

Fachliche Erläuterungen zum Windkraftherlass Bayern

Fledermäuse – Fragen und Antworten

Oliver Behr & Bernd-Ulrich Rudolph

April 2013



Windenergieanlagen bei Creußen, Lkr. Bayreuth

Foto Wolfgang Völkl

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:
Ref. 54: Bernd-Ulrich Rudolph
Universität Erlangen-Nürnberg: Oliver Behr

Stand:
April 2013



Der hier verwendete Begriff „Forschungsvorhaben“ bezieht sich auf das durch das BMU geförderte und durch die Universitäten Hannover und Erlangen-Nürnberg durchgeführte Projekt „Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an On-Shore-Windenergieanlagen“. „Forschungsbericht“ bezieht sich auf den gleichnamigen Endbericht des genannten Vorhabens (R. Brinkmann, O. Behr, I. Niermann und M. Reich. Göttingen, Cuvillier Verlag, Umwelt und Raum Bd. 4).

Für wertvolle fachliche und praktische Hinweise sei Frau Claudia Beyer, Regierung von Unterfranken, Herrn Matthias Hammer, Koordinationsstelle für Fledermausschutz Nordbayern, Herrn Stefan Kaminsky, Kaminsky Naturschutzplanung GmbH, Münnerstadt, Herrn Stefan Radlmair und Herrn Kilian Wasmer, Regierung von Niederbayern sowie Herrn Stefan Schürmann, Landratsamt Wunsiedel, herzlich gedankt.

Inhaltsverzeichnis

A	Allgemeiner Teil, Relevanzprüfung, Voruntersuchungen	5
1	<i>Beschränkt sich die saP generell auf die akustischen Untersuchungen zur Erfassung der Fledermausaktivität?</i>	5
2	<i>Von welcher Todesursache ist bei Fledermauskadavern unter Windenergieanlagen auszugehen?</i>	5
3	<i>Wie groß ist das Schlagrisiko an unterschiedlichen Anlagen und Standorten?</i>	5
4	<i>Unter welchen Rahmenbedingungen sind Suchen nach toten Fledermäusen unter Windenergieanlagen (WEA) sinnvoll durchführbar?</i>	5
5	<i>Warum wurden keine artspezifischen Schwellenwerte für die Vermeidung des Tötungsverbotes gewählt?</i>	6
6	<i>Warum wurde das komplizierte Modell des BMU-Forschungsvorhabens (FVH) zur Ermittlung der Schwellenwerte gewählt und nicht die Zahl der Rufaufnahmen in Gondelhöhe?</i>	6
7	<i>Zu welchen Ergebnissen kann die Relevanzprüfung (S. 44 Windkrafterlass) führen?</i>	6
8	<i>Ist die Internetarbeitshilfe des LfU eine ausreichende Quelle für die Relevanzprüfung?</i>	6
9	<i>Auf welcher Datengrundlage kann die Naturschutzbehörde bei Untersuchungen vor der Errichtung einer WEA feststellen, ob das Tötungsrisiko erhöht ist oder nicht?</i>	7
10	<i>Welche Untersuchungstiefe ist bei Vorkommen von Quartieren der relevanten Arten im 1 km – Radius um den Anlagenstandort erforderlich?</i>	8
11	<i>Welches Untersuchungsprogramm ist bei Repowering-Projekten zu wählen?</i>	9
B	Anwendung und Umfang der Messungen und Aktivitätserfassung an der Gondel für Fledermäuse (Gondelmonitoring)	10
12	<i>In welchen Fällen kann ein Gondelmonitoring festgesetzt werden?</i>	10
13	<i>Spielen Niederschlag und Temperatur für den Abschaltalgorithmus eine Rolle?</i>	10
14	<i>Wird ein pauschaler Betriebsalgorithmus bereits im ersten und zweiten Jahr der Errichtung der WEA etabliert?</i>	10
15	<i>Lt. Windkrafterlass ist in Windparks bis zehn Anlagen mindestens an zwei Anlagen eine kontinuierliche Aktivitätserfassung durchzuführen. Welches ist die Mindestanzahl in einem Windpark für zwei Beprobungen?</i>	11
16	<i>Welche Anlagen eines Windparks sind von einer pauschalen Abschaltung im ersten Betriebsjahr während der kontinuierlichen Aktivitätserfassung betroffen, nachdem Fledermauskontakte nachgewiesen sind? Welche Anlagen sind vom spezifischen fledermausfreundlichen Betrieb im zweiten und in den folgenden Betriebsjahren betroffen?</i>	11
17	<i>Was ist bei den Zeitintervallen für die Berechnung der Algorithmen zu beachten?</i>	11
18	<i>Wie ist mit den Untersuchungen zu verfahren, wenn die Erfassung mitten im Jahr beginnt?</i>	12
C	Installation und Kalibrierung der akustischen Detektoren	12

19	<i>Laut Anlage 5 zum Windenergie-Erlass sind die im durch das BMU finanzierten Forschungsvorhaben verwendeten Methoden, Einstellungen und Geräte zu verwenden. Liegen hierzu aktuelle Informationen vor?</i>	12
20	<i>Welche Anforderungen sind an die Datenerfassung zu stellen, um die erhobenen Daten verwenden zu können?</i>	14
D	Hersteller / Anlagentypen / Rotordurchmesser	14
21	<i>Die Daten des Forschungsvorhabens wurden an WEA der Firma Enercon mit einem Rotordurchmesser von 66 bis 82 m erhoben. Soll die akustische Aktivitätserfassung (Gondelmonitoring) nach Anlage 5 des Windenergie-Erlasses dennoch auf WEA anderer Hersteller bzw. auf WEA mit anderen Rotordurchmessern angewendet werden?</i>	14
E	Auswertung der aufgezeichneten Daten	16
22	<i>Wie viele gültige Erfassungsnächte müssen vorliegen, um das Schlagrisiko und fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen berechnen zu können?</i>	16
23	<i>Welche Anforderungen sind an die Datenvalidierung zu stellen, um die erhobenen Daten verwenden zu können?</i>	16
24	<i>Was ist bei der Auswertung der Fledermausrufe zu beachten?</i>	16
25	<i>Sollen auch Rufe nicht bestimmter Arten ausgewertet werden?</i>	17
26	<i>Ein großer Teil der Fledermausaktivitäten wird bei Windgeschwindigkeiten unterhalb der Anlaufgeschwindigkeit (4 m/s) gemessen. Muss das bei der Berechnung des Abschaltalgorithmus beachtet werden? Sollten nicht nur die Aktivitäten berücksichtigt werden, die oberhalb dieser Windgeschwindigkeiten stattgefunden haben?</i>	17
27	<i>Muss für eine allgemeine Anwendbarkeit der Berechnungsvorlage die Einschaltgeschwindigkeit als eine Variable in die Formel eingehen, da sie je nach Anlagentyp unterschiedlich ist?</i>	18
28	<i>Die Modelle aus dem Forschungsvorhaben wurden nur für den Zeitraum Mai bis Oktober gerechnet. Lassen sich auch Aussagen für den März/April und November treffen?</i>	18
29	<i>Wie hoch sind die zu erwartenden Ertragsausfälle durch den fledermausfreundlichen Betrieb?</i>	19
F	CEF-Maßnahmen	19
30	<i>Sind CEF-Maßnahmen durchführbar?</i>	19
	Literatur	20

Häufig gestellte Fragen

A Allgemeiner Teil, Relevanzprüfung, Voruntersuchungen

1 Beschränkt sich die saP generell auf die akustischen Untersuchungen zur Erfassung der Fledermausaktivität?

Relevant ist bei WKA im Wesentlichen die Prüfung möglicher Verstöße gegen das Tötungs-/Verletzungsverbot nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG aufgrund der Kollision mit den Rotoren. Allerdings sind im Rahmen der saP alle für das Vorhaben relevanten Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG zu prüfen (z. B. auch im Bereich der Zuwegung etc.).

2 Von welcher Todesursache ist bei Fledermauskadavern unter Windenergieanlagen auszugehen?

Mit Ausnahme von Straßenrändern und geschlossenen Räumen (Quartieren) wie Höhlen, Gebäuden oder Fledermauskästen werden nur extrem selten Fledermauskadaver gefunden. Bei Totfunden unter Windenergieanlagen, ist -soweit keine andere Todesursache erkennbar ist- mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass das Tier an der Anlage durch Kollision oder Verwirbelungen zu Tode gekommen ist, was auch schon häufig z. B. durch Wärmebildbeobachtungen direkt beobachtet oder durch veterinärmedizinische Untersuchungen indirekt nachgewiesen wurde.

3 Wie groß ist das Schlagrisiko an unterschiedlichen Anlagen und Standorten?

Die Höhe des Kollisionsrisikos unterscheidet sich erheblich zwischen einzelnen Windenergieanlagen. An 30 Anlagen in ganz Deutschland ergaben sich in einem Zeitraum von drei Monaten (Juli bis September) geschätzte Schlagopferzahlen zwischen null und 20, im Mittel sechs Tiere pro Anlage (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011a). Auf den Zeitraum April bis Oktober hochgerechnet ist demnach von **im Durchschnitt etwa 12 Fledermäusen je Anlage und Jahr** auszugehen (Spanne eines bis 40 Tiere), wobei es Hinweise darauf gibt, dass es sich hierbei um eine eher niedrige Schätzung handelt (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011a). Betroffen waren vielfach auch Anlagen auf dem freien Feld.

