Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten

Von IVO NIERMANN¹, Hannover, OLIVER BEHR², Erlangen, und ROBERT BRINKMANN¹, Hannover

1 Einleitung

Erste Hinweise darauf, dass Fledermäuse mit Windenergieanlagen (WEA) kollidieren können, ergaben sich aus Zufallsfunden toter Tiere unter den Anlagen (TATE 1952, HALL & RICHARDS 1972, VIERHAUS 2000) und im Rahmen von Untersuchungen zu Schlagopfern bei Vögeln (OSBORN et al. 1996). Es folgten weitere zufällige Beobachtungen dieses Sachverhalts und mehr oder weniger systematische Nachsuchen unter WEA, die zum Ziel hatten, die aus Kollisionen resultierenden Fledermausopfer zu quantifizieren.

In Deutschland wurden die Ergebnisse dieser Einzelbeobachtungen und -untersuchungen von Anfang an in einer bundesweiten Schlagopferkartei zusammengefasst (DÜRR 2002, DÜRR & BACH 2004, DÜRR 2007). Den Personen, die an der Erstellung dieser Kartei arbeiten, ist es zu verdanken, dass inzwischen Informationen zum betroffenen Artenspektrum, zur jahreszeitlichen Verteilung und zu naturräumlichen Zusammenhängen des Phänomens Fledermausschlag an WEA vorliegen.

Die Suche nach Schlagopfern ist aktuell die wohl am häufigsten eingesetzte Methode, um etwaige Beeinträchtigungen von Fledermäusen durch bestehende WEA zu untersuchen. In vielen Fällen werden Nachsuchen als Bestandteil eines Monitorings während des Genehmigungsverfahrens für WEA-Standorte als Auflage festgesetzt. Gründe hierfür sind, dass das Auffinden von Schlagopfern am unmittelbarsten und augenscheinlichsten die Beein-

trächtigung von Fledermäusen durch WEA verdeutlicht und dass Nachsuchen mit einem geringen technischen Aufwand durchgeführt werden können.

Um aus Nachsuchen Rückschlüsse etwa auf die Beeinträchtigung lokaler Populationen ziehen zu können, ist es entscheidend, die Anzahl verunglückter Tiere zumindest in ihrer Größenordnung korrekt zu ermitteln. Nur in wenigen Untersuchungen werden jedoch Anstrengungen unternommen, Nachsuchen nicht nur zum qualitativen, sondern auch zum quantitativen Nachweis von Kollisionsopfern einzusetzen. Das Hauptproblem hierbei ist, dass Aufsammlungen von Fledermauskadavern unter WEA zu einer unrealistischen Einschätzung der tatsächlichen Zahl von Kollisionsopfern führen können (z. B. OSBORN et al. 1996, KERNS 2004, KERNS et al. 2005, BRINKMANN et al. 2006). Für die Unterschiede zwischen der Zahl aufgefundener Kadaver und der Kollisionsopferzahl sind in erster Linie drei methodische Probleme verantwortlich:

- Die Tatsache, dass häufig nicht die gesamte in Betracht kommende Fläche unter den Anlagen abgesucht wird oder absuchbar ist,
- das Übersehen von Kadavern bei der Nachsuche sowie
- der Abtrag von Kadavern von den Flächen.

Um quantitative Aussagen zur Schlagopferzahl treffen zu können, müssen alle drei methodischen Fehler ermittelt und die Ergebnisse entsprechend rechnerisch korrigiert werden (KERNS et al. 2005, BRINKMANN et al. 2006). Auf die mathematischen Verfahren zur Errechnung realistischer Schlagopferzahlen wird

¹ Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Straße 2, D-30419 Hannover

² Universität Erlangen, Institut für Zoologie, Lehrstuhl II, Staudtstraße 5, D-91058 Erlangen

in diesem Beitrag nicht eingegangen (siehe dazu z. B. KERNS et al. 2005).

Wie für Totfundnachsuchen insgesamt, so gilt auch für Untersuchungen, in denen die genannten Faktoren berücksichtigt werden, dass die von verschiedenen BearbeiterInnen eingesetzte Methodik stark variiert und damit ein Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Studien erschwert wird. Bislang existieren in der Literatur nur wenige Empfehlungen zur Durchführung von fledermausbezogenen Totfundnachsuchen (z. B. Land Brandenburg 2003, KUNZ 2004).

In diesem Beitrag wollen wir einen Überblick über die existierenden Informationen zu Fledermaus-Totfundnachsuchen unter WEA geben. Anhand veröffentlichter Ergebnisse aus Nachsuchen nach Fledermaus-Kadavern unter WEA wird eine kurze Einführung in die gängige Methodik gegeben. Ein besonderes Augenmerk richten wir dabei auf die jeweilige Behandlung der erwähnten methodischen Probleme. Anhand von Totfund-Daten aus eigenen Untersuchungen verdeutlichen wir darüber hinaus beispielhaft die bei Totfundnachsuchen auftretenden methodischen Probleme. Wir hoffen mit diesem Beitrag Hinweise und Anregungen für die Konzeption und Durchführung solcher Untersuchungen zu geben, die zu einer Vereinheitlichung der Vorgehensweise führen und damit die Vergleichbarkeit der Resultate verbessern.

