



Christian C. VOIGT, Carolin SCHOLZ, Julia S. ELLERBROK und Markus MELBER

Die Auswirkungen von Windenergieanlagen an Waldstandorten auf Fledermäuse

Abbildung 1:

Fund eines toten Großen Abendseglers (*Nyctalus noctule*) unter einer Windkraftanlage (Foto: Christian Voigt).

Aktuell werden zunehmend Windenergieanlagen (WEA) in Wäldern aufgestellt. Fledermäuse verlieren dabei durch Rodung direkt und durch Vergrämung indirekt Lebensraum. In Quartiernähe ist mit einem erhöhten Schlagrisiko von kollisionsgefährdeten Fledermäusen an WEA zu rechnen. Daher sollten lediglich artenarme Forstkulturen für die Windenergieproduktion genutzt werden, sofern keine Alternativen vorhanden sind. Betriebssteuerungen zum Fledermausschutz sind an allen Waldstandorten zwingend notwendig.

Einleitung

Wälder in Deutschland werden zunehmend für die Stromerzeugung aus Windenergie genutzt (FA WIND 2023). Der forcierte Windenergieausbau manifestiert sich unter anderem in den aktuellen Gesetzesnovellierungen auf nationaler (Bundesnaturschutzgesetzes [BNatSchG], Windenergieflächenbedarfsgesetz [WindBG]) und internationaler Ebene (EU 2022). Darüber hinaus wird der weitere Ausbau durch die Verknappung von Flächen im Offenlandbereich (WEBER et al. 2023) und die Festlegung von bundeslandspezifischen Flächenzielen für die Windenergienutzung (Wind-an-Land-Gesetz; REUTTER et al. 2022) geprägt. Ein aktueller Entscheid des Bundesverfassungsgerichtes, der den Bundesländern einen prinzipiellen Ausschluss von Wäldern für den Windenergieausbau untersagt (BVERFG 2022), verschärft das Problem.

Fledermäuse nutzen Wälder als Quartierstandorte und Jagdlebensräume ganzjährig oder auch nur saisonal (DIETZ & KRANNICH 2019; MESCHÉDE et al. 2000; MÜLLER et al. 2013; RUSSO et al. 2016), darunter auch die beiden Arten nationaler Verantwortlichkeit Deutschlands: Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) und Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*). In der Regel nehmen die Artenzahl und die Aktivität von Fledermäusen mit dem Alter und dem Strukturreichtum des Waldes zu (ELLERBROK et al. 2022; JUNG et al. 2012; MÜLLER et al. 2013). Mitunter können auch monospezifische Forstkulturen seltene Fledermausarten beherbergen (BUCHHOLZ et al. 2021). Migrierende Fledermäuse nutzen Wälder zudem als temporäre Quartiere während des Zugs (VOIGT et al. 2014). Aus der intensiven Nutzung von Wäldern durch Fledermäuse ergibt sich die dringende Notwendigkeit, die Belange des Fledermausschutzes beim

Ausbau und Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) an Waldstandorten zu berücksichtigen. Diese Notwendigkeit ergibt sich auch aus dem hohen Schutzstatus von Fledermäusen.

Fledermäuse sind in Deutschland nach BNatSchG streng geschützt. Des Weiteren ergibt sich ein hoher Schutzstatus aus internationalen Verordnungen (EU Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie). Neben dem individuellen Tötungs- und Störungsverbot beinhaltet dieser gesetzliche Schutz auch den Erhalt der Lebensräume und die Förderung einer positiven Bestandsentwicklung. Diese Verbindlichkeit ergibt sich auch aus der Verpflichtung Deutschlands als Vertragszeichner der Konvention zum Schutz migrierender Arten (Convention on Migratory Species of wild animals [CMS]) im Rahmen des UNEP/EUROBATS-Abkommens (Bonn 1979, London 1991). Aufgrund der zentralen Lage Deutschlands im Migrationskorridor europäischer Fledermäuse machen ziehende Fledermäuse einen Großteil der Schlagopfer an WEA aus (LEHNERT et al. 2014; VOIGT et al. 2012, 2015, 2022b). Daraus entsteht für Deutschland eine besondere Verpflichtung, für den Schutz dieser Fledermäuse Sorge zu tragen (VOIGT et al. 2012, 2015).

Eine Reihe von aktuellen Forschungsprojekten beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern die Windenergienutzung an Waldstandorten mit den festgelegten Zielen des nationalen und internationalen Biodiversitätsschutzes im Konflikt steht. Dieser Artikel skizziert die aktuellen Studien an Fledermäusen. Nachfolgend werden Fledermausarten entsprechend ihrer Lebensraumnutzung in die drei relevantesten Gilden eingeteilt (DENZINGER & SCHNITZLER 2013): Fledermäuse, die bevorzugt im offenen Luftraum jagen (nachfolgend Offenraumjäger; Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus* und *Vespertilio*), Fledermäuse, die bevorzugt an Waldrändern jagen (Randstrukturjäger; *Pipistrellus* und *Barbastella*) und Fledermäuse, die in der Vegetation jagen (Waldspezialisten; *Myotis* und *Plecotus*).