4 Unter welchen Rahmenbedingungen sind Suchen nach toten Fledermäusen unter Windenergieanlagen (WEA) sinnvoll durchführbar?

Bei Schlagopfersuchen ist es auch bei intensiver Suche (täglich oder 2-tägig) nicht möglich, die reinen Fundzahlen als Entscheidungsgrundlage im Genehmigungsverfahren zu verwenden (KERNs et al. 2005; NIEMANN et al. 2007; NIEMANN et al. 2011). Aussagekräftige Zahlen ergeben sich erst und ausschließlich nach Korrektur der absoluten Fundzahlen für die immer auftretenden Suchfehler (absuchbare Fläche, Sucheffizienz und Abtrag durch Prädatoren), die parallel zu den Nachsuchen experimentell erfasst werden müssen (KUNZ et al. 2007). Eine solche Korrektur ist internationaler Standard und es stehen verschiedene Formeln zur Berechnung der Korrekturfaktoren zur Verfügung (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011b; NIEMANN et al. 2011).

Selbst bei Korrektur der genannten Suchfehler ist unter ungünstigen Rahmenbedingungen (weniger als 40 % der Fläche im 50 m-Radius um die Anlage ist absuchbar, hohe Abtragraten) keine Schätzung des Schlagrisikos mit guter Qualität aus Nachsuchen möglich (NIEMANN et al. 2011). Diese Methode ist daher an vielen Standorten **nicht** geeignet, das Schlagrisiko zu quantifizieren. Auch können die Rahmenbedingungen im Vorfeld nur teilweise abgeschätzt werden: Die Größe der absuchbaren Fläche kann z. B. durch landwirtschaftliche Nutzung variieren. Für die Abschätzung der Schwundrate sind Voruntersuchungen während der Jahreszeit empfehlenswert, in der auch die geplanten Nachsuchen durchgeführt werden sollen. Dies erfordert einen großen zeitlichen Vorlauf.

Details hierzu und zu den notwendigen Rahmenbedingungen für eine sinnvolle Nachsuche finden sich im Bericht des vom BMU finanzierten Forschungsvorhabens (FVH) im Kapitel „7.2 Zusammenwirken der Faktoren“ auf den Seiten 89ff: „Bei Schlagopfersuchen bestehen inhaltliche Verbindungen zwischen der Länge der Nachsuchintervalle, der absuchbaren Fläche, der Sucheeffizienz und der Verbleiberate. Die für die Nachsuche nachteilige Ausprägung eines der Einflussfaktoren (z. B. ein geringer absuchbarer Flächenanteil) kann dabei bis zu einem gewissen Grad durch die günstigen Ausprägungen der anderen Faktoren ausgeglichen werden (z. B. durch eine sehr hohe Sucheeffizienz). Dieser Kompensation eines Faktors durch andere sind jedoch Grenzen gesetzt. Eine Überschreitung dieser Grenzen führt bei der Hochrechnung der Schlagopferzahlen im Ergebnis zu einem erhöhten Fehlerwert.“

5 Warum wurden keine artspezifischen Schwellenwerte für die Vermeidung des Tötungsverbotes gewählt?

Die gängigen Untersuchungsmethoden– z. B. die akustische Aufzeichnung von Ortungsrufen – liefern teilweise Aussagen zur Gruppe der Fledermäuse im Gesamten („Spec.“) oder zu mehreren Arten gemeinsam und lassen damit eine Differenzierung auf Artniveau nicht vollständig zu. Die Modelle aus dem bundesweiten Forschungsvorhaben wurden für alle Arten gemeinsam entwickelt. Sie lassen sich prinzipiell auch auf Artengruppen anwenden (so liegen z. B. Modelle für die Artengruppen „Nyctaloid“ (also die Gattungen *Nyctalus*, *Vespertilio* und *Eptesicus*) und „Pipistrelloid“ (Gattung *Pipistrellus*) vor. Durch einen niedrig gewählten Schwellenwert bezüglich der gesamten Gruppe der Fledermäuse kann in aller Regel sichergestellt werden, dass die Individuen der einzelnen Arten ebenfalls nicht von einem signifikant erhöhten Kollisionsrisiko betroffen sind. Eine Ausnahme von dieser Situation ergibt sich u. U. bei der Anwesenheit einer Kolonie einer seltenen Art wie dem Kleinabendsegler im 1 km-Radius um den Anlagenstandort. Hier ist der Schwellenwert so zu wählen, dass der Fortbestand der Population gesichert ist (siehe zusätzlich auch Frage 10).

6 Warum wurde das komplizierte Modell des BMU-Forschungsvorhabens (FVH) zur Ermittlung der Schwellenwerte gewählt und nicht die Zahl der Rufaufnahmen in Gondelhöhe?

Der Vorteil des Modells aus dem FVH liegt sowohl in der exakt beschriebenen methodischen Vorgehensweise (einschließlich der Geräteeinstellungen) sowie der daraus resultierenden Möglichkeit, aus Aufnahmezahlen die Anzahl von Schlagopfern zu berechnen. Schwellenwerte können daher als Anzahl getöteter Individuen angegeben werden. Das FVH bezog weiterhin die Windgeschwindigkeiten sowie die Tages- und Jahreszeit ein und ermöglicht so einen differenzierten Abschaltalgorithmus.

Messungen der Anzahl an Rufaufnahmen in Gondelhöhe (vgl. Brandenburger Windkraftherlass) sind ohne Hinweis auf die Messgeräte und deren Einstellungen und Mikrofonqualität nicht vergleichbar. Unterschiedliche Geräte kommen am gleichen Standort zu verschiedenen Ergebnissen.

7 Zu welchen Ergebnissen kann die Relevanzprüfung (S. 44 Windkraftherlass) führen?

1. Sie ist positiv, wenn **mindestens eine** der acht in der Anlage 4 genannten Arten nachgewiesen wird. Der Nachweis erfolgt entweder über Untersuchungen vor Ort sowie/oder durch die Abfrage der saP-Arbeitshilfe und die Fledermaus-Datenbank der Koordinationsstellen für Fledermausschutz.
2. Sie ist auch positiv, wenn bei Lautaufnahmen die Artengruppen „Nyctaloid“, „Pipistrelloid“ oder die Gattungen *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Eptesicus* oder *Vespertilio* nachgewiesen werden.

8 Ist die Internetarbeitshilfe des LfU eine ausreichende Quelle für die Relevanzprüfung?

Die Grundlage für die Prüfung, ob die relevanten Arten aktuell im Gebiet vorkommen, sind die vorhandenen Verbreitungsdaten aus der LfU-Internet-Arbeitshilfe. Anhand dieser ist eine geografische Datenbankabfrage möglich. Der geografische Bezugsraum in der Arbeitshilfe ist der Naturraum, der

Landkreis und/oder die Topografische Karte 1:25.000. Bei Anlagenstandorten im Grenzbereich der o. g. Bezugsräume können auch angrenzende Bezugsräume relevant sein.

Einen Überblick über die Verbreitung der einzelnen Arten in Bayern erhält man durch die Verbreitungskarten im Fledermausatlas (MESCHEDE & RUDOLPH 2004), sowie durch das LfU-Themenheft Fledermausmonitoring (MESCHEDE & RUDOLPH 2010). Gegebenenfalls ist weitere (spezielle) Literatur hinzuzuziehen.

9 Auf welcher Datengrundlage kann die Naturschutzbehörde bei Untersuchungen vor der Errichtung einer WEA feststellen, ob das Tötungsrisiko erhöht ist oder nicht?

Kontinuierliche Messungen über die Fledermausaktivität zwischen Mitte März und Oktober sind erforderlich, um die verschiedenen Aktivitätsperioden der unterschiedlichen Arten (u. a. Zugzeiten) kontinuierlich zu erfassen. Einzelne Nächte reichen hierzu nicht aus, da sich beispielsweise der Durchzug auf wenige Nächte beschränken kann, die nicht mit den Untersuchungs Nächten übereinstimmen müssen.

Bat-Detektoren und automatische Lautaufzeichnungsgeräte wie Batcorder am Boden können die Fledermausrufe im Rotorbereich der Anlage in der Regel nicht aufzeichnen. Für eine genaue Einschätzung der Fledermausaktivitäten in relevanter Höhe müsste die Untersuchung mittels hoher Masten (mindestens 80 m Höhe, z. B. Windmessmasten) erfolgen, an denen die Lautaufzeichnungsgeräte installiert werden. Zeppeline/Ballone sind dafür kaum geeignet, da sie auf (nahezu) windstille Nächte angewiesen und somit im Jahresverlauf für die Einschätzung des Tötungsrisikos nur eingeschränkt einsetzbar sind. Im Gegensatz dazu erlaubt die **akustische Aktivitätserfassung an der Gondel** („Gondelmonitoring“) eine präzise Einschätzung der Fledermausaktivität im Jahresverlauf in relevanter Höhe. Im Zuge von Voruntersuchungen an Windparkstandorten zur Windhöflichkeit werden häufig von Betreiberseite aus Messmasten installiert, die die Windverhältnisse in Gondelhöhe der geplanten Anlagen erfassen. Diese Masten sollten auch für kontinuierliche akustische Messung der Fledermausaktivität im Rahmen einer Voruntersuchung genutzt werden. Bei der Erweiterung eines bestehenden Windparks oder dem Repowering bestehender Anlagen sollte die Fledermausaktivität auf Höhe der bereits vorhandenen Gondeln erfasst werden.