2 Durchführung der Nachsuche

Für die systematische Suche nach Totfunden unter WEA werden die in Frage kommenden Flächen in regelmäßigen zeitlichen Abständen auf Kadaver kontrolliert. Die Untersuchungsflächen werden dabei in konzentrischen Kreisen oder parallelen Transekten in möglichst einheitlicher, langsamer Geschwindigkeit abgelaufen. Dabei erfolgt die Suche nach den toten Fledermäusen beidseitig des Transekts. Detaillierte, aber teilweise standortabhängige und damit divergierende Angaben unter anderem zur Transektbreite und zur Suchgeschwindigkeit finden sich z. B. bei KERNS et al. (2005: Transektbreite 10 m, Suchgeschwindigkeit 13-15 m/min), YOUNG et al. (2003: Transekt-

breite 8-10 m, Suchgeschwindigkeit 45-55 m/min), JOHNSON et al. (2003: Transektbreite von 6 m, Suchgeschwindigkeit von 30-45 m/min), ERICKSON et al. (2003: Transektbreite von 6 m, Suchgeschwindigkeit von 45-60 m/min) und OSBORN et al. (1996: Transektbreite von 5-11 m). Teilweise werden die äußeren Grenzen der Untersuchungsflächen mit gut sichtbaren Pflöcken dauerhaft markiert (TRAXLER et al. 2004).

3 Abzusuchende Fläche

Die Größe der Fläche, auf der potenziell Kadaver von Fledermäusen zu finden sind, die mit WEA kollidieren, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Entscheidend sind zum einen die Höhe der WEA und der Radius des Rotors. Zum anderen ist es von Bedeutung, ob die Tiere nach der Kollision senkrecht zum Boden fallen oder durch Wind, Eigenbewegung (z. B. bei verletzten Tieren) oder Beschleunigung durch die Kollision mit dem Rotor verdriftet werden.

In den bislang veröffentlichten Studien wurde ein großer Teil der verunglückten Tiere relativ nahe am Mastfuß gefunden. Als Beispiele seien hier die von KERNS et al. (2005) untersuchten Standorte „Mountaineer“ (Nabenhöhe 69,5 m; Rotorradius 36 m) und „Meyersdale“ (Nabenhöhe 80 m; Rotorradius 36 m) genannt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sowohl die Sucheffizienz als auch der Anteil der abgesuchten Fläche und damit die Wahrscheinlichkeit des Auffindens von Kadavern in der Regel mit dem Abstand zum Mastfuß abnehmen. Nach distanzabhängiger Korrektur für die Sucheffizienz und den Anteil der abgesuchten Fläche schätzten KERNS et al. (2005) für die oben genannten Anlagen, dass etwa 80 % der Kadaver in einem Abstand von bis zu 40 m zum Mastfuß liegen. Weniger als 1 % der Kadaver entfielen demnach auf Distanzen von mehr als 60 m. Auch bei anderen Studien in den USA wurde ein Großteil der Kadaver (mehr als 80 %) in einem Abstand vom Mastfuß gefunden, der kleiner als die halbe Gesamthöhe (Gondelhöhe plus Rotorradius) der Anlage war (ERICKSON et al. 2003, JOHNSON et al. 2003, YOUNG et al. 2003).

Aus diesen Ergebnissen wurde die Minimalforderung abgeleitet, dass die abzusuchende Fläche mindestens so groß sein sollte, wie die vom Rotor überstrichene Fläche (d. h. Rotorradius ist kleiner als bzw. gleich Suchradius - KUNZ 2004). Für das Bundesgebiet liegt eine Empfehlung des Landes Brandenburg (2003) vor, die über diesen Wert hinaus geht, sie schlägt für WEA bis 120 m Gesamthöhe einen Suchradius vor, der dem Rotorradius plus 30 m entspricht (WEA bis 150 m Höhe: Rotorradius plus 50 m, WEA höher 150 m: Rotorradius plus 75 m). Andere Autoren schlagen generell den Rotorradius plus 50 m als Suchradius vor (DÜRR & BACH 2004). Aus Fallversuchen mit Vögeln wurde dagegen die allgemeine Empfehlung abgeleitet, den Suchradius bei Untersuchungen des Vogelschlages entsprechend der Gesamthöhe der Anlage zu wählen (GRÜNKORN et al. 2005).

Die derzeitige Praxis bei Totfundnachsuchen in Deutschland konzentriert sich auf einen Radius von 40 bis 60 m um den Mastfuß (siehe Tab. 1), ohne dass jedoch Untersuchungen für den europäischen Raum vorlägen, die ein solches Vorgehen wissenschaftlich begründen würden. In diesem Suchraum werden vermutlich vorrangig jene Tiere gefunden, die – nach der Kollision mit den Rotoren und der Verdriftung durch geringe Windgeschwindigkeiten – mehr oder weniger direkt zu Boden fallen. Dabei spielten das Gewicht und die Größe der Tiere eine wichtige Rolle. Bei Verdriftungsexperimenten konnte erwartungsgemäß festgestellt werden, dass kleine und leichte Tiere durch Seitenwind leichter verdriftet werden als größere (GRÜNKORN et al. 2005). Dagegen könnten Tiere, die nach einer Kollision (zunächst) noch am Leben sind (BRINKMANN et al. 2006, JOHNSON et al. 2004, KERNS et al. 2005) auch außerhalb dieser Untersuchungsfläche landen. Auffallend ist, dass auch tote Tiere in einer kauenden Haltung und mit eingefalteten Flügeln gefunden werden, bei denen daher angenommen werden kann, dass sie zum Zeitpunkt des Auftreffens auf dem Boden noch lebten und sich ggf. krabbelnd fortbewegen konnten. Auch Tiere, die unmittelbar von den Rotoren getroffen und dabei stark beschleunigt werden, könnten außerhalb

der Suchfläche zu Boden gehen. Das Problem des Eiswurfs liefert hier Hinweise auf mögliche Maximalentfernungen (100 m bei DURSTEWITZ 2003, 120 m bei BMU 2006). Ein Zufallsfund eines Schlagopfers in einer Entfernung von 95 m von der nächsten Anlage (eigene Beobachtungen) belegt, dass Kadaver auch außerhalb der normalerweise untersuchten Flächen zu finden sind.

