

Anfrage Nr. 325 zur Klimaschutzfunktion des Waldes und zur CO₂-Vermeidung durch Windenergieanlagen

Frage

Wie groß ist die Klimaschutzfunktion bzw. die Kohlenstoff-Speicherfunktion des Waldes? In welchem Umfang wird durch Windenergieanlagen Waldfläche in Anspruch genommen? In welchem Verhältnis stehen die Kohlenstoffspeicherleistung des Waldes und die CO₂-Vermeidungsleistung durch den Bau und Betrieb von Windenergieanlagen?

Antwort

1. Die Klimaschutz- und Kohlenstoff-Speicherfunktion des Waldes

Insbesondere intakte Wälder haben aufgrund ihres Vermögens jährlich zusätzliche Mengen an Kohlenstoff zu binden, eine Senken- und damit eine natürliche Klimaschutzfunktion. Bäume und andere Pflanzen entziehen der Atmosphäre durch Photosynthese Kohlenstoff und binden diesen in die lebende Biomasse ein. In Form von Totholz, im Rahmen der Bodenbildung und in der Streuschicht des Waldes kann langfristig ebenfalls Kohlenstoff akkumuliert werden. Bei der natürlichen Zersetzung von Totholz und Streu wird ein Teil des darin gespeicherten Kohlenstoffs langfristig wieder in die Atmosphäre freigesetzt. Wird dem Wald mit der forstlichen Nutzung Holz entnommen und stofflich in Holzprodukten gebunden, kann dies zusätzlich als Kohlenstoffspeicher wirken. Jährlich werden so etwa 5 Millionen Tonnen CO₂ gespeichert (BMEL 2024, S. 46). Wird entnommenes Holz zur Strom- oder Wärmeerzeugung genutzt (oder bei Waldbränden verbrannt), wird der Kohlenstoff hingegen sofort freigesetzt (ebd.).

In den letzten Jahrzehnten, so auch bei der vorletzten Kohlenstoffinventur 2017 war die Bilanz der Kohlenstoffspeicherung des Waldes im Vergleich zur Kohlenstoffabgabe stets positiv, weshalb der Wald als eine Kohlenstoffsenke galt (BMEL 2021, S. 9). Zwischen 2017 und 2022 hat der Kohlenstoffvorrat im Wald jedoch um insgesamt 41,5 Millionen Tonnen abgenommen, was den Wald zur Kohlenstoffquelle machte (BMEL 2024, S. 46). Die Reduktion des Kohlenstoffvorrats entstand durch einen Rückgang der lebenden Biomasse, insbesondere aufgrund von Kalamitäten und klimawandelbedingtem, vermindertem Zuwachs.

Nach BMEL (2024, S. 47) ist es aktuell ungewiss, ob sich dies wieder zum Positiven wendet. Einem weiteren Vorratsanstieg an Kohlenstoff im Wald stünde das steigende Waldalter, der Ausfall der Fichte und die weiteren Dürrefolgen der letzten Jahre entgegen. Auch der notwendige aktive Waldumbau zu klimaangepassten Mischwäldern erfordere in der Regel eine Entnahme von alten Bäumen und führe somit zu einer Absenkung des Vorrats (ebd.).

Dennoch speichert der Wald erhebliche Kohlenstoffmengen. Im Rahmen der Kohlenstoffinventur 2022 waren dies:

- 1.021 Millionen (Mio.) Tonnen in der oberirdischen und weitere 163 Mio. Tonnen in der unterirdischen Biomasse,
- 46 Mio. Tonnen im Totholz,
- 936 Mio. Tonnen in Streu und Mineralboden bis 30 Zentimeter Tiefe sowie
- 212 Mio. Tonnen in Holzprodukten (ebd., S. 46).

Bei einer Gesamtwaldfläche von 11,5 Millionen Hektar (BMEL 2024, S. 6) ergibt dies eine Kohlenstoffspeichermenge von insgesamt rund 2,2 Milliarden Tonnen bzw. durchschnittlich 197,4 Tonnen Kohlenstoff je Hektar Wald (ebd.).

2. Umfang der Waldinanspruchnahme durch die Windenergie

Nach Angaben der Fachagentur Wind und Solar (FA Wind und Solar 2025, S. 15) muss für eine WEA im Wald durchschnittlich eine Fläche von 0,51 Hektar für das Fundament, Kranstellfläche und Zuwegung dauerhaft „baumfrei“ bleiben. Weitere 0,57 Hektar Waldfläche werden durchschnittlich nur temporär als Lager- und Bauflächen in der Errichtungsphase benötigt, müssen dafür aber ggf. ebenfalls gerodet werden (ebd., S.15).

