

Andreas ZAHN, Anika LUSTIG und Matthias HAMMER

Potenzielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen

Potential effects of wind energy plants on bat populations

Zusammenfassung

Die Zunahme der Windkraftnutzung kann zu Konflikten mit den Belangen des Fledermausschutzes führen, wenn Fledermäuse durch Rotorblätter der Windenergieanlagen (WEA) verunglücken. Am häufigsten betroffenen sind die drei Arten Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). Weiterhin zählen Kleinabendsegler, Nordfledermaus, Zweifarbfledermaus, Breitflügel-Fledermaus sowie Mückenfledermaus zu den regelmäßigen Schlagopfern. Relativ übereinstimmend wird das Kollisionsrisiko von Arten der Gattungen *Myotis*, *Plecotus*, *Rhinolophus* und *Barbastella* als sehr gering bewertet.

Die geringsten Kollisionsraten werden in flachen, offenen und landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten festgestellt. Die konflikträchtigsten Gebiete liegen in Küstennähe, auf bewaldeten Hügeln und an Höhenzügen. Aber auch in flachen, landwirtschaftlich intensiv genutzten Landschaften können vereinzelt WEA-Standorte mit erhöhtem Kollisionsrisiko existieren, beispielsweise auf flachen Hügelzügen, entlang von Zugrouten oder in Quartiernähe. Die höchsten Verluste von Fledermäusen an WEA werden im Spätsommer und am Anfang des Herbstes nach Auflösung der Wochenstubengesellschaften während der Schwärm- und Zugphase, bei Windgeschwindigkeiten bis zu 8 m/s, Temperaturen über 13°C und Trockenheit registriert.

Bislang sind in Europa keine Bestandsabnahmen lokaler Fledermauspopulationen aufgrund betriebener WEA belegt, doch zeichnet sich in den USA ein Zusammenhang ab. Abschätzungen und Berechnungen legen nahe, dass die an einzelnen WEA beobachteten hohen Mortalitätsraten zu einer Verkleinerung von Fledermauspopulationen führen können.

Dringend erforderlich ist daher ein aussagekräftiges Monitoring für alle von der Windkraft verstärkt betroffenen Fledermausarten zu etablieren, damit Bestandsveränderungen rechtzeitig erkannt werden können.

Aus populationsbiologischer Sicht hat es wenig Sinn – wie bisher aus Gründen der Praktikabilität in den Genehmigungsverfahren – tolerable Mortalitätsraten für einzelne Anlagen oder Windparks zu definieren. Vielmehr sollte auf Populationsebene vor dem Hintergrund eines Bestandsmonitorings festgelegt werden, welche windkraftbedingten Verluste tragbar sind.

Summary

The increasing use of wind energy can lead to conflicts with bat conservation, if bats crash into rotor blades of the wind turbine generators (WTG). Most commonly affected are the three species: the common noctule (*Nyctalus noctula*), Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) and common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*). In addition, the lesser noctule, northern bat, parti-coloured bat, serotine bat and soprano pipistrelle are common victims. The collision risk for species of the genera *Myotis*, *Plecotus*, *Rhinolophus* and *Barbastella* is assessed as very low fairly consistently.

The lowest collision rates are measured in flat, open areas with intensive agriculture. The most collision-prone areas are located near the coast, on wooded hills and in mountain ridges. Even in flat, intensive-agriculture landscapes, wind turbines with an increased risk of collision can occasionally exist, for example, on flat, rolling hills, along migratory routes or in bat high density areas. The highest losses of bats to WTG were measured in late summer and the beginning of autumn after the disbanding of nursery colonies during the swarming and migration periods at wind speeds up to 8 m/s, temperatures above 13°C, and dry conditions.

Until now, no connection between colony losses in local bat populations and WTG proximity in Europe has been demonstrated, but data collected in the United States indicates a positive correlation. Estimates and calculations suggest that the observed high mortality rates near individual WTG can lead to a reduction in bat populations.

It is, therefore, urgently necessary to establish meaningful monitoring systems for all bat species that are more affected by WTGs, so changes in population sizes can be detected in time.

From the perspective of population biology, it makes little sense to define tolerable mortality rates for individual WTG or wind farms - as was performed in the past for practical reasons related to the approval process. Instead, while developing a colony monitoring strategy, acceptable WTG losses at the population level should be established.

1. Einleitung

Zahlreiche Studien belegen, dass Fledermäuse an Windenergieanlagen verunglücken können (ARNETT et al. 2006, 2008; DÜRR 2002; HÖTKER et al. 2005; TRAPP et al. 2002). Fledermäuse können sowohl durch direkte Kollisionen mit den Rotorblättern zu Tode kommen als auch durch starke Luftverwirbelungen an den sich drehenden Rotoren (BAERWALD et al. 2008).

Fledermäuse bilden oft sehr stabile Populationen (DIETZ et al. 2007; FINDLEY 1993), die aufgrund ihrer Reproduktionsbiologie meist nur vergleichsweise geringe Schwankungen zeigen (FINDLEY 1993). Erhöhte Mortalitätsraten, die durch anthropogene Einflüsse wie Kollisionen mit dem Straßenverkehr oder Windkraftanlagen hervorgerufen werden, können nur in begrenztem Umfang durch eine erhöhte Geburtenrate ausgeglichen werden, da es den meisten Fledermausarten im Normalfall nicht möglich ist, mehr als ein bis zwei Jungtiere pro Weibchen und Jahr zu gebären (DIETZ et al. 2007). Eine lange Lebensspanne und eine geringe Fortpflanzungsrate führen dazu, dass Fledermäuse bereits gegenüber geringen Mortalitätserhöhungen empfindlich reagieren und Verluste weniger leicht kompensieren können als beispielsweise gleich große Vogelarten (BEHR & HELVERSEN 2006; EUROPÄISCHE KOMMISSION 2010; FINDLEY 1993; TRAXLER et al. 2004). Nach HÖTKER et al. (2005) wirkt die Mortalität durch Windkraft vermutlich weniger selektiv als natürliche Mortalitätsursachen. Somit wären nicht die im populationsgenetischen Sinne mit weniger Fitness ausgestatteten Tiere betroffen, sondern ebenso häufig vitale Individuen. Das bedeutet, dass die Mortalität durch WEA zumindest in gewissem Umfang zu der natürlichen Mortalität hinzugezählt werden muss. Die Zunahme der Windkraftnutzung kann somit zu Konflikten mit den Belangen des Fledermausschutzes sowohl auf lokaler als auch auf überregionaler Ebene führen.

2. Rechtliche Situation

Alle heimischen Fledermausarten sind in Anhang IV der Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) aufgeführt und damit europarechtlich streng geschützte Arten. Sie unterliegen den Zugriffsverboten des § 44 Abs. 1 BNatSchG (2009). Dieser verbietet unter anderem, streng geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten (Tötungsverbot).

Das Kollisionsrisiko von Fledermäusen an WEA kann den Tötungstatbestand auslösen, wenn es sich um ein gegenüber dem allgemeinen Lebensrisiko signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko handelt (vergleiche zum Beispiel BVERWG 2008a, 2008b). Unvermeidbare, betriebsbedingte Tötungen einzelner Individuen fallen als Verwirklichung sozialadäquater Risiken in der Regel nicht unter das Verbot (LANA 2010), wobei „unvermeidbar“ in diesem Zusammenhang nach LANA (2010) bedeutet, dass im Rahmen der Genehmigung des Eingriffs das Tötungsverbot artgerecht durch geeignete Vermeidungsmaßnahmen reduziert wurde. Demnach sind bei WEA-Standor-

ten mit einem Kollisionsrisiko immer zuerst Vermeidungsmaßnahmen vorzusehen, bevor die Prüfung erfolgt, ob das Tötungsverbot aufgrund einer signifikanten Erhöhung des Kollisionsrisikos trotz der geplanten Maßnahmen eintritt.

„Gegen das Tötungsverbot wird dann nicht verstoßen, wenn das Vorhaben nach naturschutzfachlicher Einschätzung unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahmen kein signifikant erhöhtes Risiko kollisionsbedingter Verluste von Einzelexemplaren verursacht, wenn seine Auswirkungen mithin unter der Gefahrenschwelle in einem Risikobereich verbleiben, der Risiken aufgrund des Naturgeschehens entspricht“ (OVG 2009).

Gegenüber den möglichen nichtletalen Auswirkungen von WEA auf Fledermäuse, wie Habitatverlusten, Verdrängungen und weiteren Störungen, welche die Schädigungsverbote nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 und 3 BNatSchG betreffen können, sind die negativen Folgen für Fledermauspopulationen durch Kollisionen wesentlich höher einzuschätzen (BRINKMANN et al. 2011; HÖTKER et al. 2005). Durch geeignete Vermeidungsmaßnahmen und vorausgehende, wirksame CEF-Maßnahmen ist eine Abwendung erheblicher Beeinträchtigungen von Fortpflanzungs- und Ruhestätten meist möglich. Eine Störung kann zum Beispiel durch die Scheuchwirkungen einer WEA ausgelöst werden. Diese ist jedoch nur im Falle einer erheblichen Störung, durch die sich der Erhaltungszustand der lokalen Population verschlechtert, rechtlich relevant. Der Tötungsverbotstatbestand dagegen ist individuenbezogen, nicht populationsbezogen (BVERWG 2008b).

Unter einer lokalen Population wird in der Regel eine „Gruppe von Individuen einer Art, die eine Fortpflanzungs- oder Überdauerungsgemeinschaft bilden und einen zusammenhängenden Lebensraum gemeinsam bewohnen“, verstanden (LANA 2010). Wobei im Allgemeinen Fortpflanzungsinteraktionen oder andere Verhaltensbeziehungen zwischen diesen Individuen häufiger sind, als zwischen ihnen und Mitgliedern anderer lokaler Populationen derselben Art.

Bei Fledermäusen erfolgt oftmals eine ökologisch-funktionale Abgrenzung, indem die an den Fortpflanzungs- und Ruhestätten der jeweiligen Arten (sogenannten Populationszentren) angetroffenen Individuen als lokale Populationen betrachtet werden (HAMMER & RUDOLPH 2009; MULNV 2007). Diese Populationszentren können zum Beispiel Wochenstuben- und Winterquartiere oder aber auch Quartierverbundsysteme einer Art in Wäldern darstellen (HAMMER & RUDOLPH 2009; ZÖPHEL & BLISCHKE 2010). In allen Fällen unterscheidet sich die lokale Population von einer Population im populationsgenetischen Sinn. Lokale Fledermausvorkommen entsprechen in der Regel nicht einer biologischen Population (FINDLEY 1993). Aufgrund ihrer hohen Mobilität können sich biologische Fledermauspopulationen über ein großräumiges, oft mehrere 100 km² umfassendes Gebiet verteilen. Dies ist zum Beispiel bei ziehenden Arten wie dem Abendsegler (*Nyctalus noctula*) oder der Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) der Fall, die weite Wanderungen zwischen