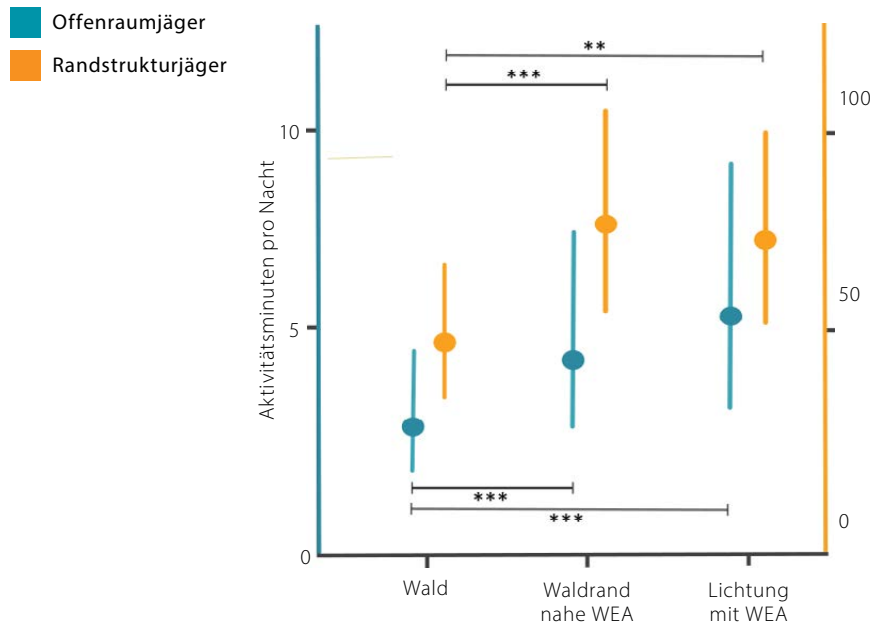
Habitatveränderungen durch WEA in Wäldern

Beim Bau von WEA werden Waldflächen sowohl für die Standfläche der Turbinenmasten als auch für die Zuwegung gerodet. Die Größe dieser Rodungsflächen ergibt sich aus dem Raumbedarf für die Installation und Wartung der WEA (FA WIND 2023). Dauerhaft gerodete Flächen haben dabei eine Fläche von 0,4 ha pro Megawatt (MW) installierter Leistung, vorübergehend umgewandelte Flächen machen 1,1 pro MW

der Anlagen aus (DENHOLM et al. 2009). Somit führt eine WEA mit einer installierten Leistung von 2,5 MW zum dauerhaften Verlust von 1 ha Wald und einer vorübergehenden Umwandlung von 2,8 ha Wald. Die Zuwegung kann zudem zur weiteren Fragmentierung der Wälder für Fledermäuse beitragen (FENSOME & MATHEWS 2016). Durch den Bau von WEA an Waldstandorten sind daher potenziell alle waldnutzenden Fledermausarten betroffen.

Anlockung und Vergrämung von Fledermäusen durch WEA an Waldstandorten

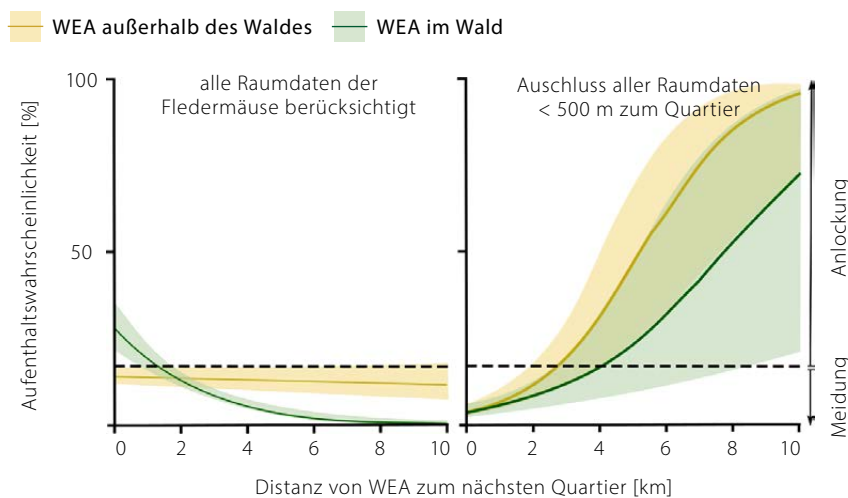
Waldfledermäuse (zum Beispiel Mausohrarten) verlieren durch die Rodungen, die für den Bau und Unterhalt der WEA notwendig sind, Lebensraum. Kollisionsgefährdete Fledermäuse (Offenraumjäger und Randstrukturjäger) gewinnen Lebensraum in der Nähe der WEA (Abbildung 2a), was jedoch deren Schlagrisiko an den Anlagen erhöht. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass Fledermäuse sowohl an WEA angelockt als auch von ihnen vergrämt werden können. Das jeweilige Antwortverhalten ist vermutlich artspezifisch und von Saison und Kontext abhängig. In Studien mit GPS-Telemetrie war die Interaktion von Großen Abendseglern (*Nyctalus noctula*) mit WEA dann besonders hoch, wenn im Umkreis von 500 m um die WEA Quartiere vorhanden waren (Abbildung 2b; REUSCH et al. 2022, 2023). Im Gegensatz zu Waldspezialisten zeigten Randstrukturjäger gegenüber WEA an Waldstandorten kein Meidungsverhalten (Abbildung 2c), möglicherweise, weil die erhöhte Attraktivität der neu geschaffenen Waldrandstrukturen (Abbildung 2a) den Vergrämungseffekt für die Randstrukturjäger aufhebt. Bei Waldspezialisten war über eine Distanz von mindestens 450 m zu den WEA ein Meidungsverhalten nachweisbar (Abbildung 2c; ELLERBROK et al. 2022). Der Vergrämungseffekt nahm dabei mit dem Rotordurchmesser der WEA zu (ELLERBROK et al. 2022, 2024) und wurde zudem unabhängig von der vertikalen Waldstruktur an den jeweiligen Messpunkten beobachtet. Eine weiterführende Studie zeigte vielmehr, dass nur bei Betrieb der WEA und in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit eine Meidung von WEA durch die Waldfledermäuse gegeben ist (ELLERBROK et al. 2024; Abbildung 2d). Der Betrieb von WEA an Waldstandorten führt somit zu einem Lebensraumverlust für Waldfledermäuse. In Finnland waren Nordfledermäuse (*Eptesicus nilssonii*) und Mausohrfledermäuse (Gattung *Myotis*) an Waldstandorten bis zu einer Distanz

