



Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg

Auftraggeber:



**Regierungspräsidium
Freiburg - Referat 56
Naturschutz und
Landschaftspflege**
gefördert durch
**Stiftung Naturschutzfonds
Baden-Württemberg**
(Projekt 0410 L)

Auftragnehmer:

Planungsbüro
Dr. Robert Brinkmann
Holunderweg 2
D-79194 Gundelfingen
Fon: 0761-5932580
Fax: 0761-5932581
www.buero-brinkmann.de

Bearbeitung:

Dr. Robert Brinkmann
Horst Schauer-Weissahn

unter Mitarbeit von:

Dr. Fabio Bontadina
SWILD, Zürich

Gundelfingen, 31.01.2006

Inhaltsverzeichnis	Seitenzahl
1 Einleitung und Aufgabenstellung	4
2 Aufsammlungen von Fledermäusen an Windkraftanlagen	5
2.1 Einleitung und Fragestellung	5
2.2 Methoden	6
2.2.1 Auswahl der Untersuchungsstandorte und Kontrollzeiträume	6
2.2.2 Ermittlung der Größe und Struktur der Untersuchungsflächen	9
2.2.3 Nachsuche und Datenaufnahme im Gelände	10
2.2.4 Ermittlung der Abtrage rate von Kadavern	10
2.2.5 Bestimmung der Suche ffizienz	11
2.2.6 Statistik	11
2.3 Ergebnisse	11
2.3.1 Anzahl, Artspektrum und Status der gefundenen Fledermäuse	11
2.3.2 Jahreszeitliche Verteilung der Nachweise	14
2.3.3 Einfluss von Standort und Anlagentyp	15
2.3.4 Fundorte in Bezug zum Mastfuß	17
2.3.5 Suche ffizienz	20
2.3.6 Abtrage rate von Kadavern	21
2.3.7 Schätzung der Anzahl der tatsächlichen Kollisionsopfer	23
2.3.8 Anzahl und Artenspektrum der gefundenen Vögel	25
2.4 Diskussion	26
2.4.1 Artenspektrum und Status der an den Anlagen kollidierten Fledermäuse	26
2.4.2 Anzahl der an den Anlagen kollidierten Fledermäuse	27
2.4.3 Unterschiede in der Anzahl der Kollisionsopfer zwischen den Jahren	30
2.4.4 Jahreszeitliche Verteilung der Nachweise	31
2.4.5 Einfluss von Standort und Anlagentyp	31
3 Untersuchung der Kollisionsopfer	32
3.1 Einleitung und Fragestellung	32
3.2 Methoden	32
3.3 Ergebnisse	33
3.3.1 Äußerlich erkennbare Verletzungen und Schädel frakturen	33
3.3.2 Sektionsbefund	34
3.4 Diskussion und vorläufiges Fazit zur Todesursache	34
4 Beobachtungen der Aktivität von Fledermäusen an Windkraftanlagen mit der Wärme bildkamera	35
4.1 Einleitung und Fragestellung	35

4.2	Methoden	36
4.2.1	Auswahl der Beobachtungsstandorte und -zeiträume	36
4.2.2	Technische Ausrüstung und Vorgehensweise	37
4.2.3	Tests zur Bestimmung der Beobachtungstiefe und der Art der beobachteten Objekte und Entwicklung eines Klassifizierungssystems für Beobachtungen	38
4.3	Ergebnisse	41
4.3.1	Anzahl und Verteilung der beobachteten Objekte über den Untersuchungszeitraum... ..	41
4.3.2	Schwärm- oder Inspektionsverhalten von Fledermäusen	42
4.3.3	Aktivität an den verschiedenen Untersuchungsstandorten	42
4.3.4	Verteilung der Aktivität während der nächtlichen Beobachtungsphasen	44
4.3.5	Aktivität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit	45
4.4	Diskussion	46
4.4.1	Bestimmung der Flugobjekte und Beobachtungstiefe	46
4.4.2	Verhaltensbeobachtungen an den Windkraftanlagen	47
4.4.3	Aktivitätsvergleiche der untersuchten Standorte	48
4.4.4	Aktivität und Windgeschwindigkeiten	49
5	Naturschutzfachliche Bewertung der Untersuchungsergebnisse	49
5.1	Artenschutzrechtliche Regelungen	49
5.2	Beurteilung der artspezifischen Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse	50
5.3	Maßstäbe zur Beurteilung der Erheblichkeit von Beeinträchtigungen durch Kollisionen von Fledermäusen an Windkraftanlagen	52
6	Hinweise zur Berücksichtigung der artenschutzrechtlichen Aspekte in Planungs- und Genehmigungsverfahren	53
6.1	Situation im Regierungsbezirk Freiburg	53
6.2	Standortbezogene Voruntersuchungen zur Ermittlung möglicher Beeinträchtigungen	54
6.3	Maßnahmen zur Vermeidung betriebsbedingter Beeinträchtigungen	55
6.3.1	Standortwahl	55
6.3.2	Vermeidung von Beeinträchtigungen durch Einschränkung der Betriebszeiten	56
7	Zusammenfassung	57
8	Literatur	60
Anhang		63

