



Fakten zur Windenergie

Inhalt

Begrifflichkeiten und Kennzahlen einer Windenergieanlage (WEA).....	1
Wirtschaftlichkeit und Ertrag von WEA.....	2
Ökobilanz.....	3
Genehmigung.....	4
10H-Regelung.....	5
Artenschutz.....	6
Flächenverbrauch im Wald.....	6
Landschaft.....	7
Versorgungssicherheit.....	8
Schall.....	8
Infraschall.....	8
Schattenwurf.....	9
Rückbau, Recycling, Repowering.....	10
Nachtkennzeichnung.....	11

Begrifflichkeiten und Kennzahlen einer Windenergieanlage (WEA)

Nabenhöhe: Die Nabenhöhe beschreibt die Höhe des Mittelstücks (Nabe) eines Windrades über der Geländeoberfläche und damit die Höhe des Turms. Heutige moderne Windenergieanlagen haben Naben- und damit Turmhöhen von 150 – 166 m.

Rotorblatt: Das Rotorblatt ist für die Umwandlung von Windenergie in mechanische Energie verantwortlich. Rotorblätter werden unter Aspekten der Aerodynamik, Festigkeit, des Leichtbaus und der Lebensdauer gefertigt. Auch ein Blitzschutz mit Ableitersystem ist in die Rotorblätter integriert, genauso wie sog. „trailing edge serrations“. Dies sind „Hinterkantenkämme“, die man sich von der Natur, nämlich dem Flügel des Uhus abgeschaut hat. Diese „Hinterkantenkämme“ sorgen für eine Beruhigung der vom Rotorblatt abgehenden Luftströmung und verringern damit die Geräuschentwicklung.

Rotordurchmesser: Der Rotordurchmesser beschreibt den Durchmesser des Kreises, den eine WEA in die Luft zeichnet und entspricht ungefähr der Länge von zwei Rotorblättern. Je größer der Rotordurchmesser, umso größer ist auch die eingefangene Windenergie und damit die mögliche Stromproduktion. Heutige, moderne Windenergieanlagen haben einen Rotordurchmesser von 150 - 160 m.

Rotorumdrehungen: Aufgrund der Größe heutiger Windenergieanlagen und der großen Rotoren müssen diese wesentlich weniger drehen als ältere Windenergieanlagen. So beträgt die max. Rotor-



Umdrehungszahl heutiger Windenergieanlagen ca. 10 -12 Umdrehungen pro Minute. Ab einer Umdrehungszahl von ca. 4 Umdrehungen pro Minute erzeugt die Windenergieanlage Strom und erreicht bei ca. 11 – 12 Umdrehungen ihre sog. Volllast, d.h. erzeugt dann zur Nennleistung Strom. Dies ist allerdings nur bei stärkerem Wind der Fall. Im überwiegenden Fall produziert die WEA unter „Teillast“ den Strom.

Gesamthöhe: Die Gesamthöhe bezeichnet die Höhe einer WEA bis zur Flügelspitze am höchsten Punkt. Dies ist die Summe aus Nabenhöhe plus $0,5 \times$ Rotordurchmesser. Moderne Windenergieanlagen haben eine Gesamthöhe von 230 – 250 m.

Leistung: Mit dem Begriff „Leistung“ wird im Allgemeinen die installierte Leistung (auch „Nennleistung“) einer WEA bezeichnet. Die installierte Leistung beschreibt die maximale Leistung der in einer Anlage installierten Generatoren zur Stromproduktion. Bei neu gebauten WEAs beträgt die Leistung zwischen 4,5 und 6 Megawatt (MW). Mit dieser Leistung können 2.500 - 3.500 Haushalte für ein Jahr mit Strom versorgt werden.

Wirtschaftlichkeit und Ertrag von WEA

Über das Rotorblatt wird die im Wind enthaltene Leistung zunächst in mechanische, im Generator dann in elektrische Energie umgewandelt. Der Stromertrag steigt dabei sowohl mit zunehmender Höhe der WEA um ca. 1 % pro Meter Nabenhöhe als auch mit der Länge der Rotorblätter. Die Verdopplung der Rotorblatt-Länge vervierfacht den Stromertrag. Auch die Windgeschwindigkeit hat erheblichen Einfluss auf den Ertrag. Eine Verdopplung der Windgeschwindigkeit erzeugt den achtfachen Strom-Ertrag.

