

Diskussionspapier: Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen

Markus Dietz, Anja Fritzsche, Adrian Johst und
Nina Ruhl

BfN-Schriften

682

2024





Diskussionspapier: Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen

**Teilergebnisse aus dem F+E-Vorhaben: Bewertung der
derzeitigen Signifikanzschwelle für Fledermäuse und
Windenergieanlagen sowie vergleichende Erfassung von
Fledermäusen mit zusätzlichen Turmmikrofonen an
Windenergieanlagen (FKZ 3521 86 0300)**

Markus Dietz
Anja Fritzsche
Adrian Johst
Nina Ruhl

Unter Mitarbeit von
Oliver Behr

Impressum

Titelbild: Windpark im Mittelgebirge, Abendsegler (*Nyctalus noctula*) (M. Dietz, T. Stephan, C. Kups)

Adressen der Autorinnen und der Autoren:

Dr. Markus Dietz	Institut für Tierökologie und Naturbildung GmbH
M. Sc. Anja Fritzsche	Marburger Str. 14 - 16, 35321 Laubach Gonterskirchen
M. Sc. Nina Ruhl	E-Mail: info@tieroekologie.com
Dipl. Biol. Adrian Johst	Naturstiftung David
Dr. Oliver Behr	Trommsdorffstraße 5, 99084 Erfurt
	E-Mail: post@naturstiftung-david.de

Fachbetreuung im BfN:

Kathrin Ammermann, Nora Köcher Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und erneuerbare Energien“

Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (FKZ: 3521 86 0300).

Zitiervorschlag:

Dietz, M., Fritzsche, A., Johst, A. & Ruhl, N. (2024): Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle für Fledermäuse – Bewertung der derzeitigen Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen. BfN-Schriften 682, 112 S. DOI: <https://doi.org/10.19217/skr682>

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).

BfN-Schriften sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter www.bfn.de/publikationen heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (creativecommons.org/licenses).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-444-4

DOI 10.19217/skr682

Bonn 2024

Inhaltsverzeichnis

Einordnung	5
Zusammenfassung	6
Abstract	9
1 Einleitung	11
2 Gefährdung von Fledermäusen durch WEA	13
2.1 Warum verunglücken Fledermäuse an WEA?	13
2.2 Welche Arten verunglücken an WEA?	15
2.3 Wie viele Fledermäuse verunglücken an WEA?	18
2.4 Räumliche Konfliktschwerpunkte	20
2.5 Zeitliche Konfliktschwerpunkte	20
2.6 Bedeutung des Erkundungs-/Explorationsverhalten an WEA	21
2.7 Kollisionsgefährdete Fledermausarten in Deutschland	22
3 Populationsökologie	26
3.1 Populationsdefinitionen und Bezug	26
3.2 Reproduktionsstrategie von europäischen Fledermäusen	28
3.3 Räumliche Organisation und Populationsstruktur	28
3.4 Demographie von Fledermauspopulationen	30
3.5 Lebensraumkapazität als Grundlage für Populationsdichten	32
3.6 Sensitivität gegenüber Mortalitätsanstieg	33
3.7 Populationsschätzungen schlaggefährdeter Fledermausarten	35
3.8 Anwendung des Populationsbezugs für die Herleitung einer Signifikanzschwelle ...	37
4 Artenschutzrechtlicher Rahmen	44
4.1 Tötungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG)	44
4.2 Signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos beim Betrieb von WEA	46
4.3 Störung (§ 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG)	52
4.4 Ausnahme von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen (§ 45 Abs. 7 BNatSchG)	52
5 Fachempfehlung einer bundesweiten Signifikanzschwelle	56
5.1 Bisherige Signifikanzschwellen	56
5.2 Fachliche und rechtliche Anforderung an Vermeidungsmaßnahmen	58
5.3 Empfehlungen für eine bundeseinheitliche Signifikanzschwelle	59
5.3.1 Ausgangslage	59
5.3.2 Begründung der empfohlenen Signifikanzschwelle	60

5.3.3	Festlegungen	62
6	Weiterführende Empfehlungen	73
7	Konsultation	74
7.1	Planung und Umsetzung des Konsultationsprozesses	74
7.2	Ergebnisse des Konsultationsprozesses	75
7.3	Fazit zum Konsultationsprozess	77
	Literaturverzeichnis	79
	Abbildungsverzeichnis	90
	Tabellenverzeichnis	92
	Abkürzungsverzeichnis	93
	Glossar	95
A	Anhang	96
A.1	Schlagopfernachweise in Deutschland	96
A.2	Rote Liste Status und Bestandstrends schlaggefährdeter Fledermausarten	98
A.3	Naturräume Deutschlands nach ProBat	100
A.4	Cut-In Windgeschwindigkeiten der Küstenregion für eine Signifikanzschwelle < 1	101
A.5	Cut-In Windgeschwindigkeiten des Nordostdeutschen Tieflands für eine Signifikanzschwelle < 1	103
A.6	Cut-In Windgeschwindigkeiten des Nordwestdeutschen Tieflands für eine Signifikanzschwelle < 1	105
A.7	Cut-In Windgeschwindigkeiten der Östlichen Mittelgebirge für eine Signifikanzschwelle < 1	107
A.8	Cut-In Windgeschwindigkeiten der Südwestdeutschen Mittelgebirge für eine Signifikanzschwelle < 1	109
A.9	Cut-In Windgeschwindigkeiten der Westlichen Mittelgebirge für eine Signifikanzschwelle < 1	111

Einordnung

Angesichts der hohen Ausbauziele für Windenergieanlagen ist es notwendig, bei einem weiteren Ausbau die Gefährdungen für Fledermäuse zu minimieren. Zur Minderung betriebsbedingter Kollisionen von Fledermäusen an Windenergieanlagen sind gezielte temporäre Abschaltungen in Zeiten mit hoher Fledermausaktivität als wirksame Schutzmaßnahme anerkannt.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesamt für Naturschutz im Jahre 2021 - also noch vor der Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes 2022 in Bezug auf den Betrieb von Windenergieanlagen - ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben vergeben. Die Ergebnisse dieser Studie werden in der hier vorliegenden Publikation präsentiert und zur Diskussion gestellt. Zentral ist die auf Grundlage des verfügbaren Wissensstandes sowie anhand rechtlicher Vorgaben basierende Herleitung einer Schwelle für Fledermaus-Kollisionen an Windenergieanlagen. Damit ist eine bundesweit einheitliche Handhabung der Beurteilung des Tötungsrisikos für Fledermäuse möglich und entsprechend angepasste Abschaltvorgaben können in Zulassungsverfahren aufgenommen werden.

Die bisherige Signifikanzschwelle in vielen Länderleitfäden, die festlegt, wie viele tote Fledermäuse pro Windenergieanlage und Jahr tolerierbar sind, beruht in den meisten Fällen auf einer im Rahmen des RENEBAT-Vorhabens¹ durchgeführten Beispielrechnung. Expertinnen und Experten haben in mehreren Publikationen darauf hingewiesen, dass die so angewendete Schwelle von bis zu 2 toten Tieren pro Windenergieanlage und Jahr zu hoch sei und so negative Auswirkungen zumindest auf die Populationen einiger Fledermausarten nicht ausgeschlossen werden könnten. Dies sei insbesondere bei Windparks mit mehreren Anlagen zu befürchten, da Kumulationseffekte aktuell nicht betrachtet werden.

Innerhalb des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens ist es neben der Herleitung einer Signifikanzschwelle für die Tötung von Fledermäusen an Windenergieanlagen auch gelungen, die pauschalen Abschaltregelungen, die vor einem Monitoring die Basis für Betriebseinschränkungen bilden, zu verbessern. Beides wurde in einem schriftlichen Verfahren mit verschiedenen Organisationen und Bundesländern konsultiert.

Die vorliegende Veröffentlichung ist damit ein fachlich validierter Beitrag zur Diskussion und Standardisierung der einwandfreien Ermittlung und der zuverlässigen Bewältigung der Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermäuse. Dies trägt zu einem naturverträglichen Ausbau der Windenergienutzung bei.

Kathrin Ammermann und Nora Köcher

Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und Erneuerbare Energien“, Bundesamt für Naturschutz

¹ „Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis“ (2018)

Zusammenfassung

Der Verlust der biologischen Vielfalt und der Klimawandel sind zwei existenzielle Gegenwartskrisen, die aufgrund vielfacher Wechselwirkungen nur gemeinsam gelöst werden können. Das Erfordernis, die Stromproduktion über einen erheblichen Ausbau der erneuerbaren Energien zu bewerkstelligen, kann dabei zu Konflikten mit dem Schutz der biologischen Vielfalt führen. So geht z.B. der Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) einher mit der Tötung von schlaggefährdeten Vogel- und Fledermausarten. Die Schlaggefährdung ist wiederum nicht nur eine erhebliche Gefährdungsursache für die betroffenen Vogel- und Fledermausarten, sondern ebenso ein artenschutzrechtliches Problem gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG und damit genehmigungsrelevant.

In Deutschland wird für die Artengruppe der Fledermäuse im Zuge der Planung und Genehmigung von WEA dem Konflikt der Schlaggefährdung derzeit mit vorlaufenden Untersuchungen begegnet sowie darauf aufbauend mit der Aufnahme von Betriebszeiteinschränkungen in die Betriebsgenehmigung. Der Umfang der Abschaltungen orientiert sich an einer länderspezifischen Festlegung, welche die maximale Anzahl der Fledermäuse unter den vor Ort gegebenen Umweltbedingungen festlegt, die pro Jahr und Anlage geschlagen werden dürfen. Unterhalb dieser sogenannten Signifikanzschwelle wird davon ausgegangen, dass kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko für Fledermäuse vorliegt.

Anlass für das vorliegende Dokument ist die Prüfung einer wissenschaftlichen Herleitung einer einheitlichen Signifikanzschwelle für Deutschland. Daraus folgend sollen pauschale Schwellenwerte für vorsorgliche Betriebszeiteinschränkungen für WEA in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit sowie der Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur abgeleitet werden.

In Deutschland sind vor allem die im freien Luftraum fliegenden und migrierenden Fledermausarten (v.a. Abendsegler, Kleinabendsegler und Rauhaufledermaus) sowie Arten mit ausgeprägtem Neugierverhalten (v.a. Zwergfledermaus) durch den Betrieb von WEA gefährdet. Im Allgemeinen beeinflussen die Größe der WEA, die Länge der Rotoren und deren Bodennähe, die Entfernung zu Leitstrukturen sowie die Betriebszeiten in Abhängigkeit von Wetterbedingungen und der Jahreszeit die Schlagopferzahl. Gegenwärtig muss davon ausgegangen werden, dass die Zahl der bundesweit an WEA getöteten Fledermäusen in populationsrelevanten Größenordnungen liegt.

Aufgrund der geringen Reproduktionsrate von Fledermäusen, die populationsbiologisch als K-Strategen einzuordnen sind, führen bereits gering erhöhte Mortalitätsraten zu einem erhöhten Aussterberisiko. In welchem Umfang sich erhöhte Mortalitäten an WEA auf die Populationsgröße von schlaggefährdeten Fledermausarten auswirken, kann gegenwärtig nicht seriös berechnet werden, da der Kenntnisstand etwa zur Populationsgröße und jahreszeitenabhängigen Dichte dieser räumlich und zeitlich sehr dynamischen Fledermausarten noch unzureichend ist. Die seriöse Berechnung eines pauschalen, noch populationsverträglichen Schwellenwertes für die Zahl tolerierbarer Todesopfer an WEA ist deshalb nicht möglich. Zudem gilt losgelöst von der Populationsrelevanz der europarechtlich verankerte Individuenschutz. Grundsätzlich ist somit gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG jedes Individuum einer Art zu schützen, die Auswirkung auf die Population ist für den Sachverhalt der Tötung rechtlich zunächst nicht erheblich. Erst im Zuge eines artenschutzrechtlichen Ausnahmeverfahrens wird die

Wirkung auf die Population abgefragt. In der Rechtsprechung besteht Konsens, dass der Tatbestand des Tötungsverbot es erst dann erfüllt ist, soweit sich die Wahrscheinlichkeit hierfür in signifikanter Weise erhöht. Es ist somit bei der Bewertung des signifikant erhöhten Tötungsrisikos ein vorhabenunabhängiges Grundrisiko für die Tötung eines Individuums zu berücksichtigen.

Mit dem Bau von WEA ist die Wahrscheinlichkeit einer kollisionsbedingten Tötung gegenüber dem vorher bereits in der Landschaft bestehenden Lebensrisiko erhöht, sofern keine wirksamen Vermeidungsmaßnahmen durchgeführt werden. Bezogen auf das Kollisionsrisiko sind dies vor allem die Betriebszeitenkorrekturen. Diese erfordern bereits im Vorfeld definierte pauschale, fachlich und rechtlich belastbare Schwellenwerte.

Die Bewertung des Tötungsrisikos für den regelmäßigen Betrieb einer WEA wird gegenwärtig von den Bundesländern unterschiedlich gehandhabt. Dabei gibt es bezüglich des Schwellenwerts für die tolerierbare Zahl toter Fledermäuse pro WEA und Jahr sehr verschiedene Angaben (meist bis zu 2 Schlagopfer pro Anlage und Jahr). Ebenso gibt es deutliche Auslegungsspielräume in Bezug auf die Vorgaben für pauschale Betriebsalgorithmen vor allem hinsichtlich der Cut-In Windgeschwindigkeit und der Anwendung der Erfassung der Fledermausaktivität in Gondelhöhe. Nach den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen garantiert eine pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s nicht die Einhaltung der in den Länderleitfäden gegebenen Signifikanzschwelle. Da eine Herleitung für die populationsbiologisch noch verträgliche Zahl an hinnehmbaren Schlagopfern aufgrund fehlender demographischer Parameter für Fledermäuse bei gleichzeitig höchster Sensitivität gegenüber Mortalitätserhöhungen nicht berechenbar ist, erfolgt mit dem vorliegenden Dokument die Herleitung einer Empfehlung auf der unionsrechtlichen Verpflichtung zum Individuenschutz sowie dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zur Vermeidung von Schlagopfern.

Um das Tötungsrisiko beim Betrieb von Windenergieanlagen zu minimieren, wird deswegen ein bundeseinheitlicher Signifikanzschwellenwert von **< 1 Tier pro Anlage und Jahr** vorgeschlagen. Die Einhaltung des vorgeschlagenen Signifikanzschwellenwerts von <1 muss der Schwellenwert für die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit sein. Diese sollte dabei mindestens in den ersten beiden Betriebsjahren durch eine sehr viel differenziertere Cut-In Windgeschwindigkeit ersetzt werden, die den Rotorblattdurchmesser, den jeweiligen Monat und das jeweilige Nachtzehntel sowie den Naturraum in Deutschland berücksichtigt. Der Wert für die pauschale (differenzierte) Cut-In Windgeschwindigkeit kann dann nach einem zweijährigen Betriebsmonitoring durch einen standortspezifischen Wert ersetzt werden. Die Betriebszeitenkorrekturen gelten zunächst für den Zeitraum 15. März bis 15. November. Die mindestens zweijährige Überwachung der pauschalen (differenzierten) Cut-In Windgeschwindigkeit und Temperaturschwelle (>10 °C) durch ein Gondelmonitoring mehrerer WEA eines Windparks ist idealerweise Teil der Vermeidungsmaßnahme.

Zur Einhaltung der Signifikanzschwelle von < 1 und zur Ermittlung der regionalisierten Betriebszeitenkorrekturen (v. a. Cut-In und Temperatur) ist das ProBat-Tool zu verwenden. Dieses berechnet auf Basis der an der Gondel ermittelten Fledermausaktivitäten den zukünftigen Anlagenalgorithmus unter Einhaltung der Signifikanzschwelle und ist derzeit die einzige

wissenschaftlich begründete Methode zur Berechnung von Betriebszeitenkorrekturen auf Basis der gemessenen Fledermausaktivität.

Abstract

The loss of biodiversity and climate change are two existential contemporary crises that can only be solved together due to multiple interactions. The need to produce electricity through a considerable expansion of renewable energies can lead to conflicts with the protection of biodiversity. For example, the operation of wind turbines is associated with the killing of bird and bat species that are at risk of being struck. The risk of impact is in turn not only a significant cause of danger for the bird and bat species concerned, but also a problem under species protection law in accordance with § 44 of the Federal Nature Conservation Act and thus relevant to licensing.

In Germany, the conflict of the risk of bats being struck is currently addressed in the course of planning and approval of wind turbines by means of preliminary investigations and, based on these, restrictions on operating times are included in the operating permit. The extent of the shutdowns is based on a country-specific definition that determines the maximum number of bats that may be struck per year and turbine under the environmental conditions prevailing on site. Below this so-called significance threshold, it is assumed that there is no significantly increased risk of killing bats.

The reason for the present project is to examine the scientific derivation of a uniform significance threshold for Germany. As a result, general threshold values for precautionary operating time restrictions for wind turbines are to be derived depending on the time of day and season as well as wind speed and air temperature.

In Germany, it is mainly the bat species flying and migrating in open space (especially the evening bat, lesser evening bat and rough-skinned bat) and species with pronounced curiosity behaviour (especially the common pipistrelle) that are endangered by the operation of wind turbines. In general, the size of the wind turbines, the length of the rotors and their proximity to the ground, the distance to roosting structures as well as the operating times influence the number of bat victims depending on weather conditions and the time of year. At present, the number of bats killed by wind turbines nationwide is in population-relevant orders of magnitude, especially caused by old turbines that are operated without bat-friendly operating time corrections.

Due to the low reproduction rate of bats, which are classified as K-strategists in terms of population biology, even slightly increased mortality rates lead to an increased risk of extinction. The extent to which increased mortalities at wind turbines affect the population size of bat species at risk of impact cannot be reliably calculated at present, as knowledge about the population size and seasonal density of these spatially and temporally very dynamic bat species is still insufficient. For this reason, it is not possible to seriously calculate a general, population-compatible threshold value for the number of tolerable fatalities at wind turbines. In addition, the protection of individuals under European law applies irrespective of population relevance. In principle, each individual of a species is to be protected pursuant to § 44, and the impact on the population is initially not legally relevant to the killing. The effect on the population is only examined in the course of an exceptional procedure under species protection law. There is a consensus in case law that the facts of the prohibition of killing are only fulfilled if the

probability of this significantly increases. Thus, when assessing the significantly increased risk of killing, a project-independent basic risk of killing an individual must be taken into account.

With the construction of wind turbines, the probability of a collision-related killing is increased in comparison to the existing life risk in the landscape, unless effective avoidance measures are implemented. With regard to the collision risk, these are above all the operating time corrections. These require general, technically and legally sound threshold values to be defined in advance.

The assessment of the killing risk for the regular operation of a wind turbine is currently handled differently by the federal states. There are very different specifications regarding the threshold value for the tolerable number of dead bats per WT and year (usually up to 2 bat victims per turbine and year). There is also considerable room for interpretation with regard to the specifications for general operating algorithms, especially with regard to the cut-in wind speed and the application of the recording of bat activity at nacelle height. According to current scientific knowledge, a blanket cut-in wind speed of 6 m/s does not guarantee compliance with the significance threshold given in the national guidelines.

Since it is not possible to calculate the number of acceptable bat kills from a population biology perspective due to the lack of demographic parameters for bats, while at the same time being highly sensitive to mortality increases, the present document derives a technical recommendation based on the obligation under EU law to protect individuals and the current state of scientific knowledge on the avoidance of bat kills.

In order to minimize the risk of killing during the operation of wind turbines, a nationwide significance threshold of < 1 animal per turbine and year is therefore proposed.

Compliance with the proposed significance threshold of < 1 must be the threshold value for the blanket cut-in wind speed and should be replaced, at least in the first two years of operation, by a much more differentiated cut-in wind speed that takes into account the rotor blade diameter, the respective month and the respective night tenth as well as the natural area in Germany. This significance threshold should be replaced by a site-specific value after two years of operational monitoring. Monitoring of the blanket cut-in wind speed and temperature threshold (> 10 °C) by nacelle monitoring of several wind turbines of a wind farm for at least two years is ideally part of the avoidance measure and the operating time corrections initially apply to the period 15 March to 15 November.

To comply with the significance threshold of < 1 and to determine the regionalised operating time corrections (especially cut-in and temperature), the ProBat tool should be used. This tool calculates the future installation algorithm on the basis of the bat activity measured at the nacelle while complying with the significance threshold and is currently the only scientifically justified method for calculating operating time corrections on the basis of measured bat activity.

1 Einleitung

Der Verlust der biologischen Vielfalt und der Klimawandel sind zwei existenzielle Gegenwartskrisen, die aufgrund vielfacher Wechselwirkungen nur gemeinsam gelöst werden können (IPBES & IPCC, 2021). Obwohl bei der Konferenz von Rio im Jahr 1992 Konventionen zum Schutz des Klimas und ebenso zum Schutz der biologischen Vielfalt beschlossen wurden, hat sich in den Folgejahrzehnten aufgrund politischer Versäumnisse keine Verbesserung der Problemlage ergeben. Mittlerweile ist der erforderliche Handlungsdruck sehr hoch. Dies wird unter anderem in dem von der EU-Kommission 2019 ins Leben gerufenen europäischen Green-Deal deutlich (Europäische Kommission (EU), 2019). Hier wurde ein Maßnahmenpaket beschlossen, welches einen Transformationsprozess sowohl der europäischen Industrie als auch der Wirtschaft insgesamt vorsieht. Konkret soll der effiziente Umgang mit Ressourcen in einer sauberen und kreislaufforientierten Wirtschaft angestrebt, der Klimawandel aufgehalten, gegen den Biodiversitätsverlust angegangen und die Schadstoffbelastung reduziert werden. Speziell genannt wird dabei der Ausbau der Offshore-Windenergie. Auch die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag „Mehr Fortschritt wagen“ die entsprechenden Ziele aufgenommen und den Schutz von Umwelt und Natur sowie die Begrenzung des Klimawandels und des Artensterbens ins Zentrum ihres politischen Handelns gestellt (SPD et al., 2021; BMUV & BMWK, 2022). Um den Ausbau der Windenergie an Land voranzutreiben, hat die Bundesregierung im Juli 2022 mit dem vierten Gesetz zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) den sogenannten Ausnahmeparagraphen § 45 ergänzt um Regelungen zum Betrieb von Windenergieanlagen an Land (b), das Repowering (c) und die Umsetzung nationaler Artenhilfsprogramme (d).

Die Gesetzesänderung bezieht sich in den Buchstaben b und c im Wesentlichen auf besonders und streng geschützte Vogelarten sowie die in ihrer Gesamtheit besonders und streng geschützte Artengruppe der Fledermäuse (§ 45b Absatz 6, 7, 8 und 9 BNatSchG sowie dazugehörige Anlage 2). Über die Implementierung von nationalen Artenschutzprogrammen soll der Erhaltungszustand, vor allem der schlaggefährdeten Vogel- und Fledermausarten, gesichert oder verbessert werden. Damit wird der Versuch unternommen, das sogenannte „grün-grün-Dilemma“ zu lösen, wonach der Ausbau der Windenergie verbunden ist mit einer Tötung von schlaggefährdeten Vogel- und Fledermausarten. Die Schlaggefährdung ist wiederum nicht nur eine erhebliche Gefährdungsursache für die betroffenen Fledermausarten (vgl. Kap. 2.2), sondern ebenso ein artenschutzrechtliches Problem gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG. Der Individuenschutz wird hierbei vom Europäischen Gerichtshof (EuGH) regelmäßig bestätigt (vgl. Kap. 4.1). Der Populationsbezug von Individuenverlusten ist jedoch im Zuge einer artenschutzrechtlichen Ausnahme etwa für den Betrieb von WEA ebenfalls zu bewerten.

In Deutschland wird für die Artengruppe Fledermäuse im Zuge der Planung und Genehmigung von WEA dem Konflikt des Tötungsrisikos derzeit mit vorlaufenden Untersuchungen begegnet, die je nach Bundesland unterschiedlich aufwendig sein können (vgl. Hurst et al., 2015; FA Wind: Fachagentur Windenergie an Land e.V., 2022). Darauf aufbauend werden zunächst je nach Bundesland unterschiedliche Pauschalabschaltungen in die Betriebsgenehmigung aufgenommen. Für die Artengruppe der Fledermäuse können diese Abschaltungen durch nachgeschaltete sog. Gondelmonitorings oder Höhererfassungen angepasst werden. Dabei werden

Ultraschallmikrofone in der Gondel der WEA angebracht und die Fledermausaktivität gemessen. Die Auswertung dieser Daten erfolgt in den meisten Bundesländern mit dem „Probat“-Tool. Diesem unterliegt eine komplexe Berechnungsgrundlage, die auch die sogenannte Signifikanzschwelle enthält. Diese Schwelle ist gegenwärtig eine länderspezifische Festlegung (vgl. FA Wind, 2020), die die maximale Anzahl der Fledermäuse unter den vor Ort gegebenen Umweltbedingungen festlegt, die pro Jahr und Anlage geschlagen werden dürfen. Unterhalb dieser Maximalzahl wird davon ausgegangen, dass kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko für Fledermäuse vorliegt.

Die behördliche Vorgabe für die Signifikanzschwelle variiert in den einzelnen Bundesländern zwischen 0,5 und 2 getöteten Fledermäusen je Jahr und Anlage. Eine wissenschaftliche Herleitung gibt es bislang nicht, als Referenz werden oftmals die Ergebnisse des ersten RENEBAT-Projekts herangezogen (Behr et al., 2011a).

Anlass für das vorliegende Projekt ist die Prüfung einer wissenschaftlichen Herleitung einer einheitlichen Signifikanzschwelle für Deutschland. Daraus folgend sollen pauschale Schwellenwerte für vorsorgliche Betriebszeiteinschränkungen für WEA in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit sowie der Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur abgeleitet werden.

Um sich der Aufgabenstellung zu nähern, erfolgen vier Bearbeitungsschritte:

- Auswertung des aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur Gefährdungssituation von Fledermäusen an WEA;
- Ausführung von populationsökologischen Grundlagen zur Bewertung der Mortalität;
- Darstellung der rechtlichen Bedingungen einschließlich der Entwicklung der Rechtsprechung in Bezug auf das Kollisionsrisiko;
- Schlussfolgerungen und Ausarbeitung einer Empfehlung für eine bundeseinheitliche Signifikanzschwelle.

2 Gefährdung von Fledermäusen durch WEA

Fledermäuse sind beim Bau und Betrieb von WEA vor allem als Schlagopfer (wozu auch die durch Barotrauma verendenden Tiere zählen, Wirkfaktorengruppe 4 nach BfN (2022) – Barriere- oder Fallenwirkung/ Individuenverlust) und standortspezifisch aufgrund von Lebensraumverlusten gefährdet. Es entstehen direkte Flächen- und damit Habitatverluste (Wirkfaktorengruppe 1 nach BfN (2022) Direkter Flächenentzug, Wirkfaktorengruppe 2 nach BfN (2022) Veränderungen der Habitatstruktur/ Nutzung), deren Auswirkungen vor allem von der Struktur und der Lebensraumfunktion abhängig sind. Weiterhin werden indirekte Wirkungen durch Schall- und Lichtemissionen sowie veränderte kleinklimatische Bedingungen diskutiert (Wirkfaktorengruppe 5 nach BfN (2022) – Nichtstoffliche Einwirkungen). Für Schall und Lichtemissionen fehlen jedoch noch ausreichend belastbare Untersuchungen. Nachteilige Schallemissionen im Ultraschallbereich, die ein Meideverhalten verursachen, oder Schall, der zur akustischen Maskierung von Beutetieren führt, sind durch die Studien von Ellerbrok et al. (2022) oder Gaultier et al. (2023) noch nicht hinreichend belegt. Kleinklimatische Veränderungen (Wirkfaktorengruppe 3 nach BfN (2022) – Veränderung abiotischer Standortfaktoren) konnten durch Armstrong et al. (2016) und Luo et al. (2021) belegt werden, mit Auswirkungen von bis zu 10 km um die WEA (Luo et al., 2021).

Während Lebensraumverluste und -veränderungen grundsätzlich alle Fledermausarten, wenn auch artspezifisch unterschiedlich, betreffen können und durch gezielte Voruntersuchungen ermittelt werden können (z. B. Quartierverluste), ist die Schlaggefährdung durch WEA ein seit langem bekanntes Problem und vor allem bei Arten wirksam, die sich im freien Luftraum und größeren Flughöhen bewegen oder durch die Anlagen angelockt werden (vgl. Kap. 2.6, Neugierdeverhalten). Untersuchungen in den USA und ebenso in Europa weisen zumindest deutlich darauf hin, dass das Ausmaß des Kollisionstodes bei Fledermäusen negative populationsbiologische Folgen für die besonders schlaggefährdeten Arten hat (z. B. Lehnert et al., 2014; Thaxter et al., 2017; Davy et al., 2020; Mantoiu et al., 2020; Huso et al., 2021; Kruszynski et al., 2021). Maßstab für die rechtliche Bewertung des Schlagrisikos in Europa und Deutschland ist jedoch der Schutz des Individuums nach Artikel 12 FFH-Richtlinie respektive § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG.

Im Hinblick auf die Herleitung einer Signifikanzschwelle wird deswegen im Folgenden der Kenntnisstand zur betriebsbedingten Gefährdung von Fledermäusen zusammenfassend dargestellt.

2.1 Warum verunglücken Fledermäuse an WEA?

Das nachtaktive und hochmobile Verhalten von Fledermäusen wird durch ein ultraschallbasiertes, fein auflösendes System der Hinderniswahrnehmung, verbunden mit einer enormen Reaktionsfähigkeit, ermöglicht. Trotz dieses im natürlichen Ökosystem über Jahrtausende perfektionierten und artspezifisch ausgeprägten Orientierungs- und Beutedetektionsvermögens verunfallen Fledermäuse an WEA bedingt durch die Rotorblattbewegung. Erklärbar ist dies durch die Eigenschaften der Ultraschallorientierung der Fledermäuse. Fledermäuse nehmen erst wenige Meter vor einem Hindernis dieses als solches wahr (Long et al., 2009). Der Grund dafür ist die sehr schnelle Dissipation der Ultraschallwellen in Luft, d. h. die geringe Reichweite

der von den echoortenden Fledermäusen ausgesandten, gebündelten „Schallkeule“. Long et al. (2009) zeigten durch Experimente mit Mikroturbinen, dass selbst bei großer Nähe zum Objekt der vom Objekt reflektierte (und somit von Fledermäusen wahrnehmbare) Ultraschall nur noch etwa 3–10 % seiner Ausgangsenergie besitzt. Fledermäuse müssen somit sehr nah am Objekt sein, bevor sie durch Echoortung präzise wahrnehmen können, welche Dimensionen dieses besitzt. Erst danach können sie mit einer Ausweichhandlung reagieren. Diese erfolgt durch die „Try and avoid“-Technik („Versuch und Ausweich“-Technik), was bedeutet, dass das Individuum, nachdem es ein Hindernis wahrgenommen hat, versucht, durch Änderung der Flughöhe und Flugrichtung dieses Hindernis zu überwinden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Echoorientierung, der im freien Luftraum fliegenden Fledermäuse, in der Regel nach vorn gerichtet ist. Objekte, die sich horizontal gesehen ober- oder unterhalb des sich echoorientierenden Individuums befinden, können kaum von diesem wahrgenommen werden. Eine weitere mögliche Kollisionsursache kann die während der Migration teilweise ausgesetzte Echoortung beim Flug im hindernisfreien Luftraum sein (Erickson et al., 2002; Ahlén, 2003), wodurch ggfs. sogar Kollisionen an stehenden Windenergieanlagen möglich sind. Für diese Möglichkeit spricht, dass sich Fledermäuse während der Migration nicht mittels Echoortung, sondern mit anderen Sinnen (Erdmagnetismus) orientieren (Holland et al., 2008). Möglicherweise verzichten männliche Tiere auch zeitweise auf Echoortung, um keine Konkurrenten während der Balzzeit auf sich aufmerksam zu machen, und sind so einer besonderen Gefährdung ausgesetzt (Corcoran et al., 2021). Die Bedeutung des optischen Sinnes für die Migration ist nicht bekannt, zumindest reicht die Sinneswahrnehmung über die Augen nicht für den Flug in hindernisreichem Gelände in der Dämmerung oder in der Nacht aus. In Flughöhen deutlich über Baumkronenhöhe sind in freier Natur allerdings keine Hindernisse zu erwarten, die eine hochauflösende Echoortung oder eine optische Erkennung während des Migrationsfluges erfordern. Unerwartete anthropogene Hindernisse wie WEA werden dann erst spät wahrgenommen und die Tiere können den sich drehenden Rotorblättern nicht mehr kurzfristig ausweichen, sollten sie diese noch bemerken (Rydell et al., 2010; Grodsky et al., 2011).

Sofern WEA still stehen, besteht nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine Gefahr für Fledermäuse (Arnett et al., 2008; Horn et al., 2008), allerdings stehen „abgeschaltete“ Anlagen nicht still, sondern bewegen sich im sogenannten Trudelmodus. Hierbei wird die Drehbewegung durch das „aus dem Wind Herausdrehen der Rotorblätter“ stark verlangsamt, d. h. die Rotorblätter werden durch den Wind gebremst anstatt angetrieben. Gezielte Untersuchungen zum Gefahrenpotenzial im Trudelmodus liegen nicht vor. Zudem ist gegenwärtig nicht definiert, unter welchen Parametern vom „Trudelmodus“ gesprochen wird (Bruns et al., 2021). Das OVG Lüneburg definiert den Trudelbetrieb als „aus dem Wind gedrehte Rotorblätter und aktivierte Windnachführung der Rotorgondel“². Ebenfalls stellt das Gericht für diesen Fall eine maximale Drehzahl von 0,7 Umdrehungen pro Minute (rpm) (=0,7 U/min = 42 U/h) fest. Das KNE verweist auf Basis eigener Berechnung auf vergleichsweise große Spreizungen im Trudelbetrieb. Während die Blattspitzengeschwindigkeit bei einem Rotordurchmesser von 82 m bei weniger als 15 km/h liegt, steigt sie bei Rotordurchmessern von 160 m auf bis zu 30 km/h (Berechnungsgrundlage 1 U/min). Das OVG stellt jedoch fest, dass eine signifikante Gefährdung

² OVG Lüneburg Beschl. v. 29.4.2019 – 12 ME 188/18, BeckRS 2019, 7750, beck-online Rn. 20.

schlaggefährdeter Arten i.S.d. § 44 Abs. 5 Satz 2 Nr. 1 BNatSchG im Trudelbetrieb aufgrund der geringen Blattgeschwindigkeiten grundsätzlich nicht gegeben sei.

2.2 Welche Arten verunglücken an WEA?

Um den tatsächlichen Kollisionsraten von Fledermäusen und der artspezifischen Verteilung näher zu kommen, wurden in der Vergangenheit mehrfach systematische Nachsuchen unter WEA durchgeführt (Măntoiu et al., 2020; Kruszynski et al., 2021). Für die Darstellung und Berechnung der Schlagopferzahlen gibt es dabei verschiedene Ansätze. Die Angabe eines allgemein gültigen, durchschnittlichen Wertes für Fledermausopfer pro WEA ist nicht möglich, da das Kollisionsrisiko von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst wird, u. a. von der Fledermausaktivität, die wiederum von den Standort- und Wetterbedingungen beeinflusst wird und ebenso von dem Anlagentyp. Studien aus verschiedenen Regionen aus Europa und den USA zeigen entsprechend eine höchst unterschiedliche Anzahl an Schlagopfern pro WEA auf. Neuere Ansätze versuchen die Anzahl an Schlagopfern pro erbrachter Megawatt-Leistung der Anlagen zu beziffern, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen, da mittlerweile sehr große Spannweiten zwischen Größe, Höhe und Drehzahl der Anlagen existieren.

Nachdem im Jahr 1972 erste Hinweise auf verunfallte Fledermäuse im Bereich von WEA in Australien auftraten, wurden erst viel später erste Daten in den USA im Rahmen von Vogel-schlaguntersuchungen systematisch erfasst (Keeley et al., 2001; Erickson et al., 2002; Johnson et al., 2002). Weitere Studien aus den USA belegen zum Beispiel eine durchschnittliche Schlagopferzahl von vier bis sieben Fledermäusen pro Megawatt installierter Nennleistung pro Jahr. Maximale Schlagopferzahlen in bewaldeten Gebieten wurden bei 40 bis 50 Opfern pro Megawatt registriert (Allison et al., 2019). Eine weitere Meta-Studie berechnete wiederum für Vertreter der Familie der Glattnasen-Fledermäuse (*Vespertilionidae*) eine Schlagrate von ca. 0,7 Tieren pro Jahr und Anlage (Thaxter et al., 2017). Dieser Familie gehören nahezu alle in Deutschland beheimateten Fledermausarten an, insbesondere alle Arten mit einem hohen Kollisionsrisiko.

Erickson et al. (2002) dokumentierten im Jahr 2002 beispielhaft 616 Totfunde unter sechs verschiedenen WEA, welche mit insgesamt knapp 90 % die drei fernziehenden Arten Eisgrau Fledermaus (*Lasiurus cinereus*), Rote Fledermaus (*Lasiurus borealis*) und Silberhaarfledermaus (*Lasionycteris noctivagans*) betrafen. Diese Ergebnisse wurden sowohl zeitlich als auch artspezifisch bei neueren Auswertungen aus dem Jahr 2020 bestätigt. Eine Auswertung von Aufzeichnungen des US Fish and Wildlife Service aus den Jahren 2008 bis 2017 ergab im Nordosten der USA unter 22 Anlagenstandorten eine Anzahl von 418 Schlagopfern. Erneut zählten über 90 % der Opfer zu den drei vorgenannten Fledermausarten, diese wurden an über 60 % der untersuchten Standorte registriert (Choi et al., 2020).

Ebenfalls um die Jahrtausendwende wurden in Deutschland bzw. Europa erste Meldungen von Schlagopfern durch Bach et al. (1999) bekannt, daraufhin folgten Berichte von Fledermausopfern aus dem Nordostdeutschen Tiefland (Dürr, 2002) und Schweden (Ahlén, 2002). Eine in Sachsen an einem Windpark systematisch durchgeführte Suche ergab eine überraschend hohe Zahl an toten Fledermäusen mit vorgeblich einer sehr hohen Dunkelziffer, da nicht die gesamte Fläche abgesucht werden konnte und sensibilisierte so weiter für dieses Thema (Trapp et al., 2002).

In der Studie von Niermann et al. (2011a) verteilten sich die Schlagopfer auf Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*), Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Zwergfledermaus (*P. pipistrellus*) und an vierter Stelle Kleinabendsegler (*N. leisleri*) sowie Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) und Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*). Die genannten Arten sind auch in der Schlagopferdatei der Vogelschutzwarte Brandenburg am häufigsten aufgeführt (vgl. hierzu auch Anhang A.1, nach Dürr (2022)). Weitere schlaggefährdete Arten, die in Deutschland selten bis sehr selten sind, jedoch in den Ländern mit Verbreitungsschwerpunkten hohe Schlagopferzahlen zeigen, sind die Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*), die Weißrandfledermaus (*Pipistrellus kuhlii*) und die Alpenfledermaus (*Hypsugo savii*) (Alcalde & Sáenz, 2004; Rydell et al., 2010, 2016; Georgiakakis et al., 2012; Santos et al., 2013; Meinig et al., 2020).

Kollisionsgefährdet (s. Tab. 1) sind demnach vor allem Arten, die überwiegend im freien Luftraum jagen und/oder großräumige Wanderungen mit Entfernungen von mehreren hundert Kilometern vornehmen, wie z. B. der Abendsegler, der Kleinabendsegler, die Rauhautfledermaus und die Zweifarbfledermaus (Dürr, 2022). Entsprechend können von einer WEA weit entfernt reproduzierende, nicht ortsansässige Populationen betroffen sein (Voigt et al., 2012). Lehnert et al. (2014) wiesen für tot unter WEA in Deutschland gefundene Abendsegler einen Anteil von 28 % migrierender, in Nordosteuropa reproduzierender Individuen aller Altersstufen (Jungtieranteil 32 %) nach. Es zeigte sich aber auch, dass der Anteil lokal reproduzierender Individuen an den Schlagopfern immerhin 72 % betrug, wobei 38 % dieser Gruppe Jungtiere und 62 % weibliche Tiere waren. Eine Analyse von Totfunden der Rauhautfledermäuse im norddeutschen Tiefland ergab, dass Jungtiere mit einem höheren Anteil betroffen waren, als angesichts ihrer Häufigkeit in der lebenden Population zu erwarten war (Kruszynski et al., 2021). Ebenso zeigte die Studie, dass es sich bei den Jungtieren vor allem um ortsansässige Tiere handelte, während der Jungtieranteil unter den tot aufgefundenen migrierenden Rauhautfledermäusen anteilmäßig nicht höher war, als aufgrund der Zusammensetzung der wandernden Individuen zu erwarten.

Die hohe Anzahl tot aufgefundener Zwergfledermäuse in Deutschland (Dürr, 2022) belegt, dass auch Arten betroffen sind, die nicht zu großräumigen Wanderungen neigen und bei denen möglicherweise das Erkundungs- und Neugierverhalten eine wesentliche Ursache der Kollision darstellt.

Tab. 1: Übersicht über die in Deutschland vorkommenden Fledermausarten mit Angaben zum Erhaltungszustand der biogeografischen Regionen, zum Schutzstatus und Verhaltensweisen in Bezug auf WEA und mögliche Auswirkungen der WEA auf diese, sowie Beurteilung des Konfliktpotentials (verändert mit eigenen Angaben nach Rodrigues et al. (2016) und Hurst et al. (2015)). Besonders schlaggefährdete Arten sind fett dargestellt.

Fledermausart		Erhaltungszustand			Schutz- und Gefährdungszustand Deutschland		Bau- u. anlagebedingte Auswirkungen		Betriebsbedingte Auswirkungen (Kollision)		
Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	atlantisch	kontinental	alpin	FFH-Anhang	Rote Liste D	Quartiere	Jagdgebiete	Transfer	Erkundung	Jagd
Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>	U1	U1	FV	II, IV	2	+++	++	-	-	-
Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	XX	U1	FV	IV	3	-	-	++	+	++
Breitflügel-Fledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	U1	U1	XX	IV	3	-	-	++	+	++
Alpenfledermaus	<i>Hypsugo savii</i>	n.a.	XX	n.a.	IV	R	-	+	+	+	+
Nymphenfledermaus	<i>Myotis alcathoe</i>	XX	XX	n.a.	IV	1	+++	++	-	-	-
Bechsteinfledermaus	<i>Myotis bechsteinii</i>	U1	U1	XX	II, IV	2	+++	++	-	-	-
Brandtfledermaus	<i>Myotis brandtii</i>	U1	U1	FV	IV	*	++	+	-	-	-
Teichfledermaus	<i>Myotis dasycneme</i>	XX	U1	n.a.	II, IV	G	-	-	-	-	-
Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>	FV	FV	FV	IV	*	++	+	-	+	-
Wimperfledermaus	<i>Myotis emarginatus</i>	U2	U1	U1	II, IV	2					
Großes Mausohr	<i>Myotis myotis</i>	U1	U1	FV	II, IV	*	+	++	-	-	-
Bartfledermaus	<i>Myotis mystacinus</i>	XX	U1	FV	IV	*	++	+	-	-	-
Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	FV	FV	FV	IV	*	++	++	-	-	-
Kleinabendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	U1	U1	XX	IV	D	+++	+	+++	+	+++
Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	FV	U1	XX	IV	V	+++	+	+++	+	+++
Weißrandfledermaus	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	n.a.	FV	n.a.	IV	*	-	+	+	+	+
Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	FV	U1	FV	IV	*	+++	+	+++	+	+
Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	FV	FV	FV	IV	*	+	+	-	+++	+
Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	XX	FV	XX	IV	*	++	+	+	++	+
Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i>	FV	FV	FV	IV	3	++	++	-	+	-
Graues Langohr	<i>Plecotus austriacus</i>	U1	U2	n.a.	IV	1	-	+	-	+	-
Große Hufeisennase	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	n.a.	U2	n.a.	II, IV	1	-	+	-	-	-
Kleine Hufeisennase	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	n.a.	U2	U2	II, IV	2	-	+	-	-	-
Zweifarb-Fledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	XX	U1	FV	IV	D			+++	+	+++

Erhaltungszustand der Arten Deutschlands: **FV** = günstig, **U1** = unzureichend, **U2** = schlecht, **XX** = unbekannt, n.a. = nicht aufgeführt (BfN – Bundesamt für Naturschutz, 2019c; BfN – Bundesamt für Naturschutz, 2019a, 2019b)

+++ hohes, ++ mittleres, + vorhandenes Konfliktpotential, - vermutlich keine Konflikte zu erwarten

FFH = Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Anhänge II & IV (EU-Kommission, 1992)

Kategorien der Roten Listen: 0 - ausgestorben oder verschollen 1 - vom Aussterben bedroht, 2 - stark gefährdet, 3 - gefährdet, G - Gefährdung anzunehmen, D - Daten defizitär, V - Vorwarnliste, * - derzeit nicht gefährdet, Angaben für Deutschland nach (Meinig et al., 2020).

2.3 Wie viele Fledermäuse verunglücken an WEA?

Im Verlauf der RENEBAF-Forschungsprojekte I bis III wurden wiederholt systematische Schlagopfersuchen in unterschiedlichen Naturräumen (s. Abb. 13) innerhalb Deutschlands durchgeführt. In 2007 und 2008 konnten Niermann et al. (2011a) an 30 untersuchten Anlagen damaliger Bauweise mit einer Nabenhöhe im Mittel von 70 m in unterschiedlichen Naturräumen insgesamt 100 tote Fledermäuse finden. Insgesamt ergab sich als mittlerer Wert von 2.052 Nachsuchen an den Anlagen eine Mortalität von 0,1 verunglückten Fledermäusen pro Nacht und Anlage, was rechnerisch jede 10. Nacht eine verunglückte Fledermaus pro WEA bedeutet. Unter Berücksichtigung der Fundwahrscheinlichkeit und Abtragsrate ergab die Hochrechnung zwischen 0 und maximal 57,7 Tieren pro Anlage für den 92tägigen Untersuchungszeitraum (im Mittel 9,5 tote Fledermäuse).

In einer späteren Wiederholung der Studie im Rahmen von RENEBAF II wurden 16 WEA, die wechselweise mit und ohne Betriebszeiteinschränkung liefen, verglichen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Betriebszeiteinschränkungen zugunsten der Fledermäuse zu einer deutlichen Reduzierung der Schlagopfer führen (Niermann et al., 2015). An den 16 WEA konnten 21 Schlagopfer in sieben Wochen ohne und drei tote Fledermäuse in den Zeiten mit Abschaltung nachgewiesen werden.

