiewende sind die Windenergiebranche und die Politik daran interessiert, die Akzeptanz für Anlagen in der Bevölkerung zu sichern. Dafür wurden bereits vielfältige gesetzliche Regelungen verabschiedet. So gibt es eindeutig definierte Lärmschutzrichtlinien für Windenergieanlagen in der Nähe von Wohngebieten. Entsprechende Abstandsregelungen werden bei der Planung und Errichtung eingehalten. Auch für den Schattenwurf der Rotorenblätter gibt es definierte Immissionsschutzregelungen. Demnach muss eine Windkraftanlage vorübergehend abgeschaltet werden, wenn ihr Schatten länger als 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten am Tag auf ein Wohnhaus fällt. Aber auch mit technischen Lösungen wie nichtreflektierenden Farben, verminderte Drehzahl und gekapselte Maschinenhäuser optimiert die Branche den Anwohnerschutz sogar noch über diese gesetzlichen Anforderungen hinaus.

Überblick:

Zahlen und Fakten zur Windenergie

Energiebereitstellung

Gesamtenergiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien 2017:
410,4 Terawattstunden[70]
(davon Strom 218 TWh, Wärme 162 TWh, Verkehr 30 TWh)

Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die EE-Nutzung 2017:
178,6 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent[71]
(davon Strom 138 Mio. t, Wärme 34 Mio. t, Verkehr 7 Mio. t)
Anteil Windenergie: **71,2 Mio. Tonnen** CO_2-Äquivalent (39,9 Prozent)

Anteil der Erneuerbaren an der Bruttostromerzeugung 2018: **35 %**[72]
Anteil der Erneuerbaren am Strommix (Nettostromerzeugung) 2018: **40,3 %**[73]

Strom aus Windenergie

Anteil der Windenergie an der Bruttostromerzeugung 2018: **17 %**[74]
Nettostromerzeugung durch Windenergie 2018: **111,4 TWh**[75]

Anteil der Windenergie

...am deutschen Strommix (Nettostromerzeugung) 2018: **20,4 %**[76]
➘ Damit ist die Windenergie Deutschlands zweitwichtigste Stromquelle

...am Strom aus Erneuerbaren Energien 2018: **50,86 %**[77]

Deutschlands Anteil an der Windenergie weltweit 2017: **10 %**[78]

Branchenzahlen

Neubau (installierte Leistung an Land) 2018: **2,1 GW**

Bestand (installierte Leistung an Land) 31.12.2018: **52,9 GW**[79]

Anzahl Beschäftigte der Windenergiebranche 2016: **160.200**[80]
davon Onshore: **133.000 Menschen**
davon Offshore: **27.200 Menschen**

Anzahl Beschäftigte der Windenergiebranche weltweit: **1,16 Millionen**[81]
Exportanteil deutscher Produktion von Windenergieanlagen: **67 %**[82]

Ausbauziele

Ausbauziele Erneuerbare Energien der Bundesregierung

40-45 % des Strommix bis 2025[83]
55-60% des Strommix bis 2035
80 % des Strommix bis 2050[84]

Potenzial bei 2 Prozent Flächennutzung[85]

Installierte Wind-Leistung: **198 GW**
Wind-Energieertrag pro Jahr: **390 TWh**
➘ Entspricht: **65 %** des deutschen Bruttostromverbrauchs

Akzeptanz

69 % der Bürger mit Vorerfahrungen finden Windenergieanlagen in der Umgebung des eigenen Wohnortes "gut" und "sehr gut"[86]

93 % für Ausbau der Erneuerbaren Energien[87]
80 % bewerten den Ausbau der Windenergie als „wichtig“ oder „sehr wichtig“[88]

Technologie

Durchschnittliche Leistungsfähigkeit einer Windenergieanlage

1993: 260 kW
2018: 3.232 kW[89]

Größte Windenergieanlage 2017 für Offshore und Onshore Windparks

Technische Daten	Offshore	Onshore
Anlagentyp:	**V164-9.5 MW**[90]	**E-126 / 7.580 kW**
Hersteller:	MHI Vestas Offshore Wind A/S	ENERCON GmbH
Rotordurchmesser:	**164 m**	**127 m**
Überstrichene Rotorfläche:	**21.124 m²**	**12.668 m²**
Jahresenergieertrag:	**46-47 Mio. kWh**	**17-20 Mio. kWh**
Leistungsfähigkeit:	**9,5 MW**	**7,58 MW**
Versorgung von Haushalten:	**Ca. 15.000 Haushalte**	**Ca. 5.600-6.600 Haushalte**

Waren Sie schon mal...

