

Fachpapier des BFA Fledermäuse im NABU

Position zur Beachtung von Fledermäusen beim weiteren Ausbau der Windenergie

Die öffentliche Debatte um den Windenergieausbau fokussiert aktuell in erster Linie auf den Konflikt zwischen Windenergieanlagen (WEA) und Vögeln. Die Konfliktlagen, die mit anderen Tiergruppen bestehen, werden in der Debatte weitestgehend ausgeblendet. Im Falle von Fledermäusen liegt dies vermutlich an der Annahme, mit Hilfe technischer Minimierungsmaßnahmen wie der Abschaltung von WEA seien die Konflikte in diesem Spannungsfeld gelöst. Dies ist allerdings ein Irrtum. Hinsichtlich des Fledermausschutzes werden in Deutschland einige artenschutzrechtlich bedenkliche Praktiken im Rahmen von Genehmigungsverfahren von WEA umgesetzt, die einer ökologisch nachhaltigen Energiewende widersprechen.

Es ist unbestritten, dass der Ausbau der Windenergie im Ganzen als Teil der Energiewende dem Klimaschutz dient. Biodiversitäts- und Klimakrise sind aber zwei Krisen, die in ihrer ökologischen und gesellschaftlichen Bedeutung als gleichwertig zu behandeln sind. Die Klimakrise fördert zwar das globale Artensterben, die Hauptursache für die Biodiversitätskrise liegt aber in den von Menschen bewirkten weltweiten Landnutzungsänderungen. Da Klimaerwärmung und Biodiversitätskrise unterschiedliche Hauptursachen haben, sind die Ansätze zu deren Bekämpfung unterschiedlich. Genauso wie Naturschutz dem Klimaschutz dient, hilft ökologisch nachhaltiger Klimaschutz auch dem Naturschutz. Klimaschutz kann jedoch wirksamen Artenschutz nicht ersetzen. Im Falle der Fledermäuse ist es unklar, welche Auswirkungen der Klimawandel auf einheimischen Arten haben wird. Der Ausbau der Windenergie ist somit zwar als Klimaschutzmaßnahme zu werten, nicht aber als wichtigste Maßnahme zum Schutz von Fledermäusen oder gar der globalen Biodiversität, wie das regelmäßig in Diskussionen angeführt wird.

Der Zielkonflikt zwischen Naturschutz und Klimaschutz ist bei Planungen von WEA anzuerkennen. Er kann nur dann aufgelöst werden, wenn beiden Zielen gleichwertiger Raum gegeben wird. Auf Grund biologischer Besonderheiten und des hohen Schutzstatus der Fledermäuse besteht die Notwendigkeit einer umfangreichen Berücksichtigung von Fledermäusen bei der Planung und dem Betrieb von WEA. Das folgende Papier soll einige der Konfliktfelder aufführen und Lösungsansätze wiedergeben.

1) Betroffenheit

In Deutschland leben 25 Fledermausarten, die Großteils durch den Ausbau von WEA betroffen sein können. Dabei muss zwischen verschiedenen Gefährdungsursachen unterschieden werden:

a. Tötungsrisiko

Seit der Jahrtausendwende ist bekannt, dass Fledermäuse durch WEA regelmäßig zu Tode kommen. Seit mehr als 10 Jahren wird dies auch intensiv erforscht. Zum einen können Fledermäuse unmittelbar durch Kollision mit den Rotorblättern getötet werden, zum anderen aber auch durch ein sogenanntes Barotrauma verletzt oder getötet werden. Da alle Fledermäuse zu den besonders und streng geschützten Arten zählen, ist der besondere Artenschutz nach § 44 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und damit auch das individuenbezogene Tötungsverbot beim Ausbau der Windenergie immer zu beachten.

Auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse reichen in Deutschland die Schätzungen zur Mortalität von Fledermäusen an WEA von durchschnittlich zwei bis zu 57 getöteten Fledermäusen pro WEA und Jahr (Rydell et al. 2010; Dürr 2015, Niermann et al. 2011), sofern die Anlagen ohne Abschaltungen betrieben werden. Als Mittelwertbereich werden in dieser Studie Werte von zehn bis 12 getöteten Fledermäusen pro WEA und Jahr genannt (Brinkmann et al. 2011). Auf Grundlage von Kiefer (2018) und Romberg (2019) kämen an WEA in Deutschland bei einer aktuellen Anzahl von knapp 30.000 WEA an Land jährlich bis zu 300.000 Fledermäuse zu Tode, wenn die Anlagen ohne Betriebsbeschränkungen liefen. In Deutschland werden lediglich ein Viertel der WEA mit Beschränkungen zum Fledermausschutz betrieben (Fritze et al. 2018, KNE 2019). Wenn demnach 75% der onshore WEA ohne Abschaltauflagen betrieben werden, könnte die kumulative Schlagopferzahl pro Jahr bei über 200.000 Individuen liegen (Voigt 2020). Selbst wenn der Betrieb von WEA durch Abschaltzeiten zum Fledermausschutz eingeschränkt ist, ist oftmals unklar, ob diese behördlichen Auflagen zwingend eingehalten werden. So deutet eine unveröffentlichte Studie in Baden-Württemberg darauf hin, dass die notwendigen Abschaltungen zum Fledermausschutz sehr häufig nicht eingehalten werden. Ob die o.g. Zahlen also tatsächlich mit der umgesetzten Praxis der Abschaltungen deutlich reduziert werden, ist unbekannt. Werden Weibchen während der Sägezeit geschlagen, ist auch zusätzlich mit dem Tod der Jungtiere zu rechnen, was aber in den üblichen Berechnungen unberücksichtigt bleibt.

Besonders an Waldstandorten ist aufgrund der erhöhten Fledermausaktivität mit höheren Opferzahlen zu rechnen (Frey et al. 2012, Müller 2014). Zum einen können im Wald weitere Arten betroffen sein, zum anderen bilden Zuwegungsschneisen und Rodungsflächen durch ihren Lichtungscharakter neue Jagdlebensräume, die besonders für Arten der Gattung *Pipistrellus* attraktiv sind und diese somit in die Nähe der Anlagen locken können. Potenziell können auch Fledermäuse die WEA als herausragende Quartierbäume missdeuten und somit an die Anlagen angelockt werden (Guest et al. 2022). Zudem werden Fledermäuse ggf. auch während der Wanderperiode beim Durchflug durch die vom Rotor überstrichene Fläche getötet.

