

## **Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen**

Von LOTHAR und PETRA BACH, Bremen

Mit 5 Abbildungen

### **1 Einleitung**

In den letzten 5 Jahren werden Fledermäuse im Rahmen von Windkraftplanungen zunehmend berücksichtigt (BEHR et al. 2007, BRINKMANN et al. 2006, SEICHE et al. 2007). Die Tat-

sache, dass Fledermäuse in unterschiedlich starkem Ausmaß an Windenergieanlagen (WEA) verunfallen (DÜRR & BACH 2004, RODRIGUES et al. 2008), ist weithin akzeptiert. So zählen Fledermäuse mittlerweile zu der standardmäßig zu untersuchenden Artengruppe

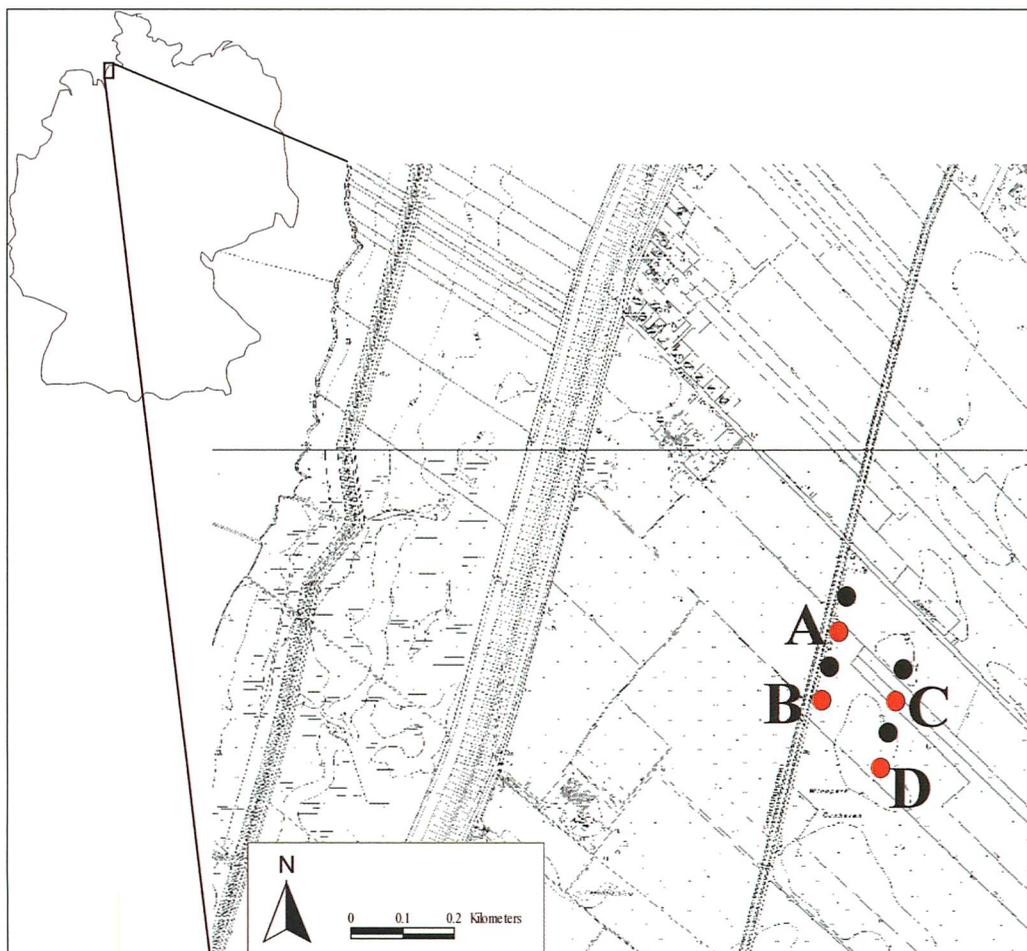


Abb. 1. Untersuchungsgebiet und Verteilung der automatischen Erfassungsgeräte. Study area and distribution of the automatic bat detectors.

bei anstehenden Windparkplanungen. Dabei bilden Detektorbegehungen in Kombination mit sogenannten Horchkisten die grundlegende Erfassungsmethodik (RAHMEL et al. 2004, NLT 2005, DÜRR 2007). Als eine der bislang Erfolg versprechendsten Vermeidungsmaßnahmen wird neben der richtigen Standortwahl die zeitliche Abschaltung von WEA in Nächten oder Zeiträumen mit hoher zu erwartender Fledermausaktivität angesehen (BACH & RAHMEL 2004, BEHR et al. 2007, BRINKMANN et al. 2006, DÜRR 2007, DÜRR & BACH 2004). Dabei stellt sich die Frage, auch aus möglichen ökonomischen Erwägungen seitens der Windparkbetreiber, bis zu welchen Windgeschwindigkeiten Fledermäuse fliegen und mit WEA kollidieren. Während letztere Frage nur sehr schwer zu beantworten ist, konnten z. B. BEHR et al. (2007) feststellen, dass eine Aktivität der Zwergfledermaus in Rotorhöhe nur unterhalb 6,5 m/s auftrat. Es ist zu vermuten, dass größere und robuster gebaute Arten sowie Arten, die auf Wanderungen lange Distanzen zurücklegen, wie die Rauhauffledermaus und der Abendsegler, noch bei höheren Windgeschwindigkeiten fliegen. Doch hierzu werden noch dringend weitere Daten benötigt, gerade was den norddeutschen Küstenraum betrifft.

Ziel dieser Untersuchung war es, festzustellen, bei welchen Windgeschwindigkeiten die in Norddeutschland bzw. in der Küstenmarsch vorkommenden Arten jagen, um daraus Hinweise für mögliche Abschaltzeiten von Windenergieanlagen abzuleiten.

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (UG), bestehend aus 8 Windenergieanlagen (WEA), befindet sich östlich der Ortschaft Cappel-Neufeld im Landkreis Cuxhaven an der Nordsee. Die Fläche liegt 500 m hinter dem Seedeich in der offenen Küstenmarsch (Abb. 1). Die umgebende Fläche wird als Weideland oder fette Mähwiese genutzt. Nach Westen hin, von einem Wirtschaftsweg und einem etwa 3 m breiten Graben getrennt, grenzt im Jahr 2007 ein Maisfeld an. In der nordwestlichen Ecke

befindet sich eine kleine niedrige Gebüschgruppe. Die Fläche des Windparks umfasst etwa 15 ha.