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Funde von toten Fledermäusen unter verschiedenen Windkraftanlagen in Deutschland haben die öffentliche Aufmerksamkeit aktuell auf ein neues Konfliktfeld zwischen Windkraftnutzung und Artenschutz gelenkt. Insbesondere die Aufsammlungen toter Fledermäuse in Windparks in Brandenburg (DÜRR 2002) zeigten, dass Fledermäuse an Windkraftanlagen verunglücken können. Nach den ersten systematischen Untersuchungen in Windparks in Sachsen muss sogar davon ausgegangen werden, dass in Einzelfällen relativ viele Tiere verunglücken (TRAPP et al. 2002). Diese Untersuchungsergebnisse führen dazu, dass in den Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Windkraftanlagen neben dem Vogelschutz zunehmend auch Fragen des Fledermausschutzes thematisiert werden.

Welche Wirkungen mit der Errichtung und dem Betrieb von Windkraftanlagen auf Fledermäuse und ihre Lebensräume insgesamt verbunden sein können, wird durch neuere Studien immer deutlicher (vgl. ARNETT 2005). Nach derzeitigem Kenntnisstand muss davon ausgegangen werden, dass letale Wirkungen, insbesondere Kollisionen¹ von Fledermäusen an Windkraftanlagen wesentlich stärkere Auswirkungen auf die Populationen haben können als non-letale Wirkungen wie Störungen, Verdrängungen oder Habitatverluste, die mit dem Bau, der Anlage oder dem Betrieb der Windkraftanlagen einhergehen (vgl. BACH & RAHMEL 2004, BRINKMANN 2004, HÖTTKER et al. 2005). Die hier vorgelegte Studie beschäftigt sich deshalb ausschließlich mit dem Kollisionsrisiko von Fledermäusen an Windkraftanlagen und dessen Folgen.

Alle bis zum Beginn dieser Studie im Juli 2004 durchgeführten systematischen Untersuchungen zu Kollisionen von Fledermäusen an Windkraftanlagen beziehen sich überwiegend auf Anlagenstandorte in landwirtschaftlich geprägten Kulturlandschaften in Nord- und Ostdeutschland. Da Windkraftanlagen im Regierungsbezirk Freiburg aufgrund der Windverhältnisse vorrangig auf bewaldeten Bergkuppen in den höheren Lagen des Schwarzwaldes und seiner Vorbergzone errichtet werden stellte sich die Frage, ob die in Nord- und Mitteldeutschland erzielten Ergebnisse auch auf die hier gegebenen Bedingungen übertragbar sind.

Ziel dieser Untersuchung ist es daher zunächst zu überprüfen, ob an den bestehenden Anlagen im Regierungsbezirk Freiburg Kollisionen von Fledermäusen auftreten. Falls ja, sollen – so weit möglich – der Umfang und die Ursache von Kollisionen ermittelt werden.

Zu diesem Zweck wurde im Spätsommer/Herbst 2004 zunächst eine breit angelegte Nachsuche von toten Fledermäusen an insgesamt 32 Anlagen im Regierungsbezirk Freiburg durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Übersichtskartierung wurden bereits im Rahmen eines Zwischenberichtes mit Stand November 2004 umfassend dargestellt (BRINKMANN & SCHAUER-WEISSHAHN 2004). Eine Zusammenfassung dieses Zwischenberichtes wurde durch das RP FREIBURG 2005 im Internet veröffentlicht.

Im Jahr 2005 wurde die Suche nach Kollisionsoffern an acht ausgewählten Windkraftanlagen im Zeitraum Anfang April bis Mitte Mai und Mitte Juli bis Mitte Oktober fortgeführt. Zusätzlich wurden Versuche zur Bestimmung der Sucheffizienz und zur Abtrage der Kadaver durchge-

¹ Dass die an Windkraftanlagen gefundenen Fledermäuse durch Kollisionen mit den Windkraftanlagen oder Verwirbelungen in deren unmittelbarer Nähe zu Tode kommen, ist mittlerweile hinreichend belegt. Im folgenden wird für beide Todesursachen, die nicht immer klar zu trennen sind, der Begriff Kollision (bzw. Kollisionsoffer für die tot aufgefundenen Tiere) verwendet.

führt, um eine Abschätzung der Anzahl der tatsächlichen Kollisionsopfer zu ermöglichen. In beiden Jahren wurden sämtliche Fledermauskadaver durch Frau Dr. Häußler im Labor näher untersucht, um genaue Angaben zum Status der Tiere und insbesondere auch zur Todesursache zu erhalten.

Mit dem Ziel, ergänzende Hinweise zu bekommen, wo und warum Fledermäuse an Windkraftanlagen kollidieren, wurde das Verhalten von Fledermäusen an ausgewählten Windkraftanlagen mittels einer Wärmebildkamera beobachtet. Diese Beobachtungen sollten die aus den Aufsammlungen gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf unterschiedliche Kollisionsraten an verschiedenen Standorttypen und bei verschiedenen Witterungsverhältnissen ergänzen und absichern.