Volllaststunden

Wird der Jahresertrag einer WEA durch ihre Nennleistung dividiert, erhält man die Anzahl der Stunden (Volllaststunden), die eine WEA bei voller Leistung betrieben werden müsste, um ihren Jahresenergieertrag bilanziell zu erreichen. Weil eine WEA aber zum weit überwiegenden Zeitanteil unter „Teillast“ betrieben wird, d.h. nur mit einem Teil der max. Nennleistung Strom produziert, rechnet man zur Vereinfachung den Jahresertrag auf sog. „Volllaststunden“ um. Diese Normierung auf die Leistung erlaubt den Vergleich zwischen verschiedenen Standorten, Anlagen oder Jahren.

Ertragsabschätzung und -erwartung

Mit zunehmender Anlagenhöhe, Rotorblattlänge und Nennleistung steigt der Ertrag der Anlagen. Dies ist der Hauptgrund dafür, dass heute Gebiete mit Windenergie erschlossen werden können, die vor 10 Jahren noch unwirtschaftlich waren. Das Maß zur wirtschaftlichen Bewertung eines Standorts für den Betrieb mit WEA ist die sog. Mittlere Windgeschwindigkeit. Diese mittlere Windgeschwindigkeit schwankt sowohl innerhalb als auch zwischen den Kalenderjahren zum Teil deutlich, deshalb werden die Volllaststunden mittels des Anemos-Ertragsindex langzeitkorrigiert. Dafür werden mesoskalige Wettersimulationen herangezogen und die betrachteten Jahre jeweils ins Verhältnis zu den Windverhältnissen der vorangegangenen 20 Jahre gesetzt. Konkret bedeutet das: bevor eine Windenergieanlage überhaupt projiziert werden kann, muss eine einjährige Windmessung an diesem Standort (meist sog. LIDAR-Messungen mittels Laserstrahl bis in eine Höhe von 250 m) durchgeführt werden. Diese Windgeschwindigkeitsdaten werden anschließend mit der gemessenen Windgeschwindigkeit der vergangenen 20 Jahre von anderen Mess-Stationen in der Nähe (z.B. DWD u.a.) ins Verhältnis gesetzt.



Der Jahresertrag wird durch das Multiplizieren der Nennleistung und der prognostizierten jährlichen Volllaststunden berechnet. Bei einer Nennleistung von 5,5 MW und 2.000 jährlichen Volllaststunden ergibt sich somit beispielsweise ein theoretischer Jahresertrag von 11.000.000 Kilowattstunden pro Jahr (kWh/a). Bei einem durchschnittlichen Stromverbrauch eines Haushalts in Deutschland von 3.000 kWh/a könnten somit ca. 3.500 Haushalte mit Strom versorgt werden.

Wirtschaftlichkeit und Finanzierung von WEA

Windenergieanlagen werden nur dann errichtet, wenn eine nachgewiesene Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen vorhanden ist. Diese Wirtschaftlichkeit muss den finanzierenden Banken, die meist ca. 70 – 80 % des Investitionskapitals (ca. 4 Mio. Euro pro WEA) zur Verfügung stellen, in Form von Wind-Gutachten nachgewiesen werden. Hierfür braucht es mindestens zwei solcher Gutachten von unterschiedlichen, unabhängigen Windgutachtern. In diesem Windgutachten werden die Ergebnisse der Windmessung ausgewertet und mit den vergangenen 20 Jahren „verschnitten“. Anschließend werden Abschläge für Stromverluste, Abschaltungen für Fledermaus- und Artenschutz oder Sicherheits-Abschläge gebildet. Dieser verbleibende Stromertrag wird schließlich herangezogen, um die Gesamt-Wirtschaftlichkeit einer WEA zu beurteilen. Nur wenn diese ausreichend positiv ist, werden die beantragten Banken-Kredite für die WEA-Finanzierung, die wiederum Grundlage für den Bau von WEA ist, gewährt.

