



Herausgeber:

LUBW Landesanstalt für Umwelt,
Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe
www.lubw.baden-wuerttemberg.de
windenergie@lubw.bwl.de

Ministerium für Arbeit und Sozialordnung,
Familie, Frauen und Senioren
Baden-Württemberg
Postfach 10 34 43 · 70029 Stuttgart
www.sm.baden-wuerttemberg.de



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR ARBEIT UND SOZIALORDNUNG,
FAMILIE, FRAUEN UND SENIOREN

Arbeitsschutz bei Windenergieanlagen

 Hinweise zu Errichtung, Betrieb und Instandhaltung



Baden-Württemberg

WORUM GEHT ES?

Nach den Plänen der Bundesregierung soll der Energieanteil aus Sonne, Biomasse, Wind und Wasser an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 mindestens 35 Prozent betragen. Ziel des Windenergieausbaus in Baden-Württemberg ist eine Leistung von etwa 3 500 Megawatt bis 2020, ein Anteil von 10 Prozent am Strommix. Hierzu muss in den kommenden Jahren eine große Zahl Windenergieanlagen (WEA) errichtet werden. Sowohl Bau als auch Betrieb und Instandhaltung von WEA beinhalten spezifische Gefährdungen für die Beschäftigten, wie zum Beispiel

- Arbeiten in Höhen bis zu 160 m,
- Arbeiten an elektrischen Anlagen,
- Arbeiten in engen Räumen,
- Arbeiten mit Gefahrstoffen,
- Physische und psychische Belastungen.

Durch klare Organisationsstrukturen, geeignete Schutzmaßnahmen und regelmäßige Unterweisungen kann diesen Gefährdungen nachhaltig entgegengewirkt werden.

Dieses Faltblatt richtet sich an zuständige Behörden, Betreiber und die interessierte Öffentlichkeit. Mit Blick auf die verschiedenen Funktionseinheiten von WEA werden die wesentlichen Gefährdungen zusammengefasst und Hinweise zu den besonderen Arbeitsschutz-Anforderungen gegeben. Das Faltblatt ersetzt nicht das umfangreiche arbeitsschutzrechtliche Regelwerk. Es will vor allem für die speziellen Gefährdungen bei Errichtung, Betrieb und Instandhaltung von „onshore“ geplanten WEA sensibilisieren. Nach DIN 31051 beinhaltet die Instandhaltung die Bereiche Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung.



FUNKTIONSEINHEITEN

Wesentliche Funktionseinheiten einer WEA sind der Rotor sowie die Gondel, in der sich der Generator befindet. Die Gondel, auch Maschinenhaus genannt, ist drehbar auf einem Turm gelagert, dessen Fundament die nötige Standsicherheit gewährleistet. An ihrer Vorderseite befindet sich der Rotor, bestehend aus Nabe und Rotorblättern. Der anströmende Wind versetzt den Rotor in eine Rotationsbewegung. Diese wird über die Nabe, die Antriebswelle und evtl. das Getriebe auf den Generator übertragen, der letztlich den Strom erzeugt. Zur Instandsetzung ist die Gondel über eine Leiter oder einen Fahrkorb im Turm erreichbar. Große Anlagen besitzen auf der Gondel meist eine Wartungsplattform.

ERRICHTUNG, BETRIEB UND INSTANDHALTUNG

Viele Arbeitsschritte werden vorab in den Montagewerken ausgeführt. Bauteile wie Turm oder Rotor können jedoch nicht in einem Stück transportiert werden. Deshalb erfolgt der Bau einer WEA in mehreren Schritten. Nach Fertigung des Fundaments wird mit der Errichtung des Turmes begonnen. Je nach Bauweise (Ort beton, Beton-Segmente, Stahlrohre oder Holz) dauert der Turmbau zwischen einigen Stunden und mehreren Wochen. Nach Fertigstellung des Turms wird die Gondel auf die Turmspitze gehoben. Bei Gewichten von über 200 t und Nabenhöhen von bis zu 160 m kommen die verwendeten Kräne an die Grenzen des derzeit technisch Machbaren. Je nach Typ der WEA wird die Gondel als Ganzes, also mit vormontiertem Triebstrang, auf dem Turm montiert, oder Maschinenhaus und Generator werden nacheinander installiert. An der Gondel wird die Nabe mit den Rotorblättern angebracht. Auch bei der Montage des Rotors kommen je nach Bauweise verschiedene Strategien zur Anwendung. Grundsätzlich kann der Rotor schon am Boden vormontiert werden. Oft wird zuerst die Nabe an der Gondel angeflanscht, und erst danach werden die Rotorblätter einzeln an der Nabe montiert. Im Anschluss kann mit dem Innenausbau begonnen werden. Hierbei werden Kabel, Schaltanlagen, die Steuer- und Kommunikationstechnik und der Aufzug installiert. Parallel dazu wird die Kabelstrecke zum Strom-Einspeisepunkt gebaut. Nach Abschluss des Innenausbaus und des Leitungsbaus kann der Probebetrieb aufgenommen werden.