Im zweiten Teil der Studie wird auf der Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse beurteilt, welches Beeinträchtigungsrisiko mit der Errichtung und dem Betrieb von Windkraftanlagen bezogen auf die artenschutzrechtlich besonders geschützten Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg verbunden ist. Darauf aufbauend werden Empfehlungen zur Vermeidung und Minderung möglicher betriebsbedingter Beeinträchtigungen von Fledermäusen durch Windkraftanlagen sowie Hinweise für die Berücksichtigung artenschutzrechtlicher Fragen im Rahmen der Genehmigungsverfahren erarbeitet.

2 Aufsammlungen von Fledermäusen an Windkraftanlagen

2.1 Einleitung und Fragestellung

Erste Untersuchungen seit Mitte der 1990er Jahre waren darauf ausgerichtet, mögliche Störungen von Fledermäusen in ihren Jagdhabitaten oder auf ihren Flugrouten zu untersuchen (BACH et al. 1999, 2001). Obwohl aus Beobachtungen aus Australien (HALL & RICHARDS 1972) und den USA (OSBORN et. al. 1996) prinzipiell bekannt war, dass Fledermäuse auch mit Windkraftanlagen kollidieren können, wurden in Deutschland Aufsammlungen erst etwa ab der Jahrtausendwende durchgeführt. Bei den bislang publizierten Ergebnissen von Aufsammlungen handelt es sich zumeist um zufällig aufgefundenen Fledermäuse (z.B. VIERHAUS 2000, DÜRR 2002, 2004), die keine Interpretationen zu Art und Umfang von Kollisionen erlauben.

Im gesamten süddeutschen Raum (Bayern, Baden-Württemberg) fehlen systematische Studien und auch zufällige Funde von toten Fledermäusen unter Windkraftanlagen völlig (vgl. DÜRR 2004). Die wenigen bislang relativ systematisch durchgeführten Untersuchungen beziehen sich fast ausschließlich auf Anlagenstandorte in den ausgeräumten Ackerlandschaften in Nordost- und Mitteldeutschland (z.B. Brandenburg DÜRR 2004, Sachsen ENDL 2004). Auch Untersuchungen in Wäldern fehlen bis auf die Studie im Windpark Puschwitz (Vorwaldstadien in der Kulturlandschaft des Oberlausitzer Gefildes, vgl. TRAPP et. al. 2002) weitgehend.

Ob und in welchem Umfang das Phänomen auch in Süddeutschland und hier speziell im Regierungsbezirk Freiburg auftritt, war daher zu Beginn der Studie völlig unklar. Da die Landschaften in Südwestdeutschland und insbesondere der Hochschwarzwald ein anderes Fledermaus-Artenspektrum aufweisen und auch überregional z.B. für die fernziehenden Fledermausarten eine ganz andere Bedeutung als die Ackerlandschaften Nord- und Mittel-

deutschlands besitzen, war es offensichtlich, dass die dort erzielten Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die Situation im Regierungsbezirk Freiburg übertragen werden können.

Die einfachste und auch eindeutigste Methode zum Nachweis von Kollisionen ist die systematische Suche nach Kollisionsoptern unter bereits im Betrieb befindlichen Anlagen. Sie wurde gewählt, um zur Klärung folgender Fragen beizutragen:

- ▶ Kommt es im Regierungsbezirk Freiburg überhaupt zu Kollisionen, d.h. lassen sich überhaupt tote Fledermäuse unter den bestehenden Anlagen nachweisen?
- ▶ Welche Fledermausarten sind ggf. betroffen?
- ▶ Können die Ergebnisse räumlich, zeitlich, oder in Hinblick auf verschiedene Anlagentypen differenziert werden?
- ▶ In welchem Umfang kollidieren Fledermäuse an den Anlagen?

2.2 Methoden

2.2.1 Auswahl der Untersuchungsstandorte und Kontrollzeiträume

Untersuchungsjahr 2004

Ziel der ersten Untersuchungsphase im Spätsommer-Herbst 2004 war es, zunächst einen breiten Überblick über das Auftreten von Kollisionsoptern im Regierungsbezirk Freiburg zu erhalten. Deshalb wurden 16 Windkraftanlagen für eine systematische Kontrolle im Untersuchungszeitraum ausgewählt. 16 weitere Anlagen wurden zusätzlich nur an zwei bis drei Sonderterminen kontrolliert². Insgesamt wurden Anlagen aus unterschiedlichen Naturräumen (Vorbergzone, Hochschwarzwald, Baar) und verschiedenen Typs (Nabenhöhe, Rotordurchmesser) berücksichtigt. Eine Übersicht über die regelmäßig untersuchten Anlagen gibt Tab. 1. Die genauen Anlagen- und Kontrolldaten der zusätzlich kontrollierten Anlagen können Tabelle A-2 im Anhang entnommen werden. Die Lage aller untersuchten Standorte ist in Abb. 1 verzeichnet.

