

UmweltWissen – Klima & Energie

## Windenergie in Bayern



Windenergie soll in Zukunft einen Teil der bayerischen Stromversorgung abdecken.  
Doch wie funktionieren Windenergieanlagen? Und wie viele davon werden in Bayern gebaut?

Seit Jahrhunderten nutzen wir den Wind: Früher war er für das Wirtschaftsleben wichtig und trieb Windmühlen und Handelsschiffe an. Im 20. Jahrhundert nutzen wir ihn vor allem in der Freizeit, zum Beispiel zum Segeln, Surfen und Fliegen. Jetzt besinnen wir uns wieder darauf, die Kraft des Windes für unsere Lebensgrundlagen einzusetzen – bei der Stromerzeugung durch Windenergieanlagen. Dank der finanziellen Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz wird Windenergie seit zehn Jahren verstärkt genutzt.

### 1 Energiewende in Bayern – welchen Anteil hat die Windenergie?

Eine umweltverträgliche Energieversorgung für die Zukunft zu sichern, ist Kernaufgabe dieses Jahrhunderts. Bisher mussten dabei drei Herausforderungen berücksichtigt werden: knapper werdende fossile Energieträger, ein stetig steigender Energieverbrauch und das Ziel, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern, um das Klima zu schützen.

Nach dem Reaktorunglück im japanischen Fukushima im März 2011 wurde in Deutschland die Kernenergie politisch neu bewertet. Die Bundesregierung beschloss daraufhin den Ausstieg aus der Kernenergie. Damit kam eine vierte Herausforderung für die zukunftsgerechte Energieversorgung dazu: der vollständige Verzicht auf Kernenergie.

Bayern hat die Maßnahmen für den beschleunigten Umbau der bayerischen Energieversorgung im bayerischen Energiekonzept „Energie innovativ“ festgeschrieben.

## 1.1 Bayerisches Energiekonzept „Energie innovativ“

Die Kernziele des bayerischen Energiekonzeptes „Energie innovativ“ sind:

- Umstieg auf eine Energieversorgung, die überwiegend auf erneuerbaren Energien basiert.
- Die Energieversorgung muss sicher, bezahlbar und umweltfreundlich sein.
- Bis 2021 soll die Hälfte (2011 rund 28 Prozent) des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Den größten Zuwachs sollen Photovoltaik und Windenergie erzielen. 20 Prozent der Endenergie soll 2021 aus erneuerbaren Energien stammen.
- Eine Versorgungslücke in der Stromversorgung soll durch Strom auf Gasbasis und durch importierten Strom aus erneuerbaren Energien vermieden werden. Es soll kein Kernkraft- und Kohlestrom importiert werden. Hintergrund: Wenn das Ausbauziel erreicht ist und 50 Prozent des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt wird, verbleibt bei gleichbleibender Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen ohne Kernenergie eine Versorgungslücke von 30 Prozent. Wegen zunehmenden stromintensiven Technologien, zum Beispiel in den Bereichen Elektromobilität sowie Informations- und Kommunikationstechnologien, muss trotz erheblicher Effizienzverbesserungen von einem in der Summe gleichbleibenden Stromverbrauch ausgegangen werden.
- Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf sollen in Bayern bis 2020 deutlich unter sechs Tonnen jährlich gesenkt werden (2010: 6,4 Tonnen pro Einwohner und Jahr). Das ist ein ehrgeiziges Ziel, denn um die Versorgungssicherheit zu erhalten, muss verstärkt Erdgas als Energieträger genutzt werden, was unvermeidlich mit höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden ist. Diese müssen durch Emissionsminderungen in anderen Bereichen kompensiert werden, zum Beispiel durch eine beschleunigte energetische Gebäudesanierung.

## 1.2 Windenergie in Bayern

### 1.2.1 Warum wird Windenergie in Bayern jetzt verstärkt ausgebaut?

Aufgrund seiner Lage im Binnenland und seinem starken Relief ist Bayern ein eher windschwaches Gebiet. Doch auch hier gibt es Regionen mit höheren Windgeschwindigkeiten, beispielsweise in den Mittelgebirgen oder im westlichen Alpenvorland. Da die Windgeschwindigkeit mit der Höhe über dem Boden zunimmt, kann eine geringere Windgeschwindigkeit in gewissem Maße durch höhere Türme ausgeglichen werden. Deshalb können heute mit modernen, technisch weiter entwickelten und höheren Windenergieanlagen auch in zahlreichen Regionen Bayerns gute Stromerträge erwirtschaftet werden. Darüber hinaus ist Windkraft eine der kostengünstigsten Formen, regenerativen Strom zu erzeugen.

### 1.2.2 In welchem Umfang soll die Windenergie in Bayern ausgebaut werden?

In Bayern decken erneuerbare Energien heute rund 26 Prozent des Stromverbrauchs ab. Neben der Photovoltaik birgt die Windkraft das größte Ausbaupotenzial. Heimische Windenergie deckt bisher weniger als ein Prozent des bayerischen Stromverbrauchs ab, das entspricht etwa 0,8 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr. Im bayerischen Energiekonzept „Energie innovativ“ wurde festgeschrieben, dass heimische Windenergie bis zum Jahr 2021 sechs bis zehn Prozent des Stromverbrauchs Bayerns decken soll. Windkraft soll also um rund das Zehnfache ausgebaut werden, was etwa 1.000 bis 1.500 neuen Windenergieanlagen entspricht.

### 1.2.3 Welche Vorteile hat Windenergie?

Windenergie hat viele Vorteile: Wind ist eine erneuerbare Ressource und kann deshalb dauerhaft genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Windenergieanlagen sind zudem klimafreundlich, weil sie während des Betriebs kein Kohlendioxid ausstoßen. Große Windenergieanlagen amortisieren sich rasch energetisch: Sie stellen schon nach drei bis sechs Monaten mehr Energie zur Verfügung, als für Herstellung, Transport und Aufbau gebraucht wurde. Darüber hinaus haben Windenergieanlagen im Vergleich zu Photovoltaikanlagen und Biomasse den größten Stromertrag je beanspruchter Fläche.

### 1.2.4 Wie wird Windenergie in Bayern genutzt?

Bedingt durch die geografischen Gegebenheiten und die Besiedlungsstruktur Bayerns wird Windenergie überwiegend in Form von Einzelanlagen und kleineren Windparks genutzt werden. Von einem Windpark spricht man, wenn drei oder mehr Windenergieanlagen räumlich miteinander verbunden sind. Das heißt, die Windräder stehen auf einer eng begrenzten Fläche, werden als eine Einheit erschlossen und speisen den Strom über eine gemeinsame Netzanbindung ein.

Die bislang in Bayern gebauten Windenergieanlagen haben im Durchschnitt eine Leistung von etwa einhalb Megawatt. Windenergieanlagen, die heute gebaut werden, haben höhere Türme sowie größere Rotordurchmesser und liefern höhere Stromerträge zu geringeren Kosten. Deshalb werden verstärkt Anlagen mit einer Leistung von derzeit zweieinhalb bis drei Megawatt gebaut. Auch bestehende Anlagen werden durch modernere, leistungsstärkere Anlagen ersetzt (Repowering).



Abb. 1:  
Im Vergleich zu einzelnen Windenergieanlagen liefern Windparks höhere Stromerträge zu geringeren Betriebskosten.

## 2 Windenergietechnik

Anfang der 1980er Jahre begann in Deutschland die Erprobung der Windenergietechnik mit dem Bau des „GROWIAN“ (Große Windenergieanlage) in Schleswig-Holstein. Der Prototyp war damals mit drei Megawatt elektrischer Nennleistung die größte Windenergieanlage der Welt. Sie musste jedoch schon nach wenigen Jahren mit nur rund 400 Betriebsstunden wegen technischer Mängel außer Betrieb genommen werden. Trotzdem war sie Ausgangspunkt für die moderne Windkraftnutzung in Deutschland.

### 2.1 Windenergie – Zahlen und Fakten

Der Trend geht zu immer leistungsstärkeren Anlagen mit höheren Türmen und größeren Rotordurchmessern. Diese Großwindanlagen erzielen sogar in windschwachen Regionen gute Stromernten.

Aber auch kleine Anlagen sind nicht zu vernachlässigen. Die sogenannten Kleinwindanlagen haben eine relativ geringe elektrische Leistung und eine Windangriffsfläche von maximal 200 Quadratmeter (DIN EN 61400-2). Tabelle 1 gibt die technischen Unterschiede zwischen Klein- und Großwindanlagen wieder.