Die 8 WEA haben eine Nabenhöhe von 25 m und einen Rotordurchmesser von 15 m.

## 3 Material und Methode

### 3.1 Ermittlung der Aktivitäten

Zur Untersuchung der Fledermausaktivität wurden zwischen dem 12. Juli und 15. Okt. 2007 an vier der acht Gittermasten-WEA automatische Fledermauserfassungsanlagen installiert. Hierzu wurden vier so genannte AnaBat-Systeme eingesetzt, die nachfolgend durchgehend alle Ultraschallgeräusche sekunden genau aufnahmen. Dabei wurden je zwei AnaBat-Systeme in die erste WEA-Reihe entlang des Wirtschaftsweges und in die zweite WEA-Reihe (etwa 100 m parallel versetzt im Grünland) angebracht (Abb. 1). Wichtig ist, dass alle acht WEA während der gesamten Untersuchung außer Betrieb waren!

Das australische AnaBat-System arbeitet nach dem Frequenzteilverfahren. Bei diesem Verfahren werden alle eingehenden Frequenzen der Fledermausrufe durch eine Teilung der Frequenz in für uns hörbaren Schall umwandelt. In Europa hat sich üblicherweise eine Teilung durch 10 als günstig erwiesen (SKIBA 2003). Das AnaBat-System teilt die Ultraschallfrequenzen allerdings wahlweise durch 8, 16 oder 32. In unserem Fall wurde eine Teilung durch 16 genutzt. Dies bedeutet, dass von den originalen 16 Wellen nur eine umgewandelt in den Lautsprecher gelangt bzw. aufgezeichnet wird. In dem dazugehörigen Lautanalyse-System AnaLook werden die umgewandelten und dokumentierten Laute durch die Rückrechnung auf die Originalfrequenz umgerechnet. Damit ist eine Darstellung des Frequenzverlaufes der Grundfrequenz eines Einzelerufes möglich.

Der große Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass Ultraschalllaute über die gesamte Frequenzbreite registriert und aufgenommen

wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die gespeicherten Daten i. d. R. nur wenige KB (Kilobyte) groß sind und damit auf einer Speicherkarte genügend Platz für die Datenmengen mehrerer Wochen ist.

Der große Nachteil dieses Verfahrens ist, dass nur etwa 6 % der verfügbaren Information eines Rufes gespeichert wird und für die spätere Artbestimmung zur Verfügung steht. Dies bedeutet, dass Arten, wie Breitflügel-, Zwerg-, Rauhhauffledermäuse und Abendsegler mit einem hohen Anteil konstant frequenter Laute (so genannte CF-Arten) größtenteils bestimmbar sind, andere Arten, wie alle *Myotis*-Arten und Langohren, infolge ihrer speziellen Rufcharakteristik mit hohem Anteil frequenzmodulierter Laute (so genannte FM-Arten) nicht. Diese sind per Computeranalyse nur mit dem Zeitdehnverfahren bestimmbar und dies auch nur bei entsprechender Erfahrung. Da jedoch im Rahmen der Windenergienutzung vornehmlich diese so genannten CF-Arten als planungsrelevant erachtet werden, wurde das Frequenzteilverfahren in unserem Fall als ausreichend angesehen. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist allerdings, dass die Erfassungsreichweite geringer ist als bei den anderen Verfahren.

Das AnaBat-System besitzt ein stark gerichtetes Mikrofon, d. h. das System versucht, eine möglichst große, nach vorn gerichtete Reichweite zu erreichen, was den Effekt hat, dass die seitliche Lautregistrierung stark eingeschränkt ist. Um dies zu kompensieren, wurde unter dem Mikrofon ein 30 x 30 cm großer Plexiglas-Spiegel angebracht, der es ermöglicht, seitlich bzw. von oben auftreffende Ultraschalllaute zum Mikrofon zu leiten (vgl. ARNETT et al. 2006, s. Abb. 2). Außerdem sollte die Fledermausaktivität in Rotorhöhe und höher gemessen werden, was durch den Spiegel gewährleistet ist. In einem Vorversuch konnten Abendsegler bis in eine Höhe von etwa 50 m oberhalb des Mikrofons aufgenommen werden. Für kleinere und höher rufende Arten reduziert sich der Empfangsraum auf etwa 20-30 m.

Das AnaBat-System wurde insofern verändert, als das Mikrofon vom eigentlichen Detektor getrennt und durch ein langes Kabel verbunden wurde. Die Mikrofonanlage (Mikrofon und Spiegel) wurde anschließend auf Höhe der unteren Rotorblattspitzenebene am Gittermast angebracht. Dies entspricht einer Höhe von etwa 20 m. Grund für diese Höhe war, dass bis zu diesem Zeitpunkt nicht geklärt war, ob die Anlagen tagsüber laufen würden, was bei höherer Anbringung eine Gefährdung der Mikrofonanlage bedeutet hätte. Zudem sollten die Geräte die Fledermausaktivität im Bereich des Rotordurchmessers aufnehmen. In etwa 10-15 m Höhe wurde dann das Detek-

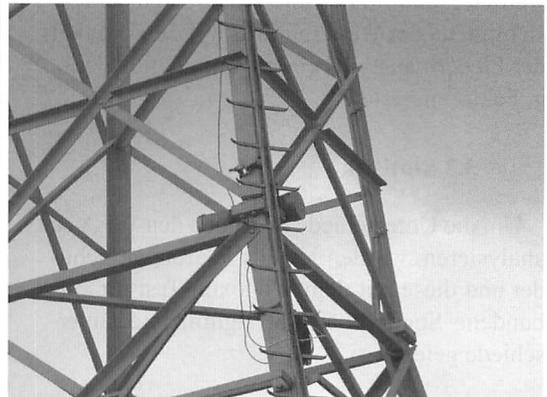
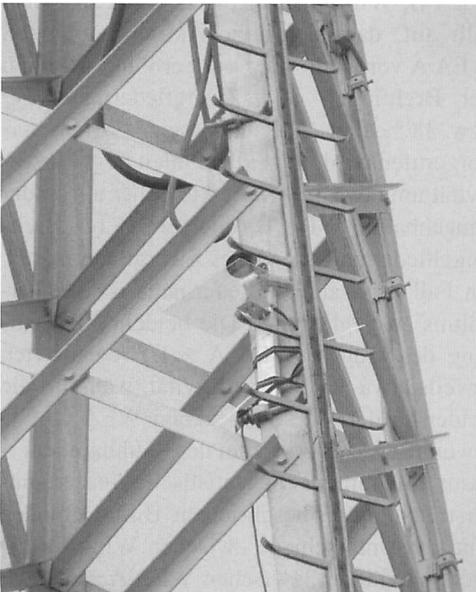