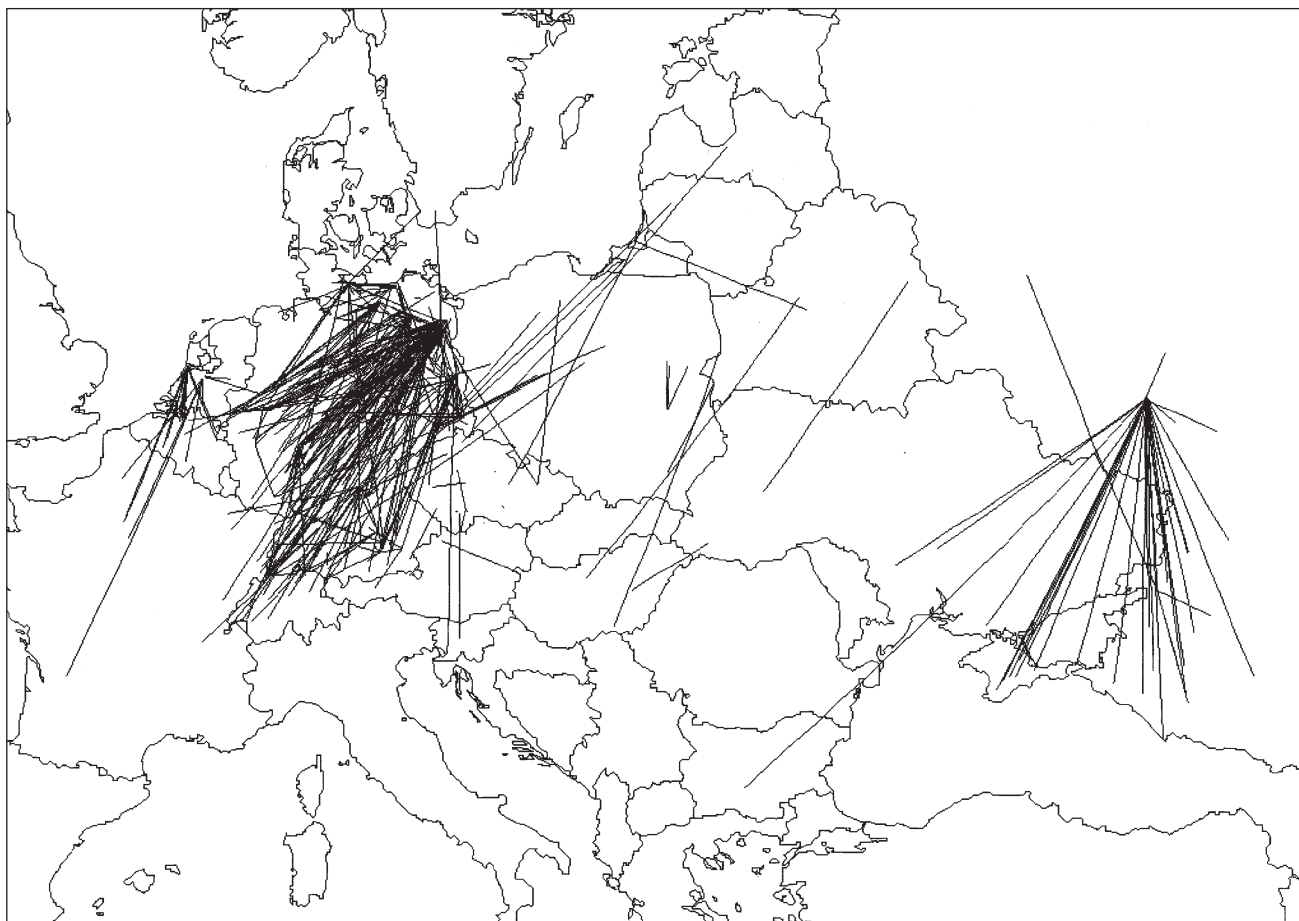


Abb. 1: Durch Beringung dokumentierte Langstreckenwanderungen (bis über 1.000 km) des Großen Abendseglers (*Nyctalus noctula*) in Europa (n = 667, aus HUTTERER et al. 2005). Durch diese Wanderungen können sich die Tötungsrisiken durch Windkraftanlagen räumlich und zeitlich deutlich unterscheiden.

Fig. 1: Long-distance migrations of the common noctule (*Nyctalus noctula*) up to 1,000 km have been documented in Europe through marking experiments (n = 667, from HUTTERER et al. 2005). Concerning these migrations, the mortality risks due to wind turbines may significantly differ according to spatial and temporal factors.

Reproduktions- und Paarungs- beziehungsweise Überwinterungsgebieten unternehmen (Abbildung 1). Letztlich müssten jedoch gerade bei solchen Fledermausarten die Auswirkungen der Mortalität infolge des Ausbaus der Windkraft auf biologische Populationen, also korrekterweise im europäischen Kontext, betrachtet werden. Hierbei sind auch die kumulativen Wirkungen aller WEA im gesamten Verbreitungsgebiet der Arten zu beachten.

Ein grundsätzliches Problem bei der Bewertung von Auswirkungen einer erhöhten Mortalität von Fledermäusen durch die Errichtung von WEA stellt der Mangel an belastbaren Daten zur tatsächlichen Größe der Populationen der betroffenen Arten dar, sowohl überregional als auch im Umfeld der jeweiligen Windparks. Aufgrund unzureichender Daten über Populationsgrößen und deren Veränderung lassen sich mögliche Effekte auf Ebene des Populationsniveaus oft nicht systematisch untersuchen und somit auch nicht nachweisen. Bei Arten mit kleinen lokalen Vorkommen kann bereits die Beeinträchtigung einzelner Individuen populationsrelevant sein (LANA 2010; MULNV 2007). Hierbei ist auch zu beachten, dass die Tötung eines Muttertieres während der Fortpflan-

zungszeit auch den Verlust des diesjährigen Nachwuchses bedeutet. Je nach Art und Wurfgröße sind dann jeweils zwei bis drei Individuen betroffen.

Generell ist die Schlagopferzahl an WEA offensichtlich nicht immer direkt abhängig von der regionalen Dichte einer Art (ARNETT et al. 2005; BEHR & HELVERSEN 2006; BRINKMANN et al. 2006), da bereits innerhalb eines Windparks an den einzelnen Anlagen große Unterschiede hinsichtlich der Mortalität bestehen, wobei die Faktoren Quartiernähe und Flugrouten eine Rolle spielen dürften.

Dies ist gerade bei in Teilen Deutschlands als selten eingestuft Arten von Bedeutung, die aufgrund ihrer Lebensweise ein hohes Konfliktpotential auszeichnet, wie die Nordfledermaus und die Zweifarbfledermaus (PETERMANN & BOYE 2006; RYDELL et al. 2010).

3. Betroffenheit der Arten

3.1 Arten mit hohem Kollisionsrisiko

Die in der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg zusammengestellten Daten über Fledermausverluste an

Windenergieanlagen in Deutschland umfassen bisher 17 Fledermausarten (Stand: April 2013, DÜRR 2013). Damit sind für 68 % der 25 in Deutschland vorkommenden Fledermausarten Todesfälle durch WEA nachgewiesen. Die Arten sind unterschiedlich stark betroffen, allein 81,3 % aller 1.895 registrierten Funde verteilen sich auf drei Arten (DÜRR 2013):

- 36 % Abendsegler (*Nyctalus noctula*)
- 25 % Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*)
- 21 % Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)

Sie gelten in Deutschland als am stärksten durch die Windenergienutzung gefährdet.



Abb. 2: In ganz Bayern vorkommend ist der Abendsegler ein häufiges Opfer an Windkraftanlagen. Stark betroffen sind Jungtiere und ziehende Exemplare (alle Fotos: Andreas Zahn).

Fig. 2: Throughout Bavaria, the noctule is a frequent victim of wind turbines. Young and migrating individuals are strongly affected.

3.1.1 Abendsegler

Der Abendsegler (Abbildung 2) jagt im freien Luftraum regelmäßig bis in 200 m Höhe und zeigt wenig Bindung an Geländestrukturen. Auch in der offenen Feldflur können große Gruppen jagender Abendsegler beobachtet werden. Oft legen die Tiere weite Strecken (>10 km) zwischen Quartieren und Jagdgebieten zurück (ZAHN et al. 2004). Im Herbst finden auch tagsüber regelmäßig Jagdflüge statt. Abendsegler jagen an milden Tagen noch im November und bereits ab Ende Februar regelmäßig, so dass auch im Winterhalbjahr zumindest in Quartiernähe mit erheblicher Flugaktivität zu rechnen ist.

Quartiere mit mehreren Hundert Individuen siedeln oft in Spalten an höheren Gebäuden in Flusstälern, jedoch nutzt die Art auch Baumhöhlen in Parkanlagen und Wäldern. Mit etwa 1,5 Jungtieren pro Weibchen ist die Reproduktionsrate des Abendseglers relativ hoch (DIETZ et al. 2007). Zwischen Wochenstuben- und Paarungsbeziehungsweise Überwinterungsquartieren wandert diese Art bis über 1.000 km (Abbildung 1). In Bayern werden Abendsegler ganzjährig angetroffen, doch verlassen die Weibchen und einige Männchen Bayern im Frühjahr und kehren erst ab August zurück (ZAHN et al. 2004). Im Juni und Juli werden daher weniger Abend-

segler in Bayern beobachtet als in den übrigen Monaten. WEA-Opfer stammen oft aus Wochenstuben in Skandinavien oder dem Baltikum (VOIGT et al. 2012). Bei den Totfunden überwiegen Jungtiere (NIERMANN et al. 2011; SEICHE et al. 2008).

3.1.2 Rauhautfledermaus

Die Phänologie der Rauhautfledermaus (Abbildung 3) ist in Bayern ähnlich der des Abendseglers. Große Teile der Population verlassen Bayern während der Zeit der Jungenaufzucht und wandern in nordöstliche Richtung, wobei Entfernungen weit über 1.000 km mehrfach belegt sind (HUTTERER et al. 2005). In Deutschland an WEA verunglückte Rauhautfledermäuse stammen überwiegend aus dem Baltikum und Weißrussland (VOIGT et al. 2012). Die meisten Totfunde dürften adulte Tiere auf ihrem Zug in die Winterquartiere gewesen sein (GRUNWALD et al. 2009; NIERMANN et al. 2011; SEICHE et al. 2008). Vermutlich fliegt diese Art während des Zuges auch in großen Höhen, wodurch sie weitaus stärker gefährdet ist als während der Jagd, die überwiegend in Höhen bis zu 20 m in der Umgebung von Strukturen erfolgt (BRINKMANN 2004; DIETZ et al. 2007). Jagdaktivität findet bei der Rauhautfledermaus bis in den Spätherbst hinein statt und beginnt bei günstiger Witterung bereits wieder Ende Februar.



Abb. 3: Von der häufig an Windkraftanlagen verunglückenden Rauhautfledermaus sind vor allem adulte Tiere auf dem Zug in die Winterquartiere betroffen.

Fig. 3: Adults individuals of the Nathusius's pipistrelle migrating to their wintering grounds frequently collide with wind turbines.

Als Quartiere werden in Bayern häufig Vogel- und Fledermauskästen sowie Baumhöhlen und im Winter oft auch Holzstöße genutzt. Die Art weist mit durchschnittlich 1,75 Jungen pro Weibchen und Jahr eine vergleichsweise hohe Reproduktionsrate auf (DIETZ et al. 2007).

3.1.3 Zwergfledermaus

Die Zwergfledermaus (Abbildung 4) entspricht aufgrund ihrer Lebensweise eigentlich nicht einer potenziell stark durch WEA gefährdeten Fledermausart mit schnellem, hohem Flug und/oder einem ausgeprägten Zugverhalten. Sie orientiert sich oft an Leitlinien (Gehölzen) und jagt meist in geringer Höhe (< 20 m). Die Jagdgebiete liegen in der Regel in geringer Entfernung zum Quartier (< 3 km) und auch die Entfernung zwischen Sommer- und Winterquartieren beträgt oftmals weniger als 50 km. In Bayern kommt die Zwergfledermaus flächendeckend vor. Kolonien findet man im Sommer in Spalten von Gebäuden. Im Winter werden Spalten, Gemäuer, aber auch Untertagequartiere genutzt (DIETZ et al. 2007). Die regionalen Populationen haben oft ein zentrales Winterquartier, zu dem viele tausend Tiere einfliegen, um dort im Spätsommer zu schwärmen (SENDOR et al. 2000).