... auf einer Windenergieanlage? Falls nicht, besuchen Sie doch eine virtuell. Mit dem 360-Grad-Video des BWE auf www.youtube.de/BWEeV genießen Sie seltene Ein- und Ausblicke.

Quellen

mit Stand vom 23. Mai 2018

1 **Norddeutscher Rundfunk** (2017)
Vor 30 Jahren: Erster deutscher Windpark startet.
http://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Vor-30-Jahren-Erster-deutscher-Windpark-startet,windkraft880.html

2 **Bundsverband WindEnergie** (2016)
20 Jahre Bundesverband WindEnergie, S. 4.
https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/20-jahre-bwe/broschure_20_jahre_bwe_-_online_-_20160919.pdf

3 **co2online gemeinnützige GmbH** (2017)
Stromspiegel: Stromverbrauch im Haushalt: Durchschnitt & Einspartipps.
https://www.stromspiegel.de/stromkosten/stromverbrauch-im-haushalt/

4 **Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE** (2019)
Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/netto-stromerzeugung-2018.html

5 **Agentur für Erneuerbare Energien** (2017)
Repräsentative Umfrage von Kantar Emnid zur Akzeptanz Erneuerbarer Energien.
https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/akzeptanz-erneuerbarer/akzeptanz-umfrage/akzeptanzumfrage2017

6 **Smart Energy for Europe Platform** (2017)
klimafakten.de
https://www.klimafakten.de/fakten-statt-behauptungen/fakt-ist

7 **Umweltbundesamt** (2018)
Erneuerbare Energien in Zahlen.
https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen

8 **Harokopio University Athen** (2014)
Assessment of the Environmental Impacts of a Wind Farm in Central Greece during its Life Cycle.
http://dergipark.gov.tr/download/article-file/148161

9 **Oregon State University** (2014)
Comparative life cycle assessment of 2.0 MW wind turbines.
http://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2014/06/turbines.pdf

10 **Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags** (2007)
CO_2-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich, S. 25.
https://www.bundestag.de/blob/406432/c4cbd6c8c74ec40df8d9cda-8fe2f7dbb/wd-8-056-07-pdf-data.pdf

11 **Bundesverband WindEnergie** (2016)
Windenergie im Zeichen des Naturschutzes.
https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/windenergie-im-zeichen-des-naturschutzes/20160921_bwe_hintergrund-papier_naturschutz_final.pdf

12 **BauGB – Baugesetzbuch**
§ 35 Abs. 5, neugefasst durch Bek. V. 23.09.2014.
https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/__35.html

13 **Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft** (2017)
Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten konventioneller und erneuerbarer Energien. Überarbeitete und aktualisierte Auflage.
https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/GPE_Studie_StromKosten_WEBV02_DS.pdf

14 **Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft** (2017)
Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten konventioneller und erneuerbarer Energien. Überarbeitete und aktualisierte Auflage.
https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/GPE_Studie_StromKosten_WEBV02_DS.pdf

15 **Coady, D., Parry, I., Sears, L., Shang, B.** (2017)
How Large Are Global Fossil Fuel Subsidies?, S 11–27.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X16304867

16 **Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft** (2017)
Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten konventioneller und erneuerbarer Energien. Überarbeitete und aktualisierte Auflage.
https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/GPE_Studie_StromKosten_WEBV02_DS.pdf

17 **The World Bank** (2018)
Carbon Pricing Dashboard. Key Statistics for 2018 on Initiative(s) Implemented or Scheduled for Implementation.
https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

18 **Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung** (2018)
Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern.
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/erneuerbar-beschaeftigt-in-den-bundeslaendern.pdf

19 **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century** (2017)
Renewables 2017: Global Status Report
http://www.ren21.net/gsr-2017/chapters/chapter_01/chapter_01/

20 **WiLA Bonn**
https://www.wilabonn.de/themen/erneuerbare-energien.html

21 **Institut dezentrale Energietechnologien** (2016)
Regionale Wertschöpfung in der Windindustrie am Beispiel Nordhessen.
https://www.uni-kassel.de/fb07/fileadmin/datas/fb07/5-Institute/IVWL/Wetzel/Regionale_Wertsch%C3%B6pfung_in_der_Windindustrie.pdf