Die Schlagopfersuchen im Rahmen des RENEBAF III-Projektes wurden an Anlagen mit dem Fokus auf größerer Nabenhöhe und in fünf verschiedenen Naturräumen durchgeführt (Nagy et al., 2018). Um repräsentative Daten zu erhalten, wurden gezielt WEA mit und ohne Abschaltalgorithmus gewählt. Die Stichprobenanzahl war auf zwölf Anlagen an sechs Standorten begrenzt. Insgesamt wurden mit zwölf Fledermäusen während 1.067 Suchen nur wenige Schlagopfer gefunden, vermutlich vor allem bedingt durch den Standort der Anlagen, die aufgrund von vorweg festgestellter geringer Fledermausaktivität ohne Abschaltung in Betrieb genommen werden konnten. Ein weiteres Problem bei den gegenüber 2011 größeren Anlagen stellte die Verdriftung der Opfer bedingt durch die längeren Rotoren dar. Die Artenzusammensetzung spiegelte jedoch das üblicherweise bekannte Verhältnis wie in der Schlagopferkartei der Vogelschutzwarte Brandenburg (Dürr, 2022) wider: Die am meisten gefunden Opfer gehörten zu den Arten Rauhaufledermaus, Abendsegler und Zwergfledermaus (vgl. Anhang A.1).

Wie bereits oben angedeutet, besteht bei systematisch durchgeführten Schlagopfersuchen die Schwierigkeit, die tatsächliche Anzahl der verunfallten Fledermäuse zu erfassen. Fledermäuse mit Barotraumen fliegen u. U. noch größere Entfernungen, bevor sie verenden, und bei einem direkten Schlag können die Opfer zudem über große Entfernungen geschleudert werden. Die Windgeschwindigkeit und die Körpermasse der getroffenen Tiere spielt dabei auch eine erhebliche Rolle (Niermann et al., 2011b; Choi et al., 2020).

Der Kadaver-Abtrag durch Aasfresser, wie Füchse, Marder oder Greifvögel sowie Insekten, hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die Fundrate. Es ist davon auszugehen, dass weit mehr als die Hälfte der Unfallopfer durch Aasfresser entfernt werden, bevor sie gefunden werden können (Niermann et al., 2011a; Allison et al., 2019). Ebenso bedingt unebenes Gelände die Anzahl der gefundenen Opfer unter den WEA, je dichter die Vegetation, desto weniger Opfer werden prozentual gefunden. Auch ein Einfluss der Witterung ist möglich (Barros et al., 2022).

Eine 100 %ige Sucheffizienz kann weder durch speziell ausgebildete Suchhunde noch durch Menschen erreicht werden. Die tatsächlichen Opferzahlen liegen deutlich höher. Dies konnte in Vergleichssuchen mit speziell ausgelegten Tier-, vor allem Mäusekadavern, belegt werden (Brinkmann et al., 2006; Niermann et al., 2011a, 2015; Weaver et al., 2020; Barros et al., 2022). Diese Faktoren werden letztendlich in Hochrechnungen zu den Schlagopferzahlen aufgenommen. Aktuelle Studien bezüglich der Erfolgsquote zeigen, dass eine Schlagopfersuche mit speziell ausgebildeten Suchhunden eine 73–96 %ige Erfolgsquote ergab, während Menschen lediglich 6–20 % der Schlagopfer fanden (Matthews et al., 2013; Domínguez del Valle et al., 2020; Smallwood et al., 2020).

Die Gesamtzahl der Fledermaus-Schlagopfer an WEA in den USA sollte allein im Jahr 2012 laut Hochrechnungen über 600.000 betragen (Hayes, 2013). Für Deutschland gehen Fritze et al. (2019) von mindestens 60.000 getöteten Fledermäusen bei ca. 30.000 WEA pro Jahr aus, sofern alle Anlagen unter standardisierten Abschaltauflagen (= Zahl der im jeweiligen Bundesland „erlaubten“ Schlagopfer, meist 2) laufen würden, bis hin zu Hochrechnungen um die 240.000 Unfallopfer bei einer Abschaltung von maximal 25 % aller betriebenen Anlagen. Würde man von rund zehn Todesfällen pro Anlage und Jahr ausgehen (siehe Niermann et al. 2011a), käme man sogar auf 300.000 Opfer pro Jahr in Deutschland.

Eine besondere Gefährdung mit einer hohen Dunkelziffer an Schlagopfern geht von Altanlagen aus, die von Beginn an ohne Betriebszeitenkorrekturen laufen. Regularien zur Abschaltung wurden erst mit den Ergebnissen des ersten RENEBAAT-Projekts im Jahre 2011 eingeführt, alle Anlagen, die davor gebaut und in Betrieb genommen wurden, laufen während des gesamten Jahres ohne Abschaltung. Mit einem Windpark in Brandenburg mit drei Altanlagen ist ein besonderes dramatisches Beispiel dokumentiert. Hier gehen Voigt et al. (2022) aufgrund von Nachsuchen von etwa 200 Fledermaus-Schlagopfern innerhalb von zwei Monaten aus. Eine Hochrechnung über diesen in Fachkreisen seit längerem als besonders konfliktträchtig bekannten Standort hinaus vorzunehmen, ist jedoch nicht seriös, da es sich nicht um einen repräsentativen Standort handelt.

Zwar müssen Hochrechnungen grundsätzlich auch kritisch betrachtet werden, da sie mehr auf zufällig ausgewählten einzelnen Studien beruhen anstatt auf einem aktuellen und statistischen Versuchsdesign (Huso & Dalthorp, 2014), jedoch geben die Größenordnungen aller Hochrechnungen einen klaren Hinweis darauf, dass die Fledermausverluste durch unregelmäßige WEA bei einzelnen Arten in populationsgefährdenden Größenordnungen liegen (Korner-Nievergelt et al., 2018). Unterstellt man etwa für Deutschland 300.000 Schlagopfer (Fritze et al., 2019) und legt die Verteilung der Schlagopfer auf die gefährdeten Fledermausarten zugrunde, so könnten in Deutschland jährlich mehr als 98.000 Abendsegler geschlagen werden (32,8 % der Schlagopfer), mehr als 85.000 Rohhautfledermäuse (28,5 %) sowie 60.000 Zwergfledermäuse (20 %) und 15.000 Kleinabendsegler (5 %). Solche Rechnungen können zwar allenfalls als grobe Näherung betrachtet werden, um das Problem zu verdeutlichen. Jedoch liegen die Werte in Größenordnungen, die im Populationsmodell mindestens für den Abendsegler und den Kleinabendsegler eine negative Populationsentwicklung infolge der erhöhten Mortalität an WEA plausibel macht (Korner-Nievergelt et al., 2018).

2.4 Räumliche Konfliktschwerpunkte

Grundsätzlich ist in Deutschland davon auszugehen, dass es keine Landschaft ohne Fledermausaktivität gibt. Die Migration findet im sogenannten Breitfrontenzug statt (vgl. Abb. 9), regional gibt es abhängig von der Lebensraumkapazität und vorhandenen Lebensraumstrukturen räumliche Konzentrationspunkte. Diese sind sowohl bei der Migration als auch während der stationären Wochenstubenphase schwierig zu verallgemeinern, da sie artspezifisch mit der jeweiligen Habitatausstattung (= Quartier- und Nahrungsverfügbarkeit), den klimatischen Bedingungen sowie dem anthropogenen Einfluss in der Landschaft und schließlich den Lebenszyklusphasen bzw. Jahreszeiten zusammenhängen. Für die Einschätzung der Gefährdungssituation spielt der Anlagenstandort grundsätzlich eine große Rolle, etwa weil an einem alten Waldstandort mit hoher Baumhöhlendichte grundsätzlich ein hohes Lebensraumpotential herrscht, während eine ausgeräumte Agrarlandschaft kaum Lebensraumstrukturen bietet. Ganzjährige Messungen der akustischen Aktivität zeigen jedoch, dass bezogen auf die betriebsbedingte Gefährdung ebenso in Ackerlandschaften sowie in gehölzarmen Küstenregionen (Bach et al., 2020) zu bestimmten Jahreszeiten ausgeprägt hohe Flugaktivitäten von schlaggefährdeten Arten vorkommen können (s. Kapitel 4.2, ebenso z. B. Huso et al., 2021; Guest et al., 2022). Insgesamt muss man demnach grundsätzlich von einer Schlaggefährdung sowohl im Wald als auch im Offenland ausgehen (vgl. hierzu auch Kapitel 4.2, Reichenbach et al., 2015). Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass vor allem im Umfeld von Balz- und Schwärmquartieren im Wald, z. B. des Kleinabendseglers, in diesen speziellen Bereichen das Schlagrisiko noch einmal signifikant gegenüber der Umgebung erhöht ist (Brinkmann et al., 2006).

Eine signifikant höhere Relevanz haben regionale Unterschiede, so wurden im Osten Deutschlands erheblich mehr *Nyctaloide* als im Norden oder Süden sowie eine besonders hohe Aktivität von Zwergfledermäusen über Waldgebieten im Westen Deutschlands registriert (Reichenbach et al., 2015). Diese Ergebnisse decken sich mit Schlagopfersuchen aus dem ersten Forschungsvorhaben der RENEBA-Reihe (Niermann et al., 2011a) sowie den Untersuchungen aus Sachsen (Seiche et al., 2008), bei denen eine hohe Anzahl an *Nyctaloiden* unter den WEA gefunden wurden.

Auch bewaldete Höhenzüge, beispielsweise im Schwarzwald, lassen ein erhöhtes Kollisionsrisiko vermuten. Hier ergaben sich bei der Extrapolation der Suchergebnisse unter Berücksichtigung der Sucheffizienz, Abtragsrate durch Aasfresser und Flächengröße an den konkreten Standorten der Untersuchung 11,8 – 20,9 Schlagopfer pro Anlage und Jahr (Brinkmann et al., 2006).

Einen vorwiegenden Einfluss auf die Fledermausaktivität in Gondelhöhe und somit der Schlaggefährdung haben hauptsächlich Faktoren wie Jahreszeit, Temperatur, Windgeschwindigkeit und Niederschlag (Niermann et al., 2011a). Einen bestimmenden Einfluss auf die Fledermausaktivität haben die Lufttemperatur und die Windgeschwindigkeit (Behr et al., 2011b).

2.5 Zeitliche Konfliktschwerpunkte

Betrachtet man die Verteilung der Kollisionen über das Jahr verteilt, lässt sich eine starke Saisonalität beobachten. Mehrere Studien belegen eine deutlich höhere Schlagopferzahl der besonders schlaggefährdeten Arten in den Monaten Juli bis September. Dieser Zeitraum geht

mit der herbstlichen Migration sowie der Balz u. a. auch der wandernden Arten einher (Abendsegler, Rauhaufledermaus etc.) Diese Saisonalität lässt sich sowohl in Europa als auch in den USA in klimatisch ähnlichen Regionen beobachten (Erickson et al., 2002; Brinkmann et al., 2006, 2011; Cryan et al., 2014; Choi et al., 2020; Măntoiu et al., 2020; Goldenberg et al., 2021). Der Nachweis ortsansässiger Weibchen und Jungtiere unter den Schlagopfern belegt jedoch, dass neben der Migrationsphase regional Wochenstubentiere betroffen sein können und somit auch in diesem Zeitraum Kollisionen stattfinden.

Im Nachtverlauf existieren je nach Art leichte Unterschiede in der Aktivitätszeit. Grundsätzlich besteht in der ersten Nachthälfte ein höheres Konfliktpotenzial, da hier mit höherer Aktivität aller Arten zu rechnen ist. Zwergfledermäuse sind dabei besonders häufig am Nachtanfang anzutreffen, Rauhaufledermäuse verteilen sich eher über die gesamte Nacht (Reichenbach et al., 2015).

2.6 Bedeutung des Erkundungs-/Explorationsverhalten an WEA

Zwergfledermäuse zählen in Deutschland zu den häufigsten Schlagopfern an WEA, obwohl sie nicht zu den über lange Strecken wandernden Fledermausarten zählen und Jagdflüge überwiegend unter oder allenfalls knapp über Baumkronenhöhe stattfinden. In England (Richardson et al., 2021) wurde nachgewiesen, dass beim Vergleich von WEA versus Kontrollstandorten mit ansonsten gleichen Standortbedingungen die akustische Aktivität von Zwergfledermäusen an den WEA signifikant höher war, was auf ein Erkundungsverhalten an den Anlagen hinweist. Auf die Aktivität von Mückenfledermäusen hatten die Standorte dagegen keinen Einfluss, daraus lässt sich schließen, dass diese Art eher weniger von den WEA angezogen wird.

In mehreren Studien konnte nachgewiesen werden, dass WEA gezielt von Fledermäusen angeflogen werden und offenbar eine Attraktionswirkung haben (Horn et al., 2008; Cryan et al., 2014; Goldenberg et al., 2021). Für eine Attraktionswirkung spielen Licht- und Geräuschemissionen nur eine untergeordnete Rolle und sind zu vernachlässigen (Cryan & Barclay, 2009; Guest et al., 2022). Die Habitatausstattung an und in unmittelbarer Nähe der WEA scheint dagegen einen Einfluss auf die Attraktivität zu haben (Guest et al., 2022), zumindest Zwergfledermäuse jagen auch unter WEA, sofern es sich um insektenreiche Brachen handelt.

Mehrere Untersuchungen mittels Wärmebildkamera zeigten dabei in unmittelbarer Nähe der Anlagen unter anderem die gegenseitige Jagd von zwei und mehr Fledermäusen. Weiterhin konnte ein wiederholtes Anfliegen vor allem des Turmes sowie der Gondel beobachtet werden (Horn et al., 2008; Goldenberg et al., 2021). Das Anfliegen der Rotorblätter sowie Rüttelflüge im Bereich der Anlagen wurden ebenfalls registriert (Cryan et al., 2014; Goldenberg et al., 2021). WEA können also eine mögliche Ressource für Fledermäuse in Form von Paarungsquartieren, Schlafplätzen und Nahrungsquellen bzw. Jagdhabitaten suggerieren. Soziale Verhaltensweisen wie Paarung beinhalten allerdings noch viele Unsicherheiten und müssten tiefergehend erforscht werden, alleinige Untersuchungen mit Wärmebildkameras sind hierbei wenig aussagekräftig (Guest et al., 2022).

Cryan et al. (2014) stellen die Überlegung an, dass sich Fledermäuse unter anderem anhand von Luftströmungen orientieren, indem sie bei der Jagd oft den Windschatten von Baumreihen oder Felswänden nutzen. Dort halten sich in erhöhtem Maße Fluginsekten auf, außerdem

können sie hier besonders energieeffizient fliegen, da sie nicht gegen Winde anfliegen müssen. Ein Windschatten wird auch von großen WEA erzeugt, wodurch ggf. eine Attraktionswirkung entsteht. Fledermäuse halten sich bei Windgeschwindigkeiten von $> 1 \text{ m/s}$ signifikant häufiger im Windschatten der Anlagen auf. Lagen die Windgeschwindigkeiten unter diesem Grenzwert, konnte kein Unterschied in der Aktivität im und außerhalb des Windschattens der Anlagen beobachtet werden.

Weiterhin wurden die Beobachtungen mit dem An- und Abschalten der Anlagen gekoppelt und gezielt verglichen. Sobald die Rotorblätter keine Bewegung zeigten, die Windgeschwindigkeiten jedoch unter 8 m/s lagen, stieg die Attraktionswirkung auf Fledermäuse und es konnte mehr Aktivität, vor allem im Bereich der Gondel festgestellt werden. Bei sich langsam drehenden Rotoren wurden diese sogar auch noch angefliegen.

2.7 Kollisionsgefährdete Fledermausarten in Deutschland

Zu den kollisionsgefährdeten Fledermausarten zählen in Deutschland die in Tabelle 1 (Kap. 2.2) hervorgehobenen Fledermausarten. Seit dem Jahr 2002 bis heute wird in Deutschland auch von der Vogelschutzwarte Brandenburg eine Schlagopferstatistik geführt, die jedes Jahr aktualisiert wird. Dort werden alle zufällig erfassten Schlagopfer gemeldet. Aktuell (nach Dürr (2022), Stand 17.06.2022, s. Abb. 1) stellt der Abendsegler mit 31,7 % und die Rauhautfledermaus mit 28,4 % die häufigsten Schlagopfer an WEA in Deutschland dar. An dritter Stelle folgt die Zwergfledermaus mit knapp 20 %. Diese drei Arten stellen somit 80 % der Schlagopfer dar und sind somit in besonderem Maße durch WEA gefährdet (u.a. Tab. 5 in Anhang A.1 nach Dürr (2022)). Auch europaweit stehen diese drei Arten auf den ersten drei Plätzen der gefundenen Schlagopfer, wobei hier die Zwergfledermaus an erster Stelle mit 23,3 % steht, gefolgt von der Rauhautfledermaus mit 15,1 %, der Abendsegler folgt mit 14,7 % an dritter Stelle. Die Gesamtanzahl der gefundenen Opfer betrug im Jahr 2022 in Deutschland 3.970 Fledermäuse, in Europa insgesamt 11.017 Fledermäuse (Dürr, 2022).

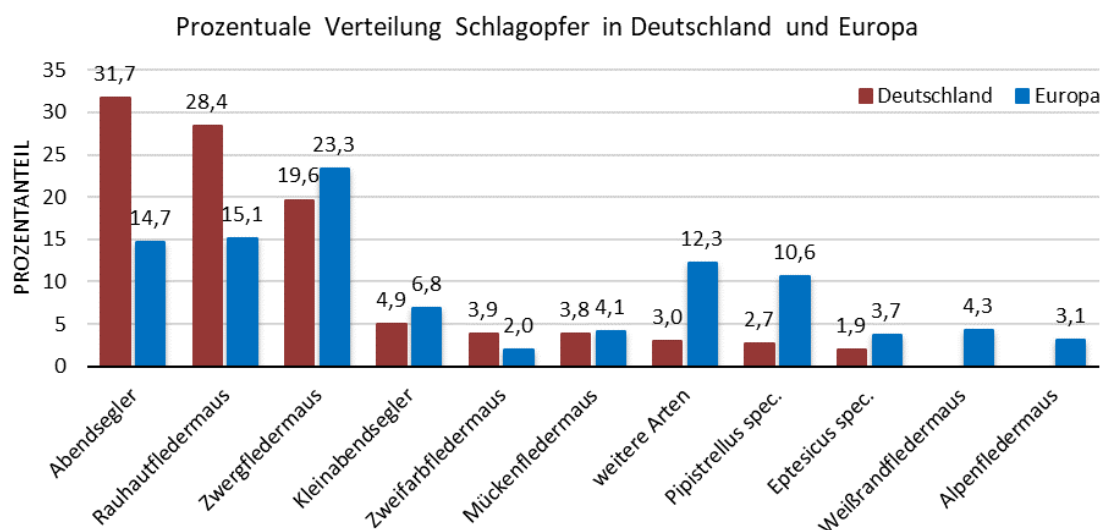


Abb. 1: Schlagopferverteilung in Europa und Deutschland nach Dürr (2022).

Abendsegler (*Nyctalus noctula*)

Charakteristisch für diese Art ist die Jagd im freien Luftraum in 10 bis 50 m Höhe deutlich über den Baumkronen, es können aber auch Höhen bis mehrere hundert Meter erreicht werden. Zwischen Quartier und Jagdgebiet können gut und gerne 10 km und mehr zurückgelegt werden, dabei ist die Art nicht auf Strukturgebundenheit angewiesen (Dietz, Nill, et al., 2016).

Zudem gilt der Abendsegler als besonders weit wandernde Art, die Wanderungen zwischen Sommer- und Winterquartier können über 1.000 km betragen (Schmidt, 2000; Steffens et al., 2004; Hutterer et al., 2005), dabei sind die Tiere trotzdem relativ geburtsortstreu und kehren immer wieder in ihre Wochenstubenregionen zurück (Mayer et al., 2002; Heise & Blohm, 2003). Reproduktionsschwerpunkte in Deutschland liegen u. a. im Norddeutschen Tiefland und in Sachsen.

Hinweise legen nahe, dass besonders Weibchen und Jungtiere in erhöhtem Maße kollisionsgefährdet sind. 2006 wurden beispielweise in einer großen Studie mit Schlagopfersuchen in Sachsen überwiegend juvenile Abendsegler gefunden, was auf ein starkes Erkundungsverhalten der Tiere nach Ausflug aus den Wochenstuben hinweist (Seiche et al., 2008). Diese Tendenz konnte auch in der RENEBAAT-Untersuchung ermittelt werden (Niermann et al., 2011a). Zudem sind häufig durchziehende Tiere aus östlichen Regionen Europas als Schlagopfer betroffen (Voigt et al., 2012; Lehnert et al., 2014).

In einer weiteren Untersuchung in der Uckermark wurden Weibchen und Männchen jeweils mit einem GPS-Tracker ausgestattet und ihre Flugwege von Mai bis Juli verfolgt. Die weiblichen Tiere legten weitere Strecken zurück und hielten sich öfter über offenen Flächen wie Ackerland auf als die Männchen. Diese bevorzugten Gewässer und strukturreiche Gebiete wie Waldränder und Heckenreihen. Auffällig war außerdem, dass die Weibchen in größeren Höhen und damit näher im Bereich der Rotoren unterwegs waren als die Männchen. Sie nutzten ein größeres Spektrum an Höhenmetern. Ihre höchste Aufenthaltswahrscheinlichkeit lag zwischen 23 und 87 m, während die Männchen den Luftraum zwischen 30 und 49 m bevorzugten (Roeleke et al., 2016).

Für die Populationsentwicklung ist die offensichtlich erhöhte Gefährdung von adulten Weibchen sowie juvenilen Tieren sehr kritisch zu betrachten.

Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*)

Die Rauhautfledermaus weist zum Teil ähnliche Verhaltensweisen wie der Abendsegler auf. Auch diese Art ist sehr treu in Bezug auf ihre Geburtsregion. Sie gilt ebenfalls als Fernwanderer und legt zwischen Sommer- und Winterquartier auch oftmals bis 1.000 km oder mehr zurück (Schmidt, 2000; Steffens et al., 2004; Hutterer et al., 2005). Dabei fliegt sie vermutlich wie der Abendsegler ebenfalls in großen Höhen. Die Jagdflüge finden in der Regel eher niedrig, vor allem in Baumkronenhöhe und entlang von Strukturen statt (Šuba, 2014; Dietz, Nill, et al., 2016), wobei sie in der Küstenregion auch auf gehölzfreien Wiesen Nahrungsflüge ausüben. Insgesamt besteht für die Rauhautfledermaus die größte Gefahr während der Migration.

Als problematisch hat sich insbesondere bei der Rauhautfledermaus herausgestellt, dass während akustischer Erfassungen an Gondeln diese Art oftmals unterrepräsentiert ist. Dabei zeigte sich, dass viel mehr Schlagopfer gefunden worden, als durch die akustischen

Aufnahmen dargestellt werden konnte. Die aktuell immer längeren Rotorblätter können nicht mehr vollständig von der Gondel aus abgedeckt werden, sodass ein zweites Mikrofon am Turm in der Nähe der Rotorspitze notwendig wäre, um die Aktivität sämtlicher Arten im Gefahrenbereich adäquat abzubilden (Bach et al., 2020).

Für die Rauhautfledermaus konnte in einer aktuellen Studie eine unterschiedliche Verteilung der Geschlechter und Altersstufen je nach Region in Deutschland bei den Schlagopfern nachgewiesen werden (Kruszynski et al., 2021). In den an Wochenstubenkolonien reichen Küstenregionen an der Nordsee mit einer hohen Dichte an WEA wurden tendenziell mehr weibliche Tiere geschlagen. Im Gegensatz dazu wurden in weitläufigen Wald- und Seengebieten mit einer vergleichsweise niedrigen Dichte an WEA proportional mehr juvenile als adulte Schlagopfer gefunden.

Auch bei der Rauhautfledermaus ist also ein erhöhtes Gefährdungspotenzial vor allem für adulte Weibchen und auch juvenile Tiere gegeben, welches sich kritisch auf das Populationswachstum auswirken kann.

Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)

Die hohe Anzahl tot aufgefundener Zwergfledermäuse in Deutschland (s. Tab. 5 nach Dürr 2022) belegt, dass auch Arten betroffen sind, die nicht zu großräumigen Wanderungen neigen.

Die Zwergfledermaus gilt als ortstreue Art, die sich durch ein stark ausgeprägtes Neugierde- und Erkundungsverhalten auszeichnet. Dafür sprechen auch die hohen Invasionsraten in Gebäude von juvenilen Tieren vor allem im August. Im Spätsommer werden zentrale Winterquartiere aufgesucht, an denen häufig hunderte von Tieren schwärmen, um diese Quartiere zu erkunden. Jagdflüge finden normalerweise niedrig und entlang von Strukturen statt (Dietz, Nill, et al., 2016; BfN, 2022).

Aus diesem Grund ist eine starke Attraktionswirkung von WEA auf diese Art stark anzunehmen, das heißt die WEA werden aktiv von den Tieren angefliegen. Dafür sprechen auch neuere Erkenntnisse einer englischen Studie, dabei wurde an WEA eine signifikant erhöhte akustische Aktivität nachgewiesen (Richardson et al., 2021).

Zusätzlich spielen regionale und artspezifische Unterschiede auch eine Rolle. Tote Zwergfledermäuse unter WEA zum Beispiel werden besonders häufig in der zweiten Julihälfte gefunden, was auf ein erhöhtes Erkundungsverhalten der Jungtiere nach Auflösung der Wochenstuben hinweist (Brinkmann et al., 2006; Seiche et al., 2008). Vermutet wird außerdem, dass zumindest die Zwergfledermaus einem erhöhten Risiko über Waldgebieten während Schwärm- und Erkundungsphasen ausgesetzt ist, da die Masten die Tiere animieren in höhere Luftschichten vorzudringen (Zahn et al., 2014).

Fledermäuse sind vor allem betriebsbedingt als Schlagopfer und standortspezifisch baubedingt aufgrund von Lebensraumverlusten durch WEA gefährdet. Schlagopfersuchen belegen die Schlaggefährdung insbesondere der im freien Luftraum fliegenden und/oder migrierenden Fledermausarten und hier vor allem Abendsegler, Kleinabendsegler, Rauhaufledermaus, Zwergfledermaus, Mückenfledermaus und Zweifarbfledermaus. Nach aktuellem Kenntnisstand beeinflussen die Größe der WEA, die Länge und Bodennähe der Rotoren, die Entfernung zu Leitstrukturen und die Betriebszeiten in Kombination mit den Wetterbedingungen und der Jahreszeit die Schlagopferzahlen. Unter den Schlagopfern sind artspezifisch unterschiedlich sowohl wandernde Individuen (ca. 70 % im Bundesschnitt), aber auch residente Tiere. Weiterhin führt das artspezifisch unterschiedlich ausgeprägte Erkundungsverhalten dazu, dass WEA als Attraktionspunkt erkundet werden, was vor allem bei der Zwergfledermaus, aber auch bei Abendseglern bekannt ist.

Grundsätzlich ist in Deutschland davon auszugehen, dass es keine Landschaft ohne Fledermausaktivität gibt, so dass im Umkehrschluss für keinen Standort das Kollisionsrisiko ausgeschlossen werden kann. Die Migration findet im sogenannten Breitfrontenzug statt, regional gibt es abhängig von der Lebensraumkapazität und vorhandenen Lebensraumstrukturen räumliche Konzentrationspunkte.

Betrachtet man die Verteilung der Kollisionen über das Jahr verteilt, lässt sich eine starke Saisonalität beobachten. Die überwiegende Zahl an Schlagopfern verunglückt im Spätsommer und Frühherbst, eine kollisionsfreie Zeit gibt es jedoch nicht, d. h. die Kollisionsgefährdung besteht grundsätzlich über die gesamte Aktivitätsphase hinweg.

Die Zahl der an WEA getöteten Fledermäuse liegt in populationsrelevanten Größenordnungen. Ein umfassendes Problem sind hierbei Anlagen, die ohne Betriebszeitenkorrekturen betrieben werden, was gegenwärtig für etwa $\frac{3}{4}$ der WEA in Deutschland zutrifft.

3 Populationsökologie

Gemäß der aktuellen Rechtsprechung ist der Fledermausschlag an WEA ebenso wie die Gefahr der Tötung grundsätzlich individuenbezogen zu betrachten (vgl. § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG). Sofern das Risiko tödlich zu verunglücken signifikant erhöht ist, tritt der Verbotsstatbestand der Tötung ein, was jedoch nicht bedeutet, dass jede Tötung bereits den Verbotsstatbestand auslöst. Aus Sicht des Fledermausschutzes ist die Frage relevant, in welchem Maße die Summe der Tötungen einzelner Fledermäuse letztlich zu einer Gefährdung für die Population führen, wobei der Begriff Population wiederum je nach Lebenszyklusphase artspezifisch unterschiedlichste räumliche Bezugsebenen haben kann. Die Populationsgenetik zeigt, dass artspezifisch sehr unterschiedliche Bezugsräume für wenigstens grob abgrenzbare Populationseinheiten definiert werden müssen. So ist beim großräumig migrierenden Abendsegler die Bezugsebene einer abgrenzbaren Population eher Mitteleuropa, während für die Bechsteinfledermaus sehr viel kleinere geografische Einheiten definiert werden können (z. B. Kerth et al., 2002; Kerth & Petit, 2005).

Im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Herleitung einer „tolerierbaren“ Signifikanzschwelle für die Tötung von Fledermäusen an WEA wird oftmals die Populationsrelevanz der Individuenverluste diskutiert, obwohl solche Erwägungen dem Individuenschutz gemäß § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG nicht gerecht werden. Gleichwohl wird im Folgenden der aktuelle Kenntnisstand zur Begriffsdefinition von Populationen sowie Grundlagen zur Populationsökologie von Fledermäusen in Mitteleuropa ausgeführt.

3.1 Populationsdefinitionen und Bezug

Der Begriff „Population“ wird im biologischen Sinn als eine Gruppe von Individuen der gleichen Art definiert, die im selben Areal miteinander leben und eine Fortpflanzungsgemeinschaft und somit einen gemeinsamen Genpool bilden (Begon et al., 1991).

Populationen können auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen betrachtet werden. Sie können als die Gesamtheit aller Individuen einer Tierart definiert oder in wesentlich kleineren räumlichen Einheiten abgebildet werden. Die Abgrenzung in räumlichen Einheiten wiederum kann biologisch begründet werden, wobei vor allem die Genetik wesentliche Grundlagen für die Abgrenzung von Populationen liefert (Allendorf & Luikart, 2007). Für die praxisbezogene Anwendung in der Naturschutzbiologie und der Umsetzung von Richtlinien und Gesetzen zum Schutz von Organismen wiederum werden aus pragmatischen Gründen räumlich-formelle Einheiten abgegrenzt.

So ist gemäß Artikel 1 i der FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG, EU (1992)) die „Population“ einer Tierart von gemeinschaftlichem Interesse die Bezugsgröße für die Bewertung des Erhaltungszustandes. Gemeint ist nach Artikel 2 zunächst die Population „im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten“. Als Population definiert die EU Kommission (2007) in ihrem „Guidance document on the strict protection of animal species of Community interest under the Habitats Directive 92/43/EEC“ „a group of individuals of the same species that live in a geographic area at the same time and are (potentially) interbreeding (i. e. sharing common gene pool).“

Sie orientiert sich somit eng an dem biologischen Populationsbegriff und den Kriterien Fortpflanzungsgemeinschaft und gemeinsamer Genpool innerhalb eines geografisch abgegrenzten Raumes.

Die Bewertung des Erhaltungszustandes einer Population macht in der Umsetzung der FFH-Richtlinie sowie in der Rechts- und Planungspraxis somit eine Abgrenzung in kleineren Einheiten notwendig. Je nach Anlass wird die Population z. B. auf Ebene der biogeographischen Regionen, der naturräumlichen Haupteinheiten oder FFH-Gebieten abgegrenzt.

Im Bundesnaturschutzgesetz wird als undefinierter Rechtsbegriff die „lokale Population“ verwendet, um die Einschlägigkeit des Störungstatbestands nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 zu bewerten. Der Zustand der lokalen Population wird dabei mit dem Begriff des Erhaltungszustandes gemäß Artikel 1 i der FFH-Richtlinie verknüpft, worin abermals räumliche Bezüge (natürliches Verbreitungsgebiet, genügend großer Lebensraum) erwähnt sind. Die „lokale Population“ wird in Deutschland definiert als „eine Gruppe von Individuen einer Art, die einen zusammenhängenden Lebensraum gemeinsam bewohnen und eine Fortpflanzungs- bzw. Überdauerungsgemeinschaft bilden“ (LANA, 2010). Wichtig dabei ist der zusätzliche Begriff der Überdauerungsgemeinschaft, die auch Wochenstuben als reine Weibchengruppen einschließt, obwohl sie im biologischen Sinne keine Population darstellen, da mindestens die Männchen als essentieller Teil einer biologischen Populationseinheit fehlen. Lokalpopulationen werden somit aus den genannten rechtlich-pragmatischen Gründen vor allem über die räumliche Betrachtungsebene abgegrenzt. So können auch alle Tiere, die sich im Spätsommer in Paarungsquartieren treffen (Männchen + Weibchen), als lokale Population betrachtet werden. Im Winter dagegen beschreibt die lokale Population punktuell die Überwinterungsgemeinschaft des einzelnen Winterquartiers oder auch sehr eng (< 100 m) beieinander liegende Quartiere (Pettermann, 2011).

Bei Fledermäusen muss die räumliche Abgrenzung einer biologisch definierten Population unter Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen (s. Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4) und der hochmobilen Fortbewegung mit saisonal wechselnden, je nach Art sehr großräumigen Aktionsradien erfolgen. Bezogen auf die numerische Betrachtung von Fledermauspopulationen nimmt die Zahl der in die Populationsbetrachtung integrierten Individuen somit von der kleinsten Einheit der Wochenstubenkolonie, über die Paarungsgruppen bis hin zur Gesamtheit aller Individuen einer Art immer weiter zu. Die am besten untersuchten und verstandenen Populationseinheiten von Fledermausarten sind Wochenstubenkolonien. Diese sind räumlich konstant mit einer hohen Bindung an den Quartierkomplex in einem Waldgebiet oder an das besiedelte Gebäude. Sie sind aufgrund ihres matrilinearen Aufbaus stabile soziale Einheiten mit einer hohen Bindung der Weibchen an ihren Geburtsort und ihre Geburtskolonie (z. B. Kerth et al., 2000, 2002; Mayer et al., 2002). Wochenstubenkolonien sind die entscheidenden demographischen Einheiten von Fledermauspopulationen (Mayer et al., 2002) und somit auch für die Bewertung von Eingriffsfolgen für Fledermäuse die wichtigste und zudem am ehesten abgrenzbare Bewertungseinheit, indem sie eben als "Lokalpopulation" betrachtet werden. Beeinträchtigungen von Wochenstubenkolonien wirken sich unmittelbar auf Reproduktionserfolge und Populationsentwicklungen aus.

3.2 Reproduktionsstrategie von europäischen Fledermäusen

Die Reproduktionsstrategien von Säugetieren folgen im Allgemeinen der Regel, dass die Lebensdauer positiv mit der Körpergröße korreliert. Aus diesem Grund haben große Säuger eine hohe Lebenserwartung, die verbunden ist mit einer geringen Reproduktions- und Sterberate. Kleinsäuger wie Spitzmäuse und echte Mäuse dagegen haben eine geringe Lebensdauer, dafür aber eine hohe Reproduktions- und Sterberate. In diesem „fast-slow continuum“ bezogen auf die Lebensgeschwindigkeit sind Fledermäuse eine Besonderheit, da ihre Reproduktionsstrategie mit großen Säugern wie derjenigen eines Braunbären vergleichbar ist (Barclay & Hader, 2003). Fledermäuse zeichnen sich durch eine im Vergleich zu anderen Säugetieren gleicher Größe mehrfach höhere Lebensdauer aus. Sie sind somit K-Strategen, die sich im Gegensatz zu r-Strategen im Allgemeinen durch eine lange Lebensphase (Brandtfledermaus *Myotis brandtii*: bis 41 Jahre, Podlutzky et al. (2005)), eine verzögerte Fertilität und eine niedrige Geburten- und Mortalitätsrate auszeichnen (Racey & Entwistle, 2000). Gut untersucht ist beispielsweise die Lebenszyklusstrategie der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*, einer eng an europäische Laubwälder gebundenen Fledermausart (Kerth et al., 2013). Ein Weibchen der Bechsteinfledermaus bekommt maximal ein Junges pro Jahr, wobei nicht in jedem Jahr die Aufzucht eines Jungtieres erfolgen muss. Selbst in scheinbar günstigen Lebensräumen konnte in manchen Sommern bei 30 bis 40 % der Weibchen einer Kolonie keine Jungenaufzucht beobachtet werden (Kerth & König, 1996; Kerth, 1998; Schmidtke, 2005). Das exakte Alter bei Eintritt der Geschlechtsreife von *Myotis bechsteinii* ist unbekannt, doch wird angenommen, dass die Weibchen zumindest im Geburtsjahr (in dem sie noch als subadult zu bezeichnen sind) nicht schwanger werden, d. h., dass sie erst nach ihrem ersten Winter bzw. in ihrem zweiten Lebensjahr fortpflanzungsfähig sind (Kerth et al., 2003), ab dann aber bis ins Alter an der Reproduktion teilnehmen. Schmidtke (2005) konnte mittels Individualmarkierung in einer Bechsteinfledermauskolonie 29 % der reproduzierenden Bechsteinfledermausweibchen als 2–3-Jährige, 21 % 4–5-Jährige und 16,5 % 6–7-Jährige klassifizieren. Die restlichen 33 % der reproduktiv aktiven Tiere derselben Kolonie waren älter als 9 Jahre. Das Höchstalter der Bechsteinfledermaus ist mit 21 Jahren dokumentiert (Baagøe, 2001). Die mittlere jährliche Überlebensrate der Weibchen einer Kolonie liegt bei ca. 75 % (Schlapp, 1990; Kerth, 1998).

Andere europäische Fledermausarten und hier insbesondere auch die an WEA besonders schlaggefährdeten Arten wie Abendsegler und Rohrfledermaus zeigen im Vergleich zur Bechsteinfledermaus eine etwas höhere Reproduktionsrate und eine etwas niedrigere Lebenserwartung, das grundsätzliche K-Strategen Konzept gilt jedoch unverändert.

Für Fledermäuse gilt somit grundsätzlich, dass durch die geringe Reproduktionsrate die Fähigkeit, sich von Bestandseinbrüchen zu erholen, extrem minimiert ist (Racey & Entwistle, 2000; Barclay & Hader, 2003). Insbesondere Verluste adulter Weibchen können nicht durch eine erhöhte Reproduktionsrate ausgeglichen werden. Fledermauspopulationen sind deshalb grundsätzlich einem erhöhten Aussterberisiko ausgesetzt, wenn sich Umweltfaktoren ungünstig auf die Reproduktionsrate auswirken (Racey & Entwistle, 2000; Barclay & Hader, 2003).

3.3 Räumliche Organisation und Populationsstruktur

Die räumliche Organisation von Fledermauspopulationen ist eng verknüpft mit den Lebenszyklusphasen und in Mitteleuropa zudem noch synchronisiert durch die wechselnde

Nahrungsverfügbarkeit bedingt durch die Jahreszeiten. Sehr vereinfacht dargestellt ist die Zeit mit der höchsten Nahrungsdichte auch die Zeit der Wochenstubenkolonien, in denen sich Weibchen zusammenschließen, um ihre Jungen zu gebären und großzuziehen. Diese Phase liegt je nach Region und Fledermausart etwa von Mitte Mai bis Ende Juli/Anfang August und ist geprägt von einer hohen Ortstreue der Weibchen und stabilen sozialen Einheiten. Wochenstubenkolonien sind wie oben beschrieben die entscheidenden demographischen Einheiten von Fledermauspopulationen. Getrennt von den Wochenstubenkolonien besiedeln Männchen solitär oder ebenfalls in Gruppen Sommerlebensräume, wobei die älteren Männchen sich bereits am Ort der Paarung etablieren. Diese wiederum können artspezifisch sowohl im Umfeld der Wochenstubenkolonien als auch sehr weit entfernt liegen, sind aber ebenfalls durch eine räumliche Tradition charakterisiert.

Im Spätsommer lösen sich die Wochenstubenkolonien auf und die reproduktiven Weibchen suchen gezielt Paarungsquartiere auf, während die Jungtiere ihren Lebensraum erkunden und dabei den Aktionsradius immer weiter ausdehnen. Zentrale Orte der Erkundung sind dabei die sogenannten Schwärmquartiere, die später im Jahr meist auch als Winterquartier genutzt werden, ebenso zur Paarung. In dieser Phase sind Fledermäuse hochmobil und es findet eine großräumige artspezifische Durchmischung statt. Diese ist auch im Winter gegeben, wobei die eigentliche Winterschlafphase geprägt ist von einer Phase der Ruhe und geringen Aktionsradien. Die artspezifischen Unterschiede in den Aktionsradien sind hier sehr erheblich und kann grob unterschieden werden in mehr oder weniger sesshafte Arten mit Jahresaktionsräumen unter 50 km, regionalen saisonalen Flügen mit Entfernungen in der Regel unter 300 km sowie migrierenden Arten, die bis zu 1.000 km und weiter wandern können (Fleming & Eby, 2003).

Gut untersucht sind die Lebenszyklen und die damit verbundenen Ortswechsel sowie die Populationsdynamik etwa bei der Bechsteinfledermaus und dem Abendsegler (s. Abb. 2), die im groben Ablauf dem eben geschilderten Schema entsprechen, im Detail aber unterschiedlich und über vollkommen andere räumliche Distanzen stattfinden. Beide Arten finden sich wie alle europäischen Fledermausarten zur Aufzucht der Jungtiere zu Wochenstubenkolonien zusammen. Genetisch betrachtet ist über die Matrilinearität der Wochenstube eine hohe Ähnlichkeit innerhalb einer Kolonie in der Mitochondrien-DNA festzustellen. Mitochondrien werden ausschließlich über die Mütter klonal vererbt. Junge Weibchen, die sich ihrer Mutterkolonie anschließen, weisen somit die gleiche Mitochondrien-DNA auf, wie ihre Mutter und andere von ihr geborene Weibchen („Schwestern“). Bei Bechsteinfledermäusen ist der Koloniebezug besonders eng und ein Individuenaustausch zwischen Kolonien kommt nicht vor (Kerth et al., 2000, 2001). Beim Abendsegler sind die Kolonien offener. Zwar zeigen auch dessen Weibchen eine hohe Treue zur Geburtskolonie (Philopatrie), aber der Austausch von Weibchen zwischen Kolonien kommt regelmäßiger vor, als etwa bei der Bechsteinfledermaus (Mayer et al., 2002). Vergleicht man innerhalb der Wochenstubenkolonien die Kern-DNA, so wird man über große geografische Einheiten und sofern keine räumliche Isolation vorliegt, kaum signifikante Unterschiede zwischen Fledermäusen einer Art feststellen können. Die Kern-DNA setzt sich zur Hälfte aus mütterlicher und zur Hälfte aus väterlicher DNA zusammen, d. h. es kommt bei jeder Paarung und Befruchtung einer Eizelle zur Durchmischung der Kern-DNA und der „common gene pool“ ist somit weit über Koloniegrenzen hinweg sehr groß (Mayer et al., 2002). Bei der Bechsteinfledermaus sind deutliche genetische Unterschiede in der Kern-DNA

über geografische Distanzen von 150 km und mehr festzustellen (Kerth & Petit, 2005). Beim Abendsegler muss man aufgrund genetischer Ähnlichkeiten sogar von einer mitteleuropäischen Population sprechen (Mayer et al., 2002).

Diese artspezifisch unterschiedlichen, aber in jedem Falle großräumigen geografischen Einheiten, in denen bei Fledermäusen eine genetische Drift stattfindet, kommen durch das Paarungsverhalten der Fledermäuse zustande. Weibchen verlassen im Spätsommer ihre Wochenstubenkolonien und suchen je nach Art in sehr unterschiedlichen Distanzen paarungsbereite Männchen auf. Bei der Bechsteinfledermaus liegen diese Distanzen nach bisherigem Kenntnisstand meist bei 10–30 km, in Ausnahmefällen auch bis 50 km (Kerth & Morf, 2004). Beim Abendsegler wandern reproduktive Weibchen in der Regel mehrere hundert bis über 1.000 Kilometer weit, u. a. um Paarungspartner aufzusuchen (Heise & Blohm, 2003). Kravchenko *et al.* (2020) stellten fest, dass besonders junge Männchen der Abendsegler weit migrieren und neue Überwinterungsgebiete besetzen.

Für die Überlegungen zur Herleitung einer Signifikanzschwelle muss man somit bedenken, dass der Einzugsraum einer WEA jahreszeitlich völlig unterschiedliche Teilpopulationen betrifft. Bislang liegen weder für Deutschland noch für regionale Landschaftsausschnitte wissenschaftlich fundierte Schätzungen vor, in welcher Größenordnung diese Sommer-, Winter- und Durchzugspopulation zu einander stehen (Dietz, Dietz, et al., 2016).

3.4 Demographie von Fledermauspopulationen

In den Grundzügen werden Fledermauspopulationen ebenso wie alle biologischen Populationen im Wesentlichen durch die Geburten- respektive Sterberate sowie die Zu- und Abwanderung von Individuen bestimmt. Die Dynamik von Populationen ist deren numerische aber auch räumliche Veränderung in der Zeit, wobei die numerische Dynamik von den genannten Faktoren bestimmt wird, vereinfacht dargestellt durch die Geburtenrate n (Nachwuchsrate, Natalität) und die Sterberate m (Mortalität) (Racey & Entwistle, 2003). Wenn n größer als m und somit die Wachstumsrate $r (= n - m)$ positiv ist, wächst die Population. Falls r negativ ist, schrumpft die betreffende Population. Je nach räumlicher Abgrenzung des Betrachtungsraumes wirken zusätzlich noch die Zu- und Abwanderung.