Zu den durch Kollision an WEA direkt betroffenen Arten zählen nach den bundesweiten Schlagopferstatistiken: Großer Abendsegler, Kleinabendsegler, Zwerg-, Mücken-, Rauhaut-, Breitflügel- und Zweifarbfledermaus (vgl. Dürr, 2020). Aus Schweden sind auch getötete Nordfledermäuse bekannt (Ahlén 2002), die in Deutschland nur ein eingeschränktes Verbreitungsgebiet besitzen. Bei einem Großteil der betroffenen Arten wie zum Beispiel dem Großen Abendsegler, dem Kleinabendsegler und der Rauhautfledermaus handelt es sich um migrierende Arten, deren Ursprungspopulationen im Nordosten Europas liegen kann (Lehnert et al. 2014, Voigt et al. 2012). Somit verunglücken in Deutschland nicht nur einheimische Individuen, sondern auch viele Tiere aus Nord- und Osteuropa, was eine populationsbiologische Betrachtung erschwert.

Da neben Offenlandstandorten mit zunehmendem Maße auch walddreiche Gebiete für den Ausbau der Windenergie erschlossen werden, nimmt das Gefährdungspotenzial durch ein erhöhtes Tötungsrisiko auch für typische Waldfledermausarten zu, insbesondere wenn die Abstände zwischen Rotorspitze und Kronenbereich bei neueren Anlagen mit sehr großen Rotoren nur gering sind. Auch im Offenland, wo gerade in Norddeutschland zunehmend WEA mit extrem großen Rotoren (Rotorlänge: 70-80 m) und zum Teil geringem Abstand der Spitze zum Boden (z.B. 18-30 m) gebaut werden, kann es in Zukunft vermehrt zum Schlag von strukturgebundeneren Arten wie beispielsweise Teichfledermäuse oder Langohren kommen. Aufgrund dieser technischen Weiterentwicklung von WEA scheint eine Erweiterung der Liste der Hochrisikoarten in Zukunft wahrscheinlich.

b. Quartierverlust

In den Regionen, in denen der Ausbau von WEA zunehmend im Wald erfolgt, kann es neben dem Tötungsrisiko auch zu Quartierzerstörungen (Verlust von Baumquartieren) durch baubegleitende Rodungen für die Zuwegungen und Stellflächen kommen. Davon können Wochenstuben, Paarungsquartiere sowie Winterquartiere betroffen sein. Tatsächlich kann es im Zuge der Rodungsmaßnahmen auch zur Tötung winterschlafender Fledermäuse kommen, wenn die Rodungen, wie es oft erfolgt, zur Winterzeit stattfinden. Zwar werden solche Rodungen meist durch eine ökologische Baubegleitung überwacht, viele Baumstammrisse sind dabei aber nicht bis in tiefere Bereiche einsehbar, so dass Fledermäuse übersehen werden können. Zwingend zu beachten ist hierbei, dass das Roden von Bäumen mit Baumhöhlen einer Ausnahmegenehmigung bedarf, wenn es sich dabei um ein Fledermausquartier handeln sollte. Dies ist gesetzlich vorgeschrieben, auch wenn die Tiere im Winter nicht anwesend sein sollten. Auch ist zu beachten, dass der Abstand zwischen Quartier und Rodungsfläche ausreichend groß sein muss, damit klimatische Bedingungen im Quartier unverändert bleiben.

c. Verlust von Jagdhabitaten

Jagdhabitats können durch den Bau von WEA, insbesondere im Wald, negativ beeinflusst werden oder ganz verloren gehen. Neben dem Lebensraumverlust durch die Bau- und Stellfläche der Anlage geht durch etwaige notwendige Zuwegungen weiterer Lebensraum verloren (Hurst et al. 2016). So zeigt eine Arbeit aus Frankreich einen erheblichen Rückgang von etwa 54 % der Jagdgebietenutzung der Mopsfledermaus im Wirkungsbereich von 1000 m zu einer WEA (Barré et al. 2018). Eng an den Wald gebundene Arten wie die Mopsfledermaus oder das Große Mausohr und Arten mit kleinen Jagdradien wie die Bechsteinfledermaus oder auch das Braune Langohr können zudem durch die Rodung von Waldflächen und die damit einhergehende Fragmentierung des Waldes essentielle Jagdhabitats verlieren. Dadurch können Wochenstubenquartiere letztlich ihre Funktion verlieren, selbst wenn sie nicht direkt von den Rodungen betroffen sind. Die Ermittlung solcher essentieller Jagdhabitats von Wochenstubenkolonien mittels Raumnutzungstelemetrie ist daher zwingend erforderlich (Dietz et al. 2015). Es ist zudem wahrscheinlich, dass ein durch Rodung fragmentierter Wald für die lokal vorkommenden Fledermausarten an Qualität verlieren kann, da sich durch die Fragmentierung das Kleinklima im Wald und damit auch das Nahrungsangebot verändern könnten. Angesichts der geringen Reproduktionsrate von Fledermäusen, die in der Regel nur ein bis zwei Jungtiere pro Jahr gebären, können sich sowohl der unmittelbare Schlag von Fledermäusen an den WEA als auch die Lebensraumverschlechterung relativ schnell negativ auf den Erhaltungszustand von lokalen Beständen oder ganzen Fledermauspopulationen auswirken.

d. Meidung

Bereits seit der Jahrtausendwende ist ein Meidungsverhalten von Fledermäusen an damals noch kleinen WEA belegt (Bach 2001). Neuere Untersuchungen bestätigen nun diesen initialen Befund auch für neue, größere WEA. So konnten Reusch et al. (2022) feststellen, dass Große Abendsegler Windparks an der Nordseeküste über mehrere km hinweg meiden. Eine Meidung von WEA konnten ebenso Barré et al. (2018) zeigen. Sie fanden in Frankreich im Offenland eine um ca. 20 % niedrigere Aktivität von Kleinabendsegler und Zwergfledermaus innerhalb eines 1 km-Radius um WEA im Vergleich zum Umfeld. Dieses Meidungsverhalten führt somit zu großflächigen Lebensraumverlusten um Windparks herum. Gleichzeitig wirken Windparks offenbar in der Nähe von Quartieren oder Jagdlebensräumen aber auch anlockend auf Fledermäuse (Reusch et al. 2022).

