

Windenergie in Deutschland: Die Energie der Zukunft

Eine Energiewende ohne Windkraft? Undenkbar!



Nicht ohne Grund liefert die Windenergie in Deutschland die größten Beiträge zur Stromerzeugung der erneuerbaren Energien - und das europaweit. Mit 63.924 Megawatt hat Deutschland die meiste Windleistung installiert. Und die Nutzung soll weiterhin steigen.

Aber was ist überhaupt Windenergie? Wie entsteht Strom aus Wind und wird dieser anschließend in das Stromnetz integriert? Was hat die Windkraft für Vor- und Nachteile und welche Bedeutung für Deutschland? Alles, was es zur Nutzung von Windenergie zu wissen gibt, wie Windkraftanlagen funktionieren, Windenergie gespeichert werden kann, wie Unternehmen profitieren und wie die Zukunft und Förderung aussieht, fasst dieser Beitrag zusammen.

Was ist Windenergie? Einfach erklärt

Im Prinzip nutzt die Windkraft dasselbe Prinzip wie Windmühlen. Wandeln wir die Bewegungsenergie von Luftströmen mithilfe einer Windkraftanlage in elektrische Energie um, sprechen wir von Windenergie. Dabei ist Windenergie streng genommen eine andere Form der Sonnenenergie, da durch Sonneneinstrahlung Luftmassen in Bewegung versetzt werden. Diese unerschöpfliche Energiequelle nutzt die Menschheit schon seit dem Altertum und bis heute eine natürliche Energiequelle, die wir zu unserem Vorteil nutzen können. Die Windenergie zählt daher zu den erneuerbaren Energien und ist laut Umweltbundesamt eine tragende Säule der Energiewende.

Windenergie in Zahlen

Im Jahr 2021 wurden in Deutschland

- 122 Mrd. kWh Windstrom produziert
- Dank der Windkraft 87 Mio. Tonnen CO₂ eingespart
- 2,95 Mrd. Euro in neue Windenergieprojekte investiert
- Die Zahl von installierten Windkraftanlagen auf 29.731 erhöht

Wie entsteht Windenergie?

Die Sonneneinstrahlung ist der Schlüssel bei der Erzeugung von Windstrom. Diese erwärmt die Luft in der Atmosphäre unterschiedlich stark an verschiedenen Stellen. Dadurch passiert das, was wir als Wind verstehen: Warme Luft steigt an einem Ort

auf und an einem anderen nicht. Durch die dadurch entstehenden Druckunterschiede kommt es zu ausgleichenden Luftströmen. Durch diesen Wind werden die Rotorblätter der Windkraftanlage in Bewegung gesetzt.

In der Vergangenheit waren diese Rotorblätter noch recht groß. Moderne Windkraftanlagen werden über einen Unterdruck in Bewegung versetzt, weshalb die Rotorblätter kleiner sind. Das Prinzip bleibt aber das gleiche: Die kinetische Energie des Windes wird in eine Drehbewegung übersetzt, welche im inneren der Anlage einen Generator antreibt. Dieser macht aus mechanischer Energie elektrische.

Ab einer Windgeschwindigkeit von 2 bis 4 m/s fangen die Rotorblätter an, sich zu drehen. Bei 12 m/s erreicht die Windkraftanlage mit der sogenannten Nominalgeschwindigkeit ihre maximale Leistung. Bei Windgeschwindigkeiten ab 28 m/s wird die Windkraftanlage aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. So wird Sturmschäden am Rotor vorgebeugt. Insgesamt erzeugt eine Windkraftanlage in durchschnittlich drei Viertel der Zeit Strom für das Versorgungsnetz.

Schon gewusst?

Die Windgeschwindigkeit steigt mit der Höhe. Eine höhere Anlage bedeutet also auch einen höheren Ertrag. Auch der Durchmesser der Rotoren wirkt sich direkt auf die Leistung der Anlage aus, genauso wie Windgeschwindigkeit und die Topographie der Umgebung.

Einspeisung: Windenergie ins Stromnetz

Der erzeugte Strom kann schließlich in das Energieversorgungsnetz eingespeist und an die Verbraucher verteilt wird. In der Regel ist hierfür ein Umrichter notwendig, damit der Windstrom die für das deutsche Stromnetz erforderliche Frequenz von 50 Hertz aufweisen kann.