Falls eine kontinuierliche Messung der Fledermausaktivität in der Höhe der Rotoren (z. B. mittels Masten) gewährleistet ist, sind solche Untersuchungen vor dem Bau der Anlage eine Alternative zur Aktivitätserfassung an der Gondel im **ersten Jahr**. Der Antragsteller kann dadurch auch das wirtschaftliche Risiko einer möglichen nachträglichen Auflage zur zeitweisen Abschaltung abschätzen. Einschränkend muss allerdings gesagt werden, dass es keine vergleichenden Untersuchungen zur Aktivität an einem Messmast und später an der WEA gibt. Es könnte der Fall eintreten, dass die Tiere eher von der größeren WEA angezogen werden als von einem Messmast und daher die Zahlen nicht direkt übertragbar sind (z. B. Zwergfledermäuse). Es ist auch möglich, dass es durch den Bau der WEA zu kleinräumigen Lebensraumveränderungen kommt (z. B. Lichtung im Wald), die die Aktivität der Fledermäuse beeinflussen. Daher ist zumindest ein Jahr Aktivitätserfassung an der Gondel (das zweite Jahr) auch hier einzuplanen.

Die Messung der Fledermausaktivität am Boden ermöglicht zwar keine genaue Abschätzung des Kollisionsrisikos, eine regelmäßige Aktivität der relevanten Arten erlaubt nach den Ergebnissen des Forschungsvorhabens allerdings die Prognose, dass diese auch im Gondelbereich auftreten werden: In der Regel bestand eine deutliche positive Korrelation zwischen der Zahl aufgenommener Rufsequenzen am Boden und an der Gondel. Vorhersagen über das Ausmaß der Aktivität sind allerdings sehr ungenau (BEHR et al. 2011). Zugaktivität oder hohe Fledermausaktivität am Boden kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass es sich um einen in dieser Hinsicht problematischen Standort handelt, bei dem der fledermausfreundliche Betrieb zu höheren als durchschnittlichen Kosten führen würde. Eine

Dauererfassung am Boden zur Identifizierung besonders problematischer Standorte kann daher für die Standortplanung und Entscheidung über die Projektrealisierung einen wichtigen Beitrag leisten.

Bei einer dauerhaften Messung am Boden kann auch das Zuggeschehen, z. B. der Rauhauffledermaus gut erfasst werden. Ebenso können die Daten Hinweise liefern, ob z. B. in der Nähe ein bedeutendes, bislang unbekanntes Quartier einer windenergieempfindlichen Fledermausart liegt, da in der Nähe von Quartieren die Aktivität z. B. zur Wochenstubenzeit deutlich erhöht ist.

10 Welche Untersuchungstiefe ist bei Vorkommen von Quartieren der relevanten Arten im 1 km – Radius um den Anlagenstandort erforderlich?

Die Raumnutzung der Fledermäuse am Anlagenstandort sollte mit automatischen Lautaufzeichnungsgeräten an geeigneten Jagdhabitaten (Lichtungen, Waldränder, Gewässer u. Ä.) und Flugkorridoren (Waldwege, lineare Gehölze, Gewässer u. Ä.) und/oder durch regelmäßige Begehungen mit dem Fledermaus-Detektor einschließlich Lautaufzeichnungen/-analysen erfolgen, ergänzt durch Netzfänge, Quartierkontrollen usw. Die Untersuchungsmethoden sollen Aufschluss über die jahreszeitliche Nutzung des Anlagenumfeldes durch die Tiere sowie den Status der Vorkommen geben.

Insbesondere der Standort der WEA und seine nähere Umgebung (bis 300 m) sollen intensiv untersucht werden. Die Untersuchungen sollen dem Betreiber Hinweise auf die zu erwartenden Einschränkungen beim Betrieb der Anlagen (fledermausfreundlicher Betrieb) und damit eine Hilfestellung zur Standortwahl geben.

Der Zeitraum der Untersuchung (grundsätzlich Mitte März bis Ende Oktober) richtet sich nach dem oder den Artvorkommen im Nahbereich der Anlagen (Tab. 1). Sind Winterquartiere des Abendseglers im 1 km – Radius um die Anlage bekannt, ist der Zeitraum auf den November auszudehnen, da Abendsegler ihre Winterquartiere sehr oft erst Ende November beziehen und dieses Ereignis mit hoher Schwärmaktivität verbunden ist.

Die Erfassungen sind bei geeigneter Witterung (Temperaturen mindestens 10° C, Windstille oder allenfalls Schwachwind) durchzuführen. Erfassungsprotokolle inkl. Wetterdaten sind der saP beizulegen. Untersuchungen, die sich lediglich auf wenige Nächte beschränken, sind zu sehr vom Zufall bestimmt und daher nicht aussagekräftig. Es genügt i. d. R., bei Detektorbegehungen die ersten vier Stunden nach Sonnenuntergang zu untersuchen, da hier die größte Fledermausaktivität zu erwarten ist. Ende September und im Oktober werden aber bei bestimmten Wetterlagen (tagsüber warm, nachts kalt) regelmäßig Abendsegler beobachtet, die nachmittags in einer Höhe von 20 bis über 100 m jagen oder ziehen. Deshalb sollten die Untersuchungen in Gebieten, in denen ein solches Verhalten zu erwarten ist (z. B. im Umfeld bedeutender Quartiere, entlang von Flusstälern/Hangkanten), im Herbst ca. zwei Stunden vor Sonnenuntergang beginnen (RODRIGUES et al. 2008). Automatische Lautaufzeichnungsgeräte sollen ganze Nächte ausgebracht werden und möglichst längere Dauererfassungen am Standort (mittels Langzeitakku, Informationen hierzu bei den Herstellern)gewährleisten (s. u.).

Die Häufigkeit der Begehungen für vertiefte Untersuchungen mittels **Fledermaus-Detektoren** in Verbindung mit Sichtbeobachtungen in der Abenddämmerung sowie weiteren Methoden wie Netzfängen lehnt sich an die Empfehlungen von Eurobats an (RODRIGUES et al. 2008):

15.3. – 31.5.: einmal pro Woche, erste Nachthälfte, ab Sonnenuntergang

1.6. – 31.7.: viermal (ca. einmal pro zwei Wochen), erste Nachthälfte, ab Sonnenuntergang

1.8. – 15.9.: einmal pro Woche, erste Nachthälfte, ab Sonnenuntergang

16.9. – 31.10.: einmal pro Woche, erste Nachthälfte, Beginn ggf. vor Sonnenuntergang.

Batcorder oder ähnliche Geräte (Einstellungen wie bei der Aktivitätserfassung an der Gondel):

Dauererfassung im Zeitraum 15.03. bis 30.10. (30.11. bei Vorhandensein von Abendsegler-Winterquartieren), alternativ mindestens in folgenden Perioden:

15.3. – 31.7.: mind. sechs Nächte pro zwei Wochen

1.8. – 31.10 (30.11.): mind. drei Nächte pro Woche, einschließlich zwei Stunden vor Sonnenuntergang.

Dauererfassungen mit Hilfe von Langzeitakkus dürften wegen des geringeren Betreuungsaufwands günstiger sein und gleichzeitig mehr Daten liefern.

Tab. 1: Zeiträume für vertiefte Untersuchungen vom Boden aus bei Vorkommen der relevanten Arten im 1 km – Umkreis um WEA-Standorte. Die Ziffern entsprechen den Monaten; - = nicht relevant, da in Bayern nicht oder nur für Einzeltiere nachgewiesen.

Art	Wochenstube	Paarungs-/Männchen-/Zwischenquartier	Winterquartier	Bemerkung
<i>Nyctalus noctula</i>	Mitte 3 – 10	Mitte 3 – 10	Mitte 3 – 11	häufig ganzjährige Aktivität an den Quartieren oder verschiedene Funktionen der Quartiere
<i>Nyctalus leisleri</i>	4 – 9	Mitte 7 – 9	-	fast nur Sommervorkommen bekannt
<i>Eptesicus serotinus</i>	4 – 8	-	-	Winter- und Zwischenquartiere i. d. R. unbekannt
<i>Eptesicus nilssonii</i>	4 – 8	-	7 - 10	lokale Häufung bekannter Winterquartiere in der Frankenalb; Schwärmen
<i>Vespertilio murinus</i>	4 – 7	4 – 7	-	Winterquartiere i. d. R. unbekannt
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Mitte 3 – 10	Mitte 3 – 10	Mitte 3 – 10	häufig ganzjährige Aktivität an den Quartieren oder verschiedene Funktionen der Quartiere
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Mitte 3 – 9	Mitte 7 – 10	-	fast nur Vorkommen im Sommer und während des Zugs bekannt
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Mitte 3 – 10	Mitte 3 – 10	Mitte 3 – 10	mglw. ganzjährige Aktivität an den Quartieren oder verschiedene Funktionen der Quartiere

11 Welches Untersuchungsprogramm ist bei Repowering-Projekten zu wählen?

Bei Repowering-Projekten sollte eine Aktivitätserfassung an der Gondel bereits als Voruntersuchung in der schon bestehenden Anlage vorgesehen werden, aus der ggf. ein Betriebsalgorithmus im ersten Jahr für die folgende (größere) Anlage abgeleitet werden kann. Untersuchungen vom Boden aus sind dann nicht notwendig.