Es wird angenommen, dass die Zwergfledermaus, wie andere Arten der Gattung *Pipistrellus* auch, überwiegend an WEA in und an Wäldern einem erhöhten Risiko ausgesetzt ist (REICHENBACH et al. 2007). Dafür sprechen die vielen Funde unter WEA in Waldlage im Schwarzwald (BEHR & HELVERSEN 2006; BRINKMANN et al. 2006; GRUNWALD et al. 2009). BEHR & HELVERSEN (2006) zeigten in ihrer Studie, dass Zwergfledermäuse den von den Rotoren überstrichenen Luftraum entgegen früherer Vermutungen (BRINKMANN 2004) nicht nur auf längeren Transferflügen durchqueren. Speziell in der Schwärm- und Quartiererkundungsphase während Schönwetterperioden im August verunglückten an den untersuchten WEA im Schwarzwald viele Zwergfledermäuse (BEHR 2005; BEHR & HELVERSEN 2006), was einem Neugierde-Verhalten zugeschrieben werden kann (BRINKMANN et al. 2006; HORN et al. 2008). Offenbar nutzen Zwergfledermäuse die Masten der WEA als neue vertikale Strukturen, um an ihnen entlang auch höhere Luftschichten zu erschließen, die sich oberhalb ihres normalen Jagdbereichs befinden.

3.2 Seltener betroffene Arten

Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*), Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*), Zweifarb- oder Zwergfledermaus (*Vespertilio murinus*), Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) und Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) zählen in Deutschland zu den regelmäßig als Schlagopfer nachgewiesenen Arten. Die bisher deutschlandweit gemeldeten Funde liegen im zweistelligen Bereich.

3.2.1 Kleinabendsegler

Mehrere Experten gehen beim Kleinabendsegler (Abbildung 5) von einem mittleren bis hohen Totschlagpotential an WEA aus (BEHR & HELVERSEN 2006; BRINKMANN et al. 2006; RYDELL et al. 2010). Auch bei *Nyctalus leisleri*



Abb. 4: Die Zwergfledermaus zählt ebenfalls zu den häufigen Opfern an Windkraftanlagen. Möglicherweise werden die Anlagen genutzt, um höhere Luftschichten zu erschließen, wodurch das Tötungsrisiko unerwartet hoch ist.

Fig. 4: The common pipistrelle is also one of the frequent victims of wind turbines. Possibly this constructions are used to access higher air layers, whereby the risk of mortality is unexpectedly high.



Abb. 5: Kleinabendsegler werden wohl vor allem während des Zuges Opfer von Windkraftanlagen. Die Anzahl der Todesfälle an Windenergieanlagen ist regional sehr unterschiedlich.

Fig. 5: The lesser noctule particularly while migrating falls victim to wind turbines. The number of deaths from wind turbines is regionally variable.

handelt es sich um eine ziehende Fledermausart (DIETZ et al. 2007), die nach DÜRR (2013) überwiegend im August und September während der Zugzeit verunglückt. Die Anzahl der Todesfälle ist regional sehr unterschiedlich. So verzeichneten GÖTTSCHE & GÖBEL (2007) in Schleswig-Holstein sowie GRUNWALD et al. (2009) im Nordschwarzwald während ihrer Untersuchungen keine Funde. Bei zwei Untersuchungen im Südschwarzwald war der Kleinabendsegler nach der Zwergfledermaus hingegen die am zweithäufigsten gefundene Art (BEHR & HELVERSEN 2006; BRINKMANN et al. 2006). Der Kleinabendsegler ist eher mosaikartig in Europa verbreitet (BOGDANOWICZ & RUPRECHT 2004), so dass die lokal hohe Mortalität entweder auf eine regional höhere Bestandsdichte, auf die Errichtung einer WEA in unmittelbarer Quartiernähe oder auf eine Lage an einer Flugroute eines (vielleicht nur kleinen) lokalen Vorkommens zurückgeführt werden kann.

3.2.2 Nordfledermaus

Bisher liegen in Deutschland nur wenige Funde der Nordfledermaus unter WEA vor (DÜRR 2013), allerdings trat diese Art in Schweden mit 47 % als häufigstes Totschlagopfer auf (AHLÉN 2002). HAMMER & RUDOLPH (2009) vermuten, dass die Nordfledermaus bisher vor allem aufgrund ihrer Seltenheit in den Bundesländern, in denen schwerpunktmäßig Totfunderfassungen stattfanden, nur selten als Opfer belegt wurde. In Regionen, in denen die Nordfledermaus häufiger ist, muss mit einem deutlichen Anstieg der Mortalität beim Ausbau der Windkraft gerechnet werden (AHLÉN 2002).

3.2.3 Zweifarbfledermaus

Die Zweifarbfledermaus (Abbildung 6) wurde trotz ihrer Seltenheit in vielen Regionen Deutschlands (BAAGOE 2001a; PETERMANN & BOYE 2006) mit 82 aufgefundenen Totschlagopfern (DÜRR 2013) vergleichsweise oft gemeldet. Dabei wird sie meist nur in kleiner Anzahl unter WEA



Abb. 6: Die seltene Zweifarbfledermaus ist vergleichsweise oft Totschlagopfer, vor allem wohl, weil sie hoch im freien Luftraum jagt und Männchen Balzflüge an hohen Landmarken zeigen.

Fig. 6: The rare parti-coloured bat is comparatively often a collision victim, especially because it hunts high in the open air space and males perform display flights near high landmarks.

gefunden, dafür aber in zahlreichen Untersuchungsgebieten (GRUNWALD et al. 2009; KUSENBACH 2004; NIERMANN et al. 2011; SEICHE et al. 2008; TRAPP et al. 2002). Für die Art ergibt sich nicht nur aufgrund der hohen, schnellen Jagd unabhängig von Vegetationsstrukturen im freien Luftraum ein hohes Konfliktpotential, sondern auch, weil Männchen Balzflüge an hohen Landmarken zeigen (BAAGOE 2001a; DIETZ et al. 2007).

3.2.4 Breitflügelgedermaus

Ähnlich wie die Zweifarbfledermaus wird auch die Breitflügelgedermaus als potenziell durch WEA gefährdete Art eingestuft (BRINKMANN et al. 2006; RYDELL et al. 2010). Bei Transferflügen über Tälern konnte sie schon in 70 bis 80 m Höhe beobachtet werden (BAAGOE 2001b). Trotz dieses Risikopotentials entfallen bisher nur 2,1 % der deutschlandweit erfassten Totschlagopfer auf die Breitflügelgedermaus (DÜRR 2013). Das kann unter anderem daran liegen, dass sie nicht in allen systematisch untersuchten Gebieten flächendeckend vorkommt. Möglicherweise ist das Kollisionsrisiko aber auch nicht so hoch, da Breitflügelgedermäuse oft in niedrigeren Höhen entlang von Vegetationsrändern und bis auf Bodenhöhe herab jagen (BAAGOE 2001b; DIETZ et al. 2007).

3.2.5 Mückenfledermaus

Über die Jagdweise der Mückenfledermaus ist bisher noch nicht sehr viel bekannt, allerdings scheint sich diese Art etwas stärker an der Vegetation zu orientieren als die Zwergfledermaus. Dennoch gelangen BEHR et al. (2007) bei einem akustischen Monitoring auf der Höhe der Gondel ein Nachweis dieser Art. Da die Mückenfledermaus in den veröffentlichten Gutachten zu WEA entweder nicht oder nur vereinzelt als Totschlagopfer dokumentiert wird (GRUNWALD et al. 2009; SEICHE et al. 2008), kann über die zeitlichen und räumlichen Konfliktschwerpunkte dieser Art noch keine Aussage getroffen werden. Möglicherweise werden die unter WEA aufgefundenen Kadaver der Gattung *Pipistrellus* auch nicht in jedem Fall korrekt bestimmt, sondern der häufigeren Schwesterart Zwergfledermaus zugerechnet.

3.2.6 Alpenfledermaus

Für die aufgrund ihrer Flugweise potenziell gefährdete Alpenfledermaus (*Hypsugo savii*) liegen kaum Kenntnisse zum Mortalitätsrisiko vor. Es sind neben einem Totfund in Deutschland (LEHMANN & ENGEMANN 2007) auch Totfunde aus anderen europäischen Ländern bekannt. So wurden unter den ersten beiden in Kroatien erbauten WEA während vier unsystematisch durchgeführten Kontrollgängen drei Exemplare dieser Art gefunden (ZAGMAJSTER et al. 2007). Da die Alpenfledermaus derzeit nach Bayern einwandert (REITER et al. 2010), sollte in Zukunft verstärkt auf diese Art geachtet werden.

3.3 Arten mit geringem Kollisionsrisiko

Relativ übereinstimmend stufen die meisten Autoren das Kollisionsrisiko von Arten der Gattungen *Myotis*, *Plecotus*, *Rhinolophus* und *Barbastella* als sehr gering ein

(BEHR & HELVERSEN 2006; BRINKMANN et al. 2006, 2011; GRUNWALD & SCHÄFFER 2007). Die Auswertung der Totschlagdaten aus 40 europäischen Windparks durch RYDELL et al. (2010) ergab, dass nur 2 % aller tot aufgefundenen Fledermäuse auf diese Artengruppen entfielen. Lediglich die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) wird nicht von allen Autoren als Art mit geringem Kollisionsrisiko eingestuft (SATTLER & BONTADINA 2005).

Nach BRINKMANN et al. (2011) ist es zulässig, bei der Beurteilung im Zuge der Standortplanung auf die als kollisionsgefährdet eingestufteten Arten zu fokussieren.

4. Kollisionsraten an Windkraftanlagen

Die durch die Suche nach Totfunden unter WEA ermittelten Kollisionsraten von Fledermäusen und Vögeln entsprechen nicht der Anzahl der tatsächlich verunglückten Tiere. Das liegt zum einen daran, dass in vielen Untersuchungen nicht der gesamte relevante Bereich unter den Anlagen abgesucht werden kann (zum Beispiel aufgrund hoher oder dichter Vegetation).

Außerdem werden auf den absuchbaren Flächen nicht alle Fledermäuse bei der Suche durch Menschen und/oder Suchhunde gefunden (ARNETT 2006). Dies zeigt die Überprüfung der Sucheffizienz mit Hilfe ausgelegter Kadaver von Fledermäusen oder dunklen Labormäusen (unter anderem BRINKMANN et al. 2006; GRUNWALD et al. 2009; NIERMANN et al. 2011). Anhand der ausgelegten Kadaver kann auch die Abtragsrate durch karnivore Tiere bestimmt werden, die ebenfalls zu einer Unterschätzung der tatsächlich getöteten Fledermäuse führen kann. Daher wurden in den letzten Jahren vermehrt Korrekturfaktoren herangezogen, um die Sucheffizienz sowie die Abtragsrate und teilweise auch den Flächenfaktor zu berücksichtigen (ERICKSON et al. 2004; TRAXLER et al. 2004). Bei Untersuchungen von NIERMANN et al. (2011) lag die Zahl gefundener toter Fledermäuse im Mittel bei drei Individuen pro untersuchter WEA und pro Sommer (n = 30; Juli bis September). Anhand ihrer Hochrechnungen betrug die Anzahl tatsächlich verunglückter Fledermäuse in den Monaten Juli bis September dagegen pro Anlage 9,5 Individuen (Mittelwert). Die errechnete Spanne reichte von 0 bis zu maximal 57,5 Tieren.

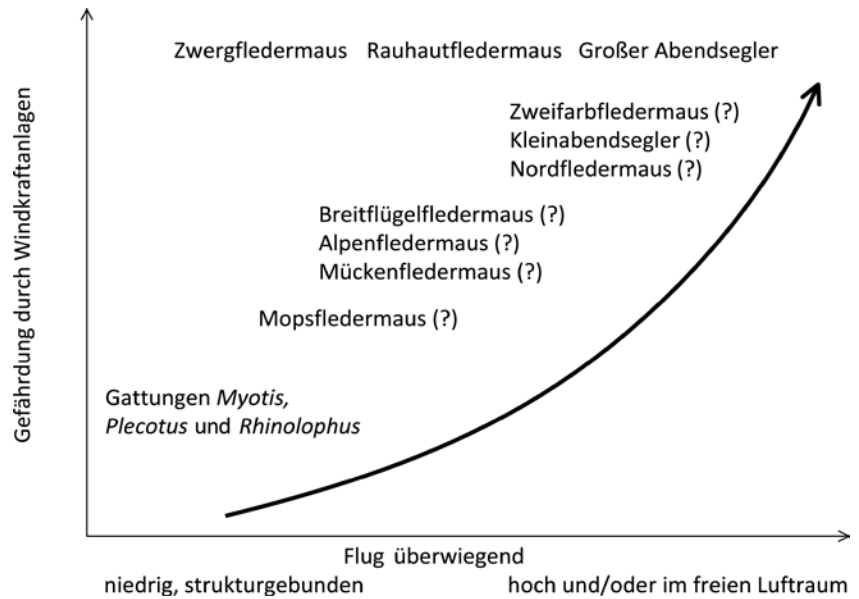


Abb. 7: Erste Abschätzung der Gefährdung von mitteleuropäischen Fledermausarten durch Windenergieanlagen (schematische Darstellung): Überwiegend niedrig und strukturgebunden fliegende Fledermausarten sind weniger gefährdet als Arten, die im freien Luftraum jagen. Eine Ausnahme bildet die Zwergfledermaus, die meist nicht besonders hoch und oft entlang von Strukturen fliegt. Sie wird möglicherweise durch die WEA angezogen. Arten mit (?) wurden entsprechend ihrer Jagdweise eingeordnet, doch treten sie bisher allenfalls lokal als Schlagopfer in Erscheinung, was mit ihrer Seltenheit oder ihrem Verbreitungsmuster in Zusammenhang stehen dürfte.

Fig. 7: First assessment of risks to Central European bat species by wind turbines (schematic): Mostly low-flying and structure-oriented bat species are at less risk than species that hunt in open air space. An exception is the common pipistrelle, which usually does not fly very high and follows structures. Possibly, they are lured toward the WTG. Species with the (?) -icon were classified according to their hunting behavior, but so far their rarity or little distribution seem to be more strongly correlated, at least locally, with their status as victims.

Totfunde Fledermäuse/WEA/Jahr	Region	Autor
1,5	Sachsen	ENDL et al. (2004)
5,3	Niederösterreich	TRAXLER et al. (2004)
8,2	Schweiz	LEUZINGER et al. (2008)
19,0	Nordschwarzwald	GRUNWALD et al. (2009)
20,9	Nordschwarzwald	BRINKMANN et al. (2006)

Tab. 1: Errechnete Totfundanzahlen von Fledermäusen an Windkraftanlagen.

Tab. 1: Calculated numbers of dead bats found at wind turbine sites.

Laut BRINKMANN et al. (2006) wurden an Anlagen im Offenland nur sehr wenige tote Fledermäuse gefunden. Lässt man diese WEA weg, so ergeben sich für die Anlagen im Wald Kollisionsraten von durchschnittlich 37 (30 bis 49) toten Fledermäusen pro WEA und Jahr. KORNHORN-NIEVERGELT et al. (2011) berechnen die Schlagopferzahl anhand konventioneller Schlagopfererfassungen sowie parallel erfasster akustischer Aktivitätsdaten und kommen auf einen Wert von durchschnittlich 12 (1 bis 40) getöteten Fledermäusen je WEA und Jahr, wobei es Hinweise darauf gibt, dass es sich hierbei um eine eher konservative Schätzung handelt (BRINKMANN et al. 2011). Nach NABU (2012) ist jährlich im Schnitt mit zehn Fledermaus-Todesfällen pro WEA zu rechnen,

was beim Ausbaustand des Jahres 2012 jährlich zirka 220.000 Schlagopfer in Deutschland bedeutet.

5. Zeitliche Konfliktschwerpunkte

Die höchsten Verluste von Fledermäusen an WEA werden im Spätsommer und Anfang Herbst während der Schwärm- und Zugphase nach Auflösung der Wochenstubengesellschaften registriert. Auch in Nordamerika fällt der Großteil der Totfunde in diesen Zeitraum (ARNETT et al. 2006; BAERWALD & BARCLEY 2009; BROWN & HAMILTON 2006; KERNS et al. 2005).

Bislang ist noch unklar, weshalb Fledermäuse überwiegend während des Herbstzuges und kaum während ihres Zuges in die Sommergebiete an WEA verunglücken. Es wird vermutet, dass die Tiere auf dem Frühjahrszug andere Routen nutzen und dabei auf größere Gebiete verteilt ziehen (REICHENBACH et al. 2007). So konnten AHLÉN et al. (2009) in Südschweden feststellen, dass sich die im Frühjahr zurückkommenden Fledermäuse über ein großes Gebiet verteilen, während sich im Herbst ein Großteil der Tiere vor der Küste Südschwedens versammelt und von bestimmten Punkten aus aufs Meer hinauszieht. In bedeutenden Zugkorridoren steigt die Anzahl an Fledermäusen zu dieser Jahreszeit stark an und bei entsprechendem Nahrungsangebot wird dort auch intensiv gejagt (AHLÉN et al. 2009; REICHENBACH et al. 2007). Beide Umstände können dazu führen, dass mehr Tiere an WEA verunglücken.

Für Deutschland nennen BRINKMANN et al. (2006, 2011) den Zeitraum von Ende Juli bis Anfang September als besonders kritisch mit den häufigsten Totfunden. In anderen Studien war auch noch Mitte oder Ende September die Zahl der Todesfälle vergleichsweise hoch (ENDL et al. 2004; GRUNWALD et al. 2009). Dagegen verteilten sich die Totfunde bei BEHR & HELVERSEN (2006) sowie TRAXLER et al. (2004) über das Sommerhalbjahr relativ gleich, mit einer gewissen Häufung zwischen Ende Juni und Ende September.

Regionale und artspezifische Unterschiede werden mehrfach beschrieben. So konnten SEICHE et al. (2008) in Sachsen zeitliche Schwerpunkte für Zwergfledermäuse im Juli oder für den Abendsegler von Mitte Juli bis in den August hinein feststellen, während sich die Funde von Raufhautfledermäusen stärker verteilten. Da insgesamt etwa 50 % aller tot aufgefundenen Fledermäuse in den letzten zwei Juliwochen festgestellt wurden, vermuten die Autoren, dass eine erhebliche Gefährdung für flüggewordene, unerfahrene Jungtiere besteht. Auch BRINKMANN et al. (2006) sehen speziell für die Zwergfledermaus im Südschwarzwald einen Gefährdungsschwerpunkt während der Auflösung der Wochenstuben, wenn die Individuen im weiteren Umfeld um ihre Kolonien mit dortigen WEA kollidieren können.

6. Kollisionsraten beeinflussende Wetterereignisse

Kritische Phasen mit allgemein hohem Kollisionsrisiko, wie die Zeit nach dem Flüggewerden, können sich von

Jahr zu Jahr aufgrund unterschiedlicher Wetterverhältnisse um Tage bis Wochen nach vorne oder hinten verschieben (BEHR & HELVERSEN 2006). Während Schlechtwetterperioden sinkt die Fledermausaktivität, insbesondere auch das Schwärmverhalten der Tiere. Es zeichnet sich ab, dass unterhalb einer mittleren Nachttemperatur von 13°C das Kollisionsrisiko stark abnimmt und dass unter 8°C in den meisten Gebieten nur noch wenige Fledermäuse aktiv sind (BEHR et al. 2011; GRUNWALD et al. 2009; SEICHE et al. 2008). Nebel führt ebenfalls zu einer starken Abnahme der Aktivität in Rotorhöhe von zirka 60 bis 180 m (AHLÉN et al. 2007; BRINKMANN et al. 2011). Vermehrte akustische Messungen der Fledermausaktivität im Gondelbereich von WEA in den letzten Jahren zeigten, dass die Aktivität ab bestimmten Windgeschwindigkeiten stark abnimmt. Die Schwellenwerte variieren dabei. So konnten in drei Studien Schwellenwerte von Windgeschwindigkeiten zwischen 5 m/s und 6,5 m/s angegeben werden, oberhalb derer nur ein geringer Prozentsatz der gesamten Fledermausaktivität (zwischen 7 und 20 %) gemessen wurde (BEHR et al. 2007, 2011; GRUNWALD et al. 2009). Dennoch werden auch bei höheren Windgeschwindigkeiten immer wieder Arten in Gondelhöhe nachgewiesen (BACH & BACH 2009; BEHR et al. 2011; BRINKMANN et al. 2006; GRUNWALD et al. 2009), teilweise noch bei Windgeschwindigkeiten von 14,5 oder 15,2 m/s (BACH & BACH 2009; GRUNWALD et al. 2009). BACH & BACH (2009) konnten bei ihrem akustischen Monitoring in Rotorhöhe zeigen, dass speziell die Raufhautfledermaus und der Abendsegler windtoleranter sind als beispielsweise Breitflügel-Fledermäuse. 95 % der Aktivität bei diesen beiden Arten wurde bei Windgeschwindigkeiten von bis zu 8 m/s für die Raufhautfledermaus und 9,1 m/s für den Abendsegler gemessen.

7. Räumliche Konfliktschwerpunkte

RYDELL et al. (2010) werteten 14 Untersuchungen zu Fledermaustotschlag an WEA in 40 Windparks Nordwesteuropas aus. Dabei konnten sie für alle Länder und Regionen grundsätzlich konfliktträchtige oder weniger risikobehaftete WEA-Standorte ausmachen (hochgerechnete Mortalität, ausgehend von gefundenen Totschlagopfern):

- Geringstes Kollisionsrisiko besteht in flachen, offenen und landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten abseits von Küsten mit null bis drei Fledermäusen pro WEA und Jahr (einzelne Standorte mit erhöhter Mortalität).
- Höheres Risiko weisen stärker strukturierte, landwirtschaftlich genutzte Gegenden mit zwei bis fünf Totschlagopfern pro WEA und Jahr auf.
- Konfliktträchtigste Flächen liegen in Küstennähe und auf bewaldeten Hügeln sowie auf Höhenzügen mit 5 bis 20 Totschlagopfern pro WEA und Jahr.
- Höchste mittlere Kollisionsraten von 18 und 19 Fledermäusen pro WEA und Jahr weisen die bewaldeten Höhenzüge im Schwarzwald und in einem Marschen-

gebiet an der französischen Atlantikküste auf.

BRINKMANN et al. (2006) vermuten, dass Gebiete wie der von ihnen untersuchte Hochschwarzwald überregional eine höhere Bedeutung für fernziehende Arten haben, als beispielsweise die bis dahin überwiegend untersuchten Agrarlandschaften Nord- und Mitteldeutschlands.

Auch weitere Untersuchungen weisen auf ein erhöhtes Kollisionsrisiko an WEA in Waldgebieten hin (ARNETT et al. 2005; BEHR & HELVERSEN 2006; Abbildung 8). Die Nähe von WEA zu Gehölzstrukturen und Gewässern wird ebenfalls häufig als problematisch eingestuft (DÜRR & BACH 2004; ENDL et al. 2004; SEICHE et al. 2008). Unter anderem HAMMER & RUDOLPH (2009) und RODRIGUES et al. (2008) empfehlen deshalb Abstände zwischen WEA

und Gehölzelementen und Gewässern von 150 m zuzüglich Rotorradius. Allerdings konnten in einer bundesweiten Studie NIERMANN et al. (2011) mit zunehmender Entfernung zu Gehölzen nur eine geringfügig abnehmende Fledermausaktivität in Gondelhöhe feststellen. Sie folgern daraus, dass auch durch die Einhaltung größerer Abstände (150 m zuzüglich Rotorradius) zu Gehölzen keine Vermeidungswirkung in dem bislang angenommenen Maß erzielt wird.

8. Abschätzung der erhöhten Fledermausmortalität durch Windkraftanlagen auf Populationsebene

Bislang ist noch weitgehend ungeklärt, ob die Mortalität von Fledermäusen an Windkraftanlagen Auswirkungen auf Populationen im biologischen Sinne oder auch im Sinne der rechtlich eingrenzenden „lokalen“ Population hat. Zumindest für die USA gibt es Hinweise auf eine bereits erfolgte Bestandsabnahme. So berichtet BARCLEY (2013) von einem Rückgang der Zahl toter Fledermäuse in amerikanischen Windparks im Lauf der Jahre, wobei die wahrscheinlichste Erklärung eine Abnahme der Bestandsdichte ist, wofür als Ursache die Windkraft durchaus in Frage kommt (es handelt sich nicht um Arten, die vom Fledermaussterben in Untertagequartieren, dem „White Nose Syndrom“, betroffen sind; vergleiche BUCKLES & BALLMANN 2012).

Für Europa liegen lediglich Abschätzungen vor, die von verschiedenen Autoren auf Basis des Wissens über die Populationsbiologie der heimischen Fledermausarten und der Mortalitätsraten einzelner Arten an WEA durchgeführt wurden.

RYDELL et al. (2012) berechnen für den Bestand der Abendsegler und Rauhaufledermäuse in Schweden die



Abb. 8: Windräder in oder über Wäldern sind besonders kritisch, da sich im Wald sowohl Quartiere als auch Jagdgebiete von schlaggefährdeten Fledermäusen befinden.

Fig. 8: Wind turbines in or above forests are particularly critical sites because forests serve both as living quarters and hunting areas for bats.

Populationsentwicklung bei unterschiedlich starkem Ausbau der Windkraftnutzung und kommen zu dem Resultat, dass eine erhebliche Bestandsabnahme möglich ist, wenn der Ausbau in vollem Umfang ohne Schutzmaßnahmen für Fledermäuse erfolgt.

HEISE & BLOM (2003, 2009) konnten aufgrund langjähriger populationsökologischer Studien am Abendsegler in der Uckermark eine Simulation der Bestandsentwicklung adulter Weibchen bei verschiedenen Mortalitätsraten durchführen. Demnach würde eine Wochenstubenpopulation, die aus 250 adulten Weibchen besteht und deren Bestand konstant bleibt (das heißt, die kein Populationswachstum zeigt), bei einer Zunahme der Mortalität um 3 % innerhalb von 15 Jahren auf die Hälfte zurückgehen. Stiege die Mortalität um 10 % gegenüber der natürlichen Mortalität von 43 % an (Annahme: Juvenile und adulte Tiere weisen die gleiche Mortalität auf), so wäre diese Population nach 15 Jahren fast vollständig erloschen.

Auch HÖTKER et al. (2005) führten Populationssimulationen mittels eines Computerprogramms (Vortex, Vers. 9) durch. Als Grundlage wurden im Falle des Abendseglers eine fiktive, 10.000 Individuen umfassende Ausgangspopulation angenommen mit einer adulten Sterberate von 44 %, einer juvenilen Sterblichkeit von 46 %, einer Geburtenrate von 1,65 und einem Höchstalter von 12 Jahren. Es zeigte sich, dass dieser Bestand bei einer um nur 0,5 % gestiegenen Mortalitätsrate innerhalb von 20 Jahren auf knapp 88 % seiner ehemaligen Größe abnehmen würde. Der Erhaltungszustand einer lokalen Population würde sich nach diesem Modell damit bereits durch eine nur 0,5 % erhöhte Mortalität deutlich verschlechtern. Bei den Arten Rauhaufledermaus, Zwergfledermaus und Breitflügelfledermaus kam er zu sehr ähnlichen Ergebnissen.

KIEFER & WÖHL (2010) geben, ausgehend von Angaben in SIMON et al. (2004), für sechs Landkreise in Rheinland-Pfalz den Bestand von Zwergfledermäusen mit durchschnittlich 8.829 (6.512 bis 11.792) Weibchen pro Landkreis an. In vielen dieser Landkreise wird sich die Anzahl der WEA in absehbarer Zeit auf Zielwerte von bis zu 200 WEA pro Landkreis (mündliche Mitteilung A. KIEFER) erhöhen. Ausgehend von der unteren und oberen Grenze der in den betrachteten Landkreisen vermutlich vorkommenden Anzahl an Zwergfledermäusen führten die Autoren Berechnungen der Bestandsgröße einer 5.000 und einer 10.000 Individuen umfassenden Wochenstubenpopulation durch. Sie gingen dabei von 200 WEA, keiner Bestandsveränderung durch Zu- oder Abwanderung und durchschnittlich zwei Zwergfledermaus-Totfunden pro Jahr und WEA aus. Danach führt die Mortalität an den WEA für eine Ausgangspopulation mit 5.000 Individuen zu einer Halbierung des Bestandes nach acht Jahren beziehungsweise nach 17 Jahren bei 10.000 Individuen. Unter der Annahme eines andauernden Populationszuwachses von 5 % (ohne zusätzliche Mortalität an WEA) würde sich eine 5.000 Individuen umfassende Population unter Einberechnung der zusätzlichen Mortalität nach 22 Jahren halbieren, eine 10.000 Individuen umfassende Population würde jedoch weiterhin leichtes Wachstum zeigen.

Die Auswirkungen unterschiedlicher Sterblichkeitsraten zu beurteilen wird dadurch erschwert, dass es gegenläufige populationsbiologische Effekte geben kann, deren Ausmaß kaum abzuschätzen ist. In den oben angeführten Berechnungen wird nicht berücksichtigt, dass mit einer abnehmenden Individuendichte vermutlich auch das Kollisionsrisiko und damit die Mortalitätsrate zurückgeht und dass zudem die natürliche Mortalität in der Population abnehmen dürfte, wenn der Bestand aufgrund der zusätzlichen Mortalität deutlich unter die Kapazitätsgrenze des Lebensraums (an der er sich bei konstant bleibender Populationsgrenze befinden dürfte) sinkt. Theoretisch verringert sich mit abnehmender Bestandsdichte die innerartliche Konkurrenz, so dass die Überlebensrate der Tiere (zum Beispiel durch eine geringere Wintermortalität aufgrund besserer Kondition der Jungtiere) steigt. Auf diesem Grundprinzip basiert die nachhaltige Nutzung von Wildtierbeständen (Jagd und Fischerei). Dieses kompensatorisch erhöhte Populationswachstum bei verringerter Populationsdichte könnte zu einer Stabilisierung der betreffenden Fledermauspopulationen auf einem niedrigeren Niveau führen.

Allerdings können Fledermäuse die Wachstumsrate der Population aufgrund ihrer geringen Reproduktionsraten nur sehr begrenzt steigern, so dass ein Ausgleich der zusätzlichen Mortalität in viel geringerem Umfang möglich ist, als zum Beispiel bei Kleinvögeln mit mehreren Gelegen und deutlich höherer Zahl der Nachkommen pro Jahr.

Dennoch sind unter günstigen Bedingungen, selbst bei Fledermausarten mit nur einem Jungtier pro Jahr, erheb-

liche Zuwachsraten möglich. So wuchsen die Bestände der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) in drei südbayerischen Kolonien in den letzten Jahren stark an (ZAHN et al. 2012), wobei durchschnittliche jährliche Zuwachsraten von deutlich über 10 % erreicht wurden. Hier ist anzunehmen, dass die Bestandsdichte nach dem Zusammenbruch der bayerischen Population in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts weit unterhalb der Kapazität des Ökosystems lag und die Tiere in der jetzigen Phase entsprechend günstige Bedingungen vorfinden. Bei Fledermausarten mit einem bis zwei Jungtieren pro Jahr, wie dem Abendsegler oder der Zwergfledermaus, könnten in ähnlichen Situationen eher noch höhere Wachstumsraten erreicht beziehungsweise Verluste in entsprechender Höhe verkraftet werden. So untersuchten BEHR & HELVERSEN (2006) die Auswirkungen eines Windparks in der Nähe des Freiburger Münster, einem seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannten Massenwinterquartier der Zwergfledermaus mit überregionalem Einzugsgebiet. Die für ein Jahr hochgerechnete Zahl von Zwergfledermäusen als Totschlagopfer an den nahen WEA betrug mehr als 10 % (2004: 76; 2005: 95) der aus Fang- und Wiederfang-Experimenten ermittelten Zahl von insgesamt 700 bis 750 überwinterten Tieren im Münster. Dennoch blieb drei Jahre nach dem Bau der nahen WEA der Bestand im Freiburger Münster konstant.

Ein konkreter Hinweis auf negative Einflüsse für eine lokale Population findet sich in den Untersuchungen von KÖNIG & KÖNIG (2009) an Beständen des Abendseglers in Rheinland-Pfalz. Die untersuchten Kastenreviere dienen der Balz, Paarung und Überwinterung. Vermutlich werden sie auch während des Durchzugs genutzt. In den drei näher untersuchten Revieren wurden 79 % aller aus Kastenvorkommen der Region bekannten Abendsegler gezählt. In zwei Kastenrevieren schwankten die Bestände in den ersten Untersuchungsjahren stark, stabilisierten sich jedoch in den letzten sieben Jahren. Im dritten Kastenrevier erlosch der Bestand jedoch zwischen 2003 bis 2008. Nachdem im Frühjahr 2003 noch zirka 30 Abendsegler gezählt werden konnten, was auch in etwa den Werten der Vorjahre entsprach, kehrte im Herbst nur noch ein Drittel der Tiere wieder in das Gebiet zurück. Danach nahm die Population weiter ab, bis im Herbst 2008 trotz intensiver Nachsuche bis in den Dezember hinein nur noch ein einziger Abendsegler in dem Kastenrevier gefunden wurde. Da die Bestandsentwicklung in den anderen Kastenrevieren ohne Einbruch verlief und auch die brandenburgischen Populationen des Abendseglers positive Verläufe zeigten, gehen die Autoren davon aus, dass Einflüsse auf die Gesamtpopulation, wie zum Beispiel Schlechtwetterperioden, ausgeschlossen werden können. Der Bestand im Untersuchungsgebiet setzt sich vermutlich aus Tieren mehrerer Wochenstubenkolonien zusammen, die sich im Sommer über ein größeres Gebiet verteilen. Daher ist nicht anzunehmen, dass die Abnahme in dem einzelnen Kastenrevier auf lokale Einflüsse in den Reproduktionsgebieten zurückzuführen ist. Zu dem Rückgang kam es wohl während des Zuges.

KÖNIG & KÖNIG (2009) bringen WEA, die im Jahr der Beständeinbuße (2003) im Abstand von zirka 20 km zum Kastenrevier in Betrieb gingen, mit den Verlusten in Zusammenhang. Der Windpark verläuft auf 3 km Länge quer zur Zugrichtung beobachteter Abendsegler. Die Autoren vermuten, dass der Bau des Windparks zum Erlöschen des Bestandes beigetragen hat.

Denkbar ist zudem, dass aufgrund der Verhaltensbiologie des Abendseglers die Bestandsabnahme lokaler Vorkommen bei geringen Bestandsdichten stärker ist, als es allein aufgrund der Mortalität zu erwarten wäre. Es ist anzunehmen, dass unterhalb einer bestimmten Dichte die Kommunikationskette der betroffenen Population abbricht, die es vor allem ziehenden Arten, wie dem Abendsegler, ermöglicht, geeignete Tages- und Winterquartiere zu finden. Studien von FURMANKIEWICZ et al. (2010) und RUCZYNSKI et al. (2007) weisen darauf hin, dass Sozialrufe aus bereits besetzten Abendseglerquartieren für Artgenossen beim Auffinden der Hangplätze von entscheidender Bedeutung sind. Bei zu geringer Bestandsdichte besteht die Gefahr, dass die Quartiertradition in vielen Gebieten erlischt, weil die Information über das Vorhandensein geeigneter Quartiere nicht mehr in ausreichendem Umfang an Artgenossen, speziell Jungtiere, weitergegeben werden kann. Ein auf wenige Quartiere beschränktes Fledermausvorkommen wird zudem anfälliger gegenüber weiteren negativen Einflüssen (zum Beispiel Vernichtung von Winter-

beständen durch Baumfällungen). Der Rückzug einer Art aus vorher besiedelten Gebieten und die Abnahme des Bestandes könnten somit bei zurückgehender Populationsdichte überproportional schnell erfolgen.

Für Bayern liegen für die von der Windkraft besonders betroffenen Arten nur wenige Daten zu Bestandsveränderungen vor. Auch die absolute Größe der Bestände ist bei allen Arten unbekannt. Abendsegler-Bestände, die jedes Frühjahr an Gebäudequartieren in Südbayern gezählt wurden (ZAHN 2013), bleiben auf lange Sicht in etwa konstant (Abbildung 9). Diese Art, die aufgrund ihres Migrationsverhaltens vom Ausbau der Windkraft im nordöstlichen Deutschland betroffen sein könnte, zeigt demnach bislang keine erkennbare Abnahme. Im Falle der Zwergfledermaus deutet die Entwicklung der durchschnittlichen Koloniegröße aller in Bayern gezählter Quartiere dagegen auf einen negativen Bestandstrend dieser häufigen Art hin (ZAHN 2013). Eine Analyse der Daten mit dem Programm TRIM (PANNEKOEK et al. 2005) ergab einen signifikanten „mäßigen Rückgang“ (Abbildung 10; MESCHÉDE, unpubliziert). Dieser steht angesichts des (noch geringen) Ausbaustands der Windkraft in Bayern und der geringen Migrationsleistung dieser Art mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mit der Mortalität an WEA in Zusammenhang. Doch sind abnehmende Populationen durch eine zusätzliche Mortalität deutlich stärker gefährdet als konstante.

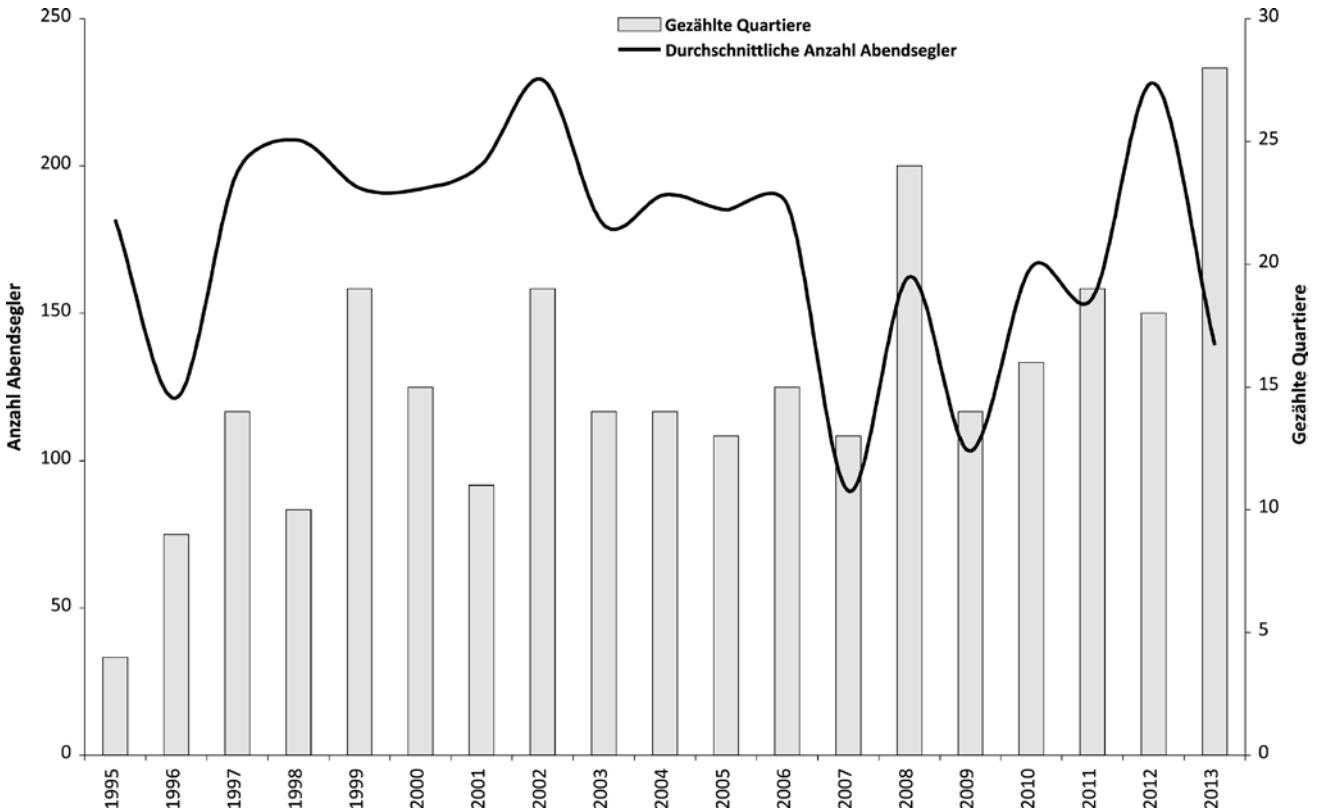


Abb. 9: Der Bestand des Abendseglers (*Nyctalus noctula*) ist in Südbayern zwischen 1995 und 2012 weitgehend stabil, wie Ausflugszählungen an Gebäudequartieren zeigen (ZAHN 2013).

Fig. 9: The populations of the common noctule (*Nyctalus noctula*) were mostly stable in southern Bavaria from 1995-2012, as counts of individuals exiting their colonies show (ZAHN 2013).

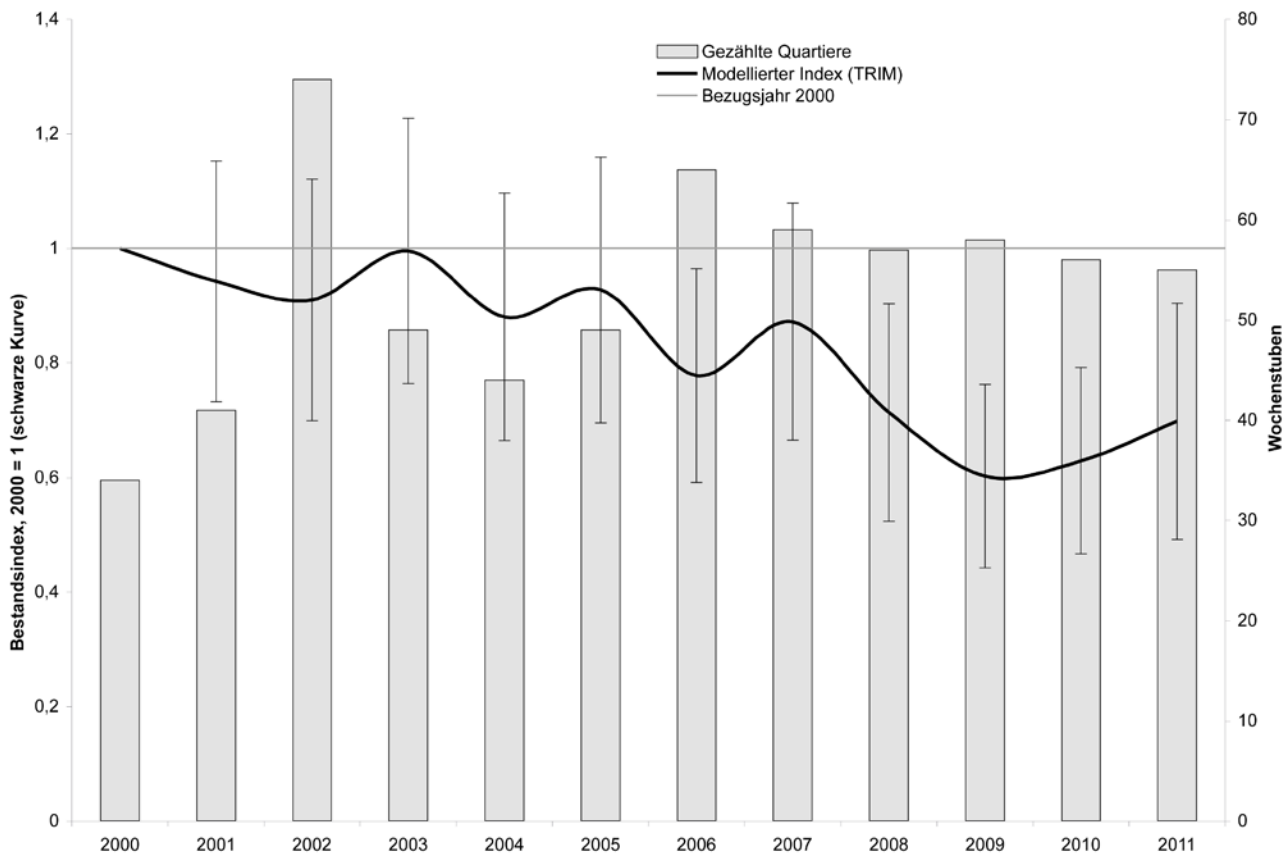


Abb. 10: Entwicklung der durchschnittlichen Koloniegröße der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), bezogen auf alle in Bayern gezählten Quartiere (n=384). Eine Analyse mit dem Programm TRIM zeigt eine abnehmende Populationsgröße, dargestellt als Abweichung vom Bezugsjahr 2000 sowie als Standardfehler des Mittelwertes.

Fig. 10: The development of average colony size for the common pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*), based on colony counts in Bavaria (n=384). An analysis with the TRIM program shows a decreasing population size, indicated by the deviation from the reference year 2000, as well as the standard error of the mean.

9. Folgerungen für den Fledermausschutz

Aufgrund regionaler und saisonaler Unterschiede in den Häufigkeiten betroffener Fledermausarten müssen die potenziellen Auswirkungen einer Windkraftanlage/eines Windparks im Einzelfall beurteilt werden. Durch eine auf Grundlage von Voruntersuchungen gezielte Standortwahl und durch spezifische Schutzmaßnahmen, wie insbesondere einen Abschaltalgorithmus (BEHR & RUDOLPH 2013), kann der Fledermausschlag an WEA wirksam verringert werden. In Bayern werden aufgrund politischer Vorgaben zwei Fledermaus-Schlagopfer der acht besonders kollisionsgefährdeten Arten pro WEA und Jahr als noch tragbare Mortalitätsrate definiert, jedoch ohne artspezifische Differenzierung.

Insbesondere wenn Standorte in Quartiernähe und nahe potenziell gut geeigneter Jagdgebiete (Wälder, Gewässer, strukturreiches Offenland) gewählt werden, müssen die Betreiber mit temporären Einschränkungen des Betriebs („Abschaltalgorithmus“) in Zeiten erhöhter Fledermausaktivität rechnen (BEHR & RUDOLPH 2013).

Diese Maßnahmen beziehen sich allerdings auf einzelne Windparks und erlauben keine Beurteilung der Auswirkungen der verbleibenden windkraftbedingten Mortalität auf Fledermauspopulationen im biologischen Sinne.

Dringend erforderlich ist daher ein aussagekräftiges Monitoring für alle von der Windkraft verstärkt betroffenen Fledermausarten, damit Bestandsveränderungen rechtzeitig erkannt werden können.

Solange die für eine Fledermauspopulation „tragbaren“ Verluste nicht sicher eingeschätzt werden können, ist die Beobachtung der Bestandsentwicklung eine wesentliche Voraussetzung, um die Fledermaus-Bestände europaweit langfristig zu sichern.

Trotz der damit verbundenen rechtlichen Probleme sei darauf hingewiesen, dass sich aus populationsbiologischer Sicht eine „erlaubte“ Fledermausmortalität an WEA nicht auf einzelne Anlagen beziehen darf, sondern auf Populationsebene greifen sollte. Dies bedeutet, dass bundesweit festgelegt werden müsste, welches Ausmaß des Fledermausschlags tragbar ist. Daraus könnte dann abgeleitet werden, wie hoch die Verluste an einzelnen Anlagen maximal sein dürfen. In diesen Schwellenwerten sind artspezifisch unterschiedliche Betroffenheiten und Populationsgrößen zu berücksichtigen. Mit einer Zunahme des Ausbaus der Windenergieanlagen wäre dann eine Abnahme der tolerablen Mortalität an den einzelnen Anlagen verbunden, zumindest sobald eine Bestandsabnahme der (biologischen) Population beobachtet wird. Solange Bestände anwachsen, wären demnach höhere

WEA-bedingte Mortalitätsraten tragbar. Die Möglichkeit eines Nachjustierens der tolerierbaren Mortalität wäre ein entscheidender Baustein für einen Kompromiss zwischen Artenschutz und der Nutzung der Windenergie.

Danksagung

Wir danken Dr. Angelika Meschede für die Analyse der Bestandstrends sowie Sara Crockett für die Übersetzung der englischen Textteile.

Literatur

- AHLÉN, I. & BAAGOE, H. J. & BACH, L. (2009): Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. – *J. Mammalogy* 90(6): 1318–1323.
- AHLÉN, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. – *Fauna och flora* 97(3): 14–21.
- AHLÉN, I., BACH, L., BAAGOE, H. J. & PETERSSON, J. (2007): Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. – Report, Swedish Env. Protection Agency.
- ARNETT, E. B. (2006): A Preliminary Evaluation on the Use of Dogs to Recover Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. – *Wildlife Soc. Bull.* 34(5): 1440–1445.
- ARNETT, E. B. et al. (2008): Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. – *J. Wildlife Manag.* 72(1): 61–78.
- ARNETT, E. B., ERICKSON, W. P. & KERNS, J. (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. – Final Report for Bats and Wind Energy Cooperative. *Bat Cons. Int.*, Austin, Texas.
- BAAGOE, H. J. (2001a): *Vespertilio murinus* (Linnaeus, 1758) – Zweifarbfledermaus. – In: KRAPP, F. (Hrsg., 2001): *Handbuch der Säugetiere Europas – Fledertiere I.* Wiebelsheim: Aula-Verlag: 473–514.
- BAAGOE, H. J. (2001b): *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) – Breitflügelgedermäus. – In: KRAPP, F. (Hrsg., 2001): *Handbuch der Säugetiere Europas – Fledertiere I.* Wiebelsheim: Aula-Verlag: 519–559.
- BACH, L. & BACH, P. (2009): Einfluss von Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen. – *Nyctalus*, Berlin 14 (1–2): 3–13.
- BAERWALD, E. F. & BARCLAY, R. M. R. (2009): Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities – *J. Mammalogy* 90: 1340–1349.
- BAERWALD, E. F., D'AMOURS, G. H., KLUG, B. J. & BARCLAY, R. M. R. (2008): Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. – *Current Biology* 18(16): R695–R696.
- BARCLAY, R. (2013): Bats in the Anthropocene. – Vortrag 3rd Intern. Bat Meeting, 01.–03.03.2013, Berlin.
- BEHR, O. (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch einen Windkraftstandort – Endber. zu den Untersuchungen im Windpark „Kempfenbühl/Schlossbühl“ bei Lahr im Schwarzwald 2004 und 2005. – Friedr.-Alexander-Univ. Erlangen-Nürnberg, Inst. f. Zoologie, Lehrstuhl II.
- BEHR, O. et al. (2007): Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Fledermaus-Schlagopfern – Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. – *Nyctalus*, Berlin 12(2–3): 115–127.
- BEHR, O., BRINKMANN, R., NIERMANN, I. & KORNER-NIEVERGELT, F. (2011): Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. – In: BRINKMANN, R. et al. (Hrsg.): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen.* – *Umwelt und Raum 4*: 130–144, Cuvillier, Göttingen.
- BEHR, O. & VON HELVERSEN, O. (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahr 2005. – Friedr.-Alexander-Univ. Erlangen-Nürnberg, Inst. f. Zoologie, Lehrstuhl II.
- BEHR, O. & RUDOLPH, B.-U. (2013): Fachliche Erläuterungen zum Windkraftverlass Bayern Fledermäuse – Fragen und Antworten. – Bayer. Landesamt f. Umwelt (Hrsg.): 20 S.
- BLOHM, T. & HEISE, G. (2009): Windkraftnutzung und Bestandsentwicklung des Abendseglers *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) in der Uckermark. – *Nyctalus*, Berlin 14 (1–2): 14–26.
- BOGDANOWICZ, W. & RUPRECHT, A. L. (2004): *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) – Kleinabendsegler. – In: KRAPP, F. (Hrsg., 2004): *Handbuch der Säugetiere Europas – Fledertiere II.* Wiebelsheim, Aula-Verlag: 717–756.
- BRINKMANN, R. (2004): Welchen Einfluss haben Windkraftanlagen auf jagende und wandernde Fledermäuse in Baden-Württemberg? – Tagungsführer Akad. f. Natur- und Umweltschutz Ba-Wü, Heft 15, „Windkraftanlagen – eine Bedrohung für Vögel und Fledermäuse?“.
- BRINKMANN, R., BEHR, O., KORNER-NIEVERGELT, F., MAGES, J., NIERMANN, I. & REICH, M. (2011): Zusammenfassung der praxisrelevanten Ergebnisse und offenen Fragen. – In: BRINKMANN, R. et al. (Hrsg.): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen.* *Umwelt und Raum 4*: 40–115, Cuvillier, Göttingen.
- BRINKMANN, R. & SCHAUER-WEISSHAHN, H. & BONTADINA, F. (2006): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. – Gutachten i. A. des Regierungspräsidiums Freiburg – Ref. 56.
- BROWN, W. K. & HAMILTON, B. L. (2006): Monitoring of Bird and Bat Collisions with Wind Turbines at the Summerview Wind Power Project, Alberta 2005–2006. – Report Vision Quest Windelectric, Calgary, AB.
- BUCKLES, E. L. & BALLMANN, A. E. (2012): White-Nose-Syndrome in Cave Bats of North America. – *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*: 432–440.
- BVERWG (= BUNDESVERWALTUNGSGERICHT, 2008a): Urteil vom 12.03.2008 – 9 A 3.06.
- BVERWG (= BUNDESVERWALTUNGSGERICHT, 2008b): Urteil vom 09.07.2008 – 9 A 14.07, Rn 91.
- DIETZ, C., VON HELVERSEN, O. & NILL, D. (2007): *Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas.* – Franckh-Kosmos, Stuttgart.
- DÜRR, T. & BACH, L. (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. – *Bremer Beitr. f. Naturk. u. Naturschutz* 7: 253–263.
- DÜRR, T. (2002): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. – *Nyctalus*, Berlin 8(2): 115–118.
- DÜRR, T. (2013): Fledermausverluste an Windenergieanlagen – Daten aus der zentralen Fundkartei der staatl. Vogelschutzbehörde im Landesamt f. Umwelt, Gesundheit u. Verbraucherschutz Brandenburg, Stand: April 2013.
- ENDL, P., ENGELHART, U., SEICHE, K., TEUFERT, S. & TRAPP, H. (2004): Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen. Landkreise Bautzen, Kamenz, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Stadt Görlitz. – Gutachten i. A. des Staatl. Umweltfachamtes Bautzen.

- ERICKSON, W. P., JEFFREY, J., KRONNER, K. & BAY, K. (2004): Stateline Wind Project Wildlife Monitoring Final Report, July 2001–December 2003. – Report FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council and the Stateline Technical Advisory Com.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2010): Wind energy developments and Natura 2000. – Guidance Doc., Final Draft Doc. in collaboration with Ecosystems LTD.
- FINDLEY, S. (1993): Bats: a community perspective. – Cambridge, Univ. Press.
- FURMANKIEWICZ, J., RUCZYNSKI, I. & JONES, G. (2010): Social calls are sufficient for locating conspecifics at roosts in a tree-dwelling bat *Nyctalus noctula*. – Abstract 15th Int. Bat Res. Conf., Prag, 23–27.08.2010.
- GÖTTSCHE, M. & GÖBEL, H. (2007): Teichfledermaus (*Myotis dasycneme*) als Kollisionsopfer an einer Windenergieanlage. – *Nyctalus*, Berlin 12(2/3): 277–281.
- GRUNWALD, T. & SCHÄFER, F. (2007): Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen an bestehenden WEA in Südwestdeutschland – Teil 2: Ergebnisse. – *Nyctalus*, Berlin 12(2/3): 182–198.
- GRUNWALD, T., ADORF, F., LANGE, T. & BÖGELEIN, A. (2009): Monitoring potentieller betriebsbedingter Beeinträchtigungen von Fledermäusen an Windenergieanlagen im Windpark Nord-schwarzwald – Endber. i. A. der MFG Management & Finanzberatung AG.
- HAMMER, M. & RUDOLPH, B.-U. (2009): Windenergie und Fledermäuse – Fachliche Empfehlungen zur Handhabung des Konfliktes in Bayern. – Bayer. Landesamt f. Umwelt, Ref. 54 – Entwurf, Heft 2–3: 157–170.
- HEISE, G. & BLOHM, T. (2003): Zur Altersstruktur weiblicher Abendsegler (*Nyctalus noctula*) in der Uckermark. – *Nyctalus*, Berlin 9: 3–13.
- HORN, J. W., ARNETT, E. B. & KUNZ, T. H. (2008): Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. – *J. of Wildlife Manag.* 72(1): 123–132.
- HÖTKER, H., THOMSEN, K.-M. & KÖSTER, H. (2005): 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. – Endber. Michael-Otto-Inst. NABU.
- HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. (2005): Bat Migrations in Europe. A Review of Banding Data and Literature. – *Naturschutz u. Biolog. Vielfalt*, Heft 28, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- KERNS, J., ERICKSON, W. P. & ARNETT, E. B. (2005): Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. – In: ARNETT, E. B. et al.: Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia[...]. – Report Bats and Wind Energy Coop., Bat Cons. Int., Austin, Texas.
- KIEFER, A. & WÖHL, S. (2010): Grundlegende Überlegungen zu Zwergfledermäusen und WEA – Version 1.1. – Unveröff. Entwurf mit Tabelle und Textdokument.
- KÖNIG, H. & KÖNIG, W. (2009): Rückgang des Großen Abendseglers (*Nyctalus noctula*) in der Nordpfalz. – *Nyctalus*, Berlin 14(1–2): 103–109.
- KORNER-NIEVERGELT, F., BEHR, O., NIERMANN, I. & BRINKMANN, R. (2011). Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessungen und modifizierter N-mixture Modelle. – In: BRINKMANN, R. et al. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – *Umwelt und Raum 4*: 323–353, Göttingen, Cuvillier.
- KUSENBACH, J. (2004): Abschlussbericht zum Werkvertrag „Erfassung von Fledermaus- und Vogeltoffunden unter Windenergieanlagen an ausgewählten Standorten in Thüringen“. – Gutachten i. A. der Umweltprojekt- und Dienstleistungsgesellschaft, vertreten durch die Koordinationsstelle für Fledermausschutz in Thüringen.
- LANA (= LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT NATURSCHUTZ, 2010): Hinweise zu zentralen unbestimmten Rechtsbegriffen des Bundesnaturschutzgesetzes.
- LEHMANN, B. & ENGEMANN, C. (2007): Nachweis einer Alpenfledermaus (*Hypsugo savii*) als Schlagopfer in einem Windpark in Sachsen-Anhalt. – *Nyctalus*, Berlin 12(2/3): 128–130.
- LEUZINGER, Y., LUGON, A. & BONTADINA, F. (2008): Eoliennes en Suisse – Mortalité de Chauves-Souris. Rapport Avril 2008. – Gutachten i. A. des Off. fédéral de l'environnement, div. Gestion des espèces & Off. fédéral de l'énergie.
- MULNV (= MIN. F. UMWELT U. NATURSCHUTZ, LANDW. U. VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN, 2007): Geschützte Arten in Nordrhein-Westfalen – Vorkommen, Erhaltungszustand, Gefährdung, Maßnahmen. – Essen: DVE GmbH.
- NABU (2012): Expertenworkshop zu „Windkraft und Fledermäuse“. – BAG Fledermausschutz im NABU am 16. Februar 2012, www.fledermausschutz-rlp.de/expertenpapier.pdf.
- NIERMANN, I., BRINKMANN, R., KORNER-NIEVERGELT, F. & BEHR, O. (2011): Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. – In: BRINKMANN, R. et al. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. – *Umwelt und Raum 4*: 40–115, Cuvillier, Göttingen.
- OVG (= OBERVERWALTUNGSGERICHT THÜRINGEN, 2009) Urteil vom 14.10.2009 – 1KO 372/06, 1aa.
- PANNEKOEK, J., VAN STRIEN, A. J., GMELIG MEYLING, A. M. (2005): TRIM, Vers. 3.5.3, Netherlands, www.cbs.nl/en-GB/menu/themas/natuur-milieu/methoden/trim/default.
- PETERMANN, R. & BOYE, P. (2006): National Report on Bat Conservation in the Federal Republic of Germany 2003–2006. Im Auftrag des BMU, www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/National_Reports/nat_rep_D_2006.pdf.
- REICHENBACH, M., STEINBORN, H., RAHMEL, U. & IBACH, A. (2007): Faunistisches Gutachten – Brutvögel und Fledermäuse im Bereich der geplanten Erweiterung des Windparks Westerbürg/Charlottendorf Ost – Bestand, Bewertung, Konfliktanalyse.
- REITER, G., WEGLEITNER, S., HÜTTMEIR, U. & POLLHEIMER, M. (2010): Die Alpenfledermaus, *Hypsugo savii* (Bonaparte, 1837), in Mitteleuropa. – *Nyctalus*, Berlin 15(2–3): 157–170.
- RODRIGUES, L., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., GOODWIN, J. & HARBUSCH, C. (2008): Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Windenergieprojekten. – EURO-BATS Pub. Ser. 3 (dt. Fassung), UNEP/EUROBATS Sek., Bonn.
- RUCZYNSKI, I., KALKO, E. K. V. & SIEMERS, B. (2007): The sensory basis of roost finding in a forest bat, *Nyctalus noctula*. – *J. Exper. Bio.* 210: 3607–3615.
- RYDELL, J., ENGSTRÖM, H., HEDENSTRÖM, A., LARSEN, J. K., PETERSSON, J. & GREEN, M. (2012): The effect of wind power on birds and bats. A synthesis. – Swedish Env. Protection Agency, report 6511.
- RYDELL, J., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., GREEN, M., RODRIGUEZ, L. & HEDENSTRÖM, A. (2010): Bat mortality at wind turbines in Northwestern Europe. – *Acta Chiropterologica*: 12(2): 261–274.

- SATTLER, T. & BONTADINA, F. (2005): Grundlagen zur ökologischen Bewertung von zwei Windkraftgebieten in Frankreich aufgrund der Diversität und Aktivität von Fledermäusen. – Unveröff. Kurzber. SWILD, Zürich i. A. von Megawatt Eole, Stuttgart.
- SEICHE, K., ENDL, P. & LEIN, M. (2007): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. – *Nyctalus*, Berlin 12(2/3): 170–181.
- SEICHE, K., ENDL, P. & LEIN, M. (2008): Fledermäuse und Windenergie in Sachsen 2006. – Naturschutz und Landschaftspflege, Dresden Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Bundesverband für Windenergie, Vereinigung zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien e.V. (Hrsg.), [www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/images/literatur/2006_studie_Fledermaus_sachsen\[1\].pdf](http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/images/literatur/2006_studie_Fledermaus_sachsen[1].pdf).
- SENDOR, T. & SIMON, M. (2000): Schätzung der Populationsgröße am Winterquartier schwärmender Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus*): Ein Methodenvergleich. – *Beitr. Ökologie* 4: 43–52.
- SIMON, M., HÜTTENBÜGEL, S. & SMIT-VIERGUTZ, J. (2004): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Dörfern und Städten. – *Schriftf. Landespf. u. Naturschutz* 76: 263 S.
- TRAPP, H., FABIAN, D., FÖRSTER, F. & ZINKE, O. (2002): Fledermausverluste in einem Windpark der Oberlausitz. – *Naturschutzarbeit 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, WEB Windenergie, evn naturkraft, IG Windkraft und des Amtes der NÖ Landesreg.
- VOIGT, C. C., POPA-LISSEANU, A. G., NIERMANN, I. & KRAMER-SCHADT, S. (2012) The catchment area of wind farms for European bats: A plan for international regulations. – *Biol. Cons.* 153: 80–86.
- ZAGMAJSTER, M., JANCAR, T. & MLAKAR, J. (2007): First records of dead bats (Chiroptera) from wind farms in Croatia. – *Nyctalus*, Berlin 12(2–3): 234–237.
- ZAHN, A. (2013): Untersuchungen zur Bestandsentwicklung und zum Schutz von Fledermäusen in Südbayern. Zwischenbericht für den Zeitraum 01.11.2011–31.12.2012. – Unveröff. Gutachten i. A. des Bayer. Landesamts für Umwelt.
- ZAHN, A., HAMMER, M. & RUDOLPH, B.-U. (2012): 25 Jahre erfolgreicher Fledermausschutz in Bayern. Fledermäuse zwischen Kultur und Natur. – *Naturschutz u. Biolog. Vielfalt* 128: 25–46.
- ZAHN, A., MESCHÉDE, A. & RUDOLPH, B.-U. (2004): Abendsegler (*Nyctalus noctula*). – In: MESCHÉDE, A. & RUDOLPH, B.-U. (Bearb.): Fledermäuse in Bayern. – Ulmer: 232–252, Stuttgart.
- ZÖPHEL, U. & BLISCHKE, H. (2010): Tabelle „Streng geschützte Tier- und Pflanzenarten (außer Vögel)“. – Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen, Ver. 1.0 (mit Legende).

Zitiervorschlag

- ZAHN, A., LUSTIG, A. & HAMMER, M. (2014): Potenzielle Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermauspopulationen. – *ANLiegen Natur* 36(1): 21–35, Laufen, www.anl.bayern.de/publikationen.

Autoren und Autorin



Dr. Andreas Zahn,

Jahrgang 1964. Studium der Biologie in Regensburg und München, Habilitation 2009. Seit 1995 wissenschaftlicher Angestellter an der LMU, Department Biologie II; Leitung des Forschungsvorhabens „Bestandsentwicklung und Schutz von Fledermäusen in Südbayern“. Daneben Lehrtätigkeit an der ANL und freiberuflicher Gutachter mit den Arbeitsschwerpunkten Amphibien, Reptilien, Fledermäuse, Beweidung, Habitatmanagement. Ehrenamtliche Tätigkeit im Artenschutz bei der Kreisgruppe Mühlendorf des Bund Naturschutz.

Hermann-Löns-Straße 4
84478 Waldkraiburg
+ 49 8638 86117
andreas.zahn@iiv.de



Anika Lustig,

Jahrgang 1985. Studium der Biologie an der LMU München. Diplom 2010. Seitdem freiberufliche Gutachterin mit dem Schwerpunkt Fledermäuse. Mitarbeit am Forschungsvorhaben „Bestandsentwicklung und Schutz von Fledermäusen in Südbayern“.

Alpspitzstraße 1
86415 Mering
anika_lustig@yahoo.de



Matthias Hammer,

Jahrgang 1965. Studium der Biologie in Würzburg und Erlangen. Wissenschaftlicher Angestellter an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, Lehrstuhl für Tierphysiologie. Seit 1990 Mitarbeiter und seit 1997 Leiter der Koordinationsstelle für den Fledermausschutz in Nordbayern an der Universität Erlangen, im Rahmen des Forschungsprojekts „Bestandsentwicklung und Schutz von Fledermäusen in Nordbayern“. Freiberufliche Nebentätigkeit als fledermausfachlicher Gutachter.

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
Koordinationsstelle für den Fledermausschutz in Nordbayern
Lehrstuhl für Tierphysiologie
Staudtstraße 5
91058 Erlangen
matthias.hammer@fau.de

Impressum

ANLIEGEN NATUR

Zeitschrift für Naturschutz
und angewandte
Landschaftsökologie
Heft 36(1), 2014
ISSN 1864-0729
ISBN 978-3-944219-09-7

Die Zeitschrift versteht sich als Fach- und Diskussionsforum für den Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz und die im Natur- und Umweltschutz Aktiven in Bayern. Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Verfasserinnen und Verfasser verantwortlich. Die mit Verfasseramen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers beziehungsweise der Schriftleitung wieder.

Herausgeber und Verlag

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstraße 6
83410 Laufen an der Salzach
poststelle@anl.bayern.de
www.anl.bayern.de

Schriftleitung und Redaktion

Dr. Andreas Zehm (ANL)
Telefon: +49 8682 8963-53
Telefax: +49 8682 8963-16
andreas.zehm@anl.bayern.de

Bearbeitung: Dr. Andreas Zehm (AZ), Lotte Fabsicz,
Sara Crockett (englische Textpassagen),
Wolf Scholz

Fotos: Quellen siehe Bildunterschriften
Satz (Grafik, Layout, Bildbearbeitung): Hans Bleicher
Druck: Verlag Weiss OHG, 94469 Deggendorf
Stand: Juli 2014

© Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinarbeit der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – ist die Angabe der Quelle notwendig und die Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Alle Teile des Werkes sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten.

Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

Erscheinungsweise

Zweimal jährlich

Bezug

Bestellungen der gedruckten Ausgabe sind über www.bestellen.bayern.de möglich.

Die Zeitschrift ist als pdf-Datei kostenfrei zu beziehen. Das vollständige Heft ist über das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) unter www.bestellen.bayern.de erhältlich. Die einzelnen Beiträge sind auf der Seite der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) als pdf-Dateien unter www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen abrufbar.

Zusendungen und Mitteilungen

Die Schriftleitung freut sich über Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie weiteres Informationsmaterial. Für unverlangt eingereichtes Material wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung. Wertsendungen (und analoges Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleitung schicken.

Beabsichtigen Sie einen längeren Beitrag zu veröffentlichen, bitten wir Sie mit der Schriftleitung Kontakt aufzunehmen. Hierzu verweisen wir auf die Richtlinien für Autoren, in welchen Sie auch Hinweise zum Urheberrecht finden.

Verlagsrecht

Das Werk einschließlich aller seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.