Die für die systematische Nachsuche ausgesuchten 16 Anlagen wurden von August bis Oktober 2004 regelmäßig in einem Abstand von fünf Tagen nach Schlagopfern abgesucht. Die Nachsuchen erfolgten jeweils an zwei aufeinander folgenden Kontrolltagen³. Am ersten Tag wurden jeweils die Anlagen Schillinger Berg 1+2, Hohe Eck, Brudergarten 1-3 und Mahlberg 1-3 (Tour 1) und am zweiten Tag die Anlagen Plattenhöfe 1-4, Fürstenberg und Holzschlägermatte 1+2 (Tour 2)⁴ kontrolliert. Die erste Kontrolle wurde am 03./04.08.04, die letzte Kontrolle am 28.10.04 durchgeführt. Insgesamt ergeben sich im Rahmen der systematischen Kontrollen somit 18 Kontrolltermine für die Anlagen auf der Tour 1 bzw. 17 auf Tour 2. Einige dieser Anlagen wurden an wenigen Tagen zusätzlich auch außerhalb des regelmäßigen Kontrollturnus

² Hornberg 1+2, Schweighausen 1+2, Herbolzheim, Reichenbach-Windkapf 1-3, Schonach 1+2, Rohrhardsberg, Neueck 1+2 und Gütenbach-Kaisersebene 1-3

³ Die Verschiebung von Kontrollterminen um einen Tag war für Tour 1+2 am 02./03.09.2004 und für die Tour 1 am 27.10.2004 notwendig.

⁴ Bei der Kontrolle (Tour 2) am 04.09.2004 wurden die Anlagen Plattenhöfe 1-4 nicht abgesucht (Gras zu hoch), dafür wurden die Anlagen Kaisersebene 1-3 und Neueck 1+2 abgesucht. Der letzte Kontrolltermin für die Tour 2 entfiel auf Grund anhaltend schlechter Witterung.

abgesucht (Brudergarten 1: 01.08.04; Schillinger Berg 1: 21.09. + 24.10.04; Hohe Eck: 24.10.04).

Tab. 1: Kenndaten der regelmäßig kontrollierten Windkraftanlagen

(Nachsuche 2004 im Zeitraum Ende Juli bis Ende Oktober an allen 16 Anlagen, Nachsuche 2005 an acht ausgewählten, in der Tabelle durch Fettdruck hervorgehobenen Anlagen, im Zeitraum Anfang April bis Mitte Mai und Mitte Juli bis Mitte Oktober).

Standort/ Anlagenbezeichnung	Typ	Naben- höhe m	Rotor Ø m	Standort	Höhe ü. NN m
Ettenheim Mahlberg 1	Nordex N 80	80	80	Windschlag	470
Ettenheim Mahlberg 2	Nordex N 80	80	80	Wald	470
Ettenheim Mahlberg 3	Südwind S 77	90	77	Wald	500
Ettenheim Brudergarten 1	Nordex N 62	69	62	Wald	470
Ettenheim Brudergarten 2	Nordex N 62	69	62	Wald	470
Ettenheim Brudergarten 3	Nordex N 62	69	62	Wald/Windschlag	470
Freiamt Hohe Eck	Enercon E 66	86	70	Wald	600
Freiamt Schillinger Berg 1	Enercon E 66	86	70	Wald	720
Freiamt Schillinger Berg 2	Enercon E 66	86	70	Wiese	710
St. Peter Plattenhöfe 1	Enercon E 40	78	44	Wiese/Wald	1000
Simonswald Plattenhöfe 2	NEG Micon 60/1000	70	60	Wiese/Wald	1000
Simonswald Plattenhöfe 3	NEG Micon 60/1000	70	60	Wiese/Wald	1000
Simonswald Plattenhöfe 4	NEG Micon 60/1000	70	60	Wiese	1000
Horben Holzschlägermatte 1	Enercon E 66	98	70	Wald	920
Horben Holzschlägermatte 2	Enercon E 66	98	70	Wald	920
Fürstenberg	REpower MD 77	90	77	Wiese	920