a) Erhöhte Aktivität von Fledermäusen mit Schlagrisiko an Lichtungen mit WEA**Abbildungen 2a–c:**

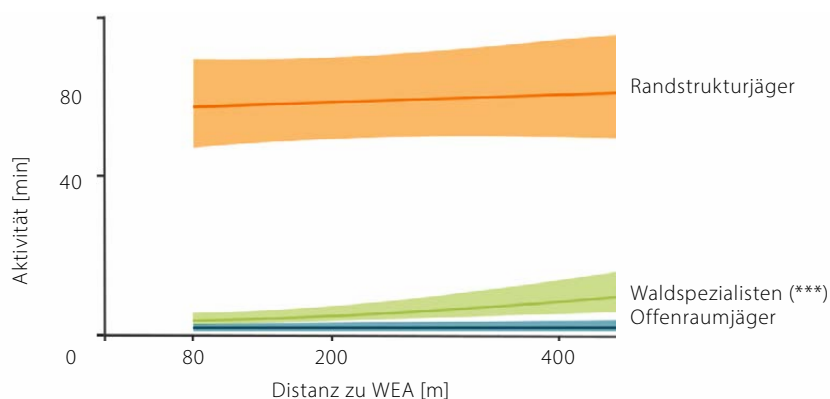
Aktuelle Studienergebnisse zur Aktivität von Fledermäusen an Windenergieanlagen (WEA) an Waldstandorten:

a)

Die Aktivität von kollisionsgefährdeten Fledermausarten (gelb = Randstrukturjäger, blau = Offenraumjäger) nimmt auf Lichtungen und an Waldrändern in der Nähe von WEA im Vergleich zu angrenzenden Waldstandorten zu (ELLERBROK et al. 2023).

b) Quartiernähe erhöht Aktivität von Großen Abendseglern an WEA**b)**

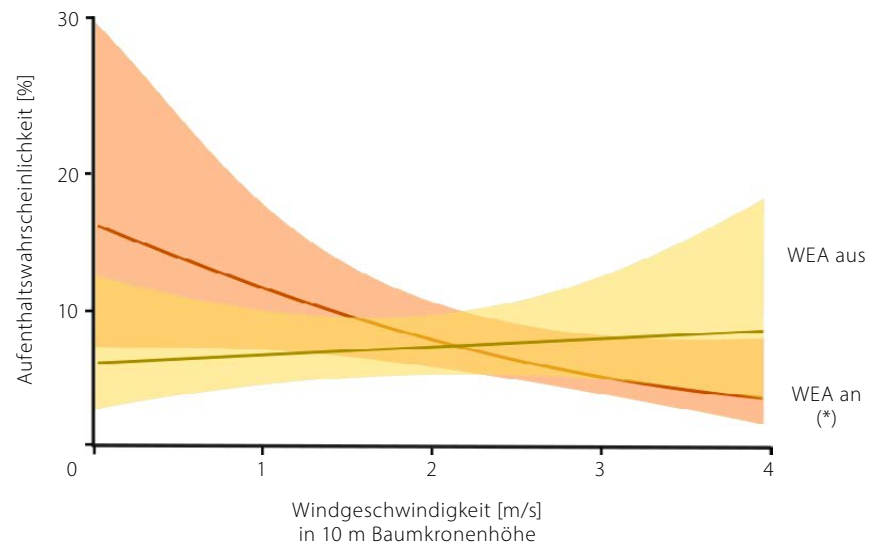
Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der kollisionsgefährdeten Art Großer Abendsegler nimmt mit abnehmender Distanz zu WEA an Waldstandorten zu (Anlockung an WEA; REUSCH et al. 2023). Wenn hingegen zur Modellierung Raumpositionen ausgeschlossen werden, die näher als 500 m an einem Quartierstandort liegen, nimmt die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Großen Abendsegler mit abnehmender Distanz zu WEA an Waldstandorten ab (Meidung von WEA). Hieraus lässt sich schließen, dass Quartiere in der Nähe von WEA die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Großen Abendseglers in der Nähe von WEA erhöhen (REUSCH et al. 2023).

