



Fachbereich WD 5

Infrastruktur zum Betrieb von Windenergieanlagen

Infrastruktur zum Betrieb von Windenergieanlagen

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 071/25

Abschluss der Arbeit: 23.10.2025

Fachbereich: WD 5: Wirtschaft, Energie und Klima

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzugeben und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Überblick	4
2.	Infrastruktur zum Betrieb von Windenergieanlagen	4
2.1.	Kabel	4
2.2.	Umspannwerk	5
2.3.	Sonstiges	6
3.	Flächenverbrauch von Windenergieanlagen und ihrer Infrastruktur	6

1. Überblick

Zum Betrieb von Windenergieanlagen wird Infrastruktur für den Aufbau, den Betrieb und den Rückbau der Windenergieanlage benötigt (Zuwegung, Kabel, Umspannwerk). Die folgende Arbeit gibt einen Überblick über den mit der Herstellung dieser Infrastruktur verbundenen Aufwand und die Flächeninanspruchnahme.

2. Infrastruktur zum Betrieb von Windenergieanlagen

Die Sphera Solutions GmbH und das Fraunhofer-Institut für Bauphysik erstellten im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) Ökobilanzen für Windenergieanlagen (WEA):

Umweltbundesamt (2021): Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen,
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-bewertung-der-oekobilanzen-von>.

Für diesen Bericht (im Folgenden UBA-Bericht genannt) wurden u. a. die Umweltauswirkungen moderner Windenergieanlagen (WEA) über deren gesamten Lebenszyklus bilanziert. „[F]ünf Industriepartner [...] stellten Primärdaten zur Verfügung, unterstützten mit der Bereitstellung geeigneter Literaturquellen oder gaben Ratschläge auf Grundlage ihres Fachwissens.“¹ Auf die Infrastruktur, die die Autoren des UBA-Berichts neben der WEA selbst für den Betrieb der WEA über den gesamten Lebenszyklus als notwendig erachteten, wird in den folgenden Abschnitten eingegangen. Der Fokus liegt auf der Herstellung der Kabel und des Umspannwerks.

2.1. Kabel

Die Autoren des UBA-Berichts setzen für die Herstellung der Verkabelung von Offshore-Anlagen folgende Aufwände an:

„Die Verkabelung zwischen den WEA und der Offshore-Station, in Form von Unterseekabeln, weist eine Spannung von 33 kV auf. Die durchschnittliche Länge beträgt 2,0 km je WEA. Die Verkabelung hat ein Gesamtgewicht von 35 t und setzt sich zusammen aus 40 % Kunststoffen, 40 % Kupfer, 15 % Stahldraht und 5 % Aluminium.“

Die Verkabelung zwischen der Offshore-Station und dem Netzanschluss weist eine Spannung von 245 kV auf. Die Entfernung und damit die Gesamtlänge des Kabels beträgt 80 km, davon 60 km (als Unterseekabel) zur Küste und 20 km (als Erdkabel) an Land. Aus Sicherheitsgründen werden zwei Kabel parallel geführt. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von 80 WEA je Windpark ergibt sich eine durchschnittliche Kabellänge von 2,0 km je WEA. Die Verkabelung

¹ Umweltbundesamt (2021): Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen, Seite 270, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-bewertung-der-oekobilanzen-von>; die fünf Industriepartner werden dort namentlich genannt.

hat ein Gesamtgewicht von 92 t und hat folgende Zusammensetzung: 35 % Kunststoffe, 35 % Aluminium, 10 % Kupfer, 10 % Blei und 10 % Stahldraht.“²

Für Onshore-Anlagen gehen die Autoren von folgender Verkabelung aus:

„Die Verkabelung zwischen den WEA, in Form von Erdkabeln, weist eine Spannung von 33 kV auf. Die durchschnittliche Länge beträgt 1,1 km je WEA. Die Daten der Hersteller reichen von 1,0-1,4 km je WEA. Das Gesamtgewicht der 33 kV-Verkabelung reicht von 7-10 t mit einer Zusammensetzung von 50-57 % Kunststoffen, 26-34 % Aluminium und 8-15 % Kupfer.

Die Entfernung zum Netzanschlusspunkt, und damit die Länge des 110 kV Erdkabels, beträgt 10 km. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von 20 WEA je Onshore-Windpark am Starkwindstandort³ ergibt sich damit eine durchschnittliche Kabellänge von 0,5 km je WEA. Für den Onshore-Windpark am Schwachwindstandort, mit einer durchschnittlichen Anzahl von 5 WEA, ist die durchschnittliche Kabellänge 2,0 km je WEA. Die 110 kV-Verkabelung hat ein durchschnittliches Gesamtgewicht von 19 t und setzt sich zusammen aus 63 % Kunststoffen, 30 % Aluminium und 7 % Kupfer.“⁴

2.2. Umspannwerk

Für Offshore-Windparks setzen die Autoren des UBA-Berichts folgenden Aufwand für die Herstellung eines notwendigen Umspannwerks an:

„Die Herstellung der Umspannwerke umfasst die Umspannplattform auf See und das Umspannwerk an Land.