Abb. 2. Anbringen des Mikrofons und des Spiegels sowie des Detektors und der Stromversorgung in einem PU-Rohr am Mast. Microphone with mirror as well as detector and power supply in a tube fixed to the mast.

torsystem in einem wasserdichten PU-Rohr untergebracht. Der Detektor wurde dabei von einem 12V7Ah-Bleigelakku gespeist, welcher wöchentlich gewechselt wurde.

Die gesammelten Daten wurden zusammen mit dem wöchentlichen Akkuwechsel ausgelesen und am Folgetag sofort bearbeitet. Dazu wurden die aufgenommenen Laute mit dem dazugehörigen Lautanalyseprogramm AnaLook bestimmt und in eine Exceltabelle übertragen.

Die Bestimmung der Rufe richtete sich nach AHLÉN (1990 a, b) und SKIBA (2003).

### 3.2 Wetterdaten

Die Wetterdaten konnten nicht alle direkt am Ort erhoben werden. Daher stammen diese aus der näheren Umgebung. Die Winddaten wurden uns freundlicherweise von Enercon zur Verfügung gestellt und stammen aus einem 500 m entfernten Windpark. Die übrigen Wetterdaten (Niederschläge und Temperatur) stammen aus einer etwa 7,6 km entfernten privaten Wetterstation (Nr. 609, D-24478 Oxstedt), welche im Internet unter [www.wetter-archiv.de](http://www.wetter-archiv.de), Stand Okt. 2007, abrufbar sind. Die festgestellten Fledermausaktivitäten werden nachfolgend vor allem mit der Windgeschwindigkeit in Beziehung gesetzt. Dieser Wetterfaktor stellt aus unserer Sicht ein praktikables Maß dar, nachdem ein Abschaltalgorithmus der WEA gesteuert werden kann. Bei der allgemeinen Bewertung der Fledermausaktivität werden grundsätzlich alle Wetterdaten berücksichtigt, da der Wettereinfluss auf die Aktivität der Fledermäuse aus einer Kombination der o. g. Faktoren besteht.

### 3.3 Statistik

Um die Unterschiede zwischen den WEA zu analysieren, wurden jeweils Paarungen gebildet und diese mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben auf signifikante Unterschiede getestet.

Die Frage, ob die Fledermausaktivität mit der Windgeschwindigkeit korreliert, wurde

mit der Rangkorrelationsanalyse nach Spearman überprüft. Dieses Verfahren zur Korrelationsanalyse wurde gewählt, da es sich nicht um normalverteilte Daten handelt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Übersicht und Verteilung der Aktivität auf die einzelnen WEA

Von den registrierten Arten wurden insgesamt 2886 Aktivitäten (Tab. 1) aufgezeichnet. Mit 1142 Kontakten war die Rauhhauffledermaus bei weitem die am häufigsten angetroffene Art, gefolgt von der Zwergfledermaus mit 981 Kontakten, der Breitflügelfledermaus (512 Kontakte) und dem Abendsegler (220 Kontakte). Alle weiteren Arten bzw. Artengruppen traten mit relativ wenigen Kontakten auf. Berechnet man die mittlere Aktivität über den gesamten Zeitraum (933 Stunden), ergibt sich ein Wert für die gesamte Fläche von 3,1 Kontakten/Std. Aufgeteilt auf die einzelnen WEA-Standorte beläuft sich die mittlere Aktivität zwischen 1,2 (WEA A) und 0,5 (WEA C + D).

Wie Tab. 1 zeigt, werden die höchsten Aktivitäten an WEA A registriert, gefolgt von WEA B, WEA C und zuletzt WEA D. Dabei fällt auf, dass der hohe Aktivitätsanteil an WEA A vor allem durch die erhöhte Aktivität der Breitflügel- und Zwergfledermaus (47 bzw. 38 % aller Aktivitäten beider Arten) hervorgerufen wird. In beiden Fällen liegt die Aktivität um etwa 100 Kontakte höher als an der benachbarten WEA B (oder: 20 % bei Breitflügelfledermaus, 8 % bei Zwergfledermaus). Im Fall der Rauhhauffledermaus ist das Verhältnis ausgeglichener. Die beiden WEA entlang des Weges (WEA A + B) registrierten jeweils etwa 30 % der Aktivität, während die beiden in der Wiese gelegenen WEA C + D jeweils 20 % der Aktivität der Rauhhauffledermaus aufnahmen. Die statistische Analyse unterstreicht dieses beschriebene Bild: Demnach sind die Unterschiede zwischen WEA C + D nicht signifikant, zwischen WEA A + B zwar signifikant ( $p = 0,02$ ), aber nicht in einem so hohen Maße wie der Unterschied zwischen

Tabelle 1. Verteilung der Aktivitäten auf die einzelnen WEA-Standorte

Fledermausart	WEA A	WEA B	WEA C	WEA D	gesamt
(Großer) Abendsegler <i>Nyctalus noctula</i>	83	67	43	27	220
Kleinabendsegler <i>Nyctalus leisleri</i>	-	2	-	-	2
Breitflügel-Fledermaus <i>Eptesicus serotinus</i>	243	144	68	57	512
Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	380	298	163	140	981
Rauhhaufledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i>	362	340	222	218	1142
Mückenfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	-	-	1	2	3
<i>Myotis</i> /Langohr spec. <i>Myotis spec./Plecotus spec.</i>	8	6	4	8	26
Gesamtaktivität	1076	857	501	452	2886
mittlere Aktivität	1,2	0,9	0,5	0,5	3,1

wegnahen und wegfernen Reihe. Hier liegt das Signifikanzniveau bei jeweils  $p = 0,005$ .