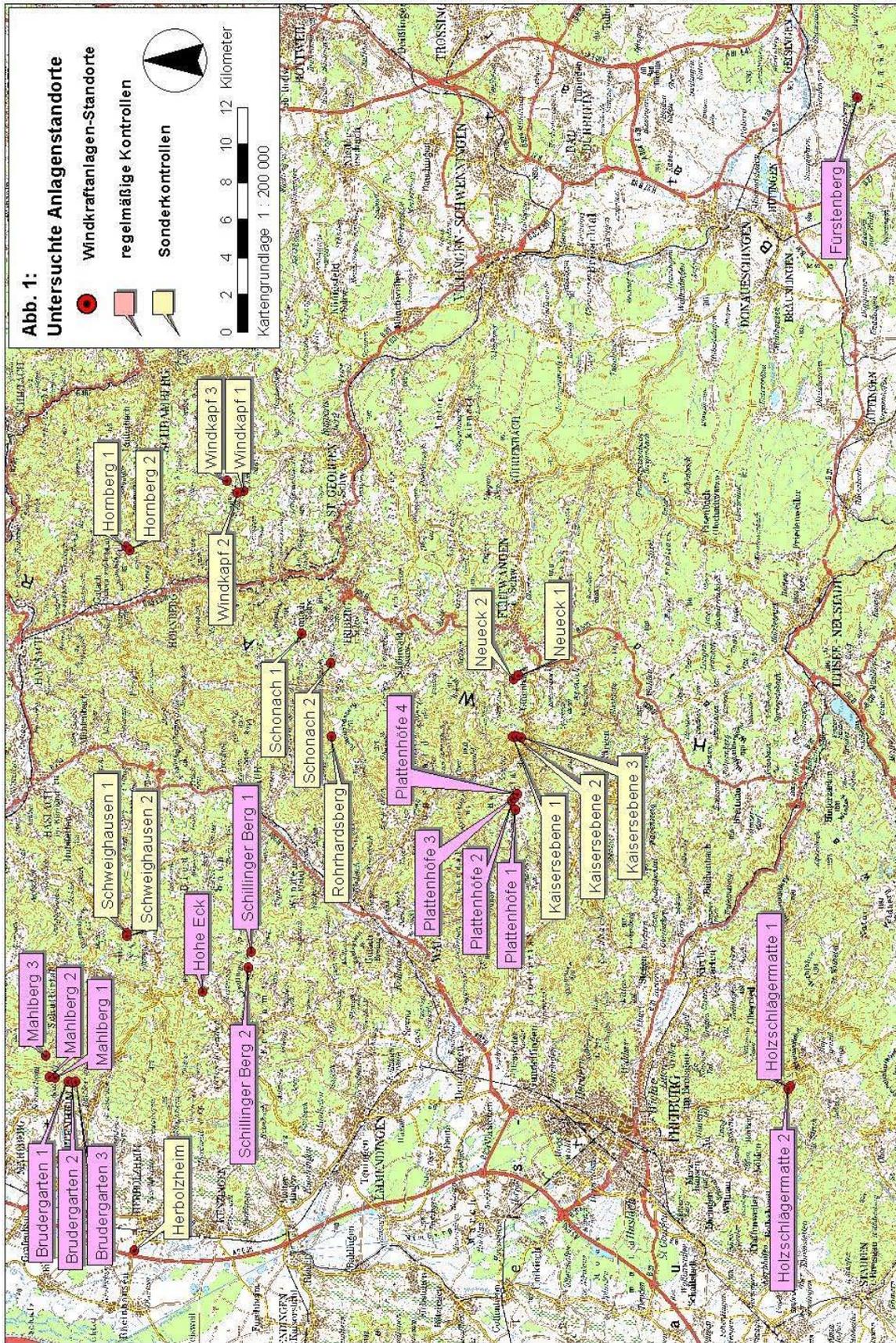
Untersuchungsjahr 2005

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse aus 2004 war grundsätzlich geklärt, dass auch im Untersuchungsraum Fledermäuse an Windkraftanlagen kollidieren. Im zweiten Jahr sollte daher untersucht werden

- ▶ ob auch in anderen Jahreszeiten, insbesondere zur Zugzeit der Fledermäuse im Frühjahr/Frühsummer Kollisionsopfer an den Anlagen beobachtet werden können und
- ▶ ob es Unterschiede in der Fundhäufigkeit zwischen verschiedenen Jahren gibt.

Da aus anderen Untersuchungen zu vermuten war, dass Kollisionen in den Frühjahrsmonaten relativ seltener auftreten (vgl. DÜRR 2004), wurden zur Überprüfung der jahreszeitlichen Hypothese die Anlagen ausgewählt, unter denen bereits 2004 Kollisionsopfer in Anzahl gefunden worden waren. Auch für die zweite Fragestellung war es zielführend, die Untersuchungen an diesen Anlagen fortzusetzen, da es sich allesamt um Anlagen im Wald handelt, die im Gegensatz zu den Anlagen auf Wiesen relativ gut und systematisch absuchbar sind.

Bei der Interpretation der in 2005 erzielten Untersuchungsergebnisse muss daher beachtet werden, dass die Anlagen keinesfalls repräsentativ für alle WKA im Regierungsbezirk Freiburg sind. Es handelt sich vielmehr um die Anlagen, bei denen in 2004 die höchsten Kollisionsraten ermittelt wurden. Sie wurden aus methodischen Gründen gezielt unter dem Blickwinkel der zu überprüfenden Fragestellungen ausgesucht.



Folgende acht Anlagen wurden für die Untersuchung 2005 ausgewählt: Holzschlägermatte 1+2, Schillinger Berg 1, Hohe Eck, Brudergarten 1-3 und Mahlberg 3 (vgl. auch Tab. 1). Die Anlagen wurden von Anfang April bis Mitte Mai und Mitte Juli bis Mitte Oktober in einem regelmäßigen Abstand von fünf Tagen nach Schlagopfern abgesucht. Stichprobenartig wurden drei weitere Sonderkontrollen (28. Mai, 20. Juni und 30. Juni) durchgeführt. Die erste Kontrolle wurde am 02.04.05, die letzte Kontrolle am 16.10.05 durchgeführt. Insgesamt ergeben sich somit für diese acht Anlagen 30 Kontrolltermine im Jahr 2005.