Für die europäischen Fledermausarten sind die demographischen Parameter noch sehr ungenügend bekannt. Neben der eingeschränkten Erfassbarkeit der nachtaktiven Tiere erschwert die hohe räumliche Dynamik über die verschiedenen Lebenszyklusphasen die Ermittlung von demographischen Parametern (vgl. auch Dietz, Dietz, et al., 2016). Einigkeit besteht, dass Wochenstubenkolonien die entscheidenden demographischen Einheiten von Fledermauspopulationen sind (Mayer et al., 2002). Aufgrund der philopatrischen Organisation von Wochenstubenkolonien und deren räumlicher Stetigkeit liegen zumindest für diese Lebenszyklusphase und für einige Arten demographische Parameter aus Modelluntersuchungen vor.

Bei Fledermäusen hat die Mortalität einen erheblichen Einfluss auf die Populationsdynamik. Im Juvenilstadium und im Altersstadium nahe dem erreichbaren Höchstalter ist sie gegenüber den übrigen Lebensaltern erhöht. In den „vitalen“ Jahren dazwischen ist die Mortalität weitgehend ausgeglichen und liegt je nach Fledermausart und deren Geburtenrate zwischen 20 und 50 %. Dies wiederum führt dazu, dass die Alterspyramide, die die Altersstruktur einer Population oder Kolonie widerspiegelt, bei Fledermäusen im Gegensatz zu vielen anderen

Tierarten wesentlich einfacher strukturiert ist. Durch die insgesamt relativ altersunabhängigen Mortalitätsraten kommen Fledermauspopulationen einer Modellpopulation sehr nahe. Dadurch lassen sich einige Parameter, welche die Populationsdynamik beschreiben können (Mortalität als juveniles und als adultes Tier, erwartete mittlere Lebensdauer von Geburt an oder von mindestens einjährigen Tieren, zur Aufrechterhaltung der Population notwendige Geburtenrate, erwartetes Höchstalter Einjähriger, etc.) durch mathematische Modelle berechnen.

Ein gut untersuchtes Beispiel einer mittels Fang, Beringung und Wiederfang eingehend populationsphänologisch untersuchten Fledermauspopulation ist die zwischen 1996 und 2002 beobachtete Nordbrandenburgische Population von Abendseglern (*Nyctalus noctula*) (Heise & Blohm, 2003). Die im Freiland erhobenen populationsphänologischen Daten wurden dabei mit den mittels verschiedener Modelle berechneten Populationsparametern verglichen. Es wurden in der Untersuchungszeit mit abnehmender Zahl einjährige ($n > 400$), zweijährige ($n > 250$), dreijährige ($n > 130$), usw., Weibchen der Wochenstube nachgewiesen und aus der daraus resultierenden Alterspyramide eine jährliche Mortalität von 44 % sowie eine zur Aufrechterhaltung dieser stabilen Population notwendige, jährliche Geburtenrate von etwa 1,5 Jungen pro Weibchen berechnet. Die tatsächlichen Beobachtungen ergaben, dass insgesamt 1056 Weibchen 1519 Junge großzogen, wodurch die reale annuelle Geburtenrate (1,44 Junge pro Weibchen) eine sehr hohe Übereinstimmung mit der errechneten Geburtenrate zeigt. Auch das durch die populationsbiologischen Rechenmodelle errechnete Höchstalter von Individuen dieser Population von 13 Jahren stimmte mit dem bei Einzeltieren beobachteten Höchstalter (12 Jahre) nahezu überein (Heise & Blohm, 2003).

Im Gegensatz zum Abendsegler ist die Geburtenrate etwa beim Großen Mausohr (*Myotis myotis*) deutlich geringer, nämlich 0,54–0,64 Jungen pro Weibchen (Dietz et al., 2016).

Im Vergleich zum Großen Mausohr, dessen erwartete mittlere Lebensdauer von Geburt an bei ca. 3,6–4,2 Jahren liegt, ist die zur Aufrechterhaltung von stabilen Populationen notwendige annuelle Geburtenrate bei Fledermausarten mit tendenziell längerer Lebensdauer und geringerer annueller Mortalitätsrate, wie bei den Bartfledermäusen (jährliche Mortalität als adultes Tier: 19 %) deutlich geringer (0,48 Jungen pro Weibchen). Die Weibchen dieser Fledermausarten tragen aufgrund ihrer höheren Lebensdauer (Bartfledermäuse: 4,6 Jahre) trotz der relativ niedrigen Geburtenraten längerfristig gesehen zur stabilen Aufrechterhaltung der Bestandszahlen ihrer Populationen bei (Dietz et al., 2016).

Fledermausarten mit einer geringeren mittleren Lebensdauer kompensieren die höhere Mortalitätsrate durch eine höhere Geburtenrate. Neben dem Beispiel des Abendseglers ist bekannt, dass Rauhautfledermäuse, deren erwartete mittlere Lebensdauer bei nur 2,4–2,7 Jahren und deren Höchstalter bei 12 (Weibchen) respektive 14 Jahren (Männchen) liegt, eine Mortalitätsrate von 32–34 % besitzen und zur Aufrechterhaltung einer stabilen Population jährlich 0,9–1,05 Jungen pro Weibchen großziehen müssen (Schmidt, 1994a, 1994b). Aus populationsphänologischen Untersuchungen der Rauhautfledermaus ist bekannt, dass die meisten Weibchen dieser Art Zwillinge, in seltenen Einzelfällen sogar Drillinge gebären, wobei vor allem die einjährigen, zweijährigen und dreijährigen Weibchen am erfolgreichsten an der

Reproduktion teilnehmen. Diese machen mit jeweils $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{5}$ aller adulten Tiere den Großteil einer Wochenstubenkolonie aus (Schmidt, 1994a, 1994b; Wohlgemuth, 1997).

Zwergfledermäuse (mittlere Lebenserwartung: 2,1–2,6 Jahre) und Abendsegler (mittlere Lebenserwartung: 1,7 Jahre) müssen sogar jährliche Geburtenraten von 0,9–1,2 (Zwergfledermäuse) bzw. von 1,5–1,6 (Abendsegler) erreichen, um die hohen Mortalitätsraten der den jeweiligen Populationen angehörigen, adulten Individuen von 31–37 % (Zwergfledermäuse) bzw. von 44 % (Abendsegler) ausgleichen zu können (Heise & Blohm, 2003). Je höher somit die Mortalitätsrate einer Fledermausart ist, desto mehr Junge müssen die Weibchen dieser Art pro Jahr gebären und bis zum Flüge- und Selbstständig werden erfolgreich versorgen.

Abschließend muss jedoch klargestellt werden, dass die erwähnten Schlüsselp Parameter für die Bestimmung oder Modellierung einer demographischen Entwicklung nur über Langzeitstudien ermittelt werden können, da im jährlichen Vergleich bedingt durch Wetterereignisse (nass und kühl = geringe Nahrungsdichte) oder auch Störungen die Reproduktivität schwanken kann und nur das langjährige Mittel eine verlässliche Ermittlung der Parameter erlaubt. Hinzu kommen die gegenwärtigen Trends in der Umweltveränderung, die sich negativ auf den Gesamtrend der Fledermausarten auswirken können (Klimawandel, abnehmende Insekten-dichte).

3.5 Lebensraumkapazität als Grundlage für Populationsdichten

Insektivore Fledermäuse der temperaten Klimazone haben sich an die starke saisonale Schwankung der ihnen zur Verfügung stehenden Nahrung durch die Entwicklung von saisonal schwankenden Aktivitätsmustern angepasst (Racey & Entwistle, 2000). Da sie ausnahmslos Insektenfresser sind, liegt ihre Hauptaktivität in den insektenreichen, wärmeren Monaten des Jahres (April bis Oktober). Die Weibchen einer Art formieren sich je nach Witterungsverhältnissen nach dem Verlassen der Winterquartiere in den Monaten April bis Mai zu Wochenstubenkolonien, die dann für 2–3 Monate bestehen bleiben und in denen die Weibchen ihre Jungen aufziehen.

Da Fledermausweibchen ihr Jungtier im Vergleich zu anderen Säugetieren bis fast in den ausgewachsenen Zustand ausschließlich mit Muttermilch versorgen, ist eine ausreichende Nahrungsversorgung während der Schwangerschaft und Laktation entscheidend für den Reproduktionserfolg (Kunz & Stern, 1995; McLean & Speakman, 2000). Eine Konsequenz aus dem hohen physiologischen und energetischen Aufwand für die Jungenversorgung ist die Steigerung der Nahrungsaufnahme bei trächtigen und laktierenden Weibchen um 40 % und mehr gegenüber Phasen ohne Reproduktionsverpflichtung (Kunz, 1974; Anthony & Kunz, 1977).

Ob eine Reproduktion in einem Gebiet möglich ist, wie hoch der Reproduktionserfolg (Natalität) und ebenso die Mortalität ausfällt und wie hoch die Individuendichte ist, hängt demnach in sehr hohem Maße von der Tragefähigkeit des Lebensraumes und den zur Verfügung stehenden artspezifischen Ressourcen (Quartiere, Produktivität, Nahrungsverfügbarkeit) ab.

Bis heute ist kaum bekannt, in wie weit die europäischen Fledermausarten ihre enormen Populationsverluste aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kompensieren konnten und die zur Verfügung stehenden Lebensräume bereits wieder in vollständiger, d. h. die Kapazität des Lebensraumes ausschöpfenden Dichte, besiedeln (Dietz et al., 2016).

3.6 Sensitivität gegenüber Mortalitätsanstieg

Wie bereits dargestellt (Kapitel 3.2) sind Fledermäuse als K-Strategen aufgrund ihrer geringen Reproduktionsraten gegenüber Bestandseinbrüchen besonders empfindlich und einem erhöhten Aussterberisiko ausgesetzt (Racey & Entwistle, 2000; Barclay & Hader, 2003). Nach dem r/K-Konzept existieren K-selektierte Populationen in einer konstanten Umwelt mit hoher Populationsdichte, während r-selektierte Populationen in schwankenden Umwelten mit variablem Populationswachstum und variablen Mortalitätsraten leben (Pianka, 1970; Boyce, 1984).

Daraus ist zunächst abzuleiten, dass K-selektierte Populationen nur mit zeitlicher Verzögerung auf veränderte Lebensraumbedingungen reagieren können. Ob die Reaktionsträgheit im Falle eines Eingriffes in den Lebensraum populationsrelevant und reversibel ist, ist von dem Ausmaß des Eingriffes, dem Verhaltenspotenzial der Fledermausart, der zur Verfügung stehenden Reaktionszeit und dem Lebensraumpotenzial abhängig. Zudem ist es von Bedeutung, ob eine Fledermausart den zur Verfügung stehenden Lebensraum bereits in hoher Dichte besiedelt oder ob die Population sich gerade aufbaut und die bestehende geringe Populationsgröße die Anfälligkeit gegenüber Umweltveränderungen noch erhöht.

Grundsätzlich gilt somit, dass bei Fledermäusen aufgrund ihrer K-selektierten Reproduktionsstrategie erhöhte Mortalitäten bei reproduktiven Weibchen nicht unmittelbar durch erhöhte Geburtenraten ausgeglichen werden können. Verluste adulter Weibchen wirken sich somit unmittelbar populationsrelevant aus, da sie sich direkt auf die Zahl der in den Folgejahren geborenen Jungtiere einer Kolonie auswirken.

Vereinfachte Populationsmodelle, die auf der Basis realer Zahlen zu Populationsentwicklungen erstellt wurden, zeigen beispielhaft, welche Entwicklungen Wochenstubenkolonien oder Fledermauspopulationen nehmen können, wenn sich der Faktor Mortalität bei adulten Weibchen (beispielsweise durch neue Verkehrswege oder WEA) erhöht. In einem sogenannten pre-breeding Modell werden z. B. unter Zugrundlegung einer Leslie-Matrix ausschließlich die Sterbe- und die Reproduktionsraten der weiblichen Individuen von verschiedenen Altersklassen (z. B. ein-, zwei- und mehrjährige) berücksichtigt. Diese pre-breeding Modelle sind für die Betrachtung einzelner Wochenstubenkolonien, die keinen regelmäßigen Zuwanderungs- und Abwanderungsereignissen unterliegen, besonders geeignet und zeigen, dass insbesondere die Mortalitätsraten bei den adulten (reproduzierenden) Weibchen einen Einfluss auf Populationsveränderungen haben (Dietz & Birlenbach, 2006).

Eine Sensitivitätsanalyse basierend auf Populationsmodellen im Zuge des RENEBAT III-Vorhabens zeigt ebenfalls, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit der adulten Weibchen den Wachstumsfaktor einer angenommenen Population am stärksten beeinflusst (Korner-Nievergelt et al., 2018). Für den Abendsegler zeigen die berechneten Modelle auf Basis der bekannten demographischen Schlüsselparameter (s. Kapitel 3.4) beispielsweise, dass bei einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 60 % für die adulten Weibchen eine Reproduktionswahrscheinlichkeit von 90–95 % erforderlich ist, um die Population nicht abnehmen zu lassen. Sinkt die Reproduktionswahrscheinlichkeit unter 90 %, was z. B. aufgrund nicht ausreichender Lebensraumkapazitäten wahrscheinlich und für andere Fledermausarten auch bereits belegt ist, nimmt die Population ab. Reziprok erfolgt dies, wenn die Überlebenswahrscheinlichkeit der

adulten Weibchen bedingt durch eine erhöhte Mortalität infolge von Kollisionen an WEA abnimmt.

Zu einer noch deutlicheren Aussage kommen Frick et al. (2017) für die besonders schlaggefährdete wandernde Eisgraue Fledermaus *Lasiurus cinereus* in Nordamerika. Die Autoren haben Populationsmodelle parametrisiert, wobei sie Werte aus Expertenbefragungen und aus empirischen Schätzungen anderer Fledermausarten verwendet haben. Im Ergebnis zeigen sie, dass die derzeitige Mortalität durch WEA in einer Reihe plausibler demografischer Szenarien zu einem schnellen und starken Rückgang der gesamten kanadischen Population von *Lasiurus cinereus* innerhalb von 50 Jahren und einem erhöhten Risiko des Aussterbens in 100 Jahren führen könnte. Als gegenwärtige Ausgangspopulationsgröße wurden auf Basis mehrerer Expertenschätzungen 2,5 Millionen Fledermäuse angenommen. Ausgehend von dieser Populationsgröße wurden entsprechend Populationswachstumskurven mit und ohne die zusätzliche Mortalität an WEA modelliert.

Einen theoretischen Ansatz zur Darstellung der Mortalitätsgefährdung entwickelten Bernotat & Dierschke (2021). Sie entwickelten einen Mortalitäts-Gefährdungs-Index (MGI), der die planerische Bewältigung der Bewertung anthropogener Mortalität ermöglichen soll. Dabei wird die naturschutzfachliche Bedeutung einer Art mit ihrer populationsbiologischen Empfindlichkeit miteinander verschnitten. Dabei gibt die populationsbiologische Sensitivität an, wie entscheidend der Verlust eines Individuums für eine Population ist. Skaliert wird die Sensitivität in neun Stufen von 1 „extrem hoch“ bis 9 „extrem gering“. Als entscheidende populationsbiologische Parameter werden die Mortalitätsrate von adulten Tieren sowie die Reproduktionsrate angesehen. Die naturschutzfachliche Bedeutung von Arten – im Sinne einer allgemeinen artbezogenen Gefährdungseinschätzung – wird durch die Kriterien der Gefährdung (Rote Liste Status, s. Tab. 6), Seltenheit (Häufigkeitsklasse laut nationaler Roter Liste) und Erhaltungszustand in Deutschland (atlantische, kontinentale und alpine Region) in einer fünfstufigen Skala eingestuft (1 „sehr hoch“ bis 5 „sehr niedrig“). Durch die gleichberechtigte Aggregation von populationsbiologischer Empfindlichkeit und naturschutzfachlicher Wertigkeit per Matrix entsteht eine maximal 13-stufige Gesamtskalierung, welche auf sechs Grundstufen der Mortalitätsgefährdung (von I „sehr hoch“ bis VI „sehr gering“) verallgemeinert wird. Im Weiteren wurde dann mit Bezug auf den Bau von WEA unter Berücksichtigung der artspezifischen Kollisionsrisiken an WEA (siehe dort Anhang 17-2) ein vorhabentypspezifischer Mortalitäts-Gefährdungs-Index (vMGI) entwickelt (Bernotat & Dierschke, 2021). Hier wird jedoch für keine der besonders schlaggefährdeten Fledermausarten der Gattung *Nyctalus* und *Pipistrellus* eine „sehr hohe“ Mortalitätsgefährdung (vMGI-Klasse A) angenommen, da sie „nur“ eine „mäßige“ oder „mittlere“ allgemeine Mortalitätsgefährdung aufweisen (Bernotat & Dierschke, 2021). Die Autoren gehen z. B. für Abendsegler, Kleinabendsegler, Zweifarb- und Breitflügelfledermaus von einer „hohen“ Mortalitätsgefährdung aus, für die Rauhaufledermaus und die Zwergfledermaus von einer „mittleren“ Gefährdung. Die Bewertungsmethodik wird in diesem Themenfeld jedoch nicht weiter konkretisiert, so dass damit keine abschließenden Bewertungen der Signifikanz möglich sind.

3.7 Populationsschätzungen schlaggefährdeter Fledermausarten

Um die Auswirkungen erhöhter Mortalitätsraten, wie sie z. B. durch den Betrieb von WEA diskutiert werden, abzuschätzen, ist es erforderlich zumindest eine ungefähre Größenordnung der Fledermauspopulation (numerischer Bezug) in einem definierten Raum (räumlicher Bezug) zu kennen. Der Versuch die Populationsgefährdung von Fledermauspopulationen infolge des Windenergieausbaus zu quantifizieren, wurde bereits vor einigen Jahren und zeitparallel in den beiden Vorhaben RENEBA III (Korner-Nievergelt et al., 2018) und in dem F&E-Vorhaben „Untersuchungen zur Minderung der Auswirkungen von WEA auf Fledermäuse insbesondere im Wald“ (Dietz, Dietz, et al., 2016) untersucht. Im Folgenden werden für die schlaggefährdeten Fledermausarten im Wesentlichen basierend auf diesen beiden umfangreichen Arbeiten der Kenntnisstand zu Fledermauspopulationen in Deutschland hinterfragt sowie Beispiele von Populationsschätzungen der schlaggefährdeten Arten aufgeführt.

Fledermäuse sind hochmobil und nachtaktiv, weswegen sie bis zur Entwicklung geeigneter Beobachtungsmethoden schwierig zu erfassen waren und entsprechend auch keine Erfassungstradition besteht, wie dies beispielsweise bei Vögeln der Fall ist. Bekannt sind lediglich Beschreibungen und Zählungen von ausgewählten Arten in wiederum ausgewählten Winter- und Sommerquartieren. Über diese Fallbeispiele von Großer und Kleiner Hufeisennase, Großem Mausohr und Mopsfledermaus wurde zumindest deutlich, dass nahezu alle europäischen Fledermausarten in Mitteleuropa in früheren Jahren aufgrund verschiedener, nicht genau bekannter Ursachen einen erheblichen Populationszusammenbruch erlebten und am Rande des Aussterbens standen (z. B. Roer, 1977).

Obwohl Fledermäuse seit einigen Jahrzehnten intensiv erforscht werden und der Kenntnisstand zur Lebensweise enorm gestiegen ist, fehlen noch immer grundlegende Daten zur Verbreitung der Arten in Deutschland, zur Wochenstubenverteilung und zur Populationsdichte. Letztere ist zudem abhängig von der Lebensraumkapazität einer Landschaft, wobei bis heute weitgehend nicht geklärt ist, ob Fledermäuse nach den Populationseinbrüchen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die gegenwärtige Lebensraumkapazität überhaupt schon wieder voll ausnutzen. Gleichzeitig ist anzunehmen, dass großräumig wirkende Gefährdungsfaktoren wie die abnehmende Insektendichte in der Landschaft bereits jetzt oder absehbar einen gegenläufigen negativen Populationstrend verursachen.

Im Weiteren werden Populationsschätzungen (s. Tab. 2) bei Fledermäusen durch die bei einigen Arten sehr versteckte Lebensweise erschwert. Baum bewohnende Arten wechseln regelmäßig ihre Baumquartiere und teilen sich regelmäßig in Untergruppen auf. Dieses Quartierwechselverhalten sowie das Aufteilen einer Kolonie auf zum Teil zwei und mehr Bäume erschweren exakte Populationsermittlungen bei Baum bewohnenden Fledermausarten. Selbst bei Dachboden bewohnenden Arten wie dem Großen Mausohr gibt es abhängig von der Erfassungsmethodik sehr unterschiedliche Bestandszahlen zu Wochenstubenkolonien, wenn man etwa die vollautomatisierte Lichtschrankenerfassung vergleicht mit optischen Zählungen, die an einem singulären Termin erhoben wurden (Kugelschäfer et al., 2015). Noch drastischer fällt der Vergleich von optischen Winterquartierzählungen mit Erhebungen aus, die auf automatisierten Lichtschranken-Fotofallen-Erfassungen beruhen. Je nach Art können die Zahlen um bis zu 95 % (Kugelschäfer et al., 2015) und somit von mehreren Hundert divergieren

(z. B. zwei sichtbare und mehr als 600 tatsächlich überwinternde Bechsteinfledermäuse in einem mittelhessischen Winterquartier). Vergleichbare Schwankungen in den Bestandseinschätzungen ergeben sich auch bei anderen Methoden, etwa wenn auf Basis von Beispieluntersuchungen regionale Dichten einer Fledermausart mit einer Habitateignungskarte verschnitten und so die Bestände auf Flächengrößen hochgerechnet werden. Am Beispiel des Kleinabendseglers zeigen Dietz, Dietz, et al. (2016), dass durch solche Schätzungen mit vielen unsicheren Variablen eine Kleinabendseglerpopulation für Deutschland Werte zwischen 9.000 und maximal 185.030 Individuen umfasst.

Insgesamt gibt es bislang weder in Deutschland noch auf Länderebene ein Monitoring von Fledermausvorkommen, das mit Ausnahme sehr weniger Arten verlässliche Populations-trends wiedergibt oder gar eine Gefährdungsanalyse bezogen auf bestimmte Umweltfaktoren oder erhöhte Mortalitätszahlen erlaubt. Trotz aller beschriebenen Unsicherheiten sollen zumindest die bislang vorliegenden Versuche einer bundesweiten Populationsschätzung für die schlaggefährdeten Fledermausarten wiedergegeben werden. Dies wurde sehr überschlägig im RENE BAT III – Vorhaben von Korner-Nievergelt & Nagy (2018) sowie Korner-Nievergelt *et al.* (2018) erstellt.

Tab. 2: Geschätzte Populationsgrößen besonders kollisionsgefährdeter Fledermausarten in Deutschland nach Korner-Nievergelt & Nagy (2018) sowie Korner-Nievergelt *et al.* (2018), ergänzt um Dietz, Dietz, et al. (2016)*. Es fehlen Nord-, Alpen- und Weißrandfledermaus, die in Deutschland bislang nur punktuell nachgewiesen sind.

Fledermausart	Adulte Weibchen	Adulte Weibchen und Männchen	Weibchen, Männchen und Juvenile	Zuwanderung	Gesamtpopulation Deutschland
Abendsegler <i>Nyctalus noctula</i>	150.000–225.000	300.000–450.000	525.000–790.000	200.000–300.000	600.000–1 Mio.
Kleinabendsegler <i>Nyctalus leisleri</i>	40.000–66.500	80.000–133.000	140.000–233.000	10.000–28.000	190.000–250.000 8.934–185.030*
Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2–5,5 Mio.	4–11 Mio.	6,9–19,7 Mio.	keine	7–18 Mio.
Mückenfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	85.000–230.000	170.000–460.000	300.000–850.000	bis 20.000	300.000–850.000
Rauhautfledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i>	?	?	200.000 – 900.000	?	100.000–1 Mio.
Breitflügelfledermaus <i>Eptesicus serotinus</i>	?	?	?	keine	180.000–1,8 Mio.
Zweifarbflügelmaus <i>Vespertilio murinus</i>	?	?	?	?	?

3.8 Anwendung des Populationsbezugs für die Herleitung einer Signifikanzschwelle

Die voranstehenden Kapitel haben gezeigt, dass der allgemeine Kenntnisstand demographischer Parameter bei Fledermäusen sehr unterschiedlich ist, insgesamt jedoch ein Kenntnisstand besteht, der die allgemeine Populationsbiologie von europäischen Fledermausarten einschließlich der schlaggefährdeten Arten gut beschreibt (zusammenfassende Übersichten in Dietz, Dietz, et al. (2016) und Korner-Nievergelt & Nagy (2018)). Allerdings sind die mathematischen Anforderungen an exakte Populationsmodelle sehr hoch, zumindest wenn sie konkrete Abschätzungen zu Populationswirkungen von Gefährdungsfaktoren ermöglichen sollen. Demgegenüber steht eine Anzahl unbekannter oder zumindest unscharfer Variablen, die eine Populationsgefährdungsanalyse bezogen auf einen konkreten Mortalitätsfaktor nahezu unmöglich macht.

Schwankungen in den Schlüsselparametern

Die allgemein bekannten demografischen Parameter Natalität, Mortalität, Zu- und Abwanderung sind für die meisten Fledermausarten noch unzureichend bekannt und schwanken innerhalb der geografischen Verbreitung Deutschlands ebenso wie in der regionalen räumlichen Auflösung. Neben möglichen methodischen Ursachen in der Erfassung, besteht die Ursache hierfür vor allem in unterschiedlichen Lebensraumkapazitäten und Gefährdungsfaktoren der betrachteten Landschaftsräume ebenso wie in Populationsgröße und Dichte bezogen auf die zur Verfügung stehenden Ressourcen in dem betrachteten Raum. Die vorliegenden Angaben zu Schlüsselparametern basieren durchweg auf regional begrenzten Beispieluntersuchungen, so dass eine Übertragung der ermittelten Variablen auf die Gesamtpopulation einer Art nicht belastbar ist. Unsicherheiten bestehen bei der exakten Bestimmung der Schlüsselparameter und hier insbesondere der Überlebensrate (Mortalität) von Jungtieren, da sich diese nicht eindeutig von abwandernden Tieren unterscheiden lässt. Grundsätzlich ist die enge Bindung von juvenilen Weibchen an die Geburtskolonie ein Charakteristikum von europäischen Fledermausarten, sie ist jedoch artspezifisch unterschiedlich ausgeprägt und selbst bei Langzeitstudien wird nicht immer deutlich, ob das Fehlen von jungen Weibchen in späteren Jahren auf eine Abwanderung zurückzuführen ist oder auf die Mortalität.

Verbreitung und Populationsgröße

Grundlage aller Populationsgefährdungsanalysen sind die Verbreitung von Fledermausvorkommen und die Populationsgröße respektive -dichte der betroffenen Fledermausarten. Hier bestehen bezogen auf das Bundesgebiet und ebenso in der Regel auf regionaler Ebene erhebliche Kenntnislücken, die innerhalb eines betrachteten Landschaftsraumes zudem noch artspezifisch unterschiedlich sind. Bislang ist in Deutschland selbst die Verbreitung von Wochenstubenkolonien als elementarste demografische Populationseinheit noch sehr ungenügend bekannt. Entsprechend unscharf oder gänzlich unbekannt sind in der Regel Populationsgrößen oder -dichten. Wenn jedoch bereits die relevante Ausgangsgröße für Populationsgefährdungsanalysen nicht konkret genug vorhanden ist, erhöht sich der Fehler im Laufe einer Modellrechnung mit jeder unscharfen Variable immer weiter. Hinzu kommt, dass Fledermäuse nicht gleichverteilt sind, d. h., dass das Ergebnis einer regionalen Dichteschätzung nicht oder nur mit enormen Unschärfen auf eine deutlich größere Fläche projiziert werden kann.

Raum-zeitliche Dynamik von Fledermauspopulationen

Fledermäuse zeigen artspezifisch eine hohe Dynamik in ihrem Gesamtlebensraum, so dass ausgehend vom Installationsort einer WEA je nach Jahreszeit jeweils andere räumliche und numerische Bezugsgrößen für die Bewertung des Einflusses der zusätzlichen Mortalität vorliegen. Unter den schlaggefährdeten Fledermausarten gibt es gemäß ihrem Migrationsverhalten sowohl: „sedentary species“ mit einem Ganzjahresaktionsraum < 50 km (z. B. Langohrarten, Hufeisennasen); „regional migrants“ mit Aktionsradien zwischen 100–300 km, selten bis 500 km; hierzu zählen z. B. Großes Mausohr, Wasserfledermaus, Mopsfledermaus und die schlaggefährdete Zwergfledermaus sowie „long-distance migrants“, die alle schlaggefährdet sind, wie Abendsegler, Kleinabendsegler und Rauhautfledermaus (Fleming & Eby, 2003), für Mitteleuropa und Deutschland zusammenfassend in Steffens et al. (2004) und Hutterer et al. (2005). Entsprechend der artspezifischen raum-zeitlichen Dynamik verunfallen an WEA somit Individuen aus unterschiedlichsten Teilpopulationen. Totfundanalysen ergaben, dass sowohl beim Abendsegler (Lehnert et al., 2014), als auch bei der Rauhautfledermaus (Kruszynski et al., 2021) sowohl residente als auch migrierende Individuen und ebenso adulte wie juvenile Fledermäuse geschlagen werden. Der Betrieb einer WEA kann somit sowohl lokale, regionale als auch transnationale Auswirkungen auf Fledermauspopulationen haben (Voigt et al., 2012).

Ausgehend von einem Windpark als zu bewertende Einflussgröße auf Fledermauspopulationen müsste somit für die Betroffenheitsanalyse die artspezifische Modellierung einer Gesamtpopulation erfolgen, was auf Basis des gegenwärtigen Kenntnisstandes, wie vorhergehend beschrieben und des methodischen Aufwandes (bei allen methodischen Problemen) unmöglich ist.

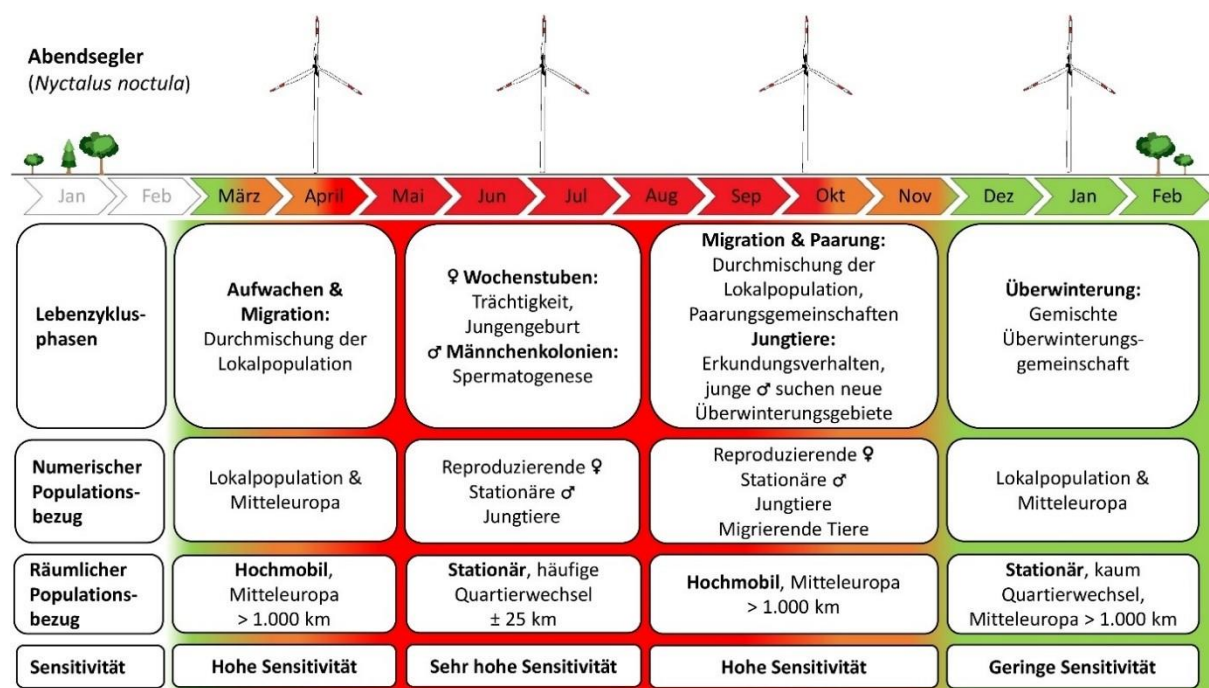


Abb. 2: Lebenszyklusphasen des Abendseglers (*Nyctalus noctula*) in Deutschland mit einem numerischen und räumlichen Populationsbezug und Beurteilung der Sensitivität bezüglich des Kollisionsrisikos an WEA (rot: sehr hohe Sensitivität; orange: hohe Sensitivität und grün: geringe Sensitivität, da kaum Flugaktivität).

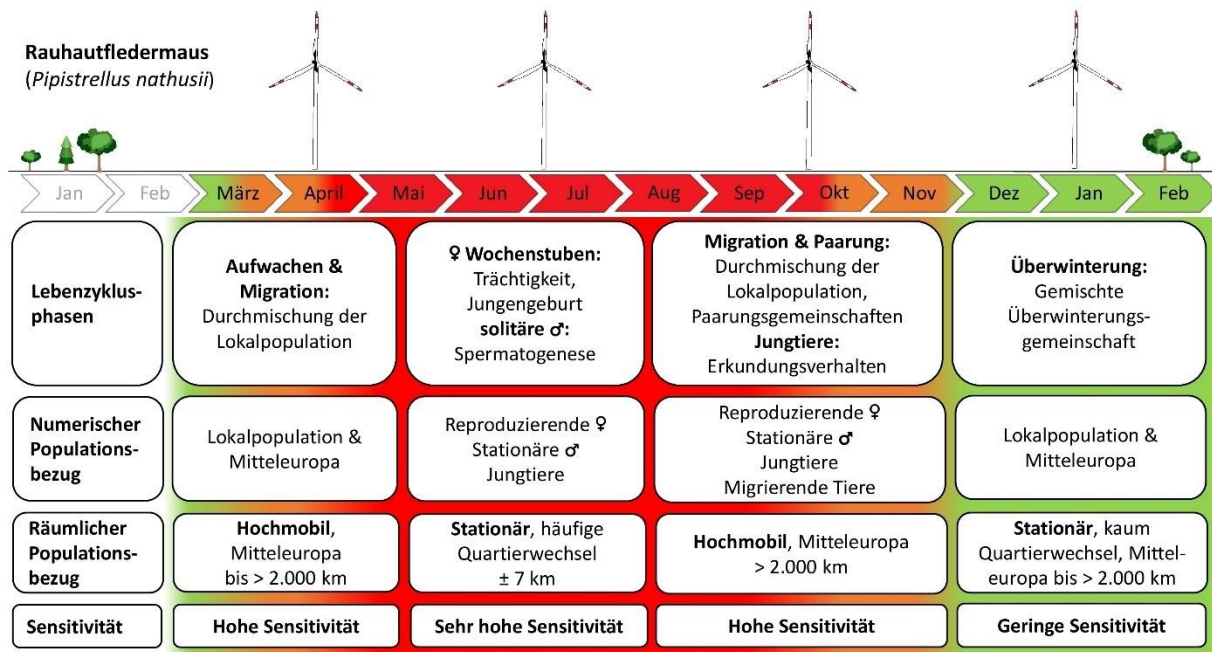


Abb. 3: Lebenszyklusphasen der Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) in Deutschland mit einem numerischen und räumlichen Populationsbezug und Beurteilung der Sensitivität bezüglich des Kollisionsrisikos an WEA (rot: sehr hohe Sensitivität; orange: hohe Sensitivität und grün: geringe Sensitivität, da kaum Flugaktivität).

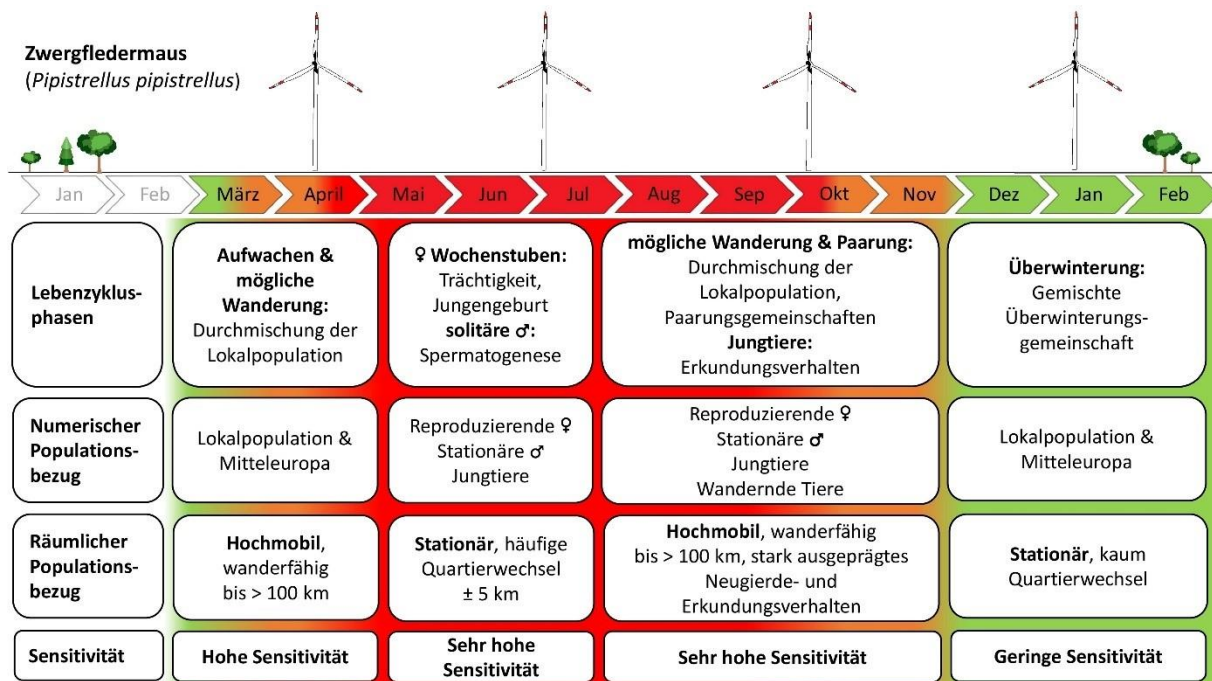


Abb. 4: Lebenszyklusphasen der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) in Deutschland mit einem numerischen und räumlichen Populationsbezug und Beurteilung der Sensitivität bezüglich des Kollisionsrisikos an WEA (rot: sehr hohe Sensitivität; orange: hohe Sensitivität und grün: geringe Sensitivität, da kaum Flugaktivität).

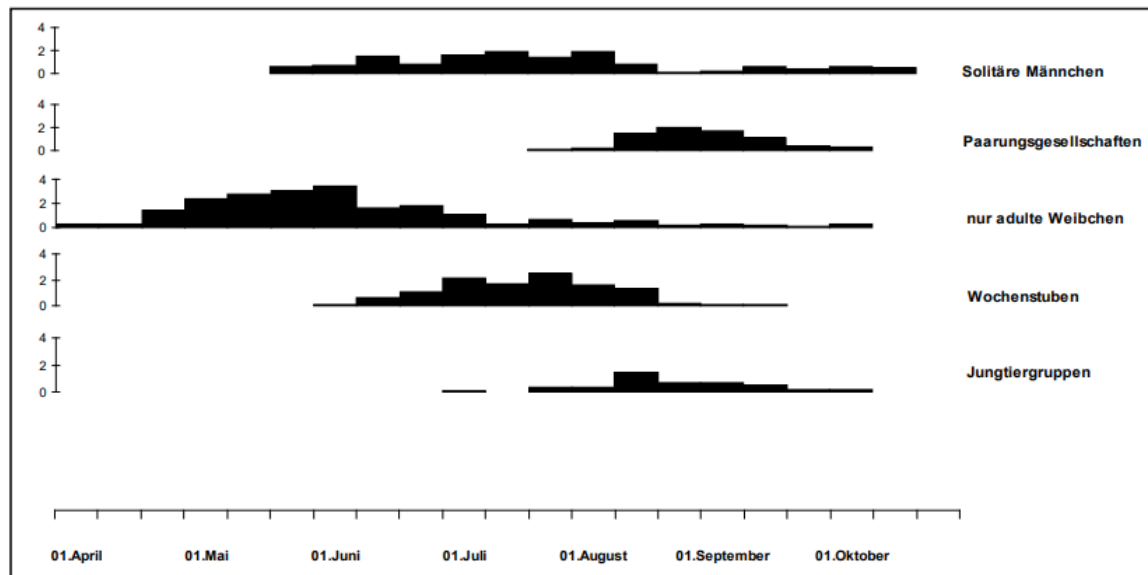


Abb. 5: Auftreten verschiedener Quartiergemeinschaften des Kleinabendseglers (*Nyctalus leisleri*) in einem Untersuchungsgebiet im Werra-Tal. Dargestellt ist die mittlere Anzahl besetzter Kästen (aus Schorcht (2005) in Meschede et al., 2017). Die Vor-Ort-Population schwankt je nachdem, welchen zeitlichen Ausschnitt man betrachtet, wodurch wiederum numerisch ein jeweils anderer Populationsbezug entsteht.

Überlagerung von Gefährdungsfaktoren

Großräumig wirkende Gefährdungsfaktoren spielen für die Bewertung der Populationsentwicklung von Fledermäusen eine zentrale Rolle. Sie wirken vermutlich nicht selektiv, sondern auf die Überlebensraten aller Altersklassen und beeinflussen somit die Überlebenswahrscheinlichkeit von Populationen (hierzu auch Schorcht et al., 2009 am Beispiel von *N. leisleri*). Die Bewertung einer einzelnen Gefährdungsursache und ihrer Populationswirkung wird durch die kumulative Wirkung mehrerer Gefährdungsursachen somit erschwert. Um eine Populationswirkung der hier im besonderen betrachteten Mortalitätsrate an WEA belastbar einschätzen zu können, müsste diese selbst noch deutlich besser untersucht werden. Unterschiede in der Mortalitätsrate entstehen hier beispielsweise durch die landschaftlichen Gegebenheiten des Standorts, die unterschiedliche Dichte der vorkommenden Fledermäuse über die Zeit und ggfs. auch abhängig von deren Altersklasse (juvenil oder adult), dem Anlagentyp und den Wetterbedingungen.

Fazit

Gegenwärtig besteht in Deutschland kein ausreichender Kenntnisstand zur Verbreitung und Populationsgröße von Fledermausarten sowie weiterer essentieller Populationsparameter, um eine Grundlage für Populationsschätzungen und Populationsentwicklungen unter dem Einfluss umweltbedingter erhöhter Mortalitäten zu haben. Zudem ist der von vielen Faktoren abhängige Mortalitätsfaktor „Kollision an Windenergieanlagen“ selbst noch nicht hinreichend verstanden, obwohl bereits sehr grundlegende Untersuchungen und Ergebnisse hierzu vorliegen (vgl. Kap. 2). In welchem Ausmaß sich der Betrieb von WEA und hier insbesondere der nicht durch Betriebszeiten regulierten Anlagen auf die lokale sowie die Gesamtpopulation in Deutschland und darüber hinaus auswirkt, ist allenfalls grob abschätzbar. Der Ansatz bundes-

weit eine bestimmte Anzahl von getöteten Individuen durch den Betrieb von WEA zuzulassen, so lange es sich nicht auf die Population der jeweiligen Arten auswirkt (Zahn et al., 2014), würde eine genaue Kenntnis der Populationsgröße und ebenso ein verlässliches Monitoring mit nahezu Echtzeitwiedergabe der Populationsentwicklung und entsprechender Reaktionsmöglichkeit voraussetzen. Beides ist – egal auf welcher geografischen Ebene – nicht vorhanden. Bricht man den Populationsansatz auf deutlich kleinere geografische Einheiten herunter und unterstellt, dass ein Schwellenwert für die zusätzlich tolerierbare Mortalität so geschaffen sein muss, dass mindestens die lokale Wochenstubenkolonie um einen Windpark herum als demografisch bedeutsamste Populationseinheit nicht abnehmen darf, müssten über mathematische Verfahren und auf Basis umfassender Voruntersuchungen jeweils anlagenspezifische Betriebszeiten berechnet werden. In diesem Fall wäre aber das Problem der Auswirkungen auf die durchwandernde Migrationspopulation oder auch die nur zeitweise vorhandene Paarungsgemeinschaft nicht zu lösen.

Aufgrund der populationsbiologischen Sensitivität von Fledermauspopulationen gegenüber erhöhten Mortalitäten (vgl. Kap. 3.2), kann gegenwärtig nur nach dem Vorsorgeprinzip gehandelt werden, was wiederum bedeutet, dass eine zusätzliche Mortalität infolge des Betriebes von WEA (und das gilt ebenso für andere Gefährdungsfaktoren) auf Basis des gegenwärtigen wissenschaftlichen und technischen Kenntnisstandes soweit wie möglich minimiert werden muss. Dies gilt umso mehr, weil zahlreiche weitere Gefährdungsfaktoren auf Fledermauspopulationen einwirken, die im gesamten Verbreitungsgebiet wirken, wie z.B. die in den letzten Jahrzehnten immer weiter gesteigerte Landnutzungsintensität (v.a. Land- und Forstwirtschaft), Rückgang der Insektendichte und damit Nahrungsgrundlage, die Verkehrsinfrastrukturdichte, der Klimawandel, Überbauung von Lebensräumen, energetische Sanierung, Lichteinwirkung und weitere mehr (vgl. Meinig et al., 2020).

Bei Fledermäusen muss die räumliche Abgrenzung einer biologisch definierten Population unter Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen und der hochmobilen Fortbewegung mit saisonal wechselnden, je nach Art sehr großräumigen Aktionsradien erfolgen. Bezogen auf die numerische Betrachtung von Fledermauspopulationen nimmt die Zahl der in die Populationsbetrachtung integrierten Individuen somit von der kleinsten Einheit der Wochenstubenkolonie, über die Paarungsgruppen bis hin zur Gesamtheit aller Individuen einer Art immer weiter zu. Die am besten untersuchten und verstandenen Populationseinheiten von Fledermausarten sind Wochenstubenkolonien, die als entscheidende demographische Einheiten von Fledermauspopulationen zu sehen sind.

Fledermäuse zeichnen sich durch eine im Vergleich zu anderen Säugetieren gleicher Größe mehrfach höhere Lebensdauer aus. Sie sind somit K-Strategen, die sich im Gegensatz zu r-Strategen im Allgemeinen durch eine lange Lebensphase, eine verzögerte Fertilität und eine niedrige Geburten- und Mortalitätsrate auszeichnen.