#### 4.2 Fledermausaktivitäten in Abhängigkeit von den Wind- verhältnissen

Um Einflüsse von Witterungsbedingungen auf die Aktivität der Fledermäuse feststellen zu können, wurden neben der Aktivitätsaufzeichnung Wetterdaten hinzugezogen (s. Methode). Für die folgenden Auswertungen werden die Fledermausaktivitäten aller vier WEA

aufsummiert betrachtet. Die Diskrepanz zur Gesamtsumme in Tab. 1 ergibt sich daraus, dass nur die vier wichtigsten Arten berücksichtigt wurden und zudem für einige wenige Stunden keine Winddaten vorlagen. Die z. T. hohe Zahl an Punkten bei  $y = 0$  entspricht Stunden, in denen zwar Wind mit einer bestimmten Geschwindigkeit wehte, aber keine Fledermausaktivität zu verzeichnen war.

Die Fledermausaktivität korreliert mit der Windgeschwindigkeit schwach positiv, da die rs-Werte etwa bei 0,3 liegen. Dieses Ergebnis

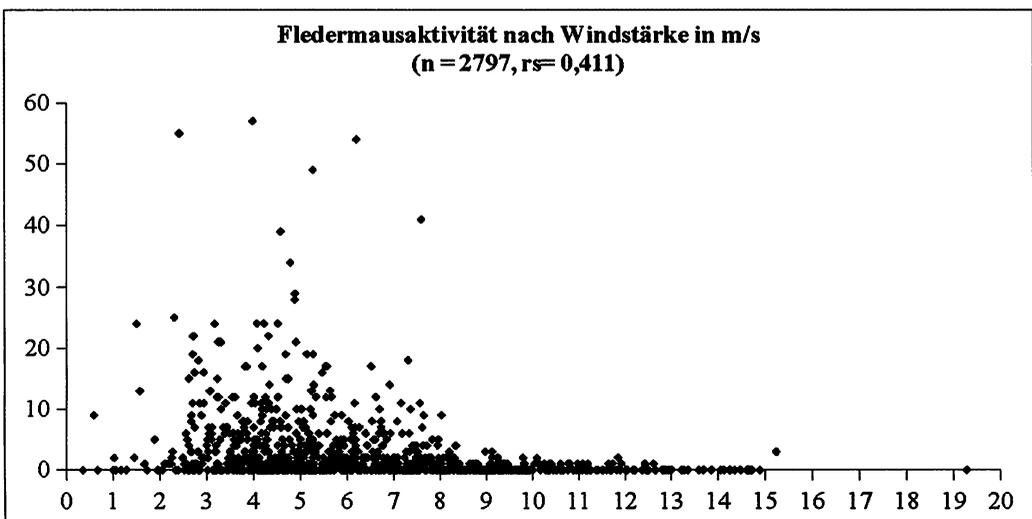
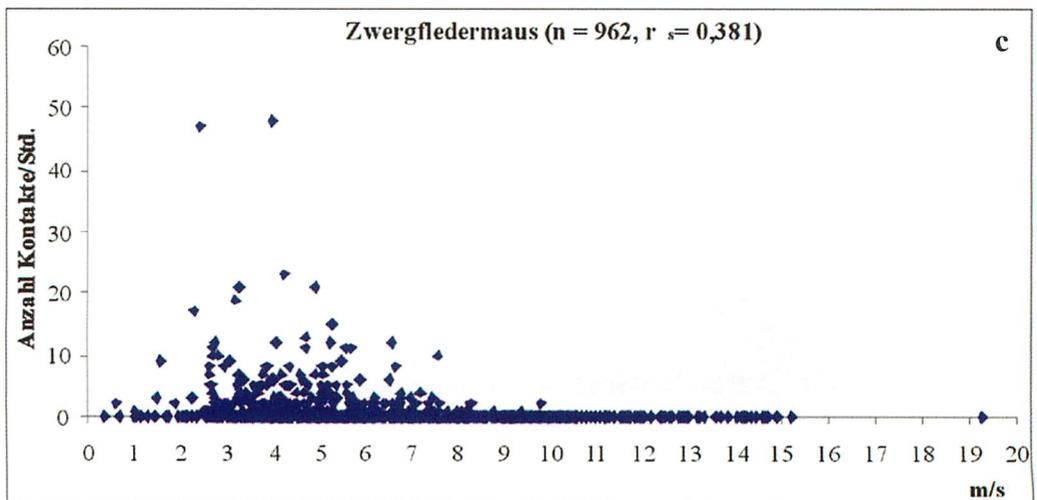
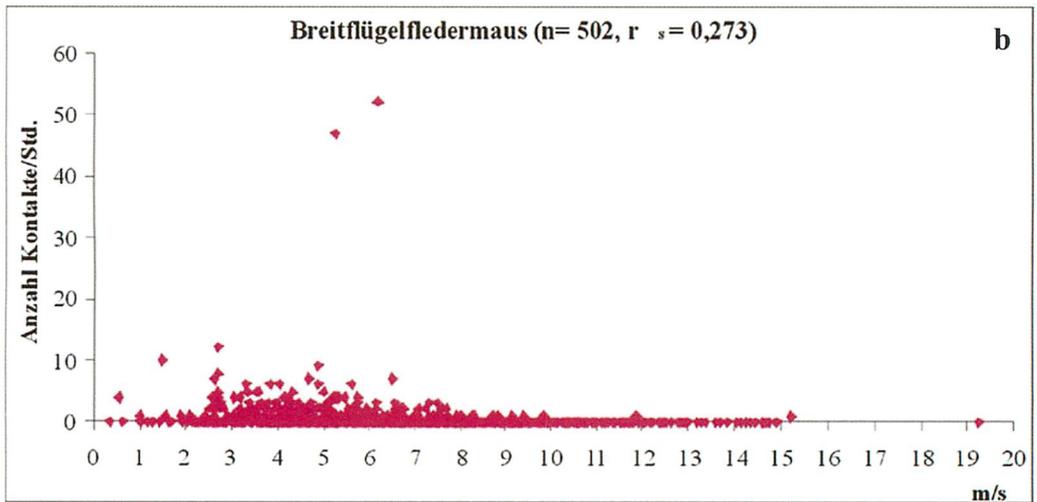
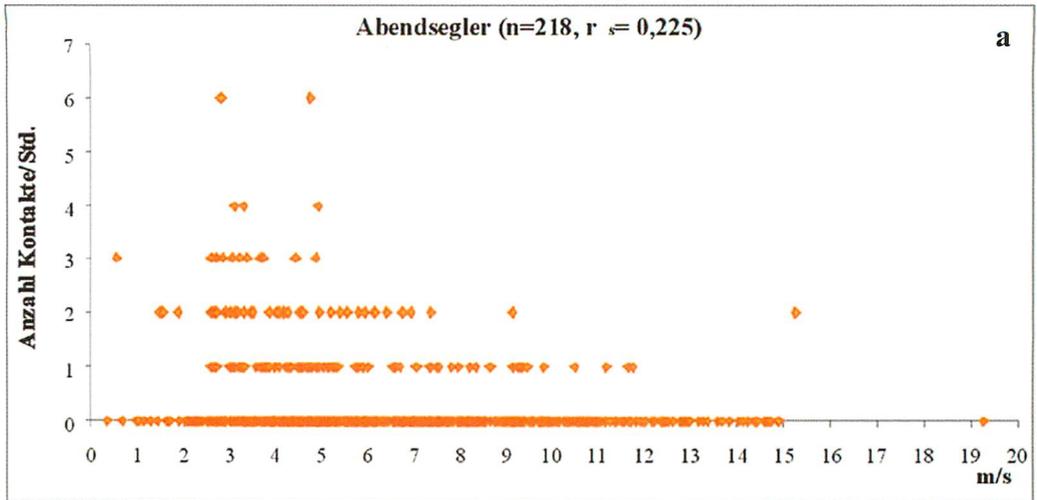