Die Umspannwerke, inklusive Fundament, haben ein Gesamtgewicht von 160 t. Sie setzen sich zusammen aus 63 % Beton, 29 % Stahl, 2 % Elektrostahl, 2 % Schmierstoffen, 1 % Aluminium, 1 % Kupfer und 1 % Holzprodukte. Weitere Materialien sind Kunststoffe und Glasfasern. [...]“⁵

Bei Onshore-Windparks fällt der Aufwand geringer aus:

„Das Umspannwerk hat ein Gewicht von ca. 2-4 t und setzt sich zusammen aus 30-32 % Elektrostahl, 18-35 % Stahl, 19-25 % Schmieröl und 14-16 % Kupfer. Weitere Materialien sind Holzprodukte, Kunststoffe und Glasfasern. [...]“⁶

2 Ebd., Seite 278.

3 Für Erläuterungen zu den im UBA-Bericht untersuchten Stark- und Schwachwindstandorten siehe: Ebd., Tabelle 73.

4 Ebd., Seite 278.

5 Ebd., Seite 279.

6 Ebd., Seite 279.

2.3. Sonstiges

Der UBA-Bericht führt weitere Aufwände genauer aus, u. a. für den Aufbau der WEA,⁷ die Wartung über die gesamte Lebensdauer⁸ und den Rückbau nach Ende der Lebensdauer.⁹

3. Flächenverbrauch von Windenergieanlagen und ihrer Infrastruktur

Mit der Flächeninanspruchnahme von Windenergieanlagen haben sich die Wissenschaftlichen Dienste bereits in einer früheren Arbeit beschäftigt:

Wissenschaftliche Dienste (2025): Flächeninanspruchnahme durch Erneuerbare Energien, WD 5 – 3000 – 039/25.

Der folgende Abschnitt ist ein modifizierter Auszug aus dieser früheren Arbeit.

Flächen für Windkraftanlagen werden vor allem durch Fundament, Kranstellflächen und Zuweitung in Anspruch genommen.¹⁰ Zu Windkraftanlagen, die in Waldgebieten aufgestellt werden, schreibt die Fachagentur Wind und Solar:

„[Es] zeigt sich, dass im Mittel über den gesamten Betriebszeitraum 0,51 Hektar (ha) Fläche von Baumbewuchs freizuhalten sind. Die Spannbreite der Werte erstreckt sich von 0,04 ha bis 1,59 ha pro WEA, der Median liegt bei 0,47 ha. Zusätzlich wird während der Bauphase eine Waldfläche von durchschnittlich 0,57 ha pro Anlage (Median 0,50 ha) vorübergehend beansprucht. Hier reicht die Spannbreite von 0 ha bis 1,95 ha pro WEA. Insgesamt liegt der Flächenbedarf, der für den Bau und den späteren Betrieb einer Windenergieanlage (zeitweise) erforderlich ist, bei rund einem Hektar Wald.“¹¹

Und weiter:

„Von dieser Fläche werden etwa 0,05 ha durch das Anlagenfundament [...] versiegelt. Für die Aufstellung des Krans neben der Anlage müssen dauerhaft etwa 0,18 ha, für den Kranausleger weitere 0,20 ha Fläche dauerhaft freigehalten werden, um jederzeit Wartungs- und Reparaturarbeiten durchführen zu können. Der verbleibende Anteil der Fläche umfasst hauptsächlich

7 Ebd., Kapitel 7.1.3.3.2.

8 Ebd., Kapitel 7.1.3.3.4.

9 Ebd., Kapitel 7.1.3.4.

10 BT-Drs. 20/8097, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der AfD-Fraktion „Flächeninanspruchnahme durch sogenannte erneuerbare Energien, Antwort zu Frage 3, <https://dserver.bundestag.de/btd/20/080/2008097.pdf>.

11 Fachagentur Wind und Solar (2025): Entwicklung der Windenergienutzung auf Forstflächen – Ausbau, planerische Vorgaben und Empfehlungen für Anlagenstandorte in den Ländern, S. 15, https://www.fachagentur-wind-solar.de/fileadmin/Veroeffentlichungen/Wind/Windenergie_im_Wald/FA_Wind_und_Solar_Analyse_Wind_im_Forst_10Auflage_2025.pdf.

die Zuwegung im Wald, die über den gesamten Betriebszeitraum der Anlage auf Fahrzeugbreite ausgebaut bleiben muss [...].“¹²

Zur Flächeninanspruchnahme von Windenergieanlagen außerhalb von Waldgebieten liegen nach Auskunft der Bundesregierung von August 2023 keine Daten vor. Im Offenland sei jedoch eher von einer „etwas geringeren“ Flächeninanspruchnahme auszugehen.¹³

12 Ebd., Seite 16.

13 Vgl. BT-Drs. 20/8097, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der AfD-Fraktion „Flächeninanspruchnahme durch sogenannte erneuerbare Energien, Antwort zu Frage 1,
<https://dserver.bundestag.de/btd/20/080/2008097.pdf>.