4 Bestimmung der Methodenfehler

Wie bereits aufgezeigt wurde (Kap. 1), ist die Quantifizierung der methodischen Fehler die zentrale Voraussetzung, um die Anzahl der tatsächlich zu Tode kommenden Tiere zutreffend abschätzen zu können. Nur auf der Basis einer möglichst genauen Schlagopferzahl kann die Erheblichkeit der Beeinträchtigung von lokalen Populationen beurteilt werden. Weniger offensichtlich, aber ebenso zutreffend ist, dass auch die festgestellte Anzahl der betroffenen Arten von den eingesetzten Methoden abhängt und aufgrund der dargestellten Unzulänglichkeiten der Methoden unvollständig sein kann. So ist es möglich, dass bei Untersuchungen mit methodisch bedingt geringen Fundraten Arten, die vergleichsweise selten verunglücken (etwa weil sie am Standort nur selten auftreten), überhaupt nicht gefunden werden. Die Bestimmung des Einflusses der methodischen Fehler ist daher eine entscheidende Voraussetzung zur Beurteilung auch der qualitativen Ergebnisse.

Um den Einfluss dieser Faktoren aufzuzeigen, lassen sich verschiedene Beispiele aufführen. So errechneten beispielsweise BRINKMANN et al. (2006) auf Basis von 35 von August bis Oktober gefundenen Kadavern eine korrigierte Kollisionsopferzahl von 335 Tieren an 16 WEA. KERNS et al. (2005) fanden in einem Zeitraum von sechs Wochen im Mittel 2,4 Kadaver je Anlage (siebentägige Suchintervalle, Standort „Mountaineer“) und errechneten daraus eine korrigierte mittlere Opferzahl von 14,1 Tieren je Anlage. BRINKMANN et al. (2006) errechneten für einzelne WEA eine Relation von gefundenen zu tatsächlich zu Tode gekommenen Tieren von bis zu etwa 1:11.

Im Extremfall können also die im Folgenden dargestellten Faktoren zu einer drastischen Reduzierung der Zahl der auf den abgesuchten Flächen zu findenden Kadaver führen, so dass die Aussagekraft der erhobenen Daten auch unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren stark eingeschränkt bleibt. Zumindest in solchen Fällen sollten zur Absicherung der getroffenen Aussagen alternative Methoden, wie etwa die akustische Aktivitätserfassung im Gondelbereich, herangezogen werden.

4.1 Absuchbarkeit der Fläche

An den meisten WEA-Standorten ist es nicht möglich, die gesamte in Betracht kommende Fläche unter den Anlagen gleichmäßig gut abzusuchen. Teilbereiche können i. d. R. sehr gut abgesucht werden (z. B. frisch geschotterte Kranstellplätze oder Wege), während andere Bereiche z. B. lückige Vegetation aufweisen, die eine Suche erschwert, weil die Kadaver auf diesem Untergrund visuell kaum wahrnehmbar sind. Daneben sind häufig Flächenanteile stark bewachsen, bewaldet, schwer zugänglich oder aus anderen Gründen derart unübersichtlich, dass eine Nachsuche dort nicht sinnvoll durchgeführt werden kann.

In solchen Fällen wird häufig eine Klassifizierung von Flächenanteilen hinsichtlich der Absuchbarkeit durchgeführt. Gängig ist hier die Bildung von drei bis vier Klassen (z. B. offen bis stark überwachsen). Für jede Klasse ist dann der spezifische Flächenanteil an der Gesamtfläche zu ermitteln und bei der anschließenden Korrektur der Totfundzahlen zu berücksichtigen (z. B. KERNS et al. 2005, BRINKMANN et al. 2006). Der Flächenanteil, in dem die Suche dann sinnvoll durchgeführt werden kann, schwankt in Abhängigkeit von den Verhältnissen beträchtlich (siehe Tab. 1). In einigen Untersuchungen konnte die gesamte Fläche abgesucht werden (z. B. ERICKSON et al. 2003, JOHNSON et al. 2003). Teilweise wurde der Boden zur Optimierung der Absuchbarkeit gezielt bearbeitet (Mahd, Eggen - z. B. TRAXLER et al. 2004, JAIN et al. i. Dr.). Generell schwankt der Anteil der tatsächlich absuchbaren an der hierfür theoretisch in Frage kommenden Fläche stark zwischen verschiedenen

Untersuchungen: 74 % bzw. 54 % bei KERNS et al. (2005), 40 % bei TRAPP et al. (2002) oder nur 24 bis 25 % trotz der Durchführung gezielter Maßnahmen zur Verbesserung der Absuchbarkeit bei JAIN et al. (i. Dr.). An Standorten im Wald ist der absuchbare Flächenanteil häufig noch geringer (z. B. 22 % bzw. 11 % bei BEHR & VON HELVERSEN 2005, 2006).

4.2 Nachsucheffizienz

Die Sucheeffizienz ist mit der Absuchbarkeit der Flächen korreliert, erweitert die Fehlerbetrachtung allerdings auf die individuellen Fähigkeiten der BearbeiterInnen. So ist es auch bei guter Übersichtlichkeit der Flächen und hoher Aufmerksamkeit der nachsuchenden Person nicht möglich, sämtliche vorhandenen Kadaver tatsächlich zu finden.