Tab. 1: Vergleich Klein- und Großwindanlagen

	Kleinwindanlagen	Großwindanlagen
Leistung (kW)	bis ca. 70	bis 3.300
Durchschnittliche Leistung (kW)	10 bis 35	2.000 bis 3.000
Rotordurchmesser (m) vom Rotor überstrichene Fläche (m <sup>2</sup> )	bis 16 bis 200	bis 130 bis 13.000
Gesamthöhe (m)	bis 10 (genehmigungsfrei) bis 50 (baugenehmigungspflichtig)	> 50 bis 200 (immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig)

Kleinwindanlagen können zum Beispiel in Ländern und Regionen eingesetzt werden, deren Stromnetze schlecht ausgebaut sind. Dort können Kleinwindanlagen allein oder zusammen mit anderen erneuerbaren Energieträgern einen Teil der Stromversorgung übernehmen.



Abb. 2:  
Wer richtig plant und seine Nachbarn in die Planung mit einbezieht, kann an günstigen Standorten mit einer Kleinwindanlage Windstrom von der eigenen Wiese ernten.

Welcher Anlagentyp geeignet ist, hängt vor allem von der sogenannten Rauigkeit der Erdoberfläche ab, denn die beeinflusst die Windgeschwindigkeit in Bodennähe: Im Binnenland bremsen Hügel, Berge, Gebäude und Wälder den Wind. Werden also Windenergieanlagen mit großer Nabenhöhe eingesetzt, kann die geringere Windgeschwindigkeit teilweise ausgeglichen werden. So sind im Binnenland Windstromerträge vergleichbar denen eines Küstenstandortes möglich. Denn als Faustregel gilt: pro Meter zusätzlicher Nabenhöhe kann mit einer Ertragssteigerung von bis zu einem Prozent gerechnet werden. Zusätzlich führt eine Verdopplung des Rotordurchmessers zu einer Vervierfachung des Windstromertrags. Tabelle 2 gibt die technische Weiterentwicklung und die Ertragssteigerung von Windenergieanlagen wieder.

Tab. 2: Technischer Fortschritt von Windenergieanlagen

	Durchschnittliche Anlage*	Moderne Anlage*	Leistungsstärkste Anlage**
Leistung (MW)	1,7	3	7,5
Stromproduktion (kWh/Jahr)	2,7 Mio.	6 Mio.	26 Mio.
Anzahl versorgte Haushalte***	760	1.700	7.300

\* in Bayern: Volllaststunden derzeit bei 1.600 h/a, bei modernen Anlagen 2.000 h/a

\*\* Offshore-Anlagen: Volllaststunden ca. 3.000 – 4.000 h/a

\*\*\* ausgehend von einem Jahresstromverbrauch von 3.600 kWh pro Haushalt

## 2.2 Wie funktioniert eine Windenergieanlage?

Schon von weitem sichtbar sind der Turm, die Maschinengondel, die Nabe und die Rotorblätter einer Windenergieanlage. Der Rotor, das ist die Nabe mit den daran befestigten Rotorblättern, wird bei modernen Anlagen durch das Auftriebsprinzip in Bewegung versetzt. Das heißt, ähnlich wie bei einem Flugzeug erzeugt der Wind einen Auftrieb, wenn er an den Rotorblättern vorbeiströmt. Damit setzt er den Rotor in Gang. Diese Bewegungsenergie des Rotors wird, mit oder ohne Getriebe, an den Generator übertragen, der die Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt. Getriebe, Generator, Netzanschlusstechnik sowie Regel-, Steuerungs- und Überwachungstechnik sind in der Maschinengondel untergebracht. Die Maschinengondel ist drehbar auf dem Turm gelagert, sodass der Rotor in den Wind gedreht werden kann und die Windenergie optimal ausgenutzt wird. Für Wartungs- und Reparaturarbeiten kann die Gondel über eine Leiter oder einen Aufzug im Turm erreicht werden.

### 2.3 Wie kommt der Strom aus Windenergieanlagen in die Steckdose?

Der vom Rotor angetriebene Generator erzeugt Wechselstrom. Dieser kann jedoch in der Frequenz stark schwanken. Deshalb wird der Wechselstrom zunächst in Gleichstrom umgewandelt, um dann wieder in Wechselstrom zurückgewandelt zu werden, der an die Stromnetzfrequenz angepasst ist.

Dieser angepasste Wechselstrom wird in einem Umspannwerk in das Verteilnetz eingespeist und zu den Verbrauchern transportiert. Dafür wird er auf die Spannung transformiert, die im jeweiligen Verteilnetz üblich ist (siehe Kasten).

In der Nähe der Verbraucher in Haushalten oder Fabriken, wird der Strom wieder auf die benötigte Spannung herunter transformiert. In die Steckdosen gelangt er mit einer Spannung von 230 Volt.

#### Vier Ebenen des Stromnetzes

**Niederspannungsnetz** (230 oder 400 Volt): Das Niederspannungsnetz dient der Feinverteilung des Stroms. Damit werden private Haushalte, kleine Industriebetriebe, Gewerbebetriebe und Verwaltungen versorgt.

**Mittelspannungsnetz** (6 bis 60 Kilovolt): Das Mittelspannungsnetz ist ein feinmaschiges Netz. Zum einen nimmt es Strom kleiner Erzeuger wie Stadtwerke auf, zum anderen verteilt es Strom an Großabnehmer.

**Hochspannungsnetz** (60 bis 220 Kilovolt): Hochspannungsleitungen sind die großen Zubringer, die den Strom näher an Städte und Industriegebiete heranbringen.

**Höchstspannungsnetz** (220 oder 380 Kilovolt): Höchstspannungsleitungen sind die sogenannten Stromautobahnen, die den Strom über weite Strecken transportieren.

## 3 Umwelt und Gesundheit

Bei der Windkraftnutzung können – wie bei jeder anderen Energienutzung auch – spezifische unerwünschte Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit auftreten. Welche sind das? Wie können diese Auswirkungen möglichst gering gehalten werden?

### 3.1 Schall

#### 3.1.1 Wie laut sind Windenergieanlagen?

Geräusche entstehen vor allem durch die Luftströmung an den Rotorblättern. Mechanische Komponenten wie Getriebe, Generator, Lüfter und Hilfsantriebe spielen eine geringere Rolle. Die Lautstärke hängt also von der Windgeschwindigkeit und von der Konstruktion der Anlage ab: Etwa 103 Dezibel (A) sind es im Schnitt bei den heute üblichen Windenergieanlagen (Nennleistung zwei bis drei Megawatt), wobei leistungstärkere Anlagen im Allgemeinen mehr Geräusche verursachen (Emissionen).

Welche Lautstärke eine Windenergieanlage an einem bestimmten Ort in der Umgebung verursacht (Immission), hängt stark von der Entfernung ab (siehe Tabelle 3). Die Windrichtung, die Topographie und die Vegetation können diese Werte weiter erhöhen oder senken.

Tab. 3: Abstand zu Windenergieanlagen, bei dem die Richtwerte der TA Lärm erreicht werden (vgl. Abschnitt 3.1.2)

	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)
Einzelanlage	280 m	410 m	620 m
Kleinerer Windpark (sieben Windräder mit drei dominierenden Anlagen)	440 m	740 m	1.100 m
Größerer Windpark (21 Windräder mit fünf dominierenden Anlagen)	500 m	830 m	1.300 m
Geräusche zum Vergleich	üblicher häuslicher Hintergrundschall z. B. Kühlschrank		Flüstern

### 3.1.2 Welche gesetzlichen Regelungen gelten hier?

Der Betrieb von Windenergieanlagen muss die Anforderungen des Lärmschutzes erfüllen. Lärmimmissionen – also Geräusche an einem bestimmten Ort in der Umgebung wie zum Beispiel in einem nahegelegenen Wohngebiet – sind dabei anhand der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) mit begleitendem Regelwerk zu beurteilen.

Im Allgemeinen liegen keine sogenannten „schädlichen Umwelteinwirkungen“ für die schutzwürdige Nachbarschaft vor, wenn die Beurteilungspegel der Lärmimmissionen die Immissionsrichtwerte der TA Lärm nicht überschreiten. Diese unterscheiden sich für Gewerbegebiete, Mischgebiete, allgemeine Wohngebiete und reine Wohngebiete, die in der Baunutzungsverordnung (BauNVO) definiert sind (siehe Tabelle 4). Die Immissionsrichtwerte gelten für die Summe der Geräusche aller Anlagen, die zum Beispiel in einem nahegelegenen Wohngebiet einwirken (Immissionsort). Bei Windparks müssen demnach zumindest alle Windenergieanlagen bei der Beurteilung miteinbezogen werden.