22 **§ 29 Gewerbesteuergesetz**
https://www.gesetze-im-internet.de/gewstg/BJNR009790936.html

23 **NIT –Institut für Tourismus und Bäderforschung in Nordeuropa** (2014)
Einflussanalyse Erneuerbare Energien und Tourismus in Schleswig-Holstein.
http://www.nit-kiel.de/fileadmin/user_upload/NIT-ee-und-tourismus-sh-kurzfassung.pdf

24 neue energie (2014)
Das Ziel heißt: Erneuerbar. Tourismus und Windkraft sind kein Gegensatz. J.-R. Zimmermann, in Ausgabe 09/2014, S. 29ff.

25 Bundesverband WindEnergie (2017)
Repowering – Leistungsstärker, ruhiger, verträglicher.
https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/repowering-leistungsstaerker-ruhiger-vertraeglicher/20170508_informationspapier_repowering.pdf

26 Forum Ökologische Marktwirtschaft (2017)
Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten konventioneller und erneuerbarer Energien. Überarbeitete und aktualisierte Auflage.
https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/GPE_Studie_StromKosten_WEBVO2_DS.pdf

27 Bundesnetzagentur (2019)
Ausschreibungen zur Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen an Land.
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Wind_Onshore/Wind_Onshore_node.html

28 Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (2016)
Verbleibende Kostentreiber in der Windenergienutzung angehen.
https://www.iee.fraunhofer.de/de/presse-infothek/Presse-Medien/Pressemitteilungen/2016/Kostentreiber_der_Windenergienutzung_angehen.html

29 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016)
Deutschland – Rohstoffsituation 2015, S. 30 ff.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/Rohsit-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=3

30 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017)
Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale unter internationale Entwicklung im Jahr 2016.
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2016.pdf

31 Global Wind Energy Council (2017)
Global Wind Report 2016.
http://gwec.net/publications/global-wind-report-2/global-wind-report-2016/

32 Agentur für Erneuerbare Energien (2018)
Repräsentative Umfrage von Kantar Emnid zur Akzeptanz Erneuerbarer Energien.
https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/grafik-dossier-zur-jaehrlichen-akzeptanzumfrage-der-agentur-fuer-erneuerbare-energien

33 Fachagentur Windenergie an Land (2015)
Mehr Abstand – mehr Akzeptanz? Ein umweltpsychologischer Studienvergleich.
https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Akzeptanz/FA-Wind_Abstand-Akzeptanz_Broschuere_2015.pdf

34 trend:research / Leuphana Universität Lüneburg (2013)
Definition und Marktanalyse von Bürgerenergie in Deutschland, S. 45.
https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user_upload/downloads/Studien/Studie_Definition_und_Marktanalyse_von_Buergerenergie_in_Deutschland_BBEn.pdf

35 Fachagentur Windenergie an Land (2017)
Beteiligung bei Windenergie an Land.
https://www.fachagentur-windenergie.de/themen/beteiligung.html

36 Eigene Darstellung nach Fachagentur Windenergie an Land (2017)
Beteiligung bei Windenergie an Land.
https://www.fachagentur-windenergie.de/themen/beteiligung.html

37 Bundesnetzagentur (2018)
EEG-Umlage – Was ist die EEG-Umlage und wie funktioniert sie?
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/Energielexikon/EEGUmlage.html

38 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE (2019)
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html

39 enervis energy advisors GmbH (2017)
Erneuerbare Gase – ein Systemupdate der Energiewende. Studie im Auftrag des BWE e. V und INES e. V.
http://erdgasspeicher.de/files/20171212_studie_erneuerbare_gase.pdf

40 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017)
Strommarkt der Zukunft.
http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/strommarkt-der-zukunft.html

41 Umweltbundesamt (2017)
Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen.
https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren

42 Umweltbundesamt (2017)
Energiebedingte Emissionen.
https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#textpart-1

43 Bundesnetzagentur (2019)
Beendete Ausschreibungen.
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Wind_Onshore/Beendete-Ausschreibungen/BeendeteAusschreibungen_node.html

44 Länderausschuss für Immissionsschutz (2002)
Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf Hinweise) – Arbeitsgruppe Schattenwurf.
www.lung.mv-regierung.de/dateien/wea_schattenwurf_hinweise.pdf