B Anwendung und Umfang der Messungen und Aktivitätserfassung an der Gondel für Fledermäuse (Gondelmonitoring)

12 In welchen Fällen kann ein Gondelmonitoring festgesetzt werden?

Nach dem Windkrafterlass, der sich insoweit auf die Rechtsprechung des BVerwG stützt (BVerwG, Urt. v. 9.7.2008 - 9 A 14.07 NuR 2009, S. 115), müssen für Monitoringauflagen jedenfalls konkrete Hinweise vorliegen, die sichere Rückschlüsse auf das Vorhandensein bestimmter kollisionsgefährdeter Fledermausarten zulassen. Lediglich die Feststellung, dass der Lebensraum allgemein für Fledermäuse geeignet ist, reicht nicht (BayVGh, Urteil vom 17.11.2011 Az. 2 BV 10.2295 – BayVBI 2012, S. 272/276).

Da Auflagen wie ein Abschaltalgorithmus nur bei signifikanter Erhöhung des Tötungsrisikos angeordnet werden können, setzt dies das Vorhandensein entsprechender risikoerhöhender Umstände (z. B. bedeutendes Jagdhabitat oder Flugroute) voraus. Dass Fledermäuse im Bereich des Vorhabens anzutreffen sind, genügt nicht (vgl. VG Hannover, Urteil vom 22.11.2012 – 12 A 2305/11 – NuR 2013, S. 69/74). Ergeben sich aus den durchgeführten Untersuchungen keine solchen Anhaltspunkte, kommen auch keine Monitoringauflagen in Betracht (VG Hannover, a.a.O., S. 75). Aus den vorliegenden Anhaltspunkten muss sich daher ein konkretes Gefährdungspotential hinreichend substantiiert ableiten lassen (BayVGh, Urteil vom 17.11.2011 Az. 2 BV 10.2295 – BayVBI 2012, S. 272/276).

Die Vorgabe im Windkrafterlass, wonach es zur Festsetzung eines Monitorings jedenfalls konkreter Hinweise bedarf, die sichere Rückschlüsse auf das Vorhandensein kollisionsgefährdeter Fledermausarten erlauben, ist somit dahingehend zu interpretieren, dass sich aus den vorliegenden Erkenntnissen eine konkrete Gefährdung ableiten lassen muss, auf die in der weiteren Ausführung des Vorhabens abzustellen ist. Es müssen konkrete orts- und fallspezifische Umstände für eine höhere Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Fledermausarten im Umfeld der Rotoren sprechen. Für solche besonderen Umstände kann auch, insbesondere wenn Nachweise vorliegen, die vorhandene Habitatausstattung sprechen. Einzelne Nachweise von Fledermäusen oder Kenntnisse über das Vorkommen kollisionsgefährdeter Arten im Naturraum reichen aber nicht aus.

13 Spielen Niederschlag und Temperatur für den Abschaltalgorithmus eine Rolle?

Im FVH wurde der Einfluss dieser Parameter genauso wie die Windgeschwindigkeit getestet und festgestellt, dass letztere mit Abstand den größten Einfluss auf die Fledermausaktivität hat. Die Berücksichtigung von Temperatur und Niederschlag kann zwar ggf. den Abschaltalgorithmus verfeinern, das erscheint nach den Ergebnissen des FVH aber nicht notwendig.

Beim pauschalen Algorithmus nach Anlage 5 des Windkrafterlasses (WKE) können beide Parameter aufgenommen werden: Abschaltungen bei Niederschlägen einschließlich Nebel und Temperaturen unter 8°C sind nicht notwendig. Bei Temperaturmessungen muss allerdings sicher gestellt sein, dass der Messfühler nicht durch die Abwärme der Gondel beeinflusst wird.

14 Wird ein pauschaler Betriebsalgorithmus bereits im ersten und zweiten Jahr der Errichtung der WEA etabliert?

Der Windkrafterlass sieht vor, dass durch eine kontinuierliche **Aktivitätserfassung** (Gondelmonitoring) **bei laufendem Betrieb der Anlage** die Fledermausaktivität und das damit gegebenenfalls verbundene erhöhte Tötungsrisiko im Gondelbereich beobachtet werden und daher von einer der Genehmigung vorausgehenden Erhebung abgesehen werden kann. Sind allerdings Fledermauskolonien der relevanten Arten im 1 km - Radius um die Anlage vorhanden, sind solche „vertiefte Untersuchungen“ (Erhebungen vom Boden aus) erforderlich (S. 46 WKE).

Ergibt die kontinuierliche Aktivitätserfassung in Gondelhöhe ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko, wird über einen Auflagenvorbehalt nachträglich ein Abschaltalgorithmus festgelegt. Da Auflagenvorbehalte im

Immissionsschutzrecht ohne Zustimmung des Antragstellers nicht möglich sind, setzt diese Vorgehensweise dessen Einvernehmen voraus. Der Antragsteller sollte auf das wirtschaftliche Risiko solcher nachträglicher Auflagen hingewiesen werden.

Um ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko während der Monitoringphase auszuschließen, muss **der in Anlage 5 Windkrafterlass aufgezeigte allgemeine Abschaltalgorithmus in Kraft gesetzt** werden, sobald Fledermausrufe dort nachgewiesen werden. Um dies möglichst zuverlässig zu gewährleisten, ist im ersten Jahr eine **engmaschige Überwachung** und **regelmäßige Auswertung** (möglichst wöchentlich) des Lautaufzeichnungsgeräts erforderlich. Sollte bei der Ablesung auch ein Serviceteam der Herstellerfirma erforderlich sein, kann ggf. auch auf einen zwei- bis vierwöchentlichen Kontrollrhythmus zurückgegriffen werden. Eine Fernabfrage der Rufaktivität ist derzeit noch nicht möglich, lediglich die Abfrage, ob das Mikrofon funktionsfähig ist.

Sollte sich im Zuge der weiteren Auswertungen (mindestens vier Wochen) ergeben, dass es sich um einen singulären Nachweis handelte, besteht die Möglichkeit, die Anlage wieder ohne Abschaltalgorithmus während des Monitorings zu betreiben. Die engmaschige Überwachung zum Nachweis von Fledermausaktivität im Rotorbereich bleibt aber bestehen, ebenso wie die Notwendigkeit des Abschaltens bei erneuten Aktivitätsnachweisen.

Der allgemeine Abschaltalgorithmus ist daher bereits vor Beginn der Erfassung im ersten Jahr technisch vorzubereiten. Ist ein Betrieb mit allgemeinem Abschaltalgorithmus notwendig, so sollte seine Implementierung überprüft werden, z. B. durch Überprüfung der Anlaufwindgeschwindigkeit der Anlage in der Datenfernüberwachung oder direkt vor Ort durch den Gutachter während der ohnehin notwendigen regelmäßigen Prüfung der Detektoren.

15 Lt. Windkrafterlass ist in Windparks bis zehn Anlagen mindestens an zwei Anlagen eine kontinuierliche Aktivitätserfassung durchzuführen. Welches ist die Mindestanzahl in einem Windpark für zwei Beprobungen?

Ab vier Anlagen im Windpark sind mindestens zwei Anlagen zu beprobieren. Sie sollen die unterschiedlichen Örtlichkeiten im Windpark repräsentieren.

16 Welche Anlagen eines Windparks sind von einer pauschalen Abschaltung im ersten Betriebsjahr während der kontinuierlichen Aktivitätserfassung betroffen, nachdem Fledermauskontakte nachgewiesen sind? Welche Anlagen sind vom spezifischen fledermausfreundlichen Betrieb im zweiten und in den folgenden Betriebsjahren betroffen?

Alle WEA, für die die Aktivitätserfassung stellvertretend durchgeführt wird – ggf. also für den gesamten Windpark (bei bis zu drei Anlagen).

17 Was ist bei den Zeitintervallen für die Berechnung der Algorithmen zu beachten?

Bei Getriebe-WEA (fast alle Hersteller außer Enercon) ist es von Bedeutung, ggf. das Zeitintervall für die Berechnung der Algorithmen und damit die minimale An- bzw. Abschaltzeit anzupassen (im Forschungsvorhaben wurden zehn Minuten verwendet – ggf. Verlängerung auf 20 oder 30 Minuten), um die Zahl der An- und Abschaltvorgänge und damit den Verschleiß des Getriebes zu reduzieren. Dies muss in Absprache mit dem Hersteller der jeweiligen WEA erfolgen.

Werden die Zeitintervalle verlängert, so führt dies zu einem höheren Schlagrisiko, da Zeiten mit erhöhtem Risiko entsprechend weniger detailliert abgebildet werden. Dies sollte durch ein leichtes Anheben der durch den fledermausfreundlichen Betrieb vorgegebenen Anlaufwindgeschwindigkeit um z. B. 0,3 m/s ausgeglichen werden.