Die übliche Betriebszeit von WEA beträgt etwa 20 Jahre. Der Betrieb unter ständig wechselnden Wetterbedingungen ist

anspruchsvoll. Um den sicheren Betrieb und die Wirtschaftlichkeit des komplexen WEA-Systems zu erhalten, muss besonderer Wert auf eine regelmäßige Wartung und Inspektion gelegt werden. Wird eine WEA vor Ende der vorgesehenen Betriebszeit durch eine modernere – meist größere – Anlage ersetzt, spricht man von „Repowering“.

Wartungen sind in festgelegten Zeitintervallen vorgesehen, in der Regel zweimal pro Jahr. Elektronische Baugruppen, Sensoren und Hydraulikanlage sind im Vergleich störanfälliger und müssen häufiger repariert werden. An Rotor, Generator und ggfs. Getriebe treten hingegen nur selten Defekte auf. Dafür sind die hier erforderlichen Arbeiten jedoch aufwändiger.

GEFÄHRDUNGEN UND BELASTUNGEN

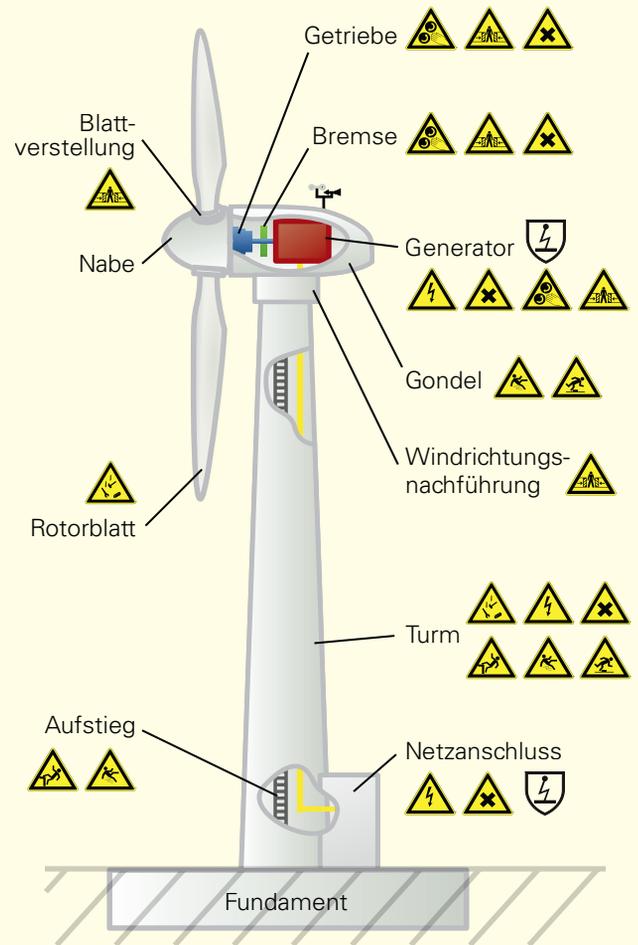
Der Großteil der Unfälle an WEA basiert auf mechanischen Gefährdungen und führt zu Quetschungen oder Verstauchungen. Beim Aufbau einer Anlage stehen die Beschäftigten häufig unter Zeitdruck mit teilweise langen Arbeitstagen, so dass auch psychische Belastungen bestehen. Die wichtigste Vorsorge gegen Unfälle bei Errichtung, Betrieb und Instandhaltung von WEA ist deshalb die kontinuierliche Unterweisung der Beschäftigten, vor allem hinsichtlich der drei Hauptgefährdungen:

Mechanische Gefährdungen

Mechanische Gefährdungen durch ungeschützte Maschinenteile, scharfe Kanten, Rutschen/Stolpern oder Fahrkörbe stehen an erster Stelle und können durch mechanische Sicherungen bzw. konsequente Unterweisung der Beschäftigten vermindert werden. Bei hochgelegenen Arbeiten sind immer ausreichende Sicherungen gegen Absturz vorzusehen.