Quellen:

www.enercon.de/

www.windfakten.at

www.de.statista.com/statistik/daten/studie/245790/umfrage/stromverbrauch-eines-privathaushalts-in-deutschland

<https://www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/konstruktiver-aufbau/rotor/>

http://windmonitor.iee.fraunhofer.de/windmonitor_de/3_Onshore/5_betriebsergebnisse/1_volllaststunden/

Ökobilanz

Eine moderne WEA amortisiert sich energetisch innerhalb von 5 – 12 Monaten. Damit ist gemeint, dass die Energie, die bei der Herstellung der WEA aufgewandt wurde, innerhalb dieser Zeitspanne von der WEA selbst wieder erzeugt wird.

Der größte Umwelteinfluss der WEAs entsteht während der Herstellungsphase durch den hohen Materialaufwand. Innerhalb der Nutzungsphase entstehen durch den geringeren Instandhaltungsaufwand von WEAs kaum nennenswerte Einflüsse auf die Umwelt. Am Ende des Lebenszyklus entsteht sogar ein „negativer“ Umwelteinfluss, da Stahl, Eisen und Kupfer, Materialien die in einer WEA verarbeitet werden, in hohem Maße recycelt werden.

Auch der durchschnittliche Ausstoß von CO₂-Äquivalenten pro Kilowattstunde in Gramm ist für die Windenergie im Vergleich mit den Energie-Alternativen unschlagbar gering.

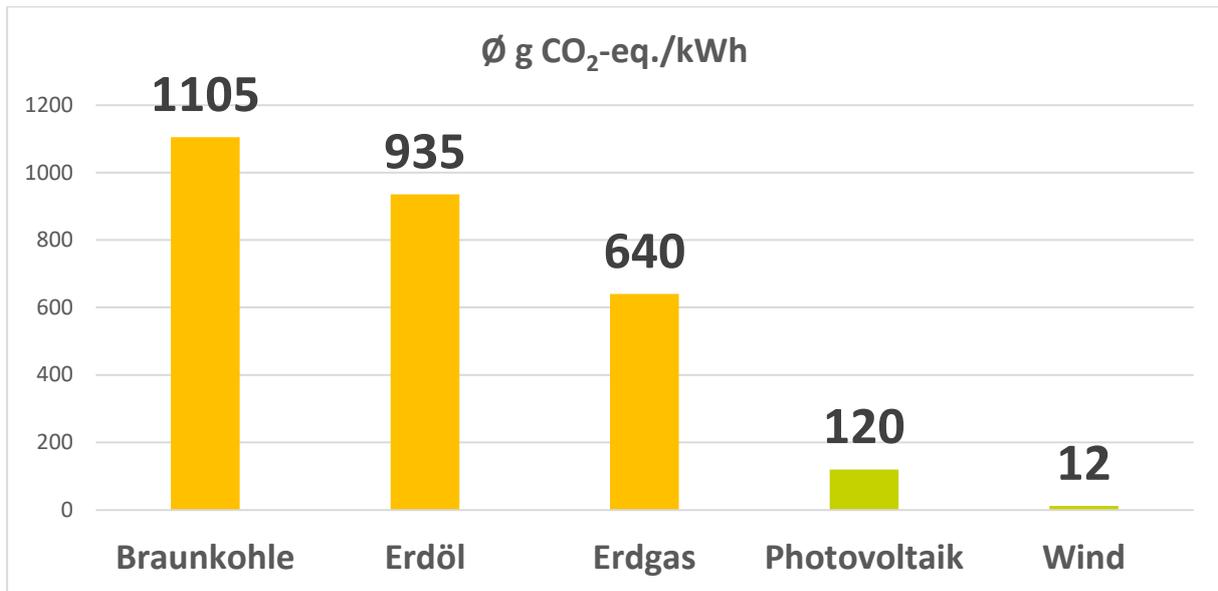


Abbildung 1: Durchschnittlicher Ausstoß von CO₂-Äquivalenten pro Kilowattstunde in Gramm
(Quelle: Wissenschaftliche Dienste des Bundestages (2007): CO₂-Bilanzen und Netto-Energiebilanzen verschiedener Energieträger)

Quellen:

S. L. Dolan, G. A. Heath (2012) Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Utility-Scale Wind Power
Bundesverband WindEnergie (2017) Ökobilanzen von Windenergie
K. R. Haapala, P. Prempreeda (2014): Comparative life cycle assessment of 2.0 MW wind turbines
Wissenschaftliche Dienste des Bundestages (2007): CO₂-Bilanzen und Netto-Energiebilanzen verschiedener Energieträger

Genehmigung

Vor dem eigentlichen Genehmigungsverfahren muss zunächst eine geeignete und rechtlich zulässige Fläche für die Errichtung einer WEA gefunden werden. Dabei hilft z.B. der [Energie-Atlas Bayern](#), der ausreichend windhöfliche Flächen ausweist, bei denen in der Regel keine Belange des Immissions- und Naturschutzes der Errichtung von WEA entgegenstehen. Rechtliche Grundlagen geben hier die Regionalpläne, in denen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Windenergienutzung ausgewiesen werden. Alle anderen Flächen, außerhalb dieser Vorrang- und Vorbehaltsgebiete sind automatisch Ausschlussgebiete, in denen keine Windenergieanlagen errichtet werden dürfen. Für manche Teilräume liegen keine regionalplanerischen Festlegungen vor, dann kann die Gemeinde die Windenergienutzung selbst steuern. Ansonsten sind WEA im sog. „unbeplanten Außenbereich“ unter Berücksichtigung der 10 H-Regelung grundsätzlich privilegiert zulässig.

Das Genehmigungsverfahren ist dann von der Gesamthöhe der WEAs abhängig:

- bis 10 m:
 - › Genehmigungsfrei
 - › Kontakt zum Bauamt und zu den Nachbarn sollte dennoch frühzeitig aufgesucht werden
- bis 50 m:
 - › baurechtliche Genehmigungspflicht
 - › Antragsunterlagen sind bei der zuständigen Gemeinde einzureichen



ab 50 m:

- › immissionsschutzrechtliche Genehmigung (u.a. Lärmschutz, Schutz des Landschaftsbildes, Schutz von Pflanzen- und Tierarten u.v.a.m. sind Inhalte der Prüfung)
- › Antragsunterlagen sind bei der zuständigen kreisfreien Gemeinde oder dem Landratsamt einzureichen
- › mit Genehmigung geht Baugenehmigung und Rückbauverpflichtung (nach ca. 20 Jahre Nutzungszeit) einher

Als konkretes Beispiel finden Sie unter [diesem Link](#) ein aktuelles Beispiel eines kompletten Genehmigungsantrags, wie er im Rahmen eines immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens eingereicht werden muss, um eine Baugenehmigung für eine Windenergieanlage zu bekommen. Der Umfang einer solchen Baugenehmigung umfasst ca. 3 vollgepackte Leitz-Ordner.

Quellen:

Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass – BayWEE)

www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung

<https://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=XYkY4ZupqQc&theme=6201>

10H-Regelung

Die 10H-Regelung besagt, dass die Privilegierung von WEA davon abhängt, dass diese einen Mindestabstand vom 10-fachen ihrer Höhe zu geschützten Wohngebäuden einhalten (Art. 82 Abs. 1 Bayerische Bauordnung – BayBO). Diese Regelung gilt ausschließlich im Freistaat Bayern und ist unabhängig vom Genehmigungsverfahren anzuwenden.

Mit der Regelung soll ein angemessener Interessenausgleich zwischen den Anforderungen der Energiewende und den zu berücksichtigenden Interessen der Bürger*innen der betroffenen Gemeinden geschaffen werden.

Durch Darstellung im Flächennutzungsplan und Aufstellung eines Bebauungsplans können Gemeinden allerdings Baurecht für Gebiete schaffen, die kleinere Abstände als die erforderliche 10-fache Höhe der WEA einhalten. Es gelten dann die allgemeinen Abstandsforderungen, die sich aus dem Immissionsschutzrecht sowie der Bayerischen Bauordnung ergeben.

Quellen:

Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass – BayWEE)

www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung

https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/anwendungshinweise_der_10_h-regelung_stand_juni_2016.pdf



Artenschutz

Allgemein gilt: Windenergieanlagen sind ein Werkzeug um dem Klimawandel entgegenzuwirken und sorgen daher langfristig für den Erhalt stabiler Ökosysteme – das trägt auch zum Artenschutz bei.

