

IMPULSE

AUSGABE 2 WIND

FRÜHLING | SOMMER 2021



IMPRESSUM

Herausgeber: Energieagentur Ebersberg-München gemeinnützige GmbH,
Eichthalstraße 10, 85560 Ebersberg
Bahnhofsweg 8, 82008 Unterhaching

Telefon: 08092 33 090 33 oder 089 277 80 89 00
E-Mail: info@ea-ebe-m.de

www.energieagentur-ebe-m.de

Redaktion: Benjamin Hahn, Lisa Huber, Bärbel Zankl

Beiträge in dieser Ausgabe: Maria Burghardt, Veronika Preißinger, Lea Steiner,
Prof. Dr. Sören Schöbel-Rutschmann (TU München)

Bilder: Landratsamt Ebersberg (4), Landratsamt München (4), wikipedia (24),
Energieagentur Ebersberg-München (35), Ingenieurbüro Sing (39), Hans Zäuner (44), co2-online (46),
Pixabay (47), adobeStock: Jens Ottoson (1), designeo (5), mw-luftbild.de (9), Kruwt (10), slavun (13),
Andy Ilmberger (14, 28), Michael Eichhammer (15), sara_winter (16), pegbes (18), danieldefotograaf (19),
balipadma (21), Chepko Danil (22), Tarnero (25), seligaa (27, 41), hykoe (30), Halfpoint (31), Manfred
Stöber (32), Fly and Dive (34), fokussiert (36), Nuttapon (42), rh2010 (56)

Eigene Darstellungen: Energieagentur Ebersberg-München (6)
Energieagentur Ebersberg-München (23) nach Daten StMWi
Energieagentur Ebersberg-München (23) nach Daten LfU und C.A.R.M.E.N. e.V.
Energieagentur Ebersberg-München (33) nach Fish and Wildlife Service
Energieagentur Ebersberg-München (34)

Gestaltungskonzept und Layout: alma grafica UG (www.almagrafica.de)

Für die freundliche Unterstützung bei der Veröffentlichung bedanken wir uns herzlich beim
Förderverein Energieagentur Ebersberg-München e.V.



Klimaneutral gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
K. Schmidle Druck & Medien GmbH, Ebersberg

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne die Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigungen, Übersetzungen und Mikroverfilmungen sowie die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Zitiervorschlag: ImpulsE – Magazin der Energieagentur Ebersberg





INHALT

- 4 //** Drei Fragen an die Landräte
 - 5 //** Vorwort
- 6 //** Windenergie in unserer Region
- 8 //** Die Geschichte der Klimaziele in unserer Region
 - 11 //** Bloß weg von der Kohle
 - 12 //** Immer mehr Strom
 - 14 //** Geothermie und Strom
 - 15 //** Wasserkraft und Strom
- 16 //** Die Entwicklung der Windmühlen
 - 18 //** Wie geht Strom?
- 22 //** Bayern – (k)ein Windland?
- 25 //** Windenergieanlagen – der lange Weg bis zum Bau
 - 28 //** Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz
 - 30 //** 10H-Regelung
 - 31 //** Mitmachen statt betroffen sein
 - 32 //** Vogelschlag
 - 34 //** Flächenverbrauch
 - 35 //** Vorschriften für das Licht
 - 36 //** Infraschall
 - 37 //** Havarien
 - 38 //** Landschaft
 - 41 //** Rückbau und Recycling
 - 42 //** Keine Angst vor der Dunkelflaute
- 44 //** Wie lebt es sich mit einem Windrad?
 - 46 //** Sehen – vergleichen – sparen
 - 47 //** Rethink statt Rebound
- 48 //** Energieberatung in den Landkreisen Ebersberg und München
 - 50 //** Angebote der Energieagentur
- 52 //** Weiterführende Links und Endnoten
- 54 //** Windenergie in unserer Region

DREI FRAGEN AN DIE LANDRÄTE

Als Landrat setze ich mich für erneuerbare Energien ein, weil ...



es der alternativlose Weg ist, unseren regionalen Beitrag für eine erfolgreiche Energiewende zu leisten. Der Klimawandel ist ein globales Phänomen. Das entlässt uns hier in unserer Region jedoch nicht aus der Verantwortung, auch etwas dagegen zu unternehmen. Das gelingt vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energien.

Wenn ich als Mensch die Prognosen zum Klimawandel lese, dann ... bin ich sehr besorgt um die Zukunft unseres Planeten, aber auch motiviert, unser Bestes zu geben, damit Klimaschutz

Als Landrat setze ich mich für erneuerbare Energien ein, weil ...



ernstgemeinter Klimaschutz nur funktionieren kann, wenn wir die Energie zukünftig aus regenerativen und damit umweltfreundlichen Quellen beziehen. Zusätzlich bietet die Energiewende die Möglichkeit durch dezentrale Energieerzeugung ein hohes

Wertschöpfungspotenzial für den Landkreis München zu generieren und durch Bürgerenergieanlagen die Bürgerschaft aktiv an der Energiewende zu beteiligen.

Wenn ich als Mensch die Prognosen zum Klimawandel lese, dann ... weiß ich, dass jetzt die Zeit zum Handeln ist, um unsere selbst gesteckten, aber auch die nationalen und inter-

vor Ort gelebte Realität wird. Es macht mir Hoffnung, dass insbesondere junge Menschen die Bedeutung dieser Herausforderung verstehen. Dazu tragen wir im Landkreis mit den Klimaschulen bei.

In meiner Familie spielt das Thema Nachhaltigkeit ... natürlich eine wichtige Rolle mit Diskussionspotenzial und Luft nach oben. Die Umstellung auf ein klimafreundliches Leben bedeutet für viele Menschen ein Hinterfragen bisher alltäglicher Gewohnheiten. So auch für mich. Wichtig ist, dass man anfängt und den Diskussionen daheim am Küchentisch nicht aus dem Weg geht.

Robert Niedergesäß
Landkreis Ebersberg

nationalen Klimaziele zu erreichen. Jeder einzelne von uns hat viele Möglichkeiten, sich aktiv am Klimaschutz zu beteiligen. Auch bin ich überzeugt davon, dass wir uns mit der 29++ Klima.Energie. Initiative. auf dem richtigen Weg befinden und einen wichtigen Beitrag im Kampf gegen den Klimawandel leisten.

In meiner Familie spielt das Thema Nachhaltigkeit ... eine immer größere Rolle. Als Familienvater ist es mir ganz besonders wichtig, meinen Kindern in Sachen Klimaschutz ein gutes Vorbild zu sein. Ein nachhaltiges und klimafreundliches Verhalten sollte in allen Lebensbereichen selbstverständlich werden. Sei es beim Wocheneinkauf, bei der Wahl von klimafreundlichen Verkehrsmitteln oder bei der energieeffizienten Gestaltung des eigenen Zuhauses.

Christoph Göbel
Landkreis München

VORWORT



Der Klimawandel bedroht unsere Heimat. Die ersten Auswirkungen – wie etwa eine Zunahme von niederschlagsarmen Phasen – können wir in vielen Teilen Deutschlands sehen. Bereits im Jahr 2007 fasste ein Bericht der Umweltorganisation Germanwatch die bereits damals sichtbaren Folgen zusammen und endete mit dem Appell, dass alles daran zu setzen sei, den Klimawandel nicht die Dimensionen annehmen zu lassen, bei denen eine Anpassung an die Auswirkungen selbst in Deutschland nicht mehr möglich sei.¹

Auf globaler Ebene ist der Klimawandel in vielen Dimensionen erfahr- und messbar. Aus wissenschaftlicher Sicht gibt es keine Zweifel daran, dass der Klimawandel durch den Anstieg von Treibhausgasen (THG), in erster Linie Kohlendioxid (CO₂), in der Atmosphäre ausgelöst wird – und damit menschengemacht ist. Denn das meiste CO₂ wird durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Erdöl oder Kohle, aber auch durch andere industrielle Prozesse ausgestoßen. Sowie durch in Gang kommende natürliche Prozesse, die weitere THG wie Methan (CH₄) freisetzen etc.

Ein Schlüssel, um den CO₂-Ausstoß zu senken, ist der ökologisch verträgliche Ausbau der erneuerbaren Energien. Nur dadurch ist es möglich, die klimaschädlichen fossilen Energie-

träger zu verdrängen und zugleich auf die ebenfalls umstrittene und höchst problematische Atomenergie zu verzichten.

In dieser Ausgabe unseres Magazins ImpulsE möchten wir Sie über die Möglichkeiten der Nutzung von Windenergie in den Landkreisen Ebersberg und München informieren. Die Windenergie ist ein zentraler Baustein der Energiewende. Deshalb ist es wichtig, auf Grundlage wissenschaftlicher Fakten über die Chancen aufzuklären, die sich durch die Windenergie bieten – und zugleich auch offen über die Auswirkungen zu sprechen.



Klar ist: Ohne einen weiteren Ausbau der Windenergie ist mit den derzeit vorhandenen technischen Mitteln keine Energiewende möglich. Ohne eine Energiewende, zu der jeder Mensch und jede Region einen Teil beitragen muss, ist wiederum keine drastische Reduzierung der Treibhausgasemissionen möglich.

Dr. Willie Stiehler
Geschäftsführer
Energieagentur Ebersberg-München gGmbH

EIN ÜBERBLICK

WINDENERGIE IN DER REGION

Die Auswirkungen und Folgen des Klimawandels sind auch in unserer Heimat immer deutlicher zu spüren. So wie die Menschen durch Treibhausgasemissionen den Klimawandel in Gang gesetzt haben, können wir ihn auch wieder einbremsen. Dazu müssen wir unseren Energiebedarf durch Einsparung und Effizienzmaßnahmen reduzieren, aber auch fossile Brennstoffe für Mobilität und Heizen ersetzen. Um den bleibenden Energiebedarf zu decken, brauchen wir den ökologisch verträglichen Ausbau erneuerbarer Energien. 



Legende

	Landkreis Ebersberg
	Landkreis München
	Landkreis Miesbach

	Isar
	gemein



WINDKRAFT IN DER REGION

DIE GESCHICHTE DER KLIMAZIELE IN UNSERER REGION

Sowohl der Landkreis Ebersberg, als auch der Landkreis München haben sich selbst ambitionierte Klimaziele gesetzt. Damit wollen die beiden Landkreise in einer der wichtigsten Metropolregionen Deutschlands Verantwortung übernehmen und ihren Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz leisten.

Im Jahr 2006 hat sich der Landkreis Ebersberg zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 frei von fossilen und anderen endlichen Energieträgern zu sein. Dies soll in erster Linie durch Effizienzmaßnahmen und Einsparen von Energie erreicht werden. Der verbleibende Anteil an Energie soll dezentral und regenerativ in der Region erzeugt werden.

Ebenfalls im Jahr 2006 verabschiedete der Kreistag des Landkreises München eine Resolution mit dem Ziel, bis 2050 nur noch erneuerbare Energie einzusetzen. Beide Ziele waren zu ihrer Zeit wegweisende Beschlüsse, die sich bis heute mit dem wissenschaftlichen Konsens decken.

Am 27. April 2015 hat der Kreistag Ebersberg seinen eigenen Beschluss aus dem Jahr 2006 uneingeschränkt und einstimmig aufrechterhalten und weiter konkretisiert. Auch der Landkreis München nutzte ein Jahr später die Chance den Klimaschutzgedanken noch weiter zu definieren und gründete die 29++ Klima. Energie. Initiative. Mit der neuen Initiative sollten die vielfältigen Anstrengungen und Aktionen der 29 Städte und Gemeinden im Landkreis eine bessere Sichtbarkeit erhalten und es sollten effiziente Strukturen, Kooperationen und Vernetzungsangebote geschaffen werden.

Die Kooperation und Koordination zwischen den beiden Landkreisen, die in Sachen Klimaschutz gleichermaßen engagiert handeln, übernimmt seit 2018 die gemeinsame Energieagentur Ebersberg-München. Die gemeinnützige GmbH wird von den beiden Landkreisen getragen und befindet sich damit vollständig in öffentlicher Hand. 







KEINE ALTERNATIVE

BLOSS WEG VON DER KOHLE

Keine Form der Energieerzeugung ist konfliktfrei – auch nicht die Windenergie. Der technische Fortschritt ermöglicht es uns aber auf die Energiequellen zu setzen, die im Verhältnis zu den anderen den geringsten Schaden anrichten. Die Stromerzeugung aus Kohle steht in dieser Rangliste ganz unten: Bis zum endgültigen Ausstieg aus der Kohleverstromung im Jahr 2038 – wenn möglich 2035 – werden nach wie vor Unmengen an CO₂-Emissionen in die Atmosphäre abgegeben. Allein im Jahr 2018 beliefen sich die Emissionen der deutschen Braunkohlekraftwerke auf 130 Millionen Tonnen.²

Zu diesen Emissionen kommen die Langzeitfolgen durch den Kohleabbau. Nach wie vor werden im Rheinischen Braunkohlerevier Menschen zwangsumgesiedelt, weil ihre Dörfer abgebaggert werden. Bis Ende 2015 wurden über 32.000 Hektar Land vom Tagebau zerstört. Dabei kann auch eine Rekultivierung – das betrifft etwa zwei Drittel der Fläche – den Verlust von Tier- und Pflanzenarten, ganzer und teils uralter Biotope wie den Hambacher Forst oder die Zwangsumsiedlung kompletter Dörfer nicht wettmachen.

Das liegt auch daran, dass die Rekultivierungsmaßnahmen einen massiven Eingriff in die Landschaft darstellen. So entstand neben dem Tagebau Hambach mit der Sophienhöhe eine künstliche Erhebung, die bis zu 200 Meter aus der ansonsten flachen Landschaft rund um Jülich emporragt.

Für die gigantischen Löcher, die der Tagebau in die Landschaft reißt, ist auch im Rheinischen Braunkohlerevier die einfachste aller Lösungen geplant: Eine Seenlandschaft, deren Volumen sie mit zu den größten Binnenseen in Deutschland machen wird. Während der Restsee Garzweiler in Sachen Volumen gleichauf mit dem

Chiemsee liegen wird, übersteigt der geplante Restsee Hambach das Volumen des Starnberger Sees um 2.500 Millionen Kubikmeter Wasser.³

Welche Folgekosten dieser Eingriff in den Naturhaushalt im Rheinland haben wird, ist bisher völlig unklar. Fest stehen allerdings die Kosten, die der Bergbau generell in Deutschland verursacht hat und die als Ewigkeitskosten – also die Kosten, die zum Abpumpen des Grubenwassers und dem Auffüllen von Tagesbrüchen anfallen – bekannt sind. Sie werden die Gesellschaft tatsächlich noch Jahrhunderte belasten.

Weil Kohlekraftwerke unsere Luft massiv mit Feinstaub- und Schwermetall-Emissionen belasten, schädigen sie unsere Gesundheit. Eine Studie der Health and Environment Alliance (HEAL) stellt fest, dass allein in Deutschland jährlich etwa 2.700 Todesfälle und mehr als 600.000 verlorene Arbeitstage auf das Konto der Kohleabgase gehen.⁴

Auch der Atomstrom ist keine zukunftsfähige Alternative. Zwar fallen hier die immensen CO₂-Emissionen weg, aber vergessen wird oft, dass auch die Kernbrennstoffe bergmännisch gewonnen werden müssen. Erst nach einer aufwendigen Aufbereitung können diese in Kernkraftwerken eingesetzt werden, wo sie am Ende den Atom Müll produzieren, für den bis heute in Deutschland keine geeignete Endlagerstätte gefunden wurde und der für Jahrtausende Folgekosten verursacht.

Die Suche nach einem Endlager gestaltet sich extrem schwierig. Denn von dem strahlenden Müll gehen zahlreiche Gefahren für Mensch und Umwelt aus – und das für eine unvorstellbar lange Zeit. Ein Bestandteil des hochradioaktiven Mülls ist beispielsweise Plutonium-239. Es dauert mehr als 24.000 Jahre, bis die Hälfte der radioaktiven Atome zerfallen ist. 

IMMER MEHR STROM

Der Umbau unseres Energiesystems ist in vollem Gange. Zwei große Meilensteine prägen diesen Weg: Zum einen folgte als Konsequenz auf die verheerende Reaktorkatastrophe von Fukushima in Japan im März 2011 der Beschluss, die Nutzung von Atomkraftwerken zur Energiegewinnung in Deutschland bis 2022 zu beenden. Der zweite Meilenstein und zugleich unabdingbarer Schritt zur Reduzierung der Treibhausgase ist der Ausstieg aus der Kohleverstromung. Die Bundesregierung hat beschlossen, den Kohleausstieg in Deutschland bis zum Jahr 2038 zu vollziehen. Kritiker bemängeln, dass der Kohleausstieg viel zu spät kommt. Damit können nicht die Klimaschutzziele der Bundesregierung und schon gar nicht das Pariser Klimaabkommen eingehalten werden.

Im Pariser Klimaabkommen haben sich die Unterzeichner auf gemeinsame Ziele geeinigt: Die Erderwärmung soll im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf deutlich unter zwei Grad Celsius, idealerweise auf 1,5 Grad begrenzt werden. Denn es besteht Einigkeit, dass nur dann die Folgen des Klimawandels noch in einem vertretbaren Ausmaß zu halten sind.

Um dieses Ziel zu erreichen, müsste Deutschland den geplanten Kohleausstieg jedoch bis spätestens 2030 vollständig umsetzen. Es sind aber nicht nur die Klimaschutzziele allein, die für einen raschen Ausstieg sprechen. Kohlestrom ist nicht nur schlecht fürs Klima, er schadet auch der Umwelt und unserer Gesundheit.

Zu den großen Aufgaben, atomaren und fossilen Strom durch regenerativ erzeugten Strom zu ersetzen, kommen weitere große Anforderungen hinzu, die unter dem Fachbegriff Sektorenkopplung beschrieben werden. Denn um die Klimaschutzziele zu erreichen, darf kein

fossiles Erdgas, Erdöl und keine Kohle mehr genutzt werden – und das gilt nicht nur im Stromsektor, sondern auch für die Sektoren Wärme und Verkehr. Mit 56 Prozent hat der Wärmesektor den größten Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland.⁵

Bisher heizen wir unsere Häuser hauptsächlich mit Erdgas und Öl sowie Fernwärme aus fossilen Kraftwerken. Um Wärme in Zukunft klimaneutral zu erzeugen, müssen Heizungen vor Ort und Fernwärmewerke auf regenerative Heizsysteme umgerüstet werden. Dabei sind Biomasse, Solarthermie und (Tiefen)Geothermie wichtige Bausteine, jedoch sind ihre Ausbaupotenziale in Deutschland begrenzt. Auch Systeme, in denen grüner Wasserstoff oder grünes Methan auf Basis von erneuerbar erzeugtem Strom eingesetzt wird (Power-to-Gas), werden nur begrenzt zur Wärmewende beitragen können. Eine große Rolle kommt elektrischen Wärmepumpen zu, die hocheffizient aus erneuerbarem Strom Wärme erzeugen. Die Folge ist ein stark wachsender Strombedarf im Wärmebereich. Um diesen decken zu können, sind in erheblichem Maß Effizienzmaßnahmen erforderlich – das heißt: Die Sanierungsrate im Gebäudebereich muss ganz erheblich ansteigen – von derzeit 0,5 Prozent auf mindestens 1,5 bis 2 Prozent pro Jahr!⁶

Schließlich gilt es auch im Verkehrssektor fossile Energieträger zu ersetzen, die noch einen Anteil von über 90 Prozent ausmachen. Durch stetig steigendes Verkehrsaufkommen und den Trend zu immer schwereren und leistungstärkeren Autos wurden Effizienzsteigerungen verspielt – mit der Folge, dass der Ausstoß von Treibhausgasen im Verkehrssektor seit Jahrzehnten kaum gesunken ist. Auch Güterverkehr auf der Straße, Schiffsverkehr und Flugverkehr

tragen dazu bei, letzterer neben den Treibhausgasen auch durch Kondensstreifen und andere negative Klimaeffekte.

Für das 1,5-Grad-Ziel müssen die Treibhausgasemissionen im Verkehr um 90 Prozent reduziert werden. Dabei geht es wie im Wärmesektor um mehr als „nur“ die Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch fossile Treibstoffe. Es geht auch um die Reduzierung von Schadstoffen und Lärm, die Mensch und Umwelt belasten, und am Ende um mehr Lebensqualität für alle Menschen.

Doch die notwendige Verkehrswende ist weit mehr als nur ein Antriebswechsel. Durch eine räumlich bessere Vernetzung von Wohnen und Arbeiten, durch Verzicht von Flugreisen im Freizeitbereich, Verkehrsvermeidung durch neue Medien, Homeoffice-Arbeitsplätze und vieles mehr kann – und muss – das Verkehrsaufkommen insgesamt deutlich verringert werden. Städte brauchen attraktive Fuß- und Radwege und einen gut funktionierenden öffentlichen Nahverkehr. Damit so viel Verkehr wie möglich von Autos und LKW auf die Bahn verlagert werden kann, müssen die Bahnstrecken ausgebaut, vollständig elektrifiziert und in dichterem Takt befahren werden.⁷

Beim Individualverkehr ersetzen effiziente Elektroautos die Verbrenner. Im Schwerlastverkehr auf Straße und auf dem Wasser werden künstlich erzeugte Brennstoffe („E-Fuels“) und Wasserstoff an Bedeutung gewinnen. Doch für alle Lösungsansätze des motorisierten Verkehrs gilt: Auch hier kann die Dekarbonisierung, d. h. die Abkehr von fossilen Brennstoffen, nur durch Strom aus regenerativen Kraftwerken gelingen.

Bei all diesen Betrachtungen ist wichtig, immer zuerst die Energieeinsparung und die Steigerung der Energieeffizienz zu verfolgen. Dabei könnten und sollten Verhaltensänderungen und ein gesellschaftlicher Wandel hin zu einem klimagerechten Leben die Transformation unterstützen. Am Ende steht jedoch die große Herausforderung, unseren Energiebedarf mit einem deutlich höheren Anteil an Strom durch erneuerbare Energiequellen zu decken. Dazu ist ein schneller Ausbau der Sonnen- und Windenergie nötig. 





BEGRENZTES POTENZIAL

GEOOTHERMIE UND STROM

Die Wärme aus dem Inneren der Erde nutzen – das ist das Grundprinzip der Geothermie. Denn ausgehend von der Erdoberfläche nimmt die Temperatur im Boden unter uns um durchschnittlich 3°C pro 100 Meter zu.⁸

Diese Wärme lässt sich für die Energieerzeugung nutzen, indem man entweder Wasserreservoirs in der Tiefe nutzt oder Wasser von der Oberfläche aus in die Gesteinsschichten führt, wo es sich erwärmen kann.

Unterschieden wird dabei zwischen oberflächennaher Geothermie (bis 400 Meter Tiefe) und Tiefengeothermie (ab 400 Meter Tiefe). In den oberflächennahen Regionen reicht die Wärme zur Versorgung großer Gebäude nicht aus und muss mittels Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben werden. Erst tiefere Bohrungen ermöglichen die Versorgung ganzer Wärmenetze, wie es etwa in Unterhaching, Sauerlach oder auch Unterföhring der Fall ist. Der Vorteil für die Region: die geologischen Voraussetzungen in der Tiefe.

Unter Südbayern, insbesondere im Großraum München, liegt eine wasserführende Kalksteinschicht, die von der Donau bis unter die Alpen immer weiter abfällt. In Sauerlach etwa liegt diese wasserführende Schicht in einer Tiefe von mehr 4.200 Metern, wo sich das Wasser auf eine Temperatur von mehr als 140 °C erhitzt.⁹ Für die Wärmeerzeugung ist das ein Glücksfall.

Die Stromproduktion kann hier jedoch nur auf ein begrenztes Potenzial zurückgreifen, denn sie ist erst ab einer Wassertemperatur von über 120 °C möglich.¹⁰ An den Bohrstellen in Garching, München-Riem und Unterföhring ist das Wasser zu kalt – erst in Unterhaching und Sauerlach knackt die Wassertemperatur die 120-Grad-Marke deutlich. Ob Geothermie zur Stromproduktion beitragen kann, ist daher sehr stark standortabhängig. Im Bereich der Wärmeerzeugung aber ist sie in unserer Region und darüber hinaus ein wesentlicher Bestandteil der Wärmewende. 



BEGRENZTES ZUBAU-POTENZIAL

WASSERKRAFT UND STROM

Die Nutzung der Wasserkraft für die Stromerzeugung hat in Bayern und auch in unserer Region Tradition: Im Jahr 1899 versorgte die Firma Rothmoser die Stadt Grafting erstmals mit Strom aus Wasserkraft. Das 1924 in Betrieb gegangene Walchenseekraftwerk ist mit 124 Megawatt Leistung bis heute eines der größten Kraftwerke seiner Art in Deutschland und das ebenfalls seit 1924 in Betrieb befindliche Wasserkraftwerk Mühltal in Straßlach ist nur eines von unzähligen Wasserkraftwerken entlang der bayerischen Flüsse, in diesem Fall der Isar.

Das Wasser leistet damit in Bayern einen Beitrag zur Grundversorgung. Doch das Potenzial ist begrenzt – auch aus ökologischen Gründen. Querbauwerke in Flüssen stellen einen starken Eingriff in den Naturhaushalt der Gewässer dar. Sie werden deshalb oft zurückgebaut. Dort wo kein Rückbau vorgesehen ist, sind die Behörden per Gesetz dazu verpflichtet, die Nutzung der Querbauwerke für die Stromerzeugung zu prüfen. Der Energieatlas Bayern weist deshalb eine

Reihe von bestehenden Querbauwerken aus, die sich als potenzielle neue Standorte für eine weitere Nutzung der Wasserkraft eignen.¹¹ Im Landkreis Ebersberg konnten keine Querbauwerke identifiziert werden, die für eine Stromproduktion infrage kämen. Auch im Landkreis München ist das weitere Ausbaupotenzial sehr gering: Lediglich in Planegg könnte die Würm für die Stromproduktion genutzt werden.

Ausgehend vom Energieatlas Bayern, ist der weitere Ausbau nur an wenigen Standorten in Oberbayern überhaupt möglich. An der Isar zwischen Beuerberg und Icking gäbe es noch Potenziale oder auch an der Ausleitung des Westerhamer Mühlbachs in Feldkirchen-Westerham. Dort könnte zum Beispiel eine rechnerische mittlere Leistung von 114 Kilowatt erreicht werden. Ähnlich wie bei Windenergieanlagen muss bei solchen Kraftwerken jedoch auch eine Güterabwägung zwischen dem Nutzen für die Allgemeinheit und dem Eingriff in den Naturhaushalt – in diesem Fall der Gewässer – getroffen werden. 



EINE URALTE ENERGIEQUELLE

DIE ENTWICKLUNG DER WINDMÜHLEN

Der Wind pfeift durch die Holzschindeln; ein Knarren geht durch das Gebälk, durch Stangen und Zahnräder. Dann setzt sie sich in Bewegung: Wer jemals gesehen hat, wie eine historische Windmühle in Gang gesetzt wird, bekommt ein gutes Gespür dafür, welche Kraft im Wind steckt, welche Energie in ihm verborgen ist. Obwohl Windmühlen vermutlich bereits in der Antike genutzt wurden, ist die uns bis heute bekannte Form einer horizontalen Rotordrehachse erst ab dem Jahr 1180 in Flandern und der Normandie nachgewiesen.¹²

Diese Windmühlen waren in der Regel nicht sonderlich groß – die größte je gebaute Windmühle in Europa hat eine Kappenhöhe von 43 Metern.^{13 14} Die Gründe dafür sind technischer Natur, denn die Getriebe und Wellen im Inneren bestanden meist aus Holz und entsprechend bearbeiteten Holzbalken, die die aus dem Wind gewonnene Energie oft bis zu Mühlsteinen oder

Archimedischen Schrauben transportieren mussten, die sich allesamt in Bodennähe befanden.

Das hohe Gewicht dieser Konstruktion wurde entweder von einem Holzgerüst, das von außen mit Schindeln oder Reet verkleidet wurde, oder von einem steinernen Unterbau aufgefangen. Deshalb findet man historische Windmühlen auch fast ausschließlich in Regionen, in der der Wind auch in geringer Höhe beständig weht, wie etwa in Küstennähe oder im Binnenflachland. Trotzdem waren Windmühlen in Deutschland weit verbreitet. Für das Jahr 1875 nennt eine zeitgenössische Erhebung die Gesamtzahl von 18.995 Windmühlen.¹⁵

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts begannen in Schottland und den USA die ersten Versuche zur Stromerzeugung durch Windenergie. Als einer der ersten, die Elektrizität mittels Windkraft erzeugten, gilt der schottische Erfinder James Blyth. Ihm gelang es im Juli 1887, mit



Windstrom Blei-Akkumulatoren zu speisen und damit insgesamt zehn 25-Volt-Glühlampen zum Leuchten zu bringen - bei „moderater Brise“, schrieb der Erfinder. Und zu seinem Aufbau: „Ein Dreibein, mit einem rund zehn Meter großen Rotor, vier je vier Meter langen Streben mit Baumwollsegelein daran und einem Bürgin-Dynamo, der vom Schwungrad über ein Seil angetrieben wird.“¹⁶

Als wichtiger Wegbereiter gilt aber vor allem der Däne Poul la Cour mit seiner Versuchsanlage auf dem Schulgelände von Askov. Das Besondere: Er gab den Flügeln erstmals eine aerodynamische Form und reduzierte ihre Anzahl, um die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle zu beschleunigen. Damit sorgte er für einen wahren Boom der dezentralen Stromerzeugung durch Windenergie in seinem Heimatland. So gab es während des Ersten Weltkriegs in dem kleinen Land bereits 250 Strom erzeugende Windmühlen, die auf den Entwicklungen La Cours basierten.¹⁷

Ein weiterer Meilenstein waren die Forschungen von Albert Betz, Leiter der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen. Neben Forschungen zur Gestaltung der Flügelform, wie sie noch heute genutzt wird, formulierte er 1919 den Grundsatz, wonach maximal 59,3 Prozent der kinetischen Energie des Windes genutzt werden können. Das „Betz'sche Gesetz“ gilt bis heute.

Trotz weiterer Forschung in diesem Bereich nahm die Bedeutung der Windenergieanlagen in den nachfolgenden Jahrzehnten wieder ab. Einerseits verdrängte die flächendeckende Elektrifizierung durch die Stromproduktion in großen Kraftwerken und der Verteilung des Stroms durch ein geschlossenes Stromnetz die dezentrale Stromerzeugung, andererseits schienen Kohle- und Kernkraftwerke die steigende Nachfrage nach Strom mühelos decken zu können.

Erst das Aufkommen der Umweltbewegungen in den 1970er-Jahren und die Erfahrung aus den zwei Ölkrisen von 1973 und 1979 verhalf der Nutzung der Windenergie zu einem neuen Aufschwung. Technische Entwicklungen – wie etwa die Verlagerung des Generators in den Gondel genannten Kopf der Windräder, aber auch die Entwicklung immer effizienterer Generatoren – ermöglichten zunehmend auch Standorte, die für historische Windmühlen ungeeignet waren. Denn jetzt konnten die Flügel den stärker und konstanter wehenden Wind in den höheren Bereichen nutzen. So werden auch bei geringeren Windgeschwindigkeiten große Mengen an Strom produziert.

Davon profitieren wir heute, denn Windenergieanlagen sind alternativlos, wollen wir weg von den besonders schädlichen Formen der Stromerzeugung mit Kohle und Atomkraft. 

TECHNIK ERKLÄRT

WIE GEHT STROM?

Schon seit Jahrtausenden nutzt der Mensch die Windenergie, vor allem zur Fortbewegung auf See, zum Mahlen von Getreide oder Sägen von Holz. Heute werden technisch hochentwickelte Windenergieanlagen vor allem zur Erzeugung erneuerbaren Stroms eingesetzt.

Die Funktionsweise

Wohl jeder von uns hat als Kind einmal ein kleines Windrad gehabt, meist sogar ein selbstgebasteltes. Und halten wir selbst ein Windrad in der Hand, pusten wir solange intuitiv auf die Flügel bis es sich dreht. Wir können Kin-

der beobachten, die begeistert losrennen, das Windrad hoch in die Luft reckend, und sich freuen, wie flott es sich dreht.

Was hier spielerische Freude ist, bleibt vom Prinzip das gleiche, wenn es um die Gewinnung von erneuerbarer Energie mit modernen Windkraftanlagen geht.

Der Wind versetzt die Rotorblätter in eine Drehbewegung. So wird die kinetische Energie des Windes in mechanische

Rotationsenergie umgewandelt. Diese treibt wiederum den Generator im Inneren der Gondel an, der die mechanische Energie ähnlich wie bei einem Fahrraddynamo in elektrische Ener-

gie umwandelt. Diese wird in das Stromnetz eingespeist und an die Stromkunden verteilt. Neben den klassischen Windenergieanlagen mit einem Getriebe haben sich seit Mitte der Neunziger Jahre auch getriebelose Anlagen etabliert.

Um die Windenergie optimal nutzen zu können, ermitteln Sensoren die Windrichtung und hydraulische Motoren oder Elektromotoren richten die Gondel in Windrichtung aus („Azimut“). Bremsen am Turmkranz verhindern, dass die Zahnräder der Windrichtungsnachführung bei Windschwankungen oder Böen stark verschleifen. Bei wechselnder Windstärke können sich auch die Rotorblätter verstellen („Pitch“). So wird eine zu schnelle Rotation verhindert oder auch eine Abschaltung ermöglicht.

Die Höhe der Anlage ist für einen gleichmäßigen und hohen Energieertrag sehr wichtig. Je höher die Anlage, desto weniger Turbulenzen durch bodennahe Hindernisse treten auf, desto gleichmäßiger und stärker weht der Wind und desto mehr Strom kann erzeugt werden. Mit jedem Meter, den ein Windrad höher gebaut wird, steigt der Stromertrag um 1 Prozent.¹⁸

Der Stromertrag folgt dabei der simplen physikalischen Gleichung der kinetischen Energie, in die die Rotorblattlänge in zweiter Potenz und die Windgeschwindigkeit in dritter Potenz eingehen. Dies bedeutet, dass mit einer Verdoppelung der Flügellänge der Ertrag um das Vierfache steigt. Die doppelte Windgeschwindigkeit erzeugt den achtfachen Ertrag.¹⁹

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Technik von Windenergieanlagen, aber auch ihre Größe rasant entwickelt. Die Nennleistung hat sich innerhalb der letzten 10 Jahren verdoppelt.





EXKURS: WARUM HABEN WINDENERGIEANLAGEN DREI ROTORBLÄTTER?

Klassische Windmühlen hatten in der Regel vier Flügel, der „Growian“, eine Windkraft-Testanlage in den 80er Jahren, war ein Zweiflügler. Dass nahezu alle modernen Windenergieanlagen heute drei Rotoren haben, hat zwei Gründe.

Der erste Grund betrifft die Wirtschaftlichkeit. Ein viertes Rotorblatt würde tatsächlich noch mehr Wind „ernten“ und eine vierrotorige Anlage käme noch näher an den Betz’schen Idealwert von 59,3 Prozent heran. Aber der Zugewinn an Energieausbeute durch ein viertes Blatt würde die Kosten dafür nicht aufwiegen, es wäre unterm Strich unwirtschaftlich.

Der zweite Grund betrifft die Laufruhe und damit eine geringere Materialbelastung. Bei vier Rotoren würde immer wieder gleichzeitig ein Rotorblatt senkrecht nach oben „im vollen Wind“ unter höchster Belastung stehen, während das gegenüberstehende Rotorblatt vor dem Turm unter Minimallast steht. Das bewirkt bei jedem Durchlauf der 12-Uhr-Stellung durch ein Rotorblatt eine Unwucht und damit höhere Belastung der Rotorblätter als es bei einer ungeraden Anzahl an Rotorblättern der Fall ist.

Aus diesen beiden Gründen hat sich ein Rotortrio als die technisch und wirtschaftlich beste Lösung zur Nutzung von Windenergie etabliert.²¹

Eine moderne Windenergieanlage an Land, eine sogenannte Onshore-Anlage, erreicht heute eine Nennleistung von 5 bis 6 Megawatt bei Nabenhöhen bis über 160 Meter und Rotordurchmessern von etwa 160 Metern.

Es hat einen guten Grund, dass der Aufbau aus drei Flügeln, Getriebe und einem Generator, der direkt ins Netz speist, als „Dänisches Design“ bezeichnet wird. Denn beginnend Mitte des 20. Jahrhunderts entstand vor allem in Dänemark eine Windkraftindustrie, die wesentliche Entwicklungen vorangebracht hat (siehe auch „Eine uralte Energiequelle“, [Seite 16](#)). Dazu gehört z. B. auch die „Stallregelung“: ein System, das die Rotorblätter bei zu viel Wind bremst und so die Anlage vor Zerstörung bewahrt. Die Dänen waren auch die ersten, die Windenergieanlagen im Meer, Offshore-Anlagen, gebaut haben.

Über die Jahrzehnte wurden viele neue Wege beschritten und neue Ansätze verfolgt. Dazu gehörte bisweilen auch ein Scheitern wie bei der „Großen Windenergieanlage“ namens „Growian“, die zur Technologieerprobung in den 1980er Jahren im Kaiser-Wilhelm-Koog bei Marne errichtet und bereits sieben Jahre später wieder abgerissen wurde.

Mit den hohen Zubauraten von Windenergieanlagen seit der Jahrtausendwende ging eine rasante technische Entwicklung einher, verbunden mit einem deutlichen Sinken der Kosten pro installierter Leistung.

Fortschritt reduziert Belastungen

Zur technischen Weiterentwicklung der letzten Jahre zählen auch Maßnahmen, die zu einer **Geräuschminimierung** beigetragen haben. Aerodynamische Geräusche entstehen

vor allem an der Hinterkante der Rotorblätter als auch an deren Spitzen durch Strömungsabriss, das heißt durch die Verwirbelung der Luftströmung. Der Schallleistungspegel steigt mit zunehmendem Rotordurchmesser und zunehmender Blattspitzengeschwindigkeit.

Wer moderne Windrotoren ganz genau betrachtet, kann an der Blatthinterkante gezackte Bauteile entdecken, die sogenannten „Serrations“. Sie bewirken eine Verminderung der Wirbelbildung und damit eine Geräuschminimierung. Den gleichen Effekt haben die sogenannten „Winglets“ an den Blattspitzen, ähnlich wie an den Flügeln eines Passagierflugzeugs. Dazu wird das Rotorblatt mit einer in einem Winkel von bis zu 90 Grad zum Rotorblatt gebogenen Spitze versehen.

Auch Modifikationen des Blattprofils („Vortex-Generatoren“) und der Blattvorderkante („Tuberkel“) verbessern die Aerodynamik und reduzieren gleichzeitig den Geräuschpegel.

Diskoeffekt wird jener Effekt genannt, der durch schnell drehende Flügel und stark reflektierende Oberflächen entsteht und ein ähnliches Blinkmuster erzeugt wie ein Stroboskop in einer Diskothek. In den Anfängen der Windstromerzeugung war der Diskoeffekt wegen der kleinen und sehr schnell drehenden Windräder ein viel diskutiertes Thema. Durch die Verwendung von nicht-reflektierenden Farben und die langsame Drehbewegung moderner Windräder sowie durch die großen Abstände zu Wohnhäusern ist ein solcher Effekt bei Windrädern nicht mehr feststellbar.

Zur Risikoabschätzung im Genehmigungsprozess einer Windenergieanlage gehört auch der Aspekt **Eiswurf**. In klimatisch kalten Regionen können sich Eis und Schnee auf den Rotorblättern sammeln und eine Unwucht erzeugen sowie sich bei wärmeren Temperaturen davon lösen. In besonders kalten Regionen kann hier eine Blattheizung Abhilfe schaffen, entweder als Heißluftgebläse in der Rotorwurzel, oder als Heizelemente an der Rotorvorderkante Blatt. Das sorgt für einen eisfreien Betrieb und steigert dank kürzerer Stillstandszeiten die Energieausbeute. Da Rotorblattheizungssysteme

vergleichsweise teuer sind, stehen in weniger vereisungsanfälligen Regionen die Anlagen aber schlicht still, sobald sich Eis an den Rotoren gebildet hat. Übrigens: Obwohl selbst dort äußerst unüblich, haben manche skandinavischen Länder Rotoren enteist, indem sie heißes Wasser aus Helikoptern heraus auf die Rotoren aufbrachten. In Deutschland findet dieses Vorgehen übrigens keinen Einsatz – weder mit heißem Wasser, noch ganz zu schweigen von Chemikalien!²⁰ Zudem ist der Aufenthalt unter Windenergieanlagen bei Eis und Schnee leicht zu meiden, genau so wie der Nahbereich unter Hausdächern an den wenigen Tagen im Jahr mit der Gefahr von Dachlawinen.

Windenergieanlagen müssen nachts sichtbar sein. So fordert es die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen“ (AVV). Diese schreibt vor, dass „Luftfahrthindernisse zu kennzeichnen sind, außerhalb von Städten und anderen dicht besiedelten Gebieten, wenn eine Höhe der maximalen Bauwerksspitze von 100 Metern über Grund überschritten wird.“

Die Nachtkennzeichnung, auch als **Blinkbefeuerung** bekannt, kann entweder ein sogenanntes Hindernisfeuer geringerer Lichtstärke am höchsten Punkt der Anlage (d. h. der Flügelspitzen) oder ein blinkendes, von allen Seiten sichtbares Gefahrfeuer auf der Gondel sein. Eine Sichtweitenregulierung dimmt die Beleuchtung bei Sichtweiten von über zehn Kilometern auf 10 Prozent und bei über fünf Kilometern auf 30 Prozent. Bei Windparks wird eine synchronisierte Hinderniskennzeichnung vorgeschrieben.

Ende 2015 wurde eine bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung (BNK) zugelassen, die die Beleuchtung nur dann anschaltet, wenn sich ein Luftfahrzeug in einem Umkreis von vier Kilometern und einer Flughöhe von weniger als 600 Metern befindet. Mit der Zulassung dieser bedarfsgerechten Nachtkennzeichnung durch die Deutsche Flugsicherung führt auch diese technologische Weiterentwicklung zu einer Entlastung von Anwohnern, denn die Anlagen werden dank dieser Innovation nachts meist dunkel bleiben. 



EXKURS: SIND OFFSHORE-ANLAGEN DIE BESSERE LÖSUNG?

Offshore-Anlagen haben den Vorteil, dass der Wind auf See stärker und stetiger als an Land weht. Das führt zu einer etwa 40 bis 50 Prozent höheren Energieausbeute als bei vergleichbaren Anlagen an Land. Windenergieanlagen auf dem Meer liefern beinahe zu jeder Stunde des Jahres Strom und erreichen ähnlich hohe Betriebsstunden wie konventionelle Kraftwerke. Aus Naturschutzgründen und um Auswirkungen auf das Landschaftsbild auszuschließen, sind deutsche Offshore-Standorte weit vor der Küste. Das verursacht viel höhere technische Anforderungen (Fundamente, Turmbau, Kabellegung, Logistik und Wartung) als bei einem Anlagenbau direkt vor der Küste. Die konstante Einwirkung von Salzwasser, Stürmen und Gezeiten auf hoher See setzt den Anlagen zu und fordert eine regelmäßige Überwachung und Wartung – ein Aufwand, der sich in den Betriebskosten niederschlägt.

Auch Offshore-Anlagen haben ökologische Auswirkungen auf Meeressäuger, Vögel, Fische und die Lebensgemeinschaften am Meeresboden. Das betrifft vor allem den Bau, aber auch den Betrieb und die Wartung. Während der Bauphase ist es insbesondere die intensive Schallbelastung beim Rammen der Fundamente, die zum Problem wird. Der Lärm kann Schweinswale und Fische verletzen oder sie aus wichtigen Lebensräumen vertreiben. Im Genehmigungsprozess für Offshore-Anlagen sind vielfältige Prüfungen erforderlich, auch hier ein Abwägungsprozess zwischen dem Nutzen durch Treibhausgasreduzierung und ökologischen Belastungen.

Das Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme (ISE) hat die Stromgestehungskosten für erneuerbare und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2018 verglichen.²² Die Stromgestehungskosten von

Onshore-WEA mit spezifischen Anlagenkosten von 1.500 bis 2.000 Euro pro Kilowatt liegen im Jahr 2018 zwischen 3,99 und 8,23 Eurocent pro Kilowattstunde. Damit sind PV-Anlagen und Onshore-WEA sowohl unter den erneuerbaren Energien als auch den fossilen Kraftwerken im Mittel die kostengünstigsten Technologien in Deutschland. An guten Onshore-Windstandorten produzieren WEA Strom zu geringeren Kosten als neue Kohle- oder Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke. Trotz höherer durchschnittlicher Volllaststunden von bis zu 4.500 Stunden jährlich verzeichnen Offshore-WEA mit knapp 7,49 bis 13,79 Eurocent pro Kilowattstunde deutlich höhere Stromgestehungskosten als Onshore-WEA. Ursachen sind höhere Anlagenkosten und teurere Installationskosten sowie höhere Betriebs- und Finanzierungskosten der Offshore-Anlagen (spezifische Anlagenkosten von 3.100 bis 4.700 Euro pro Kilowatt).

Zu dem Kostenaspekt kommt die Notwendigkeit von Stromtrassen, die die Energie vom Norden in den Süden transportieren. Gegen die Trassen gibt es starken Widerstand. Die Forderung vieler Betroffener längs der geplanten Trassen: Die Energieerzeugung müsse vor allem dezentral erfolgen. Deshalb müsse in Verteilnetze investiert werden – nicht in große Starkstromleitungen. Am Ende ist es eine Frage der Gerechtigkeit, wenn mehr und mehr das Ziel verfolgt wird, Energieerzeugungsanlagen dort aufzustellen, wo der Strom benötigt wird. Zugleich mag es ein Ansporn zu mehr Energieeffizienz und -einsparung sein, wenn jeder vor Ort in diese Abwägungen einbezogen wird. Denn der Strom kommt zwar am Ende nach wie vor aus der Steckdose, aber die Stromquelle kann in Zeiten von Klimawandel und Klimawandelfolgen heute niemandem mehr egal sein. 



SCHWACHWIND

BAYERN – (K)EIN WINDLAND?

Bayern – da denkt man an idyllische Landschaften, weiß-blauen Himmel und Sonne, ganz viel Sonne. Deutlich weniger selbstverständlich bringt man den Wind mit Bayern in Verbindung: Weit weg von der Küste, dafür bergig und in weiten Teilen stark bewaldet (in der Fachliteratur als *hohe Oberflächenrauigkeit* bezeichnet) – da ist es nicht weit her mit dem Wind, möchte man meinen, ganz zu schweigen von der Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung. Oder etwa doch? Fangen wir vorne an.

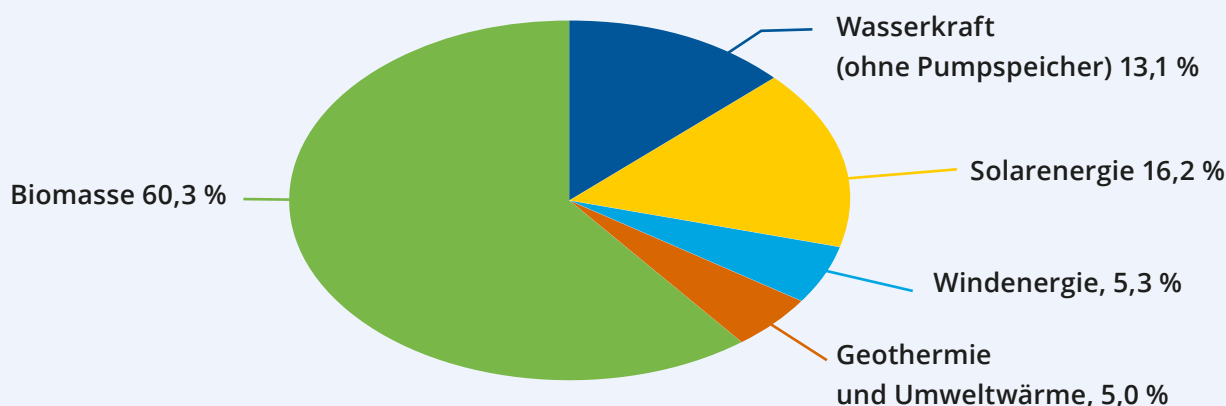
Erneuerbare Energien in Bayern – ein weiter Weg bis 100 Prozent

Die Voraussetzungen für die verschiedenen erneuerbaren Energiearten sind in Bayern grundsätzlich sehr gut. Rund die Hälfte des in Bayern erzeugten Stroms kam 2018 aus erneuerbaren Quellen. Dabei hat insbesondere die Wasserkraft eine sehr lange Tradition, aber auch die Nutzung von Biomasse – sei es in klassischen Holzöfen zum Heizen oder auch in Biogasanlagen oder Biomasseheizkraftwerken

zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung. Und natürlich die Sonnenenergie – im Sonnenland Bayern sind für Photovoltaik- und Solarthermieranlagen ideale Voraussetzungen gegeben. Erwähnt sei an dieser Stelle auch die Geothermie, deren Potenzial in Bayern deutschlandweit einen Spitzenplatz innehat. Nur die Windenergie hat lange Zeit eine untergeordnete Rolle bei der Stromerzeugung gespielt bzw. tut es mit nur 5,3 Prozent Anteil am Endenergieverbrauch aus unterschiedlichsten Gründen noch immer.²³

Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch hat sich zwischen 2010 und 2019 immerhin um fast die Hälfte erhöht und liegt inzwischen bayernweit bei rund 22 Prozent.^{24 25} Die Landkreise Ebersberg und München können diesen Anteil bisher noch nicht vorweisen: 2018 lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch im Landkreis Ebersberg bei rund 14 Prozent²⁶, im Landkreis München bei rund 12 Prozent.²⁷

Struktur des Anteils erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch in Bayern 2019*



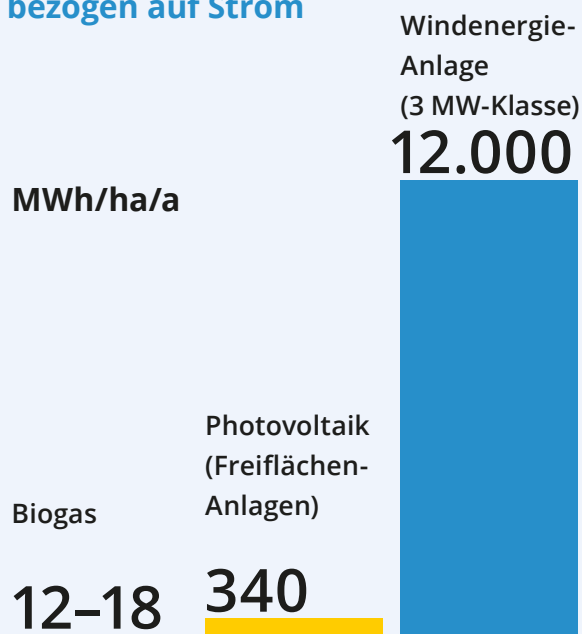
Daten: StMWi (2020): Energiedaten, Bayern – Schätzbilanz, Daten bis zum Jahr 2019, Berechnungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (Abweichung von 100 % durch Rundung)

Der Weg zu einer überwiegenden oder gar vollständigen erneuerbaren Energieversorgung ist noch ein sehr weiter. Alle zur Verfügung stehenden Quellen für erneuerbare Energie müssen so schnell wie möglich erschlossen und genutzt werden, denn deren einzelne Ausbaupotenziale sind begrenzt – sei es, weil die meisten Gewässer ohnehin schon stark verbaut sind und dementsprechend geringe Ausbaumöglichkeiten für die Wasserkraft vorhanden sind. Oder sei es, weil die örtlichen Gegebenheiten eine Geothermienutzung schlicht nicht zulassen. Oder weil die zunehmende Biomassenutzung und PV-Freiflächenanlagen ungewollte Flächenkonkurrenzen hervorrufen könnten. Wirklich nennenswerte Zubaupotenziale verbleiben damit im Grunde nur bei PV-Dachflächenanlagen und bei Windenergieanlagen. Denn freie und für eine ökonomische PV-Stromerzeugung nutzbare Dachflächen gibt es zuhauf. Und die Windenergie stellt mit Abstand die flächensparendste Form der erneuerbaren Stromerzeugung dar (vgl. Grafik rechts).

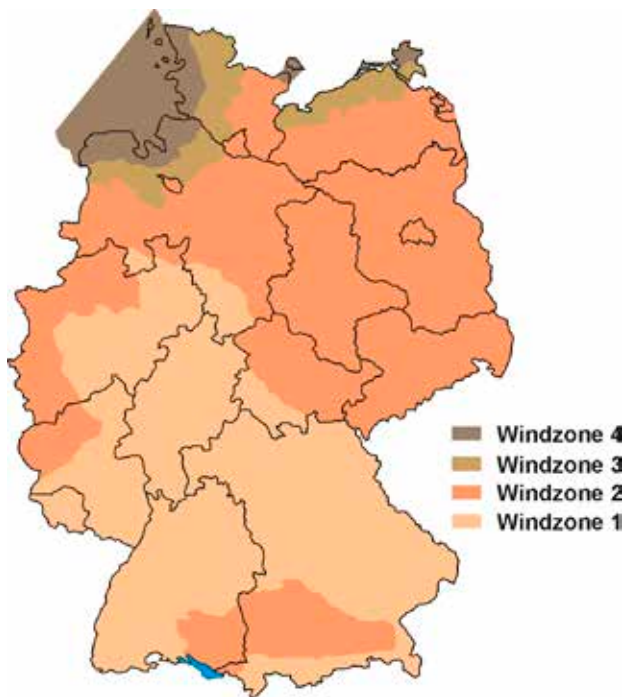
Bei all ihrer Flächeneffizienz sind die Standorte für mögliche Windenergieanlagen aber stark begrenzt. Limitierende Faktoren sind Abstände zur Wohnbebauung, freizuhaltende Flächen für den Landschafts- oder Naturschutz und nicht zuletzt eine ausreichende Windhöffigkeit, um den Anlagenbetrieb sowohl ökologisch

als auch ökonomisch erfolgreich gelingen zu lassen. Ob sich eine Fläche für die Windenergienutzung tatsächlich eignet, muss sorgfältig geprüft sein. Damit kommen wir zurück zur Eingangsfrage: Ist die Windenergie überhaupt sinnvoll nutzbar im Schwachwindland Bayern?

Flächeneffizienz erneuerbarer Energien bezogen auf Strom



Flächen ohne Abstandsflächen, Datengrundlage LfU und C.A.R.M.E.N. e.V.



Windzonenkarte
Wikimedia Commons³¹

Was ist eigentlich ein Schwachwindgebiet?

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) unterteilt Deutschland, entsprechend der jeweiligen Windverhältnisse, in vier Windzonen. Die DIN EN 1991-1-4/NA unterscheidet nach Windzone I (Schwachwindstandorte), Windzone II (typische Binnenlandstandorte), Windzone III (Küstennahe Standorte) und Windzone IV (Küstenlinie). Diese Standortkategorien werden neben der Rauigkeitslänge (Stichwort Oberflächenrauigkeit) und dem sogenannten k-Faktor (die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten) anhand der durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in 100 Metern über Grund abgegrenzt und jedem Landkreis in Deutschland entsprechend zugeordnet.²⁸

Der überwiegende Teil Bayerns liegt in Windzone I und stellt damit per Definition Schwachwindstandorte dar. Einige Kreise und Gemeinden liegen in Windzone II, so übrigens auch die Landkreise München und Ebersberg, womit diese als typische Binnenlandstandorte definiert sind.²⁹

In den ersten Jahren der Windenergienutzung fand der Zubau verstärkt in den windstarken Windzonen III und IV statt. Die technologische Entwicklung ermöglicht eine wirtschaftliche Stromerzeugung mit Windenergieanlagen inzwischen auch an Schwachwind- und Binnenlandstandorten. Hier kommen Windenergieanlagen mit größeren Anlagendimensionen zum Einsatz. Denn mit jedem Meter, den ein Windrad höher in stärkere und gleichmäßigere Windströmungen gebaut wird, steigt der Stromertrag um rund 1 Prozent. Mit einer Verdoppelung der Flügellänge steigt der Ertrag um das Vierfache (vierfache „Erntefläche“). Die doppelte Windgeschwindigkeit erzeugt den achtfachen Ertrag.

Moderne, für Schwachwind- und Binnenlandstandorte geeignete Windenergieanlagen erreichen inzwischen Gesamthöhen von rund 250 Metern (Nabenhöhe: 166 bis 169 Meter, Rotordurchmesser: 160 bis 163 Meter). Diese Anlagen sind mit Generatorleistungen von 5,5 bis 6 Megawatt ausgestattet. So kann eine Schwachwindenergieanlage jährlich ca. 8 bis 9 Millionen Kilowattstunden Strom erzeugen und damit bis zu 3.000 Haushalte mit einem jährlichen Stromverbrauch von 3.000 Kilowattstunden versorgen.³⁰ Sie leistet damit einen direkten Beitrag zur dezentralen Energieversorgung sowie zur regionalen Wertschöpfung für Zulieferbetriebe und finanziell beteiligte Bürger*innen und Kommunen. 



GENEHMIGUNGSVERFAHREN

WINDENERGIEANLAGEN – DER LANGE WEG BIS ZUM BAU

Die Idee einer Windenergieanlage ist oft schnell geboren – die Umsetzung aber braucht Zeit. Denn eine Windenergieanlage bedeutet einen Eingriff in Natur und Landschaft. Vor dem möglichen Bau einer Windenergieanlage steht deshalb ein langer Prüfprozess und ein strenges Genehmigungsverfahren.³²

Zunächst müssen die möglichen Standorte auf ihre Eignung geprüft werden. Hier sind vor allem die Abstände zur nächsten Wohnbebauung relevant. Moderne Windenergieanlagen in unserer Region haben eine Gesamthöhe von ca. 260 Metern. Mit der Einführung der sogenannten 10H-Regelung 2014 bedeutet dies, dass in Bayern Abständen von ca. 2.600 m zur nächsten geschlossenen Wohnbebauung eingehalten werden müssen. Bei diesen Abständen liegt dann eine sogenannte Privilegierung vor – das heißt Windenergieanlagen sind hier aus Sicht des Gesetzgebers erwünscht. Auch in geringeren Abständen sind Windenergieanlagen

in Bayern jedoch möglich – dazu braucht der Projektentwickler allerdings die Zustimmung des Gemeinde- oder Stadtrats. Mit einer expliziten Ausweisung einer Fläche für Windenergieanlagen können die Kommunalparlamente die 10H-Regelung aushebeln und Windenergie auch in geringeren Abständen zulassen.

Ist ein Standort gefunden – mit entsprechenden Abständen zur nächsten Wohnbebauung – gilt es diesen in Abstimmung mit dem Eigentümer zu sichern. Ist eine Standortsicherung erfolgt, sind weitere Untersuchungen einzuleiten.

Entscheidend für den Ertrag und die Wirtschaftlichkeit einer Windenergieanlage sind die spezifischen Windbedingungen am jeweiligen Standort. In einer ersten Planungsphase werden daher Windgutachten erstellt, auf deren Basis die weitere Planung und Kalkulation der Projekte erfolgt. Grundlage der Windgutachten

sind in der Regel Windmessungen, die über ein Jahr durchgeführt werden, sowie historische Daten benachbarter Anlagen. Durch den Abgleich mit langfristigen Daten erfolgt eine Abschätzung der langfristigen Windbedingungen am Standort.

Seit einigen Jahren haben sich neben dem klassischen Windmessmast mit Anemometer sogenannte Remote Sensing Systeme etabliert. Sie ermöglichen Windprofile (Windgeschwindigkeit und Windrichtung) bis 200 Meter Höhe und darüber hinaus vom Boden aus mit hoher Präzision zu messen, entweder mit Schallwellen („SoDAR“) oder mit Lichtstrahlen („LiDAR“).

Neben der Wirtschaftlichkeit spielt die Vereinbarkeit von Windenergieanlagen mit Natur- und Artenschutz eine entscheidende Rolle. Um hier eine fundierte Aussage zu erhalten, werden an einem geplanten Standort artenschutzrechtliche Untersuchungen über eine gesamte Vegetationsperiode vorgenommen.

Die spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) läuft dabei nach einem definierten Schema ab und prüft die am Standort vorkommenden Arten und deren Vereinbarkeit mit Windenergieanlagen. Diese Untersuchungen erfolgen in enger Abstimmung mit der unteren und der höheren Naturschutzbehörde. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf den sogenannten kollisionsgefährdeten Vogel- und Fledermausarten, aber auch Amphibien und Säugetiere werden bei den Kartierungen berücksichtigt. In diesem Prozess werden auch Ausgleichsmaßnahmen (z. B. Aufhängen von Nistkästen) für die untersuchten Arten definiert.

Nur wenn kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko und keine erheblichen Beeinträchtigungen für die vorkommenden Arten vorliegen, besteht die Möglichkeit, dass ein Windprojekt an dem untersuchten Standort genehmigt werden kann.

Ergibt die saP eine Vereinbarkeit von Windenergieanlagen und Natur- und Artenschutz und ergibt zudem die Windmessung, dass ein

wirtschaftlicher Betrieb möglich ist, kann man in das Genehmigungsverfahren einsteigen.

Große Windenergieanlagen (ab einer Gesamthöhe von 50 Meter) benötigen dabei eine immissionschutzrechtliche Genehmigung. Dieses Genehmigungsverfahren ist ein sogenanntes integrierendes Verfahren. Zusätzliche Genehmigungen, wie zum Beispiel eine Baugenehmigung, sind nicht notwendig, da mit der immissionschutzrechtlichen Genehmigung alle relevanten Belange umfassend geprüft und zusammengefasst werden. Mit dieser Art der Genehmigung wird sichergestellt, dass durch die Errichtung oder den Betrieb der Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) entstehen.

Die zuständige Genehmigungsbehörde (meist das zuständige Landratsamt) prüft dabei diverse Aspekte. Träger öffentlicher Belange werden in diesem Prozess eingebunden.

Abstände

Bei zu geringen Abständen einer Windenergieanlage zur nächsten Wohnbebauung können Beeinträchtigungen entstehen. Um diese zu verhindern oder zu minimieren werden Gutachten angefertigt. Mit einem **schalltechnischen Gutachten** werden die zu erwartenden Schall- und Infraschallbelastungen simuliert. Hier gibt es strenge Grenzwerte nach der Technischen Anweisung Lärm (TA Lärm), welche nicht überschritten werden dürfen. Zudem muss sichergestellt werden, dass es zu keiner „optisch bedrängenden Wirkung“ durch eine Windenergieanlage kommt. Von einer optisch bedrängenden Wirkung spricht man bei Abständen von 2H bis 3H, d. h. der zwei- bis dreifachen Anlagenhöhe. Mit einem **Schattenwurfgutachten** wird geprüft, ob es zu einer möglichen Belästigung durch Schlagschatten kommen kann. Auch hier gibt es strenge Grenzwerte. Ein Grundstück darf maximal 30 Minuten pro Tag und insgesamt nicht mehr als 30 Stunden pro Jahr von Schattenwurf betroffen sein. Ein **Eiswurf-Gutachten** überprüft, ob es zu Gefahren durch Eiswurf am Standort kommen kann.

Messstationen und Flugsicherheitseinrichtungen

Zudem muss ausgeschlossen sein, dass die möglichen Windenergieanlagen ausreichend Abstand zu Messstationen, Richtfunk und Flugsicherheitseinrichtungen einhalten. Zu diesen Messstationen zählen unter anderem Erdbebenmessstationen und Wetterbeobachtungsstationen des Deutschen Wetterdienstes, sowie Flugsicherheitseinrichtungen von Flughäfen und der Bundeswehr. Deshalb werden bei der Genehmigung eines Windprojektes immer die Zivile Luftfahrtbehörde, der Flugbetrieb der Bundeswehr und der Deutsche Wetterdienst als Träger öffentlicher Belange beteiligt.

Naturschutz, Denkmalschutz, Waldrecht

Neben der speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung werden auch die Eingriffe in den Naturhaushalt und in die Landschaft überprüft. Mögliche Beeinträchtigungen können hier zum Beispiel durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen kompensiert werden. Hier wird die zuständige untere Naturschutzbehörde um eine Stellungnahme gebeten.

Auch die Denkmalschutzbehörde wird eingebunden, um eine Einschätzung abzugeben, ob sich das geplante Projekt mit den Belangen des Denkmalschutzes vereinbaren lässt. Bei Windenergieanlagen in Wäldern wird zudem das zuständige Forstamt einbezogen um waldrechtlich relevante Maßnahmen wie zum Beispiel Rodungsmaßnahmen zu prüfen und zu genehmigen.

Ein Weg der sich lohnt

Da für viele Gutachten und Prüfungen lange Betrachtungszeiträume erforderlich sind und das Genehmigungsverfahren sehr intensiv ist, können von der Idee bis zur Umsetzung bis zu fünf Jahre ins Land gehen. Wenn eine Windenergieanlage einmal genehmigt und in Betrieb genommen ist, kann eine moderne Windenergieanlage in unserer Region über mindestens 20 Jahre erneuerbare Energie aus der Region für die Region erzeugen. 🇪🇺





LOHNT SICH DAS?

WIRTSCHAFTLICHKEIT UND ÖKOBILANZ

Die Erwartungshaltung an Windenergieanlagen neuester Bauart sind auch in Schwachwindgebieten und an Binnenstandorten wie dem Süden Bayerns hoch: jährlich circa 8 bis 9 Millionen Kilowattstunden Strom und damit die Versorgung von bis zu 3.000 Haushalten mit einem jährlichen Stromverbrauch von 3.000 kWh. Ob diese theoretischen Werte auch realistisch erreicht werden können, wird durch die Berechnung auf Basis einer Windmessung ermittelt. Dafür wird der Wind auf der geplanten Nabenhöhe des Windrads über einen möglichst langen und damit repräsentativen Zeitraum gemessen, in der Regel über ein ganzes Jahr. Bleiben die Ergebnisse hinter den Erwartungen zurück – insbesondere nach den Wintermonaten, die im Jahresverlauf üblicherweise die windstärksten sind – kann die Messung auch abgebrochen werden. Windenergieprojekte werden nur dann weiterverfolgt, wenn diese Windmessung zu einem guten, d. h. wirtschaftlichen Ergebnis gekommen ist. Nun weht der Wind nicht in jedem Jahr gleich.

Diese Schwankungen von guten und schlechten Windjahren werden bei der Prüfung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Windmessung und die daraus abgeleiteten erwarteten Stromerträge sind sicherlich der entscheidende, wenngleich auch nicht der einzige Einflussfaktor auf die Wirtschaftlichkeit einer Windenergieanlage. Die Höhe der Einnahmen ist schließlich das Produkt aus der eingespeisten Strommenge und der Höhe der Vergütung für jede eingespeiste Kilowattstunde Windstrom, welche per Ausschreibung durch die Bundesnetzagentur ermittelt wird. Aktuell ist in unserer Region eine Vergütung (inkl. Korrekturfaktor und Sicherheitsabschlag) von ca. 7 Eurocent je Kilowattstunde realistisch. Auf der Ausgabenseite stehen einerseits die Planungs-, Genehmigungs- sowie die Bau- und Anlagenkosten, andererseits die jährlichen laufenden Kosten für Wartung, wiederkehrende Prüfungen, Zinsen etc. Für die



geplanten Windprojekte in unserer Region sind bei konservativen Prognosen rund 5 Prozent Eigenkapitalrendite realistisch.

Übrigens hat sich ein Windrad an Land je nach Standort nach drei bis sieben Monaten energetisch amortisiert, d. h. so viel Energie erzeugt, wie zu seinem Bau notwendig war. Berücksichtigt man den gesamten Lebenszyklus, also auch die Energie, die während des Betriebs der Anlage sowie für ihre Entsorgung verbraucht wird, erhöht sich die Amortisationszeit um wenige Monate, bleibt aber weiterhin mit weniger als einem Jahr sehr gering. Der exakte Wert ist abhängig von der Anlagenleistung und -höhe sowie vom Standort. Eine Windenergieanlage kann während ihrer gesamten Lebenszeit (i. d. R. mindestens 20 Jahre) ein Vielfaches der Energie erzeugen, die für Herstellung, Betrieb und Entsorgung aufgewendet wurde. Sowohl Klima- als auch Energiebilanz sind daher eindeutig positiv – im Gegensatz zu fossilen Kraftwerken. Während Wind ein kostenloser „Energieträger“ ist, benötigen fossile Kraftwerke stets eine externe Energiezufuhr in Form von Brennstoffen, um diese mit häufig sehr schlechten Wirkungsgraden in Strom oder Wärme umzuwandeln – wobei die klimaschädlichen Treibhausgase freigesetzt werden.³³

Auch bei Standorten im Wald bleibt die Ökobilanz eindeutig positiv. Gegen Windenergie in Wäldern wird oft die Klimaleistung des Waldes angeführt. Grundsätzlich ist es richtig: Ein Wald bindet CO₂. Auf 1,5 Hektar bewirtschafteten Waldes, das entspricht dem permanenten Flächenbedarf von fünf Windrädern à 0,3 Hektar, werden im Laufe von 20 Jahren etwa 330 Tonnen CO₂ gebunden.³⁴ Das ist ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Aber: Fünf Windenergieanlagen verhindern im Laufe von 20 Jahren dagegen die Freisetzung von knapp 315.000 Tonnen CO₂, weil sie die Emissionen aus klimaschädlichen Energiequellen verdrängen (Annahmen: jährliche Stromproduktion von 8 Mio. kWh je Anlage, Herstellenergie einer Anlage 3.500 MWh, Emissionsfaktor von 401 g CO_{2e}/kWh in 2019³⁵).

Mit der Windenergie sprechen wir übrigens von der flächensparsamsten aller erneuerbaren Energien, ihr Platzbedarf ist mit ca. 0,3 Hektar je Windrad deutlich geringer als viele meinen. Wie bei jedem Bauvorhaben sind auch für den Bau von Windenergieanlagen Ausgleichsmaßnahmen verpflichtend. Das bedeutet für Waldstandorte, dass die dauerhaft für Windenergie gerodeten Flächen wieder aufzuforsten sind. Die Klimaleistung des Waldes wird langfristig also nicht eingeschränkt, sondern vermehrt. 🌲

AUSBAU TROTZDEM MÖGLICH

10H-REGELUNG

Seitdem im November 2014 in Bayern die sogenannte „10H-Regelung“ beschlossen wurde, ist der Ausbau der Windkraft zum Erliegen gekommen. Die Regelung sieht vor, dass der Mindestabstand einer Windenergieanlage (WEA) zur geschützten Wohnbebauung mindestens das Zehnfache ihrer Höhe betragen muss. Mit einer Gesamthöhe einer modernen WEA von heute mehr als 250 Metern ergibt sich ein Mindestabstand von mehr als zwei Kilometern.

Doch 10H bedeutet nicht, dass deshalb unterhalb von 2.000 Metern zur Wohnbebauung keine Windenergieanlagen mehr möglich sind – sie beschränkt lediglich mit ihrem Mindestabstand den Privilegierungstatbestand. Vor der Einführung der 10H-Regelung waren Windräder privilegiert, wenn die emissions- und naturschutzrechtlichen Vorgaben eingehalten wurden. Diese Privilegierung gilt jetzt nur noch für Flächen außerhalb der 10H-Regelung.



Innerhalb dieser Grenze können Kommunen über ihre Bauleitplanung jedoch Ausnahmen bestimmen, indem sie durch einen Bebauungsplan Baurecht schaffen. Konkret heißt das: Sie setzen Gebiete für Anlagen fest, die der Windenergie dienen oder beschließen einen vorhabenbezogenen Bebauungsplan. Dabei sind die Gemeinden

nicht an den 10H-Abstand gebunden, da die Privilegierung nur im unbeplanten Außenbereich eingeschränkt wird, aber keine allgemeingültigen Mindestabstände festschreibt.

Flächennutzungspläne mit Konzentrationswirkung, die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens des Gesetzes am 21. November 2014 bereits bestanden, haben Bestandsschutz: Die Konzentrationsflächendarstellungen gelten unverändert fort, Windkraftanlagen sind auf den Konzentrationsflächen auch innerhalb von 10H privilegiert. Ungeachtet dessen ist grundsätzlich für alle Windenergieanlagen ab 50 Meter Höhe eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung notwendig.

Zuständig ist die Kreisverwaltungsbehörde, bei der auch der Antrag auf Genehmigung einzureichen ist. In einem anlagenbezogenen Genehmigungsverfahren wird das Vorhaben nach sämtlichen relevanten Gesetzesgrundlagen geprüft, vor allem nach Bau-, Immissionsschutz- und Naturschutzrecht (u. a. Lärmschutz, Schutz des Landschaftsbildes, Schutz von Pflanzen- und Tierarten).

Die immissionsschutzrechtliche Genehmigung von Anlagen ist ein integrierendes Verfahren. Mit der Genehmigung werden alle notwendigen öffentlich-rechtlichen Entscheidungen mit erteilt. Eine Genehmigung ist mit einer Rückbauverpflichtung verbunden: Die Windenergieanlage muss nach ihrer Betriebszeit (i. d. R. nach ca. 20 Jahren) rückstandsfrei abgebaut und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden.³⁶ 

BÜRGERBETEILIGUNG

MITMACHEN STATT BETROFFEN SEIN

Wer ein Windrad bauen will, ist gut beraten, die Bürger*innen zu beteiligen – denn das erhöht die Akzeptanz nachweislich: Aus Betroffenen werden Beteiligte. Manche Windenergieprojekte in der Region werden deshalb gleich durch Gemeinden geplant. Das ermöglicht den Bürger*innen als Gemeinschaft von Beginn an am Projekt mitzuwirken und durch die Vermarktung des Stroms anschließend indirekt finanziell zu profitieren. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit einer direkten finanziellen Beteiligung der Anwohnenden am Windrad. Dabei erwerben sie Anteile an der Betreibergesellschaft und können so direkt an den Gewinnen aus dem Anlagenbetrieb teilhaben. Renditen von ca. 5 Prozent auf das eingebrachte Kapital sind bei Windenergieprojekten in unserer Region durchaus realistisch.

Das EEG 2021 – Ein (kleiner) Schritt Richtung lokale Teilhabe

Die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) macht seit Anfang 2021 eine weitere Form der finanziellen Beteiligung möglich.

Darin heißt es: *„Betreiber von Windenergieanlagen an Land, die einen Zuschlag für ihre Anlage erhalten, dürfen den Gemeinden, die von der Errichtung der Windenergieanlage betroffen sind, Beträge durch einseitige Zuwendung ohne Gegenleistung von insgesamt 0,2 Cent pro Kilowattstunde für die tatsächlich eingespeiste Strommenge (...) anbieten.“³⁷*

Diese Regelung wird von zahlreichen Verbänden für erneuerbare Energien als zu niedrig und zu schwach kritisiert. Gegen ein höheres Maß an Zuwendungen an die Kommunen hat die Bundesregierung jedoch verfassungsrechtliche Bedenken. Ein weiterer Kritikpunkt ist die

Freiwilligkeit des Angebots durch private Investoren und die Abhängigkeit vom Verhandlungsgeschick der Kommunen. Denn obwohl mit dem Klimaschutzprogramm 2030, das die Bundesregierung im Oktober 2019 beschlossen hat, ursprünglich eine verpflichtende finanzielle Beteiligung betroffener Kommunen an den Gewinnen aus Windenergieanlagen in ihrem Gemeindegebiet eingeführt werden sollte, ist nur eine freiwillige Zuwendung von maximal 0,2 Eurocent je Kilowattstunde geblieben.³⁸

Bürgerbeteiligung ist mehr als „nur“ finanzielle Teilhabe

Bürgerbeteiligung kann und muss aber nicht nur über die finanzielle Teilhabe gelebt werden. Dieser gehen nämlich idealerweise die Information, Mitwirkung und Mitgestaltung durch die lokale Bevölkerung während der Projektentwicklung voraus.

Werden Bürger*innen aktiv in den Planungsprozess involviert, kann dies das Vertrauen in die Projektinitiatoren und -beteiligten fördern und das Gerechtigkeitsempfinden insgesamt stärken. Insbesondere das Verständnis der ökologischen sowie auch der ökonomischen Vorteile durch das Projekt für die Region und alle betroffenen und beteiligten Bürger*innen kann über eine frühzeitige Partizipation bestmöglich vermittelt werden. Und schließlich werden im Idealfall aus Betroffenen nicht nur Beteiligte, sondern vielleicht sogar (aktive) Befürworter*innen. 





EIN ÜBERSCHÄTZTES PROBLEM

VOGELSCHLAG

Die exakte Zahl der Vögel, die an Windrädern verunglücken, ist sehr schwer zu bestimmen. „Irgendwo zwischen 10.000 und 100.000 pro Jahr“ liegt die tatsächliche Zahl der getöteten Vögel nach Einschätzung von Hermann Hötter vom Michael-Otto-Institut im Naturschutzbund Deutschland (Nabu).³⁹ Das ergibt eine Quote von ein bis zwei Vögeln pro Anlage und Jahr (im Offenland). Sicher ist jedoch: Glasscheiben, Autos, Hochspannungsleitungen oder Katzen sind eine viel größere Gefahr für viele Tiere.

In Deutschland sterben mindestens 18 Millionen Vögel durch Vogelschlag an Glas jährlich. Durch Stromleitungen sterben jährlich 1,5 bis 2,8 Millionen Vögel (NABU-Studie 2017⁴⁰). Jährlich ertrinken in Nord- und Ostsee insgesamt etwa 100.000 bis 200.000 Seevögel in Stellnetzen. Pro Streckenkilometer an der Bahn kommt es im Jahr zu 0,29 bis 61 Vogelschlägen (v. a. Eulen und Greifvögel, auch Fledermäuse).

Das Insektensterben durch Pestizide gefährdet 80 Prozent aller Vogelarten, da diese Insektenfresser sind. Acht Millionen Katzen in Deutschland töten viele Millionen Vögel.⁴¹

Von besonderer Bedeutung ist, inwieweit Windenergieanlagen eine Gefahr für besonders bedrohte Vogelarten wie zum Beispiel den Rotmilan darstellen. Bei der Zulassung und Ausführung von Windenergieanlagen sind die Auswirkungen auf europarechtlich geschützte und auf national gleichgestellte Arten zu prüfen. In Deutschland liegen die in § 44 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) festgeschriebenen Zugriffs- und Tötungsverbote zugrunde. Die Prüfung, ob einem Standort für eine Windenergieanlage die artenschutzrechtlichen Verbote nach § 44 BNatSchG entgegenstehen, wird als spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) bezeichnet und ist zwingend für jede Windenergieanlage durchzuführen.

Die Wahl des richtigen Standortes ist also sehr entscheidend für eine naturverträgliche Windenergie. Falls dennoch bedrohte Tiere in die Nähe von Windparks ziehen, wird zum Beispiel mit Futter gearbeitet, um die Tiere von den Anlagen wegzulocken. Darüber hinaus kann auch eine spezielle Detektionstechnik an den Windrädern selbst nachgerüstet werden, die erkennt, wenn ein Vogel angeflogen kommt.

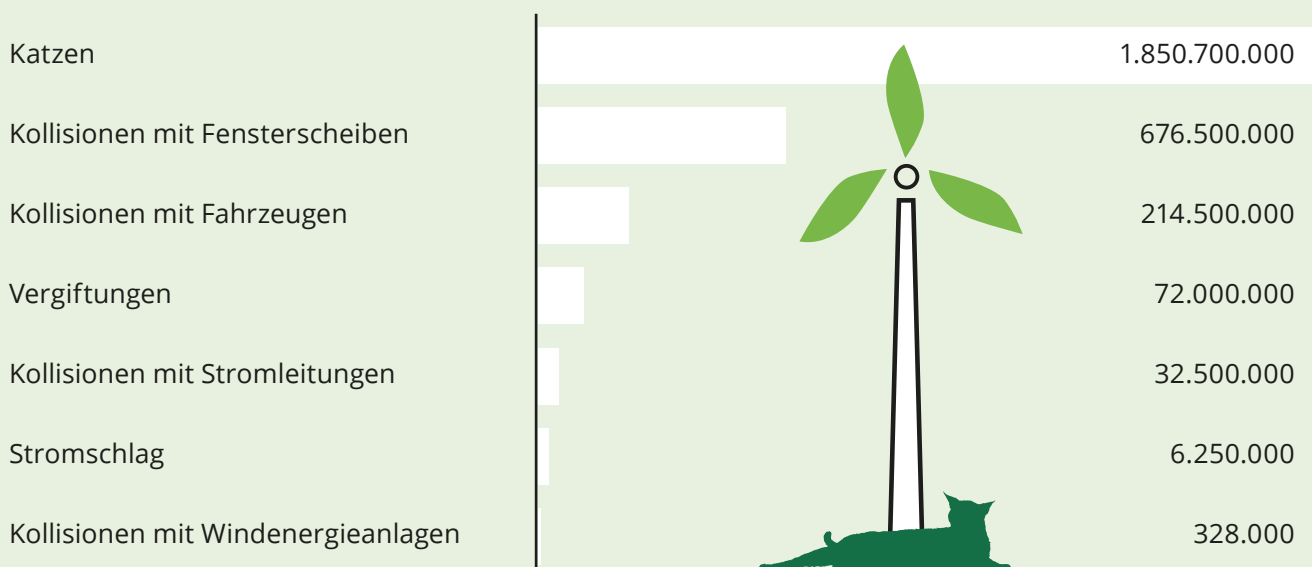
Diese Technik findet bei der Offshore-Windenergie bereits Einsatz und erkennt per Radar oder Kamera, wenn einzelne Vögel oder ein ganzer Vogelschwarm sich der Anlage nähern, und verlangsamt oder stoppt die Rotorblätter, so dass Kollisionen vermieden werden. Ob sich diese Technik im Onshore-Bereich durchsetzen wird, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit, da sie einerseits relativ teuer ist und andererseits durch zusätzliche Anlagenstillstände zu

niedrigeren Stromerträgen führt. Zum Schutz der Avifauna, die sich erst nach Inbetriebnahme der Windenergieanlagen in deren Umfeld angesiedelt hat, kann die Vogeldetektionstechnik eine charmante Lösung darstellen.⁴²

Bisher nicht weiter wissenschaftlich untersucht wurden Beobachtungen aus dem Kreis Gütersloh in Nordrhein-Westfalen. Dort montierte ein Windradbesitzer Brutkästen für Wanderfalken an ein Windrad – mit doppeltem Erfolg. So hat einerseits ein dort brütendes Paar bereits mehrfach Nachwuchs bekommen, wie laut Medienberichten durch die Gütersloher Naturschutzfreunde beobachtet werden konnte. Andererseits vertreiben die Wanderfalken kollisionsgefährdete Arten wie etwa den Rotmilan aus ihrem Revier, wodurch sich die Gefahr des Vogelschlags bei diesen Arten weiter minimieren ließe.⁴³ 

Was sind die häufigsten Todesursachen von Vögeln?

Geschätzte jährliche Vogelsterblichkeit in den USA aufgrund ausgewählter anthropogener Ursachen



(Quelle U.S.: Fish and Wildlife Service)



GERINGER ALS GEDACHT

FLÄCHENVERBRAUCH

Eine Windenergieanlage beansprucht im Betrieb vergleichsweise wenig Platz: im Schnitt deutlich weniger als ein halbes Fußballfeld. Je nach Gelände und Anlagentyp kann der Flächenbedarf zwischen 0,15 bis 0,5 Hektar je Anlage variieren, typischerweise liegt der dauerhafte Flächenverbrauch bei 0,3 Hektar je Anlage. Davon entfallen ca. 0,04 Hektar versiegelte Fläche auf das Fundament und ca. 0,23 Hektar verdichtete Fläche auf Kranstellflächen und Wege. Das Umfeld der Windenergieanlage steht weiterhin für eine land- oder forstwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung.

Für die Bauphase wird temporär mehr Fläche benötigt: rund 0,2 bis 0,25 Hektar, die nach Fertigstellung der Anlage aber wieder ihrer ursprünglichen Nutzung zugeführt werden. Waldflächen, die für die Errichtung von Windenergieanlagen gerodet wurden, werden demnach an gleicher Stelle wieder aufgeforstet. Darüber hinaus sind für die dauerhaft beanspruchten Flächen Ersatzaufforstungen an anderer Stelle zwingend vorgeschrieben.

Nach Auskunft des Umweltbundesamtes wird im Braunkohletagebau *täglich* eine Fläche von 1,6 Hektar abgebaggert. Daraus lässt sich jedoch keine Aussage über die daraus erzeugte Strommenge ableiten. Fakt ist jedoch, dass innerhalb der regenerativen Energien die Windenergie die höchste Ausbeute erreicht: Auf den erwähnten 0,3 Hektar Fläche erzeugt ein Windrad 8 bis 9 Millionen Kilowattstunden pro Jahr. Photovoltaik erreicht diese Energiemenge mit ca. 4,3 Hektar Kollektorfläche (auf 8 bis 12 Hektar Gesamtfläche) und Biomasse braucht dafür eine Anbaufläche von ca. 600 Hektar. In anderen Worten: Die Windenergie ist die mit Abstand flächeneffizienteste erneuerbare Energieform. 



VERSCHATTUNG

VORSCHRIFTEN FÜR DAS LICHT

Windenergieanlagen sind hohe Bauwerke, die je nach Wetter einen langen bewegten Schatten auf umliegende Gebäude werfen, der mit dem Sonnenstand wandert. In welchem Ausmaß dies jeweils der Fall ist, wird im Genehmigungsverfahren durch eigens für die betroffenen Immissionsorte ausgearbeitete Schattengutachten untersucht.

Der Schatten einer Windenergieanlage befindet sich über die längste Zeit eines Tages im Nahbereich der Anlage (< 800 Meter), wo sich wiederum in der Regel keine Wohnbebauung befindet, sodass es hier selten zu unzulässigen Belästigungen kommt. Ein 200 Meter hohes

Windrad auf einer horizontalen Fläche kann nach Osten und Westen hin einen Schatten von maximal 1.400 Metern werfen, wobei der Schatten mit zunehmender Entfernung immer diffuser wird.

Beschattungszeiten von maximal 30 Stunden pro Jahr und höchstens 30 Minuten pro Tag gelten als nicht erheblich belästigend. Werden die zulässigen Werte an einem einzelnen Immissionsort (z. B. Wohnhaus, Terrasse) überschritten, muss eine Schattenabschaltvorrichtung eingebaut werden, die meteorologische Parameter berücksichtigt. 





STAND DER FORSCHUNG

INFRASCHALL

Infraschall und tieffrequente Geräusche sind allgegenwärtiger Teil unserer technischen und natürlichen Umgebung. Diverse Studien haben gezeigt, dass eine körperliche Wahrnehmung von Infraschall bei sehr niedrigen Frequenzen (unter 16 Hertz) erst ab ca. 90 Dezibel möglich ist. So können z. B. Föhnwinde, schwerer Seegang oder aber auch das Abrollgeräusch von PKW- oder LKW-Reifen einen Schalldruck von über 100 dB erreichen. Die Insassen eines fahrenden PKW sind etwa 120 Dezibel ausgesetzt (bei 20 Hertz).^{44 45}

Die Schalldrücke von Windenergieanlagen im Infraschallbereich sind viel zu niedrig, um einen physikalischen Effekt (z. B. eine Schädigung des Innenohrs) auszulösen. Schon in 150 Meter Entfernung ist der von ihnen ausgehende Infraschall nicht mehr wahrnehmbar. Es gibt keinen wissenschaftlichen Nachweis einer schädlichen Wirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmbarkeitsgrenzen.

Von Windkraftgegnern werden in diesem Kontext gerne Studien genutzt, die auf den

ersten Blick ihre kritische Haltung gegenüber Windrädern zu bestätigen scheinen. Hier ist es wichtig, sich genauer mit den Studien und ihren Ergebnissen zu beschäftigen. So werden beispielsweise die Forschungsergebnisse von Professor Christian-Friedrich Vahl, bis 2020 Direktor der Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, als Beleg für die Gefährlichkeit von Infraschall herangezogen. In seinen Versuchen an isolierten Herzmuskelzellen hat dieser bei Schalldrücken über 100 Dezibel Effekte festgestellt. Ein Windrad liegt weit unter diesem Wert. Die Studie von Professor Vahl endet mit der Empfehlung, einen Schalldruckgrenzwert von 80 Dezibel bei dauerhafter Exposition zu etablieren.^{46 47}

Dieser Grenzwert von 80 Dezibel deckt sich mit dem Wert, über dessen verbindliche Einführung diskutiert wird. Für Windenergieanlagen wäre dieser Grenzwert unproblematisch – für die Autohersteller jedoch eine Katastrophe. Bereits mit fünf Minuten

Autobahnfahrt bei moderater Geschwindigkeit liegt die Infraschall-Tagesbelastung bei 80,4 Dezibel. Die Uni Bayreuth hat die Intensität des Infraschalls bei einer Autofahrt mit einem typischen Mittelklassewagen mit der eines Windrads in Harsdorf verglichen: Bei 3,5 Stunden Autofahrt wurden die Insassen dabei einer Infraschallenergie ausgesetzt, die 10.000 Tagen (über 27 Jahre!) Aufenthalt in 300 Meter Abstand zu dem Windrad entsprechen.⁴⁸

Für die Bewertung des Infraschallrisikos im Zusammenhang mit Windenergieanlagen ist festzuhalten, dass Infraschall nicht gleich Infraschall ist. Ganz entscheidend sind Frequenz und Schalldruck. Bei Windenergieanlagen

werden die Grenzwerte für Infraschall leicht eingehalten, sie können dagegen im PKW-Innenraum erheblich höher sein.

Die vereinzelt aufkommenden, anekdotischen Erzählungen von Menschen, die in der Nähe von Windparks leben und beispielsweise seit Inbetriebnahme der Windräder über Schlafprobleme klagen, werden also von der Wissenschaft nicht gestützt. Hier legen mehrere Studien andere, nämlich psychologische Ursachen nahe: So kann allein die unbegründete Angst vor unhörbaren Effekten tatsächlich krank machen kann – man spricht vom sogenannten „Nocebo-Effekt“. 

KEIN GROSSES RISIKO

HAVARIEN

Mittlerweile drehen sich deutschlandweit knapp 30.000 Windenergieanlagen – die Meldungen über Brände, abgeknickte Rotorblätter oder gar Anlagenumstürze sind aber vergleichsweise selten. 2018 hat es 19 Fälle von Havarien von Windenergieanlagen gegeben, also bei weniger als einem Promille aller Anlagen.

Damit es zu keinen gefährlichen Störungen kommt, haben Anlagenbetreiber hohe Anforderungen zu erfüllen, auch sind kontinuierliche Wartungen und wiederkehrende Prüfungen vorgeschrieben. Die Windenergieanlagen sind nach den Richtlinien des Deutschen Instituts für Bautechnik regelmäßig zu überprüfen: alle zwei bis vier Jahre die Standsicherheit, alle sechs Monate die elektrischen Anlagen.

Windenergieanlagen werden im Betrieb permanent durch zahlreiche Rauchmelder und

Temperaturfühler überwacht und bei Störungen abgeschaltet. Mitunter finden auch Anlagen zur Brandbekämpfung wie automatische Löscheinrichtungen Einsatz.

Schäden durch Blitzschlag können durch ein integriertes Blitzschutzkonzept weitestgehend vermieden werden. Ein Brand einer modernen Windenergieanlage ist folglich sehr selten. Durch getriebe(öl)freie Anlagen ist die Brandlast weiterhin reduziert, der Anteil brennbarer Stoffe ist gering und es werden keinerlei brennbare Flüssigkeiten an oder in der Anlage gelagert.

Um bei Starkwind im Anlagenbetrieb zu hohe Drehzahlen zu vermeiden, werden die Rotorblätter „gepitcht“, das heißt aus dem Wind gedreht, sodass sie sich automatisch verlangsamen.^{49 50} 

LANDSCHAFT

Windenergieanlagen greifen, anders als fossile Energien wie der Kohleabbau, nicht tief in die Strukturen von Landschaften ein. Sie verändern aber ihr Erscheinungsbild. Daher spielt in der Frage, ob in den verschiedensten Regionen Deutschlands Windräder errichtet werden sollten, neben dem Klimawandel und der Energiewende das Thema Landschaft die wohl wichtigste Rolle. Dabei treffen nicht nur Meinungen, sondern verschiedene Verständnisse aufeinander, was mit „die Landschaft“ bezeichnet wird. Das liegt daran, dass es in Sprache, Geschichte, Wissenschaft und selbst in Gesetzen verschiedene Sichtweisen von Landschaft gibt. Sie sind alle legitim, nur wenn sie vermischt werden, erschwert das eine sachliche Diskussion.

Landschaft als Alltagsraum und Lebenswelt

Der Blick aus dem Fenster, der Spaziergang am Feierabend, der Freiraum für tägliche Bewegung und Erlebnisse, die Freizeit, der Sport: Für all dies sollte Landschaft offen, frei zugänglich und erreichbar sein. Die Bestandteile der Landschaft sollten in einem harmonischen und ausgeglichenen Verhältnis zueinander stehen und zusammen eine Eigenart besitzen, sagt das Europäische Landschaftsübereinkommen. Landschaft ist in diesem Sinne grundsätzlich überall und sie verändert sich. Und auch im Baugesetzbuch und im Raumordnungsgesetz ist vom „Orts- und Landschaftsbild“ insgesamt die Rede, das geschützt, aber auch entwickelt werden soll.

So soll durch Windräder keine „optisch bedrängende Wirkung“ entstehen, der Abstand zu Wohnorten mindestens das Zwei- bis Dreifache der Anlagenhöhe betragen. Ansonsten wird davon ausgegangen, dass Windenergieanlagen heute allgemein zur Landschaft gehören können. Eine erhebliche Beeinträchtigung liegt nur vor, falls es „dem Orts- oder Landschaftsbild in ästhetischer Hinsicht grob unangemessen ist und auch von einem für ästhetische Eindrücke offenen Betrachter als belastend empfunden wird.“ (Bundesverwaltungsgericht)

Bilderbuch-Landschaften

Landschaft wie ein Gemälde, Landschaft wie erhabene Natur: dafür soll Landschaft naturnah, wenig durch visuell störende Objekte „vorbelastet“ sein und sich für die naturbezogene Erholung eignen. Nach diesem Verständnis gibt es „Bilderbuch-Landschaften“, „Normal-Landschaften“ und sogar „nichtssagende Gegenden“. Dieses Landschaftsverständnis bezieht sich auf das Naturschutzgesetz, nach dem Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft geschützt werden. Dann ist das Landschaftsbild ein Schutzgut, das nach Wertstufen – im Bayerischen Windenergieerlass sind es vier – unterschieden werden kann.

Mit der Eingriffsregelung des Naturschutzgesetzes, nach der je nach Wertstufe des Landschaftsbildes geringe bis hohe Kompensationszahlungen zu leisten sind, sollen Windräder aus „Bilderbuch-Landschaften“ ferngehalten und in „vorbelasteten Gebieten“ konzentriert werden.

Landschaft als Natur und Umwelt

Landschaft als Ökosystem, Landschaft als Umwelt: Ein zusammenfassender Blick auf einen Ausschnitt der Erdoberfläche soll menschliches Tun und den damit verbundenen Zustand der Natur erfassen. In der Wissenschaft, der Planung und auch der Politik werden so komplexe ökologische Systeme geordnet, um Entscheidungen treffen zu können. Dabei geht es bei Entscheidungen zu erneuerbaren Energien grundsätzlich darum, wo die Grenzen des Systems Landschaft gezogen werden, denn der Zustand von Natur und Umwelt kann sowohl global als auch lokal betrachtet werden.

Windräder können am konkreten Ort als Belastung von Natur und Umwelt gesehen werden, aber national und global auch als wesentlicher Beitrag zur Vermeidung von Natur- und Umweltschäden durch den Abbau fossiler Brennstoffe und den Klimawandel.



Landschaft als Erzählung

Landschaften entstehen erst in den Köpfen der Menschen und sind dort auch mit sinnstiftenden Erzählungen – „Narrativen“ – verbunden. Diese Erzählungen haben Einfluss auf die Art, wie die Umwelt wahrgenommen wird. Sie transportieren Werte und Emotionen, unterliegen aber auch dem zeitlichen Wandel (Wikipedia). Beispiele für Narrative, die in der Diskussion um Windräder in Wäldern eine Rolle spielen dürften, sind allgemein der „Der deutsche Wald“, die literarische Vorstellung „Im Märchenwald“, aber auch „Die grüne Lunge“ und „Das Waldsterben“. Selbst „Die nachhaltige Forstwirtschaft“ ist heute ein solches Narrativ. Regionale Narrative, die unsere Wahrnehmung beeinflussen, sind beispielsweise „Das Herz des Landkreises“ oder „Die weiße Frau“.

Auch In der Diskussion zur Energiewende und zu Windrädern spielen Erzählungen eine Rolle: „Hambi lebt“ als Narrativ gegen den Kohleabbau im Rheinland, eine Autobahn mit Windrädern als „Energie-Allee“, überhaupt der Begriff „Windpark“ und auch die Erzählungen vom Widerstand gegen „Großflughafen“ in den Forsten Hofolding und Ebersberg. Windräder können also überlieferten Narrativen entgegenstehen, aber auch neue sinnstiftende Erzählungen über Landschaft begründen. Beide können Emotionen zum Ausdruck bringen, aber auch Sachargumente verdrängen.

Gebietscharakter und Landschaftsbild

Bedeutet Windräder eine „Industrialisierung“ eines naturnahen Landschaftsbildes? Industrialisierung bezeichnet die massenhafte Herstellung von Produkten mittels Maschinen, zugleich die Anpassung der Umwelt – Natur, Landschaft, Städte – und die Anpassung des Menschen – Individuum, Gesellschaft – an die Regeln dieser Produktionsweise. Nach dieser Definition sind auch Wälder heute schon an dieser Produktionsweise ausgerichtet. Das in vielen Wäldern der Region beherrschende Raster aus Geräumten und das Erscheinungsbild der dazwischen liegenden Waldquadrate ist nicht für Spaziergänger und Radfahrer geschaffen, auch nicht für die Bäume oder Tiere, sondern für eine effektive Bewirtschaftung. Trotzdem würden wir die Wälder Oberbayerns nicht als Industrielandschaft bezeichnen, weil die Förster nicht gegen,

sondern möglichst mit der Natur arbeiten und die Kräfte der Natur – Jahreszeiten, Borkenkäfer, Stürme – vom Menschen nicht vollständig kontrolliert werden können.

Das trifft auch auf die Nutzung der Windenergie zu. Daher kann man sie durchaus als Gegenteil von Industrieanlagen anschauen. Allerdings werden die Windräder immer größer – das weist auf eine industrielle Regel hin. Es lässt sich also sowohl sagen, dass unsere Wälder ein Teil unserer Industrielandschaft sind – aber auch das Gegenteil davon. Beides gilt dann aber für einen Wald mit und ohne Windräder.

Gebietscharakter und Erholung

Die regionalen Waldgebiete in Deutschland werden zur Erholung aufgesucht, weil sie gegenüber den Siedlungen und auch der landwirtschaftlichen Flur eine andere räumliche Qualität bieten. Die heutigen Lücken und Schneisen in den bewirtschafteten Wäldern von der Ostsee bis zu den Alpen stellen keine Beeinträchtigung für die Erholung dar, weil sie die Erreichbarkeit und den Naturgenuss für viele Menschen erst ermöglichen und außerdem Abwechslung und Orientierungspunkte bieten. Das kann auch für Windräder gelten, wenn sie für einen Teil der Bevölkerung als Wanderziel und für das Erleben der Naturkräfte des Windes als attraktiv erlebt werden. Für einen anderen Teil der Bevölkerung können sie den Naturgenuss stören. Da Windräder im Wald jedoch oft nur in einem sehr kleinen Teil überhaupt wahrnehmbar – zu sehen, zu hören – sein werden, wird der Gebietscharakter aus Erholungssicht in einem Teil deutlich verändert, aber insgesamt sicher nicht zerstört.

Von außen gesehen, also auf Wegen und Straßen zum Forst, ist für den Erhalt des Gebietscharakters ausschlaggebend, ob das Gebiet als „Wald, mit Windrädern“ oder als „Windräder, im Wald“ erscheint, ob also das große geschlossene Waldgebiet oder die Windräder dominieren. Deswegen sollte die Zahl der Anlagen stets sehr begrenzt und ein großer Abstand zum Waldrand eingehalten werden, weil so eine visuelle Dominanz vermieden wird. 



WAS MÖGLICH IST – UND WAS NOCH NICHT

RÜCKBAU UND RECYCLING

Moderne Windenergieanlagen lassen sich fast vollständig verwerten: 80 bis 90 Prozent der Komponenten können wiederverwertet werden, da für fast alle in den Komponenten verwendeten Materialien geeignete Recyclingverfahren bestehen.

Rund 80 Prozent der Windenergieanlage bestehen aus Stahl und Beton, die vollständig in den Nutzungskreislauf zurückgeführt werden können. Dies ist einerseits der Turm, sofern in der typischen Hybridbauweise aus Stahlbeton und Stahl errichtet, und andererseits das Fundament, das rückstandslos aus dem Boden beseitigt wird.

Die Rohstoffe daraus werden üblicherweise in der Baubranche wiederverwertet.

Auch die eingesetzten Metalle für die Anlagenelektronik und den Generator, z. B. Kupfer oder Aluminium, können recycelt werden. Die für die Gondel und die Rotorblätter eingesetzten Verbundwerkstoffe aus Glas- oder Kohlefasern und Kunstharzen werden auf Grund des derzeit geringen Aufkommens meist thermisch verwertet, wobei die Asche mittlerweile sehr häufig als Ersatz für andere Rohstoffe in der Zementindustrie eingesetzt wird. An hochwertigen Recyclingmöglichkeiten für die Verbundwerkstoffe wird derzeit intensiv geforscht. Mit zunehmenden Mengen durch außer Betrieb gehende Altanlagen ist langfristig mit wirtschaftlichen und ökologischen Recyclingwegen zu rechnen.⁵¹ 



AUF DEN ENERGIE-MIX KOMMT ES AN

KEINE ANGST VOR DER DUNKELFLAUTE

Es ist ein beliebtes Schreckensszenario, mit dem die Gegner*innen erneuerbarer Energien Verunsicherung verbreiten: Der Kampfbegriff der „Dunkelflaute“. Dahinter steckt eine Bezeichnung für Phasen, in denen weder der Wind weht, noch die Sonne scheint und deshalb die Energieversorgung in ganz Deutschland, sofern sie sich nur auf die erneuerbaren Energien verlässt, zusammenbricht. Das klingt auf den ersten Blick einleuchtend, ist aber falsch.

Denn natürlich verlässt sich die Energie-

wende nicht nur auf zwei Energiequellen. Sie ist ein Mix aus verschiedensten Arten der Energieerzeugung – wie es übrigens der Strom aus der Steckdose schon immer war. Denn auch vor dem Ausbau von Wind- und Sonnenenergieanlagen bestand unser Strommix über Jahrzehnte hinweg aus verschiedensten Energieträgern: Steinkohle, Braunkohle, Atomenergie und immer schon der Wasserkraft, wie Ausflügler an den Kochelsee oder die Einwohner Grafings wissen dürften.



Für die Energiewende werden die fossilen und andere endliche Energieträger durch regenerative Energiequellen ersetzt. Zu den letzteren zählen nicht nur der Wind und die Kraft der Sonne, sondern auch Biomasse, Wasserkraft und – sofern regional möglich – die Geothermie. Die drei letztgenannten sind dabei bereits von sich aus grundlastfähig, d. h. sie können dauerhaft Strom bereitstellen.

Noch weitestgehend ungenutzt – vor allem in der Industrie – ist das Potenzial des Lastmanagements. Dabei werden Prozesse, für die Strom benötigt wird, an die bereitgestellte Menge Strom angepasst, wodurch die Spitzenlast besser verteilt werden kann. Unterstützt wird das Lastmanagement durch die Weiterentwicklung von Speichertechnologien. Dazu gehören unter anderem Batteriespeicher, wie sie in den letzten Jahren immer häufiger in Privathäusern in Kombination mit Photovoltaikanlagen zu finden sind, und Power-to-Gas-Anlagen, in denen überschüssiger grüner Strom

in grünen Wasserstoff gewandelt wird, der anschließend gelagert und nach Bedarf wieder in Energie rückgewandelt werden kann.

Ein wesentlicher Bestandteil im Zusammenspiel der erneuerbaren Energien sind virtuelle Kraftwerke. Das sind keine Kraftwerke im herkömmlichen Sinn, sondern Computersysteme, die regional die Stromeinspeisung aus verschiedenen Quellen der regenerativen Energie steuern, regulieren und ein Bündel an Anlagen so moderieren, dass der Strom wie durch ein herkömmliches Kraftwerk erzeugt eingespeist werden kann.

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien muss sich also niemand vor einer Dunkelflaute fürchten. Wichtig ist aber genau das: der Ausbau. Dass die erneuerbaren Energien im jetzigen Ausbauzustand die Energieversorgung in Deutschland nicht alleine tragen können, bestreitet niemand. Mit einem konsequenten Ausbau versetzen wir sie aber in die Lage genau das zu schaffen. 



LEA STEINER IM INTERVIEW MIT HANS ZÄUNER

WIE LEBT ES SICH MIT EINEM WINDRAD?

Warum gibt es ein Windrad in Bruck?

Die Idee zu dem Windradl ist zufällig entstanden. Das war beim Kinderfasching 2011 in Alxing, da waren ein Tischerl Väter beieinander gesessen und haben geratscht und ein Bier getrunken und diskutiert. Dann sind wir zufällig draufgekommen, dass wir im Thema Energie ähnliche Gedanken haben und da ist die Grundidee zu dem Windradl entstanden. Daraus ist es dann weitergegangen, dass wir geschaut haben, wo wäre der richtige Platz – wenn wir ein Windrad bauen wollten, dann muss der Stand-

ort natürlich bei uns in der Heimat sein und nicht woanders, und so sind wir auf den Platz da gekommen. Wir haben mit allen Nachbarn geredet, ob sie dabei wären, wenn wir miteinander sowas machen, und so ist das Ganze entstanden.

Bereust du das?

Nein, absolut gar nicht. Ich werde oft gefragt, ob ich das nochmal machen würde. Dann sag ich immer „Ja“.

Gibt's schon einen Plan für ein zweites Hamburger Windrad?

Wir haben hier keinen Platz für ein zweites. Aber wir helfen woanders, wenn man uns anfragt.

Wie viel Widerstand gab es? Und warum?

Es gab natürlich Widerstand, aber jetzt nicht unmittelbar von den Nachbarn, sondern ein bisschen weiter außenrum. Es hat sich eine Bürgerinitiative gegründet, ich weiß jetzt nicht mehr genau mit wieviel Unterschriften, ich glaub 300 haben sie gesammelt, aber alle aus weiterer Entfernung.

Da sind auch ziemliche Horrorszenarien verbreitet worden, zum Beispiel dass die Kinder nicht mehr schlafen können, mit der Folge, dass sie schlecht sind in der Schule. Lauter solches Zeug ist verbreitet worden. Auch dass zum Beispiel die Kühe keine Milch mehr geben, dann haben wir keine Nahrungsmittel mehr. Die Frauen werden unfruchtbar und und und. Aber das hat sich alles nicht bewahrheitet und es hat sich ein Teil der Gegner auch bei mir entschuldigt.

Die Leute haben Angst vor Veränderungen, vor was Neuem. Und jetzt sehen es bei uns zumindest die Leute ganz anders. Mit den Nachbarn war es sowieso klar, dass sie es wollen. Wir haben eine Menge Infofahrten gemacht, sonst hätte ich es ja nie gestartet, wenn die Leute das nicht wollten.

Wie lange habt ihr für den Bau dieses Windrades gekämpft?

Geplant ist ja sowas relativ schnell. Aber bis wir dann die Genehmigung gehabt haben und bis wir soweit waren, dass wir bauen dürfen, das hat dann rund fünf Jahre gedauert. Der Bau selbst dauert dann ein Vierteljahr, dann ist das Ganze fertig. Aber bis es soweit war – Klagen haben wir bekommen, wir waren ein paarmal vor Gericht. Es ist dann glücklicherweise alles abgewiesen worden, so dass wir dann bauen durften. Die ganzen Ausgaben hat die Bürgerinitiative bezahlen müssen, die geklagt hatte.

Wie schauen die Bürgerbeteiligung und der Ertrag bei euch aus?

Unser Windrad gehört 16 Nachbarsfamilien zusammen und wir haben pro Jahr ungefähr dreieinhalb Millionen Kilowattstunden. Das letzte Jahr war jetzt wieder schlechter, das Jahr davor war stärker, die Schwankungen beim Ertrag sind bei Wind stärker als bei der Sonne. Photovoltaikanlagen haben rund 2.000 Sonnenstunden im Jahr, beim Wind haben wir jetzt rund 7.700 Betriebsstunden.

Rentiert sich die Anlage bei euch?

Selbstverständlich muss sich die Anlage rentieren, sonst könnte ich wegziehen. Wenn das eine negative Geschichte wäre, könnte man ja keine Leute und keine Nachbarn begeistern mitzumachen. Natürlich wird man nicht reich, aber dass das alles nicht funktioniert, stimmt hinten und vorne nicht, wenn immer erzählt wird, dass sich das nicht rechnet. Natürlich ist das jetzt nicht so eine Wahnsinnsrendite wie wenn man die Radl an der Ostsee oder Nordsee hat. Aber wir wohnen eben im schönen Bayern und wir brauchen den Strom in Bayern – hier bei uns und von uns erzeugt. Wasserkraft wäre auch eine super Sache, aber wir haben kein Wasser im Landkreis Ebersberg. Außer Sonne, Wind und Biomasse haben wir nicht viel Möglichkeiten. Geothermie vielleicht noch, für die Wärme.

Was denkst Du über die Energiewende?

Dass wir an unserer Energiegewinnung was ändern müssen, da besteht kein Zweifel. Wir haben wie gesagt keine anderen Möglichkeiten als Sonne und Wind und Biomasse. Es wird nur im Gesamten funktionieren, mit einem gesunden Mix aller regenerativen Energien. Sonst werden wir das Ganze mit unserer Lebensgrundlage, mit unserer Welt nicht hinbekommen, wenn wir die weiter so ausbeuten wie jetzt. 



WERDEN SIE ENERGIE-EFFIZIENZ-CHAMPION

SEHEN – VERGLEICHEN – SPAREN

Dauerhaft Energiesparen ist ein wenig wie mit dem Abnehmen: Die guten Vorsätze sind da, aber im Trott des Alltags widersetzen sich Kilos und Kilowattstunden hartnäckig einer Trendwende nach unten. Wie erreichen wir trotz aller Versuchungen unser Ziel – sei es unser Traumgewicht oder eine erfreulich reduzierte Heizkosten- und Stromrechnung, verbunden mit dem guten Gefühl, etwas für den Klimaschutz getan zu haben?

Sehen: Machen Sie mittels einer Bestandsaufnahme Ihre Verbrauchsdaten für Heizenergie, Strom und Wasser sichtbar! Dazu können Sie ganz konventionell mit Stift und Papier Buch führen oder die Verbrauchsdaten mit geeigneter Software kontrollieren. Über die Suche „Energieverbrauch kontrollieren“ finden Sie im Internet kostenlose „Werkzeuge“, von der einfachen Excel-Liste bis zur umfangreichen EnergieCheck-App von co2online.

Vergleichen: Indem Sie Ihre Verbrauchsdaten an denen ähnlicher Haushalte messen, erkennen Sie gezielt die größten Einsparpotenziale.

Umfangreiche Vergleichsdaten mit aktuellen Daten bieten die Webseiten www.stromspiegel.de und www.heizspiegel.de. Alle Ihre Verbrauchsdaten können Sie mit dem kostenlosen Online-Portal „Energiesparkonto“ der co2online gGmbH übersichtlich verwalten und auswerten: www.energiesparkonto.de

Sparen: Gehen Sie Schritt für Schritt vor, messen Sie die Fortschritte und honorieren Sie Erfolge! Das Energiesparkonto liefert Ihnen auf Basis Ihrer Verbrauchsdaten individuelle Energiespartipps.

Qualifizierte Beratung vor Ort: Sie möchten eine gezielte Energieberatung, sei es als Basis-Check, Gebäude-Check, Detail-Check, Heiz-Check oder Solarwärme-Check? Dank öffentlicher Förderung bieten die Verbraucherzentrale Bayern und die Energieagentur Ebersberg-München qualitativ hochwertige Beratungen sehr kostengünstig an. Detaillierte Infos zu Beratungsinhalten und Kosten unter www.energieagentur-ebe-m.de/privatpersonen/energieberatung oder www.verbraucherzentrale-energieberatung.de/beratung



RICHTIG ENERGIE SPAREN

RETHINK STATT REBOUND

Der Rebound-Effekt ist ein Dilemma: Wir tun möglichst viel, um Energie, Wasser und andere Rohstoffe zu sparen. Doch der Einspareffekt verpufft, am Ende verbrauchen wir gleich viel oder sogar mehr Energie als zuvor. Wenn wir uns die Ursachen bewusst machen, schlagen wir dem Rebound-Effekt ein Schnippchen.

Immer öfter: Ein sparsamer Pkw verursacht geringere Treibstoffkosten pro gefahrenem Kilometer als alte Spritschlucker. Fatal ist es, wenn sich ein neues Auto auf das Fahrverhalten auswirkt: Wege werden häufiger mit dem Pkw zurückgelegt, längere Strecken gefahren und öffentliche Verkehrsmittel oder das Fahrrad dafür weniger genutzt. Am Ende steigen die klima- und gesundheitsschädlichen Emissionen.

Immer größer: Effizienzgewinne von Motoren werden „verschenkt“, wenn Neuwagen immer größer, schwerer und stärker werden. Das macht die Treibstoffeinsparung zunichte oder führt sogar zu einem Mehrverbrauch. Das nennen Fachleute dann „Backfire“.

Immer mehr: Häufig führt auch sorgloseres Nutzerverhalten zum „Rebound“. Wer nach einer Effizienzmaßnahme weniger für Energie zahlt, ist weniger motiviert sparsam mit Energie umzugehen. Die Folge: Das mögliche Einsparpotenzial nach Sanierungen wird bei Weitem nicht ausgeschöpft. Abhilfe schaffen zum Beispiel automatisierte Heizungssteuerungen, die einen nachlässigen Umgang mit der Heizenergie verhindern – oder eine gute Visualisierung der Energieverbräuche, die einen echten Anreiz geben.

Was tun? Jeder von uns verbraucht doppelt so viele Ressourcen, wie uns nach dem globalen Pro-Kopf-Limit zustehen. Effizienzmaßnahmen sind wichtig – doch genauso wichtig ist es, immer auch unser Verhalten kritisch im Auge zu behalten. Am Ende sollte auch eine noch so sparsame LED-Lampe ausgeschaltet werden, wenn kein Licht gebraucht wird. 📺

UNABHÄNGIG, KOMPETENT UND NAH

ENERGIEBERATUNG IN DEN LANDKREISEN EBERSBERG UND MÜNCHEN

Guter Rat rund um das Thema Energie – auf vielen Wegen nutzbar

Sie planen ihr Haus zu sanieren, um weniger Energiekosten zu bezahlen? Sie wollen erneuerbare Energien nutzen? Ihre Energieabrechnung kommt Ihnen zu hoch vor? In Ihrer Wohnung gibt es Probleme mit Feuchte und Schimmel? Oder Sie interessieren sich für Elektromobilität und Ladetechnik? Zu all diesen Fragen erhalten Sie von unserem Energieberatungsteam gerne qualifizierte Auskunft und individuelle Empfehlungen für Ihr zukunftsfähiges Zuhause.

Alle Energie-Impuls-Beratungen und der Energie-Basis-Check vor Ort sind für Sie kostenfrei. Für die weiteren Energie-Checks vor Ort in Kooperation mit der Verbraucherzentrale Bayern zahlen Sie dank Förderung nur einen geringen Unkostenbeitrag.

✓ **Unabhängig**

Unser Energieberatungsteam besteht aus erfahrenen und gut qualifizierten Fachleuten. Sie vertreten ausschließlich die Interessen der Ratsuchenden – unabhängig und produktneutral.

✓ **Individuell**

Unser Expertenteam entwickelt detaillierte, auf Ihr Anliegen zugeschnittene Handlungsempfehlungen, die sich an Ihren Bedürfnissen, Ihren finanziellen Möglichkeiten und den Rahmenbedingungen Ihres Hauses oder Ihrer Wohnung orientieren.

✓ **Umfassend**

Unser Energieberatungsteam hilft Ihnen, die zu Ihrer Maßnahme passenden Fördermittel zur Finanzierung von Energieeffizienz- und Einsparmaßnahmen, die eine Investition erfordern, zu finden.

✓ **Kostengünstig**

Dank öffentlicher Förderung können wir unsere qualitativ hochwertigen Beratungen kostenlos bzw. sehr kostengünstig anbieten. Für einkommensschwache Haushalte mit entsprechendem Nachweis sind alle unsere Beratungsangebote kostenfrei.

Wir sind für all Ihre Fragen rund um das Thema Energie auf vielen Wegen für Sie erreichbar:



- in den Beratungsstellen der Energieagentur in Ebersberg und Unterhaching



- telefonisch oder als Online-Beratung per Videokonferenz



- bei einer Beratungsaktion in Ihrem Ort (im Auftrag Ihrer Gemeinde)



- bei Ihnen daheim im Rahmen eines Energie-Checks vor Ort (siehe rechte Seite)

Energie-Checks vor Ort – in Kooperation mit der Verbraucherzentrale Bayern

Beim Beratungstermin in Ihrem Zuhause wird fachkundig analysiert, welche Maßnahmen sich für Sie lohnen. Auf dieser Basis werden passgenaue Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet. Nach circa vier Wochen erhalten Sie einen schriftlichen Bericht.

■ Der **Basis-Check** ist sowohl für alle, die zur Miete wohnen, als auch für Haus- und Wohnungseigentümer*innen geeignet und verschafft einen Überblick über Strom- und Wärmeverbrauch, Geräteausstattung und einfache Einsparmöglichkeiten.

Kostenlos, Dauer: ca. 1 Stunde

■ Beim **Gebäude-Check** erhalten private Haus- oder Wohnungseigentümer*innen zusätzlich zum Basis-Check Informationen über Haustechnik, baulichen Wärmeschutz und Einsatzmöglichkeiten von erneuerbaren Energien.

Kosten: 30 €, Dauer: ca. 2 Stunden

■ Der **Detail-Check** ist ideal für private Haus- oder Wohneigentümer*innen, aber auch für Mietende sowie Vermietende, die ein spezifisches Energieproblem klären wollen – z. B. zur Dämmung oder zur Haustechnik.

Kosten: 30 €, Dauer: ca. 2 Stunden

■ **Heiz-Check** (zwei Termine)

Geeignet für Brennwert- und Niedertemperaturkessel, Wärmepumpen und Fernwärmostationen. Über ein bis zwei Tage werden die optimale Einstellung und Effizienz des gesamten Heizsystems geprüft.

Kosten: 30 €, Dauer: ca. 2 Stunden

■ Beim **Solarwärme-Check** (zwei Termine)

werden optimale Einstellung und Effizienz der solarthermischen Anlage überprüft. Die Analyse mit Messung über mindestens drei Tage kann nur von Frühjahr bis Herbst durchgeführt werden.

Kosten: 30 €, Dauer: ca. 4 Stunden

Wir beraten Sie zu diesen Themen

- Energieabrechnungen (Strom, Gas, Heizung)
- Energieeinsparung (Strom, Heizenergie)
- Erneuerbare Energien: Photovoltaik, Solarwärme, Wärmepumpen, Holzpellets
- Stromspeicher & Einbindung Elektromobilität
- Energetische Sanierung
- Wärmedämmung, sommerlicher Hitzeschutz
- Heizen und Lüften, Feuchte und Schimmel
- Warmwasserbereitung
- Fenster und Türen
- EnEV bzw. Gebäudeenergiegesetz (GEG)
- Fördermittel von BAFA und KfW

VEREINBAREN SIE IHREN TERMIN



Energieagentur Ebersberg-München

gemeinnützige GmbH

Telefon 08092 330 90 30

089 277 80 89 00

info@ea-ebe-m.de

www.energieagentur-ebe-m.de



Verbraucherzentrale Bayern e.V.

Telefon 0800 809 802 400

energie@vzbayern.de

www.verbraucherzentrale-bayern.de

WAS WIR FÜR SIE TUN KÖNNEN

ANGEBOTE DER ENERGIEAGENTUR

Kampagnen

■ Bei der Kampagne **Check-dein-Haus** führt ein Team aus EnergieberaterInnen im Auftrag einer Kommune kostenlose und neutrale Energieberatungen bei Immobilienbesitzern vor Ort durch, inkl. Planung, Öffentlichkeitsarbeit und Nachberichten.

■ **Check dein Unternehmen** ist eine Informations- und Motivationskampagne zur Verbesserung der Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen in ausgewählten, kommunalen Gewerbegebieten. Hauptbestandteil ist die Durchführung von Energiechecks in den teilnehmenden Unternehmen vor Ort durch qualifizierte Energieberater*innen, um Energieeinsparpotenziale und Synergien zu identifizieren.

■ **Photovoltaik-Bündelaktion:** Bei diesem Konzept werden die an einer Solaranlage interessierten Hausbesitzer*innen einer Gemeinde zusammen an einen Tisch gebracht. Individuell und auf die persönlichen Bedürfnisse zugeschnitten plant die Energieagentur einzelne Photovoltaikanlagen und holt im Anschluss gebündelt für die Gemeinschaft aller Interessierten Angebote bei regionalen Installationsbetrieben ein. Gemeinschaftlich entscheiden sich die Interessierten für einen oder mehrere Anbieter, wobei die Energieagentur Ebersberg-München als Moderator zwischen Hausbesitzern und Installationsbetrieben fungiert.

■ **STADTRADELN:** Bundesweite Kampagne des Klimabündnis. Im Aktionszeitraum über 21 Tage sollen möglichst viele Menschen für das Umsteigen auf das Fahrrad im Alltag gewonnen werden, als Beitrag zum Klimaschutz und um ein Zeichen für vermehrte Radförderung in der Kommune zu setzen.

Netzwerken

■ **Kommunales Energieeffizienznetzwerk (KEEN):** Netzwerk von aktuell 14 Kommunen beider Landkreise zur Steigerung der Energieeffizienz kommunaler Liegenschaften. Die fachliche Betreuung übernimmt die Energieagentur Ebersberg-München gemeinsam mit dem Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH (INEV) an der Technischen Hochschule Rosenheim.

■ **Treffen der Gemeindebeauftragten:** Energiebeauftragte und Vertreter dieser Arbeitskreise werden vier Mal pro Jahr zu einem von der Energieagentur moderierten Treffen eingeladen, um den Austausch von aktuellen Fachthemen und Erfahrungen zu fördern, gemeinsame Aktivitäten zu koordinieren und sich gegenseitig bestmöglich zu unterstützen.

Öffentlichkeitsarbeit

■ **Allgemeine Öffentlichkeitsarbeit zum Klimaschutz:** Regelmäßige Veröffentlichung des „Energiespartipps des Monats“, des „Projekts des Monats“ sowie weiterer Informationsmaterialien, die allen Gemeinden zur freien Verwendung z.B. in Gemeindenachrichten bereitgestellt werden.

■ **Aktionen und Veranstaltungen:** Zielgruppengerecht berät die Energieagentur auf kommunalen Veranstaltungen zu Fragen rund um Energiewende und Klimaschutz. Mit geeigneten (Mitmach-)Aktionen können Themen vertieft und z.B. mit dem Energierad „erfahrbar“ oder mit dem Modellhaus erlebbar gemacht werden.

Fachgespräche Energiewende:

Veranstaltungsreihe von Oktober bis Juni, abends von 19 bis 21 Uhr. Es werden wechselnde Themen aus dem Bereich Klimaschutz und Energiewende mit regionalem Bezug von fachkundigen Experten präsentiert. Ziel ist es, Bürger und Bürgerinnen konkret zu informieren und zu motivieren, für die Energiewende vor Ort, Umweltschutz und Nachhaltigkeit aktiv zu werden.

Bildungsarbeit

 **Klima-Schule Ebersberg:** Energiesparmodell für die Schulen im Landkreis Ebersberg mit individueller Betreuung durch die Klimaschulmanagerinnen, um Grundlagen rund um die Themen Energie und Klimaschutz zu vermitteln. Neben der Ausbildung von Energiescouts sind vertiefende Projekte, regelmäßiger Erfahrungsaustausch und ein Energie-Check des Schulhauses wichtige Bausteine.

 Im Modell **Klima-Kita Ebersberg-München** werden Erzieherinnen und Erzieher als Multiplikatoren für Umweltbildung qualifiziert. Dieses Angebot gilt für beide Landkreise.

Beratung

 Bei einem **Vor-Ort-Energiecheck von kommunalen Liegenschaften** werden Gebäude und die Anlagentechnik auf mögliche Optimierungsmaßnahmen zur Steigerung des Einspar- und Effizienzpotenzials geprüft und Handlungsempfehlungen erarbeitet.

 **Impuls-Beratung Elektromobilität:** Die kostenlose Erstberatung rund um das Thema Elektromobilität bietet produkt- und anbieterunabhängige Informationen und Tipps zum Kauf eines Elektroautos, zum Ausbau von Ladesäulen und zu passenden Förderprogrammen sowie Hilfestellungen zum weiteren Vorgehen.

 Die **Basisberatung LED-Technik hilft beim** Ausloten der Potenziale einer LED-Umrüstung und schließt auch eine Fördermittelberatung ein.

Stellungnahmen zur Bauleitplanung:

Aspekte des Klimaschutzes sind nicht Gegenstand der Stellungnahmen der Träger öffentlicher Belange. Die Energieagentur bietet an, für Bauleitpläne die vielfältigen energie-wendespezifischen Themen, individuell auf das gemeindliche Vorhaben zugeschnitten, zu betrachten.

Energiekonzepte und -projekte

 **Energie- und CO₂-Bilanzierung:** Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen werden über ein geeignetes Tool bilanziert, für eine Erfolgskontrolle sowohl von Einzelmaßnahmen als auch der Gesamtaktivität in einer Kommune oder Region.

 Die Energieagentur bietet eine **Umsetzungsbegleitung für Projekte zur Energieeinsparung, Energieeffizienzsteigerung und dem Ausbau Erneuerbarer Energien** für Kommunen an, einschließlich Planung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, ggf. Angebotsbewertung bis zur Begleitung der Umsetzungsphase.

SERVICESTELLE WIND



**WINDENERGIE IN
UNSERER REGION**

Für Fragen zu Windenergieprojekten in unserer Region steht Ihnen die Servicestelle Wind zur Verfügung:

Tel.: 08092 / 33 090 40

servicestelle-wind@ea-ebe-m.de

www.windenergie-landkreis-ebersberg.de

www.windenergie-landkreis-muenchen.de

WEITERFÜHRENDE LINKS

www.bund-naturschutz.de
www.carmen-ev.de
www.co2online.de
www.energieatlas.bayern.de
www.energiewende.eu
www.fachagentur-windenergie.de
www.klimadialog.landkreis-muenchen.de
www.klimafakten.de
www.lfu.bayern.de
www.nabu.de
www.natur-und-erneuerbare.de
www.umweltbundesamt.de
www.unendlich-viel-energie.de
www.verbraucherzentrale-bayern.de
www.wind-energie.de

ENDNOTEN

- 1 <https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/2603.pdf>
- 2 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1086407/umfrage/kohlendioxidemissionen-aller-braunkohle-kraftwerke-in-deutschland/>
- 3 Christian Forkel, Christian Müller, Sara Hassel, Piercristian Rinaldi und Marcel Rüping: Restseen und Kippen-wasserentwicklung im Rheinischen Braunkohlerevier, WasserWirtschaft, Ausgabe 4, 2017
- 4 https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2018/08/unpaid_health_bill_full_report_DE.pdf
- 5 <https://www.volker-quaschning.de/publis/studien/sektorkopplung/Sektorkopplungsstudie.pdf>
- 6 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/fragen-und-antworten/allgemeines/warum--455344>
- 7 <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4005.pdf>
- 8 https://www.bgr.bund.de/MAGS/DE/Downloads/BMU_Strom.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- 9 <https://www.swm.de/energiewende/oekostrom-erzeugung>
- 10 <https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien/tiefe-geothermie.html>
- 11 https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wasser/potenzial/neubau.html
- 12 Dietrich Lohrmann: Von der östlichen zur westlichen Windmühle, Archiv für Kulturgeschichte, Bd. 77, Nr. 1 (1995), S. 1–30 (18ff.)
- 13 Als Kappe wird der drehbare Turmkopf der Holländerwindmühlen bezeichnet.
- 14 Diese höchste Holländerwindmühle der Welt stellt eine technische Besonderheit dar, da sie einerseits erst 2008 fertiggestellt und andererseits mit einer modernen Windenergieturbine zur Stromerzeugung versehen wurde. Sie steht in Schiedam in den Niederlanden.
- 15 <http://www.digitalis.uni-koeln.de/Hollaender/hollaender89-97.pdf>
- 16 <https://energiewinde.orsted.de/trends-technik/windenergie-geschichte-dem-himmel-so-nah>
- 17 Robert Gasch, Jochen Twele (Hrsg.): Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. Springer, Wiesbaden 2013, S. 30.
- 18 https://windfakten.at/?mdoc_id=1030021
- 19 [https://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY\[0\]=1258](https://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1258)

- 20 <https://www.topagrar.com/energie/news/fakenews-zur-eisbildung-an-windradrotoren-12481202.html>
- 21 <https://www.wissenschaft.de/technik-digitales/warum-nur-drei-rotorblaetter/>
- 22 <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>
- 23 <https://www.stmwi.bayern.de/energie-rohstoffe/erneuerbare-energien/>
- 24 https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten.html
- 25 https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten/endenergie.html
- 26 https://www.energieagentur-ebe-m.de/data/dokumente/konzepte%20ebe%20m/2020-12-18_Treibhausgasbericht_Landkreis_Ebersberg_2018_web.pdf
- 27 <https://www.landkreis-muenchen.de/themen/energie-und-klimaschutz/29-klima-energie-initiative/entwicklung-der-co2-emissionen-im-landkreis/>
- 28 http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-3546563.pdf
- 29 <https://www.dibt.de/de/aktuelles/meldungen/nachricht-detail/meldung/aktualisiert-zuordnung-der-windlast-und-schneelastzonen-nach-verwaltungsgrenzen>
- 30 <https://www.windenergie-landkreis-ebersberg.de/Fakten>
- 31 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Windzonenkarte.png&oldid=460374887>
- 32 https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung
- 33 <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/faq/faq-windenergie/faq-windenergie2#:~:text>
- 34 www.baysf.de/de/wald-verstehen/wald-kohlendioxid
- 35 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-6>
- 36 https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Publikationen/2016/Windenergie-Erlass_2016.pdf
- 37 https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/
- 38 <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>
- 39 https://www.focus.de/wissen/klima/tid-14230/mythos-windkraftanlagen-toeten-massenweise-voegel_aid_398163.html
- 40 https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/170310-nabu-nabu_kollisionsstudie.pdf
- 41 <http://www.bund-rvso.de/windenergie-windraeder-voegel-fledermaeuse.html>
- 42 <https://www.erneuerbareenergien.de/intelligente-windturbine-toetungsrisiko-von-voegeln-minimieren>
- 43 https://www.nw.de/lokal/kreis_guetersloh/guetersloh/22833876_Die-Gefahr-im-Blick.html
- 44 <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/infraschall>
- 45 https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf
- 46 Chaban, R. ; Ghazy, A.; Georgiade, E.; Stumpf, N.; Vahl, C.: Negative Effect of High-Level Infrasound on Human Myocardial Contractility: In-Vitro Controlled Experiment. Noise and Health, 2020.
- 47 Das Team um Professor Vahl gibt in verschiedenen Medien verschiedene mögliche Grenzwerte an. In der Fassung des Magazins „Noise and Health“ wurde zunächst ein Grenzwert von 90 Dezibel etabliert, in einer auf der Publikationsplattform Researchgate veröffentlichten Zusammenfassung wird ein möglicher Grenzwert von bereits bei 80 Dezibel genannt.
- 48 https://www.bayceer.uni-bayreuth.de/infraschall/de/forschung/gru/html.php?id_obj=157452
- 49 <https://www.windkraft-journal.de/2018/12/06/19-havarien-an-windkraftanlagen-in-2018-zeit-fuer-dauerueberwachung/130711>
- 50 https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/energie/unfaelle-mit-windraedern-sind-sehr-selten_article1483579639.html
- 51 https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Doku_Brechen-und-Sieben_2018-12.pdf

INFORMIEREN SIE SICH!

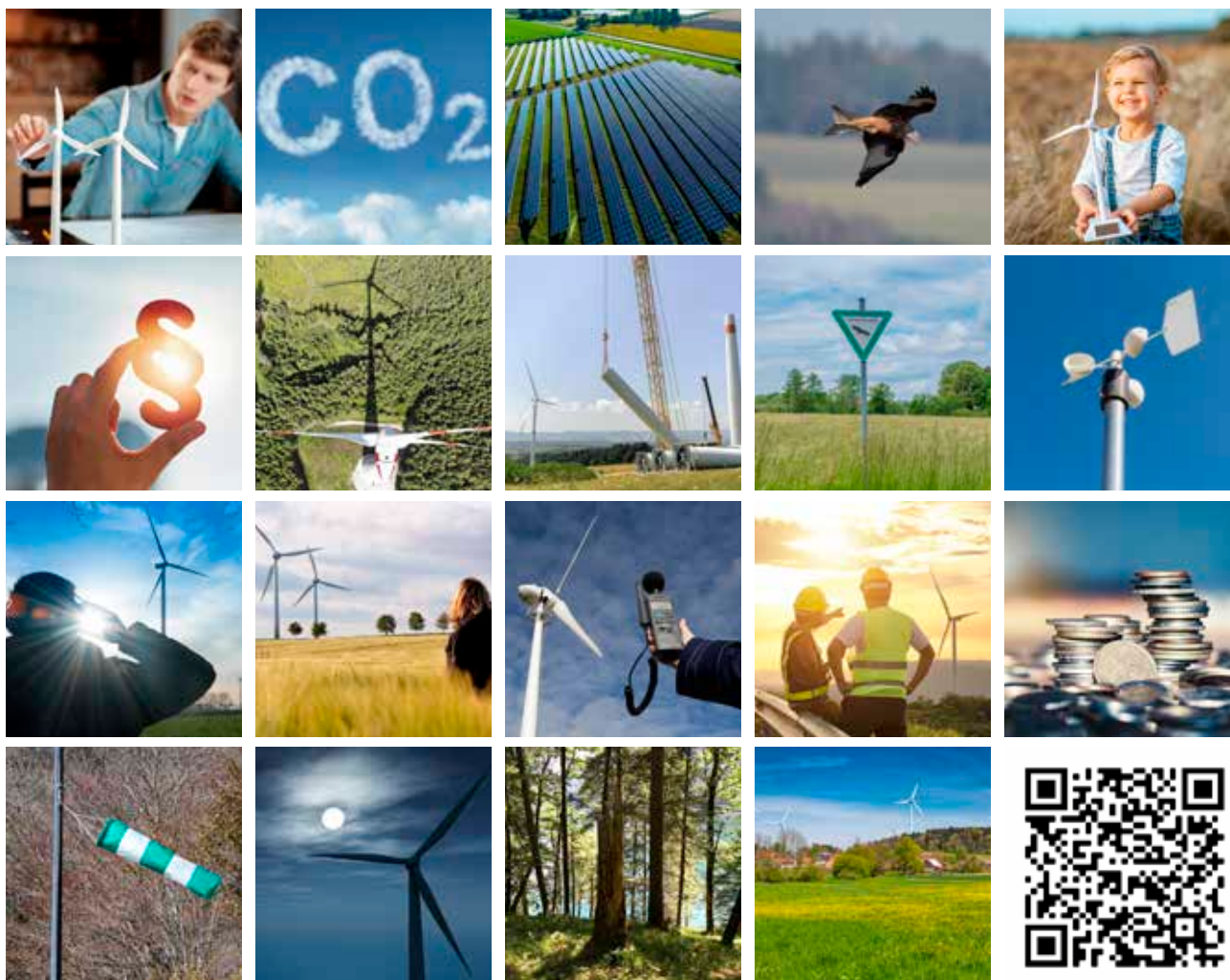
WINDENERGIE IN UNSERER REGION

Auf der Internetseite windenergie-landkreis-egersberg.de bzw. windenergie-landkreis-muenchen.de möchte Die Energieagentur umfassend über die Möglichkeiten der Nutzung von Windenergie in den Landkreisen Ebersberg und München informieren. Die Windenergie ist ein zentraler Baustein der Energiewende. Deshalb ist es wichtig, auf Grundlage wissenschaftlicher Fakten über die Chancen aufzuklären, die sich durch die Windenergie bieten – und zugleich offen über die Auswirkungen zu sprechen.

Informieren Sie sich – faktenbasiert und umfassend zu Aspekten rund um die Windenergie in unserer Region

- Stand der Technik · Ökobilanz · Flächeneffizienz · Wirtschaftlichkeit · Genehmigung · 10H-Regelung
- Artenschutz · Klimaschutzleistung · Windenergie im Wald · Landschaft · Versorgungssicherheit
- Windmessung · Schwachwindgebiet · Gerechtigkeit · Schall · Schattenwurf · Nachtbefeuern
- Infraschall · Rückbau & Recycling

Bilder: adobeStock / Autorenliste siehe www.windenergie-landkreis-egersberg.de/bildquellen



www.windenergie-landkreis-egersberg.de/Fakten
www.windenergie-landkreis-muenchen.de/Fakten





Landkreis
München



Landkreis
Ebersberg

www.energieagentur-ebe-m.de