Für Fledermäuse gilt somit grundsätzlich, dass sie gegenüber erhöhten Mortalitätsraten extrem sensitiv sind. Die geringe Reproduktionsrate minimiert die Fähigkeit, sich von Bestandsseinbrüchen zu erholen. Insbesondere Verluste adulter Weibchen können nicht durch eine erhöhte Reproduktionsrate ausgeglichen werden. Fledermauspopulationen sind deshalb einem erhöhten Aussterberisiko ausgesetzt, wenn sich Umweltfaktoren ungünstig auf die Reproduktionsrate und hier vor allem auf die Mortalität adulter Weibchen auswirken.

Gegenwärtig besteht in Deutschland kein ausreichender Kenntnisstand zur Verbreitung und Populationsgröße von Fledermausarten sowie weiterer essentieller Populationsparameter, um eine Grundlage für Populationsschätzungen und Populationsentwicklungen unter dem Einfluss umweltbedingter erhöhter Mortalitäten zu haben.

Der Ansatz bundesweit eine bestimmte Anzahl von getöteten Individuen durch den Betrieb von WEA zuzulassen, so lange es sich nicht auf die Population der jeweiligen Arten auswirkt, würde eine genaue Kenntnis der Populationsgröße und ebenso ein verlässliches Monitoring mit nahezu Echtzeitwiedergabe der Populationsentwicklung und entsprechender Reaktionsmöglichkeit voraussetzen. Beides ist – egal auf welcher geografischen Ebene - nicht vorhanden.

Aufgrund der populationsbiologischen Sensitivität von Fledermauspopulationen gegenüber erhöhten Mortalitäten, kann gegenwärtig nur nach dem Vorsorgeprinzip gehandelt werden, was wiederum bedeutet, dass eine zusätzliche Mortalität infolge des Betriebes von WEA (und das gilt ebenso für andere Gefährdungsfaktoren) auf Basis des gegenwärtigen wissenschaftlichen und technischen Kenntnisstandes soweit wie möglich minimiert werden muss.

Populationsgrößen und wesentliche demographische Parameter für die Fledermausvorkommen in Deutschland sind noch in weiten Teilen so unbekannt, dass die Berechnung eines pauschalen, noch populationsverträglichen Schwellenwertes, der sich nicht negativ auf Populationsentwicklungen auswirkt, unmöglich macht. Hierzu zählen:

- die Artspezifität des Verhaltens und der Raum-Zeitdynamik
- der unbekannte räumliche Bezug einer Windkraftanlage
- der unbekannte numerische Bezug einer Windkraftanlage
- die standortsspezifische Mortalitätsrate innerhalb eines Windparks und zwischen Windparks

- die art- und koloniespezifische Natalität und Mortalität bedingt durch die Lebensraumkapazität und bereits bestehende Mortalitätsfaktoren.

Selbst wenn einzelne Faktoren durch fundierte Voruntersuchungen geklärt werden könnten (z. B. Wochenstubenkoloniegrößen), müsste ein Berechnungsmodell jeweils für alle genannten Parameter art- und standortspezifische Annahmen hinterlegen, um jeweils einen standort- und artspezifischen Schwellenwert errechnen zu können.

4 Artenschutzrechtlicher Rahmen

Im Hinblick auf die Entwicklung einer Signifikanzschwelle im Rahmen der Vorhabenzulassung für die „erlaubte“ Tötung von Fledermäusen durch den Betrieb von WEA ist neben den fachlichen und ethischen Aspekten die Rechtsgrundlage zu beachten. Durch die Implementierung der FFH-Richtlinie in das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) ergeben sich die rechtlichen Grundlagen aus den Ausführungen in der Richtlinie selber sowie den entsprechenden Paragraphen des BNatSchG.

Fledermäuse sind aufgrund ihrer Nennung in Anhang IV der Flora-Fauna-Habitat-(FFH-)Richtlinie und über die Nennung in § 7 BNatSchG Abs. 2 Nr. 13 und 14 als gesamte Tiergruppe besonders und streng geschützt. Orientiert an Artikel 12 der FFH-Richtlinie werden die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände in § 44 Abs. 1 BNatSchG (Besonderer Artenschutz) aufgeführt.

Die Auslegung der Verbotstatbestände des Bundesnaturschutzgesetzes wird über Urteile von Verwaltungsgerichten an Fallbeispielen konkretisiert. Dies gilt ebenso für unbestimmte Rechtsbegriffe, bei deren Verwendung sich die Gerichte zum Teil auf Fachkonventionen und anerkannte Expertengutachten (Lambrecht & Trautner, 2007; Runge et al., 2010), auf Behördenempfehlungen (z. B. LANA, 2009, 2010) sowie Fachgutachten etwa aus übergeordneten Bundesprojekten berufen (z. B. Brinkmann et al., 2011; Hurst et al., 2016). Grundsätzlich gilt zudem immer der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand, der im entsprechenden rechtlichen Kontext zur Begründung verwendet werden muss. Die ursprünglich der Genehmigungsbehörde umfassend zugestandene naturschutzfachliche Einschätzungsprärogative als verwaltungsbehördliche Letztentscheidungskompetenz in Bezug auf unbestimmte Kriterien des Artenschutzes³ wurde vom Bundesverfassungsgericht im Oktober 2018 eingeschränkt. Zugleich wird der Gesetzgeber aufgefordert, eine zumindest untergesetzliche Maßstabsebene etwa im Sinne einer auf wissenschaftlichen Grundlagen entwickelten Fachkonvention zu schaffen.⁴

Im Folgenden werden die bei der Genehmigungsplanung von WEA relevanten Verbotstatbestände und ihre rechtliche Anwendung aufgeführt, wobei der Fokus auf der Tötung und Störung infolge des Anlagenbetriebs liegt und nicht auf der ebenfalls relevanten Lebensraumveränderung.

4.1 Tötungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG)

Das Tötungsverbot respektive die Verletzung besonders geschützter Tierarten ist bei der Genehmigungsplanung und der anschließenden Betriebsgenehmigung von WEA aufgrund des Kollisionsrisikos von zentraler Bedeutung.

Der Tatbestand der Tötung ist nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG unabhängig von der Handlung und Absicht, die zur Tötung führt, individuenbezogen zu verstehen. Grundsätzlich ist somit jedes Individuum einer Art zu schützen, wogegen die Auswirkung auf die Population für das

³ BVerwG Urt. vom 09.07.2008: AZ 9 A 14.07

⁴ BVerfG, Beschluss vom 23.10.2018 – 1 BvR 2523/13, 1 BvR 595/14, juris Rn. 34.

Tatbestandsmerkmal der Tötung zunächst nicht erheblich sind⁵. Erst im Zuge eines artenschutzrechtlichen Ausnahmeverfahrens nach § 45 Abs. 7 BNatSchG wird die Wirkung auf die Population abgefragt. Gleichzeitig ist zu bedenken, dass bei Fledermausarten selbst eine geringe Erhöhung der Mortalitätsrate bei Lokalpopulationen (hier: Wochenstubenkolonien) bereits erhebliche Auswirkungen haben kann.

Gemäß § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG ist der Tatbestand des Tötungs- und Verletzungsverbotes erst dann erfüllt ist, wenn das Tötungs- und Verletzungsrisiko geschützter Individuen infolge der Auswirkungen eines Vorhabens signifikant erhöht wird⁶.

Eine signifikante Erhöhung ist nach Ansicht des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) dann gegeben, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Tötung über dem „Risikobereich“ liegt, „der im Naturraum immer gegeben ist, vergleichbar dem ebenfalls stets gegebenen Risiko, dass einzelne Exemplare einer Art im Rahmen des allgemeinen Naturgeschehens Opfer einer anderen Art werden“.⁷ Zu der im Naturraum gegeben Gefahr zählt das BVerwG ebenso Gefahren, die sich in einer vom Menschen gestalteten Landschaft ergeben, wozu auch WEA und Hochspannungsleitungen zählen. Diese sind gemäß BVerwG ein vorhabenunabhängiges Grundrisiko, das regelmäßig hinzunehmen ist, selbst wenn es einzelne Individuen treffen kann⁸.

Das anhand einer wertenden Betrachtung auszufüllende Kriterium der Signifikanz trägt dem Umstand Rechnung, dass für Tiere bereits vorhabenunabhängig ein allgemeines Tötungs- und Verletzungsrisiko besteht, welches sich nicht nur aus dem allgemeinen Naturgeschehen ergibt, sondern auch dann sozialadäquat sein kann und deshalb hinzunehmen ist, wenn es zwar vom Menschen verursacht ist, aber nur einzelne Individuen betrifft. Denn tierisches Leben existiert nicht in einer unberührten, sondern in einer von Menschen gestalteten Landschaft. Nur innerhalb dieses Rahmens greift der Schutz des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG. Umstände, die für die Beurteilung der Signifikanz eine Rolle spielen, sind insbesondere artspezifische Verhaltensweisen, häufige Frequentierung des durchschnittlichen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen, darüber hinaus gegebenenfalls auch weitere Kriterien im Zusammenhang mit der Biologie der Art⁹. Eine signifikante Steigerung des Tötungsrisikos erfordert Anhaltspunkte dafür, dass sich dieses Risiko durch den Betrieb der Anlage deutlich steigert; dafür genügt weder, dass einzelne Exemplare etwa durch Kollisionen zu Schaden kommen, noch, dass im Eingriffsbereich überhaupt Exemplare betroffener Arten angetroffen worden sind¹⁰.

⁵ OVG Berlin, Beschluss vom 05.03.2007; BVerwG, Urt. vom 16.03.2006 – 9 A 28/05, BVerwG, Urt. vom 09.02.2017 – 7 A 2.15; OVG Münster, Beschluss vom 20.11.2020 8 A 4256/19.

⁶ BVerwG Urteil v. 12.03.2008 – Az.: 9 A 3.06; BVerwG Urteil vom 09.07.2008 – 9 A 14.07, juris Rn. 90 f. und BVerwG Urteil vom 08.01.2014 – 9 A 4.13, juris Rn. 99

⁷ BVerwG Urteil v. 09.07.2008 – Az.: 9 A 14.07; BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 – 9 A 18.15, Rn. 83; BVerwG, Urteil v. 06.04.2017 – 4 A 16.16, Rn. 74; BVerwG, Beschluss v. 08.03.2018 – 9 B 25.17, LS und Rn. 11

⁸ BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 – 9 A 9.15, Rn. 141, BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 – 9 A 8.17, Rn.98; BVerwG, Urteil v. 09.02.2017 – 7 A 2.15, Rn. 466.

⁹ Vgl. Urteile vom 9. Juli 2008 – 9 A 14.07 - BVerwG 131, 274 Rn. 91, vom 6. April 2017 – 4 A 16.16 - NuR 2018, 255 Rn. 73 ff. und vom 27. November 2018 – 9 A 8.17 - BVerwG 163, 380 Rn. 98 f.

¹⁰ BVerwG, Beschluss vom 07.01.2020 – 4 B 20.19 [ECLI:DE: BVerwG:2020:070120B4B20.19.0]

4.2 Signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos beim Betrieb von WEA

Wegen des Individuenbezuges des Signifikanz-Kriteriums kommt das Zugriffsverbot stets zum Tragen, wenn sich das Risiko der Tötung einzelner geschützter Exemplare spürbar erhöht, was z.B. der Fall ist, wenn ein Standort durch Individuen besonders geschützter Arten intensiv und wiederkehrend frequentiert wird (Lukas 2022). Die Umweltministerkonferenz der Bundesländer hat zur Ermittlung der signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos einen standardisierten Bewertungsrahmen im Hinblick auf Brutvogelarten entwickelt (Beschluss der Sonderkommission-Umweltministerkonferenz vom 11. Dezember 2020). In dieser Vollzugshilfe sind zu dem Thema Signifikanzprüfung und -bewertung Mindeststandards bezogen auf die Problemfelder der Beurteilung des Tötungs- und Kollisionsrisikos definiert, um den Vollzugsbehörden und den am Zulassungsverfahren Beteiligten ein rechtssicheres Vorgehen zum Schutz der entsprechenden Arten bei dem notwendigen Ausbau der Windenergie zu ermöglichen.

Gemäß dem standardisierten Bewertungsrahmen ist der Verbotstatbestand der signifikant erhöhten Tötung dann verwirklicht, wenn

- A.** Exemplare einer Art aufgrund ihres artspezifischen Verhaltens als kollisionsgefährdet eingestuft sind
- B.** mit einer erhöhten Häufigkeit im Gefahrenbereich einer WEA anzutreffen sind und
- C.** die Wirksamkeit anerkannter Schutzmaßnahmen nicht ausreicht, das Kollisionsrisiko insbesondere unter die Signifikanzschwelle zu senken.

Auch wenn der Signifikanzrahmen für Brutvogelarten entwickelt wurde und durch die Anpassung des Bundesnaturschutzgesetzes in Teilen nicht mehr aktuell ist, sind die grundlegenden Kriterien A – C nach wie vor aktuell und ebenso für Fledermausarten anzuwenden, da sie auf Basis der höchstrichterlichen Rechtsprechung formuliert wurden (vgl. Kap. 4.1).

Die umfangreichen Totfundsuchen und Extrapolationen sowie der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand zeigen zunächst einmal an, dass der Betrieb von WEA regelmäßig zu einer erhöhten Mortalität an einem Windenergiestandort führt. WEA reichen mit ihren Rotorblättern in Lufträume, die üblicherweise ohne Hindernisse für Fledermäuse sind und eine allgemeine Gefährdung auch in einer vom Menschen gestalteten Landschaft annähernd nicht vorhanden ist. Mit dem Bau einer Windenergieanlage entsteht jedoch insbesondere vor dem Hintergrund der Laufzeiten von zwanzig und mehr Jahren eine Gefahrenquelle, die unter Berücksichtigung der Kriterien A – C eine signifikant erhöhte Tötungswahrscheinlichkeit zur Folge hat. Werden WEA ohne Betriebszeitenkorrekturen betrieben, ergeben sich pro Anlage durchschnittlich zwölf Schlagopfer pro Jahr (Brinkmann et al., 2011), an manchen Standorten sogar noch sehr viel mehr (Voigt et al., 2022).

Zu den kollisionsgefährdeten Fledermausarten gemäß Kriterium A zählen in Deutschland die in Tabelle 1 hervorgehobenen (Kap. 2.2) Fledermausarten. Demnach sind nicht alle 25 in Deutschland nachgewiesenen Fledermausarten durch den Betrieb von WEA in signifikantem Maße betroffen, sondern vor allem diejenigen, die sich durch ihr Flugverhalten während der Nahrungssuche, Migration und/oder Erkundung in den Gefährdungsbereich der Rotoren begeben. Unter Beachtung der teils restriktiven Verbreitung einiger Arten (Alpen-, Nord- und Weißbrandfledermaus) verbleiben sieben Arten, die in Abhängigkeit ihrer Verbreitung

bundesweit häufig (Abendsegler, Rauhaut-, Zwerg- und Mückenfledermaus) oder mindestens regional regelmäßig als Kollisionsopfer aufzufinden sind (Kleinabendsegler, Breitflügelfledermaus, Zweifarbfledermaus).

Für das Signifikanz-Kriterium B ist zu bewerten, ob Fledermäuse mit einer erhöhten Häufigkeit im Gefahrenbereich einer WEA vorkommen. Zur Beantwortung dieser Frage muss man beachten, dass Fledermäuse in Abhängigkeit von ihrem Lebenszyklus artspezifische Jahres-Aktionsradien zeigen und dass somit am Ort der WEA im Jahresverlauf völlig unterschiedliche Aktivitätsdichten und Teilpopulationen auftreten können (vgl. Kap. 2.2 und 0, ebenso Meschede et al., 2017).

Unterscheidet man grob in die beiden Lebenszyklusphasen der Migration und der Wochenstubenzeit, so muss man an jedem potentiellen Windkraftstandort zunächst von einer erhöhten Aktivität kollisionsgefährdeter Fledermausarten ausgehen (vgl. auch Kap. 2.2 und 2.7). Ein entsprechender Ausschluss einer Fläche kann nur über eine belastbare Voruntersuchung der standortspezifischen Gegebenheiten erfolgen, wie sie etwa in den jeweiligen Länderleitfäden vorgeschrieben sind. Zusätzlich muss hier auch beachtet werden, dass mehrere Studien eine Attraktionswirkung von WEA auf Fledermäuse nachgewiesen haben (vgl. Kap. 2.6).

Migrationsphase

Die Migration der weit wandernden Arten (v.a. Abendsegler, Kleinabendsegler, Rauhautfledermaus und Zweifarbfledermaus) findet artspezifisch etwa ab Ende Juli statt und zieht sich bis zum Beginn des Winterschlafs, der wiederum über die Außentemperaturen gesteuert meist im Laufe des Novembers beginnt. Wandernde Fledermäuse überfliegen Deutschland im Breitfrontenzug (Abb. 9, Steffens et al., 2004; Hutterer et al., 2005; Meschede et al., 2017), weitgehend unabhängig von Landschaftsvariablen (Niermann et al., 2011b), aber beeinflusst durch die jeweils aktuellen Wetterverhältnisse. Allerdings kann es vor allem während der Migrationsphase Orte mit höheren Konzentrationen migrierender Tiere wie z. B. in klimatisch günstigen Flusstallagen mit temporär hohem Nahrungsangebot und Paarungsaktivitäten sowie entlang der Küstenlinien geben. Wie unzureichend der Kenntnisstand zu räumlichen Konzentrationen während der Migrationsphase sowie zur Verbreitung einiger Arten insgesamt noch ist zeigen die Ergebnisse von Schlagopfersuchen mit Schlagopfern an WEA-Orten, die zunächst keine besondere Attraktion für Fledermäuse erkennen lassen (Niermann et al., 2011a).

Die dauerakustische Überwachung von 27 Anlagenstandorten mittels Batcordern (Fa. EcoObs, Nürnberg) in Deutschland verteilt von der strukturarmen Agrarlandschaft bis zu Waldstandorten (s. Abb. 6) zeigte beispielsweise, dass über die Aktivitätsphase von Mitte März bis Anfang November an jedem Standort immer mindestens neun Fledermausarten inklusive mehrerer kollisionsgefährdeter Arten, nachzuweisen waren und es keine Standorte ohne kontinuierliche Aktivität kollisionsgefährdeter Arten gab, allerdings mit sehr unterschiedlichen Aktivitätsdichten (Abb. 6 – 8, Höhne et al., 2015)).

Wochenstubenzeit

Neben den über große Distanzen wandernden Fledermausarten kommen nahezu flächendeckend in Deutschland Wochenstubenkolonien von Zwergfledermäusen vor. Für diese kollisionsgefährdete Art stellen WEA einen Attraktionspunkt dar, der gezielt angefliegen wird (vgl.

Kap. 2.6), so dass Konzentrationseffekte entstehen. WEA sind somit keine passiven Elemente in der vom Menschen geprägten Umwelt der Fledermäuse, sondern es sind Strukturen, die gezielt angefliegen werden können. Räumliche Konzentrationen entstehen ebenso durch Wochenstubenkolonien der übrigen kollisionsgefährdeten Arten, allerdings räumlich differenzierter als bei der Zwergfledermaus. So konzentrieren sich Wochenstubenkolonien von Abendseglern und Rauhaufledermäusen v.a. im norddeutschen Tiefland, während Kleinabendsegler eher in den walddreichen Landschaften Mittel- und Süddeutschlands gefunden werden können.

Die Verbreitung von Wochenstubenkolonien in der Landschaft ist nicht gleichverteilt, sondern es gibt räumliche Konzentrationen in Abhängigkeit der Lebensraumeignung, was mittlerweile auch durch Habitateignungskarten belastbar darstellbar ist (auf Länderebene z. B. Gottwald et al., 2017; Steck & Brinkmann, 2015, auf regionaler Ebene Dietz & Krannich, 2019). Die Verschneidung von konkreten Fundpunkten und Geo-Daten ermöglicht mittlerweile die Modellierung von Vorkommenswahrscheinlichkeiten, die zur vorlaufenden Ermittlung besonders konfliktträchtiger Standorte bei der Planung von WEA genutzt werden können (hierzu auch Santos et al., 2013; Roscioni et al., 2014), allerdings bezieht sich dies vor allem auf die Phase der Wochenstubenzeit und die Lage der Koloniestandorte, während die potentiellen Nahrungshabitate ausgehend von Wochenstubenkolonien bislang nicht belastbar modellierbar sind. Das Migrationsgeschehen wiederum ist auf kleinräumiger Ebene bislang überhaupt nicht über Modelle vorhersagbar.

Zusammenfassend erhöhen die artspezifischen Verhaltensweisen einiger Fledermausarten (Kriterium A) sowie deren räumliche Präsenz (Kriterium B) deren Kollisionsrisiko. So sind aufgrund ihres Echoortungsverhaltens drehende Rotoren für die Tiere weitestgehend nicht als Gefahr wahrzunehmen bzw. die fledermaustypischen Verhaltensweisen (z. B. Erkundung eines neugeschaffenen Attraktionspunktes in der Landschaft) und das Aussetzen des Echoortungsverhalten in großen, natürlicherweise hindernisfreien Lufträumen erhöht die Gefahr zu verunglücken (vgl. Kap. 2.1). Systematische Totfundsuchen bestätigen das Gefahrenpotential von sich drehenden WEA ungeachtet der umgebenden Landschaft. Brinkmann et al. (2011) ermittelten bereits im ersten Projekt der RENEBAT-Reihe bei einer Stichprobe von 30 WEA, die sich in unterschiedlichen Landschaftssituationen drehen, eine Mortalität von 0,1 verunglückten Fledermäusen pro Anlage (ohne Betriebszeitenkorrektur) und Nacht, so dass rechnerisch in jeder 10. Nacht eine Fledermaus im Untersuchungszeitraum geschlagen wurde. Eine räumliche Differenzierung der "erhöhten Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Gefahrenbereich einer WEA" ist ohne erhöhten und standortspezifischen Untersuchungsumfang nicht möglich. Zunächst muss aufgrund des gegenwärtigen Kenntnisstandes zur raum-zeitlichen Dynamik von Fledermäusen grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass es an jedem Standort eine erhöhte Aufenthaltswahrscheinlichkeit von kollisionsgefährdeten Arten gibt (vgl. Kap. 2 und 3).

Damit sind die Kriterien nach A und B des standardisierten Bewertungsrahmens erfüllt, wonach sich das Tötungsrisiko über das allgemeine Lebensrisiko hinaus erhöht, sofern keine anerkannten Vermeidungsmaßnahmen getroffen werden (vgl. Runge et al., 2010). Abgeleitet aus unterschiedlichen Aktivitätsdichten gilt einschränkend lediglich, dass das Risiko nicht an jedem Standort gleich ist, es somit ein standorttypisches Risiko gibt. Eine wirksame Minderung

des signifikant erhöhten Tötungsrisikos kann über die Korrektur von standortspezifischen Betriebszeiten erfolgen (Behr et al., 2011a, 2018), die wiederum anhand eines Schwellenwertes für die noch hinnehmbare Anzahl getöteter Fledermäuse pro Anlage und Jahr definiert werden müssen.

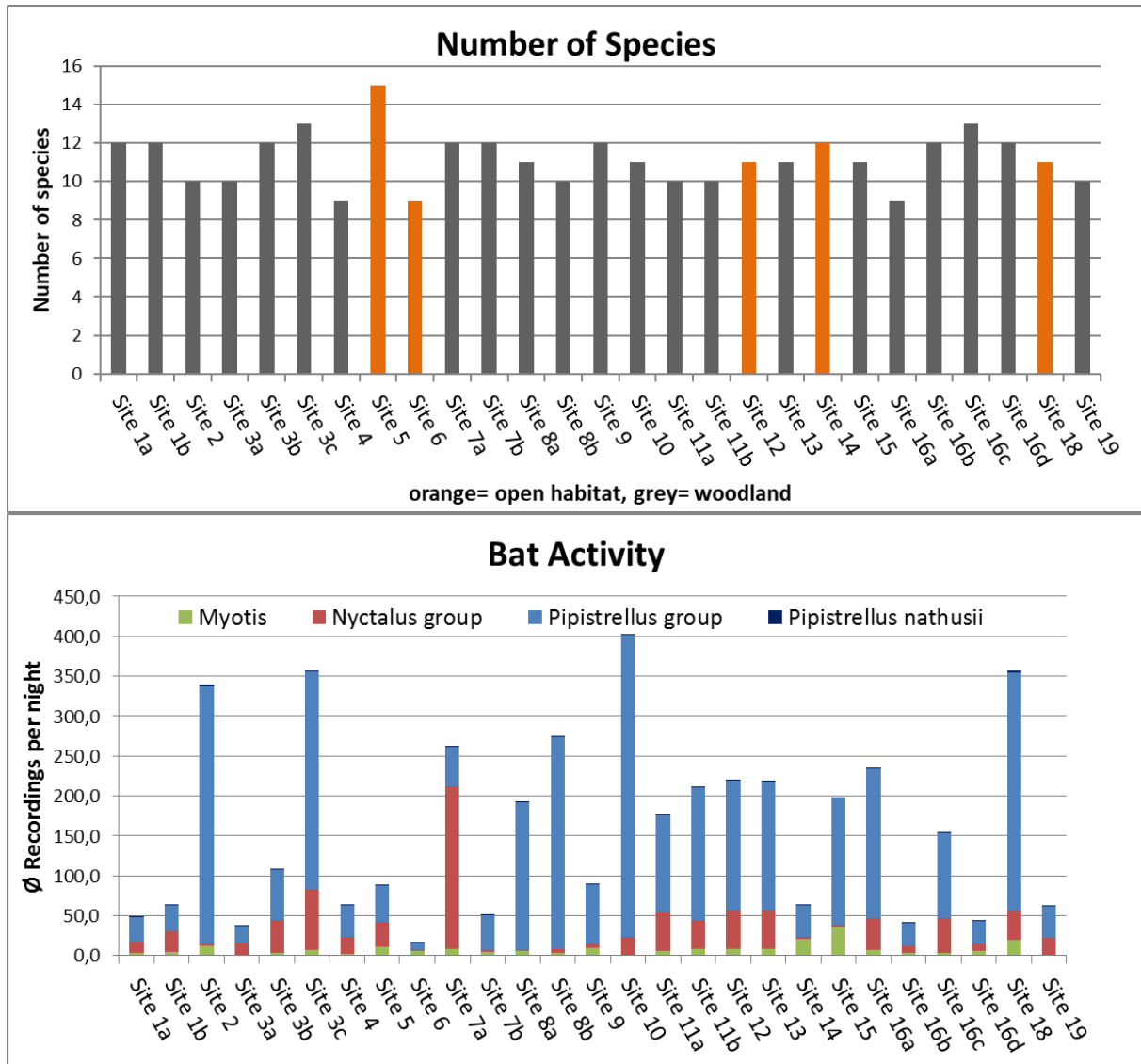


Abb. 6: Anzahl der Fledermausarten (oben) und aufgezeichnete Rufsequenzen pro Nacht (unten) ermittelt über dauerakustische Erfassung mittels Batcordern (Mitte März bis November) an 27 verschiedenen Standorten mit Windenergieplanungen (eig. Datenreihen aus Höhne et al., 2015).

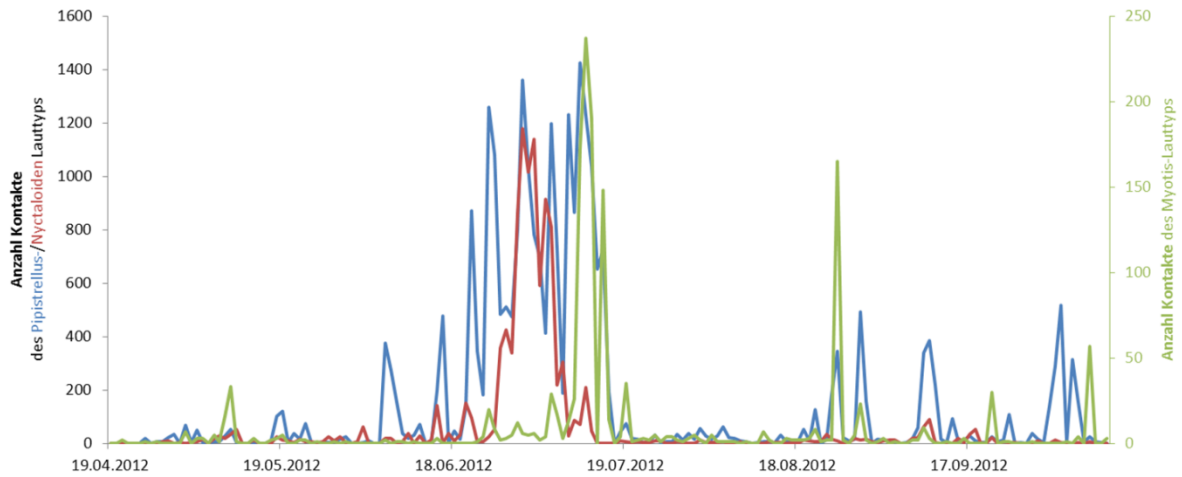


Abb. 7: Aktivitätsverlauf, differenziert nach Lauttypen, an einem Standort im weitgehend unstrukturierten Offenland. Es handelt sich dabei um eine weiträumige Ackerfläche mit einzelnen Hecken, Baumreihen und Einzelbäumen. Die Aktivität war insbesondere während der Wochenstubenzeit im Juni und Juli hoch (eig. Datenreihen ITN).

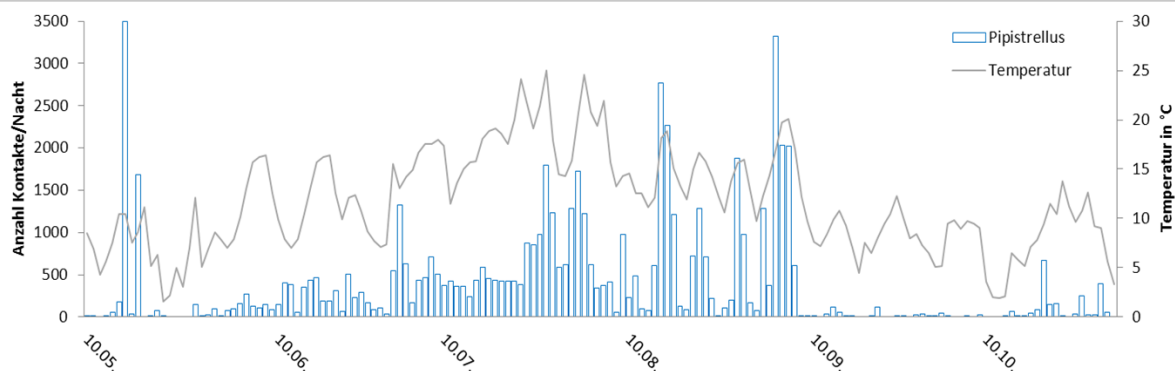
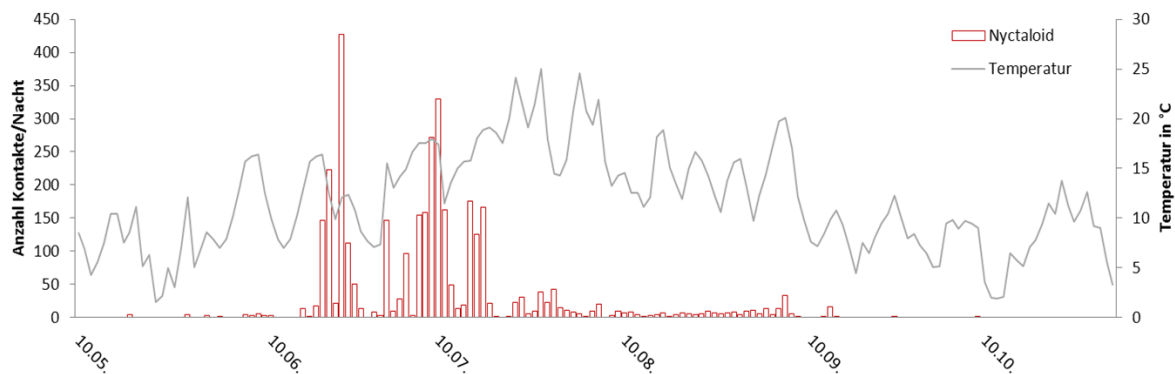


Abb. 8: Aktivitätsverlauf für den Nyctaloiden-Lauttyp (oben) und den Pipistrellus-Lauttyp (unten) aufgenommen auf einer Waldlichtung in einem geschlossenen Wald. Bei beiden Gruppen sind Aktivitätsunterschiede mit mehreren Aktivitätsmaxima zu erkennen (eig. Datenreihen).

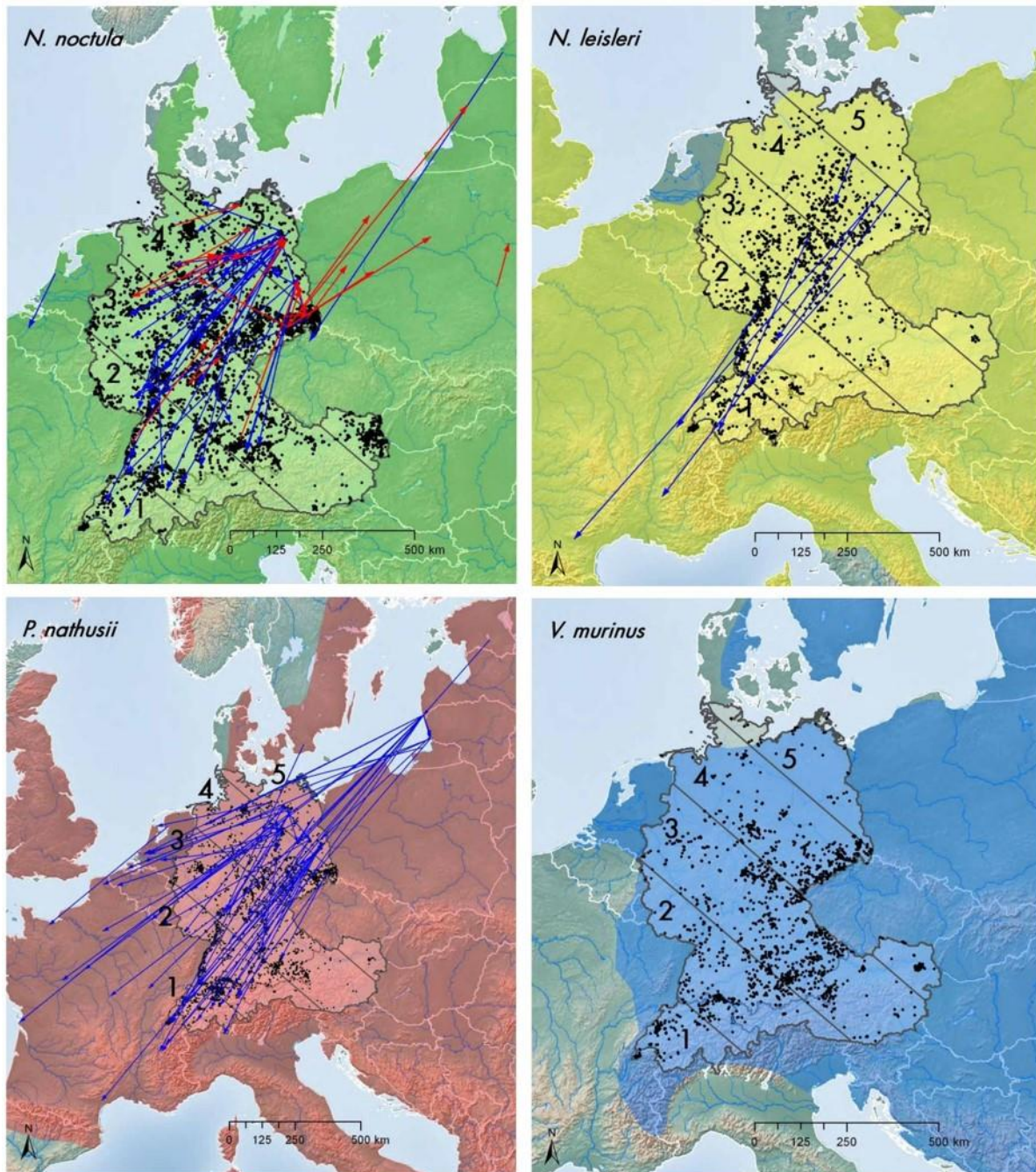


Abb. 9: Fundpunkte und Wiederfunde beringter Tiere der genannten schlaggefährdeten Fledermausarten innerhalb der Verbreitungsgebiete (= farbig-transparente Flächen). Wiederfänge derselben Zugperiode mit roten Pfeilen (= Frühjahr) und blauen Pfeilen (= Herbst) (entnommen aus Meschede et al., 2017).

4.3 Störung (§ 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG)

Gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG ist es verboten, bestimmte Tierarten, darunter die Artengruppe der Fledermäuse, erheblich zu stören, wobei eine Erheblichkeit nur dann anzunehmen ist, „wenn sich durch die Störung der Erhaltungszustand der lokalen Population einer Art verschlechtert“.

Der unbestimmte Rechtsbegriff der lokalen Population muss „nach pragmatischen Kriterien“ bestimmt werden, da eine reale populationsbiologische oder gar genetische Abgrenzung in der Realität in der Regel nicht möglich ist (LANA, 2009; LANA, 2010). Bei Fledermäusen werden als Lokalpopulationen im Sinne einer Fortpflanzungs- oder Überdauerungsgemeinschaft, die einen Lebensraum gemeinsam bewohnen, z. B. Wochenstubenkolonien oder die Summe der Individuen in einem Winterquartier definiert (vgl. Runge et al., 2010).

Im Zusammenhang mit dem Betrieb von WEA wäre die Störung erheblich, wenn beispielsweise infolge von Lärm essentielle Nahrungshabitate oder gar Quartierstandorte gemieden würden. Da sich das oben dargestellte Kriterium der Signifikanz nur auf das Tötungs- und Verletzungsverbot bezieht, ist das Störungsverbot für die Definition einer Signifikanzschwelle nicht von Belang.

4.4 Ausnahme von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen (§ 45 Abs. 7 BNatSchG)

Im Zusammenhang mit der Schlaggefährdung von Fledermäusen wird der Populationsbezug im artenschutzrechtlichen Ausnahmeverfahren hergestellt. Dieses kann dann erforderlich werden, wenn trotz der Anwendung aller zur Verfügung stehenden und verhältnismäßigen Möglichkeiten der Vermeidung eine erhebliche Betroffenheit verbleibt und der Bau der WEA trotzdem vorgesehen ist.

Ausnahmen von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen des § 44 können insbesondere nach Maßgabe des § 45 Abs. 7 BNatSchG erteilt werden, wenn

- eine Realisierung des Vorhabens aus einem der in § 45 Abs. 7 S. 1 BNatSchG genannten zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses einschließlich solcher wirtschaftlicher Art geboten erscheint und
- zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und
- sich der Erhaltungszustand der Population einer Art durch die Verbotstatbestandsverwirklichung nicht verschlechtert.

Diese Voraussetzungen der artenschutzrechtlichen Ausnahme werden speziell für den Betrieb von Windenergieanlagen durch § 45b Abs. 8 BNatSchG konkretisiert. Etwa stellt § 45b Abs. 8 Nr. 1 BNatSchG fest, dass der Betrieb von Windenergieanlagen im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient. Hintergrund sind insoweit die auf mehreren Ebenen gefassten Beschlüsse, die einem Ausbau der Windenergie zum Zwecke einer Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energiequellen dienen.

Gemäß § 45 Abs. 7 S. 2 BNatSchG sind zumutbare Alternativen zu prüfen, weshalb alle zumutbaren Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen ausgeschöpft werden müssen. Sofern durch Standortverschiebungen innerhalb des Vorranggebietes und/oder durch Anpassung des

Anlagenbetriebes („fledermausfreundliche Betriebszeiten“) eine Realisierung von Verbotstatbeständen des § 44 Abs. 1 BNatSchG vermieden oder verringert werden kann, liegen in der Regel zumutbare Alternativen vor, die einer Ausnahme gem. § 45 Abs. 7 BNatSchG entgegenstehen können. So geht zwar eine Betriebszeitenkorrektur zur wirksamen Vermeidung von signifikant erhöhten Kollisionsrisiken einher mit Energieertragseinbußen von wenigen Prozent (Behr et al., 2011a; Bulling et al., 2015), das eigentliche Ziel des Vorhabens, nämlich die Energieproduktion über die Nutzung von Wind kann aber trotzdem erfolgen. Mit den zunehmend größer werdenden Anlagentypen und deren Einsatz in Schwachwindgebieten, werden sich die Ertragsverluste bei Abschaltvorgaben gegenüber anderen Anlagentypen an Standorten mit guten Windbedingungen erhöhen, trotzdem stellt die vergleichsweise geringfügige Einschränkung von Betriebszeiten nicht das Ziel des Vorhabens in Frage und ist deswegen zunächst eine zumutbare Alternative. Lediglich unter der Voraussetzung des Nichtvorhandenseins zufriedenstellender Lösungen ist auch nach Art. 16 FFH-Richtlinie eine artenschutzrechtliche Ausnahme vom strengen Schutz der in Anhang IV der Richtlinie genannten Arten (alle Fledermäuse) möglich (Kratsch in Schumacher/Fischer-Hüftle, 2021). Für die Bewertung der Zumutbarkeit einer Alternative muss der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz bedacht werden, wozu auch die Wirtschaftlichkeit eines Vorhabens für die Bewertung herangezogen werden kann (Schütte/Gerbig, in Schlacke, 2017). Letztlich wird hierbei die Bedeutung des Artenschutzes den möglichen wirtschaftlichen Einbußen gegenübergestellt, die allerdings „sehr hoch sein müssen“ (Umweltministerkonferenz 2020), um überhaupt berücksichtigt zu werden. Mit dem 4. Gesetz zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes vom 20. Juli 2022 hat der Gesetzgeber in § 45b Abs. 6 BNatSchG eine Zumutbarkeitsschwelle eingeführt, wonach die behördliche Anordnung von Schutzmaßnahmen für Vögel und Fledermäuse, die die Abschaltung von WEA betreffen, als unzumutbar gelten, soweit sie den Jahresertrag einer WEA (unter zusätzlicher Berücksichtigung von Investitionskosten für den Artenschutz) um bestimmte einstellige Prozentwerte (in Abhängigkeit der Standortgüte 6 – 8 %) verringern. Wird die Schwelle von 6 % bzw. 8 % überschritten, bedarf es regelmäßig einer artenschutzrechtlichen Ausnahmeprüfung – es sei denn, der Vorhabenträger akzeptiert freiwillig auch höhere („nicht zumutbare“) Ertragseinbußen, um damit eine Ausnahmeprüfung zu vermeiden. Im Rahmen der Ausnahme liegt die Zumutbarkeitsschwelle (der sogenannte „Basisschutz“) bei der Einbeziehung von Abschaltungen für Brutvögeln mit 4 – 6 % des Jahresertrags in Abhängigkeit der Standortgüte noch einmal niedriger (siehe § 45b Abs. 9 BNatSchG). Für die Berechnung der Ertragsverluste einer WEA im Rahmen der Prüfung der Zumutbarkeitsschwelle sind die für die fledermausbedingten Abschaltungen angenommen Jahresertragseinbußen zunächst pauschal mit einem Wert von 2,5 % Jahresertragsverlust festgelegt (siehe Anlage 2 Nr. 1 BNatSchG). Dieser basiert offensichtlich auf einer Hochrechnung aus bisherigen Praxisbeispielen von WEA mit Betriebszeitenkorrektur (vgl. auch Behr et al., 2011a). Der Antragsteller kann jedoch „auf Grundlage eines Gutachtens oder einer Untersuchung der Fledermausaktivitäten“ (siehe Anlage 2 Nr. 1 BNatSchG) einen anderen Wert als die empfohlenen 2,5 % ermitteln. Dabei ist zu bedenken, dass zumindest die dafür zugrunde zu legende Fledermausaktivität gegenwärtig nur mit Hilfe einer Aktivitätserfassung im Gondelbereich erfolgen kann, was wiederum den Bau der Anlage voraussetzt.

Weiterhin dürfen Ausnahmen gemäß § 45 Abs. 7 S. 2 BNatSchG nur zugelassen werden, wenn sich der Erhaltungszustand der Populationen der betroffenen Arten innerhalb ihres

natürlichen Verbreitungsgebiets nicht verschlechtert. Für den Betrieb von Windenergieanlagen wird diese Voraussetzung in § 45b Abs. 8 Nr. 4 und 5 BNatSchG konkretisiert. Sollte sich die Art bereits in einem ungünstigen Erhaltungszustand befinden, so kann trotzdem eine Ausnahme erteilt werden, wenn sich der ungünstige Zustand nicht noch weiter verschlechtert und die Erreichung eines günstigen Erhaltungszustandes in der biogeografischen Region durch das Projekt nicht verhindert wird (Lau & Steeck, 2008)¹¹. Maßgeblich ist auf der Ausnahmenebene somit nicht die lokale Population, sondern die Fortpflanzungsgemeinschaft in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet, wobei üblicherweise die biogeografischen Regionen zu Grunde gelegt werden, da diese auch Grundlage für die Bewertung und Flächenauswahl der FFH-Gebiete sind und besondere Eigenschaften hinsichtlich der dort vorkommenden Arten und Lebensräume aufweisen (Lukas, 2022).

Fledermäuse sind aufgrund ihrer Nennung in Anhang IV der FFH-Richtlinie und über die Nennung in § 7 BNatSchG Abs. 2 Nr. 13 und 14 als gesamte Tiergruppe besonders und streng geschützt. Es gelten somit die Verbotstatbestände gemäß § 44 BNatSchG, die im Vorfeld von Planungen zu prüfen sind. Fledermäuse sind artspezifisch unterschiedlich, jedoch vor allem als Kollisionsopfer betroffen.

Der Tatbestand der Tötung ist nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG individuenbezogen zu verstehen. Grundsätzlich ist somit jedes Individuum einer Art zu schützen, wogegen die Auswirkung auf die Population für das Tatbestandsmerkmal der Tötung zunächst nicht erheblich ist. Erst im Zuge eines artenschutzrechtlichen Ausnahmeverfahrens wird die Wirkung auf die Population abgefragt. Im Umkehrschluss ist somit das individuenbezogene Tötungsverbot einer populationsrelevanten Relativierung unzugänglich. Demnach kann das Tötungsverbot auf Tatbestandsebene nicht durch eine Abwägung überwunden werden, sondern erst im Rahmen der artenschutzrechtlichen Ausnahme.