Abb. 3. Verteilung der Gesamtaktivitäten der Fledermäuse in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit. Total activity pattern of bats in relation to wind speed.



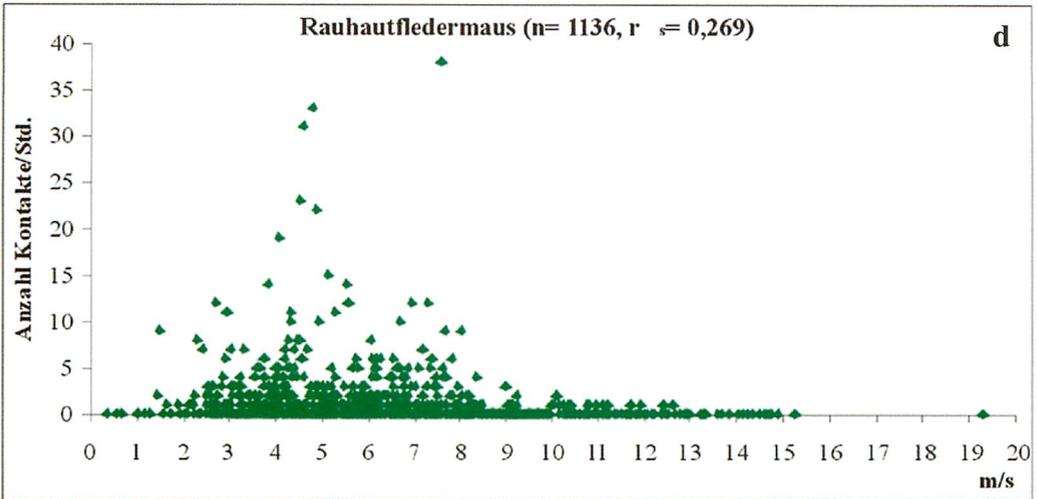


Abb. 4 a-d. Verteilung der Aktivitäten der häufigsten Arten in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit. Activity pattern of the most common species in relation to wind speed.

ist signifikant. Das Signifikanzniveau erreichte sowohl bei der Gesamtaktivität als auch bei der Betrachtung der einzelnen Art einen Wert von  $p = 0,01$ . Die  $r_s$ -Werte sind jeweils in den Diagrammen angegeben.

In der Abb. 3 ist die Aktivität je Stunde aufgetragen gegen die Windgeschwindigkeit in m/s. Hier werden alle Fledermausaktivitäten unabhängig von der Artzugehörigkeit berücksichtigt. Dabei wird neben einer großen Streuung deutlich, dass sich der größte Teil der festgestellten Aktivität zwischen 1,5 und 8 m/s befindet. Oberhalb von 8 m/s fällt die Aktivität deutlich ab. Es wird zudem gleichfalls deutlich, dass es eine hohe Zahl an Stunden ohne Fledermausaktivität gibt, und dies verteilt auf alle Windgeschwindigkeiten. Betrachtet man die fünf höchsten Aktivitäten, die sich deutlich aus dem Hauptfeld absetzen, so liegen diese bei Windgeschwindigkeiten zwischen 2,4 und 7,6 m/s.

Betrachtet man nun den Einfluss der Windgeschwindigkeit verteilt auf die einzelnen Arten, so zeigt sich ein differenzierteres Bild. Der Abendsegler, der vorwiegend in wenigen Kontakten je Stunde in Erscheinung tritt, hat seinen Schwerpunkt bei Windgeschwindigkeiten von etwa 2-6 m/s, tritt aber regelmäßig

bis etwa 12 m/s auf (Abb. 4 a). Sogar bei einer Windgeschwindigkeit von 15,2 m/s konnten 2 Kontakte/Std. nachgewiesen werden.

Die Aktivität der Breitflügelfledermaus ist deutlich windanfälliger als die des Abendseglers (Abb. 4 b). Zwar treten die beiden höchsten Aktivitäten bei Windgeschwindigkeiten von 5,3 und 6,2 m/s auf, doch anschließend fällt die Aktivität stark ab. Die Masse der stündlichen Aktivitäten lag im Bereich von 2,5 bis 5,5 m/s. Die höchste Windgeschwindigkeit, bei der noch eine Breitflügelfledermaus flog, lag bei 15,2 m/s.