Tab. 4: Richtwerte der TA Lärm

Gebietsnutzung	Immissionsrichtwert tags in [dB(A)]	Immissionsrichtwert nachts in [dB(A)]
Gewerbegebiet	65	50
Mischgebiet	60	45
allgemeines Wohngebiet	55	40
reines Wohngebiet	50	35

### 3.1.3 Wie wirkt der Hörschall auf die menschliche Gesundheit?

Die Wirkungen des Lärms sind vor allem von der Höhe der Schallpegel abhängig. So verursacht sehr hohe Lärmbelastung am Arbeitsplatz langfristig Lärmschwerhörigkeit. Viel geringer ist dagegen der Lärm im Umweltbereich, zum Beispiel Lärm durch Straßen-, Schienen- oder Flugverkehr. Umweltlärm wirkt daher eher belästigend, kann den Schlaf stören und auf das Herz-Kreislauf-System wirken. Außerdem kann Umweltlärm die Kommunikation und kognitive Prozesse stören (WHO 2011).

Zum Vergleich: Die Kartierungen des Umgebungslärms zeigen, dass in Ballungsräumen durch Straßenverkehr nachts zum Teil mehr als 50 Dezibel (A) verursacht werden – allein in München sind etwa 163.900 Menschen davon betroffen, bei 3.400 davon liegt der Lärmpegel nachts bei 65 bis 70 Dezibel (A, Mittelwerte). Solche Schallimmissionen werden von Windenergieanlagen bei weitem nicht erreicht.

Aufgrund der niedrigen Schallpegel sind also schwere gesundheitliche Wirkungen durch Schallimmissionen von Windenergieanlagen nicht zu erwarten. Belästigung und Schlafstörungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden.

### Lärmbelästigung

Unter Lärmbelästigung wird die subjektiv eingeschätzte Störung durch Lärm verstanden. Studien zum Umweltlärm zeigen, dass sich umso mehr Menschen belästigt fühlen, je lauter es ist. Aber nicht nur die Höhe des Schallpegels spielt dabei eine Rolle. Wichtig ist zum Beispiel auch die Art der Lärmquelle: So wirkt Flugverkehr häufiger belästigend als Straßenverkehr, der wiederum häufiger belästigend wirkt als Schienenverkehr – und dies bei gleichen Schallpegeln. Auch die persönliche Einstellung gegenüber der Lärmquelle, Erwartungen über die künftige Lärmbelastung und die individuelle Lärmempfindlichkeit beeinflussen die individuelle Belästigung durch den Lärm.

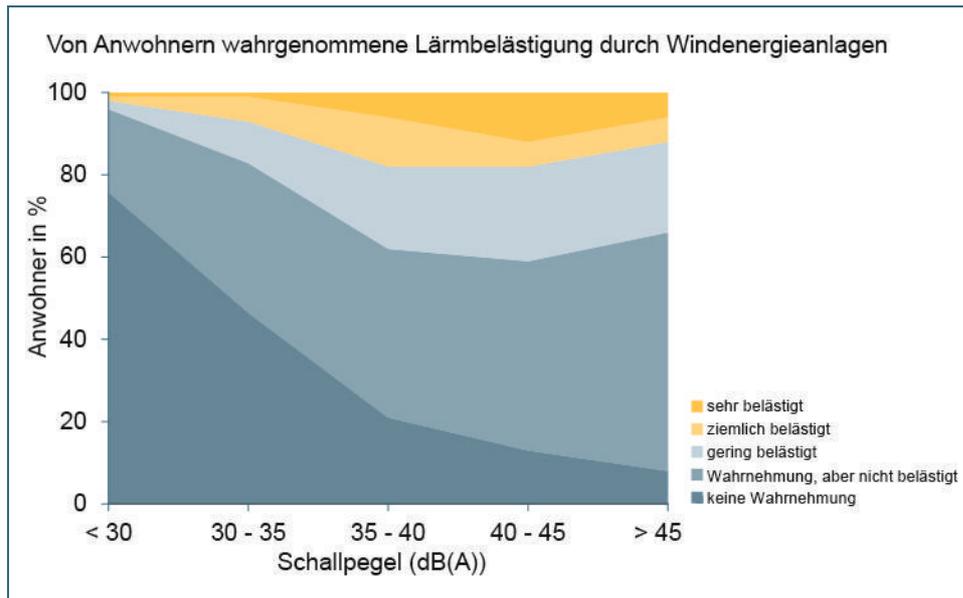


Abb. 3:  
Die Lärmbelastigung durch Windenergieanlagen wird ebenso wie bei anderen Schallquellen individuell sehr unterschiedlich empfunden: Bei Schallpegeln, die von vielen Anwohnern nicht einmal wahrgenommen werden, fühlen sich andere bereits belästigt. (Befragung unter 708 Anwohnern von Windenergieanlagen, PEDERSEN et al. 2009)

Bei Windenergieanlagen fühlen sich außerdem Nachbarn, die von zu Hause aus die Anlage sehen können, stärker durch den Lärm gestört – die visuelle Belästigung vermischt sich also anscheinend mit der Belästigung durch den Lärm. Umgekehrt fühlen sich Anwohner weniger gestört, wenn sie ökonomisch von der Anlage profitieren, zum Beispiel an einer Bürgerwindanlage beteiligt sind. Erste Studien zu Windenergieanlagen deuten zudem darauf hin, dass sich Menschen durch die Geräusche von Windenergieanlagen eher belästigt fühlen als durch Verkehrslärm.

Als Ursache für diese vergleichsweise erhöhte Belästigung diskutieren Fachleute verschiedene Aspekte:

- Durch die Bewegung der Rotorblätter entsteht ein periodisch auf- und abschwelliges Geräusch, das leichter wahrgenommen wird als ein gleichbleibendes Geräusch.
- Windenergieanlagen stehen häufig in ländlichen Gegenden mit wenigen Hintergrundgeräuschen. Dadurch werden auch vergleichsweise leise Geräusche leichter wahrgenommen.
- Die visuelle Belästigung, wenn eine Windenergieanlage als das Landschaftsbild störend empfunden wird, ist schwer von der Belästigung durch Geräusche zu trennen.
- Methodische Fragen: Studien zur Lärmbelästigung durch Verkehr wurden in der Regel in städtischer Umgebung durchgeführt. Über das Ausmaß der Belästigung durch Verkehrslärm in ländlichen Gegenden liegen wenige Daten vor. Darüber hinaus bestehen auch Unterschiede in der Erfassung der Belästigung durch Verkehrslärm und durch Geräusche von Windenergieanlagen.

### Schlafstörungen

Grundsätzlich kann Lärm zu Schlafstörungen führen. Daher hat die Weltgesundheitsorganisation einen Richtwert von 40 Dezibel (A) abgeleitet (WHO 2009). Ziel ist, die Allgemeinbevölkerung einschließlich der empfindlichsten Gruppen wie Kinder, chronisch Kranke und Ältere vor den schädlichen Wirkungen des Nachtlärms zu schützen. In nächster Nähe zu Windenergieanlagen oder Windparks ist nicht sichergestellt, dass dieser unverbindliche Richtwert eingehalten wird. Verbindlich sind die Vorgaben der TA Lärm, die die Schutzwürdigkeit des Gebietstyps berücksichtigen: Je nach Gebietsnutzung können in der Nacht die Immissionswerte 35 bis 45 Dezibel (A) und in Gewerbegebieten 50 Dezibel (A) betragen.

Nicht alle Geräusche haben dieselbe Wirkung auf den Schlaf. Neben dem Schallpegel ist auch die Art des Geräusches von Bedeutung. Über die spezielle Wirkung der Geräusche von Windenergieanlagen auf den Schlaf liegen derzeit keine aussagekräftigen Studien vor.

### 3.2 Infraschall

Häufig wird befürchtet, dass Windenergieanlagen Infraschall erzeugen, der Menschen beeinträchtigt oder ihre Gesundheit gefährdet. Doch was ist Infraschall? Wie entsteht er? Gefährdet er die Gesundheit wirklich? Es gibt schließlich auch Infraschall aus natürlichen Quellen, wie Donner oder Meeresbrandung.

Infraschall nennt man Töne, die so tief sind, dass Menschen sie normalerweise nicht wahrnehmen. Nur wenn der Pegel (also quasi die Lautstärke) sehr hoch ist, können wir Infraschall hören oder spüren.