18 Wie ist mit den Untersuchungen zu verfahren, wenn die Erfassung mitten im Jahr beginnt?

Sofern der Hauptaktivitätszeitraum (Juli bis September) abgedeckt ist, ist im Ausnahmefall eine Extrapolation von Datensätzen, die nur einen Teil des Jahres beinhalten, auf das ganze Jahr möglich. Die Unsicherheit bei der Abschätzung des Kollisionsrisikos steigt allerdings, weil bei Extrapolationen von einer Gleichverteilung des Schlagrisikos über das Jahr ausgegangen wird, was zu einer Überschätzung des Schlagrisikos führen kann, wenn das Frühjahr weniger Aktivität aufweist.

C Installation und Kalibrierung der akustischen Detektoren

19 Laut Anlage 5 zum Windenergie-Erlass sind die im durch das BMU finanzierten Forschungsvorhaben verwendeten Methoden, Einstellungen und Geräte zu verwenden. Liegen hierzu aktuelle Informationen vor?

Im Bundesforschungsvorhaben wurden fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen basierend auf Datenerfassungen mit dem Batcorder und dem Anabat SD 1 entwickelt. Auf andere Geräte sind die Modelle bisher nicht anwendbar, im Rahmen eines Folgevorhabens sollen aber auch weitere Geräte getestet werden.

Für den **Batcorder** bietet der Hersteller ein WEA-Set an, für das ein Manual verfügbar ist (www.ecoobs.de) und für das der Hersteller Support leistet. Im Manual finden sich aktuelle Information (im Forschungsvorhaben wurde noch mit einer älteren Batcorder-Version gearbeitet).

Das WEA-Set für den Batcorder der Firma EcoObs umfasst inzwischen einen Ultraschallgeber zur regelmäßigen Prüfung der Mikrofon-Kalibrierung (die Werte können täglich per SMS abgefragt werden). Diese Prüfung ist erforderlich bzw. sehr empfehlenswert, da ansonsten die Gefahr von Datenausfällen hoch ist und regelmäßig kostenaufwändige Kontrollen der Geräte in der Gondel erfolgen müssten.

Die Empfindlichkeit des Mikrofons sollte nicht mehr als 6 dB (Dezibel)¹ unter (oder, was selten der Fall ist, über) der ursprünglichen Kalibrierung des Herstellers liegen. z. B. Fällt die Empfindlichkeit für mehr als fünf Tage in Folge um mehr als 6 dB ab (Witterungseinflüsse können zu einer kurzzeitigen Empfindlichkeitseinbuße führen, von der sich das Mikrofon wieder erholt), so muss der Batcorder meist vom Hersteller gewartet und das Mikrofon ausgetauscht werden, da andernfalls die erhobenen Daten nicht mehr mit denen anderer Bearbeiter (zum Beispiel aus dem BMU-finanzierten Forschungsvorhaben) vergleichbar sind (siehe Frage 21 zur Gültigkeit von Erfassungsnächten). **Es genügt in diesem Fall nicht, eine erneute „Kalibrierung“ des Mikrofons am Einbauort vorzunehmen, wie sie der Batcorder für noch unbenutzte und vom Hersteller kalibrierte Mikrofone bietet**, da sich diese erneute „Kalibrierung“ dann auf einen zu niedrigen Referenzwert bezieht.

Der Batcorder ist bei der Auslieferung auf eine vorgegebene maximale Amplitude (96 dB SPL) kalibriert und die Schwelle, ab der eine Aufnahme aufgezeichnet wird, kann in dB unter der Maximalamplitude eingestellt werden. Hier wurde im Forschungsvorhaben nicht die Standardeinstellung -27 dB, sondern die empfindlichere Einstellung -36 dB verwendet, um die Zahl der aufgenommenen Fledermausrufe zu erhöhen. Die Einstellung -36 dB sollte stets verwendet werden, da ansonsten die erfassten Daten nicht mit dem Datensatz des Forschungsvorhabens vergleichbar sind!

¹ Dezibel ist eine logarithmische Größe. Der Wert ± 6 dB entspricht daher einem Wert von etwa 50 % bis 200 % der Referenzamplitude (lineare Skalierung), wie er z. B. bei der Fernüberwachung des Batcorder WEA-Sets per SMS ausgegeben wird.

In einzelnen Ausnahmefällen kann die Empfindlichkeit auf -27 dB reduziert werden. Auch für diese Empfindlichkeitseinstellung wurde im Forschungsvorhaben ein Referenzdatensatz erhoben, der jedoch wesentlich kleiner und damit mit einer größeren Unsicherheit behaftet ist als für die Einstellung -36 dB. Eine Reduzierung der Empfindlichkeit kann als letztmögliche Option gewählt werden, wenn die Menge der aufgenommenen Störungen andernfalls einen sinnvollen Betrieb des Detektors in der entsprechenden WEA unmöglich macht. Zuvor ist jedoch zu Prüfen, ob die Anzahl der aufgenommenen Störungen durch andere Maßnahmen reduziert werden kann, z. B. durch eine andere Anordnung der Teile des Messaufbaus in der Gondel oder ggf. durch einen Tausch des Detektors.

Auch für den Posttrigger (Länge der Aufnahmezeit nach Auslösung einer Aufnahme) wurde nicht die Standardeinstellung verwendet, sondern der minimale Wert von 200 ms, um die Länge der aufgenommenen Dateien zu minimieren und damit die Laufzeit der Detektoren ohne Kartenwechsel zu verlängern. Auch hier sollte der im Forschungsvorhaben verwendete Wert von 200 ms verwendet werden (die Firma EcoObs wird voraussichtlich in naher Zukunft eine Software-Lösung anbieten, die eine Vergleichbarkeit zum Datensatz des Forschungsvorhabens auch bei von 200 ms abweichenden Einstellungen des Posttriggers gewährleistet – derzeit ist dies jedoch noch nicht der Fall).

Einstellungen am Batcorder im Überblick:

- o QUALITY: 20
- o THRESHOLD: -36 dB. Wichtig: Unbedingt kontrollieren, da dies nicht die Standard-Einstellung des Gerätes ist!
- o POSTTRIGGER: 200 ms. Wichtig: Unbedingt kontrollieren, da dies nicht die Standard-Einstellung des Gerätes ist!
- o CRITICAL FREQUENCY: 16 kHz

Für den **Anabat SD1** ist die Beschreibung im Forschungsbericht (BEHR et al. 2011) und in der Installationsanleitung noch gültig. Hier müssen die Detektoren derzeit noch von Ivo Niermann (www.buero-niermann.de) manuell in ihrer Empfindlichkeit eingestellt werden (LARSON & HAYES 2000), da der Hersteller selber keine Kalibrierung durchführt. Die Einstellung bzw. Überprüfung der Empfindlichkeit sollte so kurz wie möglich vor Beginn und mindestens ein zweites Mal so bald wie möglich nach dem Ende der Erfassung erfolgen.

Die Überprüfung der Empfindlichkeit nach Abschluss der Erfassung ist notwendig, da der Anabat SD1 derzeit nicht die Möglichkeit einer Überprüfung der Empfindlichkeit im laufenden Betrieb bietet. Dies birgt für die Benutzer das Risiko eines Datenausfalls: Wird nach Ende der Erfassung festgestellt, dass die Empfindlichkeit des Gerätes um mehr als 6 dB unter (oder, was selten der Fall ist, über) dem Soll liegt, so sind die gesamten Daten nicht mehr vergleichbar zu anderen Erfassungen – der Zeitpunkt der Änderung der Empfindlichkeit ist in der Regel nicht mehr nachvollziehbar und der Datensatz ist daher nicht mehr im Sinne der hier dargestellten Methode verwendbar.

Auch die **Firma Avisoft** (www.avisoft.de) will in naher Zukunft ein WEA-Set anbieten, das in Zusammenarbeit mit den BMU-Forschungsnehmern entwickelt wurde. Support und Manual sind dann von Avisoft zu beziehen.

Mit dem Avisoft-System wurde im Jahr 2012 an einer großen Stichprobe von Anlagen des Herstellers Enercon eine Referenzdatenerfassung durchgeführt. Hierbei hat sich das Avisoft-System als im Vergleich zu anderen Detektoren sehr störungsunempfindlich und zuverlässig erwiesen (das System bietet wie der Batcorder die Möglichkeit einer Überprüfung der Kalibrierung im laufenden Betrieb und verfügt darüber hinaus über eine Mikrofonheizung, die Witterungseinflüsse auf das Mikrofon reduziert). Beide Faktoren sind entscheidend, um Datensicherheit zu gewährleisten und um die Kosten zu

reduzieren, die durch die Wartung der Geräte in der Gondel der Anlage und durch die Auswertung der Daten entstehen.

20 Welche Anforderungen sind an die Datenerfassung zu stellen, um die erhobenen Daten verwenden zu können?

Gültige Aufnahmenächte sind solche, in denen der Detektor aktiv ist (d. h. keine Ausfälle) und die Empfindlichkeit (und damit die Aufnahmeschwelle) des Mikrofons maximal 6 dB (siehe auch Frage 18) von der ursprünglichen Kalibrierung des Herstellers (bzw. beim Anabat SD1 der kalibrierenden Person) abweicht. Darüber hinaus müssen für mindestens 80 % der 10 Minuten-Intervalle der Nacht (Sonnenunter- bis -aufgang) gültige Windgeschwindigkeitswerte von der Gondel der WEA vorliegen.