Wenngleich die Werte für die in Anspruch genommene Waldfläche je nach Standort, Anlagentyp, Alter und Größe der WEA und Länge der Zuwegung beträchtlich schwanken können, beträgt die durchschnittliche Flächeninanspruchnahme inklusive temporär benötigter Flächen pro WEA also in etwa einen Hektar (ebd., S. 15).

Steigende Anlagengrößen und längere Rotorblätter von WEA erhöhen insbesondere die temporär während der Bauphase benötigte Fläche für die Zwischenlagerung und Montage der Anlagenteile und damit auch die Gesamtflächeninanspruchnahme im Wald. Sie liegt bei aktuellen Anlagen mit einem Rotordurchmesser ab 162 Metern bei durchschnittlich gut 1,4 Hektar (FA Wind und Solar 2025, S. 17). Die dauerhaft in Anspruch genommene Fläche hat sich jedoch zwischen den Jahren 2015 (0,54 Hektar) und 2024 (0,56 Hektar) kaum erhöht (ebd. S. 18).

Auf Grundlage des Durchschnittswertes von 0,51 Hektar (s.o.) und aller Ende 2024 bundesweit 2.533 auf Waldstandorten betriebenen WEA (ebd., S. 16), wurden zu diesem Zeitpunkt insgesamt 1.292 Hektar Wald dauerhaft in Anspruch genommen, 2.736, wenn man die temporäre Inanspruchnahme noch hinzurechnet. Dies entspricht bezogen auf die oben genannte Gesamtwaldfläche Deutschlands einem Anteil von lediglich gut 0,02 Prozent.

Temporär beanspruchte Waldflächen müssen nach Abschluss der Errichtungsarbeiten wieder aufgeforstet oder der natürlichen Waldneubildung durch Sukzession überlassen werden (ebd., S. 14). Dauerhaft beanspruchte Waldumwandlungsflächen sind in Form von Erstaufforstungen in der Regel 1 zu 1 zu kompensieren. In waldreichen Bundesländern kann die dauerhafte Waldinanspruchnahme zum Teil auch durch ökologische Waldumbaumaßnahmen oder Waldrandgestaltungen ausgeglichen werden (ebd., S. 14).¹ Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass WEA zumindest teilweise auf ohnehin nicht bestockten Waldflächen bzw. auf Kalamitätsflächen realisiert werden, die aufgrund des Schädlingsbefalls bereits gerodet wurden bzw. zu roden sind (ebd., S. 13).

¹ In einigen Bundesländern ist auch ein finanzieller Ausgleich durch Zahlung einer zweckgebundenen Walderhaltungsabgabe möglich, wenn zum Beispiel Ersatzaufforstungen mangels geeigneter Flächen nicht möglich sind (Land Brandenburg, [online](#)).

Durch die Ausweisung von weiteren Waldflächen als Windenergiegebiete, insbesondere auch in den walddreichen, südlichen Bundesländern und der Realisierung von Vorhaben mit wachsenden Anlagendimensionen, dürfte die Waldinanspruchnahme zwar in den kommenden Jahren noch zunehmen. Bislang kann die Windenergie im Wald jedoch nicht als Treiber für einen Verlust an Waldflächen angesehen werden.

3. Vergleich der Kohlenstoffspeicherleistung des Waldes mit der CO₂-Vermeidungsleistung der Windenergie

Um die Kohlenstoffspeicherleistung des Waldes mit der CO₂-Vermeidungsleistung der Windenergie in ein Verhältnis setzen zu können, bietet sich eine hektarbezogene Betrachtung von CO₂-Äquivalenten an. Diesbezüglich sei vorangestellt, dass ein solcher Vergleich lediglich ein grober, auf bundesweiten Durchschnittswerten basierender ist. Dabei können weder regional und lokal sehr unterschiedliche reale Bedingungen bezüglich der Speicherleistungen von Wäldern noch unterschiedliche Spezifika von WEA-Vorhaben zu Grunde gelegt werden. Zudem müssen für einen überschlägigen Vergleich gewisse, vereinfachende Annahmen getroffen werden.

Für den Verlust an CO₂-Speicherleistung werden zunächst die unter Punkt 1 angegebenen Kohlenstoffspeichermengen in Hektar und diese anschließend in CO₂-Äquivalente pro Hektar umgerechnet. Dabei wird (vereinfacht) von einer auf einen Hektar gerundeten Waldinanspruchnahme ausgegangen und weiterhin davon, dass beim Bau einer WEA der Kohlenstoffspeicher von Streu und Mineralboden größtenteils erhalten bleibt, da die Fundamentfläche nur einen sehr kleinen Teil der dauerhaften Flächeninanspruchnahme ausmacht und zudem ein etwaiger Bodenaushub nach Horizonten getrennt gelagert und in der Regel ortsnahe wieder „eingebaut“ wird.