c) Waldfledermäuse meiden über mehrere 100 m Distanz WEA**c)**

Akustische Erhebungen entlang von Transekten (80 m bis 450 m Distanz zu randständiger WEA eines Windparks) zeigen, dass die akustische Aktivität von Waldspezialisten (zum Beispiel Mausohrarten) um 50 % abnimmt. Dies deutet auf ein Meidungsverhalten der nicht kollisionsgefährdeten Waldfledermäuse hin, die somit zusätzlich Lebensraum verlieren (ELLERBROK et al. 2022).

d)
Waldfledermäuse zeigen das Meidungsverhalten zu WEA an Waldstandorten nur, wenn die WEA in Betrieb sind. Wenn die WEA bei gleichen Windgeschwindigkeiten abgestellt sind, konnte kein Meidungsverhalten beobachtet werden (ELLERBROK et al. 2024)
(* = signifikant,
** = sehr signifikant,
*** = hoch signifikant).

d) Aktivität von Waldfledermäusen nimmt bei relativ hohen Windgeschwindigkeiten in der Nähe von drehenden WEA ab



von 600 beziehungsweise 800 m zu den WEA weniger aktiv als an weiter entfernt gelegenen Standorten (GAULTIER et al. 2023; Zusammenfassung in TOLVANEN et al. 2023).