D Hersteller / Anlagentypen / Rotordurchmesser

21 Die Daten des Forschungsvorhabens wurden an WEA der Firma Enercon mit einem Rotordurchmesser von 66 bis 82 m erhoben. Soll die akustische Aktivitätserfassung (Gondelmonitoring) nach Anlage 5 des Windenergie-Erlasses dennoch auf WEA anderer Hersteller bzw. auf WEA mit anderen Rotordurchmessern angewendet werden?

Der **Hersteller** der Anlage ist für die Art der Erfassung nur von untergeordneter Bedeutung – d. h. Modelle und Algorithmen gelten grundsätzlich auch für Anlagen anderer Hersteller.

Unterschiede kann es je nach Bauart bei der Installation geben (z. B. ist bei manchen WEA-Typen der Gondelboden an der im Forschungsvorhaben verwendeten Stelle nicht zugänglich). **Die Installation ist in jedem Fall nur mit den Technikern des Herstellers oder des Wartungsservices möglich und sollte im Vorfeld mit diesen geklärt werden.**

Weiterhin gibt es große Unterschiede in der Zahl der von den Detektoren aufgenommenen Störungen (dieser Punkt kann einen entscheidenden Kostenfaktor darstellen, wenn wegen sehr häufiger Störungen z. B. ein häufiger Kartenwechsel nötig wird). Diese Unterschiede sind abhängig vom Typ der WEA (wobei teilweise auch zwischen Anlagen desselben Typs große Unterschiede auftreten), von der Art der Installation (z. B. Einstrahlung oder Kabelübertragung elektromagnetischer Störungen) und vom Typ des Detektors (auch hier bestehen teilweise große Unterschiede zwischen einzelnen Detektoren desselben Typs). Der Typ des Detektors (oder sogar die Wahl verschiedener Detektoren desselben Typs) bietet hier die einfachste Möglichkeit, die Zahl der aufgenommenen Störungen zu beeinflussen. D. h., es ist sinnvoll von vornherein einen weniger störungsempfindlichen Detektortyp zu wählen. Werden dennoch viele Störungen aufgenommen, kann es schon helfen, das Gerät gegen ein anderes desselben Typs auszutauschen.

Darüber hinaus kann es nötig sein, die Zeiteinheit, in der eine An- bzw. Abschaltung der WEA geprüft wird, gegenüber den im Forschungsvorhaben verwendeten zehn Minuten auf 20 oder 30 Minuten zu erhöhen, um die Zahl der An- und Abschaltungen und damit den Verschleiß z. B. am Getriebe zu reduzieren. Dies ist in Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller zu klären. Werden die Zeitintervalle verlängert, so führt dies zu einem höheren Schlagrisiko, da Zeiten mit erhöhtem Risiko entsprechend weniger detailliert abgebildet werden. Dies sollte durch ein leichtes Anheben der durch den fledermausfreundlichen Betriebe vorgegebenen Anlaufwindgeschwindigkeit um z. B. 0,3 m/s ausgeglichen werden.

Die Wissenschaftler des durch das BMU finanzierten Forschungsvorhabens gehen zum derzeitigen Kenntnisstand davon aus, dass die Unterschiede der gängigen in Europa verwendeten WEA verschiedener Hersteller (z. B. auch der Firma Vestas) in den für Fledermausschlag und für eine akustische Fledermauserfassung relevanten Eigenschaften (z. B. Gondelkonstruktion,

Anlaufwindgeschwindigkeit und Drehzahl) einen nur relativ geringen Effekt hinsichtlich des von ihnen entwickelten fledermausfreundlichen Betriebs haben. Aktuell kann daher grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass eine akustische Aktivitätserfassung, die Vorhersage des Schlagrisikos basierend auf den Ergebnissen des Forschungsvorhabens und eine entsprechende Berechnung fledermausfreundlicher Betriebsalgorithmen auch für Anlagen anderer Hersteller als der Firma Enercon möglich ist.

Dies zeigt auch die praktische Umsetzung der akustischen Aktivitätserfassung an der WEA Gondel durch eine wachsende Zahl von Gutachtern an einer immer größeren Zahl verschiedener WEA-Typen (wo Probleme bei der Datenerfassung auftreten, stehen diese meist in Zusammenhang mit einer großen Zahl aufgenommener Störungen – siehe oben).

Bei der Übertragung der Methodik auf andere WEA-Typen ist es jedoch wichtig, ggf. für den **Rotorradius** zu korrigieren, sofern sich dieser deutlich von dem der im Vorhaben beprobten WEA (im Mittel 70 m) unterscheidet (dies gilt auch für Anlagen der Firma Enercon): Zur Zeit des BMU-Forschungsvorhabens gab es erst sehr wenige WEA mit einem Rotorradius über 80 m, weshalb für solche Anlagen kein aussagekräftiger Datensatz erhoben werden konnte.

Der Effekt des Rotordurchmessers auf das Schlagrisiko ist eine Frage, mit der sich u. a. ein Folgeprojekt des Forschungsvorhabens beschäftigt. Aktuell gilt folgender pragmatischer Ansatz, der überwiegend aus theoretischen Überlegungen und nicht aus Felddaten abgeleitet ist:

Man geht davon aus, dass das Schlagrisiko nur wenig vom Abstand zur Gondel abhängig ist. In diesem Fall kann man aus den Flächenverhältnissen hochrechnen, indem man das nach den Formeln des FVH berechnete Schlagrisiko entsprechend dem Verhältnis der vom Rotor überstrichenen Fläche bei der beprobten Anlage und den Anlagen im FVH (im Mittel 70 m Durchmesser) korrigiert; ein innerer Kreis von 20 % des gesamten Rotordurchmessers (Gondel und Basis des Rotorblattes) wird abgezogen, da man für diesen Bereich annimmt, dass wegen der geringeren Geschwindigkeit in diesem Bereich des Rotorblattes nur ein geringes Schlagrisiko besteht. Die Formel zur Berechnung des Flächenkorrekturfaktors lautet demnach:

$$K = (d^2 \cdot \pi - (0,2 \cdot d)^2 \cdot \pi) / (70^2 \cdot \pi - 14^2 \cdot \pi)$$

$$K = (0,8 \cdot d)^2 / 56^2 = 0,000204 \cdot d^2$$

d Durchmesser der beprobten Anlage, zweifacher Radius

Bei einem Rotordurchmesser von 100 m ergibt sich also z. B. der Faktor 2,04. Die Anzahl Schlagopfer (pro 10-Minuten-Intervall oder Nacht) muss bei einem von 70 m abweichenden Rotordurchmesser jeweils mit diesem K-Wert multipliziert werden.

Innerhalb der nächsten Zeit sind möglicherweise neue Forschungsergebnisse zu dieser Thematik zu erwarten, so dass sich die Vorgehensweise bei der Schätzung der Schlagopfer bei Anlagen mit von 70 m abweichendem Rotordurchmesser noch ändern könnte.

E Auswertung der aufgezeichneten Daten

22 Wie viele gültige Erfassungsnächte müssen vorliegen, um das Schlagrisiko und fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen berechnen zu können?

Von den 231 Nächten im Zeitraum 15.03. bis 31.10. (s. Windkrafterlass S. 62: 15.3. ist Start der Untersuchungen) sollten drei Viertel, also 173 Nächte, mindestens jedoch zwei Drittel, also 154 Nächte, gültige Aufnahmenächte sein. Von diesen 173 Nächten sollten 68, mindestens jedoch 61, im Hauptaktivitätszeitraum 01.07. bis 30.09. liegen. Die hier angegebenen Mindestzeiträume beruhen bislang auf der Einschätzung von Experten für Fledermäuse an WEA. Entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen können daher ggf. noch zu einer Modifizierung der Vorgaben führen.

23 Welche Anforderungen sind an die Datenvalidierung zu stellen, um die erhobenen Daten verwenden zu können?

Es ist von entscheidender Bedeutung, die vom Betreiber zur Verfügung gestellten Werte zur Windgeschwindigkeit auf ihre Plausibilität hin zu prüfen. In diesen Daten finden sich häufig Fehler, Lücken oder Doppelungen. Darüber hinaus ist es sehr wichtig, die den Windgeschwindigkeitsdaten zugeordneten Uhrzeiten zu prüfen. Am sichersten und einfachsten sollte dies mehrfach während der Datenerfassung geschehen. An den meisten WEA kann vor Ort die interne Uhrzeit der Anlage abgelesen werden, die dann meist auf den Datenauszügen erscheint. Diese Uhrzeit entspricht häufig nicht der tatsächlichen Ortszeit (häufig sind z. B. Sommer-Winterzeit Fehler).