45 Bundesverband WindEnergie e. V. (2017)
Repowering: Leistungsstärker, ruhiger, verträglicher.
https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/repowering-leistungsstaerker-ruhiger-vertraeglicher/20170508_informationspapier_repowering.pdf

46 VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2014)
Ressourceneffizienz von Windenergieanlagen.
https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/kurzanalysen/2014-Kurzanalyse-VDI-ZRE-09-Ressourceneffizienz-Windenergieanlagen.pdf

47 Agora Windenergie (2018)
Toolbox für die Stromnetze.
https://www.agora-energiewende.de/de/themen/-agothem-/Produkt/produkt/471/Toolbox+f%C3%BCr+die+Stromnetze/

48 Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (2017)
Energiewirtschaftliche Bedeutung der Offshore-Windenergie für die Energiewende – Update 2017.
https://www.offshore-stiftung.de/sites/offshorelink.de/files/documents/Studie_Energiewirtschaftliche%20Bedeutung%20Offshore%20Wind.pdf

49 Russel, D.J.F. et al. (2014)
Marine mammals trace anthropogenic structures at sea.
Current Biology 24(14), 638 ff.

50 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013)
Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee.
https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/awz/Dokumente/schallschutzkonzept_BMU.pdf

51 Ram, M., Bogdanow, D., Aghahosseini, A., Oyewo, S., Gulagi, A., Child, M., Breyer, C., Fell, H.-J. (2017)
Global Energy System based on 100% Renewable Energy Power Sector.
Study by Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group: Lappeenranta, Berlin.

52 Ram, M., Bogdanow, D., Aghahosseini, A., Oyewo, S., Gulagi, A., Child, M., Breyer, C., Fell, H.-J. (2017)
Global 100% RE System: Europe – Germany – Country Profile.

53 Fachagentur Windenergie an Land (2015)
Vermeidungsmaßnahmen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen.
https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA-Wind_Studie_Vermeidungsmassnahmen_10-2015.pdf

54 ARSU GmbH, BioConsult, IfAÖ und Lehrstuhl für Verhaltensforschung (2015)
Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif-)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS).
http://bioconsult-sh.de/site/assets/files/1561/1561-1.pdf

55 EnergieAgentur NRW (2017)
Faktencheck Windenergie und Immobilienpreise. Dokumentation der Veranstaltung.
www.energiedialog.nrw.de/wp-content/uploads/2017/07/Eigenpublikation_Windenergie-Immobilienpreise_final.pdf

56 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2016)
Wohnungs- und Immobilienmärkte in Deutschland 2016. Analysen Bau. Stadt.Raum. Band 12. Bonn.

57 Research Medien AG (2014)
Der Immobilienbrief Nr. 321. Windkraft und Immobilienpreise.
Dr. Günter Vornholz (EBZ Business School)
www.rohmert-medien.de/wp-content/uploads/2014/05/Der-Immobilienbrief-Nr-321.pdf

58 Gutachterausschuss für Grundstückswerte Aurich: Grundstücksmarktbericht 2016 (2016)
Einfluss von Windkraftanlagen auf die Kaufpreise von Wohnimmobilien, Seite 48.

59 Stadt Aachen (2011)
Hat der Windpark ‚Vetschauer Berg' Auswirkungen auf den Grundstücksmarkt von Wohnimmobilien in den Ortslagen Vetschau und Horbach?
www.aachener-zeitung.de/lokales/aachen/windkraft-in-aachen-kein-einfluss-auf-die-immobilienpreise-1.389335

60 NIT –Institut für Tourismus und Bäderforschung in Nordeuropa (2014)
Einflussanalyse Erneuerbare Energien und Tourismus in Schleswig-Holstein.
http://www.nit-kiel.de/fileadmin/user_upload/NIT-ee-und-tourismus-sh-kurzfassung.pdf

61 neue energie (09/2014)
Das Ziel heißt: Erneuerbar. Tourismus und Windkraft sind kein Gegensatz.
J.-R. Zimmermann, Berlin 2014, S. 29ff.