Diese Untersuchungen zeigen, dass die Interaktion von Fledermäusen mit WEA deutlich komplexer als bislang angenommen ist und vermutlich in Abhängigkeit von der räumlichen Skala variiert. Es tritt einerseits mutmaßlich art- bzw. individualspezifisches Meideverhalten an Windparks auf, was bei großflächigen Windparks zu erheblichen Jagdgebietsverlust führen kann (Barré et al. 2018, Reusch et al. 2022). Andererseits werden Arten bzw. Individuen von WEA unter Umständen auch angelockt (Guest et al. 2022; Reusch et al. 2022). Im schlimmsten Fall führt dies zu Kollisionen und damit zum Tod der Individuen. Das Meideverhalten und der damit einhergehende Lebensraumverlust sollten in Zukunft neben der Schlagproblematik stärker in den Genehmigungsverfahren berücksichtigt werden. Um den negativen Einfluss von Lebensraumverlust und -verschlechterung auf die Bestandsentwicklungen zu reduzieren, sind ausgleichende Maßnahmen zwingend erforderlich, um die lokalen Bestände in der Nähe von WEA zu stützen.

2) Datenlage und Voruntersuchungen

Im Gegensatz zu vielen Vogelarten wie beispielsweise dem Rotmilan existieren zu Fledermausvorkommen bundesweit kaum valide Verbreitungsdaten, geschweige denn Angaben zu Populationsgrößen. Dennoch gilt es zu betonen, dass bei jeder Planung von WEA der begründete Anfangsverdacht für einen artenschutzrechtlichen Verbotstatbestand in Bezug auf Fledermäuse besteht. Da z. B. die kollisionsgefährdete Zwergfledermaus über die gesamte Fläche in ganz Deutschland vorkommt, muss überall primär von einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko für Fledermäuse ausgegangen werden. Verbreitungsanalysen zeigen, dass davon auszugehen ist, dass mindestens eine der besonders kollisionsgefährdeten Arten überall vorzufinden ist (Hurst et al. 2016). Daher sind Voruntersuchungen zu Vorkommen, zur Aktivität und zur Habitatnutzung von Fledermäusen zwingend nötig. Es sind grundsätzlich Minimierungsmaßnahmen bei der Errichtung von WEA anzuwenden.

Voruntersuchungen sind vor allem wichtig, um abschätzen zu können, welche Konflikte zum Fledermausschutz es am geplanten Standort gibt. Dabei ist es nicht zielführend aus der am Boden ermittelten Aktivität der Fledermäuse eine exakte Schlagopferzahl prognostizieren zu wollen (Lintott et al. 2016). Die in Bodennähe ermittelte Aktivität eignet sich aber dazu, solche Zeiträume zu ermitteln, an denen mit erhöhtem Schlag zu rechnen ist. Dies ist relevant, um die Wirtschaftlichkeit der WEA unter Beachtung artenschutzrechtlicher Maßnahmen schon vor dem Bau der Windenergieanlagen abschätzen zu können (z.B. Unwirtschaftlichkeit wegen potenziell hohen Abschaltzeiten). Der Bau von WEA ist an Standorten mit saisonal hohem Vorkommen von

Fledermäusen sowohl aus Wirtschaftlichkeitsgründen als auch aus Gründen des Fledermausschutzes zu vermeiden.

Die Länder sollten dringend die Datenlage bezüglich Fledermausvorkommen und Populationsgrößen verbessern. Ansonsten könnte die räumliche Steuerung des Ausbaus von WEA fehlgeleitet werden und sich somit negativ auf den Erhaltungszustand der betroffenen Arten auswirken. Ein erster wichtiger Schritt wäre hier die verbindliche Dokumentation und Archivierung aller Erfassungsdaten in öffentlich zugänglichen oder landeseigenen Datenbanken. Derartige Datenbanken sollten in allen Bundesländern aufgebaut werden. Neben der Beurteilung von Eingriffen können diese Datenbanken auch als Bewertungsgrundlage für andere Fragestellungen herangezogen werden (z.B. FFH-Monitoring).

3) Regionale Unterschiede

Im Falle von Fledermäusen existieren teils erhebliche regionale Unterschiede in der Betroffenheit der Arten sowie auch in den Verhaltensweisen der Tiere. Untersuchungen aus Norddeutschland zeigen, dass beispielsweise Rauhautfledermäuse dort bei relativ hohen Windgeschwindigkeiten noch aktiv sind (Bach et al. 2020). Derartige regionale Besonderheiten sind bei vorsorglichen Abschaltungen, die zumeist auf pauschalen Festlegungen in Bezug auf Windgeschwindigkeit und Temperatur basieren, zu beachten. Ähnliches gilt für die festzulegenden Zeiträume, in denen ein Höhenmonitoring durchgeführt oder im Rahmen von Voruntersuchungen migrierende Arten erfasst werden sollen. Selbst im Norden Deutschlands, wo man ein früheres Migrationsgeschehen erwarten würde, reicht das Migrationsgeschehen mitunter bis in den November. Aus Mecklenburg-Vorpommern ist auf Grundlage von Lichtschrankenuntersuchungen an Quartieren des Großen Abendseglers bekannt, dass die Tiere bei günstigen Umgebungstemperaturen bereits ab Januar abwandern und die Einwanderung zu den Winterquartieren bis in den Dezember hinein erfolgen kann (Hermanns, unveröff. Mitteilung).

In den milderen Regionen Deutschlands ist darüber hinaus zu bedenken, dass auch im Herbst und im frühen Winter teilweise noch höhere Temperaturen erreicht werden können. Im Zuge von Klimaveränderungen können solche Ereignisse sogar noch zunehmen. Fledermäuse können deswegen auch in den Wintermonaten aktiv sein. Eine feste Begrenzung von Abschaltungen auf die Zeiträume April bis Oktober ist daher grundsätzlich abzulehnen. Standortspezifische Erfassungszeiträume und vorsorglichen Abschaltungen sind daher schon im Vorfeld anzupassen.

4) WEA auf See

In neueren Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass auf der Ostsee und Nordsee flächendeckend mit Fledermauswanderung von bis zu acht Arten (Abendsegler, Kleinabendsegler, Zweifarb-, Zwerg-, Rauhaut- und Mücken-, Breitflügel- und Nordfledermaus) zu rechnen ist (Seebens-Hoyer et al. 2021). Das Küstenmeer wird zudem neben den genannten auch von lokal vorkommenden Arten wie Wasser- oder Teichfledermäusen als Jagdhabitat regelmäßig auch außerhalb der Migrationsperioden genutzt (Ahlén et al. 2009, Seebens et al. 2013). Es ist unter Fledermaus-Experten unstrittig, dass auch Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) eine große Gefahr für Fledermäuse darstellen (Ahlén et al. 2009, Brabant et al. 2019, Gaultier et al. 2020, Hüppop et al. 2019, Lagerveld et al. 2021, Seebens-Hoyer et al. 2021). Der Fledermausschutz ist deshalb im Rahmen von Genehmigungsverfahren von OWEA (im Küstenmeer und der Ausschließlichen Wirtschaftszone) zwingend zu beachten. Hierzu müssen die Untersuchungskonzepte an die neuen Erkenntnisse angepasst und in der Ostsee und den küstennäheren Bereichen der Nordsee (24-Seemeilen-Zone) angewendet werden. Aufgrund der

nachgewiesenen Aktivitäten und offshore-spezifischen Faktoren (z.B. Auftreten von Erkundungsverhalten, Anlagengröße und -struktur u.a., vgl. Seebens-Hoyer et al. 2021) ist regelmäßig mit Schlagopfern an OWEA zu rechnen. Somit sind zwingend Vermeidungsmaßnahmen anzuwenden.