Zur Quantifizierung der individuellen Sucheeffizienz wurden bislang entweder Attrappen (BRINKMANN et al. 2006, JOHNSON et al. 2004), Vögel (YOUNG et al. 2003, JAIN et al. i. Dr.), Mäuse (BEHR & VON HELVERSEN 2006) oder Fledermäuse (KERNS et al. 2005) verwendet. Diese werden in der Regel so im Untersuchungsgebiet platziert, dass alle hinsichtlich der Absuchbarkeit differenzierten Flächentypen berücksichtigt werden. Die Sucheeffizienz errechnet sich aus dem Verhältnis der gefundenen zur Gesamtzahl der ausgebrachten Objekte. Die Sucheeffizienz schwankt in Abhängigkeit von den Sichtverhältnissen (Vegetation, Oberflächenstruktur) an den Anlagen und der Aufmerksamkeit der BearbeiterInnen beträchtlich (siehe Tab. 1). BRINKMANN et al. (2006) ermittelten in offenen Bereichen eine Sucheeffizienz von 84 %, in überwachsenen sowie in stark überwachsenen Bereichen von 77 % bzw. 40 %. BEHR & VON HELVERSEN (2006) differenzierten dagegen die Sucheeffizienz nach der Entfernung zum Mastfuß und errechneten Sucheeffizienzen für verschiedene Entfernungsklassen (0-10 m: 71 %, 10-20 m: 78 %, 20-30 m: 58 % und 30-60 m: 20 %). In zwei unterschiedlichen Windparks in den USA differenzierten KERNS et al. (2005) verschiedene Sichtbarkeits- und Entfernungsklassen und ermittelten dort eine durchschnittliche Sucheeffizienz von 44 % bzw. 26 % (siehe Tab. 1).

Die Nachsucheffizienz kann sich ggf. durch Vegetationswachstum oder Übung der nachsuchenden Personen im Laufe einer Studie ändern (z. B. BEHR & VON HELVERSEN 2006). In solchen Fällen sollten mehrfache Tests zur Suche nach Effizienz durchgeführt werden.

Grundsätzlich kann der Anteil der gefundenen Schlagopfer mit Hilfe von zur Suche ausgebildeten Hunden erhöht werden. ARNETT (2005) hat die Suche nach Effizienz von Nachsuchen mit und ohne Hunde verglichen. Er konnte feststellen, dass die Suche nach Effizienz zwar unter verschiedenen Bedingungen (z. B. Gelände- und Vegetationsstruktur) stark variierte, die Nachsuche mit Hunden jedoch in jedem Fall deutlich höhere Fundzahlen ergab. So wurden ohne Hund an zwei verschiedenen Standorten im Mittel 42 % bzw. 14 % der Kadaver entdeckt, während mit Hund unter gleichen Bedingungen 71 % bzw. 81 % der Tiere gefunden wurden. Insbesondere auf unübersichtlichen Flächen (z. B. mit hoher Vegetation) erbrachte die Einbindung von Hunden deutlich höhere Fundraten.

4.3 Schwundrate

Fledermauskadaver werden – wie andere Tierkadaver – durch Prädatoren und Aasfresser (z. B. Füchse, Dachse, Wildschweine, Krähen, Nager, Totengräberkäfer und Wespen) gefressen, verschleppt, vergraben oder bis zur Unkenntlichkeit zerlegt. Entsprechend reduziert sich die Wahrscheinlichkeit, dass die Kadaver bei der nächsten Nachsuche gefunden werden. Die Schwundrate hängt in erster Linie vom Vorkommen und der Aktivität von Aasfressern ab, eventuell auch von vorherigen Erfahrungen, die diese Tiere unter den Anlagen gemacht haben. Finden sich hier öfter Kadaver, ist die regelmäßige Suche unter den Anlagen ein nahe liegendes Verhalten, das verschiedentlich beobachtet werden konnte (eigene Beobachtungen). Die Aktivität von Insekten scheint die Schwundrate entscheidend zu beeinflussen. So können Totengräberkäfer eine Fledermaus, je nach Bodenbeschaffenheit, innerhalb von zwei bis fünf Stunden eingraben (BRINKMANN et al. 2006). Auch Wespen können Kadaver in der Größe einer Fleder-

maus zügig zerlegen (BEHR et al. 2006). So stellten JOHNSON et al. (2003) an einem Standort fest, dass nahezu der gesamte Abtrag durch Insekten erfolgte. Auch bei YOUNG et al. (2003) erfolgte der Abtrag während des Sommers vorrangig durch Insekten (Käfer, Ameisen und Maden).

Um die Schwundrate für Fledermäuse zu quantifizieren, werden Modellorganismen ausgelegt. Die Zeitspanne, in der diese auf den Flächen auffindbar bleiben, wird durch Kontrollen ermittelt, die nach der Ausbringung in kurzen, möglichst täglichen Abständen erfolgen sollten. Als Modellorganismen wurden bislang Kleinvögel (ERICKSON et al. 2003, YOUNG et al. 2003, TRAXLER et al. 2004), weiße Labormäuse (BEHR & VON HELVERSEN 2005) und dunkle Farbmäuse (BRINKMANN et al. 2006, BEHR & VON HELVERSEN 2006) verwendet. Letztere entsprechen am ehesten mittelgroßen Fledermäusen in Größe, Färbung und Oberfläche.

Wie gut sich diese Tiere als Ersatz für Fledermauskadaver eignen, ist jedoch bislang kaum untersucht worden. Ideal ist daher die Verwendung von Fledermäusen zur Ermittlung der Schwundrate (z. B. KERNS et al. 2005). KERNS et al. (ebd.) nutzten die aufgefundenen Fledermauskadaver um die Schwundrate zu ermitteln. Dazu wurden die gefundenen Tiere unauffällig markiert und entweder an Ort und Stelle belassen oder auf den Flächen verteilt (differenziert nach Vegetationsstrukturklassen). In der genannten Arbeit wurde zusätzlich die Schwundrate von frisch toten Fledermäusen mit der von zuvor eingefrorenen verglichen. Frisch tote Fledermäuse wurden signifikant schneller abgetragen als zuvor eingefrorene (mittlere Verweildauer auf den Flächen 2,9 bzw. 5,5 Tage).

