

## Ableitung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Windenergieanlagen über biologische Parameter

Von GÜNTER BANSE, Schönhofen (bei Regensburg)

### Abstract

This article examines how far biological characteristics of bats have an influence on their risk of colliding with wind turbines. Furthermore, a summarizing graphic/chart was made to show in which way the most important species or biosystematic guild are affected. This study concentrates on the seventeen most wide-spread bat species in Germany.

In simple analyses, the individual parameter like body size/weight, flight characteristics, migration, and age were used. According to Spearman's rank correlations, there are remarkably high and significant relations between the parameters used and the risk of collision. Graphic aggregation shows three different groups of correlation regarding the factors named before.

A statistic approach as well as a professional assessment of the death toll, released by the federal data base (located in Brandenburg, Germany), showed no significant indication of interdependency between the number of victims and the distance of wind turbines to coppices or forestes edge. To additionally analyse the value series used concerning the degree of influence of the control-intensity on distance parameters, multivariate methods need to in relation to used.

### Zusammenfassung

Die Ausgangsidee war zu überprüfen, inwieweit biologische Kerngrößen eine (gewisse) indikatorische Bedeutung in der Ableitung des art- bzw. gruppenspezifischen Kollisionspotenzials von Fledermäusen an Windenergieanlagen haben. Zudem sollte eine einfache zusammengefasste Graphik über den Grad der Betroffenheit der wichtigsten Spezies bzw. systematischen Gilden erarbeitet werden. Ausgewählt wurden 17 Fledermausarten, die in der BRD vergleichsweise weit verbreitet sind.

Die einfachen Analysen (Rangkorrelation nach Spearman) zu den ausgewählten Einzelparametern Körpergröße/Gewicht, Flugverhalten, Wanderung und Alter haben gezeigt, dass bei einfaktorieller Betrachtung zur oben genannten Thematik zum Teil bemerkenswert hohe und signifikante Beziehungen vorliegen. Auch bei einer rein graphischen Aggregation sämtlicher Daten lassen sich letztlich drei Gruppen der potenziellen Abhängigkeit einer Verunglückungsgefahr von biologischen Faktoren erkennen.

Eine statistische Verrechnung und fachlich argumentative Bewertung von Totfundmeldungen der bekannten Bundesdatenbank (VSW Brandenburg) ergab, dass zwischen der Schlagopferzahl und dem Abstand von WEAs zu Gehölzen bzw. Waldrändern keine generelle Kausalität besteht. Zur Analyse der verwendeten Wertereihen hinsichtlich des genauen Einflussgrades der Kontrollintensität gegenüber dem Distanzparameter müssten multivariate Verfahren herangezogen werden.

### Key words

Bats, wind turbines, collision risk, biological parameters, size and body weight, wing span, flight height, migration, age, distance to trees.

### 1 Einleitung

Der weitere Ausbau regenerativer Energiegewinnung ist erklärtes Ziel der Regierung der Bundesrepublik Deutschland. Dieses steht im Zusammenhang mit dem Bemühen, den Ausstoß klimaschädlicher Gase zu vermindern bzw. sich schrittweise von der Nutzung fossiler Brennstoffe abzukoppeln. Die BRD nimmt hinsichtlich der Nutzung der Windkraft eine Spitzenstellung ein, gefolgt von den USA. Vor allem dort, aber ebenso in Europa, traten bereits in der Frühphase der Windkraftnutzung Befürchtungen auf, dass Windkraftanlagen Beeinträchtigungen, insbesondere der Vogel- und Fledermauswelt, bewirken (BUND 1999, 2004). Speziell das Problem der Verunglückung (Kollision) an Rotorblättern wird seit Anfang der 1990er Jahre teils sehr kontrovers diskutiert (s. die erste umfassende Zusammenstellung von HÖTKER et al. 2004).

In den vergangenen 4-5 Jahren sind zahlreiche neue Erkenntnisse gewonnen worden (Originalarbeiten oder Übersichten, z. B. BRINKMANN 2004, BRINKMANN & SCHAUER-WEISSHAHN 2006, HÖTKER 2006, DÜRR 2007,

GRUNDWALD & SCHÄFER 2007, HAENSEL 2007a, SEICHE et al. 2007, 2008, DÜRR 2008b, BRINKMANN et al. 2009), die eine weitaus differenziertere Betrachtung des Sachverhalts erlauben als in weiter zurückliegenden Zeiten. Gleichwohl besteht zu einigen Gesichtspunkten weiterhin Forschungsbedarf.

In zahlreichen Diskussionen mit behördlichen Entscheidungsträgern fiel dem Verf. auf, dass kaum Schrifttum mit einfachen Übersichten des Kollisionsrisikos von Fledermäusen und vor allem deren Gründe existieren (vgl. RAHMEI et al. 1999), die für entsprechende Sachbearbeiter mit einem ersten Einstieg in die Thematik eine schnelle und nachvollziehbare Abschätzung der Problematik erlauben. Hieraus entstand die Idee zu prüfen, inwieweit biologische Kerngrößen eine (gewisse) indikatorische Bedeutung in der Ableitung des art- bzw. gruppenspezifischen Kollisionspotenzials haben. Zudem war das Ziel, eine einfache Graphik über den Grad der Betroffenheit der wichtigsten Spezies bzw. systematischen Gilden in einer Zusammenschau zu erarbeiten.

Ausgewählt wurden 17 Fledermausarten, die in der BRD vergleichsweise weit verbreitet sind (wenngleich manche innerhalb des entsprechenden Areals geringe Dichten aufweisen).

## 2 Potenzielle biologische Einflussfaktoren des Kollisionsrisikos

### 2.1 Größe bzw. Körpergewicht

Generell besteht ein Kollisionsrisiko, sobald Fledermäuse im Bereich der Rotoren von Windkraftanlagen agieren. Über die verschiedenen Gründe und Aktivitätsdichten ist bereits vielfach berichtet worden. Aus ökologischer Sicht gilt zu beachten, dass Arten im Ökosystem jeweils Nischen einnehmen, die unter anderem eine räumliche Dimension besitzen. Hier kommt bei Fledermäusen, ähnlich den Vögeln, neben der mehr oder weniger horizontalen Komponente auch ein größerer vertikaler Raum hinzu. Nun können höhere Luftre-

gionen dauerhaft oder temporär bestimmte physikalische Bedingungen aufweisen, die für manche Arten tendenziell ungünstige Aufenthaltsbedingungen darstellen. Ein für Fledermäuse durchaus bedeutender Faktor sind die Windverhältnisse. Eine Hypothese ist, dass Spezies mit – relativ gesehen – geringer physischer Konstitution (vereinfacht abgebildet über die Körpergröße) zunehmende Höhen über Grund tendenziell oder gänzlich meiden.

In der vorliegenden Betrachtung wurde als obiges Maß das Normalgewicht herangezogen (DIETZ et al. 2007). Deren Verteilung innerhalb des festgelegten Artenspektrums legt die Bildung von drei Klassen nahe:  $\leq 10$  g, 11-20 g sowie darüber liegend. Die betreffenden Werte sind in Tab. 1 dargestellt. In der Regel lassen sich die Arten den Gruppen klar zuordnen. Nur die Nordfledermaus nimmt eine gewisse Übergangsposition ein. Mit einem Anteil von 65 % bilden kleine Spezies den Schwerpunkt des Untersuchungspools.

Um einen Zusammenhang zwischen dem Gewicht der Arten (Mittelwert der Spanne gemäß DIETZ et al. 2007) und dem Kollisionspotenzial (hier Totfunde der Bundesstatistik nach DÜRR 2008a) zu ermitteln, wurde die Rangkorrelation nach Spearman berechnet. Bei Berücksichtigung aller Spezies ergibt sich für  $r_s$  ein Betrag von 0,23 mit  $p > 0,05$ . Das Ergebnis ist also nicht eindeutig.

Schließt man testweise die Gattung *Pipistrellus* aus, deren Vertreter zwar ein geringes Gewicht haben, aber eventuell wegen besonderer Eigenheiten mit zu den häufigsten Schlagopfern zählen (vor allem *Ppip*: sehr neugieriges Verhalten gerade in der Dismigrationsphase; *Pnat*: reges Wanderverhalten in der norddeutschen Tiefebene), so zeigt  $r_s$  bereits einen Wert von 0,53. Er ist annähernd signifikant ( $p \approx 0,05$ ). Bei Ausklammerung des Mausohrs als einen weiteren, nämlich entgegen gesetzten „Ausreißer“ (großes Gewicht; primär bodennahes Agieren und daher äußerst wenig nachgewiesene Totfunde) entsteht ein beachtlich hoher und mit  $p < 0,01$  statistisch stark gesicherter Korrelationskoeffizient von

Tabelle 1. Normalgewicht in g der 17 untersuchten Fledermausarten der BRD (Angaben nach DIETZ et al. 2007).

Gattungen	Arten	klein		mittel		groß			
		Spanne	M	Spanne	M	Spanne	M		
<i>Myotis</i>	Wasserfledermaus	6 - 10	8						
<i>Myotis</i>	Große Bartfledermaus	5 - 7	6						
<i>Myotis</i>	Kleine Bartfledermaus	4 - 7	5,5						
<i>Myotis</i>	Fransenfledermaus	7 - 10	8,5						
<i>Myotis</i>	Bechsteinfledermaus	7 - 10	8,5						
<i>Myotis</i>	Mausohr							20 - 27	23,5
<i>Nyctalus</i>	Abendsegler							21 - 23	22
<i>Nyctalus</i>	Kleinabendsegler			13 - 18	15,5				
<i>Pipistrell.</i>	Zwergfledermaus	3 - 7	5						
<i>Pipistrell.</i>	Mückenfledermaus	4 - 7	5,5						
<i>Pipistrell.</i>	Rauhhaufledermaus	6 - 10	8						
<i>Vespertilio</i>	Zweifelfledermaus			10 - 15	12,5				
<i>Eptesicus</i>	Breitflügel-fledermaus							18 - 25	21,5
<i>Eptesicus</i>	Nordfledermaus			9 - 13	11				
<i>Plecotus</i>	Braunes Langohr	6 - 9	7,5						
<i>Plecotus</i>	Graues Langohr	6 - 10	8						
<i>Barbast.</i>	Mopsfledermaus	7 - 10	8,5						

M = definierter Mittelwert für statistische Berechnungen

0,69. Bei einfaktorieller Analyse lässt sich also bei einem Großteil (ca. 75 %) der untersuchten Fledermausarten das Kollisionspotential bzw. die mögliche Präsenz im Gondelbereich von Windkraftanlagen aus der Körpergröße erschließen. Natürlich liegt in der Realität der Sachverhalt komplizierter. Dennoch ist das Resultat erstaunlich, zumal wenn man bedenkt, dass die abhängige Variable Schlagopferzahl gewisse methodische „Unsicherheiten“ beinhaltet (s. Kap. 3).

## 2.2 Flügelspannweite

Die Fähigkeit der Nutzung großer Höhen mit meist verstärkten Windgeschwindigkeiten mag eventuell weniger vom Körpergewicht als von der Spannweite der Flügel bestimmt sein. Aus diesem Grunde wurden analog zu Pkt. 2.1 die Durchschnittswerte der Unterarm-längen aus DIETZ et al. (2007) als entsprechender Indikator verrechnet. Die Daten reichen von ca. 30 mm (Mückenfledermaus) bis ca. 61 mm (Mausohr).

Es zeigt sich, dass sowohl alle 17 Spezies betreffend als auch nach Ausschluss der *Pipistrellus*-Arten die  $r_s$ -Koeffizienten teils sehr

deutlich unter den Befunden mit dem Körpergewicht liegen. Nur bei zusätzlicher Ausklammerung des Mausohrs (größte Unterarm-länge, jedoch bislang nur 2 Totfunde gemäß der Datengrundlage) ergab sich eine praktisch gleiche Höhe der Korrelation wie beim Gewicht ( $r_s = 0,66$ ) mit jedoch geringerer Signifikanz ( $p < 0,05$ ).

## 2.3 Flughöhe

Die für Arten typischen Flughöhen sind ein komplexer, teils ineinander verwobener Ausdruck der ökologischen Einnischung (physische Grundkonstitution, Beutespektrum bzw. deren Aufenthaltsbereiche, intra- und interspezifische Konkurrenz etc.). Auf eine etwaige Einflusskomponente, das Körpergewicht, wurde bereits eingegangen (s. Pkt. 2.1). Hier sollen die Flughöhen der Fledermausarten, entnommen aus der einschlägigen Literatur und neuesten Untersuchungen (z. B. Gondelmonitoring), unmittelbar analysiert werden. Es erfolgte eine Differenzierung zwischen vertikalen Aktivitäten während des Nahrungserwerbs und eingenommenen Höhen beim Streckenflug einschließlich der Phase der Dis-migration (weiteres s. Pkt. 2.4). Zielsetzung

war eine vereinfachte Skalierung, bei der die Parameterzuweisung im einen oder anderen Fall diskussionsfähig sein mag (s. im Detail Tab. 2).

Die Berechnung der Rangkorrelation (Spearman) ergab bei singularer Betrachtung der charakteristischen Jagdflughöhen einen durchaus relevanten Zusammenhang mit dem Verunglückungsrisiko der Arten an WEAs ( $r_s = 0,61$  bei  $p < 0,05$ ). Ohne Nordfledermaus, eine höher fliegende Art mit jedoch wenig Totfunden, liegen die Werte noch weiter darüber

( $r_s = 0,68$  bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $< 1 \%$ ).

Ein „realistischeres“ Bild wird gezeichnet, wenn man auch das Flugverhalten außerhalb des Nahrungserwerbs berücksichtigt. Als unabhängige Variable wurden nun die jeweils addierten Zahlen der beiden ordinal skalierten Höhendaten definiert (vgl. Tab. 2). Wiederum ohne Nordfledermaus beträgt der Korrelationskoeffizient jetzt immerhin 0,71. Das Ergebnis ist mit  $p < 0,01$  gleichfalls hoch gesichert.

Tabelle 2. Flug- bzw. Wanderverhalten der 17 betrachteten Fledermausarten.

Gattungen	Arten	Flughöhen		Wandertyp
		Jagd	Streck.	
<i>Myotis</i>	Wasserfledermaus	2	1	3
<i>Myotis</i>	Große Bartfledermaus	2	1	2
<i>Myotis</i>	Kleine Bartfledermaus	2	1	3
<i>Myotis</i>	Fransenfledermaus	1	1	2
<i>Myotis</i>	Bechsteinfledermaus	1	1	1
<i>Myotis</i>	Mausohr	1	2	3
<i>Nyctalus</i>	Abendsegler	5	3	5
<i>Nyctalus</i>	Kleinabendsegler	4	3	5
<i>Pipistrell.</i>	Zwergfledermaus	3	3	1
<i>Pipistrell.</i>	Mückenfledermaus	3	(3)	(3)
<i>Pipistrell.</i>	Rauhhaufledermaus	4	3	5
<i>Vespertilio</i>	Zweifarfledermaus	4	3	4
<i>Eptesicus</i>	Breitflügel-fledermaus	4	2[3]	2
<i>Eptesicus</i>	Nordfledermaus	4	2[3]	2
<i>Plecotus</i>	Braunes Langohr	2	1	1
<i>Plecotus</i>	Graues Langohr	2	1	1
<i>Barbast.</i>	Mopsfledermaus	2	(1)	2

#### Erläuterungen

Flughöhen bei der Jagd (Nahrungserwerb):

- 1 = vorwiegend bis ausschließlich boden- bzw. vegetationsnah („Gleaner“)
- 2 = bis Baumkronenhöhe und gelegentlich darüber, nur z.T. bodennah
- 3 = bis Baumkronenhöhe und öfters etwas darüber
- 4 = oft deutlich über Baumkronenhöhe reichend (Luftraumjäger)
- 5 = meist bis über 40 - 50 m Höhe (Luftraumjäger)

Aktivitätshöhen bei Streckenflug/Dismigration:

- 1 = bis Baumkronenhöhe oder etwas darüber
- 2 = bis 40 (50) m Höhe und gelegentlich mehr
- 3 = oft in über 40 - 50 m Höhe oder an Strukturen entsprechend hoch steigend
- ( ) Einschätzung vage
- [ ] tendenziell auch der angegebene Wert relevant
- rot hervorgehoben: hohe Ausprägung innerhalb der Kategorie

Wandertyp:

- 1 = sehr ortstreu (< 10 - 20 km)
- 2 = relativ ortstreu (bis 50 km)
- 3 = geringe Wanderungen (bis 100/150 km)
- 4 = Kurz- bis Mittelstreckenwanderer (mehrere 100 km)
- 5 = Fernwanderer (bis 1.000 km und darüber)

## 2.4 Migrationsverhalten

Denkbar wäre, dass für sich genommen Flüge während des Zuges eine besondere Rolle für die Kollisionsgefährdung spielen. Je mehr oder weiter Arten ziehen (Tab. 2), desto höher könnte die Wahrscheinlichkeit von WKA-Kollisionen sein. Die statistische Überprüfung führte allerdings zu keinem deutlichen bzw. signifikanten Resultat ( $r_s = 0,48$  bei  $p > 0,05$ ). Allerdings ändert sich dies relativ stark, wenn man die Zwergfledermaus (sehr ortstreu; andererseits hohe Totfundrate, weil an sich sehr flächig verbreitet) unberücksichtigt lässt. Der gesicherte Korrelationskoeffizient liegt dann bei 0,69 ( $p < 0,01$ ).

## 2.5 Alter

Versuchsweise wurden die hier behandelten Fledermausarten im Hinblick auf ihr Alter ordinal skaliert (angesichts der teils unsicheren Datenlage in groben Klassen; Tab. 3) und den Totfundraten nach DÜRR (2008a) gegenüber gestellt. Es ergab sich bezüglich des Höchstalters eine erstaunlich hohe Korrelation in reziproker Form ( $r_s = -0,70$  bei  $p < 0,01$ ). Die Berechnung zum Durchschnittsalter brachte praktisch das gleiche Ergebnis, wenngleich es hier nicht signifikant ist ( $r_s = -0,69$ ,  $p > 0,05$ ,  $n = 11$ ).

Insofern könnte man annehmen, dass länger lebende Tiere auf Artniveau etwa aufgrund von Erfahrungen tendenziell weniger häufig an Rotorblättern kollidieren. Allerdings ist

Tabelle 3. Altersangaben der 17 überprüften Fledermausarten (nach DIETZ et al. 2007).

Gattungen	Arten	Durchschn.alter		Höchstalter	
		Spanne	Klasse	Wert	Klasse
<i>Myotis</i>	Wasserfledermaus	4,5	3	30	3
<i>Myotis</i>	Große Bartfledermaus	4,5	3	29	3
<i>Myotis</i>	Kleine Bartfledermaus	3,5 - 5	3	23	3
<i>Myotis</i>	Fransenfledermaus			22	3
<i>Myotis</i>	Bechsteinfledermaus			21	3
<i>Myotis</i>	Mausohr	3,9 - 4,0	2	25	3
<i>Nyctalus</i>	Abendsegler	2,2	1	12	1
<i>Nyctalus</i>	Kleinabendsegler			11	1
<i>Pipistrell.</i>	Zwergfledermaus	2,7 - 2,9	1	16	2
<i>Pipistrell.</i>	Mückenfledermaus	1,2 - 1,6	(1)	(8)	(2)
<i>Pipistrell.</i>	Rauhhaufledermaus	2,6 - 2,9	1	12 - 14	1
<i>Vespertilio</i>	Zweifarbflfledermaus			12	1
<i>Eptesicus</i>	Breitflügel-fledermaus			24	3
<i>Eptesicus</i>	Nordfledermaus			22	3
<i>Plecotus</i>	Braunes Langohr	4	2	30	3
<i>Plecotus</i>	Graues Langohr	5 - 9	4	25	3
<i>Barbast.</i>	Mopsfledermaus	5,5 - 10	4	22	3

### Erläuterungen

Durchschnittsalter (soweit Angaben vorhanden):

1 = 2 - 3 Jahre

2 = > 3 - 4 Jahre

3 = > 4 - 5 Jahre

4 = > 5 Jahre

Höchstalter:

1 = < 15 Jahre

2 = 15 - 20 Jahre

3 = > 20 Jahre

Anm.: Ppyg aufgrund der unsicheren Datenlage wie Ppip klassifiziert

fraglich, ob hier das Alter an sich (zumindest in einem deutlichen Maße) Einfluss ausübt, denn offenbar ist es sehr gattungsspezifisch und hat insofern große Parallelen zum Faktor Körpergröße (vgl. Pkt. 2.1). Zudem haben etliche Studien gezeigt, dass an WEAs primär Jungtiere verunglücken (z. B. SEICHE et al. 2008).

### 3 Diskussion

Die einfachen statistischen Analysen (Rangkorrelationen nach Spearman) zu den ausgewählten biologischen Einzelparametern Körpergröße/Gewicht, Flugverhalten, Wanderung und Alter haben gezeigt, dass z. T. bemerkenswert hohe und signifikante Beziehungen ge-

Tabelle 4. Kollisionspotenzial von 17 Fledermausarten der BRD aus biologischer Sicht.

Gattungen	Arten	Gruppe 1					Gruppe 2					Gruppe 3				
		G	F	W	A	+	G	F	W	A	+	G	F	W	A	+
<i>Myotis</i>	Wasserfledermaus	○	○	○	○	3										
<i>Myotis</i>	Große Bartfledermaus	○	○	○	○	1										
<i>Myotis</i>	Kleine Bartfledermaus	○	○	○	○	0										
<i>Myotis</i>	Fransenfledermaus	○	○	○	○	0										
<i>Myotis</i>	Bechsteinfledermaus	○	○	○	○	0										
<i>Myotis</i>	Mausohr	●	○	○	○	2										
<i>Nyctalus</i>	Abendsegler											●	●	●	●	318
<i>Nyctalus</i>	Kleinabendsegler						○	●	●	●	41					
<i>Pipistrell.</i>	Zwergfledermaus											○	●	○	○	199
<i>Pipistrell.</i>	Mückenfledermaus						○	○	○	●	15					
<i>Pipistrell.</i>	Rauhhaufledermaus											○	●	●	●	214
<i>Vespertilio</i>	Zweifärbfledermaus						○	○	○	●	38					
<i>Eptesicus</i>	Breitflügel fledermaus						●	○	○	○	23					
<i>Eptesicus</i>	Nordfledermaus	●	●	○	○	2										
<i>Plecotus</i>	Braunes Langohr	○	○	○	○	3										
<i>Plecotus</i>	Graues Langohr	○	○	○	○	6										
<i>Barbast.</i>	Mopsfledermaus	○	○	○	○	0										

#### Erläuterungen

G / F / W / A = Gewicht; vorwiegende Flughöhe (Jagd/Streckenflug/Dismigration); Wanderung i.w.S.; Alter

+ = Totfunde gemäß Bundesstatistik, Stand 19.11.2008 (DÜRR 2008a); natürlich nicht absolut zu interpretieren, aber auf der Basis von über 16.000(!) Kontrollen an WEAs in der BRD seit ca. 6 Jahren sicherlich eine „hochsignifikante“ Datengrundlage für relative Wertungen

- Gewicht ≤ 10 g; vorwiegende Nahrungssuche bodennah bis mehr oder weniger Baumkronenhöhe; Streckenflug ähnlich; ortstreu bis geringe Dismigration (i.d.R. < 100 km); Höchstalter > 20 Jahre
- Gewicht 10 - 20 g; primäre Jagd-Flughöhe bis 40/50 m; Streckenflüge auch darüber hinaus; Kurzstreckenwanderer (mehrere 100 km); Höchstalter 15 - 20 Jahre
- Gewicht > 20 g; Jagd und Streckenflug oft in über 40 - 50 m Höhe; Fernwanderer (bis 1.000 km und mehr); Höchstalter < 15 Jahre

#### Gruppe 1:

kein Kollisionsrisiko oder nur äußerst geringe Verunglückungsgefahr (vor allem bei WEAs mit Rotorblattunterkanten ab ca. 100 m Höhe); stark strukturgebundenes Agieren; bei mehreren Arten ausschließlich bis dominant Nahrungsaufnahme flugunfähiger Beute vom Boden bzw. von der Vegetation

#### Gruppe 2:

mittleres Kollisionspotenzial (zusammenfassend betrachtet, nicht zwangsläufig an einem konkreten Standort); das Risiko ist gegenüber der Gruppe 3 eventuell weniger biologisch gemäß G/F/W/A, sondern vor allem arealgeographisch bzw. durch allgemein geringere Siedlungsdichten begründet

#### Gruppe 3:

potenziell erhöhtes bis sehr hohes Kollisionsrisiko, offenbar auch aufgrund von Sonderstellungen; Abendsegler >> Fernwanderer, große Flughöhen; Zwergfledermaus >> „neugierige“ Art, praktisch flächig verbreitet und meist sehr häufig; Rauhhaufledermaus >> Fernwanderer mit gehäuftem Auftreten im mittleren und nördlichen Teil der BRD

genüber dem artspezifischen Kollisionspotenzial an Windkraftanlagen bestehen (Indikator hier die bundesweiten Totfunde mit Stand nach DÜRR 2008a). Bereits bei einer rein graphischen Zusammenführung sämtlicher Daten lassen sich drei Gruppen der potenziellen Abhängigkeit einer Verunglückungsgefahr von biologischen Faktoren erkennen (Tab. 4). Welche von ihnen die entscheidenden sind, soll hier nicht überprüft werden. Hierzu wären multivariate Verfahren erforderlich, die z. B. gegenseitige formale oder funktionale Beeinflussungen herausarbeiten könnten.

Bei statistischer Berücksichtigung aller definierten biologischen Kenngrößen (pro Art jeweils die Summe der vier betreffenden ordinalen Parameterausprägungen) ergibt sich mit den 17 Datensätzen ein Korrelationskoeffizient  $r_s$  von 0,55 ( $t = 2,53$ ). Das Ergebnis ist deutlich gesichert ( $p \approx 0,01$ ), jedoch nur „durchschnittlich“ ausgebildet. Dies wird dadurch erklärbar, dass manche biologische Komponente – wie bei den einfaktoriellen Berechnungen gezeigt – keinen (deutlichen) Einfluss ausübt, oder dies nur durch Herausnahme von Arten, die aus bestimmten Gründen eine besondere Position einnehmen. Betrachtet man lediglich das Gewicht sowie das Flugverhalten der 17 Arten, so beträgt der Koeffizient bereits 0,60 ( $p = 0,005$  und ist damit hoch signifikant). Im Falle eines Ausschlusses z. B. der Zwerg- und Nordfledermaus (s. Kap. 2.1 u. 2.3) steigt  $r_s$  auf 0,66.

Bei der Nordfledermaus wäre aus Gattungssicht eine Klassifizierung zunächst wie bei *Eptesicus serotinus* zu erwarten (Gruppe 2). In behördlichen Genehmigungsverfahren wird denn auch manchmal auf eine Untersuchung in Schweden mit höherer Schlagopferzahl und damit ein generell starkes Kollisionsrisiko hingewiesen (AHLÉN 2002/2003 in RODRIGUES et al. 2008). Die beiden einzigen Totfunde in der BRD (hier Stand vom November 2008) sprechen aber ein anderes Bild. Und immerhin liegen ihnen mittlerweile über 16.000 (!) kursorische und systematische Kontrollen an WEAs in den vergangenen ca. 6 Jahren zugrunde. Die Gesamtmeldungen betreffen vor-

wiegend die Bundesländer Brandenburg und Sachsen (z. B. DÜRR 2008b, SEICHE et al. 2008), die de facto im Verbreitungsgebiet der Nordfledermaus liegen. Gemäß der graphischen Klassifizierung der Art in Tab. 4 könnte sie theoretisch höchstens eine Zwischenstellung innerhalb der Gruppen 1 und 2 einnehmen. Als stark kollisionsgefährdete Spezies ist sie jedenfalls nicht zu bezeichnen. Plausibel erscheint, dass die Nordfledermaus angesichts der geringen Körpergröße (Tab. 1) mehr oder weniger zu den anderen kleinen Arten mit geringer bis nahezu auszuschließender Verunglückungsgefahr an WEAs gehört. Es handelt sich hier um alle Vertreter der (untersuchten) Gattungen *Myotis*, *Plecotus* und *Barbastella*. Der zitierte Zusammenhang ist nach obigen statistischen Analysen evident bzw. gesichert und wurde bereits von etlichen Experten postuliert, so z. B. im Juni letzten Jahres auf einem Symposium des Bundesforschungsprojektes der Universitäten Hannover und Erlangen mit weiteren Kooperationspartnern (s. BRINKMANN et al. 2009).

Bei der Diskussion über das Kollisionsrisiko von Fledermäusen an Windenergieanlagen wird immer wieder der Einfluss der Nähe zu Gehölzen bzw. Waldrändern geltend gemacht. Einer weiter zurückliegenden Auswertung der bundesweiten Fundortdatei zufolge wurden die meisten Kollisionsopfer an WEAs gefunden, die bis 50 m nahe an Gehölzstrukturen standen (Grundlage war allerdings eine geringe Stichprobe mit rein argumentativer Auswertung). Eine andere Studie kam anfänglich zu einem ähnlichen Ergebnis, doch erbrachte die Fortführung der Arbeiten mit detaillierter Analyse keinen gesicherten Zusammenhang mehr.

Auch zwei unabhängig laufende universitäre Untersuchungen (Bayreuth, München), die Daten zu Fledermausopfern vier gleicher Windparks (48 Windkraftanlagen, rund 1.200 Kontrollen von 2001-2006) erstmals einer umfassenden statistischen Analyse unterzogen hatten, ergaben keine Beziehung zwischen der Fundhäufigkeit bei WEAs und deren Entfernung zu Gehölzen bzw. Waldrändern. Die bei-

den Professoren-Gutachter verwiesen darauf, dass im Umkehrschluss das Zahlenmaterial aber auch nicht geeignet ist, den mutmaßlichen Zusammenhang von verunglückten Fledermäusen und der Nähe zu den genannten Biotopstrukturen generell zu widerlegen.

Unterzieht man die umfassenden Daten der besagten Bundesstatistik zu Totfunden an WEAs (hier Angaben aus DÜRR 2008b) einer Rangkorrelationsanalyse, so zeigt sich bei einer untersuchten Distanz von 0-200 m zu Gehölzen/Waldrand (unterteilt in Abschnitte zu je 10 m) mit einem Koeffizienten von  $-0,39$  nur eine geringe entfernungsbedingte Abhängigkeit der Schlagopferzahl ( $n = 170$ ). Der Befund ist knapp signifikant ( $p$  etwa  $0,04$ ). Wird eine Distanz von 600 m und darüber hinaus (wesentliche Unterteilung 50 m) zu Windkraftanlagen betrachtet, dann liegt  $r_s$  auf der Basis von 13 Datensätzen bei  $-0,77$  (auch hier wieder eine negative Korrelation; also mit weiterem Abstand zu Gehölzen in der Tendenz weniger Totfunde;  $n = 199$ ).

Das Ergebnis an sich ist statistisch hoch gesichert ( $t = 4,01$ ;  $p = 0,001$ ), doch liegt diesem offenbar eine noch entscheidendere Einflussgröße zugrunde, nämlich die Kontrollintensität. Sie prägt die Totfunderate höher als der Entfernungsparameter ( $r_s = 0,84$ ;  $t = 5,17$ ;  $p = 0,0002$ ). Da die Geländeaufnahmen den obigen Streckenabschnitten zugeordnet sind, ist es also wahrscheinlich, dass der niedriger korrelierte Distanzparameter nur ein Spiegelbild der eigentlichen unabhängigen Variable „Untersuchungsaufwand“ ist. Die genauen Beziehungen zueinander müssten über komplexere statistische Analysen ermittelt werden.

Ein sehr geringer bzw. statistisch nicht (deutlich) gesicherter Zusammenhang zwischen Totfunderate und Gehölzabstand ist schon rein fachlich argumentativ nachvollziehbar. So beziehen sich nach drei ausgewerteten Datenreihen der Bundestatistik (01/07, 09/07 und 12/08; DÜRR schriftl.) jeweils 80-81 % aller Meldungen lediglich auf drei Arten, nämlich (Großer) Abendsegler, Rauhhaut- und Zwergfledermaus. Diese bestimmten also sehr

gewichtig das Szenario. Wenn wiederum der Abendsegler, eine bekanntermaßen wenig bis nicht strukturgebundene Spezies einen Anteil von 37-44 % in dieser Gilde einnimmt, ist die mehr oder minder geringe Kausalität (Schlagopferhäufigkeit – Gehölzdistanz) teils schon hierdurch erklärbar.

Bei der Zwergfledermaus konnte mittels einzelner Batcorder-Einsätze in freien Feldfluren festgestellt werden, dass sie im Zuge der Dismigration entlang von Wegen mit angrenzend hohen Maisfeldern, deren Randzone anscheinend eine ausreichende Leitstruktur darstellt, selbst sehr weites Offenland durchquert (und deswegen entsprechend bei dortigen WEAs auftauchen kann). Der Verf. sieht bei der Art das (fallweise) hohe Kollisionspotenzial primär in der Häufigkeit bzw. sehr flächigen Verbreitung und in der erhöhten „Neugierde“ begründet.

Neuere Untersuchungen belegen hinsichtlich der prioritär kollisionsrelevanten Fledermausarten, dass ein Auftreten im Gondelbereich nicht zwangsläufig zu Kollisionen führt. Wie sehr ähnlich bereits in Studien 2004/2005 nachgewiesen (BEHR et al. 2007), konnte nach den vorläufigen Auswertungen des bundesweiten Forschungsprojektes (präsentiert im Juni 2009) festgestellt werden, dass die Aktivität von Fledermäusen um Rotoren z. B. bei einer Geschwindigkeit des Windes von 2,5 m/s gegenüber mehr oder weniger Windstille im Mittel um knapp 80 % zurückging. Speziell bei *Nyctalus*-Arten bzw. bei der Zwergfledermaus ergab sich eine Verminderung von 70 % bzw. sogar 90 %. Besagter Windwert entspricht bei vielen neueren, nicht getriebegesteuerten WEAs der Anlaufgeschwindigkeit, bei der sich die Rotorblätter erstmals für die Stromproduktion zu drehen beginnen, und dies mit relativ wenigen Umdrehungen pro Minute.