Wissenschaftliche Studien zeigen, dass Infraschall nur dann gesundheitliche Folgen haben kann, wenn Menschen ihn hören oder spüren können. Da die von Windenergieanlagen erzeugten Infraschallpegel in üblichen Abständen zur Wohnbebauung deutlich unterhalb der Hör- und Wahrnehmungsgrenzen liegen, haben nach heutigem Stand der Wissenschaft Windenergieanlagen keine schädlichen Auswirkungen für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen.

Weitere Informationen:

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: ► [Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?](#)

### 3.3 Schattenwurf

Die periodische Bewegung der Rotoren von Windenergieanlagen führt – bei ausreichender Sonnenlichtintensität – zu einem bewegten Schattenwurf, der mit dem Sonnenstand wandert. Dieser Schattenwurf kann zu einer erheblichen Belästigung für die Anwohner führen. Er ist als optische Immission zu bewerten und im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens zu berücksichtigen.

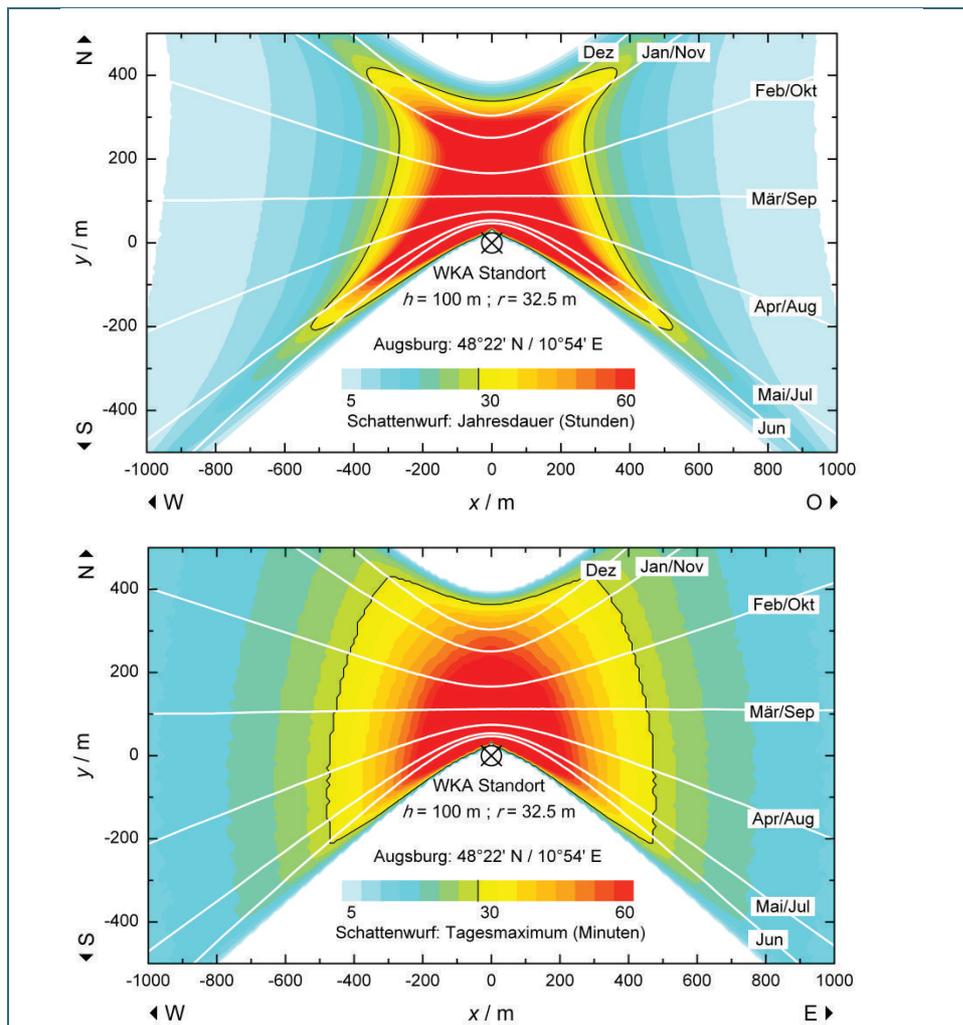


Abb. 4: Der Schattenwurf ist schwächer und seltener, wenn man weiter von einer Anlage entfernt ist. Diese Schattenwurfprognose wurde für einen beliebigen Standort in Augsburg berechnet (Annahmen: Nabenhöhe 100 Meter, Rotorradius 32,5 Meter). Die durchgezogenen weißen Monatslinien geben den Schattenverlauf der Nabe am 21. des jeweiligen Monats wider. Die schwarze Linie markiert die Zumutbarkeitsgrenze (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz).

oben: Beschattungszeiten im Jahr

unten: Beschattungszeiten am Tag

Der Schattenwurf im Tages- und Jahresverlauf kann berechnet werden. Dazu müssen die genaue Position (Breiten- und Längengrad, Höhe über Normal Null) und die Gesamthöhe der Windenergieanlage sowie die Geländeform in der Umgebung bekannt sein. Das Berechnungsergebnis stellt die Bereiche dar, in denen zeitweise mit Verschattung zu rechnen ist. Dabei wird angenommen, dass keine Bewölkung vorhanden ist, dass also die Sonne tagsüber immer scheint, und dass sich der Rotor immer dreht. In der Praxis sind die Schattenwurf-Zeiten aufgrund meteorologischer Bedingungen kürzer.

Beschattungszeiten von maximal 30 Stunden pro Kalenderjahr und maximal 30 Minuten pro Tag in einer Höhe von zwei Metern gelten als nicht erheblich belästigend. Zeigt die Prognose, dass der Schatten länger zum Beispiel auf ein Wohnhaus oder eine Terrasse oder auf einen anderen Immissionsort fallen kann, kommt eine Abschaltautomatik zum Einsatz: Eine elektronische Regelung berechnet laufend, ob theoretisch Schatten auf die umliegenden Gebäude fallen kann. Falls die maximalen Beschattungszeiten technisch überschritten sind, wird die Anlage angehalten. Einige Schattenwurfmodule berücksichtigen zusätzlich meteorologische Parameter, wie die Bewölkung. In diesem Fall wird für die Abschaltung der Rotoren die tatsächliche Beschattungsdauer auf 30 Minuten pro Tag und acht Stunden pro Kalenderjahr begrenzt.

Weitere Informationen:

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG: ► [Energie-Atlas Bayern: Schattenwurfsimulation](#)

### 3.4 Disco-Effekt

Der Disco-Effekt wird manchmal fälschlicherweise mit dem Schattenwurf in Verbindung gebracht oder verwechselt. Beim Disco-Effekt handelt es sich jedoch um periodische Lichtreflexionen, die an dem sich drehenden Rotor einer Windenergieanlage auftreten können. Der Effekt kann vorkommen, wenn direktes Sonnenlicht auf eine spiegelnde und rotierende Oberfläche – hier der Rotor der Windenergieanlage – trifft und zum Beispiel auf ein Wohnhaus abgelenkt wird. Die von den Bewohnern wahrnehmbaren Blitze können als störend empfunden werden.

Dieser Effekt wird meist nur kurzzeitig an einem einzelnen Ort und dann nur unter bestimmten meteorologischen Bedingungen beobachtet. Er ist abhängig vom Sonnenstand, von der Sonnenscheinintensität sowie von der Windrichtung und damit von der Rotorausrichtung.

Der Disco-Effekt tritt vor allem bei älteren Anlagen auf, deren Rotorblätter mit glänzenden Lackierungen behandelt wurden. Heute werden die Rotorblätter moderner Windenergieanlagen mit matten und wenig spiegelnden Oberflächen beschichtet. Diese Maßnahme verhindert belästigende Lichtreflexionen, so dass der Disco-Effekt minimiert wird und bei der Immissionsbewertung keine Rolle spielt.

### 3.5 Eiswurf

Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt oder bei Schneefall können sich an den Rotorblättern Reif- und Eisschichten bilden, die den Wirkungsgrad verringern und zu Unwucht führen. Überdies kann herabfallendes Eis eine Gefahr darstellen. Auch in Bayern ist die Gefahr der Eisbildung grundsätzlich gegeben (TAMMELIN et. al. 1998, S. 2). Deshalb müssen Windenergieanlagen generell so errichtet und betrieben werden, dass es nicht zu einer Gefährdung durch Eiswurf kommt.