Um eine mögliche Beeinträchtigung (Kollision, Störung durch Geräuschemissionen, Verlust von Habitat) von insbesondere gefährdeten Tierarten so gering wie möglich zu halten, ist es wichtig, die Standortplanungen auf die örtlichen Tiervorkommen abzustimmen.

Bei der Zulassung von WEA spielt hier die Prüfung der Auswirkung auf europarechtlich geschützte Arten eine große Rolle. Darum kümmert sich die sogenannte spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) in einem standardisierten Prüfverfahren. Auf der [Internetseite des Bayerischen Landesamts für Umwelt](#) sind Arbeitshilfen zu finden, die die Prüfschritte im Detail beschreiben.

Der NABU hat in Zusammenarbeit mit dem BUND unter [diesem Link Praxisbeispiele](#) für das erfolgreiche Nebeneinander von WEA und Artenschutz zusammengestellt.

Maßnahmen sind z.B.

- Intelligente Abschaltalgorithmen für Fledermäuse
- Bedarfsgerechte Abschaltungen nach der Mahd für ungestörte Beuteflüge außerhalb des Waldes
- Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung
- Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen, die attraktive Lebensräume schaffen und Biodiversität erhöhen

Quellen:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020):

<https://www.lfu.bayern.de/natur/sap/index.htm> https://www.lfu.bayern.de/natur/windenergie_artenschutz/index.htm

Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass – BayWEE)

www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung

NABU (2015): [www.baden-](http://www.baden-wuerttemberg.nabu.de/imperia/md/content/badenwuerttemberg/broschueren/praxisbeispiele_windenergie_artenschutz_dialogforum_bund-nabu_einzelseiten.pdf)

[wuerttemberg.nabu.de/imperia/md/content/badenwuerttemberg/broschueren/praxisbeispiele_windenergie_artenschutz_dialogforum_bund-nabu_einzelseiten.pdf](http://www.baden-wuerttemberg.nabu.de/imperia/md/content/badenwuerttemberg/broschueren/praxisbeispiele_windenergie_artenschutz_dialogforum_bund-nabu_einzelseiten.pdf)

Windenergie-Erlass: <https://www.verkuendung-bayern.de/files/allmbl/2016/10/allmbl-2016-10.pdf#page=18>

Flächenverbrauch im Wald

Die wichtigsten Ansatzpunkte im Kampf gegen den Klimawandel sind die Einsparung von Energie, ihre effiziente Nutzung und der Ausbau erneuerbarer Energien. Aufgrund des hohen Flächenverbrauchs in Deutschland wird um Flächen konkurriert. Auch deshalb wird immer mehr Waldfläche für die Errichtung von WEA gerodet. Doch wie geht das mit der Klimaschutzleistung von Windenergie einher?



Für die Errichtung von Windrädern muss eine Fläche im Wald von ca. 0,6 Hektar pro WEA gerodet werden. Etwa die Hälfte dieser Fläche wird nur für den eigentlichen Bau der WEA genutzt und wird deshalb direkt im Anschluss an die Fertigstellung wieder naturnah aufgeforstet. Etwa 0,3 Hektar Wald müssen pro WEA bis zum Betriebsende (meist ca. 20 Jahre) dauerhaft freigehalten werden. Diese Fläche muss mindestens – im Rahmen des Genehmigungsverfahrens – in gleichem Umfang an anderer Stelle mit dem Bau der WEA aufgeforstet werden.

Die bilanzielle Klimaschutzleistung, also die Verhinderung von CO₂-Ausstoß, von Wald und WEA zeigt: auf 0,3 Hektar bewirtschaftetem Wald werden im Laufe von 20 Jahren durch die dort wachsenden Bäume etwa 66 Tonnen CO₂ gebunden. Eine Windenergieanlage verhindert im Laufe von 20 Jahren dagegen die Freisetzung von über 76.000 Tonnen CO₂.

Annahmen: Jährlicher Stromertrag von 8 Mio kWh, Herstellenergie einer Anlage 3.500 MWh, bundesdeutscher Strommix mit 486 g CO_{2e}/kWh.