5) Minimierungsmaßnahmen und CEF-Maßnahmen

Vermeidungs- bzw. Minimierungsmaßnahmen dienen dazu die Beeinträchtigungen unter die Erheblichkeitsschwelle zu bringen. Entscheidend sind hierfür allerdings die fachgerechte Umsetzung sowie der Nachweis der Wirksamkeit der angewendeten Maßnahmen.

a. Abschaltungen

In den letzten Jahren entwickelten sich WEA weltweit zur häufigsten Unfallursache bei Fledermäusen (O'Shea et al. 2016). Aufgrund der Tatsache, dass auch häufige und flächig verbreitete Arten wie die Zwergfledermaus hochgradig von Rotorschlag betroffen sind, muss an jedem Standort von einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko für Fledermäuse ausgegangen werden (Dietz et al. 2015). Ohne Zweifel sind temporäre Abschaltungen dazu geeignet, den Fledermausschlag deutlich zu reduzieren, weshalb es auf Basis des heutigen Wissens keine Genehmigungen mehr ohne entsprechende Maßnahmen zum Fledermausschutz geben darf. Hierbei ist nach Erteilung einer Genehmigung dringend auf die Überwachung der Umsetzung der Maßnahmen zu achten. Eine einzurichtende unabhängige Prüfstelle mit entsprechenden Vollzugskompetenzen könnte die Einhaltung der Abschaltungen kontrollieren und ggf. den Anlagenbetreiber und die Behörde informieren.

Da an fast jedem Standort mit einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko zu rechnen ist, sind vorsorgliche Abschaltungen mit begleitendem Gondelmonitoring (wobei das Monitoring an sich keine Minimierungsmaßnahme ist) immer in den Nebenbestimmungen festzuhalten. Auf Basis der standortspezifischen Daten, also welche Aktivitäten mit bestimmten Klimaparametern korrelieren, können die Abschaltungen dann in den Folgejahren angepasst werden. Dauerhafte pauschale Abschaltungen ohne Standortanpassungen sind grundsätzlich abzulehnen, da diese regionale Unterschiede unbeachtet lassen. Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass sich die angewandten Methoden zur Ermittlung standortspezifischer Abschaltungen teils stark unterscheiden. Diese Unterschiede werden insbesondere anhand der Festlegung der Erheblichkeitsschwelle, also der Schwelle, ab der eine Abschaltung erfolgen muss, deutlich. In früheren Verfahren wurde regelmäßig die Abschaltzeit auf Basis relativer Aktivitäten ermittelt. Beispielsweise wurden WEA so in ihrem Betrieb reguliert, dass die Abschaltung in einem Zeitraum lag, in dem 90 oder 95 Prozent der Fledermausaktivität in Gondelhöhe erfasst und 10 bzw. 5 Prozent der Aktivität in den Bereich des Betriebs fielen. Dieser Ansatz ist zu hinterfragen, da die Länge des Zeitraums, in dem die WEA nicht reguliert wird, von der Gesamthöhe der Fledermausaktivität abhängig ist. Bei WEA an Standorten mit hoher Fledermausaktivität führt dies unweigerlich zu hohen verbleibenden Schlagopferzahlen. In den neueren Verfahren des Renebat-Forschungsvorhabens (Brinkmann et al. 2011) wurde ein Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, aus der Fledermausaktivität im Gondelbereich die Anzahl der getöteten Tiere zu prognostizieren. Konkret werden in diesem Ansatz nicht relative Schwellenwerte ermittelt, sondern absolute Werte (z. B. ein totes Tier/WEA und Jahr) festgelegt. Auf dieser Basis ermittelt das Programm ProBat durch die Verschneidung standortspezifischer Aktivitätsverteilungen mit bundesweiten Aktivitätsmustern sowie den tatsächlichen Klimadaten einen Abschaltalgorithmus. Dabei werden

im Zuge der Festlegung von Abschaltungen i.d.R. Schwellenwerte für pro Jahr geduldete Tötungen von Fledermäusen definiert.

Auch diese Methode muss kritisch hinterfragt werden. Der nachfolgenden konstruktiven Kritik sei vorangestellt, dass die Methodik nach Renebat aktuell der einzige methodische Ansatz zur Betriebsregulierung von WEA für den Fledermausschutz ist, der einer bundesweit einheitlichen Standardisierung nahekommt. Folgende Punkte des Ansatzes lassen sich aber verbessern.

(1) Die Übertragbarkeit des Ansatzes auf WEA verschiedener Größe sollte überprüft werden. Die Fledermauserfassung im Rahmen des Monitorings mit Detektoren, die zur Aktivitätsermittlung in Gondelhöhe notwendig ist, ist mit technischen Schwierigkeiten behaftet. Vor allem die eingeschränkte Erfassungsreichweite der Geräte erschwert die tatsächliche Abbildung der Aktivitäten im Rotorbereich. So können bei großen Rotorradien solche Arten, die im Bereich der Rotorspitze in den Gefahrenbereich einfliegen, nur begrenzt detektiert werden, insbesondere, wenn es sich um leise oder hochfrequent rufende Arten handelt (Voigt et al. 2021). Mit den zunehmenden Rotorradien moderner Anlagen betrifft diese Problematik auch laut rufende Arten wie den Großen Abendsegler. Mangelnde Detektorreichweiten sind durch die Anbringung weiterer Detektoren auf unterer Rotorspitzenhöhe auszugleichen (Bach et al. 2020). Entsprechend ist der von Renebat entwickelte Ansatz für die Untersuchung mit mehreren Detektoren an WEA zu erweitern.

(2) Bei der Umsetzung des Renebat-Ansatzes ist eine höhere Transparenz erforderlich, die es sowohl den Windenergiebetreibern als auch den Behörden erlaubt, das Verfahren zur Ableitung von Minimierungsmaßnahmen nachzuvollziehen.