Nach der Datenerfassung müssen die erhobenen Daten auf ihre Plausibilität hin geprüft werden. Geprüft werden muss z. B. die Verteilung der Aufnahmezeit (z. B. als Gesamtaufnahmezeit in Stunden) in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeiten, Monat und Nachtzeit, (siehe Abbildungen 1.1, 1.2, 1.7, 1.8, 1.9 und 1.10 auf den Seiten 243 bis 245 des Forschungsberichtes – jeweils das unterste Feld der Abbildung mit der Aufnahmedauer), da in diesen Abbildungen einige Fehler im Datensatz gut zu erkennen sind (z. B. keine Gleichverteilung der Aufnahmezeit über Nachtintervalle). Auch die mittlere akustische Aktivität (als Anzahl Aufnahmen pro Stunde) muss in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit, Monat und Nachtzeit dargestellt und mit der im Forschungsvorhaben ermittelten Verteilung verglichen werden (siehe Abbildung 6 auf den Seiten 199 und 200 des Forschungsberichtes für den Batcorder bzw. Abbildung 8 für den Anabat SD1).

Diese Prüfung sollte am Besten anhand entsprechender Grafiken erfolgen. Nimmt zum Beispiel die Aktivität (z. B. als Aufnahmen pro Stunde) mit hohen Windgeschwindigkeiten (über 6 m/s) nicht oder nur zum Teil ab, so kann dies ein Hinweis darauf sein, dass die zeitliche Zuordnung Fledermausaktivität – Windgeschwindigkeit zumindest teilweise nicht korrekt ist.

Bei einer starken Abweichung im Aktivitätsmuster, die sich nicht durch Fehler im Datensatz erklären lässt und die vermutlich nicht auf einem einmaligen Ausreißer beruht (also z. B. in zwei Erfassungsjahren in ähnlicher Weise auftritt oder sich aus Besonderheiten am untersuchten Standort erklären lässt), kann das hier dargestellte vereinfachte Verfahren zur Berechnung des fledermausfreundlichen Betriebs nicht angewendet werden. Es muss dann ein eigenes Modell zur Aktivitätsvorhersage berechnet werden. Solche Abweichungen sind zum Beispiel: Hauptaktivität im Frühjahr statt im Spätsommer, abweichendes Aktivitätsmuster über die Nacht in der Nähe von Quartieren oder deutlich ausgeprägtere Aktivität bei hohen Windgeschwindigkeiten als im Forschungsvorhaben.

24 Was ist bei der Auswertung der Fledermausrufe zu beachten?

Um die Vergleichbarkeit erhobener Batcorder-Daten mit dem Datensatz des Forschungsvorhabens zu gewährleisten, muss bei der automatisierten Analyse in der Software bcAdmin eine Schwelle von 2 % für die Ruferkennung in der zugehörigen Software bcAdmin eingestellt werden, was etwa -34 dB entspricht. Die Firma EcoObs bietet in einer neueren Programmversion diese Möglichkeit. Die Schwelle muss per

Hand für die Sessions aktiviert werden (Einstellung Threshold: „-34 dB (BMU)“), da sie sonst der Einstellung am Gerät (-36 dB) entspricht (Session-Einstellungen öffnen und die Schwelle neu setzen). Im Folgeprojekt des Forschungsvorhabens ist geplant, zukünftig auch einen Formelsatz für die Einstellung -36 dB zu veröffentlichen. Wurde bei der Datenerfassung eine von -36 dB abweichende Threshold eingestellt (siehe oben, Frage 18), so muss für -27 dB die entsprechende Software-Einstellung -27 dB im Programm bcAdmin verwendet werden. Auch für die Einstellung -30 dB am Batcorder muss der Wert -27 dB in der Software (manuell) eingestellt werden, da für -30 dB kein Referenzdatensatz existiert. Daten aus Erfassungen mit Threshold-Einstellungen mit einer geringeren Empfindlichkeit als -27 dB (derzeit sind beim Batcorder -18 dB und -24 dB möglich) sind nicht mit den Daten des Forschungsvorhabens vergleichbar und können daher nicht im Sinne des bayerischen Windkrafterlasses verwendet werden.

25 Sollen auch Rufe nicht bestimmter Arten ausgewertet werden?

Für den Batcorder gilt: Aufnahmen, die von der Software nicht als Fledermaus erkannt wurden („no calls“) müssen aus dem Datensatz entfernt werden, auch wenn hier bei manueller Prüfung Fledermausrufe zu erkennen sind. Hier werden also bei der Zahl erkannter Rufsequenzen Abstriche gemacht zugunsten einer Vergleichbarkeit der Datensätze verschiedener Bearbeiter durch die automatisierte Analyse. Werden durch eine manuelle Nachkontrolle der Daten mehr Aufnahmen gefunden als dies im Forschungsvorhaben der Fall war, so sind die Ergebnisse nicht mehr miteinander vergleichbar. Das ist wichtig, weil man ein vergleichbares Maß für die Aktivität benötigt, d. h. zehn Aufnahmen im Forschungsvorhaben müssen zehn Aufnahmen bei der Untersuchung entsprechen – wird beispielsweise ein extrem empfindlicher Detektor verwendet, der 100 Aufnahmen aufzeichnet, oder 90 Aufnahmen händisch gefiltert, dann wird das Risiko überschätzt. Dies ist auch der Grund, weshalb die Schwellenwerte nicht aus der Anzahl der Rufaufnahmen in Gondelhöhe abgeleitet worden sind: ohne Hinweis auf die Messgeräte und deren Einstellungen sowie Mikrofonqualität sind Messergebnisse nicht vergleichbar. Unterschiedliche Geräte kommen am gleichen Standort zu verschiedenen Ergebnissen.

Sämtliche von der Software als Fledermausruf klassifizierte Aufnahmen (unabhängig von der durch die Software zugewiesenen Art oder Artengruppe – auch unbestimmte Aufnahmen, die als „Spec.“ kategorisiert werden) müssen manuell geprüft und verwendet werden, sofern es sich tatsächlich um Fledermausrufe handelte. Störungen werden dabei manuell aus dem Datensatz entfernt (v. a. Störsignale, die an der Gondel von WEA aufgezeichnet wurden).

Die automatisierte Bestimmung in Artengruppen oder Arten für korrekt als Fledermaus erkannte Aufnahmen sollte auch bei offensichtlichen Fehlbestimmungen nicht verändert werden, um die Vergleichbarkeit mit den Datensätzen anderer Bearbeiter zu gewährleisten (BEHR et al. 2011, Seite 139) – auf die Erstellung fledermausfreundlicher Betriebsalgorithmen hat die Artbestimmung jedoch derzeit kaum einen Effekt, da diese alle Fledermausarten in Summe betrachten.

Entsprechendes gilt für die Auswertung von Daten, die mit dem Anabat SD1 aufgenommen wurden. Auch hier ist dem im Forschungsbericht dargestellten Vorgehen zu folgen (Seiten 137 und 138), um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

26 Ein großer Teil der Fledermausaktivitäten wird bei Windgeschwindigkeiten unterhalb der Anlaufgeschwindigkeit (4 m/s) gemessen. Muss das bei der Berechnung des Abschaltalgorithmus beachtet werden? Sollten nicht nur die Aktivitäten berücksichtigt werden, die oberhalb dieser Windgeschwindigkeiten stattgefunden haben?

Bei den meisten bislang akustisch beprobten WEA ist es so, dass ein Teil der akustischen Fledermausaktivität bei Windgeschwindigkeiten registriert wurde, die unterhalb der Anlaufwindgeschwindigkeit liegt. Die Windgeschwindigkeit (und damit auch die Anlauf-Windgeschwindigkeit) gingen bereits als Parameter in die Berechnung des Modells zur Vorhersage des Schlagrisikos im Forschungsvorhaben ein. In dem Modell wird also berücksichtigt, dass bei sehr

niedrigen Windgeschwindigkeiten keine Tiere getötet werden. Die erfassten **Aktivitäten unterhalb der Einschaltgeschwindigkeit sind daher unbedingt zu berücksichtigen und dürfen keinesfalls vor einer Auswertung gelöscht werden.**

Im Übrigen ist es so, dass moderne Anlagen nicht nur der Firma Enercon, sondern z. B. auch der Firma Vestas (z. B. der Typ V90) meist auch deutlich unterhalb von 4 m/s rotieren (häufig schon bei 2 m/s), auch wenn sie erst bei höheren Windgeschwindigkeiten Strom produzieren.

27 Muss für eine allgemeine Anwendbarkeit der Berechnungsvorlage die Einschaltgeschwindigkeit als eine Variable in die Formel eingehen, da sie je nach Anlagentyp unterschiedlich ist?

Nein. Das Verhalten der WEA im Bereich der Anlauf-Windgeschwindigkeit führt auch bei den im FVH beprobten Anlagentypen unweigerlich zu einer gewissen Zufallsstreuung und damit zu einer geringen Unsicherheit bei der Vorhersage des Schlagrisikos aus Aktivität und Windgeschwindigkeit (die Rotationsgeschwindigkeit ist nicht vollständig aus der Windgeschwindigkeit vorhersagbar), die in die Schätzung des Vertrauensintervalls eingeht. Ein systematischer Fehler entsteht, wenn die Anlauf-Windgeschwindigkeit einer beprobten Anlage (heute üblich etwa 2,0 bis 3,5 m/s) von der im Forschungsvorhaben beprobten WEA (2,5 bis 3,5 m/s) abweicht. Wir gehen zum derzeitigen Kenntnisstand davon aus, dass der Betrag des genannten systematischen Fehlers jedoch deutlich geringer als der des zufälligen Fehlers und damit **im Rahmen eines Standortgutachtens tolerierbar ist.**

Die Aussagesicherheit aus einem akustischen Monitoring an einer WEA liegt auch bei Berücksichtigung der genannten Faktoren weit über der von z. B. Totfundnachsuchen, wie sie heute üblicherweise durchgeführt werden.