Arten von Windenergie

Windenergie kann an Land oder auf dem Meer gewonnen werden. Sind Windkraftanlagen an Land angesiedelt, spricht man auch von Onshore-Anlagen, bei einem Standort auf dem Meer von Offshore-Anlagen.

- Onshore Windenergie: Der Großteil aller Windkraftanlagen steht an Land. Zum einen, weil es Onshore-Windparks bereits seit über 30 Jahren gibt, zum anderen, weil diese vor allem kostengünstiger sind. Sowohl der Bau als auch die Wartung gestalten sich leichter als bei Offshore-Windparks und der Materialverschleiß ist geringer.

Schon gewusst?

Das Umweltbundesamt schätzt, dass etwa 13,8 Prozent aller Landesflächen sich für die Nutzung der Windenergie eignen.

- Offshore Windenergie wird erst seit 10 Jahren immer wichtiger. Der erste Offshore-Windpark wurde 2009 in der Nordsee in Betrieb genommen. Durch den Standort jenseits der Küsten, gibt es durch die höheren Windgeschwindigkeiten eine ebenso höhere Windausbeute. Was den Vorteilen entgegen steht, sind die erschwerten Bedingungen beim Bau und der Wartung von Offshore-Windparks sowie dem erhöhten Materialverschleiß.

Monatliche Stromerzeugung aus Windenergie an Land und auf See

Windanlagen im Vergleich, Quellen: ZSW, BDEW - Stand 04/2022

*vorläufig

Aufbau einer Windkraftanlage

Ein Windkraftwerk besteht in erster Linie aus drei Hauptkomponenten, die einzeln montiert werden.

- Der Turm wird als erstes aufgestellt. Er ist die größte und sperrigste Komponente und bringt meist mehrere hundert Tonnen auf die Waage. Seine Höhe variiert dabei je nach Umgebung. Das hat folgenden Grund: Die Windgeschwindigkeit steigt mit zunehmender Höhe und die Turbulenzen nehmen gleichzeitig ab. Eine Windkraftanlage auf dem flachen Land oder auf dem Meer ist daher niedriger als eine Anlage in einem Wald. Hier wird die Höhe der Bäume so zu sagen aufaddiert, um die Turbulenzen, die durch die Bäume entstehen, auszugleichen.

- Die Gondel ist das Herz der Windkraftanlage. Hier befindet sich der Generator, der den Strom erzeugt und das Getriebe, sofern in der Anlage kein Direktantrieb verbaut ist. Die Gondel kann je nach Windrichtung durch eine Windrichtungsnachführung bewegt werden. So ist sichergestellt, dass kein Wind verloren geht. Auch die Messinstrumente wie Windfahne und Anemometer, die Windstärke und -Richtung ermitteln, befinden sich hier oben. Der Generator ist außerdem mit einer elektromagnetischen Bremsvorrichtung versehen, um Wartungsarbeiten durchführen zu können oder die Anlage bei zu starkem Wind vor Schäden zu schützen.
- Die Rotorblätter sind direkt an der Rotornabe angebracht und nehmen die kinetische Energie des Windes auf und übersetzen sie in eine Drehbewegung. Moderne Windkraftanlagen haben in der Regel drei Rotoren, diese sind verstellbar, sodass die Energieproduktion geregelt werden kann. Bei zu starkem Wind können die Rotorblätter auf diese Weise aus dem Wind genommen werden. So ist die Anlage vor Schäden geschützt.

Wo dürfen Windkraftanlagen gebaut werden?

Grundsätzlich dürfen Windkraftanlagen außerhalb geschlossener Ortschaften und Wohngebieten gebaut werden. So regelt es in Deutschland das Baugesetzbuch (BauGB) mit folgenden Ausnahmen:

- Eine Abstandsregel ist zwingend einzuhalten. Ob dabei die von der Bundesregierung beschlossene 1.000-Meter-Regel eingehalten wird oder eigene Mindestabstände festgelegt werden, dürfen die einzelnen Bundesländer seit 2020 selbst entscheiden.
- In Wasserschutzgebieten besteht ein absolutes Bauverbot.
- In Naturschutzgebieten darf eine Windkraftanlage nur in Ausnahmefällen errichtet werden.