(3) Es ist zudem festzuhalten, dass die aktuell verwendeten Schwellenwerte (d.h. die Maximalzahl der pro Jahr an einer WEA tolerierten Schlagopfer) für Wochenstubenkolonien eine Dezimierung der Populationsgröße bis hin zur vollständigen Auslöschung der gesamten Population nach sich ziehen kann (Zahn et al. 2014). Es ist kritisch anzumerken, dass die Schwellenwerte weder auf Basis populationsökologischer Betrachtungen, noch im Einklang mit dem Artenschutzrecht stehen. Vielmehr werden diese in der Regel politisch festgelegt oder obliegen der Einschätzung der Behörden. Der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG, Beschluss des Ersten Senates vom 23. Oktober 2018, 1 BvR 2523/13) hat demgegenüber aber verdeutlicht, dass die Einschätzung des signifikant erhöhten Tötungsrisikos der vollen gerichtlichen Kontrolle unterliegt und der Gesetzgeber in der Verantwortung steht hier untergesetzliche Maßstäbe zu setzen, die einer negativen Bestandsentwicklung von Fledermäusen entgegenwirken.

Bei der Bewertung des Eingriffs dürfen aus Sicht des NABU nicht einzelne Anlagen isoliert betrachtet werden. Vielmehr muss der gesamte Windpark bzw. das Konglomerat von beieinander stehenden 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 Windenergieanlagen 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). Aktuell werden in mehreren Bundesländern hingegen zwei oder sogar mehr tote Tiere pro WEA und Jahr genehmigt, völlig ungeachtet der Frage, wie viele WEA im gleichen Windpark genehmigt werden. Es wird demnach irrigerweise davon ausgegangen, dass die Zahl von zwei toten Tieren pro Anlage auch dann noch akzeptabel ist, wenn große

Windparks mit 20 und mehr Anlagen entstehen und somit pro Jahr mehr als 40 tote Fledermäuse erreicht würden und dass dies darüber hinaus auch völlig artunabhängig ist. Schwellenwerte dieser Größenordnung sind nicht nur vor dem Hintergrund des individuenbezogenen Tötungsverbotes fragwürdig, sie sind auch aus populationsbiologischer Sicht inakzeptabel, insbesondere, wenn es sich um Arten handelt, die ohnehin bereits in einem schlechten Erhaltungszustand sind. Darüber hinaus sollten die Abschaltalgorithmen alle fünf Jahre dahingehend überprüft werden, ob es z.B. zu Verschiebungen der Aktivitätszeiten gekommen ist und somit Anpassungen nötig werden. Außerdem müssen Wege gefunden werden, die eine kostengünstige Nutzung von Programmen wie ProBat ermöglichen, damit diese einheitlich genutzt werden und so als deutschlandweiter Standard wirken können.

b. Vergrämung

Vereinzelte Versuche durchgeführt, Fledermausschlag an WEA durch Vergrämung zu verhindern. Hierbei wird vor allen Dingen die Wirksamkeit von Radartechnik und Ultraschall überprüft (z.B. Horn et al. 2008). Bisherige Untersuchungen zur Vergrämungsmöglichkeiten scheiterten oder hatten sogar den gegenteiligen Effekt. Die Tiere fühlten sich durch den Ultraschall teilweise angezogen. Darüber hinaus sind fast alle Untersuchungen hierzu an nordamerikanischen Fledermäusen durchgeführt worden und die Übertragbarkeit auf Europäische Arten ist mehr als fraglich.

Die Reichweite von Ultraschallsignalen zur Vergrämung ist, wie bereits ausgeführt, physikalisch begrenzt. Es wären extrem hohe Schallamplituden erforderlich, um entsprechende akustische Signale über die Rotorspitzen hinaus für Fledermäuse wahrnehmbar zu machen. Daher ist diese Methode nach aktuellem Stand des Wissens kein probates Mittel um den Anflug von Fledermäusen an WEA zu verhindern.

c. Abschaltungen durch Früherkennung

Ansätze zur Abschaltung durch Früherkennung in den Gefahrenbereich von WEA einfliegender Tiere werden für die Artengruppe der Vögel erforscht. Derartige kamerabasierten Systeme sind schwerlich auf die Situation der Nacht, wenn Fledermäuse an WEA anfliegen, übertragbar. Im Augenblick ist zudem das Antwortverhalten optischer Systeme zur rechtzeitigen Erfassung von Fledermäusen zu langsam. Der zeitliche Verzug in der Abschaltung von WEA verhindert daher einen wirksamen Schutz von Fledermäusen an WEA.

d. Gestaltung des WEA-Umfeldes

Minimierungsmaßnahmen, wie sie für den Vogelschutz auch im aktuellen Papier¹ der Umweltministerkonferenz (UMK) genannt werden, zur „unattraktiven“ Gestaltung des Mastfußes mit Gebüsch oder ähnlichem, wirken auf Fledermäuse anlockend und sind daher abzulehnen. In jedem Fall sollte das Umfeld so gestaltet werden, dass es für Insekten unattraktiv wirkt.

¹ Standardisierter Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten an Windenergieanlagen (WEA) an Land – Signifikanzrahmen; Umweltministerkonferenz (UMK), 11.12.2020

e. CEF-Maßnahmen

Das Ausbringen von künstlichen Fledermausquartieren als CEF-Maßnahme (Maßnahmen zum kontinuierlichen funktionellen Ersatz; engl. „Continued Ecological Function“) für Quartierverluste im Wald ist abzulehnen, da eine dauerhafte Wirksamkeit nicht gewährleistet werden kann. So ist z.B. bei fehlender Pflege der Fledermauskästen damit zu rechnen, dass diese mit der Zeit unbrauchbar werden. Hier kann nur eine Maßnahme zielführend sein, bei der ältere zusammenhängende Waldflächen langfristig aus der Nutzung genommen werden. Die Größe der Flächen muss an das betroffene Artenspektrum angepasst werden. Auch ist zu beachten, dass die Ausgleichsflächen den betroffenen Populationen zu Gute kommen müssen. Viele Fledermäuse zeigen vor allem zur Wochenstubenzeit eine gewisse Territorialität gegenüber anderen Wochenstubenverbänden derselben Art. Daher könnten falsch gewählte Ausgleichsflächen ihre Wirksamkeit für die vom Eingriff betroffenen Populationen verfehlen.

f. Standortverzicht

Angesichts der beschriebenen Problematiken in Bezug auf Abschaltregelungen und der Tatsache des ungünstigen Erhaltungszustandes vieler Fledermausarten und der Unfähigkeit zum Ausgleich hoher zusätzlicher Mortalitätsraten, muss der Fokus des Fledermausschutzes auf der Sicherung der Lebensräume liegen (Dietz et al. 2007). Standorte mit hoher Lebensraumqualität (struktureicher Wald) und mit überdurchschnittlich hoher Fledermausaktivität wie z.B. Flussniederungen oder das Umfeld von Wochenstuben und Winterquartieren schlaggefährdeter Arten müssen bei der Windenergieplanung gemieden werden.