Quellen:

BaySF: www.baysf.de/de/wald-verstehen/wald-kohlendioxid

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, „Klimaschutz in Zahlen (2019) - Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik“, Mai 2019

Umweltbundesamt, „CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter“, 9. April 2019

Landschaft

Ist ein Landschaftsbild erstmal durch eine WEA beeinträchtigt, kann dies in der Regel nicht durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen kompensiert werden. In diesem Fall ist nach dem Windenergie-Erlass Geld als Ersatz zu leisten.

Wird ein Vorhaben genehmigt, leisten die Betreiber der Windenergieanlagen für ihre Eingriffe in das Landschaftsbild Ersatzzahlungen an den Bayerischen Naturschutzfond. Die Zahlungen müssen dann für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege verwendet werden. Über den genauen Einsatz entscheidet das zuständige Landratsamt bzw. die untere Naturschutzbehörde.

Die Höhe der Ersatzzahlung wird in Abhängigkeit von der Bedeutung des Landschaftsbildes nach Wertstufen und der Gesamthöhe der Anlage errechnet und festgesetzt. Für die Bemessungshöhe der Ersatzzahlung ist ebenfalls im Windenergie-Erlass eine Berechnungsmatrix vorgegeben. Derartige Ersatzzahlungen bewegen sich meist im fünf- bis sechststelligen Euro-Bereich pro Windenergieanlage. Über die Verwendung dieses Geldes entscheidet der [Bayerische Naturschutzfond](#).

Quellen:

Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass – BayWEE)
www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung



Versorgungssicherheit

Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, bedarf es der Kombination verschiedener erneuerbarer Energiequellen.

Die Energieerzeugung aus Wind ist nur einer der Bausteine der Energiewende. Um den Strombedarf jederzeit decken zu können, braucht es weitere regenerative Energiequellen. Windräder produzieren beispielsweise ihren Strom vor allem im Winter und gleichen die geringe Ausbeute bei den Photovoltaikanlagen in den Wintermonaten aus. Darüber hinaus gehören neben der Biomasse auch die Wasserkraft sowie – je nach Standort – die Geothermie als weitere erneuerbare Energiequellen hinzu.

Durch die Integration in einen großflächigen, leistungsfähigen Netzverbund kann die Einspeisung des erneuerbar erzeugten Stroms gesteuert und reguliert werden. Dafür sorgen die Weiterentwicklung von Speichertechnologien und virtuellen Kraftwerken, die die verschiedenen regenerativen Quellen managen. So fördert die Bundesregierung seit 2020 den massiven Ausbau der Wasserstoffproduktion. Damit wird die größtmögliche Speicher-Quelle für Wind- oder Solarstrom erschlossen, indem dieser erneuerbare Strom in Elektrolyseuren eingesetzt wird um Wasserstoff zu erzeugen. Dieser Wasserstoff kann anschließend in die vorhandenen Erdgasnetze eingespeist werden. Zukünftig soll damit vor allem der Verkehr klimaneutral gestaltet werden.

Quellen:

www.energieatlas.bayern.de/thema_wind.html

www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/13/Meldung/direkt-erklaert.html;

www.r2b-energy.com/uploads/media/BMWi_VS-Monitoring_Ber1_deu_20190520_03.pdf

Schall

Windräder verursachen Geräusche in unterschiedlichen Frequenzbereichen. Die Beurteilung der Geräuschsituation bei Planung und Betrieb von Windenergieanlagen erfolgt immer im Einzelfall und nach der „[Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm](#)“ des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Darin sind Richtwerte für Immissionen für einen wirksamen Schutz der Bevölkerung vor Lärm durch technische Anlagen festgelegt. Schallemissionen werden streng immissionsschutzrechtlich geprüft. Eine Überschreitung verbindlicher gesetzlicher Grenzwerte ist nicht genehmigungsfähig.

Es wurde nachgewiesen, dass der Geräuschpegel einer WEA bereits nach wenigen hundert Metern Entfernung nicht mehr von natürlichen Hintergrundgeräuschen wie Wind und Blätterrauschen zu unterscheiden ist. Durch die stetige technische Weiterentwicklung konnten und können die Schallemissionen durch Windenergieanlagen weiterhin deutlich reduziert werden.