Gemäß § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG ist der Tatbestand des Tötungs- und Verletzungsverbotes erst dann erfüllt, wenn das Tötungs- und Verletzungsrisiko geschützter Individuen infolge der Auswirkungen eines Vorhabens signifikant erhöht wird. Für die Bewertung des signifikant erhöhten Tötungsrisikos ist ein vorhabenunabhängiges Grundrisiko für die Tötung eines Individuums zu berücksichtigen. Dieses ist gemäß höchstrichterlicher Rechtsprechung hinzunehmen, selbst wenn es einzelne Individuen treffen kann. Gemäß den Kriterien der Bundesumweltministerkonferenz zur Ermittlung eines erhöhten Tötungsrisikos gilt insbesondere für die schlaggefährdeten Fledermausarten, dass sich mit dem Bau von WEA die Wahrscheinlichkeit einer kollisionsbedingten Tötung gegenüber dem vorher bereits in der Landschaft bestehenden Lebensrisiko erhöht, sofern keine wirksamen Vermeidungsmaßnahmen durchgeführt werden. Im Zuge der Genehmigungsplanung müssen alle gebotenen und fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen ausgeschöpft werden, wobei bezogen auf das Kollisionsrisiko vor allem die Betriebszeitenkorrekturen wirksam sind. Diese müssen bereits im Vorfeld über pauschale, fachlich und rechtlich belastbare Schwellenwerte definiert werden.

Ein Populationsbezug im Zusammenhang mit der Tötung von Fledermäusen wird erst im artenschutzrechtlichen Ausnahmeverfahren hergestellt. Eine artenschutzrechtliche Ausnahme kann dann erforderlich werden, wenn trotz der Anwendung aller zur Verfügung

¹¹ BVerwG, Urt. v. 17.4.2010, 9 B 5.10, NVwZ 2010, 1221 Rn. 8 f.; Urt. v. 14.7.2011, 9 A 12.10, NuR 2011, 866 Rn. 152

stehenden Möglichkeiten der Vermeidung eine erhebliche Betroffenheit verbleibt und der Bau der WEA trotzdem vorgesehen ist. Bei der Bewertung einer artenschutzrechtlichen Ausnahme ist eine Abwägung zwischen dem besonderen Artenschutz und anderen Belangen möglich (z. B. keine Alternativen möglich, öffentliches Interesse an der Umsetzung des Projekts, wirtschaftliche Zumutbarkeit von Schutzmaßnahmen).

5 Fachempfehlung einer bundesweiten Signifikanzschwelle

5.1 Bisherige Signifikanzschwellen

Die Bewertung des Tötungsrisikos für den regelmäßigen Betrieb einer WEA bedarf einer Signifikanzschwelle, die bislang nicht bundeseinheitlich definiert ist, sondern von verschiedenen Bundesländern bezogen auf die Windenergieplanung unterschiedlich gehandhabt wird. So werden je nach Bundesland gegenwärtig Schlagopferzahlen meist von unter oder gleich 2 Individuen pro Anlage und Jahr toleriert, wobei es in einigen Bundesländern auch artspezifische Schwellenwerte gibt, die von unter 0,5 Fledermäuse (z. B. in Brandenburg für Kleinabendsegler und Zweifarbfledermaus) bis zu 2 Fledermäuse (Brandenburg: Zwergfledermaus) reichen (Übersicht z. B. bei: Reinhard & Brinkmann, 2018; FA Wind, 2020). Lediglich die Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Fledermausschutzes bei der Genehmigung von WEA in Thüringen nennt eine Schwelle von weniger als einem Schlagopfer pro WEA und Jahr (ITN, 2015).

Eine fachlich-kritische Begründung der Signifikanzschwellen erfolgt in den meisten Papieren der Bundesländer nicht oder nicht ausführlich und es ergeben sich bei genauerer Analyse der Festlegungen Fragen hinsichtlich der Belastbarkeit der Festlegungen zur Erreichung der angestrebten Schwelle. Für Bayern heißt es beispielsweise, dass der Schwellenwert von zwei Schlagopfern pro Anlage und Jahr „eine konservative Größe“ ist. Im Weiteren werden für Bayern dann mindestens 3.000 Schlagopfer durch den Betrieb von 1.500 WEA in den Raum gestellt und es heißt: „Dies sind durchaus populationsbezogen relevante Größenordnungen.“ (LfU, 2017).

Im Windkrafterlass von Brandenburg (Anlage 3 (MLUL, 2010) des Windkrafterlass (MUGV, 2011)) wird ausgeführt: „Beobachtungen lokaler Fledermauspopulationen haben gezeigt, dass bereits ein Verlust von 1 Prozent der Individuen einer Population über mehrere Reproduktionsperioden hinweg, zu einem kontinuierlichen Niedergang der lokalen Population führen kann. Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zu natürlichen Verlusten nicht mehr als 1 Prozent der Population der einzelnen Art durch Schlag an WEA zu Tode kommen darf, um den Bestand der Population nicht zu verschlechtern oder ernsthaft zu gefährden.“ Im Anschluss werden dann je 1 Schlagopfer für Rauhautfledermaus und Abendsegler und 2 Schlagopfer für die Zwergfledermaus sowie 0,5 Schlagopfer für Kleinabendsegler und Zweifarbfledermaus als noch nicht populationsgefährdend angesehen, obwohl nicht hergeleitet wird, wie groß die Population ist und somit auch nicht hergeleitet ist, ob mit dieser Regel tatsächlich nicht mehr 1 % der Population betroffen sind. Die Artspezifität dieses Ansatzes führt dazu, dass die reale Anzahl zugelassener Schlagopfer alleine schon für diese fünf Arten in Summe bei 5 Tieren pro Anlage und Jahr liegen würde.

In der Verwaltungsvorschrift für Hessen ist „Der Abschaltalgorithmus so auszurichten, dass im Regelfall die Zahl der verunglückten Fledermäuse bei unter zwei Individuen pro Anlage und Jahr liegt.“ (HMUKLV/HMWEVW, 2020). Weitere Erläuterungen etwa zu einer Populationsrelevanz werden nicht ausgeführt.

Als pauschale Vorgaben für den Betrieb von WEA werden in den Leitfäden der Länder Schwellenwerte für die Windgeschwindigkeit und die Temperatur vorgegeben, die dann in einer zweijährigen Gondelerfassung spezifiziert werden können. Allerdings ist das Gondel-

monitoring jeweils freiwillig und nicht verpflichtend. Der übliche Schwellenwert für die sog. Cut-In Windgeschwindigkeit ist in Anlehnung an die Ergebnisse aus dem ersten Projekt der RENEBA-Reihe (Brinkmann et al., 2011) 6 m/s. Vereinzelt erfolgte eine landesspezifische Anpassung (z.B. 7 bis 7,5 m/s in Niedersachsen und dem Saarland). In Brandenburg wurde bisher pauschal mit einem geringeren Wert gearbeitet (5 m/s im Zeitraum Mitte Juli bis Mitte September). Als Temperaturschwelle für die Abschaltung der Anlagen bei den entsprechenden Windgeschwindigkeiten wird durchweg $> 10^{\circ}\text{C}$ vorgegeben. Problematisch bei diesem Vorgehen ist, dass für die pauschalen Schwellenwerte für Wind und Temperatur unterstellt wird, dass damit jeweils die Signifikanzschwellen für die Schlagopferanzahl eingehalten werden. Ob dies tatsächlich der Fall ist, kann letztlich erst über das (freiwillige) Gondelmonitoring und die Berechnung über das ProBat-Tool überprüft werden. Möglicherweise laufen somit die WEA zunächst zwei Jahre mit einem Betrieb, der die Einhaltung der Signifikanzschwelle nicht vollumfänglich gewährleistet (vgl. Kap. 5.3). Wird kein Gondelmonitoring durchgeführt, durch das ggfs. noch eine Betriebszeitenkorrektur erfolgen kann, besteht damit die Gefahr, dass über die Laufzeit einer WEA ein Betrieb genehmigt wird, der dauerhaft gegen die auferlegte Signifikanzschwelle verstößt. Besonders auffällig ist die Diskrepanz zwischen dem Anspruch der Schlagopferbegrenzung auf einen bestimmten Wert und den pauschal formulierten Schwellenwerten für die Windgeschwindigkeit in Brandenburg. Mit einem pauschalen Schwellenwert von 5 m/s Cut-In Windgeschwindigkeit nur im Zeitraum Mitte Juli bis Mitte September, können die für das Bundesland Brandenburg formulierten Signifikanzschwellen in der Regel nicht eingehalten werden, da z. B. die Rauhaufledermaus noch bei deutlich stärkeren Windgeschwindigkeiten ($> 8 \text{ m/s}$) regelmäßig fliegen kann (Bach et al., 2020). Die pauschale Anwendung der Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s ohne tiefere Begründung hat das VG Hannover kritisiert, indem das Gericht darauf hingewiesen hat, dass die Behörde in anderen Fällen und begründet eine Cut-In Windgeschwindigkeit von 7,5 m/s als erforderlich angesehen hat, um Abendsegler und Rauhaufledermaus adäquat vor einer signifikant erhöhten Tötung zu schützen.¹²

Die gegenwärtig in den Länderleitfäden definierten Signifikanzschwellen werden in einem Positionspapier des Bundesfachausschusses Fledermausschutz des Naturschutzbundes (NABU) Deutschland als unzureichend kritisiert, da sie nicht auf populationsökologischer Grundlage erlassen wurden und mit dem Individuenschutz nicht vereinbar wären (BFA, 2021). Der BFA fordert, dass „der gesamte Windpark bzw. das Konglomerat von beieinanderstehenden WEA und dessen kumulative Schlagopferzahl betrachtet werden, was aktuell vom BNatSchG aus nur über die Ausnahme nach § 45 geschehen kann. Dabei ist die Wirkung von verschiedenen Windparks und die Betrachtung der WEA im gesamten Bewegungsbereich überregional erforderlich. Schwellenwerte müssen so festgelegt werden, dass die Anzahl getöteter Fledermäuse deutlich kleiner als eins pro Windpark bzw. WEA-Konglomerat und Jahr ist (Lindemann et al., 2018)“.

In der Rechtsprechung wird den jeweiligen Länderleitfäden bezogen auf die Signifikanzschwelle meist nicht explizit widersprochen. Ausführungen von Umweltjuristen jedoch sehen einen „Widerspruch zwischen einer allgemeinen Einschränkung, wie einer mengenbezogenen

¹² VG Hannover, Urteil vom 21.03.2022 - 12 A 3098/17

Bagatellschwelle (zwei Fledermäuse pro WEA und Jahr) aus Gründen der Sozialadäquanz, zum unionsrechtlich vorgegebenen Einschränkungmaßstab der Absichtlichkeit“ (Lukas, 2022). Durch die „Bagatellschwelle“ von zwei Tieren wird, so die juristische Argumentation, die mögliche Tötung von zwei Tieren pro Anlage und Jahr billigend in Kauf genommen, was wiederum mit § 44 Abs. 1 Nr. 1 und Abs. 5 Satz 2 Nr. 1 BNatSchG und ebenso mit der europäischen Rechtsprechung nicht vereinbar ist (Gellermann, 2014). Der Tötungstatbestand, der nach Art. 12 Abs. 1 der Richtlinie 92/43/EWG (EU, 1992) nur absichtliche Formen der Tötung umfasst, ist nach der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs auch dann erfüllt, wenn sich die Tötung als unausweichliche Konsequenz eines im Übrigen rechtmäßigen Verwaltungshandelns erweist (VG Hannover vom 21.03.22 mit Verweis auf EuGH, Urt. v. 30.01.2002 - C-103/00 -, juris Rn. 26; Urt. v. 20.10. 2005 - C-6/04 -, juris Rn. 113). Da fachlich bislang nicht geklärt ist, „in welchem Umfang Fledermäuse Sterberaten ausgleichen können, spricht bereits der Vorsorgegrundsatz, soweit behördliche Spielräume bestehen, für die „Einser-Schwelle“, die zudem dem unionsrechtlichen Befund entspricht“ (Lukas, 2022).

5.2 Fachliche und rechtliche Anforderung an Vermeidungsmaßnahmen

Gemäß den Anforderungen an die Prüfung des Vorliegens einer signifikant erhöhten Tötung (vgl. Kap. 4.2) muss im Zuge des Genehmigungsverfahrens neben den bereits behandelten Kriterien A und B (Schlaggefährdung aufgrund des artspezifischen Verhaltens sowie der erhöhten Aufenthaltswahrscheinlichkeit am WEA-Standort) die Möglichkeit der Vermeidung im Kontext der Verhältnismäßigkeit vollumfänglich herangezogen werden. Sofern es möglich ist, ein festzustellendes Tötungsrisiko durch artspezifische Vermeidungsmaßnahmen soweit zu minimieren, dass die Signifikanzschwelle nicht mehr überschritten wird, steht der Verbotstatbestand aus § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG einer Genehmigung mit entsprechenden Maßgaben nicht entgegen. Es sind somit im begründeten Verdachtsfall zunächst Vermeidungsmaßnahmen zu ergreifen und dann ist das verbleibende Tötungsrisiko zu prüfen.¹³

Beim Bau von WEA sind bezogen auf die Artengruppe der Fledermäuse zur Vermeidung von Verbotstatbeständen gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1–3 BNatSchG vor allem die sorgfältige Standortauswahl unter vollumfänglicher Berücksichtigung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes und der artenschutzrechtlichen Verpflichtungen zu nennen (vgl. Hurst et al., 2016) sowie eine Betriebszeitenkorrektur. Die Wirksamkeit von Betriebszeitenkorrekturen ist die zentrale Erkenntnis der drei RENEBAT-Projekte und ebenso in anderen Studien ausgeführt:

„The only method documented to reduce fatalities at wind turbines is limiting operation during high risk periods, such as nocturnal periods of low wind speeds during autumn migration (Baerwald et al., 2009; Arnett et al., 2011). Such operational curtailment can reduce bat fatalities by 44–93 % with minimal impact on power generation (Arnett et al., 2011).“

Neben der unbestrittenen fachlichen Wirksamkeit von Betriebszeitenkorrekturen ist diese Maßnahme vor dem Hintergrund des strengen Individuenschutzes auch rechtlich angebracht, soweit sie zumutbar ist, vgl. § 45b Abs. 6 BNatSchG. So geht zwar eine Betriebszeitenkorrektur zur wirksamen Vermeidung von signifikant erhöhten Kollisionsrisiken einher mit Energie-

¹³ OVG Thüringen, Beschluss vom 14.10.2009 1 KO 372/06.

ertragseinbußen (im Mittel etwa 2,5 % (Behr et al., 2011a; Bulling et al., 2015)), das eigentliche Ziel des Vorhabens, nämlich die Energieproduktion über die Nutzung von Wind kann aber trotzdem erfolgen. Die Einschränkung von Betriebszeiten muss zwar hinsichtlich der Zumutbarkeit jeweils für den Einzelfall geprüft und bewertet werden, stellt jedoch im Rahmen des § 45b Abs. 6 BNatSchG nicht das Ziel des Vorhabens in Frage (vgl. auch Kratsch in Schuhmacher & Fischer-Hüftle, 2021) und widerspricht ebenso nicht dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz.

5.3 Empfehlungen für eine bundeseinheitliche Signifikanzschwelle

5.3.1 Ausgangslage

Der Betrieb von WEA führt zu Kollisionsopfern bei schlaggefährdeten Fledermausarten. Obwohl dies in Deutschland und anderen Weltregionen bereits vor gut 20 Jahren bekannt war, ergingen die überwiegende Anzahl der Bau- und Betriebsgenehmigungen zunächst ohne Vorgaben für die Betriebszeiten. Auf Basis einer mittleren Schlagopferzahl von 10 - 12 Tieren pro Anlage und Jahr (Brinkmann et al., 2011) sowie einer Schätzung von 75 % ohne Abschaltungen betriebenen WEA (KNE, 2019) wurden rund 240.000–250.000 Schlagopfer pro Jahr hochgerechnet (Voigt et al., 2015; Fritze et al., 2019). Aktuelle Zahlen aus dem Mai 2023 (KNE, 2023) zeigen, dass der Anteil an WEA mit Betriebszeitenkorrekturen zunimmt und Ende 2022 etwa ein Drittel der betriebenen WEA ausmacht – bei gleichzeitig steigender Zahl von WEA. Setzt man den vom KNE (2023) für Ende 2022 überschlägig geschätzten Wert von 18.475 WEA ohne Betriebszeitkorrekturen mit der o.g. Schlagopferzahl von 10 – 12 Tieren pro Anlage und Jahr ins Verhältnis, ergibt dies eine Zahl von 185.000 bis 220.000 Schlagopfern pro Jahr. Trotz fehlender exakter Zahlen und der Tatsache, dass sich die Berechnung der Schlagopferzahlen auf WEA bestimmter Dimension beziehen (und z.B. systematische Untersuchungen zu Schlagopfern an WEA mit wachsender Dimension von Höhe und Rotorblattlänge weitgehend fehlen) ist die Größenordnung eindeutig und zeigt, dass die Dimension der Schlagopfer von Fledermäusen in Deutschland als in hohem Maße populationsgefährdend eingestuft werden kann (Dietz, Dietz, et al., 2016; Korner-Nievergelt et al., 2018).

Da bislang eine nachträgliche Einführung von Betriebszeitenkorrekturen in Anlehnung an den wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht durchgeführt wird, werden somit in Deutschland wesentlich internationale Verpflichtungen (Berner Konvention, EUROBATS-Abkommen zum Schutz der wandernden Fledermäuse in Europa, Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt) sowie unionsrechtliche Vorgaben, die sich aus Artikel 12 der FFH-Richtlinie ergeben, nicht umgesetzt.

Mit den Ergebnissen der RENEBAAT-Projekte erfolgte seit 2010 eine allmähliche Korrektur der Genehmigungspraxis auf Basis von Arbeitshilfen und Leitfäden, die die jeweiligen Bundesländer eigenständig entwickelt haben. Dabei gibt es, wie in Kap. 5.1 ausgeführt, bezüglich des Schwellenwerts für die tolerierbare Zahl toter Fledermäuse pro WEA und Jahr sehr verschiedene Festlegungen. Ebenso gibt es große Unterschiede zwischen den Leitfäden und deutliche Auslegungsspielräume in Bezug auf die Voraussetzungen von pauschalen Betriebsalgorithmen und der Anwendung der Erfassung der Fledermausaktivität in Gondelhöhe (FA Wind, 2020).

Unterstellt man, dass gegenwärtig alle WEA in Deutschland (ca. 30.000) mit einer tolerierten Tötung von zwei Fledermäusen pro Anlage und Jahr betrieben würden, ergäben sich

gegenüber dem uneingeschränkten Betrieb sehr deutliche Verbesserungen, aber trotzdem noch immer ca. 60.000 tote Fledermäuse pro Jahr. Diese Zahl wird sich mit dem laufenden Zubau zunächst weiter erhöhen. Denn auch wenn der geplante Ausbau der Windenergie in den nächsten Jahren (115 GW bis 2030) zu einem Teil über das Repowering von Altanlagen sowie die Errichtung deutlich leistungsfähigerer WEA (bis zu 6 Megawatt pro Anlage) bei gleichzeitiger Stilllegung alter (weniger leistungsfähiger) WEA erfolgt, ist zumindest kurzfristig von einer deutlich wachsenden Zahl von WEA auszugehen – dies zeigen nicht zuletzt die aktuellen Zahlen der Deutschen WindGuard (Deutsche WindGuard, 2023). Ob und inwieweit langfristig die Zahl der WEA aufgrund der deutlich höheren Leistung tatsächlich wieder sinken wird, lässt sich derzeit nicht sicher vorhersagen.

5.3.2 Begründung der empfohlenen Signifikanzschwelle

Bislang gibt es keine bundeseinheitlich verbindliche Signifikanz- oder Gefahrenschwelle für die Zahl der beim Betrieb von WEA tolerierten Fledermausschlagopfer. Die in den Ländervorgaben sehr unterschiedlichen Angaben zu Einschränkungen der Betriebszeiten und Signifikanzschwellen führen zu Rechts- und damit Planungsrisiken, die über eine Vereinheitlichung zumindest soweit möglich gelöst werden können, sofern diese rechtlich umgesetzt wird. Damit wäre auch insoweit einer der beiden Leitsätze zum Beschluss des Ersten Senats des Bundesverfassungsgerichts vom 23. Oktober 2018 erfüllt, wonach der Gesetzgeber eine Pflicht für eine untergesetzliche Maßstabsbildung hat (1 BvR 2523/13 - 1 BvR 595/14), ebenso Gellermann (2014).

Für die folgenden Empfehlungen gilt:

- Eine wissenschaftliche Herleitung einer Signifikanzschwelle, d.h. einer möglichen Anzahl tolerierbarer Schlagopfer zur Einschätzung der unerheblichen Populationswirkung ist auf Basis des gegenwärtigen Kenntnisstandes zur Demographie von Fledermäusen nicht möglich.

Die mathematischen Anforderungen an exakte Populationsmodelle sind sehr hoch. Demgegenüber steht für die Artengruppe der Fledermäuse eine Anzahl unbekannter oder zumindest noch sehr unscharfer demographischer Parameter. Hierzu zählen Natalität und Mortalität, die zudem artspezifisch sowie in Abhängigkeit der Lebensraumkapazität schwanken und somit jeweils regional verschieden sein können. Hinzu kommt die enorm komplexe räumliche und zeitliche Dynamik von Fledermauspopulationen, die sich je nach Art bis über Mitteleuropa hinaus ausdehnen kann. Als kleinste und am besten verstandene Populationseinheit können die Wochenstubenkolonien angesehen werden, während numerische und räumliche Bezugsgrößen für die Zeit der Migration fehlen. Als entscheidende Größe fehlt zudem ein belastbarer Wert zu den Populationsgrößen der allermeisten Fledermausarten in Deutschland und ebenso zu den gegenwärtigen Populationsentwicklungen. Abschließend machen eine Vielzahl von weiteren Gefährdungsfaktoren, deren Einflussgröße nicht bewertet werden kann, eine seriöse Populationsgefährdungsanalyse bezogen auf die tödliche Kollision mit WEA gegenwärtig nahezu unmöglich (vgl. auch Dietz, et al., 2016; Kerner-Nievergelt & Nagy, 2018). Einigkeit besteht jedoch in der wissenschaftlichen Fachliteratur und ebenso in den Experteneinschätzungen, dass die gegenwärtigen Schlagopferzahlen populationsgefährdend sind.

- Die empfohlene Signifikanzschwelle basiert auf der rechtlichen Verpflichtung zum Individuenschutz und der Verhältnismäßigkeit.

Für die besonders und streng geschützte Artengruppe der Fledermäuse ist die Einhaltung des Verbotstatbestandes der Tötung gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG eine zentrale Frage für die Erteilung der Betriebsgenehmigung für WEA.

Seitens des EuGH wurde der rechtliche Individuenschutz für besonders und streng geschützte Arten im März 2021 noch einmal gestärkt.¹⁴ Der EuGH führt aus, dass der Individuenschutz unabhängig von der Seltenheit und dem Erhaltungszustand der Art gilt. Zwischen den Fledermausarten muss somit nicht zwischen selten und weniger selten unterschieden werden, um unterschiedliche Signifikanzschwellen zu formulieren. Abgesehen davon kommen in der Regel mehrere kollisionsgefährdete Arten an einem Ort vor, so dass eine artspezifische Differenzierung der Betriebszeiten technisch nicht möglich ist. Der Individuenschutz ist allerdings vor dem Hintergrund zu bewerten, dass Fledermäuse in einer vom Menschen geprägten Landschaft bereits einem allgemeinen Tötungsrisiko unterliegen und somit nur eine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos für eine Bewertung relevant ist. Sowohl der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand als auch die Experteneinschätzungen stimmen in der Annahme überein, dass mit dem Betrieb von WEA ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko besteht, sofern keine Vermeidungsmaßnahmen erfolgen oder belastbare Voruntersuchungen das Gegenteil belegen (vgl. Kap. 4.2).

- Anwendung des aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur Standardisierung der fachlichen Umsetzung und Einhaltung der Signifikanzschwelle.

Die Möglichkeit der Betriebszeitenkorrektur, d. h. die Einschränkung der Betriebszeiten während der vornehmlichen Aktivitätszeiten der Fledermäuse, kann die Kollision von Fledermäusen an WEA wirksam vermindern. Es besteht somit eine Vermeidungsmaßnahme, mit deren Anwendung das signifikant erhöhte Tötungsrisiko wirksam vermieden werden kann. Erforderlich ist allerdings, dass, neben der Festlegung auf eine Schlagopferzahl pro WEA und Jahr, dieser Wert in der Folge objektiv und standardisierbar ermittelt und überwacht werden kann. Um eine Vergleichbarkeit der Vorgehensweise herzustellen, ist zudem ein einheitliches System der Sachermittlung notwendig. Ebenso wie ein einheitlicher und akzeptierter Wert trägt die Standardisierung in der Umsetzung und Kontrolle der Signifikanzschwelle wesentlich dazu bei, dass die gerichtliche Kontrolle der Einhaltung des Zugriffsverbots der Tötung eindeutiger wird.

Die Betriebszeitenkorrektur als Möglichkeit der wirksamen Vermeidung von signifikant erhöhten Kollisionsrisiken geht mit Energieertragseinbußen einher (vgl. 5.2), die jeweils auf ihre Verhältnismäßigkeit geprüft werden müssen. Die Energieertragseinbußen wurden bisher im Mittel mit etwa 2,5 % des Jahresenergieertrags angesetzt (Behr et al., 2011a; Bulling et al., 2015). Dies wurde bislang als verhältnismäßig angesehen und hat das eigentliche Ziel des Vorhabens, nämlich die Energieproduktion, nicht in Frage gestellt. Mit den Vorgaben zur sogenannten Zumutbarkeitsschwelle nach § 45b Abs. 6 BNatSchG ergeben sich allerdings Verhältnismäßigkeitsgrenzen, die ausschließlich mit Blick auf die Ertragseinbußen definiert werden und sich weniger an den Schutzerfordernissen streng geschützter Tierarten wie der Fledermäuse

¹⁴ EuGH, Urt. v. 04.03.2021, C- 473/19 u. a., Föreningen Skydda Skogen, ECLI:EU:C:2021:166 Rn. 51

orientieren, wie dies etwa in Artikel 16 Abs. 1 der FFH-Richtlinie gefordert wird (vgl. Gellermann, 2022c, ebenso Melber et al., 2023).

5.3.3 Festlegungen

Die Anwendung artspezifischer Vermeidungsmaßnahmen – in diesem Fall der Betriebszeitenkorrektur – muss im rechtlichen Kontext sowohl der Verhältnismäßigkeit als auch des Individuenschutzes erfolgen (siehe Kap. 5.2 und 5.3.2). Bei Fledermäusen gilt dies umso mehr, da sie als K-Strategen gegenüber erhöhten Mortalitätsraten extrem sensitiv sind. Ihre geringe Reproduktionsrate minimiert die Fähigkeit sich von Bestandseinbrüchen zu erholen. Insbesondere Verluste adulter Weibchen können nicht durch eine erhöhte Reproduktionsrate ausgeglichen werden. Fledermauspopulationen sind deshalb einem erhöhten Aussterberisiko ausgesetzt, wenn sich Umweltfaktoren ungünstig auf deren Reproduktionsrate und Mortalität (vgl. Kap. 0) auswirken.

Eine Signifikanzschwelle kann gemäß Bundesverwaltungsgericht allerdings nicht auf die vollständige Vermeidung eines Risikos („Nullrisiko“) abzielen, sondern muss (Kap. 4.1) berücksichtigen, dass „für Tiere bereits vorhabenunabhängig ein allgemeines Tötungs- und Verletzungsrisiko besteht, welches sich nicht nur aus dem allgemeinen Naturgeschehen ergibt, sondern auch dann sozialadäquat sein kann und deshalb hinzunehmen ist, wenn es zwar vom Menschen verursacht ist, aber nur einzelne Individuen betrifft.“ Sie greift somit, „wenn das Vorhaben dieses Risiko in einer für die betroffene Tierart signifikanten Weise erhöht.“ Letzteres muss beim Bau von WEA in der Regel angenommen werden (Kap. 4.2).

Resultierend wird für eine bundeseinheitliche Signifikanzschwelle empfohlen:

Um das Tötungsrisiko beim Betrieb von WEA zu minimieren, wird ein bundeseinheitlicher Signifikanzschwellenwert von < 1 Tier pro Anlage und Jahr vorgeschlagen.

Das Vorzeichen < ergibt sich aus der Eingabe des Wertes in die Software ProBat, die nach aktuellem Stand die einzige Umsetzungsmethode auf wissenschaftlicher Basis darstellt und zur Berechnung von standortspezifischen Vorgaben dazu auffordert, eine zu unterschreitende Schlagopferzahl einzugeben. Zur Einhaltung dieses Signifikanzschwellenwertes, muss der ursprünglich aus dem ersten RENEBA-T-Vorhaben abgeleitete Schwellenwert für die Cut-In Windgeschwindigkeit, wie er in den meisten Länderleitfäden festgeschrieben wurde (6 m/s), für die ersten beiden Betriebsjahre durch sehr viel detailliertere Cut-In Werte in Abhängigkeit von den Monats- und Nachtzeiten sowie den Rotorblattlängen ersetzt werden. Hierzu werden im Anhang der vorliegenden Ausarbeitung für jeden Naturraum (Karte A.3 im Anhang) entsprechend detaillierte Cut-In Windgeschwindigkeiten für jeden Monat und jedes Nachtzehntel sowie differenziert nach Rotorblattdurchmesser aufgeführt (Anhang A.4– A.9, Beispiel nachfolgend). Dies ist gegenüber der bisherigen Regelung einer sehr allgemeinen pauschalen Cut-In Windgeschwindigkeit eine deutliche Weiterentwicklung differenzierter Betriebszeitevorgaben orientiert an den in den Naturräumen bislang festgestellten Fledermausaktivitäten.

Die in den Kreuztabellen im Anhang empfohlenen Werte sind als Grundlage für die ersten beiden Betriebsjahre gedacht und sollten durch Erfassung der Fledermausaktivität an der Gondel überprüft und je nach Ergebnis korrigiert werden (s. Tab. 3). Sofern die beiden Betriebsjahre z. B. aufgrund sehr unterschiedlicher Wetterbedingungen (vereinfacht: trocken-warm –

nass-kalt) nicht vergleichbar sind, wird der Betrieb respektive die Fledermausaktivität in Gondelhöhe in einem dritten Jahr überprüft. Die zwei-(drei-)jährige Überwachung der Fledermausaktivität sollte als Teil der Vermeidungsmaßnahmen durchgeführt werden. Das Gondelmonitoring ist erforderlich, um die Betriebsalgorithmen den regionalen und standortspezifischen Bedingungen und Fledermausaktivitäten vollumfänglich anpassen zu können. Zudem ist dadurch die fachlich belastbarste Möglichkeit gegeben, um Stromproduktion und Vermeidung des Fledermausschlags miteinander zu harmonisieren. Die bundesweiten Erfahrungen mit Gondelmonitorings der letzten Jahre zeigen, dass die standortspezifischen Messungen der Fledermausaktivität oftmals zu weniger Betriebszeiteneinschränkungen insbesondere in den Verlustklassen ab 4 % führen (FA Wind, 2020).

Tab. 3: Empfohlene Grundannahmen für die Anwendung einer bundesweiten Signifikanzschwelle zum Schutz von Fledermäusen beim Betrieb von WEA.

Zeitraum	Maßnahme
Signifikanzschwelle	• < 1 Schlagopfer Anlage/Jahr
1. Jahr	• Gondelmonitoring im Zeitraum 01.03.–30.11. • *fledermausfreundliche Betriebszeiten 15.03.–15.11. • Tageszeit: 1 h vor Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang • Cut-In Windgeschwindigkeit: wird nach Monat, Nachtzehntel und Rotorblattdurchmesser naturräumlich unterschiedlich programmiert; siehe hierzu Anhang A.3–A.4 • Temperatur: $\geq 10\text{ °C}$ • (Niederschlag: eine abschließende Empfehlung zu diesem Kriterium ist gegenwärtig noch nicht möglich) • Auswertung der Daten und Festlegung des Algorithmus bis Ende Januar des folgenden Betriebsjahres auf Grundlage des Gondelmonitorings • Abstimmung mit der zuständigen Naturschutzbehörde
2. Jahr	• Gondelmonitoring im Zeitraum 01.03.–30.11. • Betriebszeitenkorrektur nach Vorgaben der Auswertung des ersten Monitoringjahres (standortoptimierter Betriebsalgorithmus) • Auswertung der Daten und Festlegung des Algorithmus bis Ende Januar des folgenden Betriebsjahres auf Grundlage des Gondelmonitorings • Abstimmung mit der zuständigen Naturschutzbehörde
Ab 3. Jahr	• Betriebszeiten der Anlagen nach dem neu festgelegten standortspezifischen Algorithmus (differenziert nach Monat und Nachtzehntel), sofern kein drittes Monitoringjahr erforderlich ist**

* Die klimatischen Bedingungen für die Betriebszeitenkorrektur können durch Voruntersuchungen oder Ergebnisse der Datenrecherche korrigiert werden, d. h. es sind auch höhere Windgeschwindigkeiten und geringere Außentemperaturen als Schwellenwerte denkbar (z. B. bei erhöhtem Vorkommen der Rauhaufledermaus).

** Je nach der Erkenntnislage aus den ersten beiden Jahren sollte bei sehr unterschiedlichen Ergebnissen z. B. infolge sehr unterschiedlicher Witterungsbedingungen eine erneute Überprüfung in einem weiteren Jahr zur Klärung durchgeführt werden.

Standardisierung der Umsetzung

Die zu Beginn der Laufzeit festgelegten Betriebszeitenkorrekturen gelten für den Zeitraum 15. März bis 15. November. Aufgrund der zunehmend wärmeren Temperaturen sind Fledermausaktivitäten mittlerweile noch bis weit in den November hinein festzustellen, sofern die Wetterbedingungen günstig sind. Im Umkehrschluss sind Betriebszeitenkorrekturen im März und ebenso im November nur dann erforderlich, wenn es entsprechend warme und windarme Tage/Nächte gibt. Die Betriebszeitenkorrektur gilt für den nächtlichen Zeitraum von 1 h vor Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang.

In den ersten beiden Betriebsjahren muss die pauschal festgelegte Cut-In Windgeschwindigkeit durch Erfassung der Fledermausaktivität an der Gondel überprüft und je nach Ergebnis standortspezifisch korrigiert werden. Sofern die beiden Betriebsjahre nicht vergleichbar sind, wird der Betrieb respektive die Fledermausaktivität in Gondelhöhe ein drittes Jahr überprüft. Diese standortspezifische Anpassung muss Teil der Vermeidungsmaßnahme „Betriebszeitenkorrektur“ werden.

Zur Einhaltung der Signifikanzschwelle von < 1 und zur Ermittlung der regionalisierten Betriebszeitenkorrekturen (v. a. Cut-In und Temperatur) ist das ProBat-Tool zu verwenden. Dieses berechnet auf Basis der an der Gondel ermittelten Fledermausaktivitäten den zukünftigen Anlagenalgorithmus unter Einhaltung der Signifikanzschwelle. Für die Berechnung mit ProBat muss dabei der Wert „ < 1 “ eingestellt werden, da die Algorithmen so berechnet werden, dass die Schlagrate unter dem eingegebenen Schwellenwert liegt.

Das Tool ProBat ist derzeit die einzige wissenschaftlich begründete Methode zur Berechnung von Betriebszeitenkorrekturen auf Basis der gemessenen Fledermausaktivität. Es weist mittlerweile eine annähernd zehnjährige Entwicklungszeit auf, in der die zu zugrunde gelegten Berechnungsmodelle und Aktivitätsdaten von Fledermäusen laufend überprüft und angepasst wurden. Eine zusammenfassende Darstellung der Entwicklungsschritte ist in den Untersuchungsberichten der Bundesprojekte RENEBAT I–III veröffentlicht. Ebenso werden Hinweise zur Verwendung im Detail unter www.probat.org veröffentlicht und laufend aktualisiert.

Da die Aktivitätswerte innerhalb eines Windparks stark schwanken können (Brinkmann et al., 2011) sind mehrere WEA in das Monitoring zu integrieren (s. Tab. 4). Das optimale Untersuchungsdesign lässt sich idealerweise durch die ProBat Designer App ermitteln. Die App basiert auf den Erkenntnissen einer Simulationsstudie von Behr et al. (2018) und ermittelt einen Vorschlag, welche WEA eines Windparks in welchem Jahr beprobt werden sollten. Die Anzahl zu beprobender WEA wird bislang in den Bundesländern unterschiedlich gehandhabt.

Regelungen zur Kontrolle der Betriebszeiten

Der Anlagenbetreiber hat durch ständige Kontrollen Sorge zu tragen und durch Übermittlung an die Genehmigungsbehörde nachzuweisen, dass die beantragten bzw. beauftragten oder nach Gondelmonitoring berechneten Betriebszeiten eingehalten werden. Diese Kontrollpflicht wird ebenso wie der Betrieb der Anlage in einer zusammenfassenden jährlichen Berichtspflicht seitens des Antragstellers transparent und nachvollziehbar dokumentiert. Hierfür steht die ProBat Inspector App zur Verfügung. Die Anwendung stellt die korrekten, initiierten und nicht erfolgten Abschaltungen sowie Betriebsausfälle, und Dokumentationslücken in übersichtlicher Form dar. Die Einhaltung der Betriebszeiten und die vom Sachverständigen des

Anlagenbetreibers ermittelte Betriebszeitenkorrektur kann seitens der Behörde von einem unabhängigen Sachverständigen geprüft werden. Dieses unabhängige Sachverständigengutachten kann ebenso der Anlagenbetreiber in Auftrag geben.

Es ist bei der Überwachung der Betriebszeiten darauf zu achten, dass im Zuge von Wartungsarbeiten (z. B. Installation von Software-Updates) und Zeitumstellungen die fledermausfreundlichen Betriebszeiten gewahrt bleiben.

Was bedeutet die Signifikanzschwelle von < 1 für die Gefährdung von Fledermäusen?

Die Signifikanzschwelle orientiert sich am Individuenschutz und wird pauschal für alle schlaggefährdeten Fledermausarten insgesamt angewendet, da u. a. eine technische Differenzierung der aufgezeichneten Fledermausrufe (z. B. Abendsegler – Kleinabendsegler) nicht eindeutig genug ist, um in ProBat Anwendung finden zu können. Für die einzelnen Fledermausarten liegt der zugelassene Wert der Schlagopfer somit deutlich geringer, nämlich bei weniger als 0,3 Abendsegler oder weniger als 0,25 Rohhautfledermäuse usw., wenn man die durchschnittlich bundesweite Verteilung der Schlagopfer auf die Fledermausarten zugrunde legt.

Populationsbiologisch führt die Berücksichtigung der Signifikanzschwelle < 1 zu einer deutlichen Reduktion der Gesamtschlagopferzahl an Neuanlagen, löst jedoch nicht das Problem der Altanlagen (rund zwei Drittel aller betriebenen WEA), die weiterhin keine Betriebszeitenkorrekturen aufweisen.

Würde man die Altanlagen nachträglich mit Betriebszeitenkorrekturen auf Basis einer Signifikanzschwelle von < 1 versehen, würden aktuell statt wie bisher bis zu 220.000 dann weniger als 30.000 Fledermäuse an den aktuell rund 30.000 WEA geschlagen werden. Zieht man davon den Anteil Jungtiere und Männchen ab, sinkt das Risiko des Verlusts von populationsökologisch besonders wertvollen reproduktiven Weibchen weiter, wobei hier regional und artspezifisch sicher erhebliche Unterschiede bestehen.

Bedacht werden muss allerdings, dass der geplante Zubau an Windenergieleistung bis zum Jahr 2030 (Ziel 115 Gigawatt Leistung aus der Windenergie) die Zahl der WEA und damit auch die Zahl möglicher Schlagopfer zumindest kurzfristig steigen lässt.

Warum wird nicht eine stärker regionalisierte und artspezifische Signifikanzschwelle festgelegt?

Das Tool ProBat arbeitet auf Basis der an der Gondel gemessenen Fledermausaktivität, wobei die unterschiedlichen Rotorblattlängen berücksichtigt werden. Durch die Weiterentwicklung der letzten Jahre werden zudem regionalisierte Abschaltalgorithmen für Regionen in Deutschland berechnet und zumindest für die Rohhautfledermaus geht das artspezifische Aktivitätsniveau in die Berechnungen ein.

Eine weitere Regionalisierung erfolgt bei Umsetzung der hier vorgestellten bundeseinheitlichen Signifikanzschwelle über die jeweilige standortspezifische Cut-In Windgeschwindigkeit (siehe Anhang A.3 ff.), die erforderlich ist, um die Signifikanzschwelle von < 1 einzuhalten. Diese standortspezifische Cut-In Windgeschwindigkeit muss mit Daten aus den ersten beiden Betriebsjahren mittels der ProBat App ermittelt werden, im Zweifel ist ein drittes Jahr erforderlich (s. o.).

Die bisher in Länderleitfäden genannten artspezifischen Signifikanzschwellen wie z. B. in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und dem Saarland (MLUL, 2010; Staatliche Vogelschutzwarte et al., 2013; LUNG MV, 2016) sind bislang u. a. aufgrund der nicht automatisiert bestimmbareren Fledermausrufe in der Praxis weder mit dem ProBat Tool noch mit einer anderen Methode technisch umsetzbar und damit auch nicht überprüfbar.

Welche Konsequenz hat die Signifikanzschwelle von < 1 für die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit?

Durch die hier vorliegenden Berechnungen (vgl. Anhang A.4– A.9) und bei Anwendung einer Signifikanzschwelle < 1 verändert sich die bislang überwiegend angewendete pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit zur Vermeidung von Fledermauskollisionen (6 m/s) und wird viel stärker nach Rotorblattdurchmesser, Naturraum, Monat und Nachtzehntel differenziert.

Um die im Anhang aufgeführten Werte in den Kreuztabellen für differenzierte pauschale Cut-In Windgeschwindigkeiten zu berechnen, wurden basierend auf 100 Datensätzen aus Gondelerfassungen der Fledermausaktivität und parallel von Sensoren der WEA gemessenen Wind- und Temperaturdaten Betriebsvorgaben berechnet, die das Schlagrisiko für Fledermäuse für einen definierten Anteil (95 %, 90 %, 80 % oder 50 %) der vorliegenden WEA-Jahre unter die festgesetzte Schlagopferschwelle reduzieren. Daraus ergeben sich Betriebsvorgaben, die pauschal ab der Inbetriebnahme von WEA implementiert werden können, bis das Aktivitätsniveau der Fledermäuse aus Messungen am jeweiligen Standort ermittelt und darauf basierend eine individuell angepasste Betriebsvorgabe berechnet werden kann.

Die berechneten Betriebsvorgaben entsprechen den mit der Software ProBat 7.1 berechneten Werten und definieren somit für Monate und Nachtzeiten differenzierte Cut-In Windgeschwindigkeiten unterschieden nach den Anlagengrößen.

Die Auswertung erfolgt für das gesamte Bundesgebiet sowie für die in ProBat differenzierten naturräumlichen Regionen (KU – Küste, NO – Nordostdeutsches Tiefland, NW – Nordwestdeutsches Tiefland, OM – Östliches Mittelgebirge, SW – Südwestdeutsches Mittelgebirge und WM – Westdeutsches Mittelgebirge).

Die Häufigkeit, mit der eine WEA zum Schutz von Fledermäusen in den Trudelbetrieb wechseln muss, hängt neben dem Aktivitätsniveau von Fledermäusen an der WEA maßgeblich von der vorgegebenen Signifikanzschwelle und vom Rotordurchmesser der WEA ab (das Schlagrisiko steigt bei gleichem Aktivitätsniveau mit dem Rotordurchmesser an). Es werden daher die Abschaltalgorithmen für alle WEA-Jahre im Datensatz mit verschiedenen Schlagopferschwellen (0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 und 3 Fledermäuse) und Rotordurchmessern (60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 m) berechnet. Der Rotordurchmesser geht als eigener Faktor in die ProBat Berechnungen ein und wurde für diese Auswertung abweichend vom Rotordurchmesser der jeweiligen realen WEA in mehreren Durchläufen entsprechend der genannten Werte gesetzt.

Die hier verwendeten Daten wurden entweder im Rahmen eigener Erfassungen erhoben oder von Nutzer*innen zur Weiterentwicklung der ProBat Software zur Verfügung gestellt. Es wurden nur WEA-Jahre verwendet, die Winddaten für mindestens 40 % aller 10-Minuten-Intervalle des Jahres enthielten.

Tab. 4: Zahl der in die Berechnung der Betriebsvorgaben eingehenden WEA-Jahre, WEA, Windparks und Kalenderjahre.

Region	Anzahl Anlagen-Jahre	Anzahl Anlagen	Anzahl Windparks	Anzahl Jahre
KU	74	55	27	9
NO	70	49	28	5
NW	32	26	12	5
OM	14	11	10	4
SW	80	61	35	6
WM	94	63	42	6
Gesamt	364	265	154	35

Im Folgenden (s. Abb. 10) ist ein Beispiel für eine Kreuztabelle mit differenzierten Cut-In Windgeschwindigkeiten zur Einhaltung einer Signifikanzschwelle von „< 1“ am Beispiel eines Rotorblattdurchmessers von 60 m und 80 m differenziert nach Monat und Nachtzehntel (zur vollständigen Darstellung siehe Anhang A.4– A.9):

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr										
Nachtzehntel	Monat									
	4	5	6	7	8	9	10	11		
0-0.1	4.4	5.0	5.5	6.2	6.4	6.1	4.3	0.2		
0.1-0.2	4.9	5.5	6.0	6.6	6.9	6.6	4.8	0.3		
0.2-0.3	4.6	5.2	5.7	6.2	6.6	6.4	4.4	0.3		
0.3-0.4	4.6	5.1	5.6	6.1	6.5	6.4	4.3	0.2		
0.4-0.5	4.6	5.2	5.5	6.1	6.4	6.3	4.2	0.2		
0.5-0.6	4.3	4.9	5.2	5.8	6.1	6.0	3.9	0.2		
0.6-0.7	4.3	4.9	5.2	5.8	6.1	6.0	4.0	0.2		
0.7-0.8	4.0	4.4	4.8	5.5	5.7	5.5	3.6	0.2		
0.8-0.9	3.8	4.3	4.6	5.5	5.6	5.6	3.6	0.2		
0.9-1	1.6	2.9	3.2	4.1	4.3	4.3	1.5	0.0		

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr										
Nachtzehntel	Monat									
	4	5	6	7	8	9	10	11		
0-0.1	4.7	5.2	5.7	6.4	6.7	6.3	4.6	0.3		
0.1-0.2	5.2	5.7	6.2	6.8	7.2	6.8	5.0	0.3		
0.2-0.3	4.9	5.5	5.9	6.4	6.9	6.6	4.7	0.3		
0.3-0.4	4.8	5.4	5.9	6.3	6.8	6.6	4.5	0.3		
0.4-0.5	4.9	5.5	5.8	6.3	6.6	6.5	4.4	0.3		
0.5-0.6	4.5	5.1	5.4	6.0	6.3	6.2	4.1	0.2		
0.6-0.7	4.6	5.2	5.5	6.1	6.3	6.2	4.2	0.2		
0.7-0.8	4.2	4.7	5.0	5.7	5.9	5.8	3.9	0.2		
0.8-0.9	4.1	4.6	4.9	5.7	5.9	5.8	3.9	0.2		
0.9-1	2.2	3.3	3.6	4.4	4.6	4.5	1.7	0.0		

Abb. 10: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Küstenregion bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–80 m.