Neben dem Verzicht auf einzelne WEA oder Windparks in besonders sensiblen Gebieten ist die Festlegung von Ausschlussräumen ein wichtiger Baustein zum Erhalt der Fledermauspopulationen. Gute Hinweise für etwaige notwendige Abstandsempfehlungen geben Dietz et al. (2015) mit folgender Tabelle:

Tabelle 3: Abstandsempfehlungen für WEA zu Fledermaushabitaten (Quelle: Eigene Darstellung nach Dietz et al. 2015)

Flächen bzw. Objekte	Abstand
Laub- Laubmischwälder ab Alter \geq 100 Jahre	Meidung
Größere Stillgewässer ab 0,5 ha, Flussläufe	1.000m
Waldrand, linienförmige Gehölzreihen	1000m
Bedeutende, artenreiche, unterirdische Lebensstätten von Fledermäusen (je Bundesland konkret festzulegen)	1.000m
Winterquartiere schlaggefährdeter Arten ab 50 Individuen	5.000m
Wochenstubenquartiere der schlaggefährdeten Arten Rauhaufledermaus, Großer- und Kleiner Abendsegler	5.000m
Wochenstubenquartiere / Quartiere baumhöhlenbewohnender Arten	200m

Zur besseren übergeordneten Planung von WEA-Standorten bei gleichzeitiger schlechter Datenlage können landesweite Lebensraummodellierungen zum Finden von Ausschlussgebieten herangezogen werden. Aber auch durch den pauschalen Ausschluss von Laub- und Laubmischwäldern mit einem Alter ab 100 Jahren sowie struktureichen Nadelwäldern kann das Konfliktpotenzial zwischen Windenergieausbau und Fledermausschutz reduziert werden.

6) Ausnahme nach § 45 BNatSchG

Fledermäuse sind nach § 44 Abs. 1 BNatSchG in Verbindung mit der FFH Richtlinie gesetzlich geschützt. Auf Grundlage des § 45 BNatSchG kann unter den Voraussetzungen des § 45 Abs. 7 von den Schutzbestimmungen des § 44 BNatSchG durch die Behörden eine Ausnahme erteilt werden. Bei Fledermäusen ist eine artenschutzrechtliche Ausnahme von den Schutzbestimmungen nach § 44 BNatSchG nur möglich, wenn:

- a) ein zugelassener Grund vorliegt und
- b) weitere Voraussetzungen erfüllt sind.

Nach dem deutschen Artenschutzrecht ist das überwiegende öffentliche Interesse, auch wirtschaftlicher Art, ein zugelassener Ausnahmegrund, der letztlich auch auf den Bau von WEA anwendbar ist. Dieser Ausnahmegrund in § 45 Abs. 7 BNatSchG ist allerdings der FFH-Richtlinie entnommen. Demnach gilt er (europarechtskonform) für Fledermäuse, da deren Schutz in der FFH-Richtlinie geregelt ist.

Weitere Voraussetzungen für die Anwendung der Ausnahme sind aber in jedem Fall die Alternativlosigkeit und die Gewährleistung, dass sich der Zustand der Populationen nicht verschlechtert und auch die Erreichung des guten Zustands nicht gefährdet wird. Die Beweislast liegt hier eindeutig beim Vorhabensträger.

Da der Erhaltungszustand vieler in Deutschland vorkommenden Fledermausarten als ungünstig beurteilt werden muss (Müller et al. 2020) und die Bestandstrends häufig stagnieren oder sogar abnehmen, besteht die Möglichkeit einer Ausnahmegenehmigung vom individuenbezogenen Tötungsverbot für viele Arten also faktisch nicht. Dazu kommt die Problematik, dass Fledermauspopulationen, insbesondere von wandernden Arten, nicht abgrenzbar sind und so die Bewertung der Auswirkungen einer Ausnahme nicht vorgenommen werden kann (Lindemann et al, in Vorbereitung).

Pauschale artenschutzrechtliche Ausnahmen vom Tötungsverbot auf Grundlage des § 45 Abs. 7 BNatSchG für die Windkraftlangennutzung verstoßen gegen europäisches und deutsches Naturschutzrecht (Gellermann 2020). Die Ausnahmeentscheidung ist an enge rechtliche Grenzen gebunden. Das gilt u.a. auch für die Ausnahmegründe des Abs. 7, Punkt 4. „öffentliche Sicherheit“ und Punkt 5. „zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses einschließlich wirtschaftlicher Art“ (Gellermann 2020). Zwar sind diese Ausnahmegründe, anders als in der Vogelschutzrichtlinie, in der FFH-Richtlinie enthalten und somit theoretisch anwendbar. Eine Genehmigung von WEA-Standorten trotz artenschutzrechtlicher Konflikte über den § 45 Abs. 7 ist als Standardlösung dennoch ungeeignet und kann nur unter bestimmten Voraussetzungen im konkreten Einzelfall (Ausnahmefall) erteilt werden.

7) Populationsstützenden Maßnahmen

Experten sind sich einig, dass in jedem Fall flankierende Maßnahmen getroffen werden müssen, um die Fledermauspopulationen kurzfristig aber auch langfristig zu stützen. Dies kann in Form von dauerhaft aus der Nutzung genommenen Waldgebieten, durch eine Aufwertung von Nahrungshabitaten und durch gezielte Ausweisung von Fledermausrefugien geschehen. Das Anbringen von Fledermauskästen ist als Kompensationsmaßnahme nicht geeignet.