Vergleichbar mit der großen Breitflügelfledermaus ist die kleinere Zwergfledermaus zu sehen (Abb. 4 c). Auch hier liegen die meisten Aktivitäten/Std. im Bereich von 2,3 bis 6,6 m/s und damit jedoch etwa 1 m/s höher als die der Breitflügelfledermaus. Oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 7,6 m/s fällt die Aktivität aber sichtbar ab. Die größte Windgeschwindigkeit, bei der eine Zwergfledermaus noch flog, lag bei 9,8 m/s.

Die Rauhauffledermaus ist zwar ebenfalls eine kleine Art und nur unwesentlich größer als die Zwergfledermaus, sie scheint aber wesentlich weniger windempfindlich zu sein

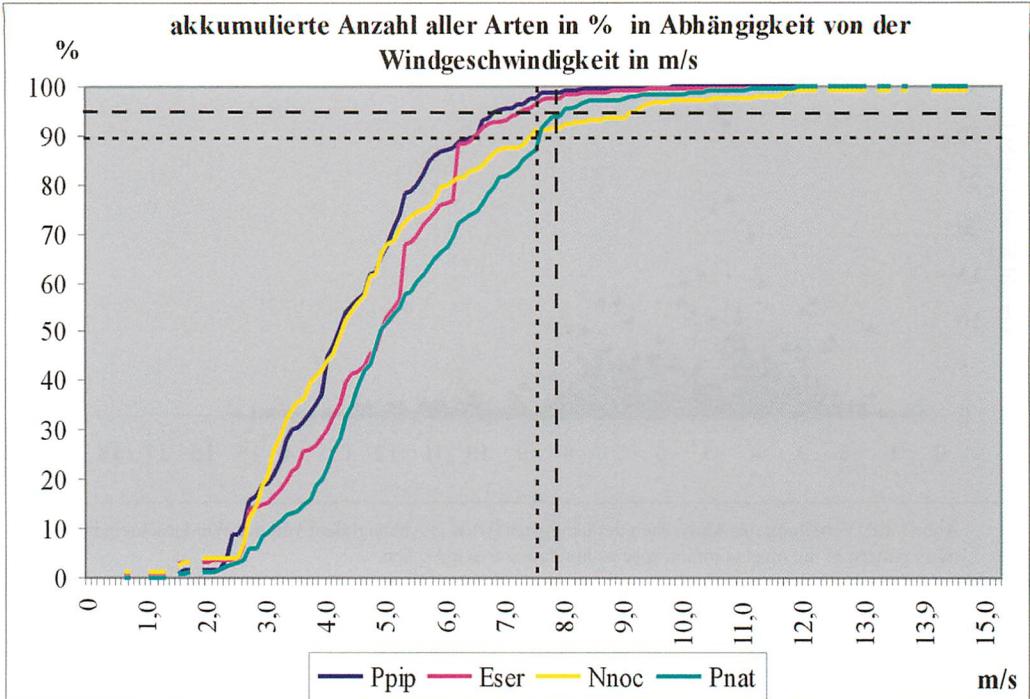


Abb. 5. Akkumulierte Verteilung der Aktivitäten aller Arten in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit (gepunktete Linie = 90 %-Grenze, gestrichelte Linie = 95 %-Grenze; *Ppip* = Zwergfledermaus, *Eser* = Breitflügel-fledermaus, *Nnoc* = Abendsegler, *Pnat* = Rauhhauffledermaus). Accumulated distribution of the activity of all species in relation to wind speed (dotted line = 90 %-level, dashed line = 95 %-level).

(Abb. 4 d). So liegen die drei höchsten Aktivitäten/Std. bei dieser Art bei Windgeschwindigkeiten von 4,6, 4,8 und 7,6 m/s. Hier ist jedoch auch die Streuung am größten. So fliegt diese Art regelmäßig zwischen Windgeschwindigkeiten von 1,5 und 8,4 m/s. Die größte Windgeschwindigkeit, bei der noch eine Rauhhauffledermaus flog, lag bei 12,6 m/s.

Betrachtet man die 90 %-Grenze der Aktivität der jeweiligen Art, so zeigen sich deutliche Unterschiede. Etwa 90 % der Breitflügel- und Zwergfledermäuse fliegen bis zu einer Windgeschwindigkeit von 6,5 m/s. Dem gegenüber ist der stärkere Abendsegler deutlich länger unterwegs. Bei dieser Art fliegen 90 % der Tiere bis zu einer Windgeschwindigkeit von 7,4 m/s (Abb. 5). In einem vergleichbaren Bereich findet man die Rauhhauffledermaus, wobei deren Grenze aber bei 7,6 m/s liegt. Infolge der hohen Gesamtaktivität (1136 berücksichtigte Kontakte) bedeutet dies aber, dass

immer noch etwa 144 Aktivitäten bei Windgeschwindigkeiten über 7,6 m/s auftreten. Diese hohe Aktivität über 7,6 m/s führt dazu, dass hier ein höherer Prozentwert angelegt werden muss. So ergibt sich, dass 95 % der Aktivität unter 8,0 m/s auftritt (Abb. 5). Nunmehr können nur noch 68 Rauhhauffledermauskontakte oberhalb dieses Schwellenwertes festgestellt werden. Oberhalb dieser Grenze konnten auch nur noch 17 Abendseglerkontakte festgestellt werden.

## 5 Diskussion

Bislang existieren nur wenige systematische Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten (z. B. AHLÉN et al. 2007, BEHR et al. 2007, BRINKMANN et al. 2006). In den meisten Fällen war die Auswertung der Windgeschwindigkeiten eine eher randliche Intention der Untersuchungen. Eine Ausnahme hiervon bildeten vor allem BEHR et al. (2007), in deren

Untersuchung es darum ging, einen windstärkeabhängigen Abschaltlogarithmus an WEA zu testen, um damit die Kollisionsgefahr zu reduzieren. Mit einer vergleichbaren Fragestellung erfolgte die hier beschriebene Untersuchung.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die vier am häufigsten registrierten Arten Zwerg-, Rauhaut-, Breitflügelfledermaus und (Großer) Abendsegler in ihrer Windempfindlichkeit deutlich unterscheiden. Bis etwa 4-5 m/s verteilt sich die Aktivität der einzelnen Arten relativ ähnlich; etwa 50 % der Aktivität befindet sich unterhalb einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s. Oberhalb dieser Grenze allerdings unterscheiden sich die Arten zunehmend. Die Zwerg- und Breitflügelfledermaus (90 % der Aktivität bis 6,5 m/s) stellen sich als relativ windempfindlich heraus. Für die Zwergfledermaus lässt sich auch aus den bisherigen Studien mehrheitlich feststellen, dass oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 6-7 m/s die Aktivität stark abfällt (BEHR et al. 2007, GRUNWALD et al. 2007). Vergleichbares lässt sich aus dieser Studie für die größere und robuster wirkende Breitflügelfledermaus ableiten. Für diese Art gibt es bisher in anderen Studien noch keine vergleichbaren Ergebnisse. Beide Arten sind für Norddeutschland als nicht oder wenig wandernde Arten beschrieben.

Anders sieht die Situation der Rauhautfledermaus und des Abendseglers aus, die im UG sowohl als lokale Populationen als auch als durchwandernde Arten auftreten. Sie zeigen sich in dieser Studie (90 % der Aktivität bis 7,4 bzw. 7,6 m/s) deutlich windtoleranter als die Zwerg- und Breitflügelfledermaus. Auch wenn die meisten Tiere unterhalb einer Windgeschwindigkeit von 7 m/s fliegen, konnten von allen Arten Aktivitäten weit oberhalb der von BEHR et al. (2007) angegebenen Schwelle von 6,5 m/s festgestellt werden. Es zeigt sich, dass die Tiere an der Küste erstaunlich hohe Windgeschwindigkeiten akzeptieren (Abendsegler und Breitflügelfledermaus bis 15,2 m/s, Zwergfledermaus bis 9,8 m/s, Rauhautfledermaus bis 12,6 m/s). AHLÉN et al. (2007) konnten an der schwedischen Küste (Kalmarsund)

beobachten, dass selbst kleine Arten, wie Mückenfledermaus und Rauhautfledermaus, auch bei starkem Gegenwind (über ca. 7 m/s), größere Arten, wie Abendsegler und Zweifarbfledermäuse, bis 9,5 m/s auf See hinausfliegen. Vereinzelt wurden Mückenfledermäuse ebenfalls bis 9,5 m/s ziehend festgestellt. Auf der Nord- und Ostsee belegen Zufallsbeobachtungen, dass Fledermäuse (Art unbekannt) bis 13 m/s über die offene See fliegen (WALTER et al. 2007). CRYAN & BROWN (2006) haben zumindest für die Westküste der USA aufzeigen können, dass die ziehenden Fledermäuse in der Masse jedoch geringe Windgeschwindigkeiten (4 m/s) bevorzugen, wenn sie über das Meer ziehen wollen (s. a. REYNOLDS 2006, in dieser Studie war die Grenze bei 5,4 m/s). Insofern kann es sich bei der hohen Fledermausaktivität bei höheren Windgeschwindigkeiten in Cappel um Tiere handeln, die zögern zu ziehen und sich im relativ geschützteren Küstenbereich sammeln, um auf bessere Bedingungen zu warten. Beobachtungen von so genanntem Zugstau wurden sowohl regelmäßig auf Åland in Schweden gemacht (eigene Beobachtungen), als auch in anderen geographischen Bereichen (CRYAN & BROWN 2006) und auch bei anderen Artengruppen (z. B. BERTHOLD 2000).

Für das Binnenland zeigten schon BRINKMANN et al. (2006) in ihrer Studie in Baden-Württemberg, dass etwa ein Drittel der dort mit einer Wärmebildkamera festgestellten Jagdaktivität aller Arten (Arten waren nicht näher bestimmbar) bei Windgeschwindigkeiten zwischen 8 und 12 m/s stattfand und damit oberhalb der von BEHR et al. (2007) festgestellten Marke für die Zwergfledermaus lag. GRUNWALD et al. (2007) stellten in Südwestdeutschland an 4 WEA (Nabenhöhe 100-114 m) im Gondelbereich eine Fledermausaktivität bis 13 m/s fest, wobei die Gesamtaktivität der drei Arten Abendsegler, Kleinabendsegler und Zwergfledermaus ab einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s stetig und über 7-8 m/s auch sehr deutlich abnahm.

Die Auswertung der im UG weiteren ermittelten Wetterdaten (Regenmenge, Temperatur)

hat ergeben, dass sich die Aktivität erwartungsgemäß nach einem Zusammenspiel von verschiedenen Witterungseinflüssen richtet. Neben der Windgeschwindigkeit spielen vor allem Regenereignisse eine bedeutende Rolle. Dies belegen auch andere Studien. So konnte während einer Untersuchung auf Åland (Schweden) festgestellt werden, dass Regen und starker Nebel die Tiere dazu veranlassen, nicht auf das Meer hinaus zu fliegen (AHLÉN et al. 2007).

Hinsichtlich der Relevanz für mögliche Abschaltzeiten während Zeiträumen mit hohem Schlagrisiko für Fledermäuse (z. B. herbstliche Zugzeit) ist auf die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten und das jeweilige Artenspektrum abzustellen, da die Arten, wie oben gezeigt werden konnte, sehr unterschiedliche Windverhältnisse akzeptieren können. Auch kann es zu geografisch unterschiedlichen Reaktionen kommen, wenn Arten im stark windexponierten Küstenbereich anders reagieren als im bewaldeten Binnenland. Im Falle der hiesigen Untersuchung im Küstenbereich wurde infolge der hohen Aktivität zunächst die 90 %-Grenze der Aktivität der einzelnen Arten als Schwellenwert angelegt. Diese fiel bei der Rauhhauffledermaus mit 7,6 m/s am höchsten aus. Da dies aber bedeutet, dass trotzdem noch 144 Aktivitäten oberhalb dieser Grenze liegen, wurde in diesem Falle aus Gründen der Vorsorge ein höherer Schwellenwert der Aktivität betrachtet. Dieser Wert (95 %-Grenze) liegt bei der Rauhhauffledermaus bei 8 m/s, beim Abendsegler bei 9,1 m/s. Da beim Abendsegler die Aktivität insgesamt aber deutlich geringer ist als bei der Rauhhauffledermaus (nur noch 17 registrierte Kontakte oberhalb von 8 m/s), wurde der Grenzwert der Rauhhauffledermaus, also 8 m/s, als Maß für die Abschaltung der WEA empfohlen. Für das Jahr 2007 bedeutet dies an diesem Standort eine Abschaltzeit von etwa 635 Stunden gegenüber einer kategorischen Abschaltung von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang von etwa 1240 Stunden während der herbstlichen Zugzeit.

## Danksagung

An dieser Stelle möchten wir auch der GEOSA Projekt GmbH & Co. KG, dem Ingenieurbüro für Bauwesen Arnold Karl Koch und dem Planungsbüro WWK für die Genehmigung zur Veröffentlichung der Daten danken. Danken möchten wir darüber hinaus OLLIVER BEHR, ELVIRA FREDRICH und KARL FALK für die statistische Beratung und ROBERT BRINKMANN für konstruktive Kritik.

## Zusammenfassung

In einer dreimonatigen Untersuchung wurden an vier Windenergieanlagen an der Nordseeküste automatische Fledermausdetektoren (AnaBat) angebracht mit dem Ziel, die Aktivität von Fledermäusen und deren Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit zu analysieren. Diese registrierten Aktivitäten von hauptsächlich vier Fledermausarten, vornehmlich oberhalb einer Höhe von 20 m. Als häufigste Art trat dabei die Rauhhauffledermaus, gefolgt von der Zwergfledermaus, der Breitflügelfledermaus und dem Abendsegler in Erscheinung. Dabei stellte sich heraus, dass sich die ziehenden Arten Rauhhauffledermaus und Abendsegler als weniger windempfindlich erwiesen als Zwerg- und Breitflügelfledermaus. Während der Aktivitätsschwerpunkt der Zwerg- und Breitflügelfledermaus unterhalb einer Windgeschwindigkeit von 6-7 m/s lag, flogen Rauhhauffledermaus und Abendsegler hauptsächlich bis etwa 8 m/s.

## Summary

### Impact of wind speed on the activity of bats

Automatic bat detectors (AnaBat) were used in an investigation at four wind turbines on the North Sea coast, to study bat activity and how it was influenced by wind speed. The study ran over a three month period. We recorded at least for four bat species at altitudes mainly above 20 m. The most common bat was the Nathusius' bat, followed by Pipistrelle bats, Serotine bats and Noctules. We found that the two migrating species, Nathusius' bat and Noctule, were less sensitive to higher wind speed than Pipistrelle and Serotine bats. The activity of Pipistrelle and Serotine bats decreased rapidly above 6-7 m/s, whereas the Noctules and Nathusius' bats flew often at wind speed up to 8 m/s.

## Schrifttum

- AHLÉN, I. (1990a): Identification of bats in flight. Swedish Society for Conservation of Nature, 1-50.  
 - (1990b): European bat sounds – 29 species flying in natural habitats. Swedish Society for Conservation of Nature, Kasseite.  
 -, BACH, L., BAAGØE, H. J., & PETERSSON, J. (2007): Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Swedish Energy Administration, Report 5571 (37 pp.).

- ARNETT, E. B., HAYES, J. P., & HUSO, M. M. P. (2006): An evaluation of the use of acoustic monitoring to predict bat fatality at a proposed wind facility in south central Pennsylvania. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- BACH, L., & RAHMEL, U. (2004): Überblick zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse – eine Konfliktabschätzung. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 7, 245-252.
- BEHR, O., EDER, D., MARCKMANN, U., METTE-CHRIST, H., REISINGER, N., RUNKEL, V., & VON HELVERSEN, O. (2007): Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Fledermaus-Schlagopfern – Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. *Nyctalus (N. F.)* 12, 115-127.
- BERTHOLD, P. (2000): Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht. 4. Aufl. Wiss. Buchges. Darmstadt.
- BRINKMANN, R., SCHAUER-WEISSHAHN, H., & BONTADINA, F. (2006): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Gutachten i. A. Regierungspräsidium (66 pp., unveröff.).
- CRYAN, P. M., & BROWN, A. C. (2007): Migration of bats past a remote island offers clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. *Bio. con.* 139, 1-11.
- DÜRR, T. (2007): Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N. F.)* 12, 238-252.
- , & BACH, L. (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 7, 253-264.
- GRUNWALD, T., & SCHÄFER, F. (2007): Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen an bestehenden WEA in Südwestdeutschland – Teil 2: Ergebnisse. *Nyctalus (N. F.)* 12, 182-198.
- NLT (2005): Hinweise zur Berücksichtigung des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie zur Durchführung der Umweltprüfung und Umweltverträglichkeitsprüfung bei Standortplanung und Zulassung von Windenergieanlagen (Stand: Mai 2005).
- RAHMEL, U., BACH, L., BRINKMANN, R., LIMPENS, H. J. G. A., & ROSCHEN, A. (2004): Windenergieanlagen und Fledermäuse – Hinweise zur Erfassungsmethodik. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 7, 265-272.
- REYNOLDS, S. D. (2006): Monitoring the potential impact of a wind development site on bats in the northwest. *Journ. Wildlife Management* 70, 1219-1227.
- RODRIGUES, L., BACH, L., BIRASCHI, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., GOODWIN, J., HARBUSCH, C., HUTSON, A., IVANOVA, T., LUTSAR, L., & PARSONS, K. (2008): Wind Turbines and Bats: guidelines for the planning process and impact assessments. EURO-BATS-Publ. Ser. 3.
- SEICHE, K., ENDL, P., & LEIN, M. (2007): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie 2006. *Nyctalus (N. F.)* 12, 170-181.
- SKIBA, R. (2003): Europäische Fledermäuse. Neue Brehm-Büch., Bd. 648. Westarp Wissenschaften. Hohenwarsleben.
- WALTER, G., MATTHES, H., & JOOST, M. (2007): Fledermauszug über der Nord- und Ostsee – Ergebnisse aus Offshore-Untersuchungen und deren Einordnung in das bisher bekannte Bild zum Zuggeschehen. *Nyctalus (N. F.)* 12, 221-233.