Was kostet eine Windkraftanlage?

Natürlich hängen die Kosten von mehreren Faktoren ab. Dazu zählen zum Beispiel die Größe oder der Standort. Durchschnittlich belaufen sich die Kosten auf eine Summe zwischen 1 und 4 Millionen Euro. Der Großteil der Kosten fällt dabei auf den Bau und die Installation der Windkraftanlage. Laufende sowie Wartungskosten sind in der Regel gering. Lediglich der Strom, der für den Betrieb notwendig wird, kann zu größeren Ausgaben führen.

Windenergie in Deutschland: Nutzung und Bedeutung

Im Jahr 2020 machte Windenergie rund 27 Prozent der deutschen Nettostromerzeugung aus. Zwar konnte 2021 mit diesen Zahlen nicht mithalten, dennoch ist die Windkraft im deutschen Strommix immer noch die stärkste der erneuerbaren Energien. In 2021 sank die Windkraft um etwa 12 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Ein enormer Rückgang, der aufgrund der Witterung zustande kommt, da von weniger starken Winterstürmen profitiert werden konnte.

Bis 2035 sieht die Bundesregierung eine komplette Abdeckung des Energiebedarfs durch erneuerbare Energien vor, das wurde zuletzt mit dem Osterpaket noch einmal unterstrichen. Treibender Energieträger wird dabei die Windkraft noch vor allen anderen erneuerbaren Energien sein.

Windkraft in Deutschland, aktueller Stand

Statement von Jan-Oliver Heidrich, EHA Geschäftsführer

Die Errichtung der ersten kommerziellen Windkraftanlage fand in Deutschland bereits 1990 statt, also vor fast 30 Jahren. Seitdem ist Stromerzeugung aus Windkraft auf Erfolgskurs. Betrachtet man die tatsächliche Stromerzeugung, dann ist die Windkraft heute in Deutschland der zweitwichtigste Energieträger – die Braunkohle liegt auf Platz 1.

Strom-Report: Monatliche Stromerzeugung aus Windenergie in Deutschland 2021

Wie wird Windenergie gespeichert?

Wie können wir zukünftig Energie klimafreundlicher, platzsparender und günstiger speichern, um auch bei schlechten

Witterungen erneuerbare Energien zu nutzen und somit einen weiteren großen Schritt Richtung Energiewende zu gehen? Eine Frage, die die Energiebranche aktuell mehr beschäftigt denn je.

Fakt ist: Bisher lässt sich elektrische Energie nicht im vollen Umfang speichern. Gerade für Strom aus erneuerbaren Energien gibt es keine ausreichenden Speichermöglichkeiten. Die Alternative ist daher aktuell Energie umzuwandeln, in einer anderen Energieform abzuspeichern und bei Bedarf in elektrische Energie zurückzuwandeln. Ganz ohne Verluste geht die Form der Energiespeicherung allerdings nicht von statten.

So funktioniert es zum Beispiel bei der Power-to-Gas Technologie. In einem Elektrolyseverfahren wird dabei Elektrizität in Wasser und Methan umgewandelt. Durch diese Technologie können hohe Speicherkapazitäten genutzt werden, indem der brennbare Wasserstoff ins Erdgasnetz eingespeist und bei Bedarf in Gaskraftwerken verbrannt und so in elektrische Energie zurückgewandelt wird. Auch hier geht die Umwandlung mit massiven Wirkungsgradverlusten einher.

In Zukunft ist mit dem Anstieg der erneuerbaren Energien im Strommix auch mit neuen Technologien zu Speichermöglichkeiten zu rechnen. Wenn diese in Zukunft ausreichend sind, um witterungsbedingte Schwankungen auszugleichen, kann auch das Abschalten von Windkraftanlagen bei Netzüberlastungen vermieden werden.

Die Vor- und Nachteile von Windenergie

Was sind die Vorteile von Windenergie?

Als regenerativer Rohstoff ist Wind unendlich vorhanden. Um unseren Energiebedarf ohne erneuerbare Energien zu decken, müssten wir deutlich mehr Strom importieren. Das ist teuer und kann wirtschaftliche und politische Abhängigkeiten schaffen.

Windenergie ist eine der saubersten Energiequellen von allen. Denn es entstehen keine Verbrennungsprodukte. Lediglich geringe Mengen CO₂ fallen bei der Herstellung und dem Aufbau von Windkraftanlagen an.

Windenergie ist relativ günstig.

Windkraft kann auch nachts erzeugt werden.

Windenergie schafft Arbeitsplätze. Mit über 121.000 Beschäftigten war die Windenergie im Jahr 2018 die wichtigste Branche aller erneuerbarer Energien.

Was sind die Nachteile von Windenergie?

Witterungsbedingte Erzeugung. Abhilfe können da Speichermöglichkeiten schaffen, die aktuell noch nicht Stromausreichend vorhanden sind. Oder aber ein Energiemix.

Die Wahl des Standorts: Offshore-Anlagen sind teurer und schwieriger zu erreichen, Verbrennungsprodukte. Lediglich Onshore-Anlagen müssen hingegen Mindestabstände zu Wohngebieten einhalten und haben keine konstante Energieproduktion.

Windkraftanlagen machen Geräusche und werfen Schatten. Sie prägen das Landschaftsbild. Rotoren stellen eine Gefahr für die Tierwelt da. Insbesondere Vögel und Fledermäuse. Auch der Bau von Offshore-Anlagen kann Meerestiere schädigen. Speichermöglichkeiten fehlen.

Der Rückbau einer Windkraftanlage ist bereits im Genehmigungsverfahren festgeschrieben. Da moderne Anlagen vollständig recyclebar sind, bleibt am Ende also nichts übrig. Zu guter Letzt werden Windkraftanlagen auch noch immer effizienter, sodass viele der genannten Vorteile Jahr für Jahr stärker ins Gewicht fallen.

Förderung von Windenergie: So profitieren Unternehmen in Deutschland

Damit die Energiewende in Deutschland möglichst schnell geschieht, gibt es verschiedene Förderungsprogramme und Anreize für Unternehmen.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz listet in seiner Förderdatenbank verschiedene Förderprogramme, die sich gezielt an Unternehmen richten. Dabei wird zwischen Offshore Windenergie und Onshore-Windenergie unterschieden.

Offshore Förderung

Gefördert wird der Ausbau von Kapazitäten in den niedersächsischen Seehäfen im Hinblick auf die Offshore-Windenergie. Dazu gehören die Erschließung, Errichtung, Revitalisierung und der Ausbau der Infrastruktur. Insbesondere die Errichtung moderner Produktions-, Montage-, Transport- und Umschlagkapazitäten stehen im Fokus.

Außerdem soll die Entwicklung und erstmalige Fertigung neuartiger Schiffstypen (zum Beispiel Offshore-Versorger) und innovativer Antriebskonzepte, die Erforschung und erstmalige Produktion innovativer Elemente (zum Beispiel Gründungsstrukturen, Rotorblätter, Generatoren) für die Offshore-Windenergie vorangetrieben werden. Ziel ist eine Vernetzung von Forschung, Produktion und Anwendung maritimer Techniken in den direkten Küstenregionen.

Die Förderung erfolgt in Form eines Zuschusses von bis zu 50 Prozent und kann durch Landesmittel ergänzt werden. Mehr Infos zu dem Förderprogramm finden Sie in der [Förderdatenbank](#).

EHA-Newsletter

Immer auf dem Laufenden: Trends, Insights und Potentiale –
Energiewirtschaft auf Augenhöhe!

Die Verarbeitung Ihrer Daten erfolgt im Rahmen unserer [Datenschutzerklärung](#).

```
$( document ).ready(function() { $('#mod_ajax_subscribe
form').change(function(){ var a =
$(this).find('[name=REQUEST_TOKEN]'); if(a.attr('valuedata')) {
$(a).val[$(a).attr('valuedata')]; } });
$('#ajax_subscribe_183').mouseout(function() {
console.log['out']; $('#ajax_subscribe_183').data[ "formCheck",
"DoForm" ]; }); }); [function($) { "use strict";
$(document).ready(function() { var form =
$('#ajax_subscribe_183'); form.submit(function(event) {
if($('#ajax_subscribe_183').data[ "formCheck" ] == "DoForm") {
```

```
$.ajax({ type: 'POST', data: form.serialize(), cache: false, success:
function(data) { if [data == 'true'] { form.off['submit'].submit();
return; } form.animate({'opacity':0}, 200, 'swing', function() {
form.html[data]; form.animate({'opacity':1}, 200); try {
form.find['input,textarea'].each(function [el] { el.cleardefault(); });
} catch [err] {} form.trigger['ajax_change'];
$(window).trigger['ajax_change']; }); } }); return false; } });
}}[jQuery];
```

KfW-Programm für Offshore-Anlagen

Auch die KfW Bankengruppe unterstützt die Finanzierung von Projekten zum Ausbau der Offshore-Windenergie. Bis zu 10 Windparks werden in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) durch Direktkredite in einer maximalen Höhe von 400 Millionen pro Projekt gefördert. Von Investorensseite ist ein Eigenkapitalanteil von mindestens 30 Prozent des Gesamtfinanzierungsbedarfs aufzubringen. Die Laufzeit beträgt höchstens 20 Jahre, davon 3 Jahre tilgungsfrei. Das Darlehen darf darüber hinaus unter anderem mit Mitteln der europäischen Investitionsbank (EIB) kombiniert werden.

Mehr Infos zu dem Förderprogramm finden Sie in der [Förderdatenbank](#).

Onshore Förderung

Das Förderprogramm „[Energie vom Land](#)“ der Landwirtschaftlichen Rentenbank richtet sich eher an kleine bis mittlere Unternehmen. Mit zinsgünstigen Darlehen von bis zu 10 Millionen Euro werden die Erzeugung, Speicherung und Verteilung

von Windenergie, (aber auch anderen erneuerbaren Energien) mit einem Anteil von bis zu 100 Prozent gefördert. Das Angebot richtet sich an Investoren einzelner Windenergieanlagen, aber auch von Bürgerwindparks und tätige Beteiligungen an Unternehmen der Windenergieproduktion. Für Leasing-Finanzierungen von Maschinen stellt die Rentenbank zusätzlich zinsgünstige Finanzierungen zur Verfügung.

Energieforschungsprogramm: Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung

Auch die Bundesregierung fördert die Windenergie. Beim “Energieforschungsprogramm - Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung” steht die Forschung, Entwicklung und Innovation von Energietechnologien im Fokus. Dies betrifft neben anderen erneuerbaren Energien auch die Erzeugung von Windenergie, aber auch die System- und Netzintegration. Das Angebot richtet sich an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft sowie an Forschungseinrichtungen mit einem wirtschaftlichen Vorhaben und wird als Zuschuss von 50 Prozent ausbezahlt. Kleine bis mittlere Unternehmen (KMU) haben darüber hinaus die Möglichkeit, zusätzlich einen Bonus zu erhalten. Hierfür müssen die Kriterien der EU für KMU erfüllt sein. Hochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen können sich sogar bis zu 100 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben bezuschussen lassen. Es muss jedoch ein zweistufiges Förderungsverfahren durchlaufen werden, das mit einer Projektskizze startet.

Die Zukunft der Windenergie

Dass bis 2030 bereits 80 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energien gewonnen werden soll, wurde erst kürzlich mit dem Osterpaket festgesetzt. Mit 56 Gesetzesänderungen werden Energiesofortmaßnahmen ergriffen, um dieses Ziel zu erreichen. Der Einsatz von Windenergieanlagen ist für dieses Ziel essenziell. Auch mit dem Repowering – dem Ersetzen alter, kleiner Anlagen durch moderne Windenergieanlagen – soll die Stromversorgung Deutschlands durch Windkraft zukunftssicher werden.

Zukunft Onshore

Mit dem Aufschwung, den Offshore-Anlagen zurzeit aufweisen, können Onshore-Anlagen nicht mithalten. Seit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) hat der Ausbau seinen tiefsten Punkt erreicht. Dies liegt nicht zuletzt an der mühsamen Standortsuche durch Platzmangel, aber auch der auslaufenden Förderung sowie Rechtstreitigkeiten. Mit einer flexibleren Abstandsregelung kann zumindest etwas Abhilfe geschaffen werden.

Zukunft Offshore

Offshore-Anlagen werden in Zukunft noch wichtiger werden. Mit den Änderungen des Windenergie-auf-See-Gesetzes wird der Ausbau dieser Anlagen bis 2040 auf 40 Gigawatt steigen.