8) Deutschlandweite Standards für die Erfassung und Bewertung von Fledermausvorkommen im Rahmen der WEA-Planung

Von der UMK wurden im Nachgang zum BVerfG Beschluss aus dem Jahr 2018 (BVerfG, 1 BvR 2523/13) bereits Standards zur Umsetzung und Bewertung des signifikant erhöhten Tötungsrisikos und Erfassungsmethoden sowie zur Anwendbarkeit der Ausnahme nach § 45 BNatSchG im Hinblick auf Vögel erarbeitet. Unabhängig von der inhaltlichen Bewertung dieser Dokumente sind vergleichbare einheitliche Standards auch für Fledermäuse zu erarbeiten. Darin wären festzuhalten:

- Empfehlung einer Planungsebene zur Steuerung des Windenergieausbaus.
- Art und Umfang der Untersuchungen, die entscheidungsrelevante Informationen für die Genehmigung erbringen (z.B. UNEP/EUROBATS).
- Kriterien zur Festlegung von geeigneten WEA-Standorten und solchen, die aufgrund von Artenschutzbelangen ungeeignet sind. Dies kann auch regional angepasst, z.B. mit Hilfe von Modellierungen erfolgen.
- Art und Umfang eines betriebsbegleitenden Monitorings, aus dem sich nachfolgend ggf. Einschränkungen des Anlagenbetriebs ergeben können.
- Bestimmungen zur vorsorglichen Abschaltung von WEA und zur Anwendung von Betriebsalgorithmen.
- Anwendbare und rechtssichere Schwellenwerte zur Definition des Betriebsalgorithmus.
- Vorgaben für die Funktionskontrollen der Erfassungsmethoden (z.B. Gondelmonitoring in Kombination mit Mastfußdaten).
- Art der behördlichen Überprüfung des festgelegten Anlagenbetriebs.
- Vorgaben für die Erfolgskontrolle getroffener Kompensationsmaßnahmen.
- Zertifizierung möglicher geeigneter Techniken zur Ermittlung standortangepasster Vermeidungsmaßnahmen (z.B. ProBat).
- Unabhängige Prüfstelle zur Einhaltung der Abschaltzeiträume und deren umgehende Umsetzung.
- WEA ohne Abschaltzeiten zum Schutz von Fledermäusen sind nicht genehmigungsfähig, auch nicht im Offshore-Bereich (Küstenmeere, Ostsee und 24-Seemeilen-Zone der Nordsee).

Weitere Empfehlungen

- Aktuelle Vorgaben zu Abschaltzeiten und Untersuchungszeiträumen müssen überprüft werden, da Fledermausaktivität ganzjährig stattfinden kann.
- Laufende Forschungsprogramme müssen auf die Winteraktivität der Fledermäuse ausgedehnt werden.
- Der Betrieb alter WEA muss hinsichtlich notwendiger Abschaltauflagen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.
- Es sind dringend effiziente Artenschutzhilfsprogramme für Fledermäuse zu entwickeln und umzusetzen, um das Aussterben einzelner Arten zu verhindern.

9. Literatur

- AHLÉN, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora* 97:3: 14-22.
- AHLÉN, I., BAAGØE, H. & BACH, L. (2009): Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90 (6): 1318-1323.
- BACH, L. (2001): Fledermäuse und Windenergienutzung – reale Probleme oder Einbildung? *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*. 33: 119-124.
- BACH, L., BACH, P., TILLMANN, M. & ZUCCHI, H. (2012): Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 128: 147-158.
- BACH, P., BACH, L. & KESEL, R. (2020): Akustisches Monitoring von Flughäutflodermäus an Windenergieanlagen: Ist ein zweites Ultraschallmikrofon am Turm notwendig? In: C.C. Voigt (Hrsg.): *Evidenzbasierter Flughäutmausschutz in Windkraftvorhaben*. Springer Spektrum. Berlin: 101-119.
- BARRÉ, K., LE VIOL, I., BAS, Y., JULLIARD, R. & KERBIRIOU, C. (2018): Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: Implications for European siting guidance. *Biological Conservation* 226: 205-214.
- BEHR, O., BRINKMANN, R., HOCHRADEL, K., HURST, J., MAGES, J., KORNER-NIEVERGELT, F., REERS, H., SIMON, R., STILLER, F., WEBER, N. & NAGY, M. (2018): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Flughäutmäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis - Endbericht des Forschungsvorhabens gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.: 416 S.
- BEHR, O., BRINKMANN, R., KORNER-NIEVERGELT, F., NAGY, M., NIERMANN, I., REICH, M. & SIMON, R. (2016): Reduktion des Kollisionsrisikos von Flughäutmäusen an Onshore Windenergieanlagen (RENEBAT II): Ergebnisse eines Forschungsvorhabens. Hannover (Repositorium der Leibniz Universität Hannover, Umwelt und Raum 7): 374 S.
- BRABANT, R., LAURENT, Y., JONGE POERINK, B. & DEGRAER, S. (2019): Activity and behaviour of nathusius' pipistrelles *Pipistrellus nathusii* at low and high altitude in a North Sea offshore wind farm. *Acta Chiropterologica* 21 (2): 341-348.
- BRINKMANN, R., BEHR, O., KORNER-NIEVERGELT, F., MAGES, J. & NIERMANN, I. (2011): Zusammenfassung der praxisrelevanten Ergebnisse und offene Fragen. In: BRINKMANN, R., BEHR, O., NIERMANN, I. & REICH, M. (Hrsg.): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Flughäutmäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. Göttingen (Cuvillier Verlag): 425-457.
- DÜRR, T. (2020) Flughäutmausverluste an Windenergieanlagen. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzbehörde im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.
- FRITZE, M., LEHNERT, L. S., HEIM, O., LINDECKE, O., ROEKE, M. & VOIGT, C.C. (2019): Flughäutmausschutz im Schatten der Windenergie. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 51 (1): 20-27.
- GAULTIER, S.P., BLOMBERG, A.S., IJÄS, A., VASKO, V., VESTERINEN, E.J., BROMMER J.E. & LILLEY, T.M. (2020): Bats and wind farms: the role and importance of the Baltic Sea countries in the European context of power transition and biodiversity conservation. *Environmental Science & Technology* 54 (17): 10385–10398.
- GELLMANN, M. (2020): Windkraftnutzung und Schutz europäischer Vogelarten. Rechtswissenschaftliche Stellungnahme im Auftrag der Naturschutzinitiative e.V.: 19 S.
- 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. *Animal* 12: 343.
- HORN, J.W., ARNETT, E.B., JENSEN, M. & KUNZ, T.H. (2008): Testing the effectiveness of an experimental acoustic bat deterrent at the Marple Ridge wind farm. Bericht an die Bat and Wind Energy Cooperative & Bat Conservation International: 30 S.