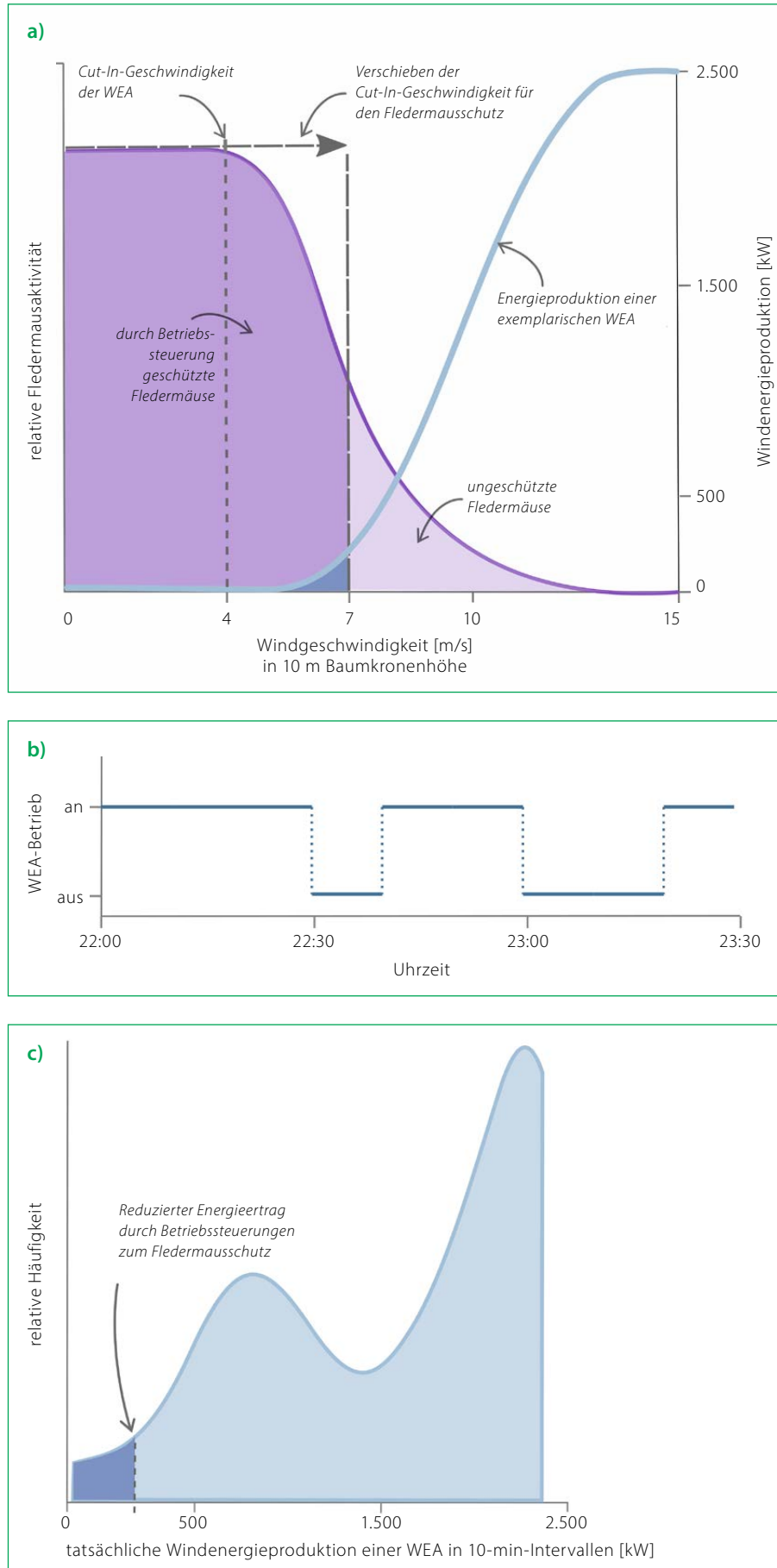
Kollisionen an WEA an Waldstandorten

Offenraum- und Randstrukturjäger haben aufgrund ihrer Flughöhe ein besonders hohes Risiko, mit den Rotorblättern zu kollidieren (REUSCH et al. 2023; ROELEKE et al. 2016; ROEMER et al. 2017). Aktuell existieren jedoch keine frei zugänglichen Schlagopferdaten von Waldstandorten, sodass es bislang unklar ist, ob die Betroffenheit der Arten anders und die Schlagopferzahl an Waldstandorten gegenüber Offenlandstandorten erhöht ist. Basierend auf bioakustischen Daten aus dem Gondelbereich von WEA waren kollisionsgefährdete Arten an Wald- und Offenlandstandorten gleichermaßen aktiv (REERS et al. 2017). Aktuell werden an neu errichteten WEA Betriebssteuerungen zum Fledermausschutz etabliert, die die berechnete Schlagopferzahl auf 1–2 Tiere pro Jahr reduzieren. Diese Betriebssteuerungen führen zu einem relativen Verlust von 1–4 % im Jahresenergieertrag einer WEA (Abbildungen 3a–3c). Eine jüngst durchgeführte Hochrechnung des Kompetenzzentrums Naturschutz und Energiewende kam zu dem Schluss, dass lediglich ungefähr ein Drittel aller WEA im Onshore-Bereich mit Betriebssteuerungen zum Fledermausschutz laufen (KNE 2023). Alte WEA ohne Betriebssteuerungen können erhebliche

Zahlen an Schlagopfern generieren (VOIGT et al. 2022; SCHOLZ et al. 2023), sodass eine nachträgliche Beauflagung solcher WEA angesichts des jüngsten Urteils (BVERWG 2023) zwingend erscheint. In einer aktuellen Studie konnten bei einer WEA an einem Waldstandort, die mit einer Betriebssteuerung zum Fledermausschutz betrieben wurde, keine Schlagopfer gefunden werden (SCHOLZ et al. 2023). Bislang ist unklar, ob dies für alle Waldstandorte, insbesondere für strukturreiche Wälder und andere Regionen, ebenfalls zutrifft. Klar ist jedoch, dass die Öffnung des Waldes durch Lichtungen und Schneisen für den Bau und Betrieb der WEA die Aktivität von schlaggefährdeten Offenraumjägern und Randstrukturjägern in der Nähe der Anlagen erhöhen kann (Abbildung 2a; ELLERBROK et al. 2023; MCKAY et al. 2023), was wiederum zu einer restriktiveren Betriebssteuerung der WEA führen kann. Der Bau von größeren WEA wirft zudem die Frage auf, ob die aktuell regelmäßig genutzten bioakustischen Erfassungsmethoden zum Gondelmonitoring, die Fledermausaktivität im Risikobereich von WEA ausreichend abdecken können (VOIGT et al. 2021, 2022a).

Empfehlungen aus Sicht des Fledermausschutzes

Die Vielzahl der bisher beobachteten negativen Einflüsse der Windenergienutzung in Wäldern auf Fledermäuse weist auf ein hohes Konfliktpotenzial hin. Da ein Komplettausschluss von Wäldern für den Windenergieausbau nicht praxistauglich scheint (LEHMANN & TAFARTE 2024),

**Abbildung 3a–c:**

Schematische Darstellung der Auswirkung von Betriebssteuerungen an WEA auf den Schutz von Fledermäusen und den Jahresenergieertrag einer WEA:

a)

Während die relative Fledermausaktivität mit zunehmender Windgeschwindigkeit abnimmt, steigt die Energieproduktion einer WEA mit zunehmender Windgeschwindigkeit an. Der Bereich der Windgeschwindigkeiten, bei denen eine WEA anfängt, Energie zu produzieren, aber gleichzeitig noch Fledermäuse im Streifgebiet der Rotoren aktiv sind, stellt die Konfliktzone im Grün-Grün-Dilemma zwischen Fledermausschutz und Windenergieproduktion dar (nach VOIGT et al. 2015). Die Verschiebung der sogenannten Cut-In-Windgeschwindigkeit, bei der die WEA anfängt Energie zu produzieren, in Richtung höherer Geschwindigkeiten, trägt wesentlich zur Reduktion des Kollisionsrisikos an WEA bei – vor allem, wenn bei niedrigen Windgeschwindigkeiten die WEA im Trubelbetrieb laufen. Der Verlust an Energieproduktion durch die Verschiebung der Cut-In-Geschwindigkeit ist relativ klein.