2.2.2 Ermittlung der Größe und Struktur der Untersuchungsflächen

Die Nachsuche erfolgte in einem Radius von 50 Metern um den Mastfuß, da TRAPP et al. (2002) bei ihren Nachsuchen unter vergleichbaren Windkraftanlagen noch tote Fledermäuse in diesem Abstand gefunden hatten. Bei den im Wald liegenden Anlagen war es aber nicht möglich die gesamte Fläche zu kontrollieren, da eine Nachsuche im Wald oder in dichtem Brombeer-/Ginstergebüsch als nicht sinnvoll angesehen wurde. Zur Ermittlung des Anteils der kontrollierbaren Flächen in dem gewählten 50 Meter Radius und zur Dokumentation der Umgebung der Fundorte von toten Fledermäusen (vgl. Fundberichte im Anhang) wurde die Vegetationsstruktur nach dem Grad der Vegetationsdichte klassifiziert. Dabei wurden fünf Einheiten unterschieden, deren Flächenanteil im Gelände erfasst wurde:

- ▶ offen: ohne jede Vegetation, zumeist Schotterflächen und Wege
- ▶ überwachsen: mit Grasvegetation schwach überwachsene Flächen
- ▶ stark überwachsen: dichte Gras- und Binsenbestände
- ▶ sehr stark überwachsen: Brombeer- und Ginstergebüsche
- ▶ Wald

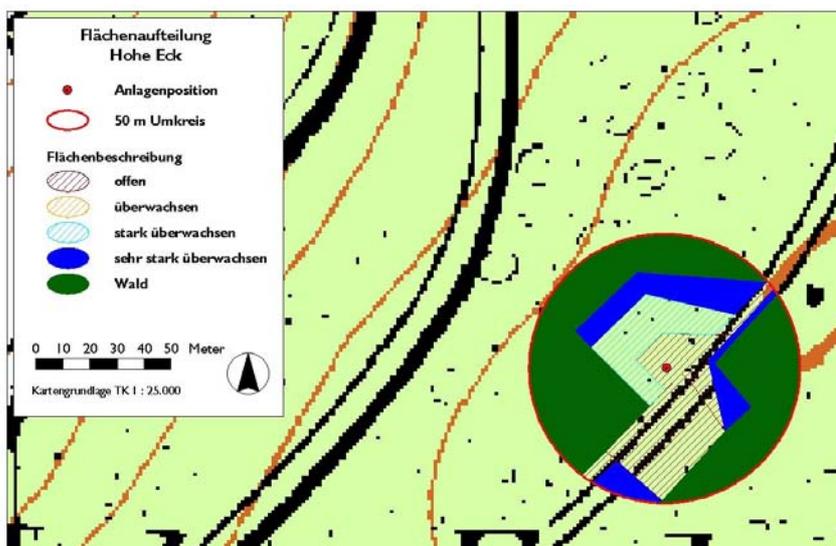


Abb. 2: Ermittlung der Anteile der kontrollierten Flächen unterhalb der WKA am Beispiel der Anlage „Hohe Eck“

Die Suche nach Kollisionsoptionen fand nur in den ersten drei Einheiten statt (offen bis stark überwachsen). Die Flächen der einzelnen Einheiten wurden innerhalb des 50 m Radius im Gelände kartiert und im GIS berechnet (ArcView 3.2, vgl. Abb. 2). Bei den im Offenland überwiegend auf Wiesen stehenden Anlagen, die 2004 untersucht wurden, wurde nach

Absprache mit den Flächeneigentümern auf eine Nachsuche ab einer gewissen Aufwuchshöhe verzichtet, um Schäden zu vermeiden. Aufgrund der insgesamt hohen Vegetationsdeckung wurden die Wiesenflächen einheitlich als stark überwachsen klassifiziert.

2.2.3 Nachsuche und Datenaufnahme im Gelände

Die kontrollierbare Fläche wurde systematisch in Bahnen bis zu 6 m Abstand (geringer je nach Vegetationsdeckung und -dichte) abgeschritten, so dass sich ein Suchkorridor von bis zu 3 m auf beiden Seiten ergab. In Abhängigkeit von der Größe und der Ausprägung der kontrollierbaren Fläche ergaben sich pro Anlagenstandort Suchzeiträume von ca. 30 bis 50 Minuten.

Beim Fund eines Kollisionsopfers wurde wie folgt verfahren: Zuerst wurde zur Dokumentation des Fundbereiches das Tier am Fundort fotografiert. Um den genauen Fundort zu dokumentieren, wurde die Entfernung zum Anlagenfuß gemessen und die Richtung vom Anlagenfuß mit dem Kompass ermittelt. Dann erfolgte, vor Ort, eine Artbestimmung und eine erste oberflächliche Beschreibung des Fundzustandes (z.B. sichtbare Verletzungen, Grad der Mumifizierung etc.). Alle Angaben der Fundumstände wurden in einem Protokoll festgehalten (vgl. Fundberichte im Anhang). Die Kadaver wurden für eine spätere genaue Untersuchung eingefroren. Beim Fund von Vögeln wurde auf die gleiche Weise verfahren, allerdings wurden die Tierkörper am Fundort belassen (Ausnahme: Fund vom 27.08.05/Holzschlägermatte 1 wurde zur genaueren Bestimmung an das Staatliche Museum für Naturkunde Karlsruhe weitergeleitet).