Betrachtet man mit dem oben genannten Datensatz die Wirkung der bisher meist festgelegten pauschalen Cut-In Windgeschwindigkeit, so zeigt es sich, dass diese meist nicht ausreicht, um die länderspezifischen Signifikanzschwellen einzuhalten. Es ergeben sich somit gegenwärtig meist mehr Schlagopfer, als mit den Betriebsgenehmigungen festgesetzt wurde.

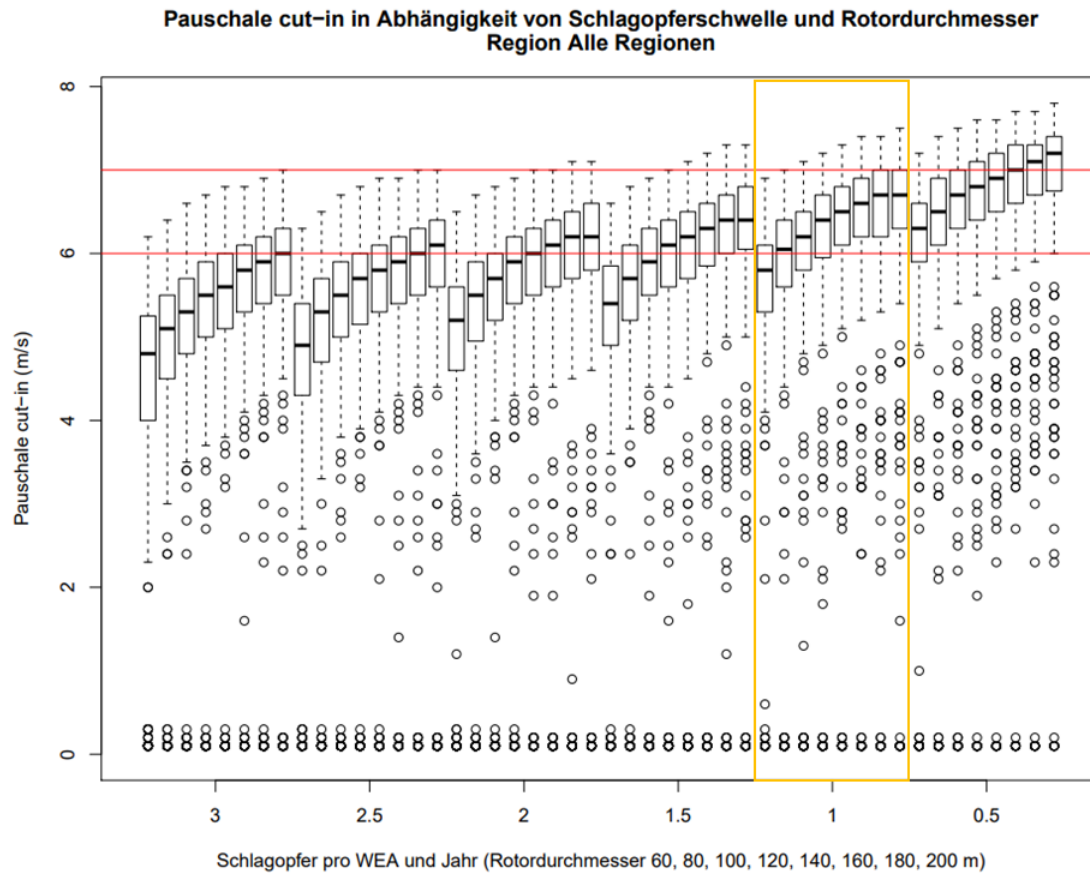


Abb. 11: Dargestellt ist die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit für Deutschland in Abhängigkeit der Rotorblattdurchmesser und einer Signifikanzschwelle von < 1 (gelber Rahmen). Weiterhin gegeben sind zwei Hilfslinien für die bisher oftmals festgelegte Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s sowie zum Vergleich von 7 m/s (pauschal über alle Regionen). Es wird deutlich, dass die bisherige Cut-In Windgeschwindigkeit nicht ausreichend ist, um die Signifikanzschwellen bisheriger Länderleitfäden einzuhalten.

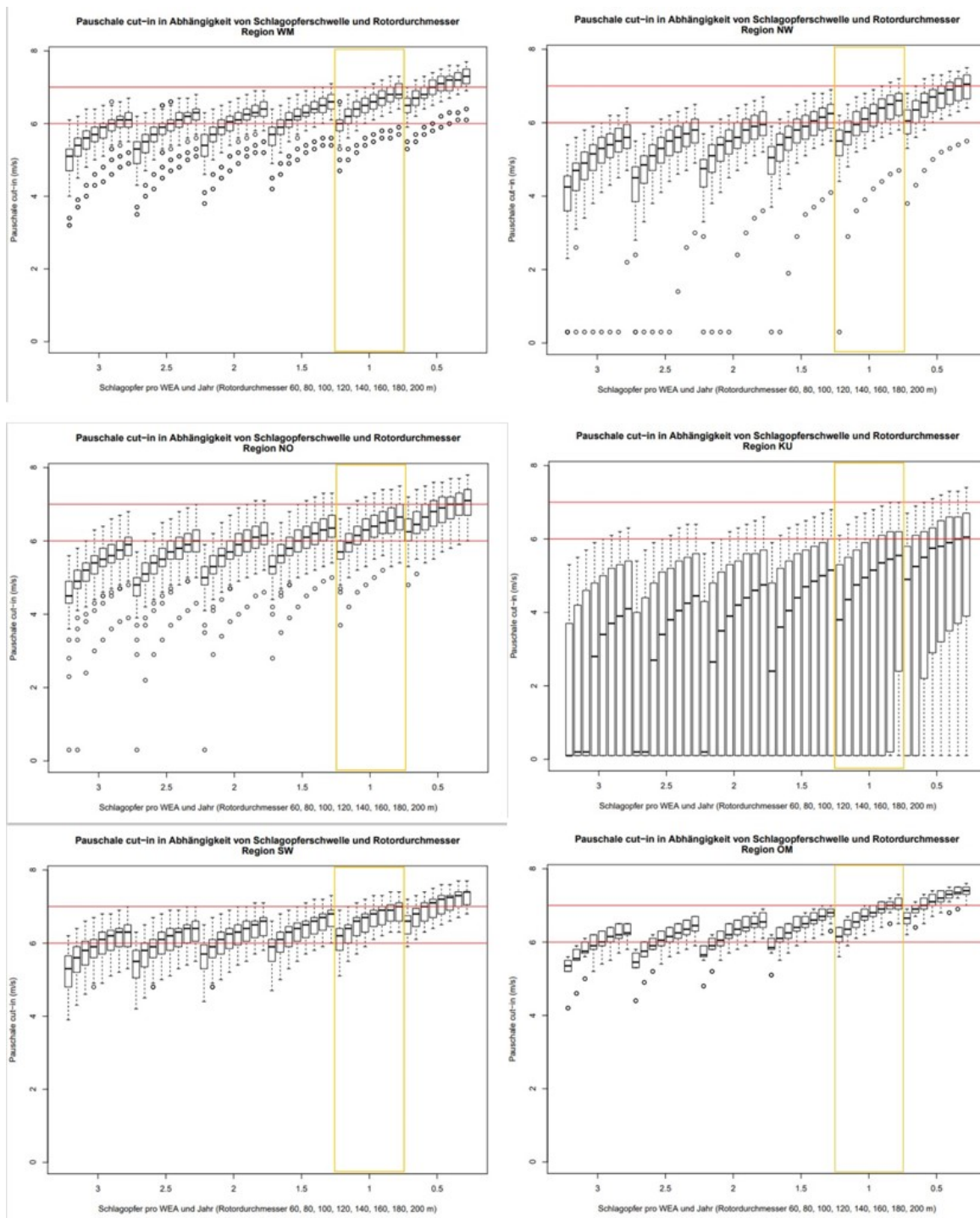


Abb. 12: Dargestellt ist die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit für die in ProBat differenzierten Regionen in Deutschland in Abhängigkeit der Rotorblattdurchmesser und einer Signifikanzschwelle von < 1 (gelber Rahmen). Weiterhin gegeben sind zwei Hilfslinien für die bisher oftmals festgelegte Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s sowie zum Vergleich on 7 m/s. (KU – Küste, NO – Nordostdeutsches Tiefland, NW – Nordwestdeutsches Tiefland, OM – Östliches Mittelgebirge, SW – Südwestdeutsches Mittelgebirge und WM – Westdeutsches Mittelgebirge).

Verbleibt ein Restrisiko von „abgeschalteten“ Windrädern für Fledermäuse?

In Bezug auf Abschaltzeiten und fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen ist zu beachten, dass diese gewöhnlich durch den sogenannten „Trudelmodus“ erreicht werden (= deutliche Verlangsamung der Drehbewegung durch Drehen („pitch“) der Rotorblätter, sodass sie durch den Wind gebremst anstatt angetrieben werden). Gezielte wissenschaftliche Untersuchungen zum Gefahrenpotenzial im Trudelmodus gibt es bislang aus dem RENEBA II Vorhaben, bei dem zumindest gezeigt werden konnte, dass durch den Trudelbetrieb keine schwerwiegenden Betroffenheiten bestehen.

Eine allgemeingültige Definition, unter welchen Parametern vom „Trudelmodus“ gesprochen wird, gibt es bisher nicht (Bruns et al., 2021). Das OVG Lüneburg definiert den Trudelbetrieb in seiner Entscheidung als „aus dem Wind gedrehte Rotorblätter und aktivierte Windnachführung der Rotorgondel“.¹⁵ Ebenfalls stellt das Gericht eine maximale Drehzahl von 0,7 Umdrehungen pro Minute (rpm) (=0,7 U/min = 42 U/h) fest.

Da bislang eine nachträgliche Korrektur der Betriebszeiten an Altanlagen in Anlehnung an den wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht durchgeführt wird, werden in Deutschland internationale Verpflichtungen (Berner Konvention, EUROBATS-Abkommen zum Schutz der wandernden Fledermäuse in Europa, Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt) sowie unionsrechtliche Vorgaben, die sich aus Artikel 12 der FFH-Richtlinie ergeben, nicht umgesetzt.

Abgesehen von einer erforderlichen Regelung für die Altanlagen, soll mit einer bundeseinheitlichen Signifikanzschwelle eine bundesweite Maßstabbildung erfolgen, um im Zuge der Genehmigungsverfahren mehr Rechtssicherheit und eine transparente Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

Die Bewertung des Tötungsrisikos für den regelmäßigen Betrieb einer WEA wird gegenwärtig von den Bundesländern unterschiedlich gehandhabt. Dabei gibt es bezüglich des Schwellenwerts für die tolerierbare Zahl toter Fledermäuse pro WEA und Jahr sehr verschiedene Angaben (meist bis zu 2 Schlagopfer pro Anlage und Jahr). Ebenso gibt es deutliche Auslegungsspielräume in Bezug auf die Vorgaben für pauschale Betriebsalgorithmen vor allem hinsichtlich der Cut-In Windgeschwindigkeit und der Anwendung der Erfassung der Fledermausaktivität in Gondelhöhe. Nach den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen garantiert eine pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s nicht die Einhaltung der in den Länderleitfäden gegebenen Signifikanzschwellen.

Da eine Herleitung für die populationsbiologisch noch verträgliche Zahl an hinnehmbaren Schlagopfern aufgrund fehlender demographischer Parameter für Fledermäuse bei gleichzeitig höchster Sensitivität gegenüber Mortalitätserhöhungen nicht berechenbar ist, erfolgt die Herleitung einer bundeseinheitlichen Signifikanzschwelle auf der unionsrechtlichen Verpflichtung zum Individuenschutz sowie dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zur Vermeidung von Schlagopfern.

Um das Tötungsrisiko beim Betrieb von WEA zu minimieren, wird ein bundeseinheitlicher Signifikanzschwellenwert von **< 1 Tier pro Anlage und Jahr** vorgeschlagen.

¹⁵ OVG Lüneburg Beschl. v. 29.4.2019 – 12 ME 188/18, BeckRS 2019, 7750, beck-online Rn. 20.

Um diesen Wert einzuhalten, muss der ursprünglich aus dem ersten RENEBA-T-Vorhaben abgeleitete Schwellenwert für die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit, wie er in den meisten Länderleitfäden festgeschrieben wurde (6 m/s), mindestens in den ersten beiden Betriebsjahren durch eine sehr viel differenziertere Cut-In Windgeschwindigkeit ersetzt werden. Hierfür werden vorliegend Cut-In Werte berechnet, die sehr differenziert den Rotorblattdurchmesser, den jeweiligen Monat und das jeweilige Nachtzehntel sowie den Naturraum in Deutschland berücksichtigen (s. Abb. 14–25). Mit diesen Programmiervorgaben kann die Signifikanzschwelle von „< 1“ eingehalten werden. Dieser Wert sollte nach einem zweijährigen Betriebsmonitoring (ggfs. noch einem dritten Jahr) durch einen standortspezifischen Wert ersetzt werden. Die mindestens zweijährige Überwachung der pauschalen Cut-In Windgeschwindigkeit und Temperaturschwelle ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) durch ein Gondelmonitoring ist idealerweise Teil der Vermeidungsmaßnahme. Die Betriebszeitenkorrekturen gelten – für die genannten Bedingungen – zunächst für den Zeitraum 15. März bis 15. November.

Zur Einhaltung der Signifikanzschwelle von ($<$) 1 und zur Ermittlung der regionalisierten Betriebszeitenkorrekturen (v. a. Cut-In und Temperatur) ist das ProBat-Tool zu verwenden. Dieses berechnet auf Basis der an der Gondel ermittelten Fledermausaktivitäten den zukünftigen Anlagenalgorithmus unter Einhaltung der Signifikanzschwelle. Das Tool ProBat ist derzeit die einzige wissenschaftlich begründete Methode zur Berechnung von Betriebszeitenkorrekturen auf Basis der gemessenen Fledermausaktivität.

Da die Aktivitätswerte innerhalb eines Windparks stark schwanken können, sind mehrere WEA in das Gondelmonitoring für die Berechnung der anlagenspezifischen Betriebszeiten zu integrieren. Das optimale Untersuchungsdesign lässt sich idealerweise durch die ProBat Designer App ermitteln. Eine anwenderfreundliche Überwachung der Vorgaben ist mit der ProBat Inspector App möglich.

6 Weiterführende Empfehlungen

Gegenwärtig ist es nicht möglich, auf Basis von belastbaren absoluten Bestandszahlen eine Berechnung der populationsbiologischen Auswirkungen von erhöhten Mortalitätsraten auf die Fledermausvorkommen in Deutschland durchzuführen. Offenkundig wird bislang jedoch, dass die auf einen Betriebszeitraum von mindesten 20 Jahren jährlich sich durch den WEA-Betrieb ergebenden Schlagopferzahlen populationsgefährdend sind, sofern keine wirksamen kollisionsmindernden Maßnahmen (Betriebszeitenkorrekturen) umgesetzt werden (vgl. Kap. 2 und 3). Bereits jetzt sind einige kollisionsgefährdete Arten in einem schlechten Erhaltungszustand und werden wie der Abendsegler bereits in einigen Bundesländern (z. B. Thüringen, Hessen) als „vom Aussterben bedroht“ geführt (IFT, 2021).

Dies gilt erst recht berücksichtigt man den bis 2030 zumindest kurzfristig erforderlichen Zubau an WEA in Deutschland. In welchem Umfang sich dann wiederum das Repowering günstig auswirken kann, wenn mehrere Altanlagen ohne Betriebszeitenkorrekturen durch weniger, dafür effizientere WEA mit Betriebszeitenkorrekturen ersetzen lassen, sollte untersucht werden.

Da auf Fledermäuse insgesamt sehr unterschiedliche Gefährdungsfaktoren wirken, ist es dringend erforderlich, für Deutschland und die einzelnen Bundesländer eine deutlich belastbarere Datengrundlage zu schaffen, um Populationsentwicklungen erkennen und entgegenwirken zu können. Eine wissenschaftsbasierte Datenbasis führt zudem zu mehr Rechts- und Planungssicherheit und damit letztlich auch zu beschleunigten Problemlösungen und Entscheidungsprozessen.

Erforderlich ist eine methodische und statistische Weiterentwicklung des Bundesmonitorings mit einer deutlich höheren Stichprobe in Form eines in der geografischen Breite erfassenden allgemeinen und eines speziellen Monitorings (mit ausgewählten Teilpopulationen). Grundlage sollte eine standardisierte Datensammlung, in der qualitätsgesicherte Daten aus Eingriffsplanungen ebenso eingehen, wie gezielte Erhebungen in Artenschutzprojekten, ehrenamtlichen Erfassungen und andere mehr. Diese sollte ergänzt durch Daten des allgemeinen und speziellen Monitorings, für das vor allem objektiv einsetzbare technische Methoden (z. B. Lichtschranken, Fotofallen, stationäre Akustik) kombiniert werden mit den klassischen Methoden (z.B. manuelle Ausflugszählungen).

7 Konsultation

7.1 Planung und Umsetzung des Konsultationsprozesses

Die Erarbeitung einer Empfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle von Fledermäusen ist Teil eines umfassenden Auftrages „Bewertung der derzeitigen Signifikanzschwelle für Fledermäuse und Windenergieanlagen sowie vergleichende Erfassung von Fledermäusen mit zusätzlichen Turmmikrofonen an Windenergieanlagen“ des Bundesamtes für Naturschutz. Für das Vorhaben wurde eine projektbegleitende Arbeitsgruppe (PAG) mit Akteuren aus den Bereichen Fledermausschutz, Naturschutz, Windenergie und Genehmigungsbehörden ins Leben gerufen. Ergänzend wurde ein beratender „Fachkreis Fledermaus“ etabliert. Die projektbegleitende Arbeitsgruppe und der Fachkreis Fledermaus wurden frühzeitig über das Vorhaben und das geplante Vorgehen informiert.

Nach Vorlage des ersten Entwurfs einer Empfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle von Fledermäusen durch das Institut für Tierökologie und Naturbildung wurde am 31. März 2023 ein schriftlicher Konsultationsprozess gestartet. Das Konsultationspapier wurde dabei übermittelt an:

- die für Fledermausschutz zuständigen Behörden der Länderministerien und Länderfachbehörden,
- den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft,
- den Bundesverband für Fledermauskunde,
- den Bundesverband Windenergie,
- die Fachagentur Windenergie an Land,
- das Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende und
- die Umweltverbände NABU und BUND.

Die angeschriebenen Organisationen und Bundesländer wurden gebeten, ggf. weitere Akteure zu benennen, die in den Konsultationsprozess eingebunden werden sollen. Von diesem Angebot wurde jedoch kein Gebrauch gemacht. Um die fachliche Herleitung der Empfehlung zu erläutern und Verständnisfragen zu klären, fand am 24. April 2023 von 10.00 bis 12.00 Uhr eine Online-Veranstaltung statt. Daran haben sich insgesamt 26 Personen aus 22 Organisationen und Bundesländern beteiligt.

Die Rückmeldefrist für den Konsultationsprozess endete am 30. April 2023. Sie wurde auf Wunsch einiger Teilnehmenden verlängert. Die letzte Rückmeldung lag am 20. Mai 2023 vor.

Die eingegangenen Rückmeldungen wurden ausgewertet, in Tabellenform aufbereitet und so weit möglich in dem finalen Dokument der „Fachempfehlung für eine bundesweite Signifikanzschwelle“ berücksichtigt. Allen am Konsultationsprozess beteiligten Organisationen und Bundesländern sowie den Mitgliedern der PAG und des Fachkreises Fledermaus werden die Auswertungen zur Verfügung gestellt.

Von den insgesamt konsultierten 24 Organisationen und Bundesländern haben sich 16 mit einer Stellungnahme zurückgemeldet. Bei den Rückmeldungen der Länder handelt es sich bis

auf eine Ausnahme jeweils um offizielle Stellungnahmen der obersten Naturschutzbehörde bzw. der oberen Naturschutzbehörden.

7.2 Ergebnisse des Konsultationsprozesses

Die Ergebnisse des Konsultationsprozesses sind im Folgenden anonymisiert. Die 16 Organisationen und Bundesländer, die sich mit Anmerkungen zurückgemeldet haben, werden neutral als „Akteure“ bezeichnet.

Die überwiegende Zahl der Akteure (15 von 16) lobt die umfassende Darstellung der fachlichen Grundlagen zum Kollisionsrisiko und zur Populationsökologie von Fledermäusen sowie die Herleitung einer Signifikanzschwelle als fachlich und rechtlich plausibel und nachvollziehbar. Lediglich ein Akteur kritisiert die Herleitung.

15 von 16 Akteuren stimmen dem Ansatz zu, sich aufgrund der dargelegten Sensitivität von Fledermauspopulationen gegenüber erhöhten Mortalitätsraten bei gleichzeitig unscharfen Kenntnissen zu den Populationsgrößen kollisionsgefährdeter Arten argumentativ auf das Vorsorgeprinzip zu stützen und eine weitestgehende Minimierung einer zusätzlichen Mortalität im Zusammenhang mit der Gefährdung an Windenergieanlagen zu fordern. Ein Akteur ist hingegen der Meinung, dass das Vorhaben so lange hätte zurückgestellt werden müssen, bis eine entsprechende Datengrundlage (gemeint sind u.a. eindeutige Zahlen zur absoluten Anzahl der Fledermausindividuen in Deutschland) vorliegt.

Zwei Akteure haben den in der Entwurfsfassung verwendeten Begriff „Fachkonvention“ kritisch hinterfragt. In der finalen Fassung wird dieser Begriff nicht mehr verwendet. Es wird nunmehr durchgängig von „Fachempfehlung“ gesprochen. Zwei Akteure haben darüber hinaus angeregt, das Kapitel 4 (artenschutzrechtlicher Rahmen) zur Absicherung noch einer rechtswissenschaftlichen Prüfung zu unterziehen. Diese erfolgte jedoch bereits im Vorfeld.

Obwohl im Rahmen der Konsultation nicht explizit nach einer Positionierung im Hinblick auf die in Kapitel 5 vorgeschlagene Signifikanzschwelle von < 1 gefragt wurde, haben sich die meisten Akteure hierzu in ihren Stellungnahmen geäußert:

- Neun Akteure stimmen der Empfehlung einer Signifikanzschwelle von < 1 ausdrücklich zu.
- Drei weitere Akteure loben die Herleitung der vorgeschlagenen Signifikanzschwelle, ohne sich zu dem vorgeschlagenen Wert direkt zu positionieren. Da der Vorschlag jedoch nicht abgelehnt wird, kann dies als indirekte Zustimmung gewertet werden.
- Ein Akteur äußert sich indifferent.
- Ein Akteur verweist darauf, dass die Herleitung nicht nachvollziehbar ist, lehnt den Vorschlag jedoch nicht explizit ab. Dies wird als indirekte Ablehnung gewertet.
- Zwei Akteure lehnen die vorgeschlagene Signifikanzschwellen ausdrücklich ab – davon ein Akteur aufgrund der Tatsache, dass die vorgeschlagene Schwelle nicht streng genug sei.

Drei Akteure geben zu bedenken, dass die empfohlene Signifikanzschwelle von < 1 zu hohen Abschaltverlusten insbesondere in den südlichen Bundesländern führen würde und damit ein Widerspruch zu den inzwischen im Bundesnaturschutzgesetz festgeschriebenen Zumutbarkeitsschwellen bestehen könne. Ein weiterer Akteur thematisiert dies ebenfalls, empfiehlt

jedoch, dass bei einer Lösung des aufgezeigten Widerspruchs die Zumutbarkeitsschwelle und nicht die vorgeschlagene Signifikanzschwelle angepasst wird.

Im Hinblick auf die gesetzlich fixierte Zumutbarkeitsschwelle bei der Gewährung der Ausnahme verweist einer der Akteure darauf, dass die Abschaltung zu Gunsten von Fledermäusen zwar in die Berechnung der Erheblichkeitsschwelle mit einbezogen werden muss, der neue § 45b Abs. 9 BNatSchG sich aber nur auf Brutvögel und nicht auf Fledermäuse bezieht. Deshalb dürfe bei der Anordnung von Maßnahmen zum fledermausangepassten Betrieb von WEA im Rahmen der Ausnahme die Abschaltzeiten nicht bei der auf 4 bzw. 6 Prozent des Jahresertrages gedeckelten Zumutbarkeit angerechnet werden. Davon unabhängig sei die Frage, was passiert, wenn die jährlichen Ertragseinbußen den pauschalen Rechnungswert von 2,5% übersteigen. Hierzu habe sich der Gesetzgeber bisher nicht geäußert. Der Akteur geht deshalb davon aus, dass die Ertragseinbußen durch Abschaltungen, die zur Erreichung des gesetzlichen Schutzes von Fledermäusen nötig sind, nicht begrenzt sein dürfen.

Ein weiterer Akteur verweist darauf, dass auf Basis der hergeleiteten Signifikanzschwelle von < 1 zukünftig jeder Wert > 1 zu Konflikten mit dem Artenschutzrecht und damit zur Anfechtungsmöglichkeit von Genehmigungen führen würde.

Fünf von 16 Akteuren thematisieren, dass die Signifikanzschwellenbetrachtung sich immer nur auf einzelne Windenergieanlagen bezieht und die kumulativen Wirkungen vieler im räumlichen Zusammenhang stehender Anlagen nicht angemessen berücksichtigt wird bzw. bei Multiplikation des Signifikanzwerts bei mehreren Windenergieanlagen in der Summe Schlagopferzahlen toleriert würden, die ggf. im populationsrelevanten Bereich lägen.

12 von 16 Akteuren loben, dass differenzierte pauschale Betriebszeitenkorrekturen nach Regionen, Rotorblattlängen sowie Nachtzehnteln und Monaten auch Teil der Fachempfehlung zur Signifikanzschwelle sind. Diese Differenzierung sei – so die einhellige Meinung – eine deutliche Verbesserung gegenüber den bisherigen bundesweit einheitlichen Abschaltvorgaben (meist pauschal 6 m/s und 10°C Lufttemperatur), verbessere die Einhaltung der in Genehmigungen festgelegten Schwellenwerte und stärke damit den Artenschutz und gleichzeitig auch den standortangepassten Betrieb. Um die differenzierten pauschalen Abschaltungen im Hinblick auf den konkreten Standort einer Windenergieanlage weiter anzupassen, wird ein verpflichtendes zwei- bis dreijähriges Gondelmonitoring mit einer anschließenden Berechnung einer individuellen (anlagenbezogenen) Abschaltung mit der Software ProBat von fünf Akteuren explizit für sinnvoll erachtet. Ein Akteur plädiert für eine Freiwilligkeit.

Ein Akteur verweist in Übereinstimmung mit dem Konsultationspapier darauf, dass die dargestellten differenzierten pauschalen Abschaltungen deutlich machen, dass selbst bei der gegenwärtig meistens beauftragten Signifikanzschwelle von < 2 die bisherigen pauschalen Betriebszeitenkorrekturen bei 6m/s nicht ausreichend seien, um die angestrebte Begrenzung der Kollisionopfer einzuhalten und deswegen dringend Anpassungen der pauschalen Betriebseinschränkungen erfolgen müssen.

Fünf Akteure setzen sich detailliert mit dem Berechnungs-Algorithmus von ProBat auseinander. Ein Akteur weist auf vermeintliche Fehlberechnungen hin, die anderen vier Akteure geben detaillierte Hinweise bzw. stellen Fragen zur Weiterentwicklung. Es war und ist jedoch nicht Bestandteil des Vorhabens, eine Überarbeitung und Anpassung der Software ProBat

vorzunehmen. Die genannten Hinweise werden in die von der Naturstiftung David geplante neue Version von ProBat einfließen.

Die in Kapitel 6 genannten Empfehlungen (Schaffung einer deutlich belastbareren Datengrundlage) wird einhellig begrüßt. Folgende weiterführende Empfehlungen bzw. Handlungsbedarfe werden von einzelnen Akteuren zusätzlich benannt:

- Veröffentlichung der Fachempfehlung und zügige Umsetzung der Ergebnisse des Vorhabens in politische und verwaltungsrechtliche Vorgaben - vorzugsweise bundesweit einheitlich.
- Lösung bestehender Widersprüche zwischen unionsrechtlichen Vorgaben, den Regelungen von § 45b BNatSchG (Zumutbarkeitsschwelle) und den fachlichen Grundlagen der Signifikanzbewertung.
- Nutzung des Repowering für eine Verbesserung des Fledermausschutzes. Hierbei sollten auch explizite Vorgaben zur gesetzlich vorgeschriebenen Deltabetrachtung erfolgen.
- Weiterentwicklung von ProBat, Optimierung des Gondelmonitorings an Windenergieanlagen sowie weitere Regionalisierung des ProBat-Berechnungsansatzes; Fortführung der Schlagopferforschung an modernen Windenergieanlagen.
- Entwicklung eines Ansatzes, um kumulative Effekte von Windparks auf lokale Populationen angemessen zu berücksichtigen.
- Fachlich eindeutige Definition des Trudelbetriebes.
- Umsetzung eines Ansatzes zur Minimierung von Schlagopfern an älteren Windenergieanlagen, die ohne einen fledermausangepassten Betrieb laufen.
- Bundesweit einheitliche Regelungen zur Zugänglichkeit der im Rahmen von Voruntersuchungen und Gondelmonitoring erfassten Fledermausfachdaten.
- Juristische Prüfung, ob landesweite Habitatmodelle ausgewählter Fledermausarten für die rechtssichere Abgrenzung von Windenergie-Vorranggebieten genutzt werden können.

7.3 Fazit zum Konsultationsprozess

Insgesamt haben sich zwei Drittel der angeschriebenen Organisationen und Bundesländer an dem Konsultationsprozess beteiligt.

Es besteht ein grundsätzlicher Konsens, dass eine bundesweit einheitliche Signifikanzschwelle für Fledermäuse zu mehr Rechtssicherheit bei Genehmigungsverfahren führen und damit die Ziele des Ausbaus der Windenergienutzung und des Schutzes der Biodiversität gleichermaßen berücksichtigen kann. Die Herleitung der hier empfohlenen Signifikanzschwelle wird mehrheitlich als fachlich und rechtlich plausibel sowie nachvollziehbar gewertet.

Der vorgeschlagenen Signifikanzschwelle von < 1 wird ebenfalls mehrheitlich (direkt oder indirekt) zugestimmt. Es gibt lediglich zwei direkte und eine indirekte Ablehnung. Eine der beiden Ablehnungen wird damit begründet, dass der vorgeschlagene Wert zu wenig ambitioniert sei, entsprechend gegenteilig argumentiert die andere Ablehnung, dass der Wert einem Nullrisiko gleichkäme und deswegen juristisch nicht statthaft sei.

Einhellig begrüßt werden in den Stellungnahmen die nach Region, Rotorblattlänge sowie Nachtzehnteln und Monaten differenzierten pauschalen Betriebszeitenkorrekturen. Damit kann der Ausgleich zwischen einem möglichst hohen Stromertrag bei gleichzeitig hohem Artenschutzniveau besser als mit den bisherigen pauschalen und weitgehend undifferenzierten Abschaltzeiten erfolgen. Eine noch weitere Optimierung ist mit einem zwei- bis dreijährigen Gondelmonitoring und der daraus mit ProBat berechneten individuellen pauschalen Abschaltung möglich.

Einvernehmen besteht darin, dass die Schaffung einer deutlich umfassenderen Datengrundlage zur Populationsentwicklung von Fledermäusen in Deutschland und in Europa zwingend erforderlich ist.

Literaturverzeichnis

- Ahlén, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. Fauna och Flora, Bd. 93, S. 14–22.
- Ahlén, I. (2003): Wind turbines and bats—a pilot study.
- Alcalde, J.T. & Sáenz, J. (2004): First data on bat mortality in wind farms of Navarre (northern Iberian peninsula). Le Rhinophe, S. 5.
- Allendorf, F.W. & Luikart, G. (2007): Conservation and the genetics of populations. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 642 Seiten.
- Allison, T.D., Diffendorfer, J.E., Baerwald, E.F., Beston, J.A., Drake, D., Hale, A.M., Hein, C.D., Huso, M.M., Loss, S.R., Lovich, J.E., Strickland, M.D., Williams, K.A. & Winder, V.L. (2019): Impacts to wildlife of wind energy siting and operation in the United States (Report Nr. 21), Issues in Ecology. Ecological society of America, 24 Seiten.
- Anthony, E.L.P. & Kunz, T.H. (1977): Feeding strategies of the little brown bat, *Myotis lucifugus*, in southern New Hampshire. Ecology, Bd. 58, S. 775–786.
- Armstrong, A., Burton, R.R., Lee, S.E., Mobbs, S., Ostle, N., Smith, V., Waldron, S. & Whitaker, J. (2016): Ground-level climate at a peatland wind farm in Scotland is affected by wind turbine operation. Environmental Research Letters, Bd. 11, S. 8.
- Arnett, E.B., Brown, W.K., Erickson, W.P., Fiedler, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T.H., Jain, A., Johnson, G.D., Kerns, J., Koford, R.R., Nicholson, C.P., O’Connell, T.J., Piorkowski, M.D. & Tankersley, R.D. (2008): Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. Journal of Wildlife Management, Bd. 72, S. 61–78.
- Arnett, E.B., Huso, M.M., Schirmacher, M.R. & Hayes, J.P. (2011): Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. Frontiers in Ecology and the Environment, Bd. 9, S. 209–214.
- Baagøe, H.J. (2001): *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818) - Bechsteinfledermaus. In: Krapp, F. (Hrsg.), Handbuch der Säugetiere Europas, Band 4: Fledertiere, Teil I: Chiroptera I. Aula-Verlag, Wiebelsheim, S. 405–442.
- Bach, L., Brinkmann, R., Limpens, H., Rahmel, U., Reichenbach, M. & Roschen, A. (1999): Bewertung und planerische Umsetzung von Fledermausdaten im Rahmen der Windkraftplanung. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Bd. 4, S. 162–170.
- Bach, P., Bach, L. & Kesel, R. (2020): Akustische Aktivität und Schlagopfer der Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) an Windenergieanlagen im nordwestdeutschen Küstenraum. In: Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, S. 77–100.
- Baerwald, E.F., Edworthy, J., Holder, M. & Barclay, R.M.R. (2009): A Large-Scale Mitigation Experiment to Reduce Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. Journal of Wildlife Management, Bd. 73, S. 1077–1081.
- Barclay, R.M.R. & Hader, L.D. (2003): Life histories of bats: life in the slow lane. In: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Hrsg.), Bat Ecology. University of Chicago Press, Chicago, London, S. 209–253.
- Barros, M.A.S., Iannuzzi, L., de Holanda Silva, I.L., Otálora-Ardila, A. & Bernard, E. (2022): Factors affecting searcher efficiency and scavenger removal of bat carcasses in Neotropical wind facilities. The Journal of Wildlife Management, S. 1–23.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2017): Arbeitshilfe Fledermausschutz und Windkraft. Teil 1: Fragen und Antworten - Fachfragen des bayerischen Windenergie-Erlasses. Augsburg, 25 Seiten.
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1991): Ökologie: Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften. Birkhäuser, Basel, 1024 Seiten.

- Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Korner-Nievergelt, J., Reinhard, H., Simon, R., Stiller, F., Weber, N. & Nagy, M. (2018): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis. Erlangen, Freiburg, Ettiswill, 415 Seiten.
- Behr, O., Brinkmann, R., Niermann, I. & Korner-Nievergelt, F. (2011a): Fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen für Windenergieanlagen. In: Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen, Umwelt und Raum. Cuvillier-Verlag, Göttingen, S. 354–383.
- Behr, O., Brinkmann, R., Niermann, I. & Korner-Nievergelt, F. (2011b): Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen, Umwelt und Raum. Cuvillier-Verlag, Göttingen, S. 177–286.
- Bernotat, D. & Dierschke, V. (2021): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen - Teil II.8: Arbeitshilfe zur Bewertung der Kollisionsgefährdung von Fledermäusen an Windenergieanlagen, Aufl. 4. 31 Seiten.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2019a): Ergebnisse nationaler FFH-Bericht 2019, Erhaltungszustände und Gesamttrends der Arten in der kontinentalen biogeografischen Region. 5 Seiten.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2019b): Ergebnisse nationaler FFH-Bericht 2019, Erhaltungszustände und Gesamttrends der Arten in der atlantischen biogeografischen Region. 3 Seiten.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2019c): Ergebnisse nationaler FFH-Bericht 2019, Erhaltungszustände und Gesamttrends der Arten in der alpinen biogeografischen Region. 3 Seiten.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2022a): FFH-VP-Info: Fachinformationssystem zur FFH-Verträglichkeitsprüfung, www.ffh-vp-info.de, Wirkfaktoren [WWW Dokument]. URL <https://ffh-vp-info.de>. Heruntergeladen am: 29. November 2022.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2022b): *Pipistrellus pipistrellus* - Zwergfledermaus [WWW Dokument]. Artensteckbriefe Fledermäuse. URL <https://www.bfn.de/artenportraits/pipistrellus-pipistrellus>. Heruntergeladen am: 9. Mai 2022.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz & BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Beschleunigung des naturverträglichen Ausbaus der Windenergie an Land - Eckpunktepapier -. Berlin, 6 Seiten.
- Boyce, M.S. (1984): Restitution of r- and K-selection as a model of density-dependent natural selection. Annual Review of Ecology and Systematics, Annual Review of Ecology and Systematics, Bd. 15, S. 427–447.
- Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Cuvillier-Verlag, Göttingen, 470 Seiten.
- Brinkmann, R., Mayer, K., Kretzschmar, F. & von Witzleben, J. (2006): Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse. Ergebnisse aus dem Regierungsbezirk Freiburg mit einer Handlungsempfehlung für die Praxis (Ergebnisse). Regierungspräsidium Freiburg, Freiburg, 11 Seiten.
- Bruns, E., Schuster, E. & Streiffeler, J. (2021): Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen, BfN-Skripten. BfN - Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg, 57 Seiten.
- Bulling, L., Sudhaus, D., Schnittker, D., Schuster, E., Biehl, J. & Tucci, F. (2015): Vermeidungsmaßnahmen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Studie). Fachagentur Windenergie an Land, Berlin, 120 Seiten.
- Choi, D.Y., Wittig, T.W. & Kluever, B.M. (2020): An evaluation of bird and bat mortality at wind turbines in the Northeastern United States. PLOS ONE, Bd. 15, S. 1–22.

- Corcoran, A.J., Weller, T.J., Hopkins, A. & Yovel, Y. (2021): Silence and reduced echolocation during flight are associated with social behaviors in male hoary bats (*Lasiurus cinereus*). *Scientific Reports*, Bd. 11, S. 18637.
- Cryan, Paul.M., Gorresen, P.M., Hein, C.D., Schirmacher, M.R., Diehl, R.H., Huso, M.M., Hayman, D.T.S., Fricker, P.D., Bonaccorso, F.J., Johnson, D.H., Heist, K. & Dalton, D.C. (2014): Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Bd. 111, S. 15126–15131.
- Cryan, P.M. & Barclay, R., M.R. (2009): Causes of Bat Fatalities at Wind Turbines: Hypotheses and Predictions. *Journal of Mammalogy*, Bd. 90, S. 1330–1340.
- Davy, C.M., Squires, K. & Zimmerling, J.R. (2020): Estimation of spatiotemporal trends in bat abundance from mortality data collected at wind turbines. *Conservation Biology*, Bd. 35, S. 227–238.
- Deutsche WindGuard GmbH (2023): Windenergiestatistik (Stand 17.07.2023) [WWW Dokument]. URL <https://www.windguard.de/windenergiestatistik.html>. Heruntergeladen am: 29. August 2023.
- Dietz, C., Dietz, I., Hartmann, S., Hurst, J., Kohnen, A., Steck, C. & Brinkmann, R. (2016): Identifizierung von Schlüsselparametern für die Entwicklung von Populationsmodellen bei Fledermäusen. In: BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), *Fledermäuse und Windkraft im Wald: Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3512 84 0201) „Untersuchungen zur Minderung der Auswirkungen von WKA auf Fledermäuse, insbesondere im Wald“*. BfN – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, S. 353–396.
- Dietz, C., Nill, D. & Von Helversen, O. (2016): *Handbuch der Fledermäuse - Europa und Nordwestafrika - Biologie, Kennzeichen, Gefährdung*. Franck-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart, 413 Seiten.
- Dietz, M. & Birlenbach, K. (2006): Lebensraumfragmentierung und die Bedeutung der FFH-Richtlinie für den Schutz von Säugetieren mit großen Raumanprüchen. In: *Naturschutz-Akademie Hessen, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland & Institut für Tierökologie und Naturbildung (Hrsg.), Kleine Katzen - Große Räume. Tagungsband zur Wildkatzentagung in Fulda am 11.11.2005, NAH-Akademie-Berichte. NZH-Verlag, Wetzlar, S. 21–32.*
- Dietz, M. & Krannich, A. (2019): Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* - eine Leitart für den Waldnaturschutz. *Handbuch für die Praxis*. <https://www.bechsteinfledermaus.eu>, 188 Seiten.
- Domínguez del Valle, J.D., Cervates Peralta, F. & Jaquero Arjona, M.I. (2020): Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. *Journal of Applied Ecology*, Bd. 57, S. 1926–1935.
- Dürr, T. (2002): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. *Nyctalus*, Bd. 8, S. 115–118.
- Dürr, T. (2022): Fledermausverluste an Windenergieanlagen in Deutschland und Europa – Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte | LfU Brandenburg (Stand 17.06.2022) [WWW Dokument]. URL <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeits-schwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>. Heruntergeladen am: 11. August 2022.
- Ellerbrok, J.S., Delius, A., Peter, F., Farwig, N. & Voigt, C.C. (2022): Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. *Journal of Applied Ecology*, S. 1–10.
- Erickson, W., Johnson, G., Young, D., Strickland, D., Good, R., Bourassa, M., Bay, K. & Sernka, K. (2002): Synthesis and comparison of baseline avian and bat use, raptor nesting and mortality information from proposed and existing wind developments. *West Inc., Cheyenne*, 124 Seiten.

- EU (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Reihe L, Bd. 206.
- Europäische Kommission (EU) (2019): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Der europäische Grüne Deal. Brüssel, 1–29 Seiten.
- European Commission (2007): Guidance document on the strict protection of animal species of Community interest under the Habitats Directive 92/43/EEC.
- FA Wind – Fachagentur Windenergie an Land (2020): Fledermausschutz an Windenergieanlagen - Ergebnisse einer Betreiberumfrage zum Gondelmonitoring. Berlin, 46 Seiten.
- FA Wind: Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2022): Verwaltungsvorschriften/Empfehlungen der Bundesländer zum Umgang mit natur- und artenschutzrechtlichen Aspekten bei der Planung und Genehmigung sowie dem Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) [WWW Dokument]. URL https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Naturschutz/FA_Wind_Uebersicht_Umgang_mit_Artenschutz_Bundeslaender.pdf. Heruntergeladen am: 17. August 2022.
- Fischer-Hüftle, P. (2021): Neues zur Waldbewirtschaftung in Natura 2000-Gebieten. ANLIEGEN NATUR, S. 1–4.
- Fleming, T.H. & Eby, P. (2003): Ecology of Bat Migration. In: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Hrsg.), Bat Ecology. University of Chicago Press, Chicago, S. 156–208.
- Frick, W.F., Baerwald, E.F. & Pollock, J.F. (2017): Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. Biological Conservation, Bd. 209, S. 172–177.
- Fritze, M., Lehnert, L.S., Heim, O., Lindemann, O., Roeleke, M. & Voigt, C.C. (2019): Fledermausschutz im Schatten der Windenergie. Naturschutz und Landschaftsplanung, Bd. 51, S. 20–27.
- Gaultier, S.P., Lilley, T.M., Vesterinen, E.J. & Brommer, J.E. (2023): The presence of wind turbines repels bats in boreal forests. Landscape and Urban Planning, Bd. 231, S. 104636.
- Gellermann, M. (2014): Zugriffsverbote des Artenschutzes und behördliche Einschätzungsprärogative. Natur und Recht, Bd. 36, S. 597–605.
- Gellermann, M. (2022a): Beschleunigung des naturverträglichen Ausbaus der Windenergie an Land – Das Eckpunktepapier des BMUV und BMWK vom 4. April 2022 – Anmerkungen aus rechtswissenschaftlicher Perspektive. Westerkappeln, 1–10 Seiten.
- Gellermann, M. (2022b): Artenschutz und Forstwirtschaft - naturschutzrechtliche Anforderungen -. In: Czybulka, D. & Köck, W. (Hrsg.), Forstwirtschaft und Biodiversitätsschutz im Wald: Beiträge zum 14. deutschen Naturschutzrechtstag. Nomos, Baden-Baden, S. 133–146.
- Gellermann, M. (2022c): Stellungnahme zu dem Gesetzentwurf der Fraktionen SPD, Bündnis90/Die Grünen und FDP aus Anlass der öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz, Nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz des Deutschen Bundestages am 4. Juli 2022, 15 Seiten.
- Georgiakakis, P., Kret, E., Cárcamo, B., Doutau, B., Kafkaletou-Diez, A., Vasilakis, D. & Papadatou, E. (2012): Bat Fatalities at Wind Farms in North-Eastern Greece. Acta Chiropterologica, Bd. 14, S. 459–468.
- Goldenberg, S.Z., Cryan, P.M., Gorresen, P.M. & Fingersh, L.J. (2021): Behavioral patterns of bats at a wind turbine confirm seasonality of fatality risk. Ecology and Evolution, Bd. 11, S. 4843–4853.
- Gottwald, J., Appelhans, T., Adorf, F., Hillen, J. & Nauss, T. (2017): High-Resolution MaxEnt Modelling of Habitat Suitability for Maternity Colonies of the Barbastelle Bat *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774) in Rhineland-Palatinate, Germany. Acta Chiropterologica, Bd. 19, S. 389–398.