62 http://www.bioenergiedorf.de/home.html

63 http://www.energielandschaft.de/

64 http://nef-feldheim.info/

65 Frey, Martin (2014)
Deutschland. Erneuerbare erleben. Zweite Auflage, Karl Baedecker Verlag.

66 Bayerisches Landesamt für Umwelt (2014)
UmweltWissen. Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?, S. 6.
https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf

67 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2016)
Tieffrequente Geräusche und Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen. S. 17ff.
www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223628/

68 Umweltbundesamt (2014)
Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall. Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen. S. 114f
www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_40_2014_machbarkeitsstudie_zu_wirkungen_von_infraschall.pdf

69 Fachagentur Windenergie an Land (2016)
Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung von Windenergieanlagen.
https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Befeuerung/FA-Wind_Hintergrundpapier_BNK_2016-07-27.pdf

70 Umweltbundesamt auf Basis AGEE-Stat (2018)
Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energieträgern 2017.
https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#statusquo

71 Umweltbundesamt auf Basis AGEE-Stat (2018)
Netto-Bilanz der verschiedenen Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2017.
https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#emissionsbilanz

72 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2019)
Bruttostromerzeugung in Deutschland 2018.
https://www.bdew.de/media/documents/PI_20181219_Erzeugung-und-CO2-Emissionen-2018.pdf

73 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE (2019)
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html

74 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2018)
Bruttostromerzeugung in Deutschland 2018.
https://www.bdew.de/media/documents/PI_20181219_Erzeugung-und-CO2-Emissionen-2018.pdf

75 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE (2019)
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html

76 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE (2019)
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html

77 Eigene Berechnung nach Fraunhofer ISE (2019)
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html

78 Global Wind Energy Council (GWEC) (2018)
Global Wind Statistics 2017.
https://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf

79 Deutsche WindGuard (2019)
Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland 2018.
https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/pressemitteilungen/2019/20190129_Factsheet_Status_des_Windenergieausbaus-Jahr_2018.pdf

80 Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (2018)
Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern.
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/erneuerbar-beschaeftigt-in-den-bundeslaendern.pdf

81 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2017)
Renewables 2017: Global Status Report
http://www.ren21.net/gsr-2017/chapters/chapter_01/chapter_01/

82 DIW Econ (2014)
Die ökonomische Bedeutung der Windenergiebranche.
https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/die-oekonomische-bedeutung-der-windenergiebranche/diw_econ_oekonomische_bedeutung_windenergie.pdf

83 Die Bundesregierung (2017)
Erneuerbare Energien – Ein neues Zeitalter hat begonnen.
https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/EnergieErzeugen/ErneuerbareEnergien-Zeitalter/_node.html

84 Die Bundesregierung (2017)
Energiewende – Fragen und Antworten.
https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Fragen-Antworten/1_Allgemeines/1_warum/_node.html#doc605764bodyText2

85 Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (2011)
Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land – Kurzfassung.
Im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie (BWE), S. 5.
https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potenzial-der-windenergienutzung-land/bwe_potenzialstudie_kurzfassung_2012-03.pdf

86 Agentur für Erneuerbare Energien (2017)
Hohe Zustimmung zu Erneuerbare-Energien-Anlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts.
https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/grafik-dossier-akzeptanzumfrage-2017

87 Agentur für Erneuerbare Energien (2018)
Repräsentative Umfrage von Kantar Emnid zur Akzeptanz Erneuerbarer Energien.
https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/grafik-dossier-zur-jaehrlichen-akzeptanzumfrage-der-agentur-fuer-erneuerbare-energien

88 Fachagentur Windenergie an Land (2018)
Umfrage zur Akzeptanz der Windenergie an Land Herbst 2018.
https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Umfrageergebnisse_Herbst_2018.pdf

89 Deutsche WindGuard (2019)
Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland 2018.
https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/pressemitteilungen/2019/20190129_Factsheet_Status_des_Windenergieausbaus-Jahr_2018.pdf

90 MHI Vestas Offshore Wind A/S (2018)
The V164-9.5 MW Turbine.
http://www.mhivestasoffshore.com/innovations/

V. i. S. d. P. Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE)
vertreten durch den Präsidenten

Neustädtische Kirchstraße 6
10117 Berlin

info@wind-energie.de
Tel. +49 (0)30 212341-210
Fax +49 (0)30 212341-410

8., aktualisierte und überarbeitete Auflage, Mai 2018

Diese Broschüre kann auf www.wind-energie.de kostenlos geladen oder im BWE-Shop auf www.wind-energie.de/shop bestellt werden.

Alle Daten sofort griffbereit: Diese Broschüre finden Sie kostenlos in allen App-Stores.