b)

Aktuell werden neu in Betrieb genommene WEA in der Regel mit Betriebssteuerungen beauftragt, die basierend auf Umweltparametern und dem daraus geschätzten Aktivitätsniveau – und somit Schlagrisiko – von Fledermäusen den Betrieb in 10-min-Intervallen an- oder abstellen.

c)

Basierend auf dem lokal vorherrschenden Windgeschwindigkeiten entsteht somit ein Verlust von 1–4 % des Jahresenergieertrags (Zusammenfassung in MELBER et al. 2023).

lässt sich dieses Problem vermutlich nicht vollständig auflösen. Aus den Ergebnissen der bisherigen Studien lassen sich folgende Empfehlungen aus Sicht des Fledermausschutzes ableiten, die den Konflikt reduzieren könnten:

- Aufgrund des hohen Konfliktpotenzials zwischen der Windenergieproduktion in Wäldern und dem Fledermausschutz muss der Bau von WEA primär im Offenland erfolgen.
- Falls WEA an Waldstandorten gebaut werden, sollte dies nur in nachweislich artenarmen Forstkulturen oder stark anthropogen gestörten Wäldern erfolgen.
- Begleitung der Planung und des Baus durch eine umfassende Umweltbaubegleitung und fachgutachterliche Erfassung der lokal betroffenen Arten durch sorgfältige Voruntersuchungen.
- Eingriffsminimierung durch Nutzung bereits vorhandener Wegstrukturen im Wald im Sinne einer optimierten Standortwahl.
- Kompensation des direkten Lebensraumverlusts (Rodung) und indirekten Lebensraumverlusts (Meidungsverhalten) durch Unterschutzstellung geeigneter Wälder.
- Beachtung von kumulativen Effekten hinsichtlich Schlagopferzahlen und Lebensraumverlust bei hohen Dichten von WEA.
- Windenergienutzung an Waldstandorten ausschließlich mit entsprechender Betriebssteuerung zum Fledermausschutz.

Zukünftige Herausforderungen

Wälder stehen heute durch vielfältige Einflüsse unter starkem Druck. Der Schutz des Waldes ist jedoch für die Sicherung zahlreicher Funktionen, wie zum Beispiel Grundwasser- und Erosionsschutz, Luftreinhaltung, Kohlendioxid-Bindung und Holzproduktion, zwingend notwendig. Um diese Ökosystemdienstleistungen der Wälder zu erhalten, ist die Funktionsfähigkeit der Wälder im Zusammenspiel mit waldbewohnenden Tierarten erforderlich. Fledermäuse sind hierbei zentrale Akteure, die unter anderem (schädliche) Insektenpopulationen regulieren (BÖHM et al. 2011). Es ist unklar, wie Waldökosysteme dauerhaft auf schwerwiegende Eingriffe in deren Mikroklima durch Lichtungen und Schneisen sowie Eingriffe in deren Nahrungsnetze durch Vergrämung von Waldfledermäusen an WEA reagieren.

Windhöfliche und daher für den Bau von WEA attraktive Gebiete befinden sich oft auf Hangkuppen. Hier ist die Versorgung mit Oberflächen- und Grundwasser grundsätzlich erschwert. Ein massiver Zubau von WEA mit Begleitrodungen, Verdichtungen und Versiegelungen kann deshalb negative Folgen des Klimawandels im Wald verstärken (ZELLWEGER et al. 2020). Neben den vielfältigen weiteren direkten Einflussfaktoren auf Wälder, zum Beispiel durch die kontinuierliche Fragmentierung von Wäldern (SENF & SEIDL 2021), sind Fledermäuse von einem zusätzlichen Nutzungsdruck durch den Zubau von WEA im Wald stark bedroht. Es ist fraglich, wie forstliche Konzepte diese zusätzlichen Einflüsse auf unsere Wälder im Einklang mit einer nachhaltigen Forstwirtschaft kompensieren und gleichzeitig den ökologischen Bedürfnissen von waldbewohnenden Tieren, wie Fledermäusen, gerecht werden können. Bevor Wälder, vor allem wegen des geringeren Flächenwiderstandes aus der Bevölkerung, einem massiven Zubau von WEA ausgesetzt werden, sind die Auswirkungen dieser zusätzlichen Nutzung auf lokale und migrierende Fledermauspopulationen unter Einbezug aller weiteren Effekte intensiver zu untersuchen.