Elektrische Gefährdungen

Gefährdungen sind in einer „abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte“, wie sie WEA darstellen, an sämtlichen elektrischen Bauteilen wie Generator, Kontaktstellen oder Leitungen zu erwarten. Deshalb sind Arbeiten an diesen Bauteilen immer unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft oder einer elektrotechnisch unterwiesenen Person durchzuführen. Um die Gefahr einer Durchströmung von Personen auszuschließen, gilt für alle Schaltanlagen, dass ein vollständiger bzw. mindestens ein teilweiser Berührungsschutz gewährleistet ist.



| | | | |
|--|---|--|---------------------------|
| | Schutzanzug gegen statische Elektrizität | | Warnung vor Absturzgefahr |
| | Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung | | Warnung vor Rutschgefahr |
| | Warnung vor Gefahr durch rotierende Teile | | Warnung vor Stolpergefahr |
| | Warnung vor Gefahr durch herabfallende Teile | | Warnung vor Quetschgefahr |
| | Warnung vor gesundheitsschädlichen oder reizenden Stoffen | | |

Schematische Darstellung der wesentlichen Gefährdungen, die bei der Errichtung, beim Betrieb oder bei der Wartung einer Windenergieanlage auftreten können.

Gefahrstoffe

Gefährdungen können durch Verwendung von Reparaturmaterialien wie Epoxydharze, Aushärter, Reinigungsmittel oder Fiberglas-Stäube relevant sein. Neben der Beachtung der Sicherheitsdatenblätter ist die Nutzung der erforderlichen persönlichen Schutzausrüstung (PSA) vorzusehen.

MASSNAHMEN ZUR GEFAHRENVERHÜTUNG

Voraussetzung für eine effektive Gefahrenverhütung ist die Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung. Hierzu sind die mit der Arbeit verbundenen Gefährdungen systematisch zu ermitteln und zu beurteilen. Aus dieser Analyse leiten sich die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen ab. Es ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob sich eine WEA in der Bau- oder Betriebsphase befindet. Beim Aufbau oder bei der Demontage von WEA stehen baustellenspezifische Gefährdungen im Vordergrund. Nach den Anforderungen der Baustellenverordnung ist die Einrichtung der Baustelle vorher anzukündigen. Wenn Arbeitnehmer unterschiedlicher Unternehmen tätig sind bzw. gefährliche Arbeiten mit Absturzgefahr auszuführen sind, ist die Benennung eines verantwortlichen Sicherheits- und Gesundheitskoordinators (SiGeKo) bzw. die Erstellung eines Sicherheits- und Gesundheitsplans zu beachten. Betriebsfertige WEA-Bauwerke hingegen sind maschinentechnische Anlagen nach der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Bei der Instandhaltung von WEA handelt es sich somit um Arbeiten an einer maschinentechnischen Anlage.

Grundlegende Anforderungen zum Schutz der Beschäftigten sind in nachfolgend aufgeführten Rechtsvorschriften genannt:

- Arbeitsschutzgesetz
- Arbeitssicherheitsgesetz
- Arbeitsstättenverordnung und Technische Regeln für Arbeitsstätten
- Baustellenverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Gefahrstoffverordnung und Technische Regeln für Gefahrstoffe
- Lastenhandhabungsverordnung
- PSA-Benutzungsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge



BAUSTELLENSPEZIFISCHE ANFORDERUNGEN

Bei der Errichtung oder der Demontage von WEA sind insbesondere die nachfolgenden baustellenspezifischen Anforderungen zu beachten:

- Vor Einrichten der Baustelle hat der Bauherr einen Sicherheits- und Gesundheitskoordinator (SiGeKo) zu bestellen bzw. einen Sicherheits- und Gesundheitsplan zu erstellen.
- Es dürfen nur ausgebildete Kranführer bzw. Anschläger eingesetzt werden.
- Auf der Baustelle gilt insbesondere Helmpflicht und das Tragen von Sicherheitsschuhen (Klasse S3; Schutzkappe, durchtrittsichere Sohle).
- Die Baustellenordnung mit sicherheitsrelevanten Aspekten muss allen Beteiligten (z. B. Kranfirma, Lieferanten, Monteure) bekannt sein; die Unterweisung ist zu dokumentieren.
- Eine angemessene Baustellenausstattung mit Aufenthaltsräumen, Toiletten, Feuerlöschern, geprüften Arbeitsmitteln und Verbandkästen ist zu gewährleisten.
- Bei der Montage von Steigschutzsystemen sind unabhängig wirksame Absturzsicherungen zu verwenden; Steigschutzsysteme dürfen erst nach Freigabe benutzt werden.
- Zwischen Kranführer und Einweiser/Anschläger ist immer eine geeignete Kommunikation sicherzustellen.