Bei bestimmten Windenergieanlagen ist dem Zeitpunkt der Anlaufgeschwindigkeit eine sogenannte Trudelphase vorgeschaltet. Dies bedeutet, dass sich die Rotorblätter ab ca. 1-1,5 m/s Windgeschwindigkeit erstmals



(leicht) bewegen, ohne Strom zu erzeugen. Diese Phase stellt aber keine Kollisionsgefahr für Fledermäuse dar. Das Drehmoment ist äußerst gering (z. B. kleiner als 3-5 U/min) und wohl nicht oder kaum mit einer Sogwirkung verbunden. Selbst bei dieser Windgeschwindigkeit (Beaufort-Stufe 1; Bezeichnung: leiser Zug; Rauch zeigt Windrichtung an) war im Durchschnitt die Aktivität von Fledermäusen um mindestens 50 % reduziert (Zwergfledermaus über 75 %). Genauer werden die konkreten Veröffentlichungen zu diesen Forschungen dokumentieren.

Für Spezies wie die Zwergfledermaus mit einem Gewicht von nur rund 5 g sind obige Zusammenhänge gerade in über 100 m Höhe, die moderne Anlagen etwa in Süddeutschland einnehmen, nicht verwunderlich. Dem steht nicht entgegen, dass die Art an (geschützten) Strukturen wie Hochhäusern oder eben an WKAs bei sehr wenig bis fehlendem Wind weit aufsteigen kann (s. HAENSEL 2007a).

Ein erstes vorhabenbezogenes Gondelmonitoring 2009 in Bayern (Anlage E-82, Nabenhöhe 149 m, Rotordurchmesser 82 m, direkt an einem Kiefernwald im mittelfränkischen Becken) erbrachte gleiche grundsätzliche Resultate. Die Dichten waren insgesamt gering. Relativ gesehen trat nach einer ersten Auswertungsphase von etwas über drei Wochen am häufigsten der Abendsegler auf (57 %), gefolgt von der Zwergfledermaus (33 %). Teils sehr marginal vertreten blieben Kleinabendsegler sowie Rauhhaute- und Zweifarbfledermaus. Die festgestellten Individuen erschienen im Rotorbereich fast ausnahmslos in Zeiten mit sehr wenig bis praktisch fehlendem Wind (BANSE et al. 2009).

Die Untersuchung wurde bewusst mit gleichem technischen und methodischen Standard wie bei der genannten Bundesforschung durchgeführt (z. B. Batcorder der Fa. EcoObs). Die Ergebnisse eines längeren Zeitraumes sollen in nächster Zeit publiziert werden.

Alle oben dargestellten Resultate zur (Nicht-)Betroffenheit von Arten und Bestän-

den dürfen keineswegs zu einer Generalisierung verleiten. Nach wie vor ist bei geplanten Projekten die Überprüfung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten wichtig. Gleichwohl kann zum Thema Kollisionsgefahr der Focus auf primär relevante Spezies gerichtet werden. Der Verf. stellt die Prognose auf, dass bei modernen, sehr hohen WEAs mit z. B. Rotorblattunterkanten von rund 100 m über Grund einige der (insbesondere kleinen) Arten mit nachgewiesenen Schlagopfern (noch) weniger berührt sein werden als bisher. Die betreffende Bundesstatistik ist aktuell primär durch Windparks mit relativ niedrigen Anlagen geprägt.

Zahlreiche Artnachweise an Fledermäusen im Rahmen von WKA-Genehmigungsverfahren bedeuten definitiv nicht automatisch eine hohe Kollisionsgefahr und meist auch nicht eine hohe Gebietswertigkeit. Etliche Untersuchungen im Bundesland Bayern in mehreren km<sup>2</sup> großen Ausschnitten einer „durchschnittlichen“ Kulturlandschaft (Anteil Nadel- oder Mischwald, Gehölze, Siedlungen, weites Ackerland, manchmal Gewässer) haben zwar fast immer 9-10 Spezies ergeben (dies entspricht immerhin 40-45 % des gesamten Artenspektrums in der BRD), doch ist diese Quote in ihrer Wertung nicht mit einer Tiergruppe wie z. B. der Avifauna gleichzusetzen. Für sie gilt eine andere binnenländische Arten-Areal-Beziehung (BANSE & BEZZEL 1984).

### Danksagung

Frau ANGELIKA LEHAR übernahm redaktionelle Arbeiten, Frau VERONIKA GRAD die Übersetzung ins Englische.

### Schrifttum

- AMLER, K., BAHL, A., HENLE, K., KAULE, G., POSCHLOD, P., & SETTELE, J. (Hrsg., 1999): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart (336 pp.).
- BACH, L., & RAHMELE, U. (2004): Überblick zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse – eine Konfliktabschätzung. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 7, 245-252.
- BANSE, G., & BEZZEL, E. (1984): Artenzahl und Flächengröße am Beispiel der Brutvögel Mitteleuropas. J. Orn. 125, 291-305.