Aus verschiedenen Untersuchungen zur Schwundrate, die in den letzten Jahren durchgeführt worden sind (siehe Tab. 1), ist inzwischen ersichtlich, dass diese stark standortabhängig ist. So ermittelten beispielsweise KERNS et al. (2005) im Rahmen einer Untersuchung mit vergleichbarer Methodik, jedoch an zwei verschiedenen Standorten Schwundraten von 70 % bzw. 3 % nach einem Tag und von 95 % bzw. 16 % nach einer Woche (zu Unterschie-

den in der Absuchbarkeit siehe KERNS et al. (2005). Für Kleinvögel ermittelten JAIN et al. (i. Dr.) eine Schwundrate von bis zu 93 % für den zweiten Tag. Vergleichbar hohe Schwundraten konnten an verschiedenen Standorten im Regierungsbezirk Freiburg erst am sechsten Tag ermittelt werden (BRINKMANN et al. 2006).

Bei zwei eigenen Untersuchungen an WEA-Standorten im südlichen Schwarzwald („Freiburg“ und „Fröhnd“) wurden dunkle Farbmäuse zur Quantifizierung der Schwundrate verwendet (BEHR & VON HELVERSEN 2006). Während jeder der in zweitägigem Turnus durchgeführten Nachsuchen wurde jeweils eine Maus an einem Zufallspunkt auf den ausgesuchten Flächen ausgelegt (hierdurch sollten hohe Zahlen von gleichzeitig auf den Flächen liegenden Kadavern und damit eine Konditionierung von Aasfressern vermieden werden). Bei den folgenden Kontrollen (Tag zwei, vier, usw.) wurde dann registriert, welche der ausgelegten Tiere noch auf der Fläche nachweisbar waren. Die Ergebnisse waren relativ einheitlich für verschiedene Untersuchungsmonate an einem Standort, unterschieden sich jedoch deutlich zwischen den beiden Standorten. Am ersten Kontrolltermin (Tag 2) nach Auslegen der Mäuse wurden im Mittel noch 22 % (Fröhnd) bzw. 77 % (Freiburg) der Tiere wieder gefunden, am zweiten Kontrolltermin (Tag 4) noch 4 % bzw. 48 %. Nach spätestens zehn bzw. zwölf Tagen seit Auslegen waren alle Tiere von den Flächen verschwunden. Die hohe Schwundrate am Standort Fröhnd war sehr wahrscheinlich auf eine höhere Aktivität aasfressender Säuger oder Vögel zurückzuführen, da hier nur relativ selten Insekten an den Kadavern beobachtet wurden.

Unterschiedliche Ergebnisse liegen für die Frage vor, wie stark die Schwundrate in Abhängigkeit von der Jahreszeit schwankt. JAIN et al. (i. Dr.) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Schwundrate im Frühjahr, Sommer und Herbst feststellen. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich aus den oben zitierten eigenen Untersuchungen an zwei Standorten im südlichen Schwarzwald für den Sommer und Herbst (BEHR & VON HELVERSEN 2006). ERICKSON et al. (2003) stellten

hingegen bei Vogelkadavern im Sommer die geringste Schwundrate fest. Andererseits wurden in anderen Untersuchungen hauptsächlich Insekten für den Schwund von Fledermauskadavern verantwortlich gemacht (z. B. JOHNSON et al. 2003), was dazu führen müsste, dass die Schwundrate auf diesen Flächen im Sommer und Spätsommer ihren Höhepunkt erreicht.

Neben der jahreszeitlichen Schwankung ist die Frage ungeklärt, wie stark die Schwundrate an den verschiedenen Anlagenstandorten innerhalb eines Windparks voneinander abweichen kann. Da die Standorte der einzelnen WEA eines Windparks oft strukturell unterschiedlich sind (z. B. Nähe zum Wald), ist zu vermuten, dass die Schwundrate entsprechend variiert.

Starken Einfluss auf die Höhe der Schwundrate hat die Länge der Kontrollintervalle. Nach bisherigen Erkenntnissen treten Kollisionsopfer in der Regel nicht gleichmäßig verteilt über den Kontrollzeitraum, sondern oft zeitlich gehäuft auf. Daher ist für den Nachweis von Totfunden entscheidend, wie lange der Todeszeitpunkt vor dem nächsten Kontrolltermin liegt. Für einen längeren Zeitraum ist zu erwarten, dass mehr Tiere bis zum nächsten Kontrolltermin verschwinden. Es kommt somit zu einer Unterschätzung der Opferzahlen. Lag der Todeszeitpunkt dagegen kurz vor dem Kontrolltermin, kommt es zu einer Überschätzung der Opferzahlen, da bei der Korrektur für die Schwundrate über das gesamte Kontrollintervall gemittelt wird.

Diesen Effekt konnten KERNS et al. (2005) beispielhaft untersuchen indem sie an zwei Standorten sowohl tägliche wie auch wöchentliche Totfundnachsuchen durchführten. Dadurch war es ihnen möglich, die Anzahl der Tiere auf der Basis dieser beiden Suchintervalle zu errechnen. Eine wöchentliche Kontrolle hätte – trotz der Einbeziehung von Korrekturfaktoren in Bezug auf die Schwundrate – zu einer Unterschätzung der Opferzahlen um den Faktor drei geführt, da die höchsten Fallzahlen zufällig immer ein oder zwei Tage nach einer gerade durchgeführten wöchentlichen Kontrolle auftraten. Umgekehrt kann geschlossen werden, dass die Zahl von Totfunden etwa im gleichen Umfang überschätzt

worden wäre, wenn die höchsten Opferzahlen zufällig immer kurz vor dem wöchentlichen Kontrolltermin gelegen hätten. Daraus folgt,

dass für eine genaue Ermittlung der tatsächlichen Zahl der Kollisionsopfer möglichst kurze Suchintervalle gewählt werden sollten.