ALLGEMEINE ARBEITSSCHUTZMASSNAHMEN

Bei Errichtung, Betrieb und Instandhaltung von WEA sind folgende allgemeinen Arbeitsschutzmaßnahmen zu beachten:

- Aufgaben und Weisungsbefugnisse aller Beteiligten sind festzulegen und zu dokumentieren.
- Maßnahmen aus der Gefährdungsbeurteilung sind mittels arbeitsplatzbezogener Betriebsanweisungen umzusetzen.
- Alle Beschäftigten sind mit der jeweils erforderlichen PSA auszustatten. Bei witterungsbedingten Gefährdungen ist Schutzkleidung gegen Wind, Nässe, Kälte bzw. Sonne zur Verfügung zu stellen und zu nutzen.
- PSA gegen Absturz sowie die hierfür vorgesehenen Anschlagpunkte sind zu nutzen.
- Arbeitsmittel (PSA gegen Absturz, sicherheitsrelevante Teile, Rettungsgeräte, elektrische Werkzeuge) sind mindestens einmal jährlich von Sachverständigen zu prüfen.
- Alle eingesetzten Anschlagmittel und Hebezeuge (Seile, Gurte, spezielle Hebemittel für Turm, Maschinenhäuser, Rotorblätter) sind regelmäßig durch Sachkundige bzw. vor Benutzung auf Beschädigungen zu prüfen.
- Die bestimmungsgemäße Verwendung von Arbeitsmitteln (Steighilfen, PSA gegen Absturz) sowie die Nutzung der gekennzeichneten Anschlagpunkte ist durch regelmäßige Unterweisung zu gewährleisten.
- Die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten darf nur durch hierfür ausgebildete bzw. unterwiesene Personen erfolgen. Unterweisungen sind zu dokumentieren.
- Bei erhöhter Gefährdung durch räumliche Verhältnisse oder exponierte Lage (Arbeiten mit Absturzgefahr, enge Räume, Arbeiten mit offener Flamme, Arbeiten an Hydraulikanlagen) ist Alleinarbeit zu vermeiden.
- Instandhaltungsarbeiten sollten mindestens von zwei Personen durchgeführt werden; beide Monteure sollten gleichzeitig Ersthelfer sein.
- Bei Instandhaltungsarbeiten über einen längeren Zeitraum ist eine mobile Sanitäreinrichtung (Toilette) bereitzustellen.
- Bei Steigleitern sind in bestimmten Abständen (10 m) Ruheebenen vorzusehen; diese dienen gleichzeitig als Rettungsbühnen.
- Bei großen WEA (ab 60 m Nabenhöhe) sind zum Erreichen der Kanzel die vorgegebenen Steighilfen durch Liftanlagen (Aufzüge) zu ergänzen; ansonsten wenn mit verhältnismäßigem Aufwand realisierbar (DIN EN 50308).



- Bei Benutzung einer Steigleiter bzw. eines offenen Aufzuges und bei hochgelegenen Arbeiten (schon ab 1 m) sind in jedem Fall Sicherungen gegen Absturz vorzusehen.
- Es sind Vorkehrungen zum Schutz vor herabfallenden Gegenständen zu treffen.
- Für den Zugang zur Nabe von außen muss eine spezielle Ausbildung bzw. Unterweisung erfolgen und eine praktische Übung durchgeführt werden.
- Ungeschützte Maschinenteile sind abzudecken; Teile mit gefährlichen Oberflächen (z. B. Kanten, Drahtseile, heiße Oberflächen) sind durch Schutzgitter zu verkleiden.
- Bei kritischen Windgeschwindigkeiten sind sämtliche Arbeiten einzustellen und Sicherungsmaßnahmen einzuleiten (bei Gewitter im Montagefahrzeug aufhalten).
- Zutrittsregelungen zu abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten (Mittelspannungsräume) sind zu beachten; Schaltungen bzw. Montagearbeiten an Nieder- und Mittelspannungsanlagen dürfen nur von schaltberechtigten Personen nach vorheriger Freischaltung durchgeführt werden.
- Bei Arbeiten in der Nähe von Funkantennen ist der erforderliche Sicherheitsabstand einzuhalten; der Mindestabstand bei Mobilfunkantennen beträgt 1 m.
- Beim Umgang mit Gefahrstoffen (z. B. Farben, Fette, Kleber, Polystyrol-Kunststoffe, Korrosionsschutzmittel, Lösungsmittel, Hydrauliköl, Batteriesäure) ist die dafür vorgesehene Schutzausrüstung zu verwenden.