Damit entfällt pro WEA vereinfacht nur der Kohlenstoffspeicher in Form der lebenden Bäume, oberirdisch und unterirdisch derzeit 108 Tonnen Kohlenstoff je Hektar, zuzüglich 4,2 Tonnen in Form des Totholzes (BMEL 2024, S. 46). Dies entspricht umgerechnet einem Verlust an CO₂-Speicher von rund 412 Tonnen.²

Diesem Wert kann die CO₂-Vermeidungsleistung der Windenergie, wie nachfolgend berechnet, gegenübergestellt werden:

Nach der „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ des Umweltbundesamtes für das Jahr 2023 führten die 28.677 deutschlandweit betriebenen WEA an Land (Lauf et al. 2025, S. 54) zu einer Vermeidung von rund 88,4 Mio. Tonnen an CO₂-Äquivalenten (ebd., S. 57). Die Zahl wurde auf Grundlage der insgesamt von den WEA erzeugten Strommenge berechnet, die die gleiche Strommenge aus konventionellen Energieträgern (Kohle und Gas) verdrängt hat.³ Pro WEA ergibt sich somit eine Menge an vermiedenen CO₂-Äquivalenten von durchschnittlich 3.082 Tonnen.⁴

² Ein Kilogramm Kohlenstoff entspricht aufgrund der molaren Massenverhältnisse 3,67 Kilogramm Kohlendioxid.

³ Hierbei wurden jeweils auch die Emissionen auf der Herstellungsseite der Anlagen (inkl. der Vorketten) sowie aus der für die Errichtung benötigten fremdbezogenen Hilfsenergie berücksichtigt sowie die vermiedenen CO₂-Äquivalente für CH₄, SO₂ und N₂O (Lauf et al. 2025, S. 57).

⁴ Das Umweltbundesamt ging im Jahr 2019 bei „neueren“ WEA auf unterdurchschnittlichen Standorten von 3.600 Tonnen jährlich vermiedener CO₂-Emissionen aus (Correctiv 2019).

Ausgehend von den vereinfachten Annahmen, übertraf die jährliche CO₂-Vermeidungsleistung einer durchschnittlichen WEA im Wald im Jahr 2023 somit die CO₂-Speichermenge des in Anspruch genommenen Waldes (412 Tonnen) bereits im ersten Betriebsjahr um fast das Siebenfache. Bei modernen WEA mit etwas höherem temporären Flächenbedarf und einem Gesamtflächenbedarf von 1,5 Hektar, liegt die CO₂-Vermeidungsleistung immer noch um das Fünffache höher.

In jedem weiteren Betriebsjahr stünde die jährliche CO₂-Vermeidungsleistung der WEA der potenziellen CO₂-Speichermenge der Waldfläche gegenüber. Letztere dürfte zumindest mittelfristig um ein Vielfaches niedriger sein als die CO₂-Vermeidungsleistung. Langfristig allerdings, muss angenommen werden, dass mit zunehmendem Stromanteil aus erneuerbaren Energien insgesamt, die CO₂-Vermeidungsleistung der Windenergie immer weiter zurückgeht.

4. Zusammenfassung und Einordnung

Wälder spielen eine zentrale Rolle beim Klimaschutz, weil sie langfristig erhebliche Mengen Kohlenstoff in Biomasse, Totholz, Streu und Böden speichern. Wenngleich der deutsche Wald laut der letzten Bundeswaldinventur bilanziell als Kohlenstoffquelle gilt und es womöglich nicht leicht sein könnte, ihn wieder zu einer Senke zu machen, bindet er aktuell rund 2,2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff, was etwa 197 Tonnen pro Hektar entspricht.

Durch Windenergieanlagen, die auf Waldstandorten errichtet werden, wird vergleichsweise wenig Fläche beansprucht. Pro Windenergieanlage (WEA) werden durchschnittlich 0,51 Hektar dauerhaft und etwa 0,57 Hektar temporär beansprucht. Zusammengenommen macht dies also gut einen Hektar pro Anlage aus was bei den Ende 2024 bundesweit 2.533 WEA im Wald nur 0,02 % der gesamten Waldfläche Deutschlands entspricht. Moderne Anlagen haben eine etwas höhere temporäre Flächeninanspruchnahme. In der Regel werden aber temporär benötigte Waldflächen wieder aufgeforstet und dauerhaft in Anspruch genommene meist durch Ersatzpflanzungen kompensiert. Nach bisherigem Kenntnisstand ist die Windenergie somit nicht als Treiber für einen Verlust an Waldflächen zu bewerten.