Literatur

- BÖHM, S. M., WELLS, K. & KALKO, E. K. (2011): Top-down control of herbivory by birds and bats in the canopy of temperate broad-leaved oaks (*Quercus robur*). – PLOS ONE 6(4): e17857.
- BUCHHOLZ, S., KELM, V. & GHANEM, S. J. (2021): Mono-specific forest plantations are valuable bat habitats: implications for wind energy development. – Eur. J. Wildl. Res. 67(1): 1.
- BVERFG (= BUNDESVERFASSUNGSGERICHT, 2022): Beschluss des Ersten Senats vom 27.09.2022. – 1 BvR 2661/21, Rn. 1–88.
- BVERWG (= BUNDESVERWALTUNGSGERICHT, 2023): Urteil vom 19.12.2023. – BverwG 7 C 4.22.
- DENHOLM, P., HAND, M., JACKSON, M. et al. (2009): Land use requirements of modern wind power plants in the United States (No. NREL/TP-6A2-45834). – National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States).
- DENZINGER, A. & SCHNITZLER, H. U. (2013): Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. – Frontiers in Physiology 4: 164.
- DIETZ, M. & KRÄNNICH, A. (2019): Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* – Eine Leitart für den Waldnaturschutz. – Handbuch für die Praxis., Hrsg. Naturpark Rhein-Taunus.

- ELLERBROK, J. S., DELIUS, A., PETER, F. et al. (2022): Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. – *J. Appl. Ecol.* 59(10): 2497–2506.
- ELLERBROK, J. S., FARWIG, N., PETER, F. et al. (2023): Forest gaps around wind turbines attract bat species with high collision risk. – *Biol. Cons.* 288: 110347.
- ELLERBROK, J. S., FARWIG, N., PETER, F. et al. (2024): Forest bat activity declines with increasing wind speed in proximity of operating wind turbines. – *Global Ecol. Conserv.*: e02782.
- EU (= EUROPÄISCHE UNION, 2022): Verordnung (EU) 2022/2577 des Rates vom 22. Dezember 2022 zur Festlegung eines Rahmens für einen beschleunigten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2577> (abgerufen am 20.01.2024).
- FA WIND (= FACHAGENTUR WIND, 2023): Entwicklung der Windenergie im Wald. – Fachagentur Windenergie an Land, Berlin; www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Windenergie_im_Wald/FA-Wind_Analyse_Wind_im_Wald_7Auflage_2022.pdf (abgerufen am 18.01.2024).
- FENSOME, A. G. & MATHEWS, F. (2016): Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. – *Mammal Rev.* 46(4): 311–323.
- GAULTIER, S. P., LILLEY, T. M., VESTERINEN, E. J. et al. (2023): The presence of wind turbines repels bats in boreal forests. – *Landsc. Urban Plan.* 231: 104636.
- JUNG, K., KAISER, S., BÖHM, S. et al. (2012): Moving in three dimensions: effects of structural complexity on occurrence and activity of insectivorous bats in managed forest stands. – *J. Appl. Ecol.* 49(2): 523–531.
- KNE (= KOMPETENZZENTRUM NATURSCHUTZ UND ENERGIEWENDE, 2023): Newsletter: Anteil an Windenergieanlagen mit „fledermausfreundlichem“ Betrieb steigt. – www.naturschutz-energiewende.de/aktuelles/anteil-an-windenergieanlagen-mit-fledermausfreundlichem-betrieb-steigt/ (abgerufen am 17.06.2023).
- LEHMANN, P. & TAFARTE, P. (2024): Exclusion zones for renewable energy deployment: One man's blessing, another man's curse. – *Res. Energy Econ.* 76: 101419.
- LEHNERT, L. S., KRAMER-SCHADT, S., SCHÖNBORN, S. et al. (2014): Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. – *PLOS ONE* 9: e103106.
- MCKAY, R. A., JOHNS, S. E., BISCHOF, R. et al. (2023): Wind energy development can lead to guild-specific habitat loss in boreal forest bats. – *Wildl. Biol.*: e01168.
- MELBER, M., HERRMANN, U., VOIGT, C. C. et al. (2023): Fledermausschutz an Windenergieanlagen: Aktueller Stand und Herausforderungen. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 55: 30–37.
- MESCHÉDE, A., HELLER, K. G. & LEITL, R. (2000): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern: unter besonderer Berücksichtigung wandernder Arten: Teil I des Abschlussberichtes zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Untersuchungen und Empfehlungen zur Erhaltung der Fledermäuse in Wäldern“. – Bundesamt für Naturschutz.
- MÜLLER, J., BRANDL, R., BUCHNER, J. et al. (2013): From ground to above canopy – Bat activity in mature forests is driven by vegetation density and height. – *Forest Ecology and Management* 306: 179–184.
- REERS, H., HARTMANN, S., HURST, J. et al. (2017): Bat activity at nacelle height over forest. – In *Wind Energy and Wildlife Interactions: Presentations from the CWW2015 Conference*, Springer International Publishing: 79–98.
- REUTTER, F., GEIGER, C., LEHMANN, P. et al. (2022): Flächenziele für die Windenergie: Wie zielführend ist das neue Wind-an-Land-Gesetz? – *Wirtschaftsdienst* 102(9): 703–708.
- REUSCH, C., LOZAR, M., KRAMER-SCHADT, S. et al. (2022): Coastal onshore wind turbines lead to habitat loss for bats in Northern Germany. – *J. Env. Man.* 310: doi:10.1016/j.jenvman.2022.114715.
- REUSCH, C., PAUL, A. A., FRITZE, M. et al. (2023): Wind turbines in forests conflict with habitat use of tree-dwelling bats. – *Curr. Biol.*: Doi 10.1015/j.cub.2022.12.050.
- ROELEKE, M., BLOHM, T., KRAMER-SCHADT, S. et al. (2016): Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. – *Sci. Rep* 6(1): 1–9.
- ROEMER, C., DISCA, T., COULON, A. et al. (2017): Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. – *Biol. Conserv.* 215: 116–122.
- RUSSO, D., BILLINGTON, G., BONTADINA, F. et al. (2016): Identifying key research objectives to make European forests greener for bats. – *Front. Ecol. Evol.*; <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00087>.
- SCHOLZ, C., IITERMANN, L., BRUNKOW, N. et al. (2023): Fehlende Betriebssteuerungen an alten Windenergieanlagen können hohe Schlagopferzahlen bei Fledermäusen verursachen. – *Natursch. u. Landschaftspfl.* 55(08): 28–33.
- SENF, C. & SEIDL, R. (2021): Mapping the forest disturbance regimes of Europe. – *Nat. Sust.* 4: 63–70.
- TOLVANEN, A., ROUTAVAARA, H., JOKIKOKKO, M. et al. (2023): How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. – *Biol. Cons.* 288: 110382.
- VOIGT, C. C., POPA-LISSEANU, A. G., NIERMANN, I. et al. (2012): The catchment area of wind farms for European bats: a plea for international regulations. – *Biol. Cons.* 153: 80–86.
- VOIGT, C. C., LEHNERT, L. S., POPA-LISSEANU, A. G. et al. (2014): The trans-boundary importance of artificial bat hibernacula in managed European forests. – *Biodiv. Cons.* 23: 617–631.
- VOIGT, C. C., LEHNERT, L. S., PETERSONS, G. et al. (2015): Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. – *Eur. J. Wildl. Res.* 61: 213–219.