- , RUNKEL, V., & LEHAR, A. (2009): Windanlage Unterlisenbach-Wilhelmsdorf. Gondelmonitoring Fledermäuse. 1. Zwischenbericht. Unveröff. Gutachten. Schönhofen/Regensburg (10 pp.).
- 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.
- BERGEN, F. (2002): Einfluss von Windenergieanlagen auf die Raum-Zeitnutzung von Greifvögeln. In: Technische Universität Berlin, Institut für Landschafts- und Umweltplanung (Hrsg.): Tagungsband zur Fachtagung Windenergie und Vögel – Ausmaß und Bewältigung eines Konflikts, p. 86-96.
- BRANDT, U., BUTENSCHÖN, S., & RATZBOR, G. (2005): Grundlagenarbeit für eine Informationskampagne „Umwelt- und naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore)“ – Analyseteil. Unveröff. Bericht i. A. DNR mit Förderung vom Bundesumweltministerium u. Umweltbundesamt. Lehrte-Aligse (132 pp.).
- BRINKMANN, R. (2004): Welchen Einfluss haben Windkraftanlagen auf jagende und wandernde Fledermäuse in Baden-Württemberg? Tagungsführer Akad. Natur- u. Umweltsch. Bad.-Württ. H. 17.
- , NIERMANN, I., BEHR, O., MAGES, J., & REICH, M. (2009): Fachtagung „Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen“. Bundesforschungsprojekt Univ. Hannover u. Erlangen sowie weiterer Partner. Ausgangspunkt und Ziele des Forschungsvorhabens. Hannover.
- , & SCHAUER-WEISSHAHN, H. (2006): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Unveröff. Gutachten. Gundelfingen (66 pp.).
- BUND Bremen (Hrsg., 1999): Themenheft „Vögel und Windkraft“. Bund f. Umwelt u. Natursch. Deutschland, LV Bremen. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. **4**, 1-180.
- BUND Bremen (Hrsg., 2004): Themenheft „Vögel und Fledermäuse im Konflikt mit der Windenergie – Erkenntnisse zur Empfindlichkeit“. Bund f. Umwelt u. Natursch. Deutschland, LV Bremen. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. **7**, 1-294.
- DIETZ, C., VON HELVERSEN, O., & NILL, D. (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Franckh-Kosmos Verlag. Stuttgart (399 pp.).
- DÜRR, T. (2004): Vögel als Anflugopfer an Windenergieanlagen in Deutschland – ein Einblick in die bundesweite Funddatei. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. **7**, 221-228.
- (2007): Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N. F.)* **12**, 238-252.
- (2008a): Fledermausverluste an Windenergieanlagen. Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg, Stand: 19.11.2008. Unveröff. xls-Datei. Buckow.
- (2008b): Fledermausverluste als Datengrundlage für betriebsbedingte Abschaltzeiten von Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N. F.)* **13**, 171-176.
- , & BACH, L. (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. **7**, 253-263.
- 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.
- , -, ADORF, F., & VON LAAR, B. (2007): Neue bioakustische Methoden zur Erfassung der Höhenaktivität von Fledermäusen an geplanten und bestehenden WEA-Standorten. Teil 1: Technik, Methodik und erste Ergebnisse der Erfassung von Fledermäusen in WEA-relevanten Höhen. *Ibid.* **12**, 131-140.
- HAENSEL, J. (2007a): Aktionshöhen verschiedener Fledermausarten nach Gebäudeeinflügen in Berlin und nach anderen Informationen mit Schlussfolgerungen für den Fledermausschutz. *Ibid.* **12**, 141-151.
- (2007b): Zur Fledermausfauna auf der Vorhabensfläche des geplanten Windparks Kablow bei Berlin. *Ibid.* **12**, 253-276.
- HÖTKER, H. (2006): Auswirkungen des „Repowering“ von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse. Michael-Otto-Inst. im NABU, Forschungs- und Bildungszentrum für Feuchtgebiete und Vogelschutz (40 pp.).
- , THOMSEN, K.-M., & KÖSTER, H. (2004): Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen. Michael-Otto-Inst. im NABU, gefördert vom Bundesamt f. Naturschutz (80 pp.).
- KOLODZIEJCOK, K.-G., & RECKEN, J. (2009): Naturschutz und Landschaftspflege und einschlägige Regelungen des Jagd- und Forstrechts. Loseblatt-Sammlung. Erich Schmitt Verlag Berlin.
- KRAPP, F. (Hrsg., 2001): Handbuch der Säugetiere Europas. Bd. 4: Fledertiere; Teil I: Chiroptera I (*Rhinolophidae*, *Vespertilionidae*). AULA-Verlag. Wiebelsheim (603 pp.).
- (Hrsg., 2004): Handbuch der Säugetiere Europas. Bd. 4: Fledertiere; Teil II: Chiroptera II (*Vespertilionidae* 2, *Molossidae*, *Nycteridae*). AULA-Verlag. Wiebelsheim (582 pp.).
- KUSENBACH, J. (2005): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermäuse. Landschaftspf. Natursch. Thür. **42**, 56-61.
- MESCHEDE, A., HELLER, K.-G., & BOYE, P. (2002): Ökologie, Wanderungen und Genetik von Fledermäusen in Wäldern. Untersuchungen als Grundlage für den Fledermausschutz. *Schr.R. Landschaftspf. Natursch. H. 71*, 1-288.

- , -, & LEITL, R. (2002): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern unter besonderer Berücksichtigung wandernder Arten. 2. Aufl. Ibid. H. 66, 1-374.
- , & RUDOLPH, B.-U. (2004): Fledermäuse in Bayern. Ulmer Verlag. Stuttgart (411 pp.).
- RAHMEL, U., BACH, L., BRINKMANN, R., DENSE, C., LIMPENS, H. J. G. A., MÄSCHER, G., REICHENBACH, M., & ROSCHEN, A. (1999): Windkraftplanung und Fledermäuse – Konfliktfelder und Hinweise zur Erfassungsmethodik. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 4, 155-161.
- RANDLER, C. (2001): Ziehen Abendsegler (*Nyctalus noctula*) bei Tag? *Nyctalus* (N. F.) 7, 643-645.
- RODRIGUES, L., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., GOODWIN, J., & HARBUSCH, C. (2008): Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten. EUROBATS-Publ. Ser. No. 3, 1-57.
- SEICHE, K., ENDL, P., & LEIN, M. (2007): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie 2006. *Nyctalus* (N. F.) 12, 170-181.
- , -, & - (2008): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006. Studie i. A. Bundesverband Wind-Energie e. V. (BWE) und der Vereinigung zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien e. V. (VEE Sachsen e. V.). Hrsg.: Sächs. LA Umwelt u. Geologie (62 pp.).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Nyctalus – Internationale Fledermaus-Fachzeitschrift](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [NF\\_15](#)

Autor(en)/Author(s): Banse Günther

Artikel/Article: [Ableitung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Windenergieanlagen über biologische Parameter 64-74](#)