- HÜPPOP, O. & HILL, R. (2016): Migration phenology and behaviour of bats at a research platform in the south-eastern North Sea. *Lutra* 59 (1-2): 5-22.
- HURST, J., BIEDERMANN, M., DIETZ, C., DIETZ, M., KARST, I., KRANNICH, E., PETERMANN, R., SCHORCHT, W. & BRINKMANN, R. (2016): Fledermäuse und Windkraft im Wald. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 153: 396 S.
- HURST, J., BRINKMANN, R., LORCH, S., GREULE, S., LÜDTKE, B. & KOHNEN, A. (2019): Vorher-Nachher-Untersuchungen an WKA im Wald zur Ermittlung der Auswirkungen auf Fledermausvorkommen. Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg: 154 S.
- KOMPETENZZENTRUM NATURSCHUTZ UND ENERGIEWENDE (KNE) (2020): Anfrage Nr. 279 zur Anzahl an Windenergieanlagen (onshore) in Deutschland mit Abschaltungen zum Fledermausschutz. KNE-Podcast, Berlin.
- LAGERVELD, S.; JONGE POERINK, B.; GEELHOED, S.C.V. (2021): Offshore occurrence of a migratory bat, *Pipistrellus nathusii*, depends on seasonality and weather conditions. *Animals* 11: 3442.
- 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* 9 (8): e103106.
- LINDEMANN, C., RUNKEL, V., KIEFER, A., LUKAS, A. & VEITH, M. (2018) Abschaltalgorithmen für Fledermäuse an Windenergieanlagen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50: 418-425.
- MILLON, L., COLIN, C., BRESCIA, F. & KERBIRIOU, C. (2018): Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. *Ecological Engineering* 112: 51-54.
- LINTOTT, P. R., RICHARDSON, S. M., HOSKEN, D. J., FENSOME, S. A., & MATHEWS, F. (2016): Ecological impact assessments fail to reduce risk of bat casualties at wind farms. *Current Biology* 26 (21): R1135-R1136.
- MÜLLER, J. (2014): Fledermäuse im Wald. Neue Gefahren durch Windkraft. *ANliegen Natur* 36 (1): 1-3.
- MÜLLER, C., ELLWANGER, G., SSYMANK, A., BRAECKEVELT, E., ERSFELD, M., FREDERKING, WENKE, F., HAUSWIRTH, M., LEHRKE, S., LUDWIG, M., KLUTTIG, H., NEUKIRCH, M., RATHS, U., SCHRÖDER, N., SUKOPP, U., VISCHER-LEOPOLD, M. & ZÜGHARD, W. (2020): Der nationale Bericht zur FFH Richtlinie. Ergebnisse und Bewertung der Erhaltungszustände Teil 2 - Die Arten der Anhänge II, IV und V. Skripten-Band 584, Bonn-Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz): 419 S.
- NIERMANN, I., BRINKMANN, R., KORNER-NIEVERGELT, F., BEHR, O. (2011): Systematische Schlagopfersuche – methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In: Brinkmann, R., Behr, O, Niermann, I., Reich, M.(Hrsg.): *Entwicklungen von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. Cuuvillier Verlag, Göttingen: Umwelt und Raum Band 4: 145-176.
- REUSCH, C., LOZAR, M., KRAMER-SCHADT, S., VOIGT, C.C. (2022): Coastal onshore wind turbines lead to habitat loss for bats in Northern Germany. *Journal of Environmental Management* 310: 114715.
- RICHARDSON, S.M., LINTOTT, P.R., HOSKEN, D.J., ECONOMOU, T. & MATHEWS, F. (2021): Peaks in bat activity at turbines and the implication for mitigating the impact of wind energy developments in bats. *Scientific Report* 11: 3636.
- 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* 6: 28961.
- ROMBERG, J. (2019): Gut fürs Klima, schlecht für die Natur? *GEO* 8: 44-64.
- RYDELL, J., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., GREEN, M., HEDENSTRÖM, A. & RODRIGUES, L. (2010): Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research*, 56(6): 823-827.

- RYDELL, J., BACH, L., BACH, P., DIAZ, L., FURKMANKIEWICZ, J., HAGNER-WAHLSTEN, N., KYHERÖINEN, E.-M., LILLEY, T., MASING, M., MEYER, M., PETERSONS, G., ŠUBA, J., VASKO, V., VINTULIS, V. & HEDENSTRÖM, A. (2014): Phenology of migratory bat activity around the Baltic Sea and the south-eastern North Sea. *Acta Chiropterologica* 16 (1): 139–147.
- RYDELL, J., BOGDANOWICZ, W., BOONMAN, A., PETTERSSON, S., SUCHECKA, E. & POMORRSKI, J.J. (2016): Bats may eat diurnal flies that rest on wind turbines. *Mammalian Biology* 81: 331-339.
- SEEBENS, A., FUß, A., ALLGEYER, P., POMMERANZ, H., MÄHLER, M., MATTHES, H., GÖTTSCHE, MI., GÖTTSCHE, MA, BACH, L. & PAATSCH, C. (2013): Fledermauszug im Bereich der deutschen Ostseeküste. Unveröff. Gutachten i.A. des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie: 38 S.
- SEEBENS-HOYER, A., BACH, L., BACH, P., POMMERANZ, H., GÖTTSCHE, MI., VOIGT, C.C., HILL, R., VARDEH, S., GÖTTSCHE, MA. & MATTHES, H. (2021): Fledermausmigration über der Nord- und Ostsee. Abschlussbericht „Auswirkungen von Offshore-Windparks auf den Fledermauszug über dem Meer“ (FKZ 3515 82 1900, Batmove): 210 S.
- VOIGT, C.C., SÖRGEL, K., ŠUBA, J., KEIŠS, O. & PETERSONS, G.: (2012): The insectivorous bat *Pipistrellus nathusii* uses a mixed-fuel strategy to power autumn migration. *Proceedings of the Royal Society London B* 279: 3772-3778.
- VOIGT, C.C., LEHNERT, L. S., PETERSONS, G., ADOLF, F. & BACH, L.: (2015) Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research*: 213-219.
- VOIGT, C. C. (2020): Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben. Springer Verlag: 178 S.
- VOIGT, C.C., RUSSO, D., RUNKEL, V. & GOERLITZ, H. R. (2021): Limitations of acoustic monitoring at wind turbines to evaluate fatality risk of bats. *Mammal Review* 51 (4): 559-570.
- ZAHN, A., LUSTIG, A. & HAMMER, M. (2014): Potenzielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen. *ANLiegen Natur* 36 (1): 21–35.
- ZAHN, A. & HAMMER, M. (2016): Zur Wirksamkeit von Fledermauskästen als vorgezogene Ausgleichsmaßnahme. *ANLiegen Natur* 39: 9.