Daher sollte an Standorten, an denen mit hoher Wahrscheinlichkeit an mehreren Tagen im Jahr mit Vereisung gerechnet werden muss, ein Mindestabstand eingehalten werden (anderthalb mal die Nabenhöhe plus Rotordurchmesser, FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE 1998, S. 23). Darüber hinaus sollen betriebliche oder technische Vorkehrungen getroffen werden, insbesondere wenn keine ausreichenden Sicherheitsabstände eingehalten werden können.

So registrieren bei modernen Anlagen Eiserkennungssysteme die geringere Leistung vereister Rotoren. Auch sogenannte Eissensoren werden eingesetzt: Sie erfassen die Umweltbedingungen, die für eine potentielle Eisbildung nötig sind. Sobald sich Eis bildet, wird die Anlage abgeschaltet. Dies ist nicht nur wegen der Eiswurfgefahr geboten, sondern auch wegen Unwuchten, die die Lebensdauer der Anlage verringern.

Ist die Anlage mit einem Enteisungssystem ausgestattet, kann sie weiter betrieben werden: Dabei werden die Rotorblätter beispielsweise mit warmer Luft durchströmt (zum Beispiel elektrisches Heizelement, Abwärme aus der Gondel). Reif und Eiskristalle tauen und fallen als kleine Tropfen zu Boden. Trotz des Energieaufwandes für das Enteisungssystem wird mehr Energie erzeugt, da die Windenergieanlage in diesem Fall nicht abgeschaltet werden muss.

### 3.6 Vogel- und Fledermausschlag

Viele Vögel und Fledermäuse verunglücken an Windenergieanlagen. Hochrechnungen gehen davon aus, dass pro Anlage und Jahr im Durchschnitt 20 Fledermäuse verunglücken. Nicht alle Arten sind gleichermaßen betroffen: Unter den Vögeln sind es vor allem Mäusebussarde, Rotmilane, Adler und andere Großvögel, unter den Fledermäusen diejenigen Arten, die regelmäßig in größeren Höhen nach Nahrung suchen (zum Beispiel Abendsegler und Rauhauffledermäuse) oder die auf der Suche nach Quartieren neugierig die Masten begutachten (zum Beispiel Zwergfledermäuse).

Die Kollisionsgefährdung dieser Arten ist aus menschlicher Sicht erstaunlich, da sie doch über sehr gute Sinne verfügen. Greifvögel kollidieren vor allem während der Nahrungssuche mit den Rotoren, wenn sie den Blick nach unten richten und Hindernisse vor ihnen im toten Winkel ihres Sehfeldes liegen. Fledermäuse haben ein physikalisches Problem, das ihr Echoortungssystem, das nur im Nahbereich wirkt, überfordert: Die Rotorblätter der Windenergieanlagen drehen sich auch bei geringen Windgeschwindigkeiten sehr schnell. Ihre äußeren Bereiche erreichen leicht Geschwindigkeiten von 150 Kilometer pro Stunde und mehr. Deshalb können Fledermäuse Kollisionen oft nicht verhindern. Zudem geraten sie häufiger als Vögel in den Nahbereich der Rotorblätter, wo Luftverwirbelungen sehr großen Luftdruckunterschieden erzeugen. Die Lunge der Fledermäuse nimmt dadurch oft Schaden und man findet regelmäßig tote Tiere unter den Anlagen, die äußerlich unverletzt sind.



Abb. 5:  
In den letzten zehn Jahren wurden in Deutschland über 1.900 tote Fledermäuse unter Windenergieanlagen gefunden. In Bayern wurden nur 45 tote Tiere gefunden, weil hier bisher kaum systematisch untersucht wurde.  
(Quelle: LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BRANDENBURG, Foto: Wolfgang Völkl)

Um die Tiere vor Kollisionen mit Windenergieanlagen zu schützen, konzentrieren sich die Gegenmaßnahmen auf die Auswahl geeigneter Anlagenstandorte ohne Kollisionsgefährdung oder auf die Abschaltung der Anlagen zu den Zeiten, an denen die relevanten Vögel oder Fledermäuse konzentriert auftreten. Darüber hinaus sollte die Kollisionsgefahr durch eine umsichtige Standortauswahl verringert werden, die auf einer fundierten Analyse der vorkommenden Arten basiert.

### 3.7 Landschaftsbild

Windenergieanlagen können aufgrund ihrer Größe, ihrer technischen Gestalt und ihrer Bewegung auch das Landschaftsbild beeinträchtigen. Schon ihre Höhe macht sie sehr gut sichtbar: Moderne Anlagen sind bis zu 200 Meter hoch (Nabenhöhe bis 150 Meter, Rotordurchmesser bis etwa 130 Meter). Damit sind sie wesentlich höher als Bäume, Häuser oder Kirchtürme – zum Vergleich: Die Münchner Frauenkirche ist 98 Meter hoch, der höchste Kirchturm der Welt am Ulmer Münster ist etwa 162 Meter hoch. Die Sichtbarkeit von Windenergieanlagen wird noch dadurch erhöht, dass sie an windhöffigen Standorten stehen, also entweder auf Kuppen und Höhenrücken oder in ebenen Landschaften. Hinzu kommt, dass die Bewegung der Rotoren sowie die roten Blinklichter der Befeuerng die Blicke anziehen und geradezu als Blickfang wirken.

Windenergieanlagen bringen also neue Dimensionen in die Landschaft und sprengen vielfach die natürlichen Maßstäbe. Dies trifft vor allem für kleinteilige, naturnahe Kulturlandschaften zu. Außerdem kann die technische Gestalt der Masten die Landschaftsprägung entscheidend verändern: Insbesondere in bäuerlich geprägten Landschaften ohne größere „Störungen“ durch technische Strukturen wird die Eigenart der Landschaft maßgeblich verändert. Daher sind vor allem historisch gewachsene, kleinteilige Kulturlandschaften ohne sichtbare, große technische Infrastruktur grundsätzlich für Windenergienutzung weniger geeignet als großräumige, bereits städtisch-industriell geprägte Landschaften.

Inwieweit eine Landschaft durch Windenergieanlagen verunstaltet wird, hängt auch vom subjektiven Empfinden des Betrachters ab. Problematisch ist aber die Beeinträchtigung von bisher ungestörten Gebieten für die ruhige Erholung, die Verstellung von wichtigen Sichtachsen sowie die Störung von sensiblen landschaftsprägenden Strukturen wie markanten Hangkanten und Kulturdenkmälern mit hoher Fernwirkung wie Burgen, Schlössern, Wallfahrtskirchen und dergleichen – also die sogenannten Postkartenmotive.



Abb. 6: Energielandschaften von heute sind durch große technische Strukturen geprägt: Windenergieanlagen und Hochspannungsleitungen in einer weiträumigen Agrarlandschaft.



Abb. 7: Im Umfeld von Landmarken wie der Burg Harburg sollten keine Windenergieanlagen errichtet werden. Auch markante Hangkanten und wichtige Sichtachsen sollten freigehalten werden.

## 4 Planung – wie und wo können Windenergieanlagen gebaut werden?

Der Ausbau der erneuerbaren Energien benötigt Fläche – und Fläche ist knapp. Zudem weht der Wind nicht überall gleichmäßig und auch die Akzeptanz vor Ort kann unterschiedlich groß sein. Daher ist es essenziell, die Ansprüche aller Beteiligten in den verschiedenen Planungsverfahren sorgfältig gegeneinander abzuwägen.

### 4.1 Planungsebenen und Planungsinstrumente

Die **Landesplanung** entwickelt auf ministerieller Ebene landesweit gültige Leitziele im **Landesentwicklungsprogramm** (LEP), um eine bestmögliche und abgestimmte Entwicklung und Ordnung der Räume in Bayern sicherzustellen.

Diese Leitziele werden auf der Ebene der **Regionalplanung** mit ihren 18 Planungsregionen von den regionalen Planungsverbänden räumlich und inhaltlich konkretisiert. Mitglied sind alle Gemeinden, kreisfreien Städte und Landkreise einer Region. Im Sinne des sogenannten „Gegenstromprinzips“ können sich die Gemeinden also frühzeitig aktiv in den Planungsprozess einbringen.