Autoren und Autorinnen**PD Dr. Christian C. Voigt**

Studium und Promotion an der Universität Erlangen-Nürnberg, Postdoc an der Boston und Cornell University. Seit 2001 Wissenschaftler am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW), Habilitation 2007 an der Humboldt-Universität, dort Privatdozent von 2007–2009, seit 2009 an der Freien Universität, seit 2018 Leiter der Abteilung Evolutionäre Ökologie am Leibniz-IZW, Mitglied in Beratergremien von IUCN und UNEP/EUROBATS. Forschung: Stabilisotopen, Verhaltensökologie und Schutz von Fledermäusen.

Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung
(Leibniz-IZW), 10247 Berlin
+49 30 5168-517
voigt@izw-berlin.de

Dr. Carolin Scholz

Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung,
10247 Berlin
scholz@izw-berlin.de

Dr. Julia S. Ellerbok

Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Biologie,
AG Naturschutz, 35043 Marburg
julia.ellerbok@biologie.uni-marburg.de

Dipl.-Biol. Markus Melber

Bundesverband für Fledermauskunde Deutschland
e.V. (BVF), 99084 Erfurt
markus.melber@bvffledermaus.de

VOIGT, C. C., RUSSO, D., RUNKEL, V. et al. (2021): Limitations of acoustic monitoring at Wind turbines to evaluate fatality risk of bats. – *Mammal Rev.* 51 (4): 59–570.

VOIGT, C. C., KAISER, K., LOOK, S. et al. (2022): Wind turbines without curtailment produce large numbers of bat fatalities throughout their lifetime: A call against ignorance and neglect. – *Glob. Ecol. Cons.*: e02149.

VOIGT, C. C., SCHERER, C. & RUNKEL, V. (2022a): Modelling the power of acoustic monitoring to predict bat fatalities at wind turbines. – *Cons. Sci. Pract.*: e12841.

VOIGT, C. C., KAISER, K., LOOK, S. et al. (2022b): Wind turbines without curtailment produce large numbers of bat fatalities throughout their lifetime: A call against ignorance and neglect. – *Glob. Ecol. Cons.*: e02149.

WEBER, J., STEINKAMP, T. & REICHENBACH, M. (2023): Competing for space? A multi-criteria scenario framework intended to model the energy-biodiversity-land nexus for regional renewable energy planning based on a German case study. – *Energy, Sust. Soc.* 13(1): 27.

ZELLWEGER, F., DE FRENNE, P., LENOIR, J. et al. (2020): Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. – *Science* 368: 772–775.

Zitiervorschlag

VOIGT, C. C., SCHOLZ, C., ELLERBROK, J. S. & MELBER, M. (2024): Die Auswirkungen von Windenergieanlagen an Waldstandorten auf Fledermäuse. – *Anliegen Natur* 46(2): 111–118, Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen.