Nyctalus (N.F.), Berlin **12** (2007), Heft 2-3, S. 182-198

Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen an bestehenden WEA in Südwestdeutschland

Teil 2: Ergebnisse

Von THOMAS GRUNWALD und FRANK SCHÄFER, Schöneberg/Hunsrück

Mit 11 Abbildungen

1 Einleitung

Die ersten Erkenntnisse zur Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen (WEA) im Zusammenhang mit dem Auftreten von Schlagopfern haben in jüngster Vergangenheit zu einer verstärkten Berücksichtigung dieser Thematik im Rahmen von Genehmigungsverfahren geführt. Aufgrund des oft nicht sicher prognostizierbaren Konfliktrisikos ist der Betrieb von WEA mittlerweile nicht selten an Auflagen zur Wirkungskontrolle hinsichtlich potenzieller Beeinträchtigungen der Fledermausfauna nach Inbetriebnahme der Anlagen gebunden (MLUR 2003, KUSENBACH 2005, BRINKMANN 2006). Neben Schlagopferkontrollen werden dabei zunehmend auch spezielle akustische Erfassungen von Fledermausaktivitäten im Rotorbereich von in Betrieb befindlichen WEA durchgeführt. Sie sollen sowohl ergänzende Hinweise auf Bedingungen, Risiken und mögliche Minderungsmaßnahmen am eigentlichen Standort liefern als auch zum allgemeinen Erkenntnisgewinn zu dieser Thematik beitragen. Dabei ist ein besonderes Augenmerk auf zukünftige Risikoabschätzungen an geplanten WEA-Standorten zu richten. Dies erscheint vor allem deshalb besonders notwendig, da bereits die ersten Ergebnisse von Höhenuntersuchungen im Rotorbereich (ARNETT 2005, SATTLER & BONTADINA 2005, 2006, GRUNWALD et al. 2007) zeigten, dass die herkömmlichen Erfassungen von Fledermausaktivitäten im bodennahen Bereich keinen direkten Rückschluss auf das Auftreten von Fledermäusen im freien Luftraum zulassen. Da die potenzielle Kollisionsgefahr allerdings den wesentlichen Gefährdungsfaktor für Fledermäuse an WEA darstellt, ist eine Gesamtbewertung der zu erwartenden Beeinträchtigungen i. d. R. nur sehr schwer möglich. Vorher-Untersuchungen zur Ermittlung der Höhenaktivität mittels Heliumballons, Drachen, Zeppelinen etc. sind nicht nur besonders aufwendig sondern liefern lediglich eingeschränkte Aussagen, da sie nur in sehr windarmen Nächten eingesetzt werden können (GRUNWALD et al. 2007). Fundierte Erkenntnisse zur Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von WEA in Kombination mit Ergebnissen aus Schlagopferkontrollen (ARNETT 2005, BRINKMANN et al. 2006 b) sind sowohl für den Artenschutz als auch für die planungsrechtliche Sicherheit von Betreibern und Behörden von besonderer Bedeutung.

Im Rahmen geplanter Erweiterungen bestehender Windparks sowie im Zuge von Monitoringprogrammen wurden in den Jahren 2005 und 2006 an verschiedenen WEA-Standorten in Hessen und Rheinland-Pfalz Untersuchungen zur Aktivität von Fledermäusen im Gondelbereich von WEA durchgeführt. Zur Anwendung kam dabei die von GRUNWALD et al. (2007) beschriebene Technik der Funkübertragung von Echtzeitaufnahmen. An allen bearbeiteten Standorten wurde neben den Aufnahmen im Rotorbereich synchron die Aktivität von Fledermäusen im bodennahen Bereich mit baugleichen Erfassungsmodulen ermittelt. Prioritäres Ziel der Untersuchungen war es zunächst festzustellen, welche Arten in welcher Häufigkeit bzw. Aktivitätsdichte im Rotorbereich auftreten. Darüber hinaus sollten

vor allem Erkenntnisse zur Abhängigkeit der Höhenaktivität von verschiedenen abiotischen Faktoren (z. B. Windgeschwindigkeit) sowie zur Verhaltensweise der Tiere in der Höhe gewonnen werden.

2 Methode

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchung wurde im Jahr 2005 und 2006 an vier Windpark-Standorten in Südwestdeutschland durchgeführt (Abb. 1). Drei der vier Standorte lagen in den Naturräumen Saar-Nahe Bergland (A und C) und Moseltal (B). Standort D befand sich im Osthessischen Hügelland Nordhessens. In der naturräumlichen Ausstattung, der Höhenlage und der Daten zum Windpark selbst unterscheiden sich die Standorte. Alle Untersuchungstermine lagen in den Monaten Juli bis Oktober. Eine Untersuchungsnacht umfasste in der Regel den Zeitraum zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. Bei Regenereignissen bzw. Gewitterstürmen wurde die Untersuchung frühzeitig abgebrochen.

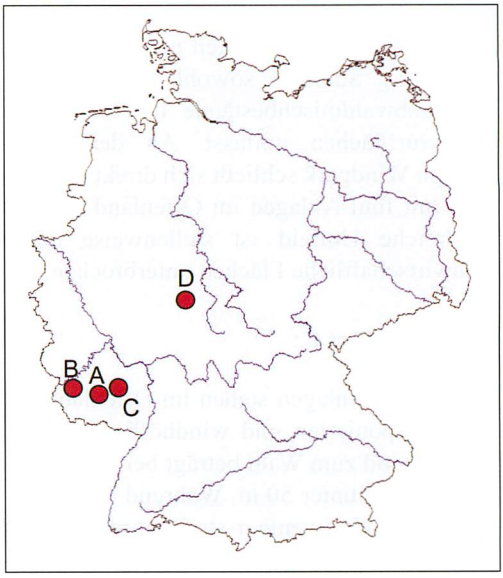

Abb. 1. Lage der untersuchten Windparkstandorte (A-D) in Deutschland

Für ein besseres Verständnis der lokalen Gegebenheiten wird im Folgenden die Lage und Biotopzusammensetzung an den einzelnen Standorten kurz erläutert. Tab. 1 gibt einen komprimierten Überblick.

Tabelle 1. Zusammenstellung des Untersuchungsumfangs und der Windparkgrößen der untersuchten Standorte

	Standorte			
	A	B	C	D
Untersuchungszeitraum	Juli-Sept. 2005	Sept.-Okt. 2006	August-Okt. 2006	August-Okt. 2005
Untersuchungsnächte	8	5	6	5
Messzeit [h]	201	170	186	131,5
Wald-/Offenlandverhältnis [%]	65 : 35	95 : 5	80 : 20	90 : 10
Höhenlage	420 m NN	460 m NN	450 m NN	370 m NN
Anzahl WEA	5	11	5	3
Nabenhöhe [m]	104	114	100	100
Rotorlänge [m]	45	35	41	35
Beleuchtung (rot)	x	x	x	x

Standort A:

Die fünf Windenergieanlagen stehen entlang eines Waldrandes in Nordost-Südwest-Ausrichtung. Vier Anlagen befinden sich in unmittelbarer Nähe (<100 m) zum Wald und Anlage 5 steht exponiert auf einem benachbarten Hügel. Der Windpark liegt in einer reich gegliederten und abwechslungsreichen Kulturlandschaft mit ausgedehnten Wäldern in der weiteren Umgebung.

Standort B:

Bei diesem Standort handelt es sich um einen nahezu reinen Waldstandort auf einem Höhenkamm im Moseltal. Zehn Anlagen stehen im Wald und eine an einem nahegelegenen

Feldgehölz. Die Ausrichtung der Standorte verläuft von Nordosten nach Südwesten, wobei der Standort sowohl Fichtenbestände, Laubwaldmischbestände und ehemalige Windwurfflächen umfasst. An den untersuchten Windpark schließt sich direkt ein weiterer mit fünf Anlagen im Offenland an. Das waldreiche Umfeld ist stellenweise durch landwirtschaftliche Flächen unterbrochen.

Standort C:

Alle fünf Anlagen stehen im Offenland auf einem exponierten und windhöffigen Hügel. Der Abstand zum Wald beträgt bei zwei Anlagen deutlich unter 50 m. Während das Offenland mehr oder weniger strukturarm ist, setzt sich der angrenzende großflächige Waldbestand vor allem aus strukturreichen, alten Eichen- und Buchenbeständen zusammen.

Standort D:

Dieser Windpark befindet sich ebenfalls auf einem windhöffigen Hügel. Ein kleiner Waldbestand liegt in etwa 100 m Entfernung zu den Anlagen. Der angrenzende Raum ist landwirtschaftlich genutzt und überwiegend arm an Hecken oder kleineren Gehölzen. Charakteristische Strukturen sind kleine Dörfer mit alter Bausubstanz und somit potenziellen Quartiermöglichkeiten für Fledermäuse.

2.2 Erfassungsmethode

Zur Erfassung der Höhenaktivität von Fledermäusen wurde ein Funkübertragungssystem für Echtzeitaufnahmen (GRUNWALD et al. 2007) entwickelt, mit dem die verlustfreie Dokumentation von Fledermausrufen möglich ist. Das System wurde so konzipiert, dass mehrere Kanäle simultan betrieben werden können und die Erfassung von Ultraschallsignalen somit an mehreren Windenergieanlagen gleichzeitig möglich ist. In den Untersuchungsgebieten kamen jeweils vier baugleiche Erfassungseinheiten zum Einsatz, zwei im Gondelbereich und zwei am Boden als Referenz. Mit den eingesetzten Ultraschallmikrofonen (Frequenzbereich 50-120.000 [Hz]) können alle heimischen Fledermausarten mit Ausnahme der sehr seltenen *Rhinolophus*-Arten erfasst werden.

Im Gondelbereich wurden Ultraschallmikrofon und Sender außerhalb der Gondel installiert. Die Bodenreferenz wurde in unmittelbarer Nähe zum Mastfuß auf einem Stativ aufgebaut. Eintreffende Ultraschallsignale wurden von den einzelnen Kanälen über die Sender-Empfänger- und Digitalwandler-Einheit (AD/DA) an die Bodenstation weitergeleitet und hier in den Computer eingespielt. Über eine Software für Ultraschall-Echtzeitaufnahmen (Avisoft SASLab Pro Recorder) war die laufende Erfassung auf dem Notebookbildschirm zu beobachten. Durch manuelles Auslösen der Aufnahmefunktion (einige Sekunden Vorlaufzeit) wurden alle auftretenden Rufsequenzen aufgezeichnet. Die eintreffenden Signale zeichneten sich dabei sehr deutlich auf dem Bildschirm ab (vgl. GRUNWALD et al. 2007). Um eine sichere Signalübertragung zu gewährleisten, wurde die Bodenstation mit den Empfängern innerhalb einer Distanz von 250-300 m zu den Sendern errichtet.

Da bei der nächtlichen Erfassung von Fledermäusen nicht zwischen verschiedenen Individuen unterschieden werden kann, wurde jeder Fledermausruf als ein neuer Nachweis (Kontakt) gewertet. Für die Auswertung bedeutet dies, dass es sich bei der Gesamtsumme von Nachweisen (Synonyme = Beobachtung(en)/Kontakt(e) in Tab. 2) nicht um eine absolute Individuenanzahl handelt, sondern um die Summe erfasster Rufsequenzen. Um eine Vergleichbarkeit der Standorte untereinander zu ermöglichen, wurde die jeweilige Messzeit in Stunden berücksichtigt und eine Aktivitätsdichte ermittelt (Tab. 1 und 2).

3 Ergebnisse

3.1 Artenspektrum

Im Rahmen der Höhenuntersuchungen wurden im Rotorbereich und an den Bodenreferenzen insgesamt 14 Fledermausarten nachge-

wiesen (Tab. 2). Die Artenzahl pro Standort lag zwischen 8 und 12 Arten. Häufigste Art war die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), gefolgt von Kleinem und Großem Abendsegler (*Nyctalus leisleri, N. noctula*), Mücken- (*Pipistrellus pygmaeus*), Fransen-, Bart-, Bechsteinfledermaus und Großem Mausohr (*Myotis nattereri, M. brandtii/M. mystacinus, M. bechsteinii* und *M. myotis*). Seltene Arten waren Breitflügel- (*Eptesicus serotinus*), Rauhhaut- (*Pipistrellus nathusii*), Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) und die Langohren (*Plecotus auritus, P. austriacus*). Ein Grund für die unterschiedlichen Artenzahlen war z. B. die standorttypische Windhöffigkeit, die Höhenlage sowie das jeweilige Wald-/Offenlandverhältnis der Gebiete und weniger ein geringes Angebot an Jagd- und Quartiermöglichkeiten für Fledermäuse. Ein Vergleich zu reinen Offenlandstandorten wie z. B. der norddeutschen Tiefebene oder dem Rheintal zwischen Karlsruhe und Mainz liegt bislang nicht vor.

Das Artenspektrum spiegelte an jedem Standort das typische Arteninventar der untersuchten Naturräume wider (Tab. 2), wobei die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) als bemerkenswerte Art für den südwestdeutschen Raum zu nennen ist (Standort B). Weitere verbreitete Arten, wie z.B. Nord- und Zweifarbfledermaus (*Eptesicus nilssonii, Vespertilio murinus*), wurden nicht nachgewiesen. Bei den Bartfledermäusen (*Myotis brandtii, M. mystacinus*) und Langohren (*Plecotus auritus, P. austriacus*) sind rufanalytisch derzeit meist keine seriösen Artdiagnosen möglich, weshalb die Rufsequenzen der Schwesterarten in den meisten Fällen zusammengefasst wurden.

3.2 Aktivitätsdichte

Aus den beiden Untersuchungsjahren 2005 und 2006 liegen insgesamt 688,5 Stunden Messzeit vor, wobei sich der Untersuchungsumfang zwischen den Standorten unterschied (vgl. Tab. 2). Die geringste Messzeit von 131,5 h ergab sich an Standort D, die höchste mit 201 h an Standort A.

Im Untersuchungszeitraum konnten insgesamt 3.845 Fledermauskontakte aufgezeichnet werden. Für die bodennahe Aktivität lagen 3.443 Kontakte vor und im Rotorbereich gelangen insgesamt 402 Nachweise (Abb. 2).

Tabelle 2. Kontaktanzahl der nachgewiesenen Fledermausarten je Windpark (A-D) und Angabe der standortspezifischen Aktivitätsdichte gemessen in Kontakten pro Stunde [K/h]

Art	Standort				Summe
	A	B	C	D	
Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)	495	1.365	859	52	2.771
Kleiner Abendsegler (*Nyctalus leisleri*)	70	63	139	5	277
Großer Abendsegler (*N. noctula*)	88	13	19	9	129
Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*)	59	60	5		124
Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*)	45	28	30	8	111
Bartfledermäuse (unbest.) (*M. brandtii, M. mystacinus*)	45	43	12	8	108
Großes Mausohr (*M. myotis*)	20	60	16	4	100
Bechsteinfledermaus (*M. bechsteinii*)		56	9		65
Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*)	3		26		29
Braunes Langohr (*Plecotus auritus*)	1	7	6		14
Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*)		3	5		8
Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*)		7			7
Wasserfledermaus (*Mystis daubentonii*)	6				6
Graues Langohr (*Plecotus austriacus*)		1			1
Chiroptera spec.	51	14	16	13	94
Myotis spec.		1			1
Anzahl Kontakte gesamt	883	1.721	1.142	99	3.845
Frequenz Kontakte pro Stunde [K/h]	4,4	10,1	6,1	0,8	

Die höchste Aktivitätsdichte mit 10,1 K/h wurde im waldreichsten Windpark (Standort B) ermittelt und die geringste mit 0,8 K/h am strukturärmsten (Standort D). Trotz der Waldrandnähe dieses Standortes wurden nur 99 Kontakte registriert. Am Standort B wurden im gleichen Zeitraum 1.721 Kontakte festgestellt. Ein Unterschied, der darauf hin deutet, dass neben dem Fledermausinventar einer Region offensichtlich standorttypische Eigenschaften eine wesentliche Bedeutung für die Fledermausaktivität spielen. Bei Windpark A und C ergab sich eine vergleichbare Aktivitätsdichte (Tab. 2). Beide Windparkstandorte sind hinsichtlich des Strukturangebotes und dem Wald-/Offenlandanteil ähnlich (Tab. 1).

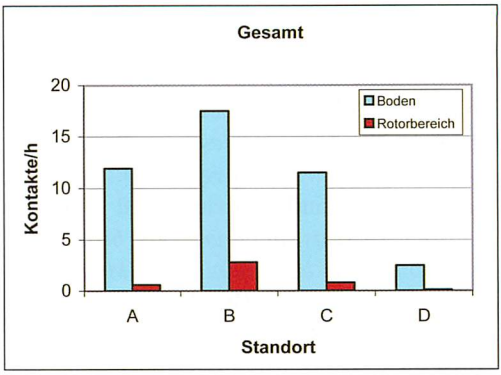

Abb. 2. Darstellung der gesamten Fledermausaktivitätsdichten (n = 3.845) am Boden (n = 3.443) und im Rotorbereich (n = 402) für die untersuchten WEA-Standorte

In Abb. 2 ist die Aktivitätsdichte der Fledermäuse jeweils für die Bodenreferenz und den Rotorbereich dargestellt. Erwartungsgemäß war die bodennahe Aktivitätsdichte deutlich höher als jene im Rotorbereich. In allen

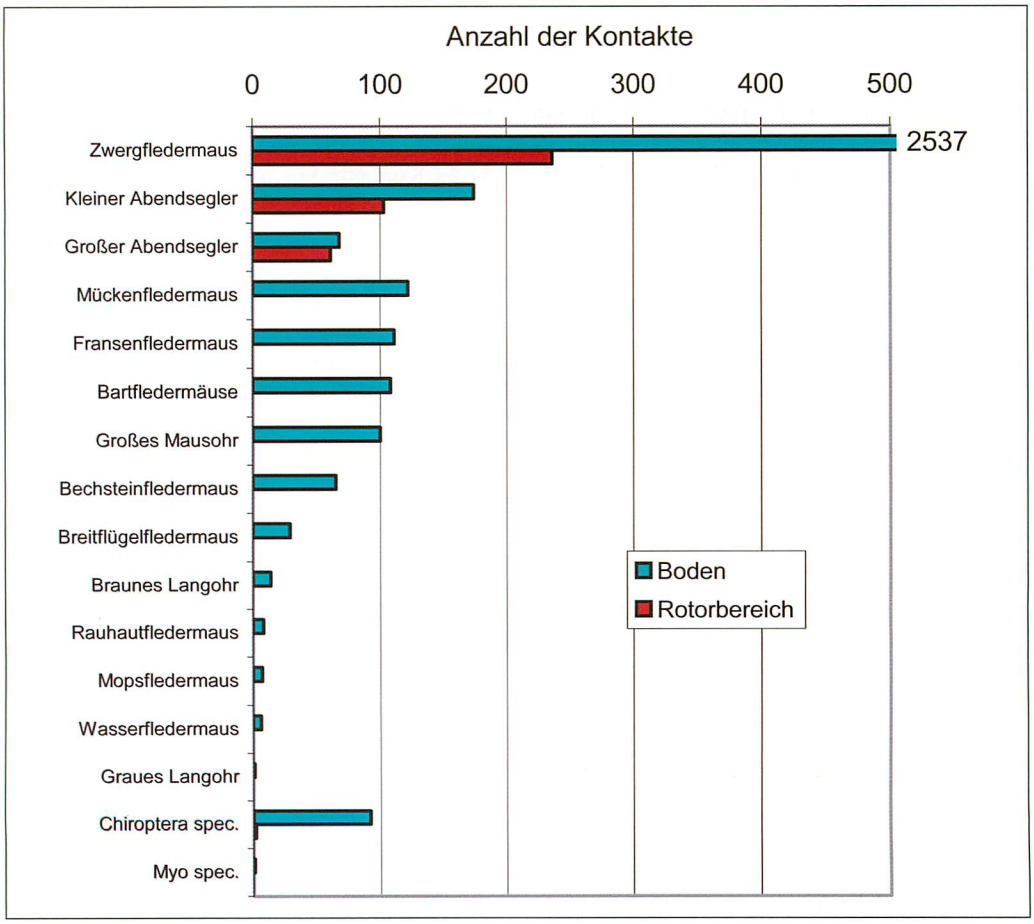

Abb. 3. Verteilung der Kontakte am Boden und im Rotorbereich für die einzelnen Fledermausarten

Untersuchungsgebieten wurden Fledermäuse im Gondelbereich nachgewiesen. Die Aktivitätsdichten unterschieden sich jedoch deutlich zwischen den Standorten. Während am Waldstandort B die meisten Höhenkontakte ermittelt wurden, war die Höhenaktivität an den übrigen Standorten deutlich geringer.

Informationen über die Höhenaktivität von Fledermäusen lagen mit abnehmender Häufigkeit von den Arten Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Kleiner und Großer Abendsegler (*Nyctalus leisleri*, *N. noctula*) vor (Abb. 3). Nur der Kleine Abendsegler trat an allen Standorten, sowohl am Boden als auch im Rotorbereich auf. Bei Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und Kleinem Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) lagen vom Standort D keine Kontakte aus der Höhe vor. Von den mehr oder weniger verbreiteten Arten Mücken- (*Pipistrellus pygmaeus*), Fransen-, Bart-, Bechsteinfledermaus und Großes Mausohr (*Myotis nattereri*, *M. brandtii*/*M. mystacinus*, *M. bechsteinii*, *M. myotis*) lagen keine Nachweise aus dem Rotorbereich vor. Ihre Aktivität beschränkte sich auf den bodennahen Bereiche. Von der Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*), einer seltenen Art dieser Untersuchung, konnten im Gegensatz zu den Erwartungen keine Höhenkontakte festgestellt werden. Es liegen jedoch Informationen über den Fund einer verunfallten Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) an Standort B vor (Brinkmann schriftl.), womit schließlich auch für diese Art die Nutzung des Rotorbereichs belegt wurde.

3.2.1 Aktivitätsdichte der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)

Aus Abb. 4 wird deutlich, dass die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) ein sehr indifferentes Bild hinsichtlich ihrer bodennahen Aktivität zeigte. An den drei Standorten A-C war die bodennahe Aktivität im Vergleich zum Standort D sehr hoch und bei A und C annähernd gleich. Höhenaktivitäten konnten zwar an drei Standorten nachgewiesen werden, jedoch blieben sie mit durchschnittlich

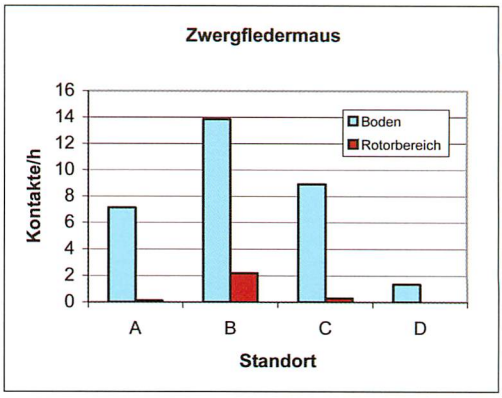

Abb. 4. Aktivitätsdichte [K/h] der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) am Boden und im Rotorbereich an den WEA-Standorten (A-D)

4,7 %, im Verhältnis zur bodennahen Aktivität, insgesamt gering. Im waldreichsten Gebiet lag die Höhenaktivität mit 13,7 % deutlich über diesem Wert. An dem sehr offenen, überwiegend strukturarmen Standort D wurde der freie Luftraum nicht beflogen. Insgesamt betrug die Aktivitätsdichte der Zwergfledermaus im Rotorbereich für alle Standorte 0,6 K/h und lag somit deutlich über jener der anderen höhenaktiven Arten.

Die Ergebnisse der Standorte A und C belegen, dass in ähnlich strukturierten Landschaftsräumen bei der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) vergleichbare Werte für die bodennahe Aktivität ermittelt werden können. In reinen Waldstandorten (Standort B) zeigt sie offensichtlich eine höhere Aktivitätsdichte. Demnach spielt die strukturelle Ausstattung, nicht nur für die bodennahe Aktivität, sondern auch für die Höhenaktivität eine Rolle.

3.2.2 Aktivitätsdichte des Großen Abendseglers (*Nyctalus noctula*)

Von den drei Arten, die im Rotorbereich der untersuchten WEA festgestellt wurden, zeigte der Große Abendsegler (*Nyctalus noctula*) insgesamt die geringste Aktivitätsdichte. Das Aktivitätsmuster der Art war im Vergleich zu dem des Kleinen Abendseglers (*Nyctalus leisleri*) deutlich verschieden (Abb. 5). Die bodennahe Aktivitätsdichte war am Standort A

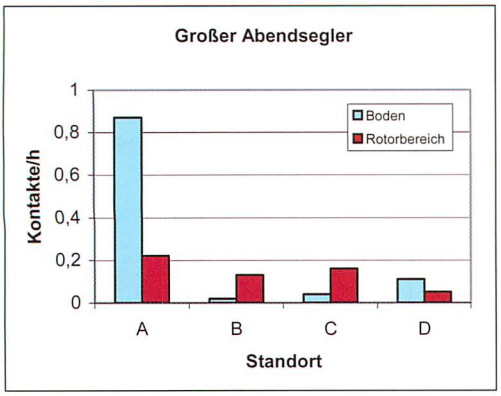

Abb. 5 Aktivitätsdichte [K/h] des Großen Abendseglers (*Nyctalus noctula*) am Boden und im Rotorbereich an den WEA-Standorten (A-D)

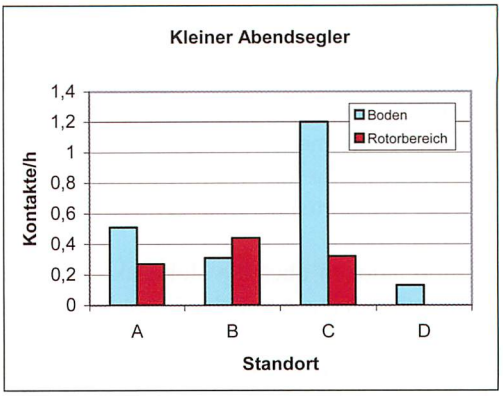

Abb. 6. Aktivitätsdichte [K/h] des Kleinen Abendseglers (*Nyctalus leisleri*) am Boden und im Rotorbereich an den WEA-Standorten (A-D)

nahezu um das 8-fache höher als in den übrigen Gebieten. 79,8 % aller Nachweise wurden dort über die Bodenreferenz festgestellt. Ein vergleichbares Verhältnis konnte an Standort D ermittelt werden. An den übrigen beiden Standorten war die bodennahe Aktivität mit 13,3-20,0 % gegenüber der Höhenaktivität im Rotorbereich, von bis zu 86,7 %, gering. Das Verhältnis von bodennaher Aktivität zur Höhenaktivität betrug für alle Standorte 45,5 zu 54,4 %, d. h. näherungsweise etwa 1:1. Die Aktivitätsdichte im freien Luftraum lag insgesamt bei 0,2 K/h. Generelle Aussagen zur Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Art am Boden bzw. im freien Luftraum können nicht gemacht werden. Vermutlich spielen neben dem Nahrungsangebot bzw. der Nahrungsverfügbarkeit auch abiotische Faktoren eine wichtige Rolle (vgl. Abb. 9). Darüber hinaus sind lokale Verbreitungsschwerpunkte in den Mittelgebirgsregionen Südwestdeutschlands vermutlich ebenfalls entscheidend für die Individuendichte mancher Regionen. Die Art ist im südwestdeutschen Raum weit verbreitet, jedoch findet man hier überwiegend Männchen-, Paarungs- und Zwischenquartiere und nur in seltenen Fällen Wochenstuben.

3.2.3 Aktivitätsdichte des Kleinen Abendseglers (*Nyctalus leisleri*)

Vom Kleinen Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) wurde an den jeweiligen Standorten eine sehr unterschiedliche Bodenaktivität ermittelt. Diese lag zwischen 41,3 und 100 %. Am Standort C lag die Bodenaktivität bis um das 10-fache höher als an den übrigen (Abb. 6). Mit 58,7 % wurde die höchste Aktivität am waldreichsten Standort B festgestellt. Das Verhältnis bodennaher Aktivität zur Aktivitätsdichte im Rotorbereich lag hier etwa bei 3:1. Insgesamt wurden für alle Standorte zusammen 0,3 K/h ermittelt. Kleine Abendsegler nutzten somit seltener den freien Luftraum im Rotorbereich als Große Abendsegler. Hinsichtlich der Größe lokaler Bestände lieferten die Untersuchungsergebnisse Hinweise darauf, dass in wald- und strukturreichen Gebieten vermutlich mit einer höheren Höhenaktivität zu rechnen ist als in strukturarmen Gebieten. Diesbezüglich spielt die Lokalverbreitung des Kleinen Abendseglers für Aussagen zur Höhenaktivität in einem Gebiet eine entscheidende Rolle.

3.3 Verhalten

Um neben der Aktivitätsdichte verschiedener Fledermausarten auch Informationen über das Verhalten zu bekommen, wurden im Rahmen der Untersuchung vier verschiedene Ruftypen unterschieden. Eindeutige Jagdsequenzen, die den klassischen „buzz" am Rufende zeigen, zählten zum Ruftyp „Jagd". Der Ruftyp „Suchflug" umfasste alle Sequenzen, die im Sonagramm eine Annäherung an Objekte wie z. B. Beutetiere erkennen ließ. In der

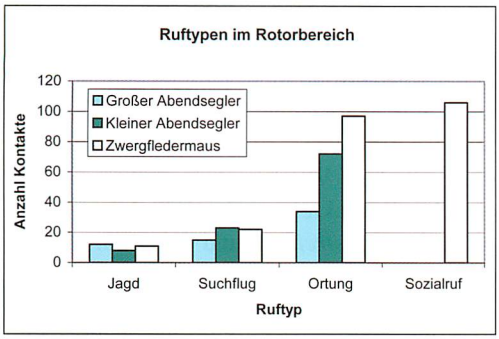

Abb. 7. Verteilung der Höhenkontakte von Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Kleinem und Großem Abendsegler (*Nyctalus leisleri* und *N. noctula*) auf die vier unterschiedenen Ruftypen

Regel geschieht dies bei den cf-Arten (z. B. *Nyctalus*, *Pipstrellus*) durch einen Anstieg der Frequenzmodulation. Unter dem Ruftyp „Ortung" sind alle konstantfrequenten Impulse zusammengefasst. Von den hier im Rotorbereich nachgewiesenen Arten sind Sozialrufe bekannt und in der Regel gut bestimmbar (vgl. Pfalzer 2002, Skiba 2003).

Die Abb. 7 zeigt die Verteilung der Höhenkontakte aller drei Fledermausarten auf die einzelnen Ruftypen. Jagdsequenzen und Suchflugsequenzen konnten bei allen drei Arten in geringer, aber vergleichbarer Häufigkeit nachgewiesen werden. Eine geringe Anzahl an Jagdkontakten im Rotorbereich steht einer hohen Anzahl von Ortungslauten gegenüber. Die Ortungslaute stammen wahrscheinlich von zufällig vorbeifliegenden Fledermäusen während des Wechsels zwischen Jagdgebieten oder bei Transferflügen. Fraglich bleibt somit, in welcher Intensität Fledermäuse das Nahrungsangebot im freien Luftraum nutzen. Die allgemein verbreitete These, dass Fledermäuse durch Insektenschwärme an den Anlagen angelockt werden, konnte durch die hier gewonnenen Erkenntnisse nicht bestätigt werden.

Von der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) liegen für den Ruftyp „Soziallaut" über 100 Rufsequenzen vor. In den meisten Fällen sind im Sonagramm die Rufe verschiedener Tiere zu erkennen, womit bestätigt wird, dass ein derartiger Ruftyp vor allem im Beisein weiterer Individuen der Art ausgesendet wird. Die meisten Sozialrufe wurden zwischen Ende September und Mitte Oktober in wenigen Nächten am waldreichen Standort B erfasst. Eventuell handelte es sich hier zum Teil um schwärmende Tiere.

3.4 Einfluss von Witterungsfaktoren auf die Höhenaktivität

Die Aktivität und Raumnutzung von Fledermäusen ist generell u. a. abhängig von Witterung und Kleinklima (z. B. Meschede & Heller 2002, Weber 2002). Der Einfluss verschiedener Wetterfaktoren wie Windgeschwindigkeit, Feuchte und Temperatur ist dabei jedoch artspezifisch, saisonal und insbesondere in Abhängigkeit von der Jagdstrategie unterschiedlich, wodurch insgesamt komplexe Raumnutzungsmuster entstehen. Bei den im Rahmen der Studie im Rotorbereich von WEA festgestellten Arten handelte es sich mit Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Großem und Kleinem Abendsegler (*Nyctalus noctula*, *N. leisleri*) um Arten, die ein mehr oder weniger opportunistisches Jagdverhalten aufweisen und somit auch in der Höhe verfügbare Nahrung nutzen können. Ein vermehrtes Auftreten potenzieller Nahrungstiere in der Höhe ist dabei zweifellos nur bei sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten zu erwarten. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen allerdings, dass die in der Höhe erfassten Individuen aller drei Arten nur sehr selten gejagt haben. Aufgrund dieser Erkenntnis ist davon auszugehen, dass sich die Nahrungsverfügbarkeit und somit möglicherweise auch die Windgeschwindigkeit auf die Nutzung des freien Luftraumes weniger stark auswirkt als bisher vielleicht angenommen. Dieser Aspekt zeigt, dass Fragen zur Korrelation von Höhenaktivität und Witterungsfaktoren nicht gänzlich losgelöst von den jeweils festgestellten Verhaltensweisen betrachtet werden können. Im Folgenden sollen die im Rahmen der Untersuchungen festgestellten Zusammenhänge zwischen der Aktivitätsdichte der Arten in der Höhe und den Wetterfaktoren „Windgeschwindigkeit" sowie „Temperatur" dargestellt werden.

3.4.1 Windgeschwindigkeit

Bei den nachfolgend gemachten Angaben zur Windgeschwindigkeit [m/s] handelt es sich um Werte, die im Gondelbereich der entsprechenden WEA aufgezeichnet wurden. An den Anlagen wurde die durchschnittliche Windgeschwindigkeit jeweils in 10-Minuten-Intervallen ermittelt und in einer Datenbank gespeichert. Die Fledermausnachweise können somit relativ genau einer bestimmten Windgeschwindigkeit zugeordnet werden. Zur besseren Übersicht erfolgte eine Einteilung der Windgeschwindigkeiten in Klassen mit einer Skalierung von 1 m/s (0-1 m/s, 1,1-2 m/s, 2,1-3 m/s usw.).

In Abb. 8 ist die Verteilung der während der Untersuchungen herrschenden Windgeschwindigkeiten dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass der Schwerpunkt im Bereich zwischen 5 m/s und 8 m/s lag und entsprechend einer Normalverteilung zu den sehr niedrigen und sehr hohen Geschwindigkeiten hin abnahm. Dies dürfte ein für viele WEA-Standorte typisches Bild darstellen.

Aufgrund der ungleichen Messzeiten der verschiedenen Windgeschwindigkeitsklassen wurden aus Gründen der statistischen Vergleichbarkeit alle Angaben zu den Fledermausaktivitäten im Verhältnis zur Windgeschwindigkeit zeitbereinigt, d. h. als Aktivitätsdichte bezogen auf eine Stunde Messzeit (Kontakte pro Stunde = K/h), dargestellt. Die Intervalle bis 12 m/s sowie bis 13 m/s wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt, da jeweils nur Messzeiten von deutlich unter 10 Stunden vorlagen. Zwar konnten selbst bei diesen hohen Windgeschwindigkeiten noch einzelne Kontakte von Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und Kleinem Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) registriert werden. Die geringe Messzeit würde hier jedoch zu unverhältnismäßig hohen Aktivitätsdichten führen. Die tendenziellen Aussagen zu den einzelnen Arten werden dadurch nicht berührt. Die Ergebnisse zeigen indes, dass bei weiteren Untersuchungen verstärkt auch Messungen bei höheren Windgeschwindigkeiten vorgenommen werden sollten.

Aus Abb. 9 ist ersichtlich, dass Fledermausaktivitäten im Bereich der Rotoren über die gesamten Windgeschwindigkeitsbereiche stattfanden. Berücksichtigt man die in der Grafik nicht dargestellten Einzelnachweise der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) (s.o.) in den Klassen bis 12 m/s und bis 13 m/s (je 2 Individuen), so gilt dies vor allem für den Kleinen Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) sowie für die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*).

Wie zu erwarten war, nimmt die Aktivitätsdichte bei allen Arten mit zunehmender Windgeschwindigkeit ab. Über den dargestellten Windgeschwindigkeitsbereich konnte für die

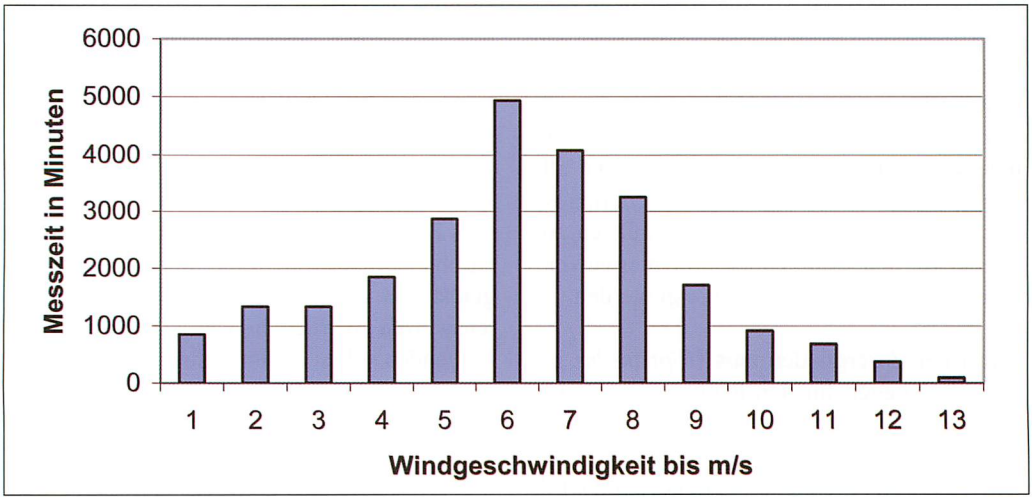

Abb. 8. Verteilung der Messzeiten aller Standorte auf die jeweiligen Windgeschwindigkeitskategorien

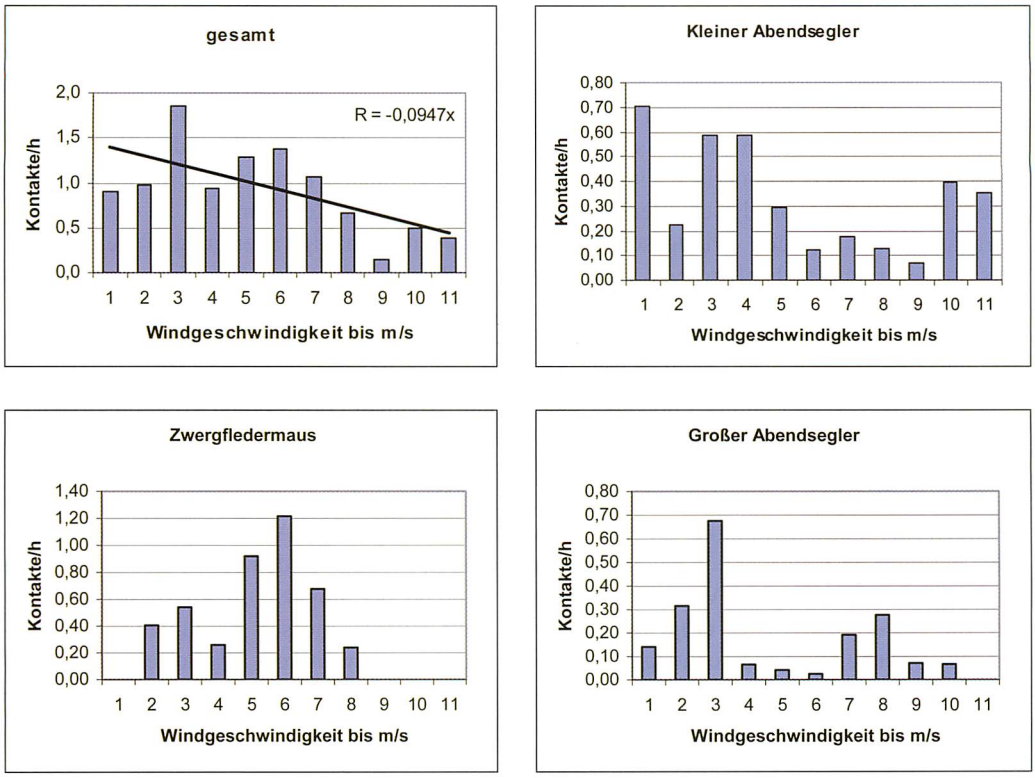

Abb. 9. In den vier Abbildungen ist unter Angabe der Anzahl Kontakte pro Stunde K/h und der Windgeschwindigkeitsklassen m/s (1 = 0-1 m/s, 2 = 1-2 m/s, usw.) jeweils die Aktivitätsdichte der Fledermausarten im Rotorbereich von WEA dargestellt

Gesamtaktivität eine Abnahme um ca. 0,1 K/h pro m/s festgestellt werden (s. Abb. 9), wobei die Aktivitätsdichte allerdings keine klare lineare Korrelation zur Windgeschwindigkeit aufweist. Besonders deutlich wird dies bei Betrachtung der Einzelergebnisse bei den Arten, die sehr unterschiedliche und indifferente Verteilungen der Aktivitätsdichte zeigten. In der Gesamtbetrachtung aller drei Arten nahm die Aktivität ab einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s jedoch stetig und über 7-8 m/s auch sehr deutlich ab.

Auffällig und überraschend ist der Umstand, dass die Aktivitätsdichte bei Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und Großem Abendsegler (*Nyctalus noctula*) bei niedrigen Windgeschwindigkeiten gering war und bis zu 6 m/s bei der Zwergfledermaus sowie bis 3 m/s beim Großen Abendsegler zunächst zunahm. Bei beiden Arten kamen diesbezüglich offensichtlich Effekte der Habitatstrukturen an den beprobten Standorten zum Tragen. An Standort B, an dem die Anlagen überwiegend im Wald stehen, war durch die Messungen an den Bodenreferenzen festzustellen, dass die Aktivität der beiden Arten in windarmen Nächten auch innerhalb des Waldkörpers bis hin zu den Waldrandbereichen sehr gering war. Erst mit zunehmender Windgeschwindigkeit konnten an den Standorten höhere bodennahe Aktivitätsdichten festgestellt werden, was sich offensichtlich auch auf die Intensität der Höhenaktivität auswirkte. Für den Kleinen Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) konnte ein entsprechender Effekt nicht festgestellt werden. In der Einzelbetrachtung ergeben sich für die Arten folgende Tendenzen der Korrelation von Aktivität in der Höhe und der Windgeschwindigkeit.

Kleiner Abendsegler (*Nyctalus leisleri*)

Die Art wurde bei allen Windgeschwindig-

keiten zwischen 0 m/s und 11 m/s festgestellt. Auch bei noch höheren Windgeschwindigkeiten gelangen einzelne Nachweise. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Messzeitanteile der Klassen ab 9 m/s ergibt sich durch diese Feststellungen rechnerisch eine relativ hohe Aktivitätsdichte in diesem Bereich. Bei Betrachtung der übrigen Windgeschwindigkeitsklassen zeigte sich allerdings, dass sich die Aktivitätsdichte ab Geschwindigkeiten über 5 m/s auf deutlich niedrigerem Niveau gegenüber Schwachwindverhältnissen bewegte, was tendenziell darauf hindeutet, dass bei größeren Windstärken zumindest keine regelmäßige Aktivität zu erwarten ist. Der Kleine Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) war bei niedrigen Windgeschwindigkeiten bis etwa 4 m/s häufiger im Rotorbereich nachzuweisen als der Große Abendsegler (*Nyctalus noctula*) und die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). Da bei der Untersuchung Standorte im oder am Wald überwogen, ist dies vermutlich ein Effekt, der auf unterschiedliche Habitatpräferenzen der Arten zurückzuführen ist. Während Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) bei niedrigen Windgeschwindigkeiten bekanntlich verstärkt offenere Bereiche nutzen können, dominiert beim Kleinen Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) auch bei diesen Bedingungen die Bindung an den Wald. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Aktivitätsdichte des Kleinen Abendseglers (*Nyctalus leisleri*) im Rotorbereich von WEA nach den vorliegenden Untersuchungen bei Windgeschwindigkeiten über 5 m/s deutlich abnimmt, wobei entsprechende Höhen allerdings auch bei starken Winden nicht gänzlich gemieden wurden. Weitere Untersuchungen, vor allem bei höheren Windgeschwindigkeiten, sind erforderlich, um diesen Trend zu bestätigen.

Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*)

Von den drei Arten, die im Rotorbereich der untersuchten WEA festgestellt wurden, zeigte der Große Abendsegler (*Nyctalus noctula*) insgesamt die geringste Aktivitätsdichte. Die größte Nachweisdichte in der Höhe war bei Windgeschwindigkeiten unter 3 m/s zu verzeichnen, womit der Große Abendsegler (*Nyctalus noctula*) von den drei im Gondelbereich registrierten Arten die größte Präferenz hin zu niedrigen Windgeschwindigkeiten zeigte. Darüber hinaus konnten allerdings auch bei Geschwindigkeiten von bis zu 7 m/s bzw. 8 m/s regelmäßig, aber in geringer Anzahl, Große Abendsegler (*Nyctalus noctula*) im Rotorbereich nachgewiesen werden. Bei Werten über 10 m/s trat die Art im Gegensatz zu Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und Kleinem Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) nicht mehr auf. Insgesamt ergibt sich somit ein relativ indifferentes Bild im Bereich bis 8 m/s. Bei Werten die darüber liegen, war nur noch eine sehr geringe Aktivität festzustellen. Da die Art im südwestdeutschen Durchzugsraum während der Zugzeit oft kurzfristig und gehäuft auftritt, müssen regelmäßige Untersuchungen an weiteren Standorten zeigen, ob sich diese Tendenz auch in anders strukturierten Lebensräumen feststellen lässt.

Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)

Die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) zeigte offensichtlich aufgrund der o. g. strukturellen bzw. kleinklimatischen Effekte, ausgehend von wenigen Nachweisen bei Schwachwinden, eine Zunahme der Höhenaktivität bis zu einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s. Bei Werten darüber nahm die Aktivitätsdichte dann sichtlich ab und war bei Geschwindigkeiten über 7 m/s vergleichsweise gering. Mit Ausnahme einzelner Nachweise bei 12 m/s bzw. 13 m/s (je zwei Kontakte) (s.o.) trat die Zwergfledermaus bei über 8 m/s gar nicht mehr im Rotorbereich der untersuchten Anlagen auf. Insgesamt zeigte die Art damit die deutlichste Korrelation zwischen Windgeschwindigkeit und Höhenaktivität hinsichtlich einer Abnahme der Nachweisdichte bei zunehmender Windstärke. Die einzelnen Feststellungen bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten geben jedoch Anlass dazu, die Untersuchungen bei entsprechenden Bedingungen auszuweiten, um die Ergebnisse zu festigen.

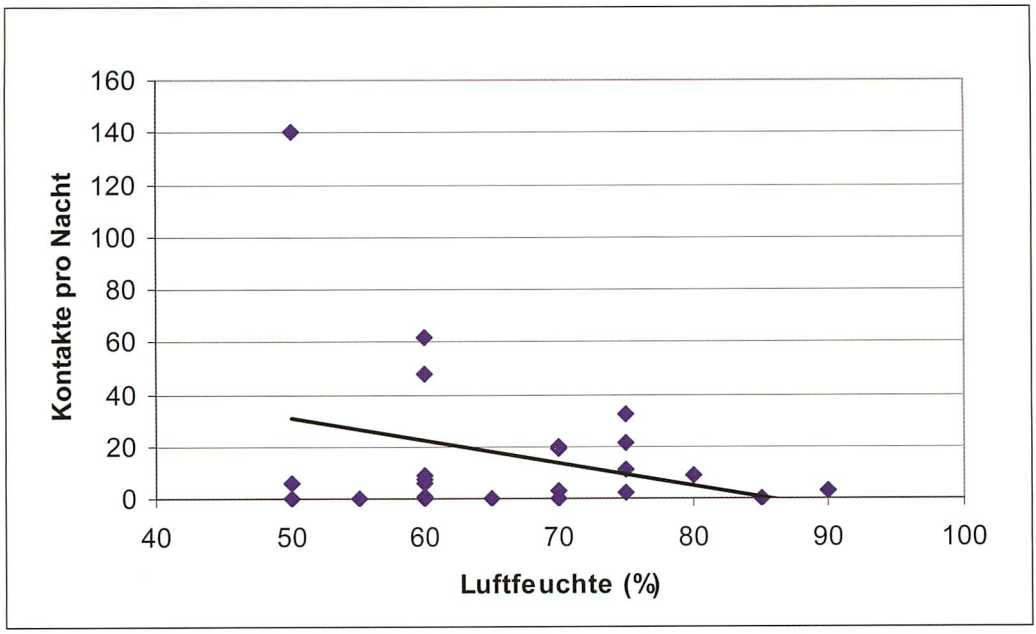

Abb. 10. Verteilung aller Fledermauskontakte im Rotorbereich im Verhältnis zur nächtlichen Luftfeuchte unter Angabe der Trendlinie

Zusammenfassend ist hinsichtlich der Korrelation von Windgeschwindigkeit und Höhenaktivität auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse festzustellen, dass - wie zu erwarten - bei allen drei in der Höhe nachgewiesenen Arten die Aktivität mit zunehmender Windgeschwindigkeit abnimmt. Die Windgeschwindigkeitswerte, ab denen eine deutliche Abnahme der Aktivität zu verzeichnen war, bewegen sich dabei tendenziell im Bereich

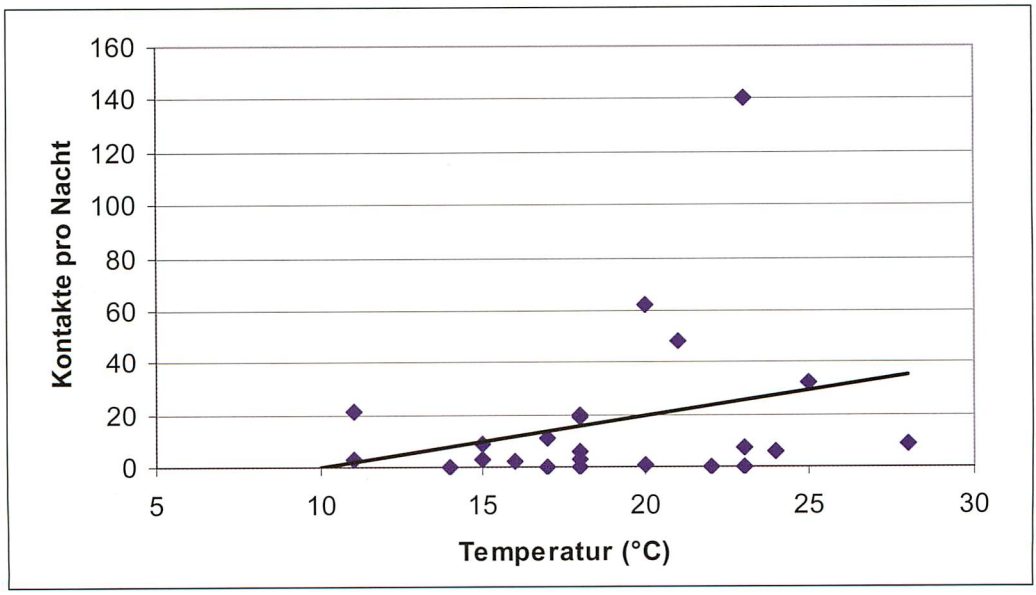

Abb. 11. Verteilung aller Fledermauskontakte im Rotorbereich im Verhältnis zur nächtlichen Temperatur unter Angabe der Trendlinie

von 5 m/s beim Kleinen Abendsegler, 6-7 m/s bei der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und 8 m/s beim Großen Abendsegler. Zur Konsolidierung der Ergebnisse sind bei weiteren Untersuchungen allerdings vor allem Messungen bei höheren Windgeschwindigkeiten notwendig.

3.4.2 Temperatur/Feuchte

Temperatur und Luftfeuchtigkeit haben generell einen entscheidenden Einfluss auf die Aktivität und Raumnutzung von Fledermäusen (KURTZE 1974, WEBER 2002). Bezüglich dieser Witterungsfaktoren ist bekannt, dass in warmen und vor allem trockenen Nächten mit einer erhöhten Aktivitätsdichte zu rechnen ist. Im Rahmen der Untersuchungen sollte deshalb u. a. festgestellt werden, ob diese Tendenz auch Gültigkeit hinsichtlich der Höhenaktivität besitzt. Die Durchschnittstemperaturen in den Untersuchungsnächten lagen zwischen 11 und 28 °C. In den trockensten Nächten wurde eine Luftfeuchtigkeit von 50 % notiert, während der Maximalwert diesbezüglich bei 90 % lag.

In den Abb. 10 und 11 sind die Anzahl der Fledermauskontakte pro Nacht im Rotorbereich der untersuchten WEA im Verhältnis zu Temperatur bzw. Luftfeuchtigkeit aufgetragen. Die Ergebnisse bestätigen die Erwartung, dass die Aktivität auch in der Höhe mit steigender Temperatur zunimmt und bei zunehmender Luftfeuchtigkeit geringer wird. Die Tendenzen sind allerdings relativ gering. Bei Betrachtung der einzelnen Ergebnisse ist darüber hinaus zu erkennen, dass eine starke Streuung bzw. nur eine geringe Korrelation besteht, da in vielen warmen und/oder trockenen Nächten entgegen der Tendenz nur eine sehr geringe Höhenaktivität gemessen wurde. Die Windgeschwindigkeiten lagen in diesen Nächten in einem mittleren Bereich, weshalb hier andere Faktoren ausschlaggebend gewesen sein müssen. Festzustellen ist trotz der geringen Korrelation allerdings, dass die Nächte mit den meisten Kontakten im Rotorbereich warm (>=20 °C) und eher trocken (<=60 % Luftfeuchtigkeit) waren.

4 Diskussion und Konsequenzen für die Planungspraxis

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen hinsichtlich der Höhenaktivität eine klare artspezifische Differenzierung. Während Kleiner und Großer Abendsegler (*Nyctalus leisleri, N. noctula*) sowie die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) regelmäßig und teilweise auch häufig im Rotorbereich der WEA auftraten, konnten alle anderen Arten, die in den jeweiligen Gebieten vorkamen, nicht in entsprechenden Höhen nachgewiesen werden. Dies betraf vor allem auch die an den untersuchten Standorten relativ häufigen Arten wie Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*), Fransenfledermaus, Großes Mausohr sowie die Bartfledermäuse (*Myotis nattereri, M. myotis, M. brandtii/M. mystacinus*). Für Bechstein- (*M. bechsteinii*) und Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), die insgesamt seltener festgestellt wurden, zeichnet sich eine ähnliche Tendenz ab. Auch sie traten in der Höhe nicht auf. Die untersuchten WEA befanden sich alle im Wald bzw. am Waldrand. Aufgrund des sich aus der Untersuchung ergebenden eindeutigen Trends hinsichtlich des zu erwartenden Artenspektrums in Rotorhöhe, lassen sich bezüglich der Prognose des Kollisionsrisikos generelle Aussagen für vergleichbar strukturierte Gebiete mit entsprechenden Anlagenhöhen ableiten. Ein grundsätzliches Konfliktpotenzial besteht an derartigen Standorten demnach für die beiden Abendsegler-Arten sowie für die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), während die Kollisionsgefahr für alle anderen im Rahmen der Untersuchungen nachgewiesenen Arten als äußerst gering einzustufen ist. Bei den hier selten registrierten Arten wie Rauhhaut- (*Pipistrellus nathusii*), Mops- (*Barbastella barbastellus*) und Wasserfledermaus (*M. daubentonii*) sowie den Langohren (*Plecotus austriacus/P. auritus*), die nicht im Rotorbereich auftraten, müssen weitere Untersuchungen zeigen, ob sich die ersten Ergebnisse bestätigen. Keine Aussagen können diesbezüglich für die an den bearbeiteten Standorten nicht nachgewiesenen, jedoch in der Region potenziell regelmäßig vorkommenden Arten wie

Nord- (*Eptesicus nilssonii*) und Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*) getroffen werden.

Auf strukturärmere Gebiete können die Ergebnisse nicht ohne weiteres übertragen werden, da nicht gesichert ist, ob die Arten, sofern sie im offenen Gelände auftreten, in diesen Bereichen ähnliche Verhaltensmuster zeigen. In entsprechenden Gebieten kommen in diesem Zusammenhang möglicherweise Faktoren wie eine erhöhte strukturbedingte Attraktivität der Anlagen sowie der auch bodennah stärker wirkende Wind zum Tragen. Untersuchungen zur Höhenaktivität von Fledermäusen an Standorten im Offenland sind deshalb dringend notwendig.

Während die vorliegenden Ergebnisse Prognosen zum potenziellen Kollisionsrisiko in Wald- und Waldrandbereichen hinsichtlich der betroffenen Arten erlauben, sind Aussagen über das tatsächlich zu erwartende Ausmaß an Individuenverlusten weder generell noch im Einzelfall möglich. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass ggf. auch nach einer eingehenden Untersuchung der bodennahen Aktivität mit den herkömmlichen Mitteln (z. B. Detektorbegehungen) keine Rückschlüsse auf die zu erwartende Höhenaktivität möglich sind. Vor allem bei den beiden Abendsegler-Arten (*Nyctalus* spec.) zeigte sich, dass eine hohe allgemeine Aktivität in einem Gebiet nicht gleichbedeutend mit einer erhöhten Aktivität im Rotorbereich bzw. umgekehrt war. Ein diesbezüglicher Trend lässt sich tendenziell bestenfalls für die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) konstatieren. Insofern ergeben sich vor allem in Gebieten mit nennenswerten Vorkommen von Kleinem und/ oder Großem Abendsegler (*Nyctalus leisleri/ N. noctula*) erhebliche Probleme bei der Voreinschätzung von Konfliktpotenzialen. Da die Ermittlung belastbarer Daten zur Höhenaktivität mittels Heliumballons oder Zeppelinen aufgrund der dafür notwendigen Untersuchungsdichte außerordentlich aufwendig und im Rahmen von Genehmigungsverfahren kaum leistbar ist (GRUNWALD et al. 2007), bleibt in entsprechenden Gebieten letztlich nur das Instrument des Monitorings, insbesondere in Form von Schlagopferkontrollen. Die Nachsuche nach verunfallten Fledermäusen ist vor allem in Waldgebieten allerdings mit erheblichen methodischen Problemen verbunden (stark eingegrenzter Suchraum, hohe Abtragraten etc.), weshalb zur Einschätzung des Konfliktrisikos stets auch Kontrollen zur Höhenaktivität durchgeführt werden sollten. Nach derzeitiger Praxis werden, abhängig von den Ergebnissen des Monitorings, im Genehmigungsbescheid festgesetzte Auflagen zum Betrieb der WEA umgesetzt. I. d. R. handelt es sich dabei um Abschaltungen zu bestimmten Zeiten bzw. bei definierten Bedingungen, wobei insbesondere auch die Windgeschwindigkeit einen wichtigen Aspekt darstellt (siehe Kap. 3.4.1, MLUR 2003, KUSENBACH 2005, BRINKMANN 2006b).

Zusammenfassend bleibt hinsichtlich der Prognose von Konfliktpotenzialen allerdings festzuhalten, dass das Schlagrisiko, zumindest an den im Mittelgebirge i. d. R. sehr hohen WEA, für die meisten Arten offensichtlich sehr gering ist. Populationsrelevante Verluste durch Kollisionen sind nach den vorliegenden Ergebnissen für Mücken- (*Pipistrellus pygmaeus*), Fransen-, Bechstein- (*M. nattereri, M. bechsteinii*) und Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) sowie für Bartfledermäuse und Großes Mausohr (*M. brandtii, M. mystacinus, M. myotis*) sehr unwahrscheinlich. Bei weiteren Arten zeichnet sich der gleiche Trend ab. Das Konfliktpotenzial hinsichtlich der beiden Abendsegler-Arten (*Nyctalus noctula/N. leisleri*) und der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) ist im Einzelfall zu betrachten und sollte bei unsicherer Prognose durch ein entsprechendes akustisches Monitoring in Kombination mit einer systematischen Schlagopfersuche überprüft werden (BRINKMANN 2006, BRINKMANN et al. 2006b).

Häufig werden hinsichtlich potenzieller Beeinträchtigungen von Fledermäusen an WEA Vergrämungseffekte diskutiert. Als Nebenprodukt der Untersuchungen konnten durch die synchron zu den Höhenmessungen stattfindenden bodennahen Referenzerfassungen im

Standortbereich der WEA entsprechende Erkenntnisse gewonnen werden, die hier nicht unerwähnt bleiben sollen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anlagenstandorte von allen hier festgestellten Arten zumindest nicht gänzlich gemieden wurden. Da die Aktivitätsdichte der meisten Arten an den Anlagen, gemessen an Durchschnittswerten aus der Region, vergleichsweise hoch war, ist vielmehr davon auszugehen, dass diese kein Meideverhalten gegenüber WEA zeigen. Dies betrifft neben den Abendseglern (*Nyctalus noctula/N. leisleri*) und der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) auch Arten wie Großes Mausohr, Bechstein-, Mücken- und Fransenfledermaus sowie die Bartfledermäuse (*M. myotis*, *M. bechsteinii*, *Pipistrellus pygmaeus*, *M. nattereri*, *M. brandtii/M. mystacinus*). Hinsichtlich der bei dieser Untersuchung seltener festgestellten Arten, wie z. B. den Langohren (*Plecotus austriacus/P. auritus*) können diesbezüglich noch keine belastbaren Aussagen getroffen werden.

Danksagung

Für die Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische möchten wir uns bei Frau Dr. CAROLIN GRUNWALD/Schöneberg und Herrn PHILIPP BELL/Santa Barbara, Californien, sehr herzlich bedanken.

Zusammenfassung

Erkenntnisse zur Höhenaktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen (WEA) in Zusammenhang mit dem Auftreten von Schlagopfern haben in jüngster Vergangenheit zu einer verstärkten Berücksichtigung dieser Thematik im Rahmen von Genehmigungsverfahren geführt. Aufgrund des oft nicht sicher prognostizierbaren Konfliktrisikos ist der Betrieb von WEA mittlerweile nicht selten an Auflagen zur Wirkungskontrolle hinsichtlich potenzieller Beeinträchtigungen der Fledermausfauna nach Inbetriebnahme der Anlagen gebunden. Mit der vorliegenden Arbeit werden die Erkenntnisse einer Untersuchung zur Höhenaktivität von Fledermäusen an vier verschiedenen Standorten in Südwestdeutschland aus den Jahren 2005 und 2006 vorgestellt.

Zur akustischen Erfassung der Höhenaktivität von Fledermäusen wurde ein Funkübertragungssystem für Echtzeitaufnahmen entwickelt, mit dem die verlustfreie Dokumentation von Fledermausrufen möglich ist. Die Erfassungseinheiten wurden jeweils an den Gondeln der Windenergieanlagen sowie am Boden als Referenz aufgebaut, um somit Ergebnisse aus dem Rotorbereich der Bodenaktivität gegenüber zu stellen.

In der Messzeit von 688,5 Stunden wurden für die bodennahe Aktivität und die Höhenaktivität insgesamt 3.845 Fledermauskontakte von 14 Arten erfasst. Dabei entfielen 3.443 Kontakte von 11 Arten auf die bodennahe Aktivität. Von Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Großem und Kleinem Abendsegler (*Nyctalus noctula*, *N. leisleri*) konnten 402 Höhenkontakte festgestellt werden. Darüber hinaus lag ein Schlagopferfund der Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) vor, womit auch für diese Art zumindest ein indirekter Nachweis einer Höhenaktivität belegt wurde. Den übrigen zehn Fledermausarten konnten keine Aktivitäten im Rotorbereich von Windenergieanlagen nachgewiesen werden.

Die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) zeigte mit 0,6 K/h im Rotorbereich gegenüber den anderen Arten die höchste Aktivitätsdichte. Beim Großen und Kleinen Abendsegler ergaben sich Werte zwischen 0,2 und 0,3 K/h. Alle drei Arten zeigten überwiegend Ortungsrufe und nur wenige Jagdsequenzen im Rotorbereich. Offensichtlich haben die in der Höhe erfassten Individuen aller drei Arten nur sehr selten gejagt. Aufgrund dieser Erkenntnis ist zu vermuten, dass sich die Nahrungsverfügbarkeit - und somit möglicherweise auch die Windgeschwindigkeit - auf die Nutzung des freien Luftraumes weniger stark auswirkt als bisher vielleicht angenommen. Dieser Aspekt zeigt, dass Fragen zur Korrelation von Höhenaktivität und Witterungsfaktoren nicht gänzlich losgelöst von den jeweils festgestellten Verhaltensweisen betrachtet werden können. Die allgemein verbreitete These, dass Fledermäuse durch Insektenschwärme an einigen Anlagentypen angelockt werden, konnte durch die hier gewonnenen Erkenntnisse nicht bestätigt werden kann.

Bei der Betrachtung abiotischer Faktoren wie der Windgeschwindigkeit nahm die Aktivitätsdichte bei allen Arten mit zunehmender Windgeschwindigkeit erwartungsgemäß ab. Für den dargestellten Windgeschwindigkeitsbereich konnte für die Gesamtaktivität eine Abnahme um ca. 0,1 K/h pro m/s festgestellt werden, wobei die Aktivitätsdichte allerdings keine klare lineare Beziehung zur Windgeschwindigkeit aufwies. Die Windgeschwindigkeitswerte, ab denen eine deutliche Abnahme der Aktivität zu verzeichnen war, bewegten sich dabei tendenziell im Bereich von 5 m/s beim Kleinen Abendsegler, 6-7 m/s bei der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und 8 m/s beim Großen Abendsegler. Zur Konsolidierung der Ergebnisse sind in weiteren Untersuchungen allerdings vor allem Messungen bei höheren Windgeschwindigkeiten notwendig. Temperatur und Luftfeuchtigkeit haben generell einen entscheidenden Einfluss auf die Aktivität und Raumnutzung von Fledermäusen. Die hier gewonnenen Ergebnisse bestätigen die Erwartung, dass die Aktivität auch in der Höhe mit steigender Temperatur zunimmt und bei zunehmender Luftfeuchtigkeit geringer wird.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen hinsichtlich der Höhenaktivität eine klare artspezifische Differenzierung für die hier untersuchten Standorte. Eine Übertragung der Ergebnisse auf strukturärmere Gebiete ist nicht ohne weiteres möglich, da nicht gesichert ist, ob die Arten, sofern sie im offenen Gelände auftreten, in diesen Bereichen ähnliche Verhaltensmuster zeigen. Untersu-

chungen zur Höhenaktivität von Fledermäusen an Standorten im Offenland sind deshalb dringend notwendig.

Während die vorliegenden Ergebnisse Prognosen zum potenziellen Kollisionsrisiko in Wald- und Waldrandbereichen hinsichtlich der betroffenen Arten erlauben, sind Aussagen über das tatsächlich zu erwartende Ausmaß an Individuenverlusten weder generell noch im Einzelfall möglich. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass ggf. auch nach einer eingehenden Untersuchung der bodennahen Aktivität mit den herkömmlichen Mitteln (z.B. Detektorbegehungen) keine Rückschlüsse auf die zu erwartende Höhenaktivität möglich sind. Vor allem bei den Abendsegler-Arten (*Nyctalus noctula*, *N. leisleri*) zeigte sich, dass eine hohe allgemeine Aktivität in einem Gebiet nicht gleichbedeutend mit einer erhöhten Aktivität im Rotorbereich ist bzw. umgekehrt.

Summary

Bat activity in the rotor sweep area of wind turbines in windparks of south western Germany

New findings regarding the flying activity of bats in the rotor sweep area of wind turbines in combination with encountered collision fatalities have recently led to an increased awareness of this topic during respective application and permitting processes. Due to non-foreseeable conflict risk, the operation of wind turbines nowadays is frequently tied to requirements regarding the analysis of impact and potential interference with the bat fauna after the commissioning date. This paper presents the findings from a study of the flying activity of bats in high altitude at four different locations in the south-west of Germany during 2005 and 2006.

To capture the activity of bats in higher altitudes acoustically, a radio-transmitter system for real-time recording was developed which is able to document batcalls without transmission losses. The transmitter units were installed both at the turbine gondola as well as on the ground as reference to be able to compare the results from higher altitudes with ground activity.

During an observation period of 688.5 hours, 3,845 bat contacts including 14 different species were documented for ground and high-altitude activity. 3,433 of these contacts from11 species could be attributed to ground activity. 402 high-altitude contacts were detected from the Common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*), Noctule bat (*Nyctalus noctula*) and Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*). In addition, a collision fatality of a Nathusius's pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) was encountered as indirect evidence for high-altitude activity of this species. However, no flying activity in the rotor sweep area of wind turbines could be confirmed for the remaining 10 species.

The Common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) showed the highest concentration of activity in the rotor sweep area (0,6 K/h). Respective values for Noctule bat and Leisler's bat were between 0,2 and 0,3 K/h. All three species showed mainly orientation calls and only few hunting sequences in the rotor sweep area. Apparently, the documented individuals from all three species were rarely hunting in higher altitudes. This result leads the authors to assume that the availability of food – and potentially the wind velocity – has a smaller influence on the use of the flying area than traditionally thought.

This aspect furthermore shows that issues regarding correlation of high-altitude activity and weather conditions can not be analysed independent from behavioural aspects. The commonly presumed hypothesis of bats being attracted by swarms of insects around the installations could not be confirmed by the results of this study.

Regarding abiotic factors like wind velocity the analysis resulted, as expected, in a decrease of activity concentration for all species with increasing velocity. For the analysed velocity range the decrease was measured at approximately 0.1 [K/h] per [m/s] for the activity as a whole, however, with the activity concentration not showing a clearly linear relationship to wind velocity. With regard to specific species, the results show a clear decrease in activity for velocities higher than 5 [m/s] for Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*), 6-7 [m/s] for the Common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) and 8 [m/s] for the Noctule bat (*Nyctalus noctula*). Further studies are needed especially in higher wind velocities for confirmation of these results. In addition, temperature and humidity generally have a decisive influence on activity and habitat usage of bats. The results at hand confirm expectations that activity, also in higher altitudes, increases with rising temperatures and decreases with increased humidity.

The study shows furthermore a clear differentiation between species regarding the activity in higher altitudes at the investigated locations. Transferring the results to more open areas is not possible offhand, because it is uncertain that the species show comparable behavioural patterns in other types of terrain. Studies analysing high-altitude activity of bats in open terrain are therefore imperatively necessary.

Despite the fact that these results allow estimates of potential collision risks for the respective species in forested areas as well as edges of forests, forecasts regarding the amount of actual loss of individual bats are not possible, neither in general nor for specific cases. The outcome of the study implies that even after detailed analysis of ground activity with traditional means (e. g. ground detectors) no inference can be made regarding expected high-altitude activity. Especially for Noctule bat (*Nyctalus noctula*) and Leisler's bat (*N. leisleri*) a high general activity in the area was not tantamount to an increased activity in the rotor sweep area and vice versa.

Schrifttum

ARNETT, E. B. [technical editor and Project Coordinator] (2005): Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioural interactions with wind turbines. A final report submitted for the BATS AND WIND ENERGY COOPERATIVE. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.

BRINKMANN, R. (2006): Konzept für das Monitoring im Windpark Mehringer Höhe 2006/2007. Unveröff. Papier i. A. juwi GmbH. Mainz.

-, MAYER, K., KRETZSCHMAR, F., & WITZLEBEN, J. v. (2006a): Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse – Ergebnisse aus dem Regierungsbezirk Freiburg mit einer Handlungsempfehlung für die Praxis. Broschüre i. A. Regierungspräsidium Freiburg.

-, SCHAUER-WEISSHAHN, H., & BONTADINA, F. (2006b): Untersuchung zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Studie i. A. des Regierungspräsidiums Freiburg.

GRUNWALD, T., SCHÄFER, F., ADORF, F., & VON LAAR, B. (2007): Neue bioakustische Methoden zur Erfassung der Höhenaktivität von Fledermäusen an geplanten und bestehenden WEA-Standorten. Nyctalus (N.F.) **12**, xx-xx (Themenheft „Fledermäuse und Nutzung von Windenergie").

KURTZE, W. (1974): Synökologische und experimentelle Untersuchungen zur Nachtaktivität von Insekten. Zool. Jb., Syst., **101**, 297-344.

KUSENBACH, J. (2005): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermäuse. Landschaftspfl. u. Natursch. in Thüringen **42**(2), 56-61.

MESCHEDE, A., & HELLER, K.-G. (2000): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern. Schr.R. Landschaftspfl. u. Natursch. **66.** Hrsg.: Bundesamt f. Naturschutz (BfN). Bonn-Bad Godesberg (374 pp.).

MLUR – Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2003): Tierökologische Abstandskriterien für die Errichtung von Windenergieanlagen in Brandenburg; www.brandenburg.de/land/mlur/n/tieroek.pdf.

NIETHAMMER, J., & KRAPP, F. [Hrsg.] (2001): Handbuch der Säugetiere Europas. Bd. **4**: Fledertiere. Teil 1: *Chiroptera*: *Rhinolophidae*, *Vespertilionidae*. Aula Verlag. Wiebelsheim.

PFALZER, G. (2002): Inter- und intraspezifische Variabilität der Soziallaute heimischer Fledermausarten (*Chiroptera*: *Vespertilionidae*). Mensch u. Buch Verlag. Berlin (251 pp.).

SATTLER, T., & BONTADINA, F. (2005): Grundlagen zur ökologischen Bewertung von zwei Windkraftgebieten in Frankreich aufgrund der Diversität und Aktivität von Fledermäusen. Unveröff. Kurzbericht. SWILD, Zürich, i. A. von Megawatt Eole. Stuttgart (23 pp.).

-, & - (2006): L'evaluation ecologique de deux secteurs d'installations eoliens en France sur la base de la diversite et l'activite des chauvessouris. SWILD, Zürich, mandat de Megawatt Eole. Stuttgart (41 pp.).

SKIBA, R. (2003): Europäische Fledermäuse. Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. Neue Brehm-Büch., Bd. **648**. Westarp Wissenschaften. Hohenwarsleben (212 pp.).

WEBER, C. (2002): Einfluss von Nahrungsangebot und Habitatcharakter auf die Aktivität von Fledermäusen (*Mammalia*: *Chiroptera*) an Waldstrukturen im Pfälzerwald. Mensch u. Buch Verlag. Berlin (224 pp.).

THOMAS GRUNWALD und FRANK SCHÄFER, Büro für Landschaftsökologie und Geoinformation, Aubachblick 3, D-55444 Schöneberg; www.blg-net.de