28 Die Modelle aus dem Forschungsvorhaben wurden nur für den Zeitraum Mai bis Oktober gerechnet. Lassen sich auch Aussagen für den März/April und November treffen?

Da die Datengrundlage im Forschungsvorhaben für die genannten Monate März, April und November deutlich kleiner war als für den Zeitraum Mai bis Oktober konnten für das zeitige Frühjahr und den Spätherbst keine Modellparameter berechnet werden. Für die Monate März, April und November wurden daher aus den im Forschungsvorhaben und aus andere Arbeiten vorliegenden Informationen Modellparameter für die Aktivitätsvorhersage für diese Monate extrapoliert (siehe Anhang 1 im Leitfaden zur Berechnung der fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmen), für die entsprechend keine statistischen Vertrauensintervalle angegeben werden können und die demnach einer größeren Unsicherheit unterliegen.

Da jedoch der Monat nur einer der Einflussfaktoren bei der Vorhersage der Fledermausaktivität und sein Effekt deutlich geringer als z. B. der der Windgeschwindigkeit ist, geht man davon aus, dass dies die Gesamtunsicherheit der Aktivitätsvorhersage in nur geringem Maße vergrößert.

Um Aussagen über die gesamte Aktivitätsperiode von Fledermäusen für eine Anlage treffen zu können, ist es zum derzeitigen Kenntnisstand wichtig, diesen Zeitraum auch in der akustische Aktivitätserfassung abzubilden.

Ist die in Gondelhöhe gemessene Aktivität in den Monaten März/April gering bis sehr gering (unter 20 Aufnahmen pro ganzer Monat für den Batcorder bzw. unter 15 Aufnahmen für den Anabat SD1), so müssen diese Monate bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden. In Zeiträumen mit sehr geringer Fledermausaktivität kann andernfalls das Schlagrisiko überschätzt werden.

29 Wie hoch sind die zu erwartenden Ertragsausfälle durch den fledermausfreundlichen Betrieb?

Hierzu heißt es im Forschungsbericht: „Fledermausfreundliche Betriebsalgorithmen ziehen Ertragseinbußen für den Betreiber der WEA nach sich. Von Vorteil ist, dass die Sommermonate mit einem Schwerpunkt der Fledermausaktivität häufig die windärmsten des Jahres sind und dass in diesen Monaten die Nächte relativ kurz und die Nachtstunden ertragsärmer als die Tagesstunden sind (HENSEN 2004; BAERWALD et al. 2009). Ein positiver Faktor ist weiterhin, dass der Ertrag einer WEA näherungsweise mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit steigt. Zeiten mit niedrigen Windgeschwindigkeiten und damit höherer Fledermausaktivität haben dementsprechend einen verhältnismäßig geringen Anteil am Gesamtertrag.“

Die Kosten für eine spezifische WEA lassen sich mit hinreichender Sicherheit erst nach Abschluss der Datenerfassung im ersten Betriebsjahr (und gegebenenfalls nach einer Korrektur nach dem zweiten Jahr) vorhersagen, da erst dann das Ausmaß der Fledermausaktivität an dieser WEA und der tatsächliche Jahresertrag bekannt sind.

Aus dem Forschungsvorhaben liegt zur Kostenabschätzung ein relativ großer Datensatz von mehr als 70 WEA der Firma Enercon mit einem Rotordurchmesser von 66 bis 82 m in fünf verschiedenen Naturräumen im Bundesgebiet vor. Um an diesen Anlagen das Schlagrisiko auf z. B. zwei tote Fledermäuse im Untersuchungszeitraum (15.06.2008 bis 31.10.2008) zu senken, wären Abschaltungen notwendig gewesen, die an einzelnen WEA zu Ertragsverlusten von maximal 1,15 % (akustische Erfassung an der Gondel mit dem Batcorder) bzw. 1,46 % (akustische Erfassung mit dem Anabat SD1), im Mittel 0,32 bzw. 0,83 % und im Median 0,28 bzw. 0,75 % eines angenommenen Jahresertrags von 4,5 Mio kWh geführt hätten.

Der Untersuchungszeitraum 15.06.2008 bis 31.10.2008 des Forschungsvorhabens umfasste die Hauptaktivitätsperiode im Gondelbereich von WEA, jedoch nicht den gesamten relevanten Zeitraum eines Jahres. Algorithmen für den Zeitraum 15.03. bis 31.10. werden daher zu etwas höheren Kosten führen.

Die Anwendung der Modelle aus dem Forschungsbericht und des Schwellenwerts von höchstens zwei Kollisionen pro Jahr aus dem WKE an zwei Anlagen der Firma Vestas in Unterfranken mit Rotordurchmessern von 90 m ergab Ertragsverluste in Höhe von 1,9 bzw. 1,8 % des angenommenen Jahresertrags bei fledermausfreundlichem Betrieb zwischen 15.03. und 31.10. Durch Modifikationen dieses Zeitraums (z. B. Beginn ab Mai wegen geringer nachgewiesener Aktivität im März/April, dafür Ausdehnung bis Mitte November, wegen Schwärmens von Zwergfledermäusen) ergaben sich Ertragsverluste in Höhe von jeweils 1,3 % des Jahresertrages.

F CEF-Maßnahmen

30 Sind CEF-Maßnahmen durchführbar?

CEF-Maßnahmen beziehen sich auf den Erhalt von Fortpflanzungs- und Ruhestätten im räumlichen Zusammenhang; sie sind daher für betriebsbedingte Auswirkungen der WEA wie ein erhöhtes Kollisionsrisiko aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen (leider) nicht einsetzbar. Für Quartierverluste am Standort der WEA kommen theoretisch die Sicherung von Altbäumen oder die Anbringung von Fledermauskästen in ausreichender Anzahl als CEF-Maßnahmen in Frage, wenn diese rechtzeitig vor dem Bau greifen, d. h. von den betroffenen Fledermäusen als alternative Quartiere angenommen worden sind. Betriebsbedingte Verluste durch Kollisionen lassen sich nicht durch Maßnahmen im Vorfeld kompensieren. Als Minimierungsmaßnahme kommt hier nur die zeitweilige Abschaltung in den Abend- und Nachtstunden in Frage.

Literatur

- BAERWALD, E. F., J. EDWORTHY, M. HOLDER und R. M. R. BARCLAY (2009). A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *J Wildl Manage* 73: 1077-1081.
- BEHR, O., R. BRINKMANN, I. NIERMANN und J. MAGES (2011). Methoden akustischer Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. R. Brinkmann, O. Behr, I. Niemann und M. Reich. Göttingen, Cuvillier Verlag: Umwelt und Raum Bd. 4, 130-144.
- HENSEN, F. (2004). Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. *Nyctalus* 9: 427-435.
- KERNS, J., W. P. ERICKSON und E. B. ARNETT (2005). Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. *in* Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. E. B. Arnett, A final report prepared for the bats and wind energy cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA: 24-95.
- KORNER-NIEVERGELT, F., O. BEHR, I. NIERMANN und R. BRINKMANN (2011a). Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessungen und modifizierter N-mixture Modelle. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. R. Brinkmann, O. Behr, I. Niemann und M. Reich. Göttingen, Cuvillier Verlag Umwelt und Raum Bd. 4, 323-353.
- KORNER-NIEVERGELT, F., P. KORNER-NIEVERGELT, O. BEHR, I. NIERMANN, R. BRINKMANN und B. HELLRIEGEL (2011b). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl Biol* 17: 350-363.
- KUNZ, T. H., E. B. ARNETT, B. M. COOPER, W. P. ERICKSON, R. P. LARKIN, T. MABEE, M. L. MORRISON, M. D. STRICKLAND und J. M. SZEWCZAK (2007). Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: a guidance document. *J Wildl Manage* 71: 2449-2486.
- LARSON, D. J. und J. P. HAYES (2000). Variability in sensitivity of Anabat II bat detectors and a method of calibration. *Acta Chiropterologica* 2: 209-213.
- Meschede, A. & B.-U. Rudolph (2004). Fledermäuse in Bayern. Stuttgart.
- Meschede, A. & B.-U. Rudolph (2010). 1985-2009: 25 Jahre Fledermausmonitoring in Bayern. Schriftenr. des LfU, Augsburg, 94 S.
- NIERMANN, I., O. BEHR und R. BRINKMANN (2007). Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergieanlagen. *Nyctalus* 12: 152-162.
- NIERMANN, I., R. BRINKMANN, F. KORNER-NIEVERGELT und O. BEHR (2011). Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. R. Brinkmann, O. Behr, I. Niemann und M. Reich. Göttingen, Cuvillier Verlag: Umwelt und Raum Bd. 4, 40-115.
- RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, J. GOODWIN und C. HARBUSCH (2008). Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten. EUROBATS Publication Series No. 3 (deutsche Fassung), UNEP/EUROBATS Sekretariat, Bonn, Deutschland.