2.2.4 Ermittlung der Abtragate von Kadavern

In der Zeit vom 17.08.-27.08.05 wurden an fünf der acht regelmäßig kontrollierten Windkraftanlagen Experimente zur Ermittlung der Verweildauer von Kadavern durchgeführt. An jeder Anlage wurden zehn tote Labormäuse ausgelegt. Es erfolgte eine anteilige Verteilung der Kadaver auf offene, überwachsene und stark überwachsene Bereiche. An zehn aufeinander folgenden Tagen wurde kontrolliert, ob die Kadaver noch vorhanden waren. Der Zeitpunkt des Verschwindens wurde protokolliert. Teilweise konnte anhand von Spuren auf die mögliche Ursache des Verschwindens geschlossen werden. Im Falle von aasfressenden Insekten (überwiegend Totengräberkäfer) wurde die Sichtbarkeit des Kadavers so lange kontrolliert, bis der Kadaver nur noch aufgrund der Transektmarkierung zu finden war. Erst zu diesem Zeitpunkt wurde der Kadaver als „abgetragen“ klassifiziert.

Die Kadaver wurden entlang von linearen Transekten (zumeist zwei Transekte zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Vegetationsdeckung), in einem Abstand von 2 bis 40 Metern vom Mastfuß, ausgelegt. Auf dem Transekt wurde eine Schnur gespannt, auf der mit farbigen Bändern (zur Unterscheidung der fünf Anlagen) der Liegeort markiert wurde. Eine Individualisierung der einzelnen Kadaver erfolgte über die entsprechende Anzahl von Knoten (1-10) auf den farbigen Bändern. So war eine schnelle und effektive Kontrolle gewährleistet, ohne den Liegeort des Kadavers am Boden dauerhaft markieren zu müssen.

Bei den Labormäusen handelte es sich um tiefgefrorene Kadaver, deren Körpergröße (Kopfrumpflänge bis 80 mm) in der Regel etwas größer als die eines Kleinabendseglers (Kopfrumpflänge: 50-65 mm) war. Die Färbung entsprach der Fellfärbung von Fledermäusen. Die Kadaver wurden mit Laborhandschuhen ausgelegt, um eine Beeinflussung der Annahme der Kadaver durch Aasfresser aufgrund menschlichen Körpergeruchs zu minimieren.

2.2.5 Bestimmung der Sucheffizienz

Am 11.10.05 wurden zur Quantifizierung des Suchfehlers an sechs der acht regelmäßig kontrollierten Anlagen jeweils zehn Fledermausattrappen ausgebracht⁵. Die Attrappen wurden aus dunkelbraunem Webpelz gefertigt und hatten etwa die Größe eines Kleinabendseglers. Die Ausbringung berücksichtigte die Vegetationsdeckung der Bereiche, die auch sonst nach Schlagopfern abgesucht wurden. Es erfolgte eine gleichmäßige Verteilung auf offene, überwachsene und stark überwachsene Flächen (jeweils 20 Attrappen).

Die Attrappen wurden bei der Verteilung aus Hüfthöhe fallengelassen um vergleichbare Liegepositionen, wie die der Schlagopfer, zu erreichen. Der Versuch erfolgte während einer regelmäßigen Kontrolle der Anlagen. Nachdem die Tiere von einer Begleitperson ausgebracht waren, wurde die Absuche wie gewohnt durchgeführt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die übliche Suchzeit nicht überschritten wurde.

2.2.6 Statistik

Der Stichprobenumfang der durchgeführten Untersuchungen war in der Regel zu gering, um statistische Testverfahren zur Überprüfung der Ergebnisse einzusetzen. Dort wo statistische Auswertungen möglich waren, wird in den einzelnen Kapiteln separat auf die eingesetzten Methoden verwiesen, die mit den Standard-Programmen SPSS 11 und JMP 5.1 sowie bei den Randomisierungen mit Actus 2.0 berechnet wurden.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Anzahl, Artspektrum und Status der gefundenen Fledermäuse

Insgesamt wurden bei 18 Kontrollen an 16 Anlagen (2004) und 30 Kontrollen an acht Anlagen (2005) 45 Fledermäuse drei verschiedener Arten tot oder schwer verletzt⁶ unter den Windkraftanlagen gefunden. Fünf weitere Fledermäuse, darunter auch eine weitere Art, wurden bei je zwei bis drei Sonderkontrollen an 16 weiteren Anlagen (2004) gefunden.

Die Kontrollergebnisse unterscheiden sich in Bezug auf die Anzahl der gefundenen Fledermäuse sowohl zwischen den Jahren wie auch im Vergleich der Kontrollzeiträume in den Frühjahrs- und Spätsommer- bis Herbstmonaten deutlich (vgl. Tab. 2). Mit insgesamt 35 Tieren wurden die meisten Totfunde an den 16 regelmäßig kontrollierten Anlagen im Spätsommer-Herbst 2004 registriert. Fünf weitere Kadaver wurden bei den Sonderkontrollen an weiteren 16 Anlagen registriert (vgl. Tab. A-2 im Anhang), so dass 2004 in der Summe 40 Tiere gefunden wurden.