Der grobe Vergleich der CO₂-Speicherleistung des Waldes mit der CO₂-Vermeidungsleistung der Windenergie zeigt, dass der potenzielle Verlust an Kohlenstoffspeicher durch den Bau einer WEA (rund 400 Tonnen CO₂-Äquivalente) bereits im ersten Betriebsjahr mehr als ausgeglichen wird: Eine WEA vermeidet im Durchschnitt rund 3.100 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr, also mehr als das Siebenfache. Selbst bei größeren Anlagen mit etwas höherem temporären Flächenbedarf liegt das Verhältnis noch bei Eins zu Fünf. Damit übertrifft die Windenergie die CO₂-Speicherleistung der beanspruchten Waldfläche kurzfristig deutlich, in den darauffolgenden Jahren sogar um ein Vielfaches. Langfristig sinkt ihr relativer Beitrag jedoch, je stärker der Strommix insgesamt auf erneuerbare Energien umgestellt wird und damit weniger CO₂-Emissionen vermieden werden können.

Die Klimaschutzfunktion des Waldes allein sollte daher kein Argument sein, um Windenergie auf Waldflächen generell auszuschließen. Insbesondere in sehr walddreichen Bundesländern mit bewaldeten windhöufigen Höhenzügen wird man aufgrund anderer Restriktionen vielerorts nicht umhinkommen, zur Erreichung der aktuellen Klimaschutz- und Ausbauziele der Windenergie auch Waldflächen für die Windenergie in Anspruch zu nehmen.

Dennoch sollten bei Planungen von Flächen für die Windenergie und bei konkreten WEA-Vorhaben der Wald und dessen vielfältige Funktionen bestmöglich berücksichtigt werden. Wälder

mit besonderer Ausprägung der Lebensraumfunktion für besonders geschützte Arten, der verschiedenen Regulationsfunktionen des Naturhaushalts sowie der Erholungs- und Schutzfunktionen sollten möglichst von der Windenergienutzung freigehalten werden und Offenlandstandorte, wenn möglich, aus Naturschutzsicht bevorzugt werden.

Werden WEA auf nicht bestockten Waldflächen, auf ohnehin zu rodenden oder bereits gerodeten Kalamitätsflächen oder auf großflächig nicht klimawandelresilient bestockten Waldflächen errichtet, kann die Windenergienutzung wiederum eine sinnvolle Möglichkeit sein, den Wiederaufbau bzw. den Waldumbau zu unterstützen. (vgl. BWE 2021, S. 21 und 25).

Das KNE hat an anderer Stelle zusammengestellt, was allgemein für eine naturverträgliche Planung und Errichtung von Windenergieanlagen im Wald beachtet werden muss (KNE 2021) und welche wissenschaftlichen Studien und Veröffentlichungen uns bekannt sind (KNE 2024).

Literaturverzeichnis

BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2024): Der Wald in Deutschland - Bundeswaldinventur 2024. Bonn. 60 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Waldstrategie 2050 - Nachhaltige Waldbewirtschaftung - Herausforderung und Chancen für Mensch, Natur und Klima. Bonn. 56 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

BWE – Bundesverband WindEnergie (2021): Windenergie im Forst. Wie Windenergie einen Beitrag zum Waldschutz leistet. Berlin. 25 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

Correctiv (2019): Faktencheck: Nein, der abgeholzte Wald für eine Windkraftanlage nimmt nicht mehr CO₂ auf, als die Anlage vermeiden kann. [Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

FA Wind und Solar – Fachagentur Wind und Solar (2025): Entwicklung der Windenergienutzung auf Forstflächen - Ausbau, planerische Vorgaben und Empfehlungen für Anlagenstandorte in den Ländern. 10. Auflage. Berlin. 52 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2024): KNE-Auswahlbibliografie Windenergienutzung auf Waldstandorten. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2021): Anfrage Nr. 278 zu Studien für eine naturverträgliche Windenergienutzung auf Waldstandorten (online). [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

Lauf, T., Memmler, M., Schneider, S. (2025): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2023. Climate Change 03/2025. UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau. 173 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 14.03.2025).

Haftungsausschluss

Alle Angaben in diesem Dokument wurden nach bestem Wissen zusammengestellt. Sie geben den zum Antwortzeitpunkt aktuellen Kenntnisstand wieder. Das KNE schließt eine Haftung für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen – außer für Fälle von Vorsatz und grober

Fahrlässigkeit – aus. Dies betrifft insbesondere die Haftung für eventuelle Schäden, die durch die Nutzung der Informationen entstehen.

Zitiervorschlag:

KNE (2025): Anfrage Nr. 325 zur Klimaschutzfunktion von Wäldern im Vergleich zur CO₂-Vermeidung durch Windenergieanlagen. Aktualisierte Antwort vom 14. März 2025.