- Brandgefahr geht von schweißtechnischen Arbeiten, Heißluftgebläsen für Schrumpfschläuche, heißem Transformator-Öl und Isoliermaterialien aus; darum müssen bei Arbeiten im Maschinenhaus und in Mittelspannungsräumen Mittel zur Brandbekämpfung (z. B. Feuerlöscher) bereitgehalten werden; brennbare Materialien dürfen nur außerhalb des Arbeitsbereiches aufbewahrt werden.
- Für Rettungswege ist eine Sicherheitsbeleuchtung vorzusehen (Notstromversorgung); Anlagen ohne Sicherheitsbeleuchtung sind mit einer mitzuführenden netzunabhängigen Beleuchtung zu begehen; Kommunikationsmöglichkeiten sind sicherzustellen, v. a. bei Arbeiten am Rotor.
- Notfallplanung (Alarm- und Rettungsplan): WEA müssen mittels Anlagenkennzeichnung (Hinweisschild) eindeutig identifizierbar sein; Anfahrtswege zur WEA sind mit den örtlich zuständigen Rettungskräften abzustimmen.
- Eignungsuntersuchungen sind vorzusehen bei Arbeiten mit Absturzgefahr und bei Fahr-, Steuer- und Überwachungsaktivitäten.
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sind vorzusehen bei Einwirkung von Lärm über 80 dB(A) sowie beim Umgang mit bestimmten Gefahrstoffen.

ERGÄNZENDE HINWEISE

- Bei Befahr-Anlagen bzw. Personentransportmitteln in WEA handelt es sich um Aufzugsanlagen im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Prüfungen an den Aufzugsanlagen hängen davon ab, ob diese nach der Aufzugsverordnung (12. ProdSV) oder der Maschinenverordnung (9. ProdSV) in Verkehr gebracht wurden. In der Regel handelt es sich bei Aufzügen bzw. Personenaufnahmemitteln in WEA um Maschinen nach Anhang IV Nr. 17 der Maschinenverordnung. Diese Einrichtungen bedürfen nach § 14 BetrSichV einer Prüfung vor Inbetriebnahme und nach § 15 Abs. 14 BetrSichV einer wiederkehrenden Prüfung alle vier Jahre.
- Bei der Erstellung einer WEA-spezifischen Gefährdungsbeurteilung bietet die BG-Informationsschrift (BGI) 657 „Windenergieanlagen“ detaillierte Hilfestellung; diese wird derzeit weiterentwickelt. Weiterhin relevante BG-Regeln

sind: BGR 134 „Einsatz von Feuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängenden Gasen“; BGR 198 „Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz“; BGR 199 „Retten aus Höhen und Tiefen mit persönlichen Absturzsutzausrüstungen“.

- Aufgrund ihrer beachtlichen Höhe sind brennende WEA von der Feuerwehr kaum zu erreichen. Eine Lösung dieses Problems bieten vollautomatische Branderkennungs- und Löschanlagen für WEA, die vom Verein Deutscher Sicherheitsingenieure anerkannt sind.

MATERIALIEN UND QUELLEN

- Windenergie-Erlass Baden Württemberg vom 30. Mai 2012 (GABl. 2012, S. 413)
- Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, BG-Information 657 „Windenergieanlagen“ vom März 2006
- Technische Regel für Arbeitsstätten (ASR A2.1): Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen (Nov. 2012, GMBL. 2013, S. 482)
- Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE), Windenergie, www.vde.com/de
- Agentur für erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de/de/windenergie.html
- Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE): www.wind-energie.de/infocenter/technik
- LUBW Windenergie: www.lubw.de/servlet/is/220505

BILDNACHWEIS

- juwi AG, Wörrstadt (Seite 1)
- Wikimedia Commons (Seite 2)
- Wikimedia Commons, bearbeitet durch LUBW, Karlsruhe (Seite 5)
- Windwärts Energie GmbH, Hannover; Fotograf: Mark Mühlhaus / attenzione (Seite 7)
- Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin (Seite 9)

Stand: Juli 2013