Im **Regionalplan**, für den sämtliche Nutzungsansprüche an den Raum gegeneinander abgewogen werden, können zum Beispiel Vorrang- oder Vorbehaltsflächen für die Windkraftnutzung ausgewiesen werden. Sofern nicht anders festgelegt, sind diese meist wie folgt definiert: In Vorranggebieten ist die festgelegte Nutzung vorrangig zu erfüllen, und Vorhaben, die diesem Ziel entgegenlaufen, sind nicht zulässig. Bei Vorbehaltsgebieten ist der festgelegten Nutzung bei der Abwägung von konkurrierenden Nutzungsansprüchen an diese Fläche ein besonderes Gewicht einzuräumen. Oft werden Ausschlussgebiete definiert, in denen die Errichtung von Windenergieanlagen nicht zulässig ist. In den sogenannten weißen Flächen wird keine planerische Festlegung getroffen.

Die **kommunale Planungsebene** legt in der **Bauleitplanung** die konkrete Flächennutzung verbindlich fest und nimmt steuernd Einfluss – man spricht daher von der kommunalen Planungshoheit. Allerdings ist sie dabei an die Vorgaben der Landes- und Regionalplanung sowie des Umweltrechts gebunden. Ein wichtiges Instrument ist der **Flächennutzungsplan**, der für das gesamte Gemeindegebiet eine Übersicht zur geplanten Flächennutzung bietet. In ihm können Vorrang- und Vorbehaltsflächen für die Nutzung regenerativer Energien dargestellt werden. Solange und soweit keine regionalplanerische Steuerung erfolgt ist, bieten sich insbesondere Konzentrationsflächen als Steuerungsinstrument an. Dafür können auch sogenannte **Teilflächennutzungspläne** für einzelne Energieträger aufgestellt werden. Mit der Ausweisung von Konzentrationsflächen ist in aller Regel eine Ausschlusswirkung für die übrigen Bereiche verbunden, sofern der Windenergienutzung ausreichend Raum gegeben wurde. Einen Überblick über die Planungsebenen gibt Tabelle 5.

Tab. 5: Übersicht über die einzelnen Planungsebenen in Bayern und die zuständigen Akteure.

Planungsebene	Planungsbereich	Akteur	Planungsinstrument
Landesplanung	Bayern	Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat	Landesentwicklungsprogramm
Regionalplanung	18 Planungsregionen	Regionale Planungsverbände	Regionalplan
Bauleitplanung	Gemeinden	Kommunen	(Teil-)Flächennutzungsplan, Bebauungsplan

## 4.2 Gebietskulisse Windkraft – Umweltplanungshilfe für Kommunen

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat die sogenannte Gebietskulisse Windkraft erarbeitet und den Kommunen, regionalen Planungsverbänden und fachlich berührten Stellen an den Regierungen als Umweltplanungshilfe zur Verfügung gestellt. Dieses Kartenwerk weist ausreichend windhöffige Flächen aus, bei denen im Regelfall keine Belange des Immissionsschutzes und des Naturschutzes der Errichtung von Windenergieanlagen entgegenstehen. Dazu wurden mögliche Standorte bereits vorgeprüft, mit dem Ziel, die Genehmigungsverfahren zu verkürzen.

Weitere Informationen:

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG: ► [Energie-Atlas Bayern: Gebietskulisse Windkraft](#)

## 4.3 Bürgerbeteiligung in Planungsverfahren

Die Akzeptanz von Vorhaben steigt, wenn die Bürger möglichst früh einbezogen werden. Die Beteiligung ist an bestimmten Stellen im Planungsprozess sogar gesetzlich vorgeschrieben. Möglichkeiten sind:

- Informationsveranstaltungen der Kommunen,
- Abstimmungsgespräche mit Betreibern oder Investoren,
- Einsichtnahme in Pläne vor der Verabschiedung und
- Stellungnahmen im Rahmen der Beteiligungsverfahren oder von öffentlichen Sitzungen.

## 4.4 Genehmigungsverfahren

Windenergieanlagen können überall dort errichtet werden, wo sie laut Flächennutzungsplan oder Regionalplan möglich und rechtlich genehmigungsfähig sind. Auf unbepflanzten Flächen im Außenbereich, also außerhalb geschlossener Ortschaften, sind Windenergieanlagen privilegiert zu behandeln, wenn keine öffentlichen Belange entgegenstehen.

Der Genehmigungsantrag ist bei der zuständigen Behörde einzureichen, in der Regel bei der Kreisverwaltungsbehörde. In einem anlagenbezogenen Genehmigungsverfahren wird das Vorhaben nach sämtlichen relevanten Gesetzesgrundlagen geprüft, vor allem nach Bau-, Immissionsschutz- und Naturschutzrecht. Eine Genehmigung ist mit einer Rückbauverpflichtung verbunden, das heißt, dass die Windenergieanlage nach ihrer Betriebszeit (etwa 20 Jahre) abgebaut werden muss, ohne Fremdstoffe zu hinterlassen, und dass der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt werden muss

### Genehmigungsrechtliche Grundlagen: Was muss genehmigt werden und wer gibt Auskunft?

Die rechtlichen Grundlagen sind in verschiedenen Bundes- und Landesgesetzen festgelegt. Neben dem Immissionsschutzrecht gehören unter anderem die Vorschriften des Naturschutzrechts mit den Regelungen zum Schutz des Landschaftsbildes oder zum Schutz von Pflanzen- und Tierarten zum Genehmigungsverfahren.

- **Kleinwindkraftanlagen mit einer Höhe bis zu 10 Meter:**  
Auch ohne baurechtliche Genehmigungspflicht sollte bei Kleinwindkraftanlagen in jedem Fall frühzeitig Kontakt mit dem zuständigen Bauamt mit den Nachbarn aufgenommen werden.
- **Windenergieanlagen mit einer Gesamthöhe bis zu 50 Meter:**  
Für die baurechtliche Genehmigung müssen die Antragsunterlagen bei der jeweiligen Standortgemeinde eingereicht werden. Die Gemeinde ist oft auch Genehmigungsbehörde, zum Beispiel in kreisfreien Gemeinden, großen Kreisstädten und einigen kreisangehörigen Gemeinden, denen durch Rechtsverordnung die Aufgaben der unteren Bauaufsichtsbehörde übertragen wurden. Andernfalls leitet die Gemeinde die Unterlagen an das zuständige Landratsamt.
- **Windenergieanlagen, die höher als 50 Meter sind:**  
Für die immissionsschutzrechtliche Genehmigung ist die Kreisverwaltungsbehörde zuständig, also das Landratsamt oder die kreisfreie Gemeinde. Dort muss auch der Antrag auf Genehmigung eingereicht werden.

### Hinweis zum Ausbau der Windenergie in Bayern

Der sogenannte Windenergieerlass (2011) enthält Hinweise zur Planung und Genehmigung, die vor allem Genehmigungsbehörden betreffen, aber auch für Bürger und Antragsteller interessant sind.

#### 4.5 Standort und Wirtschaftlichkeit – weitere Planungsfaktoren

Bei der Planung einer Anlage sind noch weitere Faktoren zu berücksichtigen, unter anderem:

- **Lokale Windverhältnisse:** Die Windverhältnisse am geplanten Standort sollten durch ein standortbezogenes Windgutachten geprüft werden.
- **Infrastruktur:** Wege müssen für die Anlieferung der zum Teil großen Bauteile und die Errichtung der Windenergieanlage aus- oder neugebaut werden.
- **Bodenverhältnisse:** Ein standortbezogenes Bodengutachten ist für die Bereiche Standfestigkeit, Tiefe und Ausführung des Fundaments wichtig. Es klärt auch besondere Anforderungen an den Grundwasserschutz.
- **Netzanschluss:** Einzelanlagen werden meist an das Mittelspannungsnetz angeschlossen, Windparks an das Hochspannungsnetz. Dabei sucht man den nächstgelegenen Einspeisepunkt.
- **Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionen sollten dem zu erwartenden Ertrag gegenübergestellt werden.
- **Standortsicherung:** Für notwendige Flächen müssen Nutzungsvereinbarungen getroffen werden. Dies gilt auch zum Beispiel für Abstandsflächen, Zuwege und Kabeltrassen.

### 5 Wie können sich Bürger an Windenergieanlagen beteiligen?

Kaum ein Bürger wird sich eine eigene Windenergieanlage leisten können. Trotzdem gibt es Möglichkeiten, direkt zu profitieren und sich zu beteiligen.

Wer **Beteiligungen** sucht, kann bei Kommunen und Planern nachfragen, ob Windenergieanlagen in der Region geplant sind, an denen man sich beteiligen kann. Meistens werden Bürgerwindenergieanlagen und -windparks von Kommanditgesellschaften (KG), einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) oder einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft (GmbH & Co. KG) betrieben. Neben den Gesellschaften gewinnen eingetragene Genossenschaften (eG) immer mehr an Bedeutung. Gegenüber der GmbH & Co. KG spielen die Interessen der Mitglieder hier eine besonders große Rolle, die Gewinnorientierung steht nicht ganz so im Fokus. Eingetragene Genossenschaften gelten als besonders insolvenzsicher (AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2012, S. 49).