Tabelle 1. Übersicht über die Nachsuchmethodik bei verschiedenen Arbeiten zur Schlagopfersuche von Fledermäusen an WEA

Autoren	Suchraum	Suchfrequenz	durchschnittlich absuchbare Fläche	durchschnittliche Sucheffizienz	Modellobjekte/Schwundrate (ausgelegt am Tag 0)	Dauer einer Einzelkontrolle (je WEA)
BEHR & VON HELVERSEN 2005 Standort „Freiburg“	100 m Radius um Turmfuß	im Mittel 3-tägig	22 %	nicht ermittelt	Weißer Labormäuse an 4 WEA: 1. Tag: 8 % 5. Tag: 30 % 8. Tag: 90 %	30 min
BEHR & VON HELVERSEN 2006 Standort „Freiburg“	100 m Radius um Turmfuß	2 bis 3-tägig	22 %	unterschieden nach 4 Entfernungsklassen 0-10 m: 71 % 10-20 m: 78 % 20-30 m: 58 % 30-60 m: 20 %	Dunkle Farbmäuse: 2. Tag: 23 % 4. Tag: 52 % 6. Tag: 79 % 8. Tag: 84 % 10. Tag: 96 % 12. Tag: 100 %	30 min
BEHR & VON HELVERSEN 2006 Standort „Fröhnd“	100 m Radius um Turmfuß	2 bis 3-tägig	11 %	entspr. Standort „Freiburg“	Dunkle Farbmäuse: 2. Tag: 78 % 4. Tag: 94 % 6. Tag: 97 % 8. Tag: 97 % 10. Tag: 100 %	25 min
BRINKMANN et al. 2006	50 m Radius um Turmfuß	5-tägig	WEA-abhängig: 20-100 %	differenziert für drei Sichtbarkeitsklassen: offen: 84 % überwachen: 77 % stark überwachen: 40 %	Dunkle Farbmäuse: 1. Tag: 16 % 2. Tag: 52 % 3. Tag: 62 % 4. Tag: 76 % 5. Tag: 88 % 6. Tag: 94 % 7. Tag: 94 % 8. Tag: 98 % mittlere Schwundrate nach 5 Tagen: 58,8 %	30-50 min
ERICKSON et al. 2003	90 m Radius um Turmfuß	ca. 14-tägig	100 %	44 % für Kleinvögel	Kleinvögel: 14. Tag: 75 %	90-120 min
JAIN et al. i. Dr.	Rechteck von 76 x 76 m	2 bis 3-tägig	unterschieden nach 6 Entfernungsklassen: 2003: 25 % 2004: 24 %	2003: 71 % 2004: 74 %	Kleinvögel: 2. Tag 2003: 93 % 2004: 86 %	k. A.
JOHNSON et al. 2003	Rechteck von 100 x 100 m	14-tägig	100 %	29 % für Kleinvögel	keine vergleichbare Angabe	30-45 min

Forts. Tab. 1

Autoren	Suchraum	Suchfrequenz	durchschnittlich absuchbare Fläche	durchschnittliche Sucheffizienz	Modellobjekte/ Schwundrate (ausgelegt am Tag 0)	Dauer einer Einzel- kontrolle (je WEA)
KERNS et al. 2005 Standort "Mountaineer"	Rechteck von max. 130 x 120 m	täglich	54 % (28 bis 86 %)	unterschieden nach 4 Sichtbarkeits- und 6 Entfernungsklassen: im Mittel 43,6 %	Fledermäuse 1. Tag: 70 % 2. Tag: 82 % 3. Tag: 88 % 7. Tag: 95 %	30-90 min
KERNS et al. 2005 Standort „Meyersdale“	Rechteck von max. 130 x 120 m	täglich	74 %	unterschieden nach 3 Sichtbarkeits- und 6 Entfernungsklassen: im Mittel 25,5 %	Fledermäuse: 1. Tag: 3 % 7. Tag: 16 % 16. Tag: 21 %	30-90 min
TRAXLER et al. 2004	100 m Radius um Turmfuß	täglich	100 % durch aktive Schaffung optimaler Bedingungen	in 3 Tagen 73 % (nur für Vögel)	Vögel: Schwundrate „vernachlässigbar“	60-90 min
TRAPP et al. 2002	50 m Radius um Turmfuß	täglich	40 %	nicht ermittelt	nicht ermittelt	15-30 min
YOUNG et al. 2003	Rechteck von 126 x 126 m	14-tägig	100 %	59 % für Klein- vögel	Kleinvögel: 28. Tag: 86 % Fledermäuse 28. Tag: 70 %	im Mittel 45 min

5 Empfehlungen zur Durchführung von Aufsammlungen unter WEA

Für die Erfassung der Fledermausaktivität an (potenziellen) WEA-Standorten ist in den letzten Jahren eine Reihe von methodischen Empfehlungen erarbeitet worden (BACH et al. 1999, BACH & DIETZ 2003, RAHMEI et al. 2004). Deutlich weniger Empfehlungen liegen bislang zur Durchführung von Totfundnachsuchen an bestehenden Anlagen vor (DÜRR & BACH 2004, RODRIGUES et al. 2006). Auf Basis dieser Arbeiten, der publizierten Fallstudien (vor allem aus den USA) sowie den eigenen Erfahrungen der Autoren (BRINKMANN et al. 2006, BEHR & VON HELVERSEN 2005, 2006) sollen diese Hinweise und Empfehlungen hier ergänzt und weiter präzisiert werden:

- Die Ermittlung der drei Fehlergrößen (absuchbare Fläche, Nachsucheffizienz und

Schwundrate) ist die zentrale Voraussetzung für die zutreffende Abschätzung der Schlagopferzahlen.