- Grodsky, S.M., Behr, M.J., Gendler, A., Drake, D., Dieterle, B.D., Rudd, R.J. & Walrath, N.L. (2011): Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy*, Bd. 92, S. 917–925.
- Guest, E.E., Stamps, B.F., Durish, N.D., Hale, A.M., Hein, C.D., Morton, B.P., Weaver, S.P. & Fritts, S.R. (2022): An updated review of hypotheses regarding bat attraction to wind turbines. *Animals*, Bd. 12, S. 343.
- Hayes, M.A. (2013): Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience*, Bd. 64, S. 546–547.
- Heise, G. & Blohm, T. (2003): Zur Altersstruktur weiblicher Abendsegler (*Nyctalus noctula*) in der Uckermark. *Nyctalus*, Bd. 9, S. 3–13.
- HMUKLV/HMWVW (2020): Verwaltungsvorschrift (VwV) „Naturschutz/Windenergie“ (Gemeinsamer Runderlass des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen). Wiesbaden, 99 Seiten.
- Höhne, E., Weitzel, M.E. & Dietz, M. (2015): Permanent acoustic recording is appropriate to assess bat diversity, activity and migration patterns. In: Poster Contribution at the Conference. Gehalten auf der 4th International Berlin Bat Meeting, 13.-15. März 2015, Berlin.
- Holland, R.A., Kirschvink, J.L., Doak, T.G. & Wikelsky, M. (2008): Bats use magnetite to detect the earth's magnetic field. *PLoS ONE*, Bd. 3, S. 1–6.
- Horn, J.W., Arnett, E.B. & Kunz, T.H. (2008): Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management*, Bd. 72, S. 123–132.
- Hurst, J., Balzer, S., Biedermann, M., Dietz, C., Dietz, M., Höhne, E., Karst, I., Petermann, R., Schorcht, W., Steck, C. & Brinkmann, R. (2015): Erfassungsstandards für Fledermäuse bei Windkraftprojekten in Wäldern. Diskussion aktueller Empfehlungen der Bundesländer. *Natur und Landschaft*, Bd. 90, S. 157–169.
- Hurst, J., Biedermann, M., Dietz, M., Karst, I., Krannich, E., Schorcht, W., Brinkmann, R., Dietz, C. & Petermann, R. (2016): Fledermäuse und Windkraft im Wald: Überblick über die Ergebnisse des Forschungsvorhabens. In: Bundesamt für Naturschutz - BfN (Hrsg.), *Fledermäuse und Windkraft im Wald: Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3512 84 0201) „Untersuchungen zur Minderung der Auswirkungen von WKA auf Fledermäuse, insbesondere im Wald“*, Naturschutz und Biologische Vielfalt. Bonn - Bad Godesberg, S. 396.
- Huso, M., Conkling, T., Dalthorp, D., Davis, M., Smith, H., Fesnock, A. & Katzner, T. (2021): Relative energy production determines effect of repowering on wildlife mortality at wind energy facilities. *Journal of Applied Ecology*, Bd. 58, S. 1284–1290.
- Huso, M.M.P. & Dalthorp, D. (2014): A Comment on „Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities“. *BioScience*, Bd. 64, S. 546–547.
- Hutterer, R., Ivanova, T., Meyer-Cords, C. & Rodrigues, L. (2005): Bat Migrations in Europe. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Münster, 162 Seiten.
- Interessengemeinschaft Fledermausschutz und -forschung Thüringen e.V. (IFT) (2021): Bericht zur Roten Liste der Fledermäuse Thüringens 2021. Schweina, 81 Seiten.
- IPBES - Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services & IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2021): Scientific Outcome of the IPBES-IPCC-sponsored Workshop on Biodiversity and Climate Change.
- ITN – Institut für Tierökologie und Naturbildung (2015): Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Fledermausschutzes bei der Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Thüringen. Gonterskirchen, 1–121 Seiten.

- Johnson, G.D., Erickson, W.P. & Strickland, M.D. (2002): What is known and not known about impacts on bats? In: Proceedings of a workshop in Jackson Hole. Gehalten auf der About the avian interactions with wind power structures, Electric Power Research Institute, Jackson Hole, Wyoming, USA.
- Keeley, B., Ugoretz, S. & Strickland, D. (2001): Bat ecology and wind turbine considerations. In: Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting IV (ed. PNAWPPM-IV). National Wind Coordinating Committee, Washington, D. C., S. 135–146.
- Kerth, G. (1998): Sozialverhalten und genetische Populationsstruktur bei der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*. Universität Würzburg, Berlin, 130 Seiten.
- Kerth, G., Almasi, B., Ribi, N., Thiel, D. & Lüpold, S. (2003): Social interactions among wild female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*) living in a maternity colony. *Acta ethologica*, Bd. 5, S. 107–114.
- Kerth, G., Fleischmann, D., van Schaik, J. & Melber, M. (2013): Vom Verhalten über die Genetik zum Naturschutz: 20 Jahre Forschung an der Bechsteinfledermaus. In: Dietz, M. (Hrsg.), Populationsökologie und Habitatsprüche der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*. Beiträge zur Fachtagung in der Trinkkuranlage Bad Nauheim, 25.-26. Februar 2011. S. 35–50.
- Kerth, G. & König, B. (1996): Transponder and an infrared-videocamera as methods used in a fieldstudy on the social behaviour of Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*). *Myotis*, Bd. 34, S. 27–34.
- Kerth, G., Mayer, F. & König, B. (2000): Mitochondrial DNA (mtDNA) reveals that female Bechstein's bats live in closed societies. *Molecular Ecology*, Bd. 9, S. 793–800.
- Kerth, G., Mayer, F. & Petit, E. (2002): Extreme sex-biased dispersal in the communally breeding, nonmigratory Bechstein's bat (*Myotis bechsteinii*). *Molecular Ecology*, Bd. 11, S. 1491–1498.
- Kerth, G. & Morf, L. (2004): Behavioural and genetic data suggest that Bechstein's bats predominantly mate outside the breeding habitat. *Ethology*, Bd. 110, S. 987–999.
- Kerth, G. & Petit, E. (2005): Colonization and dispersal in a social species, the Bechstein's bat (*Myotis bechsteinii*). *Molecular Ecology*, Bd. 14, S. 3943–3950.
- Kerth, G., Wagner, M. & König, B. (2001): Roosting together, foraging apart: information transfer about food is unlikely to explain sociality in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*). *Behavioural Ecology and Sociobiology*, Bd. 50, S. 283–291.
- KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2019): Anfrage Nr. 233 zum Thema Trudelbetrieb und „signifikant erhöhtem Tötungsrisiko“. Antwort vom 25. Juli 2019. [WWW Dokument]. KNE Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende. URL <https://www.naturschutz-energiewende.de/fragenundantworten/233-trudelbetrieb-blattspitzengeschwindigkeit-windenergieanlagen-kollisionsrisiko-voegel-fledermaeuse/>. Heruntergeladen am: 12. November 2022.
- KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2023): Anfrage Nr. 279 zur Anzahl an Windenergieanlagen an Land in Deutschland mit Abschaltungen zum Fledermausschutz. Aktualisierte Antwort vom 02.05.2023 [WWW Dokument]. URL https://www.naturschutz-energiewende.de/fragenundantworten/kne-antwort-279_anzahl_windenergieanlagen_abschaltungen_fledermausschutz_deutschland/. Heruntergeladen am: 4. August 2023.
- Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Korner-Nievergelt, F. & Simon, R. (2018): Populationsbiologische Modellierung von Fledermauspopulationen. In: Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Mages, J., Korner-Nievergelt, J., Reinhard, H., Simon, R., Stiller, F., Weber, N. & Nagy, M. (Hrsg.), Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (Renibat III). S. 312–342.

- Korner-Nievergelt, P. & Nagy, K.A. (2018): Populationsbiologische Kennzahlen von Fledermäusen aus der Literatur. In: Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Mages, J., Korner-Nievergelt, J., Reinhard, H., Simon, R., Stiller, F., Weber, N. & Nagy, M. (Hrsg.), Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (Renibat III). Erlangen, S. 191–312.
- Kravchenko, K., Vlaschenko, A.S., Lehnert, L.S., Courtiol, A. & Voigt, C.C. (2020): Generational shift in the migratory common noctule bat: first-year males lead the way to hibernacula at higher latitudes. *Biology Letters*, Bd. 16, S. 1–5.
- Kruszynski, C., Baley, L.D., Bach, L., Bach, P., Fritze, M., Lindecke, O., Teige, T. & Voigt, C. (2021): High vulnerability of juvenile *Nathusius` pipistrelle* bats (*Pipistrellus nathusii*) at wind turbines. *Ecological Applications*, Bd. 32, S. 1–12.
- Kugelschafter, K., Göttsche, M. & Gloza-Rausch, F. (2015): Spalten, die nicht tief blicken lassen – Erkenntnisse aus 20 Jahre non-invasivem Fledermaus-Monitoring in der Kalkberghöhle, Bad Segeberg - Poster zur BAG-Tagung.
- Kunz, T.H. (1974): Reproduction, growth and mortality of the vespertilionid bat, *Eptesicus fuscus*, in Kansas. *Journal of Mammalogy*, Bd. 55, S. 1–13.
- Kunz, T.H. & Stern, A.L. (1995): Maternal investment and postnatal growth in bats. *Symposia of the Zoological Society of London*, Bd. 67, S. 63–77.
- Lambrecht, H. (2007): Fachinformationssystem und Fachkonventionen zur Bestimmung der Erheblichkeit im Rahmen der FFH-VP – Endbericht zum Teil Fachkonventionen, Schlusstand Juni 2007. – FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 804 82 004, S. 1–239.
- LANA – Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (2010): Vollzugshinweise zum Artenschutzrecht. Vom ständigen Ausschuss „Arten- und Biotopschutz“ überarbeitet (Stand: 19.11.2010). 204 Seiten.
- LANA – Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz (2009): Hinweise zu zentralen unbestimmten Rechtsbegriffen des Bundesnaturschutzgesetzes. 26 Seiten.
- Lau, M. & Steeck, S. (2008): Das Erste Gesetz zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes – Ein Ende der Debatte um den europäischen Artenschutz? *Natur und Recht*, Bd. 30, S. 386–396.
- Lehnert, L.S., Kramer-Schadt, S., Schönborn, S., Lindecke, O., Niermann, I. & Voigt, C.C. (2014): Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. *PLoS ONE*, Bd. 9, S. e103106.
- Lindemann, C., Runkel, V., Kiefer, A., Lukas, A. & Veith, M. (2018): Abschaltalgorithmen für Fledermäuse an Windenergieanlagen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, Bd. 50, S. 418–425.
- Long, C., Flint, J., Lepper, P. & Dible, S. (2009): Wind turbines and bat mortality: interactions of bat echolocation pulses with moving turbine rotor blades, Bd. 31, S. 185–192.
- Lukas, A. (2022): Artenschutz in Planungs- und Zulassungsverfahren (Dissertation). Universität Kassel, Kassel, 384 Seiten.
- LUNG MV – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2016): Artenschutzrechtliche Arbeits- und Beurteilungshilfe für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen (AAB-WEA) – Teil Fledermäuse. Güstrow, 40 Seiten.
- Luo, L., Zhuang, Y., Duan, Q., Dong, L., Yu, Y., Liu, Y., Chen, K. & Gao, X. (2021): Local climatic and environmental effects of an onshore wind farm in North China. *Agricultural and Forest Meteorology*, Bd. 308–309, S. 1–9.

- Măntoiu, D.S., Kravchenko, K. & Lehnert, L.S. (2020): Wildlife and infrastructure: impact of wind turbines on bats in the Black Sea coast region. *European Journal of Wildlife Research*, Bd. 66, S. 1–13.
- Matthews, F., Swindells, M., Goodhead, R., August, T.A., Hardman, P., Linton, D.M. & Hosken, D.J. (2013): Effectiveness of Search Dogs Compared With Human Observers in Locating Bat Carcasses at Wind-Turbine Sites: A Blinded Randomized Trial. *Wildlife Society Bulletin*, Bd. 37, S. 34–40.
- Mayer, F., Petit, E. & Von Helverson, O. (2002): Genetische Strukturierung von Populationen des Abendseglers (*Nyctalus noctula*) in Europa. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, Bd. 71, S. 267–278.
- McLean, J.A. & Speakman, J.R. (2000): Morphological changes during postnatal growth and reproduction in the brown long-eared bat *Plecotus auritus*: implications for wing loading and predicted flight performance. *Journal of Natural History*, Bd. 34, S. 773–791.
- Meinig, H., Boye, P., Dähne, M., Hutterer, R., Lang, J. & Bach, L. (2020): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands, Aufl. Stand November 2019. *Naturschutz und biologische Vielfalt*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 73 Seiten.
- Melber, M., Hermanns, U., Voigt, C.C., Bach, L., Geiger, H., Giese, C., Grosche, L., Kaipf, I., Lindemann, C., Meyer, F., Runkel, V. & Seebens-Hoyer, A. (2023): Fledermausschutz an Windenergieanlagen - Aktueller Stand und Herausforderungen. *Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL)*, Bd. 55, S. 30–37.
- Meschede, A., Schorcht, W., Biedermann, M., Fuchs, M. & Bontadina, F. (2017): Wanderroute der Fledermäuse. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Identifizierung von Fledermauswanderwegen und -korridoren“ (FKZ 3512 86 0200), Aufl. 453. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 237 Seiten.
- MLUL – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (2010): Handlungsempfehlung zum Umgang mit Fledermäusen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Brandenburg. Anlage 3 zum Windenergieerlass.
- MUGV – Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2011): Beachtung naturschutzfachlicher Belange bei der Ausweisung von Windeignungsgebieten und bei der Genehmigung von Windenergieanlagen, S. 5.
- NABU BFA Fledermäuse (2021): Fachpapier des BFA Fledermäuse im NABU - Position zur Beachtung von Fledermäusen beim weiteren Ausbau der Windenergie.
- Nagy, M., Almasi, B., Behr, O., Ohlendorf, N., Schneider, A., Stiller, F. & Korner-Nievergelt, F. (2018): Der Effekt der Eigenschaften von Windenergieanlagen auf das Kollisionsrisiko von Fledermäusen. In: Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Korner-Nievergelt, J., Reinhard, H., Simon, R., Stiller, F., Weber, N. & Nagy, M. (Hrsg.), *Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (Renebat III)*. S. 147–189.
- Niermann, I., Behr, O., Korner-Nievergelt, F., Simon, R. & Reich, M. (2015): Kollisionsopfersuchen als Grundlage zur Überprüfung der Wirksamkeit von Abschaltalgorithmen. In: *Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II)*, Renebat II. S. 165–204.
- Niermann, I., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F. & Behr, O. (2011a): Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Hrsg.), *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*, Umwelt und Raum. Cuvillier-Verlag, Göttingen, S. 40–111.

- Niermann, I., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F. & Behr, O. (2011b): Windbedingte Verdriftungen von Fledermausschlagopfern an Windenergieanlagen – ein Diskussionsbeitrag zur Methodik der Schlagopfersuche. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Hrsg.), Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen, Umwelt und Raum. Cuvillier-Verlag, Göttingen, S. 116–129.
- Petermann, R. (2011): Fledermausschutz in Europa II: Jahr der Fledermaus 2011-2012: Beschlüsse der 5. und 6. EUROBATS-Vertragsstaatenkonferenzen und Berichte zum Fledermausschutz in Deutschland 2003-2009 / Ruth Petermann (Bearb.), BfN-Skripten. BfN, Bonn, 418 Seiten.
- Pianka, E.R. (1970): On r- and K-selection. *The American Naturalist*, Bd. 104, S. 592–597.
- Podlutzky, A.J., Khritankov, A.M., Ovodov, N.D. & Austad, S.N. (2005): A new field record for bat longevity. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Bd. 60, S. 1366–1368.
- Racey, P.A. & Entwistle, A.C. (2000): Life-history and reproductive strategies of bats. In: Crichton, E.G. & Krutzsch, P.H. (Hrsg.), *Reproductive biology of bats*. Academic Press, San Diego, S. 363–414.
- Racey, P.A. & Entwistle, A.C. (2003): Conservation Ecology of Bats. In: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Hrsg.), *Bat ecology*. University of Chicago Press, London, S. 680–743.
- Reichenbach, M., Brinkmann, R., Kohnen, A., Köppel, J., Menke, K., Ohlenburg, H., Reers, H., Steinborn, H. & Warnke, M. (2015): Bau- und Betriebsmonitoring von Windenergieanlagen im Wald (Abschlussbericht). Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Oldenburg, 371 Seiten.
- Reinhard, H. & Brinkmann, R. (2018): Zeitliche Einschränkungen des Betriebs von Windenergieanlagen als Maßnahme des Fledermausschutzes – Eine Recherche der Planungsvorgaben der Bundesländer –. In: Behr, O., Brinkmann, R., Hochradel, K., Korner-Nievergelt, J., Reinhard, H., Simon, R., Stiller, F., Weber, N. & Nagy, M. (Hrsg.), *Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis - Endbericht des Forschungsvorhabens gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Förderkennzeichen 0327638E)*. Erlangen, Freiburg, Ettiswill, S. 375–416.
- Richardson, S.M., Lintott, P.R., Hosken, D.J., Economou, T. & Mathews, F. (2021): Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats. *Scientific Reports*, Bd. 11, S. 6.
- Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Goodwin, J. & Harbusch, C. (2016): EUROBATS Publication Series No 6 - Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten - Überarbeitung 2014. EUROBATS Publication Series, Bd. 6.
- Roeleke, M., Blohm, T., Kramer-Schadt, S., Yovel, Y. & Voigt, C.C. (2016): Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific Reports*, Bd. 6, S. 28961.
- Roer, H. (1977): Zur Populationsentwicklung der Fledermäuse (Mammalia, Chiroptera) in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Situation im Rheinland. *Z. Säugetierkunde*, Bd. 42, S. 265–278.
- Roscioni, F., Rebelo, H., Russo, D., Carranza, M.L., Febbraro, M.D. & Loy, A. (2014): A modelling approach to infer the effects of wind farms on landscape connectivity for bats. *Landscape Ecology*, S. 891–903.
- Runge, H., Simon, M., Widdig, T. & Luis, H.W. (2010): Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. (Endbericht). Hannover, Marburg, 383 Seiten.

- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Green, M., Rodrigues, L. & Hedenström, A. (2010): Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research*, Bd. 56, S. 823–827.
- Rydell, J., Bogdanowicz, W., Boonman, A., Pettersson, S., Suchecka, E. & Pomorski, J.J. (2016): Bats may eat diurnal flies that rest on wind turbines. *Mammalian Biology*, Bd. 81, S. 331–339.
- Santos, H., Rodrigues, L., Jones, G. & Rebelo, H. (2013): Using species distribution modelling to predict bat fatality risk at wind farms. *Biological Conservation*, Bd. 157, S. 178–186.
- Schlacke, S. (2017): GK-BNatSchG: Gemeinschaftskommentar zum Bundesnaturschutzgesetz, Aufl. 2. Gemeinschaftskommentare zum Umweltrecht. Carl Heymanns Verlag, Köln, 1109 Seiten.
- Schlapp, G. (1990): Populationsdichte und Habitatansprüche der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818) im Steigerwald (Forstamt Ebrach). *Myotis*, Bd. 28, S. 39–58.
- Schmidt, A. (1994a): Phänologisches Verhalten und Populationseigenschaften der Rauhaufledermaus, *Pipistrellus nathusii* (Keyserling und Blasius, 1839), in Ostbrandenburg. Teil 1. *Nyctalus* (N.F.), Bd. 5, S. 77–100.
- Schmidt, A. (1994b): Phänologisches Verhalten und Populationseigenschaften der Rauhaufledermaus, *Pipistrellus nathusii* (Keyserling und Blasius, 1839), in Ostbrandenburg. Teil 2. *Nyctalus* (N.F.), Bd. 5, S. 123–148.
- Schmidt, A. (2000): 30-jährige Untersuchungen in Fledermauskastengebieten Ostbrandenburgs unter besonderer Berücksichtigung von Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) und Abendsegler (*Nyctalus noctula*). *Nyctalus*, Bd. 7, S. 396–422.
- Schmidtke, C. (2005): Gruppenentscheidungen über das Tagesquartier und Koloniestruktur in einem Wochenstubenverband der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*). Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie, Würzburg, 109 S. + Anhang Seiten.
- Schorcht, W. (2005): Zur Phänologie des Kleinabendseglers, *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817), in Südthüringen. *Nyctalus* (N. F.), Berlin, Bd. 10, S. 351–353.
- Schorcht, W., Bontadina, F. & Schaub, M. (2009): Variation of adult survival drives population dynamics in a migrating forest bat. *J Anim Ecol*, Bd. 78, S. 1182–1190.
- Schuhmacher, J. & Fischer-Hüftle, P. (2021): Bundesnaturschutzgesetz: Kommentar, Aufl. 3. Rechtswissenschaften und Verwaltung. Kommentare. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1635 Seiten.
- Seiche, K., Endl, P. & Lein, M. (2008): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006. *Naturschutz und Landschaftspflege*, S. 62.
- Smallwood, K.S., Bell, D.A. & Standish, S. (2020): Dogs Detect Larger Wind Energy Effects on Bats and Birds. *The Journal of Wildlife Management*, Bd. 84, S. 852–864.
- SPD – Sozialdemokratische Partei Deutschlands, Bündnis 90/die Grünen & FDP – Freie Demokratische Partei (2021): Koalitionsvertrag 2021–2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), Bündnis 90 / die Grünen und den Freien Demokraten (FDP). Berlin, 1–144 Seiten.
- Staatliche Vogelschutzwarte, LUA – Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz & MUV – Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Saarland (2013): Leitfaden zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange beim Ausbau der Windenergienutzung im Saarland. Frankfurt am Main/ Saarbrücken, 1–112 Seiten.
- Steck, C. & Brinkmann, R. (2015): Wimperfledermaus, Bechsteinfledermaus und Mopsfledermaus. Einblicke in die Lebensweise gefährdeter Arten in Baden-Württemberg. Haupt, 200 Seiten.

- Steffens, R., Zöphel, U. & Brockmann, D. (2004): 40 Jahre Fledermausmarkierungszentrale Dresden - methodische Hinweise und Ergebnisübersicht. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege, Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, 126 Seiten.
- Šuba, J. (2014): Migrating Nathusius's pipistrelles *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera: Vespertilionidae) optimise flight speed and maintain acoustic contact with the ground. *Environmental and Experimental Biology*, Bd. 12, S. 7–14.
- Thaxter, C.B., Buchanan, G.M., Carr, J., Butchart, S.H.M., Newbold, T., Green, R.E., Tobias, J.A., Foden, W.B., O'Brien, S. & Pearce-Higgins, J.W. (2017): Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *The Royal Society Publishing*, Bd. 284, S. 1–10.
- Trapp, H., Fabian, D., Förster, F. & Zinke, O. (2002): Fledermausverluste in einem Windpark der Oberlausitz. *Naturschutzarbeit in Sachsen*, Bd. 44, S. 53–56.
- Voigt, C.C., Kaiser, K., Look, S., Scharnweber, K. & Scholz, C. (2022): Wind turbine without curtailment produce large numbers of bat fatalities throughout their lifetime: A call against ignorance and neglect. *Global Ecology and Conservation*, Bd. 37, S. 1–10.
- Voigt, C.C., Lehnert, L.S., Petersons, G., Adorf, F. & Bach, L. (2015): Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research*, Bd. 61, S. 213–219.
- Voigt, C.C., Popa-Lisseanu, A.G., Niermann, I. & Kramer-Schadt, S. (2012): The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation*, Bd. 153, S. 80–86.
- Weaver, S.P., Hein, C.D., Simpson, T.R., Evans, J.W. & Castro-Arellano, I. (2020): Ultrasonic acoustic deterrents significantly reduce bat fatalities at wind turbines. *Global Ecology and Conservation*, Bd. 24, S. 1–10.
- Wohlgemuth, R. (1997): Erstnachweis einer Drillingsgeburt bei der Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*). *Nyctalus*, Bd. 6, S. 393–396.
- Zahn, A., Lustig, A. & Hammer, M. (2014): Potenzielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen. *ANLIEGEN NATUR*, Bd. 36, S. 21–35.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schlagopferverteilung in Europa und Deutschland nach Dürr (2022).	22
Abb. 2:	Lebenszyklusphasen des Abendseglers (<i>Nyctalus noctula</i>) in Deutschland mit einem numerischen und räumlichen Populationsbezug und Beurteilung der Sensitivität bezüglich des Kollisionsrisikos an WEA	38
Abb. 3:	Lebenszyklusphasen der Rauhaufledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i>) in Deutschland mit einem numerischen und räumlichen Populationsbezug und Beurteilung der Sensitivität bezüglich des Kollisionsrisikos an WEA.....	39
Abb. 4:	Lebenszyklusphasen der Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) in Deutschland mit einem numerischen und räumlichen Populationsbezug und Beurteilung der Sensitivität bezüglich des Kollisionsrisikos an WEA.....	39
Abb. 5:	Auftreten verschiedener Quartiergemeinschaften des Kleinabendseglers (<i>Nyctalus leisleri</i>) in einem Untersuchungsgebiet im Werra-Tal. Dargestellt ist die mittlere Anzahl besetzter Kästen (aus Schorcht (2005) in Meschede et al., 2017).	40
Abb. 6:	Anzahl der Fledermausarten (oben) und aufgezeichnete Rufsequenzen pro Nacht (unten) ermittelt über dauerakustische Erfassung mittels Batcordern (Mitte März bis November) an 27 verschiedenen Standorten mit Windenergieplanungen (eig. Datenreihen aus Höhne et al., 2015).	49
Abb. 7:	Aktivitätsverlauf, differenziert nach Lauttypen, an einem Standort im weitgehend unstrukturierten Offenland.	50
Abb. 8:	Aktivitätsverlauf für den Nyctaloiden-Lauttyp (oben) und den Pipistrellus-Lauttyp (unten) aufgenommen auf einer Waldlichtung in einem geschlossenen Wald.	50
Abb. 9:	Fundpunkte und Wiederfunde beringter Tiere der genannten schlaggefährdeten Fledermausarten innerhalb der Verbreitungsgebiete (= farbig-transparente Flächen). Wiederfänge derselben Zugperiode mit roten Pfeilen (= Frühjahr) und blauen Pfeilen (= Herbst) (entnommen aus Meschede et al., 2017).	51
Abb. 10:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Küstenregion bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–80 m.	68
Abb. 11:	Dargestellt ist die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit für Deutschland in Abhängigkeit der Rotorblattdurchmesser und einer Signifikanzschwelle von < 1 (gelber Rahmen). Weiterhin gegeben sind zwei Hilfslinien für die bisher oftmals festgelegte Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s sowie zum Vergleich von 7 m/s (pauschal über alle Regionen).	69
Abb. 12:	Dargestellt ist die pauschale Cut-In Windgeschwindigkeit für die in ProBat differenzierten Regionen in Deutschland in Abhängigkeit der Rotorblattdurchmesser und einer Signifikanzschwelle von < 1 (gelber Rahmen). Weiterhin gegeben sind zwei Hilfslinien für die bisher oftmals festgelegte Cut-In Windgeschwindigkeit von 6 m/s sowie zum Vergleich von 7 m/s.	70

Abb. 13:	Einteilung der Fläche Deutschlands in 8 Naturräume für die Berechnungen der Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) nach ProBat.	100
Abb. 14:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Küstenregion bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.	101
Abb. 15:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Küstenregion bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.	102
Abb. 16:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Norddeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.	103
Abb. 17:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Norddeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.	104
Abb. 18:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Nordwestdeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.	105
Abb. 19:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Nordwestdeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.	106
Abb. 20:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Östlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.	107
Abb. 21:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Östlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.	108
Abb. 22:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Südwestdeutschen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.	109
Abb. 23:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Südwestdeutschen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.	110
Abb. 24:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Westlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.	111
Abb. 25:	Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Westlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.	112

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht über die in Deutschland vorkommenden Fledermausarten mit Angaben zum Erhaltungszustand der biogeografischen Regionen, zum Schutzstatus und Verhaltensweisen in Bezug auf WEA und mögliche Auswirkungen der WEA auf diese, sowie Beurteilung des Konfliktpotentials (verändert mit eigenen Angaben nach Rodrigues et al. (2016) und Hurst et al. (2015)). Besonders schlaggefährdete Arten sind fett dargestellt.	17
Tab. 2:	Geschätzte Populationsgrößen besonders kollisionsgefährdeter Fledermausarten in Deutschland nach Korner-Nievergelt & Nagy (2018) sowie Korner-Nievergelt et al. (2018), ergänzt um Dietz, Dietz, et al. (2016)*. Es fehlen Nord-, Alpen- und Weißrandfledermaus, die in Deutschland bislang nur punktuell nachgewiesen sind.....	36
Tab. 3:	Empfohlene Grundannahmen für die Anwendung einer bundesweiten Signifikanzschwelle zum Schutz von Fledermäusen beim Betrieb von WEA.	64
Tab. 4:	Zahl der in die Berechnung der Betriebsvorgaben eingehenden WEA-Jahre, WEA, Windparks und Kalenderjahre.....	68
Tab. 5:	Fledermausverluste an WEA in Deutschland nach Dürr (2022): Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Stand: Juni 2022, fett: besonders schlaggefährdete Arten nach Rydell et al. (2010).	96
Tab. 6:	Rote Liste Status und (gegebenenfalls) lang- und kurzfristige Bestandstrends der nach Rydell et al. (2010) besonders schlaggefährdeten Fledermausarten Deutschlands und der einzelnen Bundesländer (* im Druck.).	98

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
Abs.	Absatz
Az.	Aktenzeichen
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BvR	Aktenzeichen einer Verfassungsbeschwerde an das Bundesverfassungsgericht
DNA	Desoxyribonucleic acid (Desoxyribonukleinsäure)
EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
F&E	Forschung und Entwicklung
FA Wind	Fachagentur Windenergie an Land e.V.
FFH	Fauna-Flora-Habitat
GPS	Global Positioning Tracker
HMWEVW	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
ITN	Institut für Tierökologie und Naturbildung GmbH
LS	Leitsatz
MGI	Mortalitäts-Gefährdungs-Index
NABU	Naturschutzbund
Nrn.	Nummern

NuR	Natur und Recht (Fachzeitschrift)
NVwZ	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
OVG	Oberverwaltungsgericht
Rn.	Randnummer
Urt.	Urteil
VG	Verwaltungsgericht
vMGI	vorhabentypspezifischer Mortalitäts-Gefährdungs-Index
WEA	Windenergieanlage

Glossar

Stichwort	Erklärung
RENEBAT	RENEBAT ist ein Forschungsvorhaben, das sich in drei Phasen (RENEBAT I, II und III) gliedert. RENEBAT I: Validierung der bestehenden Untersuchungsmethodiken zum Auftreten von Fledermäusen an Windenergieanlagen. RENEBAT II: Weiterentwicklung der in RENEBAT I entwickelten Methoden, insbesondere der Test der fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmen. RENEBAT III: Reduzierung des Erfassungsaufwands, der nötig ist, um das Schlagrisiko von Fledermäusen zu ermitteln.
ProBat	ProBat ist eine von der Universität Erlangen entwickelte Software zur Berechnung individueller Abschaltalgorithmen für einen fledermausangepassten Betrieb von Windenergieanlagen mit dem Ziel, die Zahl der Schlagopfer auf einen behördlich festgelegten Wert zu reduzieren.
EUROBATS	Abkommen zum Schutz von 52 europäischen Fledermausarten, zur Beobachtung der Entwicklung von Fledermauspopulationen und zur Ermittlung wichtiger Bereiche für die Erhaltung von Fledermäusen.
r-Strategen	Arten, deren Populationen sich nach Bestandseinbrüchen schnell erholen oder neue Gelegenheiten zur Ressourcenausbeutung nutzen. Sie erzeugen eine große Zahl von Nachkommen früh im Lebenszyklus statt einer starken Investition in Wachstum oder Lebenserwartung.
K-Strategen	Arten, die nur wenige Nachkommen erzeugen und sich besser um diese kümmern. Durch eine intensive Brutpflege haben diese eine höhere Lebenserwartung. Die Größe der Populationen sind stark von Umweltbedingungen abhängig.
Nyctaloide	Fledermausgattung der Abendsegler aus der Familie der Glattnasen.

A Anhang

A.1 Schlagopfernachweise in Deutschland

Tab. 5: Fledermausverluste an WEA in Deutschland nach Dürr (2022): Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Stand: Juni 2022, fett: besonders schlaggefährdete Arten nach Rydell et al. (2010).

Art		Bundesländer, Deutschland															Σ
		BB	BW	BY	HB	HE	HH	MV	NI	NW	RP	SH	SN	SL	ST	TH	
Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	673	8	4	3			42	138	9	3	5	165		178	32	1260
Alpenfledermaus	<i>Hypsugo savii</i>														1		1
Bartfledermaus	<i>Myotis mystacinus</i>		2											1			3
Bartfledermaus spec.	<i>M. brandtii/mystacinus</i>			1											1		2
Brandtfledermaus	<i>M. brandtii</i>	1													1		2
Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i>	3						1	1						1	1	7
Breitflügelfledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	22	2	2				1	18	2		1	11		9	3	71
Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>								1						1		2
Graues Langohr	<i>Plecotus austriacus</i>	5											1		2		8
Großes Mausohr	<i>Myotis myotis</i>												1		1		2
Kleinabendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	29	18	3		1		1	22	6	16		13		68	19	196
Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>								1								1
Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	79	6					7	4				6		47	4	153
Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>			2				1					3				6
Pipistrellus spec.	<i>Pipistrellus spec.</i>	27	5	1				21	16	5	1	1	7		22		106
Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	393	21	23		2	2	40	174	5	15	12	112		269	59	1127
Teichfledermaus	<i>Myotis dasycneme</i>								2			1					3

Art		Bundesländer, Deutschland															Σ
		BB	BW	BY	HB	HE	HH	MV	NI	NW	RP	SH	SN	SL	ST	TH	
Wasserfledermaus	<i>M. daubentonii</i>	2						1				1	2		2		8
Zweifarbfladermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	57	6	6		1		1	13		3		27		27	11	152
Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	180	173	9	1	8		26	102	47	40	9	68		87	30	780
Fledermaus spec.	<i>Chiroptera spec.</i>	15	7	6				2	11	1	2		5		20	11	80
Summe		1486	248	57	4	12	2	144	503	75	80	30	421	1	737	170	3970

Legende: BB = Brandenburg, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, HB = Hansestadt Bremen, HE=Hessen, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NI = Niedersachsen, NW = Nordrhein-Westfalen, RP = Rheinland-Pfalz, SH = Schleswig-Holstein, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt, TH = Thüringen.

A.2 Rote Liste Status und Bestandstrends schlaggefährdeter Fledermausarten

Tab. 6: Rote Liste Status und (gegebenenfalls) lang- und kurzfristige Bestandstrends der nach Rydell et al. (2010) besonders schlaggefährdeten Fledermausarten Deutschlands und der einzelnen Bundesländer (* im Druck.).

Fledermausart			D	BE	BB	BW	BY	HB + NI	HE*	HH	MV	NW	RP	SH	SN	SL	ST	TH
			2020	2003	2003	2001	2017	1993	2023	2016	1991	2011	1990	2014	2015	2020	2020	2021
Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	RL	V	3	3	i	*	2	1	3	3	R/ V	3	3	V	3	2	1
		TK	↓	kA	kA	kA	=	kA	(↓)	(↓)	kA	?/ =	kA	(↓)	=	↓↓	kA	(↓)
		TL	<	kA	kA	kA	<	kA	<<<	(<)	kA	?/ <	kA	=	<	<<	kA	<<<
Alpenfledermaus	<i>Hypsugo savii</i>	RL	R	kA	kA	kA	R	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
		TK	↑	kA	kA	kA	?	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
		TL	?	kA	kA	kA	?	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
Breitflügel- fledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	RL	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	1	3	3	G	3	2
		TK	↓↓	kA	kA	kA	=	kA	=	(↓)	kA	(↓)	kA	(↓)	↓↓	(↓)	kA	=
		TL	<	kA	kA	kA	<<	kA	<<<	(<)	kA	(<)	kA	<<	<<	<	kA	<<<
Klein- abendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	RL	D	R	2	2	2	1	2	D	1	V	2	2	3	2	2	2
		TK	?	kA	kA	kA	=	kA	=	?	kA	=	kA	=	(↓)	(↓)	kA	=
		TL	?	kA	kA	kA	<<	kA	<<<	?	kA	>	kA	?	=	<<	kA	<<<
Mücken- fledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	RL	*	kA	kA	G	V	kA	D	G	kA	D	kA	V	3	R	3	D
		TK	↑	kA	kA	kA	=	kA	?	=	kA	?	kA	=	?	?	kA	?
		TL	?	kA	kA	kA	<	kA	?	?	kA	?	kA	-	<	?	kA	?
Nord- fledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	RL	3	N	1	2	3	2	2	kA	0	1	II	kA	2	2	1	2
		TK	=	kA	kA	kA	=	kA	=	kA	kA	=	kA	kA	↓↓	(↓)	kA	=
		TL	?	kA	kA	kA	<<	kA	<<<	kA	kA	?	kA	kA	<	(<)	kA	<<<
Rauhaut- fledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	RL	*	3	3	i	*	2	2	V!	4	R/ *	2	3	3	*	2	2
		TK	=	kA	kA	kA	=	kA	=	=	kA	?/ ↑	kA	=	=	=	kA	=
		TL	?	kA	kA	kA	?	kA	<<<	(<)	kA	?/ ?	kA	<?	=	?	kA	<<<

Fledermausart			D	BE	BB	BW	BY	HB + NI	HE*	HH	MV	NW	RP	SH	SN	SL	ST	TH
			2020	2003	2003	2001	2017	1993	2023	2016	1991	2011	1990	2014	2015	2020	2020	2021
Weißbrand- fledermaus	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	RL	*	kA	kA	D	*	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
		TK	↑	kA	kA	kA	↑	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
		TL	=	kA	kA	kA	>	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
Zweifarb- fledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	RL	D	2	1	i	2	1	2	G	1	R/ D	1	1	3	R	G	G
		TK	=	kA	kA	kA	?	kA	=	=	kA	?/ ↑	kA	(↓)	=	?	kA	(↓)
		TL	?	kA	kA	kA	<<	kA	<<<	?	kA	?/ ?	kA	?	=	?	kA	?
Zwerg- fledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	RL	*	3	4	3	*	3	3	*	4	*	3	*	V	*	3	3
		TK	=	kA	kA	kA	(↓)	kA	(↓)	=	kA	=	kA	=	(↓)	=	kA	=
		TL	<<	kA	kA	kA	<	kA	<<<	(<)	kA	(<)	kA	-	<<	=	kA	<<<

Legende: kA = Art nicht aufgeführt/ fehlende Trendangaben, RL = Rote Liste Gefährdungskategorie, TK = kurzfristiger Bestandstrend, TL = langfristiger Bestandstrend, D = Deutschland, BB = Brandenburg, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, HB = Hansestadt Bremen, HE=Hessen, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NI = Niedersachsen, NW = Nordrhein-Westfalen (reproduzierend/ ziehend), RP = Rheinland-Pfalz, SH = Schleswig-Holstein, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt, TH = Thüringen, 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = potentiell gefährdet, i = gefährdete wandernde Art, II = Durchzügler, G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, R = extrem selten, V = Vorwarnliste, D = Daten unzureichend, * = ungefährdet, N = nicht einstuftbar, für die Gefährdungseinschätzung nicht geeignet, ↓ ↓ = starke Abnahme, (↓) = Abnahme mäßig oder im Ausmaß unbekannt, = = gleichbleibend, ↑ = deutliche Zunahme, ? = Daten ungenügend, - = nicht bewertet, <<< = sehr starker Rückgang, << = starker Rückgang, < = mäßiger Rückgang, (<) = Rückgang, Ausmaß unbekannt, > = deutliche Zunahme

A.4 Cut-In Windgeschwindigkeiten der Küstenregion für eine Signifikanzschwelle < 1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	1.7	3.0	3.5	4.4	4.7	4.4	1.6	0.0	
0-0.1	4.1	4.6	5.2	5.9	6.4	6.0	4.0	0.2	
0.1-0.2	4.5	5.1	5.7	6.4	6.8	6.4	4.4	0.3	
0.2-0.3	4.3	4.9	5.3	6.0	6.5	6.3	4.1	0.2	
0.3-0.4	4.2	4.8	5.3	5.9	6.4	6.2	4.0	0.2	
0.4-0.5	4.3	4.9	5.2	5.8	6.3	6.2	3.9	0.2	
0.5-0.6	4.0	4.5	4.9	5.6	6.0	5.9	3.6	0.2	
0.6-0.7	4.1	4.6	4.9	5.6	6.0	5.9	3.7	0.2	
0.7-0.8	3.6	4.1	4.4	5.3	5.6	5.4	3.1	0.0	
0.8-0.9	3.5	4.0	4.3	5.2	5.5	5.4	3.2	0.0	
0.9-1	1.4	2.2	2.7	4.0	4.2	4.1	1.3	0.0	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	2.7	3.6	3.9	4.7	5.0	4.7	2.4	0.0	
0-0.1	4.4	5.0	5.6	6.3	6.6	6.3	4.4	0.3	
0.1-0.2	4.9	5.5	6.1	6.7	7.1	6.7	4.8	0.3	
0.2-0.3	4.7	5.3	5.7	6.3	6.8	6.5	4.5	0.3	
0.3-0.4	4.6	5.2	5.7	6.2	6.7	6.5	4.3	0.2	
0.4-0.5	4.7	5.3	5.6	6.2	6.6	6.4	4.2	0.2	
0.5-0.6	4.3	4.9	5.2	5.9	6.2	6.2	3.9	0.2	
0.6-0.7	4.4	5.0	5.3	5.9	6.2	6.1	4.0	0.2	
0.7-0.8	4.0	4.5	4.8	5.6	5.9	5.7	3.6	0.2	
0.8-0.9	3.9	4.4	4.6	5.6	5.8	5.7	3.7	0.2	
0.9-1	1.6	3.0	3.3	4.2	4.5	4.4	1.5	0.0	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 100 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.0	3.7	4.0	4.9	5.2	4.9	2.8	0.0	
0-0.1	4.6	5.2	5.7	6.4	6.8	6.4	4.5	0.3	
0.1-0.2	5.1	5.7	6.2	6.8	7.3	6.9	5.0	0.3	
0.2-0.3	4.8	5.4	5.9	6.5	7.0	6.7	4.6	0.3	
0.3-0.4	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	6.7	4.5	0.3	
0.4-0.5	4.8	5.4	5.8	6.3	6.7	6.6	4.4	0.3	
0.5-0.6	4.5	5.1	5.4	6.0	6.4	6.3	4.1	0.2	
0.6-0.7	4.6	5.1	5.4	6.1	6.4	6.3	4.1	0.2	
0.7-0.8	4.1	4.7	5.0	5.8	6.0	5.9	3.8	0.2	
0.8-0.9	4.0	4.5	4.8	5.8	6.0	5.9	3.9	0.2	
0.9-1	2.0	3.3	3.5	4.4	4.7	4.6	1.6	0.0	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 120 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.2	3.9	4.1	5.0	5.4	5.0	3.0	0.0	
0-0.1	4.8	5.3	5.9	6.5	6.9	6.5	4.7	0.3	
0.1-0.2	5.2	5.8	6.3	6.9	7.4	7.0	5.1	0.4	
0.2-0.3	5.0	5.6	6.0	6.6	7.1	6.8	4.8	0.3	
0.3-0.4	4.9	5.5	6.0	6.5	7.0	6.8	4.6	0.3	
0.4-0.5	5.0	5.6	5.9	6.4	6.8	6.7	4.5	0.3	
0.5-0.6	4.6	5.2	5.6	6.2	6.5	6.4	4.2	0.2	
0.6-0.7	4.7	5.3	5.6	6.2	6.5	6.4	4.3	0.2	
0.7-0.8	4.2	4.8	5.1	5.9	6.1	6.0	3.9	0.2	
0.8-0.9	4.1	4.7	5.0	5.9	6.1	6.0	4.0	0.2	
0.9-1	2.5	3.4	3.7	4.5	4.8	4.7	2.0	0.0	

Abb. 14: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Küstenregion bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 140 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.4	4.0	4.2	5.2	5.5	5.2	3.2	0.2
0-0.1	4.9	5.5	6.0	6.6	7.0	6.6	4.8	0.3
0.1-0.2	5.4	5.9	6.4	7.1	7.5	7.1	5.3	0.4
0.2-0.3	5.1	5.7	6.1	6.7	7.2	6.9	4.9	0.3
0.3-0.4	5.0	5.6	6.1	6.6	7.1	6.9	4.8	0.3
0.4-0.5	5.1	5.7	6.0	6.5	7.0	6.8	4.7	0.3
0.5-0.6	4.8	5.4	5.7	6.3	6.6	6.5	4.3	0.2
0.6-0.7	4.8	5.4	5.7	6.3	6.6	6.5	4.4	0.3
0.7-0.8	4.4	4.9	5.3	6.0	6.2	6.1	4.0	0.2
0.8-0.9	4.2	4.8	5.1	6.0	6.2	6.1	4.1	0.2
0.9-1	2.7	3.6	3.8	4.7	5.0	4.9	2.3	0.0

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 160 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.5	4.1	4.4	5.3	5.6	5.3	3.4	0.2
0-0.1	5.0	5.6	6.1	6.7	7.1	6.7	4.9	0.3
0.1-0.2	5.5	6.0	6.5	7.2	7.6	7.2	5.4	0.4
0.2-0.3	5.2	5.8	6.2	6.8	7.3	7.0	5.0	0.3
0.3-0.4	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.0	4.9	0.3
0.4-0.5	5.2	5.8	6.1	6.6	7.1	6.9	4.8	0.3
0.5-0.6	4.9	5.5	5.8	6.4	6.7	6.6	4.4	0.3
0.6-0.7	4.9	5.5	5.8	6.4	6.7	6.6	4.5	0.3
0.7-0.8	4.5	5.1	5.4	6.1	6.3	6.2	4.1	0.2
0.8-0.9	4.3	4.9	5.2	6.1	6.3	6.2	4.2	0.2
0.9-1	2.9	3.7	3.9	4.8	5.1	5.0	2.6	0.0

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 180 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.6	4.1	4.4	5.4	5.7	5.4	3.5	0.2
0-0.1	5.1	5.7	6.2	6.8	7.2	6.8	5.0	0.3
0.1-0.2	5.6	6.1	6.6	7.3	7.7	7.3	5.5	0.4
0.2-0.3	5.3	5.9	6.3	6.9	7.4	7.1	5.1	0.4
0.3-0.4	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.1	5.0	0.3
0.4-0.5	5.3	5.9	6.2	6.7	7.2	7.0	4.9	0.3
0.5-0.6	5.0	5.6	5.9	6.4	6.8	6.7	4.5	0.3
0.6-0.7	5.0	5.6	5.9	6.5	6.8	6.7	4.6	0.3
0.7-0.8	4.5	5.1	5.5	6.2	6.4	6.3	4.2	0.2
0.8-0.9	4.4	5.0	5.3	6.2	6.4	6.3	4.2	0.2
0.9-1	3.1	3.8	4.0	4.9	5.2	5.1	2.8	0.0

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Küste Rotordurchmesser: 200 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.7	4.2	4.5	5.5	5.8	5.5	3.6	0.2
0-0.1	5.2	5.8	6.2	6.8	7.3	6.9	5.1	0.4
0.1-0.2	5.7	6.2	6.7	7.3	7.7	7.4	5.6	0.4
0.2-0.3	5.4	6.0	6.4	6.9	7.5	7.1	5.2	0.4
0.3-0.4	5.3	5.9	6.3	6.8	7.4	7.1	5.0	0.3
0.4-0.5	5.4	6.0	6.2	6.8	7.2	7.1	5.0	0.3
0.5-0.6	5.1	5.6	5.9	6.5	6.8	6.8	4.6	0.3
0.6-0.7	5.1	5.7	6.0	6.5	6.8	6.7	4.7	0.3
0.7-0.8	4.6	5.2	5.6	6.3	6.5	6.3	4.3	0.2
0.8-0.9	4.5	5.1	5.4	6.3	6.4	6.4	4.3	0.2
0.9-1	3.2	3.9	4.1	4.9	5.2	5.2	2.9	0.0

Abb. 15: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Küstenregion bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.