Interessierte können auf den Internetseiten von **Herstellern und Investoren** von Windenergieanlagen recherchieren, ob und wie man sich als Bürger an den von diesen Unternehmen geplanten oder finanzierten Windenergieanlagen beteiligen kann.

Verschiedene **Banken und Finanzdienstleister** investieren in ökologische Projekte, zum Beispiel in Windfonds. Diese fassen die Einlagen ihrer Anleger zusammen und investieren sie in ein konkretes Projekt.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verpflichtet die Netzbetreiber, Strom aus regenerativen Energiequellen – auch aus Wind – abzunehmen und zu festen Sätzen zu vergüten. Darüber hinaus sind die Bedingungen für das Repowering und die Netzintegration festgelegt. Auch bei der Windkraft können Investitionen steuerlich abgeschrieben werden, zudem werden zinsgünstige Darlehen angeboten.

Weitere Informationen:

BAYERISCHE ENERGIEAGENTUR: ► [EnergieGewinner! Bürger-Energie: Vorteile, Potenziale und Gewinne](#)

VERGÜTUNG UND NETZANBINDUNG VON WINDENERGIEANLAGEN: ► [Bayerischer Windatlas](#)

## 6 Akzeptanz von Windenergieanlagen

In repräsentativen Umfragen bewerten die Befragten den Ausbau erneuerbarer Energien als wichtig (AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2011): Über 60 Prozent stimmen Windenergieanlagen in der Nachbarschaft zu – wenn tatsächlich eine Windenergieanlage in der Nachbarschaft steht, sind diese Werte sogar noch höher. Dennoch sind nicht alle mit Windenergieprojekten vor der eigenen Haustür einverstanden. Es ist daher wichtig, alle Betroffenen frühzeitig und umfassend über alle Schritte auf dem Weg zur Realisierung der Windenergieanlage zu informieren und an wichtigen Entscheidungen zu beteiligen.

### 6.1 Einwände gegen Windenergieprojekte

Die Gründe für Skepsis sind vielfältig. Anwohner und Bürger befürchten

- Veränderungen des Landschaftsbilds,
- Wertverlust von Immobilien,
- störende Geräusche und Infraschall,
- Schlagschatten durch die Drehbewegungen der Rotoren,
- Umzingelung,
- periodische Lichtreflexe bei Sonneneinstrahlung (Disco-Effekt),
- Eiswurf,
- Störungen durch Hinderniskennzeichnung für die Luftfahrt (z. B. Nachtbefeuerung),
- Störungen der Fauna,
- Benachteiligung oder Ungerechtigkeiten.

### 6.2 Einbindung der Öffentlichkeit

Transparente Kommunikation ist das A und O, um die Öffentlichkeit einzubinden:

- **Planungsprozess:** Kommunen sollten Planungsprozesse früh und verständlich kommunizieren, auch wenn die Beteiligung der Bevölkerung zu diesem Zeitpunkt rechtlich noch nicht vorgeschrieben ist. Auch über die Bedeutung der Planung und die nächsten Schritte im Verfahren sollte informiert, Alternativen erläutert und zur Wahl gestellt werden. Wenn eine Kommune eine Anlage bauen möchte, sollte sie die Umsetzung offen und nachvollziehbar gestalten.
- **Fachwissen sammeln und kommunizieren:** Fachwissen muss so aufbereitet sein, dass auch später dazukommende Beteiligte sich schnell einarbeiten können. Die Kenntnis über neue Untersuchungen und Technologien entkräftet einige Argumente.
- **Erfahrungen ermöglichen:** Die Besichtigung von vorbildlichen Windenergieanlagen und der Austausch mit Kommunen, in denen bereits Projekte realisiert sind, hilft Vorurteile abzubauen und Fehler zu vermeiden. Wenn es Befürchtungen gibt, sollten sich alle Beteiligten informieren, wie Windenergieprojekte einvernehmlich umgesetzt werden können.
- **Projekt lokal verankern:** Wird ein Windenergieprojekt lokal verankert, indem zum Beispiel regionale Stromanbieter und Geldgeber eingebunden werden, kann das die Akzeptanz des Projekts erhöhen.
- **Win-win-Situationen anstreben:** Bei Interessen, die sich widersprechen, ist es wichtig, Kompromissbereitschaft zu zeigen und einen Ausgleich aller Interessen zu finden. Dazu ist es sinnvoll, gemeinsam nach Lösungen für Bedenken zu suchen (siehe 6.1). Neben technischen Lösungen kann dies auch die zeitliche Verschiebung eines Projekts bedeuten.
- **Mediator einschalten:** Wenn konstruktive Gespräche nicht mehr möglich sind, sollte so früh wie möglich ein externer Mediator eingeschaltet werden, der neutral vermittelt.

Weitere Informationen: BAYERISCHE STAATSREGIERUNG:

FACHWISSEN SAMMELN ► [Energie-Atlas Bayern](#)

ERFAHRUNG ERMÖGLICHEN ► [Energie-Atlas Bayern: Praxisbeispiele](#)

GESTALTUNG DER ENERGIEWENDE IN DER KOMMUNE ► [Energie-Atlas Bayern: Werkzeugkasten](#)

## 7 Interessantes zur Windenergie im Energie-Atlas Bayern

Der Energie-Atlas Bayern bietet viel Interessantes zum Thema Windenergie. Im **Textteil** sind umfangreiche Informationen zur Windenergie zusammengestellt:

- Arten der Nutzung, Potenziale, Hinweise zur Genehmigung, Finanzierung und Förderung
- Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Projektierung einer Windenergieanlage
- Ansprechpartner, Praxisbeispiele, Links und Downloads
- Animierte Schattenwurf-Simulation
- Informationen zur Akzeptanz

Der **Kartenteil** besteht aus digitalen Karten mit Daten zur Windenergie für jeden Ort in Bayern:

- Standorte von Klein- und Großwindenergieanlagen, statistische Auswertungen (bayernweit, Regierungsbezirke, Landkreise, Kommunen) zum Beispiel zur Anzahl der Anlagen, zur installierten Leistung oder zur Stromproduktion
- Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen, Vorrang- und Vorbehaltsgebiete, Schutzgebiete, Stromleitungen
- Ansprechpartner und Praxisbeispiele



Abb. 8: Der Textteil informiert über Windenergie. Ein Klick auf die Bayernkarte ruft den Kartenteil auf.



Abb. 9: Im Kartenteil sind Daten zur Windkraft für ganz Bayern abrufbar.

Die **Gebietskulisse Windkraft** ist über den Text- und über den Kartenteil zugänglich:

- **Im Textteil:** Wind oder Kommunen > Gebietskulisse Windkraft  
Über den Verknüpfungskasten „Gebietskulisse Windkraft“ am Ende der Seite gelangt man durch Eingabe eines beliebigen Ortes direkt in den Kartenteil zum ausgewählten Ort. Hier sind auch die Erläuterungen und Nutzungsbedingungen der Gebietskulisse Windkraft verlinkt.
- **Im Kartenteil:** Windenergie > Planungsgrundlagen > Gebietskulisse und Regionalplanung  
Im Auswahlfenster ein Häkchen vor „Gebietskulisse Windkraft“ setzen. Dann werden die Daten abgerufen. Über die Schaltfläche „Ortssuche“ navigiert man direkt zu einem beliebigen Ort in Bayern.

Zusätzlich zur Gebietskulisse Windkraft sollten bei Planungen weitere Themen berücksichtigt werden, zum Beispiel militärische Belange, seismologische Stationen, Wetterstationen, landschaftsprägende Denkmäler. Informationen dazu sind ebenfalls im Kartenteil hinterlegt.

Weitere Informationen:

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT ► [Energie-Atlas Bayern 2.0 – Routenplaner für Ihre Energiewende](#)

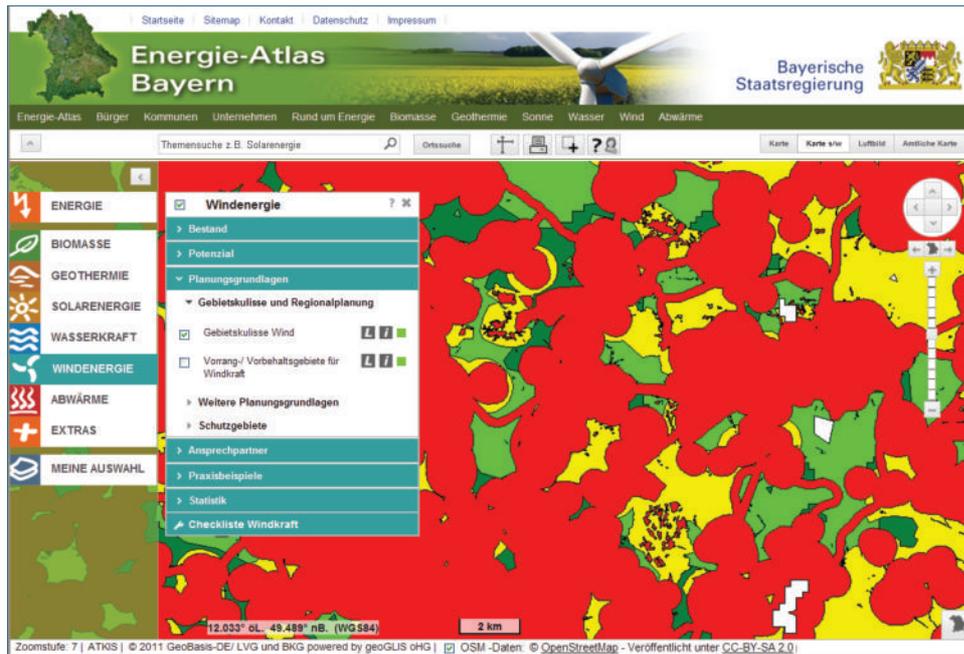


Abb. 10:  
Die Gebietskulisse Windkraft weist ausreichend windhöffige Flächen aus, die einer immissions- und naturschutzfachlichen Vorprüfung unterzogen wurden. Die Farben geben wie bei einer Ampel einen ersten Hinweis auf die mögliche Eignung eines Standortes.

## 8 Literatur und Links

CENTRALES AGRAR-ROHSTOFF- MARKETING- UND ENTWICKLUNGS-NETZWERK (2013): [Akzeptanz für erneuerbare Energien. Ein Leitfaden](#). PDF, 52 S.

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN:

(2011\*) ► [Bundesländergenaue Ergebnisse der Akzeptanzumfrage 2011 jetzt online](#)

(2013) [Bürgerbeteiligung. Die Energiewende gestalten](#). KOMM:MAG. Das Jahresmagazin zu erneuerbaren Energien in Kommunen 2012–2013, PDF, 39 S.

ARBEITSGEMEINSCHAFT BAYERISCHER SOLAR-INITIATIVEN (2013\*): ► [Windkraft in Bayern – gute Beispiele sind Gold wert!](#)

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT:

(2012): [Erläuterungen und Nutzungsbedingungen zur Gebietskulisse Windkraft](#). PDF, 12 S.

(2013): [Energiewende gemeinsam gestalten – wie der Funke überspringt](#). Tagungsband. PDF, 32 S.

(2013\*) ► [Förderfibel Umweltschutz, Schlagwort „Windenergie“](#)

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1998): [Landschaftsbild im Landschaftsplan](#). PDF, 8 S.

BAYERISCHE STAATSMINISTERIEN DES INNERN, FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST, DER FINANZEN, FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR VERKEHR UND TECHNOLOGIE, FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT SOWIE FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2011): [Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windkraftanlagen \(WKA\)](#). Windenergieerlass Bayern. PDF, 65 S.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNOLOGIE:

(2010) [Bayerischer Windatlas – Nutzung der Windenergie](#). PDF, 40 S.

(2012) [EnergieGewinner! Bürger-Energie: Vorteile, Potenziale und Gewinne](#). PDF, 41 S.

(2013\*) ► [Landesentwicklungsprogramm](#)

(2013\*) ► [Förderprogramme Energie](#)

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG:

(2011) [Bayerisches Energiekonzept Energie innovativ](#). PDF, 84 S.

(2013\*) ► [Energie-Atlas Bayern: Akzeptanz](#)

(2013\*) ► [Energie-Atlas Bayern – Kartenteil](#)

(2013\*) ► [Energie-Atlas Bayern: Windenergie – Energie, die zieht](#)

(2013\*) ► [Gebietskulisse Windkraft als Umweltplanungshilfe für Kommunen](#)

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ (2002): Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), 103. Sitzung des LAI am 06.– 08.05.2002

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (2013\*): ► [Stromnetze der Zukunft: Herausforderungen und Antworten](#)

BUNDESVERBAND KLEINWINDANLAGEN (2013\*): ► [Definition von Kleinwindanlagen](#)

BUNDESVERBAND WINDENERGIE (2013\*): ► [Planung](#)

ELLENBOGEN J. M., GRACE S., HEIGER-BERNAYS W. J., MANWELL J. F., MILLS D. A., SULLIVAN K. A., WEISSKOPF M. G. (2012\*): [Wind Turbine Health Impact Study](#). Report of Independent Expert Panel, prepared for the Massachusetts Department of Environmental Protection and the Massachusetts Department of Public Health. PDF, 164 S.

EUROBATS (2013\*): ► [Eurobats Publication Series](#)

FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE (1998): [Wind Energy Production in Cold Climate \(WECO\)](#), JOR3-CT95-0014. PDF, 38 S.

JANSSEN S. A., VOS H., EISSES A. R., PEDERSEN E. (2011): A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. Journal of the Acoustical Society of America 130 (6): S. 3746–3753

LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BRANDENBURG (2013\*): ► [Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse](#)

LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER (2009): [Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen](#). Tagungsband. PDF, 25 S.

MICHAEL-OTTO-INSTITUT IM NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND (2013\*): ► [Windkraft & Greifvögel](#)

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (2006): [Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg](#). PDF, 66 S.

SCHRIMPF E., NIEBAUER P., BECHER R. (2011): [Windkraft in Bayern. Rückenwind geben – Potenziale maßvoll ausbauen – Menschen mitnehmen](#). PDF, 10 S.

TAMMELIN B., SEIFERT H., DIAMANTARAS K., (1998): [BOREAS IV – international conference on wind energy utilisation in cold climates](#). Abschnitt 1: Icing in Europe. In: DEWI-Magazin 13. PDF, S. 67–70.

WINDCOMM SCHLESWIG-HOLSTEIN NETZWERKAGENTUR WINDENERGIE (2010): [Leitfaden Bürgerwindpark – MehrWertschöpfung für die Region](#). PDF, 41 S.

WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO (2009): [Night noise guidelines for Europe](#). PDF, 184 S.

WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO (2011): [Burden of disease from environmental noise](#). PDF, 126 S.

WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION (2013\*): ► [Planung und Projektierung von Windparks – ein Überblick](#).

\* Zitate von online-Angeboten vom 27.08.2013

## 9 Weiterführende Informationen

UmweltWissen-Publikationen:

- ▶ [Energie-Atlas Bayern 2.0 – Routenplaner für Ihre Energiewende](#)
- ▶ [Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe](#)
- ▶ [Oberflächennahe Geothermie](#)
- ▶ [Sonnenenergie](#)
- ▶ [Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?](#)

Ansprechpartner: ▶ [http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/0\\_ansprechpartner.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/0_ansprechpartner.pdf)

Weitere Publikationen zum Umweltschutz im Alltag: ▶ [www.lfu.bayern.de/umweltwissen](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen)

### Impressum:

#### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0  
Telefax: 0821 9071-5556  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

#### Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

#### Bearbeitung:

LfU, Ökoenergie-Institut Bayern: Dr. Stephan Leitschuh, Armin Nefzger, Michael Schneider, Dr. Katharina Stroh, Heike Wagner  
LfU, Ref. 26: Johann Fichtner  
LfU, Ref. 28: Dr. Thomas Kurz  
LfU, Ref. 52: Gerhard Gabel  
LfU, Ref. 55: Stefan Kluth, Bernd-Ulrich Rudolph  
LfU, Ref. 12: Carolin Himmelhan, Dr. Katharina Stroh  
LGL, Dr. Dorothee Twardella

#### Bildnachweis:

© Uschi Dreiuicker / [PIXELIO](#): Abb. 1, Holger Jürgensen: Abb. 2, © roland-rossner – Fotolia.com: Abb. 7, © Lutz Stallknecht / [PIXELIO](#): Abb. 6, Wolfgang Völkl: Abb. 5, LfU: Titelbild, Abb. 3, 4, 8, 9, 10

#### Stand:

Neufassung Juli 2012  
Überarbeitung September 2013

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.