Im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens muss der Betreiber ein ausführliches Schall-Gutachten vorlegen, das nachweist, ob die zulässigen Grenzwerte für Windenergieanlagen eingehalten werden.

Infraschall

Im Rahmen des Ausbaus von WEA wird immer wieder die Befürchtung vor Gesundheitsschäden durch Infraschall geäußert. Infraschall ist der Schall, der sich unterhalb des menschlichen Hörbereichs, also unter 20 Hz, befindet.



Studien zeigen, dass die menschliche Wahrnehmung von Infraschall bei sehr niedrigen Frequenzen erst ab 90 Dezibel möglich ist.

Was vielen nicht bewusst ist: Infraschall und tieffrequente Geräusche sind allgegenwärtiger Teil unserer technischen und natürlichen Umgebung. So können z. B. Föhnwinde, schwerer Seegang oder aber auch das Abrollgeräusch von Pkw- oder Lkw-Reifen einen Schalldruck von über 100 Dezibel an Infraschall erreichen. Die Insassen eines fahrenden Pkw beispielsweise sind etwa 120 Dezibel an Infraschall ausgesetzt (bei 20 Hertz).

Der von WEA ausgehende Infraschall ist allerdings schon nach 150 m Entfernung nicht mehr wahrnehmbar.

Es gibt keinen wissenschaftlichen Nachweis einer schädlichen Wirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmbarkeitsgrenzen. Hingegen kann die unbegründete Angst vor unhörbaren Effekten tatsächlich krank machen. Hier spricht man vom sogenannten „Nocebo-Effekt“ (Analog zu Placebo). Viele unabhängige und staatlich beauftragte Studien haben bisher keinen gesundheitlich negativen Effekt durch Infraschall von Windenergieanlagen nachweisen können (s. auch das folgende Quellen-Verzeichnis).

Quellen:

Windenergie und Infraschall, LUBW, 2014, www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/infraschall

Windenergieanlagen - beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?, LfU, 2019, www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf

Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen, LUBW, 2016, www.pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/84558

www.enercity.de/windenergie/wissen-windenergie/windanlagen-schallsimulation/index.html

Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass – BayWEE) www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung

<https://www.bayceer.uni-bayreuth.de/infraschall/>

Schattenwurf

Je nach Wetter und Sonnenstand können die Rotorblätter bewegte Schatten auf die umliegenden Flächen werfen. Während des Genehmigungsverfahrens wird das Ausmaß des Schattenwurfs untersucht.

Beschattungszeiten von maximal 30 Stunden pro Jahr und höchstens 30 Minuten pro Tag gelten als nicht erheblich belästigend und werden genehmigungsrechtlich erlaubt. Werden die zulässigen Werte überschritten, muss eine automatische Schattenabschaltung eingebaut werden, d.h. die Windenergieanlage muss dann abgeschaltet werden und der Rotor darf sich nicht mehr drehen.

Blendung, Stroboskop- oder Diskoeffekt

Der „Diskoeffekt“ beschreibt das Phänomen tanzender Lichtreflexionen an sich drehenden und stark reflektierten Rotorblättern.



In den Anfängen der Windstromerzeugung war der Diskoeffekt ein viel diskutiertes Problem. Das lag vorwiegend an den kleinen, hellen und sich schnell drehenden Rotorblättern. Heute tritt es aber nicht mehr auf, da moderne Rotorblätter mit matten und reflexionsarmen Farben beschichtet werden.

Quellen:

www.windfakten.at

Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass – BayWEE)

www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genuehmigung

https://www.iwr.de/wind/raum/r_vorgab.html

<https://www.energieagentur.nrw/blogs/erneuerbare/faq/was-bedeutet-die-begriffe-disko-effekt-und-schlagschatten/>

Rückbau, Recycling, Repowering

Rückbau

Nach der Betriebszeit von rund 20 Jahren – auch längere Laufzeiten sind je nach Stromvermarktungsmöglichkeit denkbar – muss jede WEA rückgebaut werden. Ohne diese Rückbauverpflichtung gibt es keine Genehmigung. Konkret bedeutet dies, dass die gesamte Anlage rückstandsfrei abgebaut werden muss und die bisher genutzte Fläche wieder in den Ursprungszustand zurückversetzt werden muss. Für Anlagen im Wald heißt dies, dass das im Boden befindliche Fundament abgetragen wird und die genutzte Fläche im Wald aufgeforstet wird.

Um diesen Rückbau auch für den Fall abzusichern, dass der Betreiber der WEA im Verlauf der Betriebszeit frühzeitig zahlungsunfähig wird, müssen diese Betreiber bei der Genehmigungsbehörde und den Grundstückseigentümern eine sog. Rückbau-Bürgschaft hinterlegen. Diese Rückbau-Bürgschaft, die mehrere Hunderttausend Euro pro WEA beträgt, sichert damit die rückstandsfreie Beseitigung der Windenergieanlage ab.

Recycling

Bei den Bestandteilen einer WEA handelt es sich um Beton (Fundament und, je nach Bauweise, Turm) und Stahl (Turm) sowie zu einem geringen Anteil um weitere Metalle, z. B. Kupfer oder Aluminium (Generator und Anlagenelektronik). Ein Großteil dieser Materialien wird am Betriebsende der WEA recycelt.

An hochwertigen Recyclingmöglichkeiten für die Verbundwerkstoffe, die z.B. für die Rotorblätter eingesetzt werden (Glas- und Kohlefaser) wird derzeit intensiv geforscht. Mit zunehmenden Mengen durch außer Betrieb gehende Altanlagen ist langfristig mit wirtschaftlichen und ökologischen Recyclingwegen zu rechnen.

Repowering

Mit Repowering wird der Ersatz alter durch neuer Anlagen beschrieben. Hierbei wird in der Regel, die Anzahl der Windräder reduziert, während sich der Stromertrag durch modernere Anlagentechnik um ein Vielfaches erhöht.

Das Interesse ist groß, etablierte und weithin akzeptierte Standorte mit bestehender Infrastruktur im Rahmen des Repowerings weiter zu nutzen. Sowohl bei den jeweiligen Anlagenbetreibern, aber



auch bei den Anwohner*innen, Grundstückseigentümer*innen, Energieversorgungsunternehmen und Kommunen. So werden Flächen hocheffizient weitergenutzt.

Quellen:

www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/windenergieanlagen-rueckbau-recycling-repowering

www.ict.fraunhofer.de/content/dam/ict/de/documents/medien/ue/UE_klw_Poster_Recycling_von_Windkraftanlagen.pdf

www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Doku_Brechen-und-Sieben_2018-12.pdf

<https://www.wind-energie.de/themen/politische-arbeit/weiterbetrieb-und-repowering/>

Nachtkennzeichnung

Windenergieanlagen müssen – aus Gründen der Luftfahrtsicherheit (Kollision von Luftfahrzeugen mit Windenergieanlagen) – auch nachts gekennzeichnet werden. Dies sind die meist weithin sichtbaren häufig rot blinkenden Lichter auf den Turmspitzen der Windenergieanlagen. Damit sollen Piloten gewarnt werden, die sich in der Nacht einer Windenergieanlage nähern.

Ende 2015 wurde eine bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung (BNK) zugelassen, die die Beleuchtung nur dann anschaltet, wenn sich ein Luftfahrzeug in einem Umkreis von 4 Kilometern und einer Flughöhe von weniger als 600 Metern befindet. Dieses System scannt permanent diesen Bereich um die Windenergieanlage und schaltet, sobald sich ein Luftfahrzeug in diesem Annäherungsraum befindet, die Nachtkennzeichnung, d.h. das rote Blinken ein.

Durch das Energiesammelgesetz wird diese verpflichtende Nachtkennzeichnung für Neu- und Bestandsanlagen des EEG ab dem 1. Juli 2020 festgesetzt.

Dies bedeutet schlussendlich, dass künftige Windenergieanlagen nur in sehr seltenen Ausnahmefällen nachts blinken und ansonsten vollkommen dunkel sind.

Quellen:

www.energiewende.eu/windkraft-beleuchtung/

www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Hintergrund_BNK_Genehmigt_02-2019.pdf