A.5 Cut-In Windgeschwindigkeiten des Nordostdeutschen Tieflands für eine Signifikanzschwelle < 1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	2.1	4.0	4.7	5.2	5.1	4.8	3.7	0.7	
0-0.1	4.2	5.5	6.3	6.7	6.7	6.3	5.2	1.5	
0.1-0.2	4.7	6.0	6.8	7.1	7.2	6.7	5.7	2.4	
0.2-0.3	4.4	5.7	6.4	6.7	6.8	6.5	5.3	1.6	
0.3-0.4	4.4	5.7	6.4	6.6	6.8	6.5	5.2	1.5	
0.4-0.5	4.4	5.7	6.4	6.5	6.6	6.5	5.1	1.4	
0.5-0.6	4.1	5.4	6.1	6.3	6.3	6.2	4.7	1.2	
0.6-0.7	4.2	5.4	6.1	6.4	6.3	6.2	4.8	1.2	
0.7-0.8	3.8	5.0	5.7	6.1	5.9	5.7	4.4	1.0	
0.8-0.9	3.7	4.8	5.5	6.1	5.9	5.8	4.4	1.1	
0.9-1	1.5	3.6	4.2	4.7	4.6	4.5	3.2	0.6	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	2.8	4.2	4.9	5.5	5.4	5.0	4.0	0.8	
0-0.1	4.5	5.8	6.5	6.9	6.9	6.5	5.5	2.0	
0.1-0.2	5.0	6.2	7.0	7.4	7.4	7.0	6.0	3.0	
0.2-0.3	4.7	6.0	6.7	7.0	7.1	6.8	5.6	2.2	
0.3-0.4	4.7	5.9	6.7	6.9	7.0	6.8	5.5	1.8	
0.4-0.5	4.7	6.0	6.6	6.8	6.9	6.7	5.4	1.6	
0.5-0.6	4.4	5.7	6.3	6.5	6.5	6.4	5.0	1.4	
0.6-0.7	4.4	5.7	6.3	6.6	6.5	6.4	5.1	1.4	
0.7-0.8	4.0	5.2	6.0	6.3	6.1	6.0	4.7	1.2	
0.8-0.9	3.9	5.1	5.8	6.3	6.1	6.0	4.7	1.2	
0.9-1	1.7	3.9	4.4	5.0	4.8	4.7	3.6	0.7	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 100 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.4	4.6	5.3	5.8	5.6	5.4	4.3	1.0	
0-0.1	4.9	6.1	6.8	7.2	7.2	6.8	5.9	2.9	
0.1-0.2	5.4	6.5	7.4	7.6	7.6	7.3	6.3	3.6	
0.2-0.3	5.1	6.3	7.0	7.3	7.4	7.0	6.0	3.1	
0.3-0.4	5.1	6.2	7.0	7.1	7.3	7.0	5.8	2.8	
0.4-0.5	5.1	6.3	6.9	7.0	7.1	7.0	5.8	2.6	
0.5-0.6	4.8	6.0	6.6	6.8	6.7	6.7	5.4	1.7	
0.6-0.7	4.9	6.1	6.6	6.8	6.7	6.6	5.5	1.8	
0.7-0.8	4.4	5.6	6.2	6.5	6.4	6.2	5.1	1.4	
0.8-0.9	4.3	5.5	6.1	6.5	6.3	6.3	5.1	1.4	
0.9-1	2.8	4.2	4.8	5.3	5.1	5.0	3.9	0.8	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 120 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.4	4.6	5.3	5.9	5.8	5.4	4.3	1.0	
0-0.1	4.9	6.1	6.9	7.3	7.3	6.8	5.9	2.9	
0.1-0.2	5.4	6.5	7.4	7.7	7.7	7.4	6.3	3.6	
0.2-0.3	5.1	6.3	7.0	7.4	7.5	7.1	6.0	3.1	
0.3-0.4	5.1	6.3	7.0	7.2	7.4	7.1	5.9	2.8	
0.4-0.5	5.1	6.3	6.9	7.2	7.2	7.1	5.8	2.6	
0.5-0.6	4.8	6.0	6.6	6.9	6.8	6.7	5.4	1.7	
0.6-0.7	4.9	6.1	6.7	6.9	6.8	6.7	5.5	1.8	
0.7-0.8	4.4	5.6	6.3	6.6	6.5	6.3	5.1	1.4	
0.8-0.9	4.3	5.5	6.2	6.6	6.4	6.4	5.1	1.4	
0.9-1	2.8	4.2	4.8	5.4	5.2	5.1	3.9	0.8	

Abb. 16: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Norddeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 140 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 160 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat								Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11		4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.8	4.9	5.6	6.1	5.9	5.7	4.6	1.2	-0.15-0	3.8	4.9	5.6	6.1	6.0	5.7	4.6	1.2
0-0.1	5.2	6.4	7.1	7.4	7.4	7.0	6.2	3.4	0-0.1	5.2	6.4	7.1	7.5	7.5	7.1	6.2	3.4
0.1-0.2	5.7	6.8	7.6	7.8	7.8	7.5	6.5	3.9	0.1-0.2	5.7	6.8	7.6	7.8	7.8	7.5	6.5	3.9
0.2-0.3	5.4	6.5	7.3	7.5	7.6	7.3	6.2	3.5	0.2-0.3	5.4	6.5	7.3	7.5	7.6	7.3	6.2	3.5
0.3-0.4	5.4	6.5	7.3	7.4	7.5	7.3	6.1	3.3	0.3-0.4	5.4	6.5	7.3	7.4	7.5	7.3	6.1	3.3
0.4-0.5	5.4	6.5	7.2	7.4	7.4	7.3	6.0	3.2	0.4-0.5	5.4	6.5	7.2	7.4	7.4	7.3	6.0	3.2
0.5-0.6	5.1	6.3	6.8	7.1	7.0	6.9	5.7	2.5	0.5-0.6	5.1	6.3	6.8	7.1	7.0	6.9	5.7	2.5
0.6-0.7	5.2	6.3	6.9	7.1	7.0	6.9	5.8	2.7	0.6-0.7	5.2	6.3	6.9	7.1	7.0	6.9	5.8	2.7
0.7-0.8	4.7	5.9	6.5	6.8	6.6	6.5	5.4	1.6	0.7-0.8	4.7	5.9	6.5	6.8	6.6	6.5	5.4	1.6
0.8-0.9	4.5	5.8	6.3	6.8	6.6	6.5	5.4	1.7	0.8-0.9	4.5	5.8	6.4	6.8	6.6	6.5	5.4	1.7
0.9-1	3.3	4.5	5.1	5.6	5.4	5.4	4.2	0.9	0.9-1	3.3	4.5	5.1	5.6	5.4	5.4	4.2	0.9

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 180 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordostdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 200 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat								Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11		4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.9	5.1	5.8	6.3	6.1	5.9	4.8	1.3	-0.15-0	3.9	5.1	5.8	6.3	6.1	5.9	4.8	1.2
0-0.1	5.4	6.5	7.3	7.6	7.6	7.3	6.3	3.6	0-0.1	5.4	6.5	7.3	7.6	7.6	7.3	6.3	3.6
0.1-0.2	5.9	7.0	7.7	7.9	7.9	7.7	6.7	4.0	0.1-0.2	5.9	6.9	7.7	7.9	7.9	7.7	6.7	4.0
0.2-0.3	5.7	6.7	7.5	7.7	7.7	7.5	6.4	3.7	0.2-0.3	5.6	6.7	7.5	7.7	7.7	7.5	6.4	3.7
0.3-0.4	5.6	6.7	7.5	7.6	7.7	7.5	6.3	3.6	0.3-0.4	5.6	6.6	7.4	7.6	7.7	7.5	6.3	3.5
0.4-0.5	5.7	6.7	7.4	7.5	7.6	7.5	6.2	3.5	0.4-0.5	5.6	6.7	7.3	7.5	7.6	7.5	6.2	3.4
0.5-0.6	5.3	6.4	7.0	7.3	7.2	7.1	5.9	2.9	0.5-0.6	5.3	6.4	7.0	7.3	7.2	7.1	5.9	2.8
0.6-0.7	5.4	6.5	7.0	7.3	7.2	7.1	6.0	3.1	0.6-0.7	5.3	6.4	7.0	7.3	7.2	7.1	5.9	3.0
0.7-0.8	4.9	6.1	6.7	7.0	6.8	6.7	5.6	2.2	0.7-0.8	4.9	6.1	6.7	7.0	6.8	6.7	5.6	2.0
0.8-0.9	4.8	6.0	6.5	7.0	6.8	6.7	5.6	2.3	0.8-0.9	4.7	6.0	6.5	7.0	6.8	6.7	5.6	2.2
0.9-1	3.6	4.7	5.3	5.8	5.6	5.6	4.4	1.0	0.9-1	3.5	4.7	5.3	5.8	5.6	5.6	4.3	1.0

Abb. 17: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Norddeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.

A.6 Cut-In Windgeschwindigkeiten des Nordwestdeutschen Tieflands für eine Signifikanzschwelle < 1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	2.6	3.8	4.2	4.8	4.8	4.5	3.3	0.5	
0-0.1	4.4	5.3	5.9	6.3	6.4	6.1	4.9	1.1	
0.1-0.2	4.9	5.7	6.3	6.7	6.9	6.5	5.3	1.3	
0.2-0.3	4.6	5.5	6.0	6.4	6.6	6.3	4.9	1.1	
0.3-0.4	4.6	5.4	6.0	6.3	6.5	6.3	4.8	1.1	
0.4-0.5	4.6	5.5	5.9	6.2	6.4	6.3	4.7	1.0	
0.5-0.6	4.3	5.1	5.6	5.9	6.0	5.9	4.3	0.9	
0.6-0.7	4.4	5.2	5.6	6.0	6.0	5.9	4.4	0.9	
0.7-0.8	4.0	4.7	5.2	5.6	5.6	5.4	4.1	0.7	
0.8-0.9	3.9	4.6	5.0	5.6	5.6	5.5	4.1	0.7	
0.9-1	1.6	3.3	3.7	4.3	4.3	4.2	2.4	0.4	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.2	4.1	4.4	5.1	5.1	4.8	3.7	0.6	
0-0.1	4.7	5.6	6.2	6.5	6.7	6.3	5.2	1.3	
0.1-0.2	5.2	6.0	6.6	7.0	7.2	6.8	5.6	1.5	
0.2-0.3	5.0	5.8	6.3	6.6	6.9	6.5	5.3	1.3	
0.3-0.4	4.9	5.7	6.3	6.5	6.8	6.5	5.1	1.2	
0.4-0.5	5.0	5.8	6.2	6.4	6.7	6.5	5.0	1.2	
0.5-0.6	4.6	5.5	5.9	6.2	6.3	6.2	4.6	1.0	
0.6-0.7	4.7	5.5	5.9	6.3	6.3	6.2	4.7	1.0	
0.7-0.8	4.2	5.0	5.5	5.9	5.9	5.7	4.3	0.9	
0.8-0.9	4.1	4.9	5.3	5.9	5.9	5.8	4.4	0.9	
0.9-1	2.4	3.7	4.0	4.6	4.6	4.5	3.1	0.5	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 100 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.5	4.3	4.7	5.3	5.4	5.0	3.9	0.7	
0-0.1	5.0	5.8	6.4	6.8	6.9	6.5	5.4	1.4	
0.1-0.2	5.5	6.2	6.8	7.2	7.4	7.0	5.9	1.9	
0.2-0.3	5.2	6.0	6.5	6.8	7.1	6.8	5.5	1.5	
0.3-0.4	5.1	6.0	6.5	6.7	7.0	6.8	5.4	1.4	
0.4-0.5	5.2	6.0	6.4	6.7	6.9	6.7	5.3	1.3	
0.5-0.6	4.9	5.7	6.1	6.4	6.5	6.4	4.9	1.1	
0.6-0.7	4.9	5.8	6.1	6.4	6.5	6.4	5.0	1.2	
0.7-0.8	4.4	5.3	5.7	6.2	6.1	6.0	4.6	1.0	
0.8-0.9	4.3	5.2	5.6	6.2	6.1	6.0	4.6	1.0	
0.9-1	2.9	3.9	4.2	4.8	4.8	4.7	3.4	0.5	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 120 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.7	4.4	4.9	5.5	5.5	5.2	4.0	0.7	
0-0.1	5.2	6.0	6.5	6.9	7.0	6.7	5.6	1.5	
0.1-0.2	5.6	6.4	7.0	7.4	7.6	7.2	6.0	2.4	
0.2-0.3	5.4	6.2	6.6	7.0	7.3	6.9	5.7	1.6	
0.3-0.4	5.3	6.1	6.6	6.9	7.2	6.9	5.5	1.5	
0.4-0.5	5.4	6.2	6.5	6.8	7.0	6.9	5.4	1.4	
0.5-0.6	5.0	5.9	6.3	6.5	6.6	6.5	5.1	1.2	
0.6-0.7	5.1	5.9	6.3	6.6	6.7	6.5	5.2	1.2	
0.7-0.8	4.6	5.5	5.9	6.3	6.3	6.1	4.8	1.0	
0.8-0.9	4.5	5.3	5.7	6.3	6.3	6.2	4.8	1.1	
0.9-1	3.2	4.1	4.4	5.0	5.0	4.9	3.6	0.6	

Abb. 18: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Nordwestdeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 140 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	3.8	4.6	5.0	5.7	5.7	5.4	4.1	0.8	
0-0.1	5.3	6.1	6.6	7.0	7.2	6.8	5.7	1.6	
0.1-0.2	5.8	6.5	7.1	7.5	7.6	7.3	6.1	2.7	
0.2-0.3	5.5	6.3	6.8	7.1	7.4	7.0	5.8	1.8	
0.3-0.4	5.5	6.2	6.7	7.0	7.3	7.0	5.7	1.6	
0.4-0.5	5.5	6.3	6.7	6.9	7.2	7.0	5.6	1.5	
0.5-0.6	5.2	6.0	6.4	6.7	6.8	6.7	5.2	1.3	
0.6-0.7	5.2	6.1	6.4	6.7	6.8	6.7	5.3	1.3	
0.7-0.8	4.8	5.6	6.0	6.4	6.4	6.3	4.9	1.1	
0.8-0.9	4.6	5.5	5.9	6.4	6.4	6.3	4.9	1.1	
0.9-1	3.4	4.2	4.5	5.1	5.2	5.1	3.8	0.6	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 160 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	4.0	4.7	5.2	5.8	5.8	5.5	4.3	0.8	
0-0.1	5.5	6.2	6.8	7.2	7.3	6.9	5.9	2.0	
0.1-0.2	5.9	6.6	7.3	7.6	7.7	7.4	6.3	3.0	
0.2-0.3	5.7	6.4	6.9	7.3	7.5	7.2	6.0	2.2	
0.3-0.4	5.6	6.4	6.9	7.1	7.4	7.2	5.8	1.8	
0.4-0.5	5.7	6.4	6.8	7.1	7.3	7.1	5.7	1.6	
0.5-0.6	5.3	6.1	6.5	6.8	6.9	6.8	5.4	1.4	
0.6-0.7	5.4	6.2	6.5	6.8	6.9	6.8	5.5	1.4	
0.7-0.8	4.9	5.8	6.2	6.5	6.5	6.4	5.0	1.2	
0.8-0.9	4.8	5.6	6.0	6.5	6.5	6.4	5.1	1.2	
0.9-1	3.6	4.3	4.6	5.3	5.3	5.2	3.9	0.7	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 180 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	4.1	4.8	5.3	5.9	5.9	5.6	4.4	0.9	
0-0.1	5.6	6.3	6.8	7.3	7.4	7.0	6.0	2.3	
0.1-0.2	6.0	6.7	7.4	7.7	7.8	7.5	6.4	3.2	
0.2-0.3	5.8	6.5	7.0	7.4	7.6	7.3	6.1	2.5	
0.3-0.4	5.7	6.4	7.0	7.3	7.5	7.3	5.9	2.1	
0.4-0.5	5.8	6.5	6.9	7.2	7.4	7.3	5.8	1.9	
0.5-0.6	5.5	6.2	6.6	6.9	7.0	6.9	5.5	1.4	
0.6-0.7	5.5	6.3	6.6	6.9	7.0	6.9	5.6	1.5	
0.7-0.8	5.0	5.9	6.3	6.6	6.6	6.4	5.2	1.2	
0.8-0.9	4.9	5.7	6.1	6.6	6.6	6.5	5.2	1.3	
0.9-1	3.7	4.4	4.8	5.4	5.4	5.3	4.0	0.7	

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Nordwestdeutsches Tiefland Rotordurchmesser: 200 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									
Nachtzehntel	Monat								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
-0.15-0	4.1	4.9	5.4	6.0	6.0	5.7	4.5	0.9	
0-0.1	5.7	6.4	6.9	7.4	7.5	7.1	6.1	2.5	
0.1-0.2	6.1	6.8	7.4	7.7	7.9	7.6	6.4	3.3	
0.2-0.3	5.9	6.6	7.1	7.4	7.6	7.4	6.1	2.7	
0.3-0.4	5.8	6.5	7.0	7.3	7.6	7.4	6.0	2.4	
0.4-0.5	5.9	6.6	7.0	7.3	7.5	7.3	5.9	2.1	
0.5-0.6	5.5	6.3	6.7	7.0	7.1	7.0	5.6	1.5	
0.6-0.7	5.6	6.3	6.7	7.0	7.1	6.9	5.7	1.5	
0.7-0.8	5.1	5.9	6.3	6.7	6.7	6.5	5.2	1.3	
0.8-0.9	5.0	5.8	6.2	6.7	6.7	6.6	5.3	1.3	
0.9-1	3.8	4.5	4.9	5.5	5.5	5.4	4.1	0.7	

Abb. 19: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region des Nordwestdeutschen Tieflandes bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.

A.7 Cut-In Windgeschwindigkeiten der Östlichen Mittelgebirge für eine Signifikanzschwelle < 1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.1	4.9	5.2	5.5	5.2	5.1	4.8	3.7
0-0.1	5.6	6.3	6.7	6.9	6.8	6.5	6.3	5.2
0.1-0.2	6.0	6.7	7.3	7.4	7.3	7.0	6.7	5.6
0.2-0.3	5.8	6.5	6.9	7.0	7.0	6.8	6.4	5.3
0.3-0.4	5.7	6.4	6.9	6.8	6.9	6.8	6.3	5.1
0.4-0.5	5.8	6.5	6.8	6.8	6.8	6.7	6.2	5.0
0.5-0.6	5.5	6.2	6.5	6.5	6.4	6.4	5.9	4.7
0.6-0.7	5.5	6.3	6.5	6.6	6.4	6.4	6.0	4.7
0.7-0.8	5.0	5.9	6.2	6.3	6.0	6.0	5.6	4.3
0.8-0.9	4.9	5.8	6.0	6.3	6.0	6.0	5.6	4.4
0.9-1	3.7	4.4	4.6	5.0	4.7	4.8	4.3	3.1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.3	5.1	5.5	5.8	5.5	5.3	5.1	3.9
0-0.1	5.9	6.6	7.0	7.1	7.0	6.8	6.5	5.5
0.1-0.2	6.3	7.0	7.5	7.6	7.5	7.3	6.9	5.9
0.2-0.3	6.1	6.8	7.2	7.2	7.3	7.0	6.6	5.6
0.3-0.4	6.0	6.7	7.1	7.1	7.2	7.0	6.5	5.4
0.4-0.5	6.1	6.8	7.0	7.0	7.0	7.0	6.4	5.3
0.5-0.6	5.7	6.5	6.7	6.8	6.6	6.7	6.1	5.0
0.6-0.7	5.8	6.5	6.7	6.8	6.6	6.6	6.2	5.0
0.7-0.8	5.3	6.1	6.4	6.5	6.3	6.2	5.8	4.6
0.8-0.9	5.2	6.0	6.2	6.5	6.3	6.3	5.9	4.7
0.9-1	4.0	4.7	4.9	5.3	5.0	5.0	4.6	3.5

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 100 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.5	5.3	5.7	6.0	5.7	5.6	5.3	4.1
0-0.1	6.0	6.7	7.2	7.3	7.3	6.9	6.7	5.7
0.1-0.2	6.4	7.2	7.6	7.7	7.7	7.5	7.1	6.1
0.2-0.3	6.2	6.9	7.3	7.4	7.4	7.2	6.8	5.8
0.3-0.4	6.2	6.9	7.3	7.3	7.3	7.2	6.7	5.6
0.4-0.5	6.2	6.9	7.2	7.2	7.2	7.2	6.6	5.5
0.5-0.6	5.9	6.6	6.9	6.9	6.8	6.8	6.3	5.2
0.6-0.7	6.0	6.7	6.9	7.0	6.8	6.8	6.4	5.2
0.7-0.8	5.5	6.3	6.5	6.7	6.4	6.4	6.0	4.8
0.8-0.9	5.4	6.2	6.4	6.7	6.4	6.4	6.1	4.9
0.9-1	4.1	4.9	5.1	5.5	5.2	5.2	4.8	3.7

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 120 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.7	5.5	5.8	6.1	5.9	5.7	5.5	4.2
0-0.1	6.2	6.9	7.3	7.5	7.4	7.1	6.9	5.8
0.1-0.2	6.6	7.3	7.7	7.8	7.8	7.6	7.3	6.2
0.2-0.3	6.4	7.1	7.5	7.5	7.6	7.4	6.9	5.9
0.3-0.4	6.3	7.0	7.5	7.4	7.5	7.4	6.8	5.8
0.4-0.5	6.4	7.1	7.4	7.4	7.4	7.3	6.7	5.7
0.5-0.6	6.1	6.8	7.0	7.1	7.0	7.0	6.4	5.3
0.6-0.7	6.1	6.8	7.1	7.1	7.0	6.9	6.5	5.4
0.7-0.8	5.7	6.4	6.7	6.8	6.6	6.5	6.2	5.0
0.8-0.9	5.6	6.3	6.5	6.8	6.5	6.6	6.2	5.0
0.9-1	4.3	5.1	5.3	5.6	5.4	5.4	5.0	3.9

Abb. 20: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Östlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 140 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 160 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat								Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11		4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.8	5.6	5.9	6.2	6.0	5.8	5.6	4.4	-0.15-0	4.9	5.7	6.0	6.3	6.1	5.9	5.7	4.5
0-0.1	6.3	7.0	7.5	7.6	7.5	7.2	7.0	5.9	0-0.1	6.4	7.1	7.5	7.6	7.6	7.3	7.1	6.0
0.1-0.2	6.7	7.4	7.8	7.9	7.9	7.7	7.4	6.3	0.1-0.2	6.8	7.5	7.9	7.9	7.9	7.7	7.5	6.4
0.2-0.3	6.4	7.2	7.6	7.6	7.6	7.5	7.1	6.0	0.2-0.3	6.5	7.3	7.6	7.7	7.7	7.6	7.2	6.1
0.3-0.4	6.4	7.1	7.6	7.5	7.6	7.5	6.9	5.9	0.3-0.4	6.5	7.3	7.6	7.6	7.6	7.6	7.0	6.0
0.4-0.5	6.4	7.2	7.5	7.5	7.5	7.4	6.8	5.8	0.4-0.5	6.5	7.3	7.6	7.6	7.5	7.5	7.0	5.9
0.5-0.6	6.2	6.9	7.2	7.2	7.1	7.1	6.5	5.5	0.5-0.6	6.3	7.0	7.3	7.3	7.2	7.2	6.6	5.6
0.6-0.7	6.2	6.9	7.2	7.3	7.1	7.1	6.6	5.5	0.6-0.7	6.3	7.0	7.3	7.4	7.2	7.2	6.7	5.6
0.7-0.8	5.8	6.5	6.8	6.9	6.7	6.6	6.3	5.1	0.7-0.8	5.9	6.6	6.9	7.0	6.8	6.7	6.4	5.2
0.8-0.9	5.7	6.4	6.7	6.9	6.7	6.7	6.3	5.2	0.8-0.9	5.8	6.5	6.7	7.0	6.8	6.8	6.4	5.3
0.9-1	4.4	5.2	5.4	5.7	5.5	5.5	5.1	4.0	0.9-1	4.5	5.3	5.5	5.9	5.6	5.7	5.2	4.1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 180 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr									Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Östliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 200 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat								Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11		4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	5.0	5.8	6.1	6.4	6.2	6.0	5.8	4.6	-0.15-0	5.1	5.9	6.2	6.4	6.3	6.1	5.9	4.6
0-0.1	6.4	7.2	7.6	7.7	7.6	7.4	7.2	6.1	0-0.1	6.5	7.3	7.7	7.7	7.7	7.5	7.3	6.2
0.1-0.2	6.8	7.6	7.9	8.0	7.9	7.8	7.6	6.5	0.1-0.2	6.9	7.6	7.9	8.0	8.0	7.8	7.6	6.6
0.2-0.3	6.6	7.4	7.7	7.7	7.8	7.6	7.3	6.2	0.2-0.3	6.7	7.5	7.7	7.8	7.8	7.7	7.4	6.3
0.3-0.4	6.6	7.3	7.7	7.7	7.7	7.6	7.1	6.1	0.3-0.4	6.7	7.4	7.7	7.7	7.7	7.7	7.2	6.2
0.4-0.5	6.6	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6	7.0	6.0	0.4-0.5	6.7	7.5	7.7	7.7	7.7	7.6	7.1	6.1
0.5-0.6	6.4	7.1	7.4	7.4	7.3	7.3	6.7	5.7	0.5-0.6	6.4	7.2	7.4	7.5	7.4	7.4	6.8	5.7
0.6-0.7	6.4	7.1	7.4	7.5	7.3	7.3	6.8	5.7	0.6-0.7	6.5	7.2	7.5	7.5	7.4	7.4	6.9	5.8
0.7-0.8	6.0	6.7	7.0	7.1	6.9	6.8	6.4	5.3	0.7-0.8	6.1	6.8	7.1	7.2	6.9	6.9	6.5	5.4
0.8-0.9	5.9	6.6	6.8	7.1	6.8	6.9	6.5	5.4	0.8-0.9	6.0	6.7	6.9	7.2	6.9	6.9	6.5	5.5
0.9-1	4.6	5.4	5.6	5.9	5.7	5.7	5.3	4.1	0.9-1	4.7	5.5	5.7	6.0	5.8	5.8	5.4	4.2

Abb. 21: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Östlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.

A.8 Cut-In Windgeschwindigkeiten der Südwestdeutschen Mittelgebirge für eine Signifikanzschwelle < 1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.2	5.0	5.2	5.5	5.3	5.2	4.8	2.8
0-0.1	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.6	6.3	4.5
0.1-0.2	6.2	6.8	7.3	7.4	7.4	7.1	6.7	5.0
0.2-0.3	6.0	6.6	6.9	7.0	7.1	6.9	6.4	4.6
0.3-0.4	5.9	6.5	6.9	6.8	7.0	6.9	6.3	4.5
0.4-0.5	6.0	6.6	6.8	6.8	6.8	6.8	6.2	4.4
0.5-0.6	5.7	6.3	6.5	6.5	6.5	6.5	5.9	4.1
0.6-0.7	5.7	6.4	6.5	6.6	6.5	6.5	5.9	4.1
0.7-0.8	5.2	6.0	6.2	6.3	6.1	6.1	5.6	3.8
0.8-0.9	5.1	5.9	6.0	6.3	6.1	6.1	5.6	3.9
0.9-1	3.9	4.5	4.6	5.0	4.8	4.9	4.3	1.7

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.5	5.3	5.5	5.8	5.6	5.5	5.1	3.3
0-0.1	6.1	6.7	7.0	7.2	7.1	6.9	6.6	4.9
0.1-0.2	6.4	7.1	7.5	7.6	7.6	7.4	7.0	5.3
0.2-0.3	6.2	6.9	7.2	7.3	7.4	7.2	6.7	5.0
0.3-0.4	6.2	6.8	7.2	7.1	7.3	7.2	6.5	4.8
0.4-0.5	6.2	6.9	7.0	7.0	7.1	7.1	6.4	4.7
0.5-0.6	6.0	6.6	6.7	6.8	6.7	6.8	6.1	4.4
0.6-0.7	6.0	6.6	6.8	6.8	6.7	6.8	6.2	4.4
0.7-0.8	5.6	6.2	6.4	6.5	6.4	6.4	5.9	4.1
0.8-0.9	5.4	6.1	6.3	6.5	6.3	6.4	5.9	4.1
0.9-1	4.1	4.9	5.0	5.3	5.1	5.2	4.6	2.5

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 100 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.7	5.5	5.7	6.0	5.8	5.7	5.3	3.6
0-0.1	6.2	6.8	7.2	7.4	7.3	7.1	6.7	5.1
0.1-0.2	6.6	7.3	7.6	7.7	7.7	7.6	7.1	5.5
0.2-0.3	6.4	7.0	7.4	7.4	7.5	7.4	6.8	5.2
0.3-0.4	6.4	7.0	7.4	7.3	7.4	7.4	6.7	5.0
0.4-0.5	6.4	7.0	7.3	7.3	7.3	7.3	6.6	4.9
0.5-0.6	6.1	6.8	6.9	7.0	6.9	7.0	6.3	4.5
0.6-0.7	6.2	6.8	6.9	7.0	6.9	6.9	6.4	4.6
0.7-0.8	5.8	6.4	6.6	6.7	6.5	6.5	6.0	4.2
0.8-0.9	5.6	6.3	6.4	6.7	6.5	6.6	6.1	4.3
0.9-1	4.3	5.1	5.2	5.5	5.3	5.4	4.8	2.9

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 120 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.8	5.6	5.8	6.2	6.0	5.9	5.4	3.6
0-0.1	6.3	7.0	7.4	7.5	7.5	7.3	6.8	5.1
0.1-0.2	6.7	7.4	7.7	7.8	7.9	7.7	7.3	5.6
0.2-0.3	6.4	7.2	7.5	7.6	7.7	7.5	6.9	5.2
0.3-0.4	6.4	7.1	7.5	7.5	7.6	7.5	6.8	5.0
0.4-0.5	6.4	7.2	7.4	7.4	7.5	7.5	6.7	5.0
0.5-0.6	6.2	6.9	7.1	7.1	7.1	7.1	6.4	4.6
0.6-0.7	6.2	6.9	7.1	7.2	7.1	7.1	6.5	4.7
0.7-0.8	5.8	6.5	6.7	6.9	6.7	6.7	6.1	4.3
0.8-0.9	5.7	6.4	6.5	6.9	6.7	6.7	6.2	4.3
0.9-1	4.4	5.2	5.3	5.7	5.5	5.6	5.0	2.9

Abb. 22: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Südwestdeutschen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 140 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.9	5.7	5.9	6.2	6.1	6.0	5.5	3.7
0-0.1	6.4	7.0	7.5	7.6	7.6	7.4	6.9	5.2
0.1-0.2	6.8	7.5	7.8	7.9	7.9	7.7	7.4	5.7
0.2-0.3	6.5	7.3	7.6	7.6	7.7	7.6	7.0	5.3
0.3-0.4	6.5	7.2	7.6	7.6	7.6	7.6	6.9	5.1
0.4-0.5	6.5	7.3	7.5	7.5	7.6	7.5	6.8	5.1
0.5-0.6	6.3	7.0	7.2	7.3	7.2	7.3	6.5	4.7
0.6-0.7	6.3	7.0	7.2	7.3	7.2	7.2	6.5	4.8
0.7-0.8	5.9	6.6	6.8	7.0	6.8	6.8	6.2	4.4
0.8-0.9	5.8	6.5	6.7	7.0	6.8	6.8	6.3	4.4
0.9-1	4.5	5.3	5.4	5.8	5.6	5.7	5.1	3.1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 160 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	5.0	5.8	6.0	6.3	6.2	6.1	5.6	3.8
0-0.1	6.4	7.1	7.5	7.6	7.6	7.5	7.0	5.3
0.1-0.2	6.9	7.6	7.9	7.9	7.9	7.8	7.4	5.8
0.2-0.3	6.6	7.4	7.6	7.7	7.8	7.6	7.1	5.4
0.3-0.4	6.6	7.3	7.6	7.6	7.7	7.6	7.0	5.2
0.4-0.5	6.6	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6	6.9	5.2
0.5-0.6	6.4	7.0	7.3	7.3	7.3	7.3	6.6	4.8
0.6-0.7	6.4	7.1	7.3	7.4	7.3	7.3	6.6	4.9
0.7-0.8	6.0	6.7	6.9	7.0	6.9	6.8	6.3	4.5
0.8-0.9	5.9	6.6	6.7	7.0	6.8	6.9	6.3	4.5
0.9-1	4.6	5.4	5.5	5.9	5.7	5.8	5.2	3.3

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 180 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	5.1	5.9	6.1	6.4	6.3	6.1	5.7	3.9
0-0.1	6.5	7.2	7.6	7.7	7.7	7.5	7.1	5.4
0.1-0.2	6.9	7.6	7.9	8.0	8.0	7.9	7.5	5.8
0.2-0.3	6.7	7.4	7.7	7.7	7.8	7.7	7.2	5.5
0.3-0.4	6.7	7.4	7.7	7.7	7.8	7.7	7.0	5.3
0.4-0.5	6.7	7.4	7.6	7.6	7.7	7.7	7.0	5.2
0.5-0.6	6.4	7.1	7.3	7.4	7.4	7.4	6.6	4.9
0.6-0.7	6.5	7.2	7.4	7.5	7.4	7.4	6.7	5.0
0.7-0.8	6.1	6.7	7.0	7.1	6.9	6.9	6.4	4.5
0.8-0.9	6.0	6.6	6.8	7.1	6.9	7.0	6.4	4.6
0.9-1	4.7	5.5	5.6	5.9	5.8	5.9	5.2	3.4

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Südwestdeutsches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 200 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	5.1	5.9	6.2	6.4	6.3	6.2	5.8	3.9
0-0.1	6.6	7.3	7.6	7.7	7.7	7.6	7.2	5.5
0.1-0.2	7.0	7.7	7.9	8.0	8.1	7.9	7.5	5.9
0.2-0.3	6.8	7.5	7.7	7.8	7.9	7.7	7.3	5.6
0.3-0.4	6.7	7.4	7.7	7.7	7.8	7.7	7.1	5.4
0.4-0.5	6.8	7.5	7.6	7.7	7.7	7.7	7.0	5.3
0.5-0.6	6.5	7.2	7.4	7.5	7.4	7.5	6.7	4.9
0.6-0.7	6.5	7.2	7.4	7.5	7.4	7.4	6.8	5.0
0.7-0.8	6.1	6.8	7.0	7.2	7.0	7.0	6.4	4.6
0.8-0.9	6.0	6.7	6.9	7.2	7.0	7.0	6.4	4.6
0.9-1	4.7	5.5	5.7	6.0	5.9	5.9	5.3	3.5

Abb. 23: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Südwestdeutschen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.

A.9 Cut-In Windgeschwindigkeiten der Westlichen Mittelgebirge für eine Signifikanzschwelle < 1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 60 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	3.8	4.9	5.2	5.5	5.3	5.1	4.4	1.4
0-0.1	5.3	6.4	6.8	6.9	6.8	6.5	6.0	3.9
0.1-0.2	5.7	6.8	7.3	7.4	7.4	7.0	6.4	4.2
0.2-0.3	5.5	6.6	6.9	7.0	7.0	6.8	6.1	3.9
0.3-0.4	5.4	6.5	6.9	6.9	6.9	6.8	5.9	3.8
0.4-0.5	5.5	6.6	6.8	6.8	6.8	6.7	5.8	3.7
0.5-0.6	5.1	6.3	6.5	6.5	6.4	6.4	5.5	3.3
0.6-0.7	5.2	6.3	6.5	6.6	6.4	6.4	5.6	3.4
0.7-0.8	4.7	5.9	6.2	6.3	6.1	6.0	5.2	2.7
0.8-0.9	4.6	5.8	6.0	6.3	6.1	6.0	5.2	2.8
0.9-1	3.3	4.5	4.7	5.0	4.8	4.8	4.0	1.1

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 80 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.0	5.2	5.5	5.7	5.5	5.3	4.6	1.6
0-0.1	5.5	6.6	7.0	7.1	7.1	6.7	6.2	4.1
0.1-0.2	6.0	7.0	7.5	7.6	7.6	7.3	6.5	4.5
0.2-0.3	5.7	6.8	7.2	7.2	7.3	7.0	6.3	4.1
0.3-0.4	5.7	6.7	7.1	7.1	7.2	7.0	6.1	4.0
0.4-0.5	5.7	6.8	7.0	7.0	7.0	6.9	6.1	3.9
0.5-0.6	5.4	6.5	6.7	6.7	6.7	6.6	5.7	3.6
0.6-0.7	5.4	6.5	6.7	6.8	6.7	6.6	5.8	3.7
0.7-0.8	5.0	6.2	6.4	6.5	6.3	6.2	5.4	3.2
0.8-0.9	4.8	6.0	6.2	6.5	6.3	6.2	5.5	3.2
0.9-1	3.6	4.8	4.9	5.2	5.0	5.0	4.2	1.3

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 100 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.2	5.3	5.6	5.9	5.7	5.4	4.8	2.0
0-0.1	5.7	6.7	7.1	7.3	7.2	6.9	6.3	4.2
0.1-0.2	6.1	7.2	7.6	7.6	7.6	7.4	6.7	4.7
0.2-0.3	5.9	6.9	7.3	7.3	7.4	7.1	6.4	4.3
0.3-0.4	5.8	6.9	7.3	7.2	7.3	7.1	6.3	4.2
0.4-0.5	5.9	6.9	7.2	7.1	7.1	7.1	6.2	4.1
0.5-0.6	5.6	6.6	6.8	6.9	6.8	6.7	5.9	3.8
0.6-0.7	5.6	6.7	6.9	6.9	6.8	6.7	6.0	3.9
0.7-0.8	5.2	6.3	6.5	6.6	6.4	6.3	5.6	3.5
0.8-0.9	5.0	6.2	6.4	6.6	6.4	6.4	5.6	3.5
0.9-1	3.8	4.9	5.1	5.4	5.1	5.1	4.4	1.4

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 120 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.3	5.5	5.7	6.0	5.8	5.6	5.0	2.4
0-0.1	5.8	6.8	7.3	7.4	7.3	7.0	6.4	4.4
0.1-0.2	6.3	7.3	7.7	7.7	7.7	7.5	6.8	4.8
0.2-0.3	6.0	7.0	7.4	7.5	7.5	7.3	6.5	4.5
0.3-0.4	6.0	7.0	7.4	7.3	7.4	7.3	6.4	4.3
0.4-0.5	6.0	7.0	7.3	7.3	7.3	7.2	6.3	4.2
0.5-0.6	5.7	6.8	7.0	7.0	6.9	6.9	6.0	3.9
0.6-0.7	5.8	6.8	7.0	7.0	6.9	6.8	6.1	4.0
0.7-0.8	5.3	6.4	6.6	6.7	6.5	6.4	5.7	3.6
0.8-0.9	5.2	6.3	6.5	6.7	6.5	6.5	5.8	3.7
0.9-1	4.0	5.1	5.2	5.5	5.3	5.3	4.5	1.5

Abb. 24: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Westlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 60–120 m.

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 140 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.4	5.6	5.9	6.1	5.9	5.7	5.1	2.7
0-0.1	5.9	7.0	7.4	7.5	7.4	7.1	6.5	4.5
0.1-0.2	6.4	7.4	7.8	7.8	7.8	7.6	6.9	4.9
0.2-0.3	6.1	7.2	7.5	7.5	7.6	7.4	6.6	4.6
0.3-0.4	6.1	7.1	7.5	7.5	7.5	7.4	6.5	4.4
0.4-0.5	6.1	7.2	7.4	7.4	7.4	7.3	6.4	4.3
0.5-0.6	5.8	6.9	7.1	7.1	7.0	7.0	6.1	4.0
0.6-0.7	5.9	6.9	7.1	7.2	7.0	6.9	6.2	4.1
0.7-0.8	5.4	6.5	6.7	6.8	6.6	6.5	5.8	3.8
0.8-0.9	5.3	6.4	6.6	6.8	6.6	6.6	5.9	3.8
0.9-1	4.1	5.2	5.3	5.6	5.4	5.4	4.6	1.6

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 160 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.5	5.7	6.0	6.2	6.0	5.8	5.2	2.9
0-0.1	6.1	7.1	7.5	7.6	7.5	7.2	6.7	4.6
0.1-0.2	6.4	7.5	7.8	7.9	7.9	7.6	7.0	5.1
0.2-0.3	6.2	7.3	7.6	7.6	7.7	7.5	6.7	4.7
0.3-0.4	6.2	7.2	7.6	7.5	7.6	7.5	6.6	4.5
0.4-0.5	6.2	7.3	7.5	7.5	7.5	7.4	6.5	4.5
0.5-0.6	5.9	7.0	7.2	7.2	7.1	7.1	6.2	4.1
0.6-0.7	6.0	7.0	7.2	7.3	7.1	7.0	6.3	4.2
0.7-0.8	5.5	6.6	6.8	6.9	6.7	6.6	6.0	3.9
0.8-0.9	5.4	6.5	6.7	6.9	6.7	6.7	6.0	3.9
0.9-1	4.1	5.3	5.5	5.7	5.5	5.5	4.7	1.7

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 180 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.6	5.8	6.1	6.3	6.1	5.9	5.3	2.9
0-0.1	6.1	7.1	7.5	7.6	7.6	7.3	6.7	4.6
0.1-0.2	6.5	7.6	7.9	7.9	7.9	7.7	7.1	5.1
0.2-0.3	6.3	7.4	7.7	7.7	7.7	7.5	6.8	4.7
0.3-0.4	6.2	7.3	7.6	7.6	7.7	7.5	6.7	4.6
0.4-0.5	6.3	7.4	7.6	7.6	7.6	7.5	6.6	4.5
0.5-0.6	6.0	7.0	7.3	7.3	7.2	7.2	6.3	4.1
0.6-0.7	6.0	7.1	7.3	7.4	7.2	7.2	6.3	4.2
0.7-0.8	5.6	6.7	6.9	7.0	6.8	6.7	6.0	3.9
0.8-0.9	5.5	6.5	6.8	7.0	6.8	6.8	6.0	3.9
0.9-1	4.2	5.4	5.6	5.8	5.6	5.6	4.8	1.8

Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) Naturraum: Westliches Mittelgebirge Rotordurchmesser: 200 m erlaubte Schlagopferanzahl: < 1 Individuen pro Jahr								
Nachtzehntel	Monat							
	4	5	6	7	8	9	10	11
-0.15-0	4.7	5.9	6.1	6.3	6.1	5.9	5.4	3.2
0-0.1	6.2	7.2	7.6	7.6	7.6	7.3	6.8	4.8
0.1-0.2	6.6	7.6	7.9	7.9	7.9	7.7	7.2	5.3
0.2-0.3	6.4	7.4	7.7	7.7	7.7	7.6	6.9	4.9
0.3-0.4	6.3	7.4	7.7	7.6	7.7	7.6	6.8	4.7
0.4-0.5	6.4	7.4	7.6	7.6	7.6	7.5	6.7	4.7
0.5-0.6	6.1	7.1	7.3	7.3	7.2	7.2	6.4	4.3
0.6-0.7	6.2	7.2	7.3	7.4	7.2	7.2	6.4	4.4
0.7-0.8	5.7	6.7	6.9	7.0	6.8	6.7	6.1	4.0
0.8-0.9	5.6	6.6	6.8	7.0	6.8	6.8	6.2	4.1
0.9-1	4.3	5.5	5.6	5.9	5.6	5.7	4.9	2.3

Abb. 25: Cut-In Windgeschwindigkeiten (m/s) für eine erlaubte Schlagopferzahl < 1 Individuum pro Jahr für die Region der Westlichen Mittelgebirge bei WEA mit Rotordurchmessern von 140–200 m.

Die „BfN-Schriften“ sind eine seit 1998 unperiodisch erscheinende Schriftenreihe in der institutionellen Herausgeberschaft des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bonn. Sie sind kurzfristig erstellbar und enthalten u.a. Abschlussberichte von Forschungsvorhaben, Workshop- und Tagungsberichte, Arbeitspapiere oder Bibliographien. Viele der BfN-Schriften sind digital verfügbar. Printausgaben sind auch in kleiner Auflage möglich.

DOI 10.19217/skr682