- Die Fehlergrößen sollten aufgrund der starken Standortabhängigkeit für jeden Windpark und ggf. jede WEA separat ermittelt werden.
- Zur Größe der abzusuchenden Fläche unter den WEA liegen bislang nur wenige Erkenntnisse vor. Der Suchradius ist daher relativ konservativ gemäß den vorliegenden Empfehlungen anzusetzen: mindestens eine Rotorlänge zzgl. 50 m (Land Brandenburg 2003, DÜRR & BACH 2004) bis zu einem Radius entsprechend der Gesamthöhe der WEA (GRÜNKORN et al. 2005, RODRIGUES et al. 2006).
- Je nach Schwundrate ist ein zeitlich möglichst enges Kontrollraster anzusetzen, bis hin zu einer täglichen Nachsuche (RODRIGUES et al. 2006).

- Um wenigstens einem Teil der potenziellen Prädatoren zuvor zu kommen, sollte die Nachsuche vorrangig in den frühen Morgenstunden erfolgen.
- Werden je Untersuchungstermin jeweils mehrere Anlagen kontrolliert, empfiehlt sich ein Wechsel der Reihenfolge.
- Je nach Struktur des Untersuchungsgebietes ist von einem Arbeitsaufwand von 30-60 Minuten je Anlage auszugehen (vgl. KUNZ 2004).
- Die persönliche Sucheeffizienz aller beteiligten BearbeiterInnen ist zu ermitteln.
- Zeigt die Ermittlung der Korrekturfaktoren, dass nur ein kleiner Teil der Tiere überhaupt gefunden werden kann, muss der Untersuchungsaufwand entsprechend angepasst werden, um verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Es besteht also eine Abhängigkeit zwischen der nötigen Untersuchungsintensität und der Größe der Methodenfehler. Eine Erhöhung der Fundrate kann z. B. durch eine höhere Untersuchungsfrequenz, die Vergrößerung der absuchbaren Flächen durch Bodenbearbeitung (z. B. Mahd, Egen - JAIN et al. i. Dr.) oder durch den Einsatz von ausgebildeten Hunden erzielt werden (ARNETT 2005). Gegebenenfalls sind getroffene Aussagen durch ergänzende Methoden (z. B. akustisches Aktivitätsmonitoring im Gondelbereich) zu stützen.
- Die Ermittlung der Fehlergrößen, insbesondere der Schwundrate, sollte begleitend während der Gesamtdauer der Untersuchung erfolgen (RODRIGUES et al. 2006).
- Wo dies möglich ist (hohe Schlagopferzahlen und enge Kontrolldichte) sollte unter anderem aus Gründen der Repräsentativität die Schwundrate mit Hilfe der vorgefundenen Fledermauskadaver ermittelt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bezüglich der methodischen Herangehensweise an Totfundnachsuchen noch eine Vielzahl offener Fragen besteht (z. B. Größe der abzusuchenden Fläche unter den WEA), die im Rahmen weiterer spezieller Untersuchungen geklärt werden müssen (vgl. BRINKMANN et al. in diesem Band).

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) geförderten Forschungsvorhabens erstellt.

Zusammenfassung

Auf Grundlage einer Literaturoswertung sowie eigenen Erfahrungen stellen wir methodische Fehlerquellen dar, die bei der Suche nach Fledermauskadavern unter Windenergieanlagen und bei der Interpretation der Ergebnisse von Bedeutung sein können. Fehlerquellen sind neben der meist eingeschränkten Absuchbarkeit der Flächen die Sucheeffizienz der BearbeiterInnen sowie die Schwundrate der Kadaver. Weiterhin haben die Wahl der Größe der Untersuchungsflächen und die Länge der Untersuchungsintervalle einen Einfluss auf das Ergebnis. Die Ursachen der genannten Fehlerquellen sowie potenziell resultierende Beeinträchtigungen des Untersuchungsergebnisses werden aufgezeigt und diskutiert. Es werden Empfehlungen und Hinweise für die Durchführung von Aufsammlungen unter Berücksichtigung der genannten Fehlerquellen abgeleitet. Zentral ist dabei die Feststellung, dass die Quantifizierung standortspezifischer Korrekturfaktoren eine notwendige Voraussetzung für die zutreffende Abschätzung der Schlagopferzahlen ist.

Summary

Methodological indications and recommendations for the estimation of the number of bat fatalities at wind energy facilities by ground surveys

We present a literature review of the methods used to quantify bat fatalities at wind energy facilities. We mainly focus on methodological biases that may adulterate the number of carcasses found by ground searches. Such biases may arise from the percentage of area below the facilities actually searched, the search efficiency and the rate of carcass removal by scavengers. The cause of possible biases and their potential detrimental effect on the results of fatality studies are discussed. Indications and recommendations for ground surveys at wind energy facilities are given that may help to minimize methodological biases. We conclude that the site-specific quantification of methodological biases and an adequate correction are prerequisites for the assessment of bat fatalities at wind energy facilities.

Schrifttum

ARNETT, E. B. (2005): Use of dogs to recover bat and bird fatalities at wind farms, 117-124. In: ARNETT, E. B. (ed.): Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas.

- BACH, L., BRINKMANN, R., LIMPENS, H., RAHMEI, U., REICHENBACH, M., & ROSCHEN, A. (1999): Bewertung und planerische Umsetzung von Fledermausdaten im Rahmen der Windkraftplanung. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 4, 163-170.
- , & DIETZ, M. (2003): „Dresdener Erklärung“ – Mindestanforderungen zur Durchführung von Fledermausuntersuchungen während der Planungsphase von Windenergieanlagen. Ergebnis der Tagung der Akademie der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt vom 17.-18.11.2003 an der TU Dresden.
- BEHR, O., & VON HELVERSEN, O. (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.). Erlangen. Unveröff. Gutachten i. A. von regiowind. Freiburg.
- , & - (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahr 2005. Erlangen. Unveröff. Gutachten i. A. von regiowind. Freiburg.
- , GLAUBITZ, D., MARCKMANN, U., METTE-CHRIST, H., MOCH, K., REISINGER, N., & RUNKEL, V. (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark „Ittenschwander Horn“ bei Fröhnd im Schwarzwald im Jahr 2005. Erlangen. Unveröff. Gutachten i. A. der Windpark Fröhnd GmbH & Co KG.
- BMU (2006): BMU-Themenpapier: Windenergie. Artikel-Nr. 2123. Bonn-Bad Godesberg.
- BRINKMANN, R., SCHAUER-WEISSHAHN, H., & BONTADINA, F. (2006): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Gutachten i. A. Regierungspräsidium Freiburg, gefördert durch Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg. <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1158478/rpf-windkraft-fledermaeuse.pdf>.
- DÜRR, T. (2002): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. *Nyctalus (N.F.)* 8, 115-118.
- (2007): Fledermausverluste an Windenergieanlagen. Aktueller Auszug aus der bundesweiten Funddatei zu Schlagopfern an Windkraftanlagen. Stand 12.03.2007. Nennhausen/OT Buckow.
- , & BACH, L. (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 7, 253-263.
- DURSTEWITZ, M. (2003): Windenergie in kalten Klimaregionen. *Erneuerbare Energien* 12/2003, 34-35.
- ERICKSON, W., KRONNER, K., & GRITSKI, R. (2003): Nine Canyon Wind Power Project. Avian and Bat Monitoring Report, September 2002 – August 2003. Technical report submitted to Northwest and the Nine Canyon Technical Advisory Committee. *Energy Northwest* (37 pp.).
- GRÜNKORN, T., DIEDERICH, A., STAHL, B., POSZIG, D., & NEHLS, G. (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Gutachten i. A. Landesamt f. Natur u. Umwelt Schleswig-Holstein.
- HALL, L. S., & RICHARDS, G. C. (1972): Notes on *Tadarida australis* (Chiroptera: Molossidae). *Australian Mammology* 1, 46-47.
- JAIN, A. A., KOFORD, R. R., HANCOCK, A. W., & ZENNER, G. G. (i. Dr.): Bat mortality and activity at a northern Iowa windfarm. *J. Wildlife Management*.
- JOHNSON, G. D., ERICKSON, W. P., STRICKLAND, M. D., SHEPHERD, M. F., SHEPHERD, D. A., & SARAPPO, S. A. (2003): Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *Amer. Midland Naturalist* 150, 332-342.
- , PERLIK, M. K., ERICKSON, W. P. & STRICKLAND, M. D. (2004): Bat activity composition, and collision mortality at a large wind plant in Minnesota. *Wildlife Soc. Bull.* 32, 1278-1288.
- KERNS, J. (2004): “Preliminary fatality results – mountaineer wind energy center, WV.” Retrieved 20.01.2005, from http://www.nationalwind.org/events/wildlife/2004-2/presentations/Kerns_Bats.pdf.
- , ERICKSON, W. P., & ARNETT, E. B. (2005): Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia, 24-95. In: ARNETT, E. B. (ed.): Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas.
- KUNZ, T. H. (2004): Wind Power: Bats and Wind Turbines. In: SCHWARTZ, S. S. (ed.): Wind Energy and Birds/Bats: Understanding and Resolving Bird and Bat Impacts. Proc. of a workshop in Washington, D. C., May 17-18, 2004. RESOLVE, Washington, D. C.
- Land Brandenburg (2003): Kriterien zur Untersuchung tierökologischer Parameter im Rahmen von Planungen bzw. Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen im Land Brandenburg. <http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2318/tierkrit.pdf>
- OSBORN, R. G., HIGGINS, K. F., DIETER, C. D., & USGAARD, R. E. (1996): Bat collisions with wind turbines in southwestern Minnesota. *Bat Res. News* 37, 105-108.
- RAHMEI, U., BACH, L., BRINKMANN, R., LIMPENS, H., & ROSCHEN, A. (2004): Windenergieanlagen und Fledermäuse – Hinweise zur Erfassungsmethodik. Bremer Beitr. Naturkd. Natursch. 7, 265-271.

- RODRIGUES, L., BACH, L., BIRASCHI, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., GOODWIN, J., HARBUSCH, C., HUTSON, T., IVANOVA, T., LUTSAR, L., & PARSONS, K. (2006): Wind Turbines and Bat Populations. Guidelines for the planning process and impact assessments. Annex 1 to the Draft Resolution 5.6 Wind Turbines and Bat Populations. 5th Session of the Meeting Parties, Lubiana, Slovenia, 4.-6. September 2006. Doc.EUROBATS.MoP5.12. http://www.eurobats.org/documents/pdf/MoP//PDF/Doc_Mop5_12_DraftRes5_6_Rev_1_WindTurbines.pdf
- TATE, G. H. H. (1952): Mammals of Cape York Peninsula, with notes on the occurrence of rain forest in Queensland. Results of the Archbold Expeditions Nr. 66. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 98 (7).
- TRAPP, H., FABIAN, D., FÖRSTER, F., & ZINKE, O. (2002): Fledermausverluste in einem Windpark in der Oberlausitz. Naturschutzarb. in Sachsen 44, 53-56.
- TRAXLER, A., WEGLEITNER, S., & JAKLITSCH, H. (2004): Vogelschlag, Meideverhalten und Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen Prellenkirchen, Obersdorf, Steinberg/Prinzendorf. Gutachten i. A. der WWS Ökoenergie, evn naturkraft, WEB Windenergie, IG Windkraft und Amt der NÖ Landesregierung.
- VIERHAUS, H. (2000): Neues von unseren Fledermäusen. ABU-Info 24(1), 58-60.
- YOUNG, D. P., ERICKSON, W. P., GOOD, R. E., STRICKLAND, M. D., & JOHNSON, G. D. (2003): Avian and bat mortality associated with the initial phase of the Foote Creek Rim windpower project, Carbon County, Wyoming. Western EcoSystems Technology, Inc.