2005 wurden die Kontrollen an acht ausgewählten Anlagen fortgeführt. Bei den Untersuchungen im Zeitraum Anfang April bis Mitte Mai wurden bei insgesamt zwölf Kontrollen im fünf-tägigen Abstand keine toten Fledermäuse gefunden (vgl. Tab. 2). In dem etwas nach vorne

5 Hierfür wurden die Anlagen Schillinger Berg 1, Hohe Eck, Brudergarten 1-3 und Mahlberg 3 ausgewählt.

6 Eine sehr stark verletzte Zwergfledermaus wurde in Obhut genommen, verstarb aber am nächsten Tag.

verschobenen Kontrollzeitraum zwischen Mitte Juli und Mitte Oktober wurden bei gleicher Kontrollintensität wie im Spätsommer/Herbst 2004 nur zehn tote Fledermäuse gefunden. Dies entspricht etwa einem Drittel der an diesen acht Anlagen in 2004 gefundenen 31 Tiere.

Tab. 2: Begehungsintensität und Anzahl der Totfunde unter den im Spätsommer-Herbst 2004 und im Frühjahr und Sommer-Herbst 2005 regelmäßig kontrollierten Windkraftanlagen (2005: zwölf Kontrollen von Anfang April bis Mitte Mai und 18 Kontrollen von Mitte Juli bis Mitte Oktober)

Standort und Anlagenbezeichnung	Anlagentyp	2004		2005	
		Anzahl Kontrollen	Anzahl Totfunde	Anzahl Kontrollen	Anzahl Totfunde
Ettenheim Mahlberg 1	Nordex N 80	18	1	-	-
Ettenheim Mahlberg 2	Nordex N 80	18	1	-	-
Ettenheim Mahlberg 3	Südwind S 77	18	2	12/18	0/0
Ettenheim Brudergarten 1	Nordex N 62	18	3	12/18	0/1
Ettenheim Brudergarten 2	Nordex N 62	18	2	12/18	0/0
Ettenheim Brudergarten 3	Nordex N 62	18	2	12/18	0/2
Freiamt Hohe Eck	Enercon E 66	18	7	12/18	0/4
Freiamt Schillinger Berg 1	Enercon E 66	18	9	12/18	0/2
Freiamt Schillinger Berg 2	Enercon E 66	18	0	-	-
St. Peter Plattenhöfe 1	Enercon E 40	16	0	-	-
Simonswald Plattenhöfe 2	NEG Micon 60/1000	16	1	-	-
Simonswald Plattenhöfe 3	NEG Micon 60/1000	16	1	-	-
Simonswald Plattenhöfe 4	NEG Micon 60/1000	9	0	-	-
Horben Holzschlägermatte 1	Enercon E 66	17	5	12/18	0/1
Horben Holzschlägermatte 2	Enercon E 66	17	1	12/18	0/0
Fürstenberg	REpower MD 77	17	0	-	-
Summe			35⁷		10

Mit insgesamt 39 Tieren wurden Zwergfledermäuse am häufigsten gefunden. Von den 39 Exemplaren waren 15 als adulte und 21 als subadulte Tiere anzusprechen. Während 2004 die Jungtiere aus dem Jahr leicht überwogen (11 adulte zu 17 subadulten Tieren, bei drei Kadavern war keine Altersbestimmung möglich), war das Verhältnis bei den insgesamt acht in 2005 gefundenen Tieren ausgeglichen (s. Tab. 3). Das Geschlechterverhältnis der 31 in 2004 gefundenen Zwergfledermäusen war mit jeweils elf Männchen bzw. Weibchen ausgeglichen (bei neun Kadavern war keine Geschlechtsbestimmung möglich). 2005 überwogen die Männchen mit sechs Tieren gegenüber nur einem gefundenen Weibchen (ein Kadaver war nicht zuzuordnen).

Betrachtet man beide Jahre zusammen, so sind bei der Zwergfledermaus sowohl Männchen und Weibchen als auch die adulten und subadulten Tiere jeweils etwa gleichermaßen betroffen. Eine signifikante Aussage zu Unterschieden im Kollisionsrisiko in Abhängigkeit von Alter oder Geschlecht der Tiere kann aufgrund der insgesamt relativ geringen Stichprobe nicht getroffen werden.

⁷ Fünf weitere Kadaver wurden bei den Sonderkontrollen an den Anlagen Neueck 1 (1 *Pipistrellus pipistrellus*) und Rohrhardsberg (1 *Eptesicus serotinus*, 3 *Pipistrellus pipistrellus*) gefunden.



Abb. 3: Weibchen des Kleinabendseglers (*Nyctalus leisleri*) mit doppelten Brüchen der Oberarme. Das Tier wurde während einer nächtlichen Beobachtung mittels Wärmebildkamera unter einer WKA frischtot gefunden. Bild rechts: Tote Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) unter einer WKA in Südbaden. Alle Fotos entstanden im Rahmen der Studie.

Auch beim Kleinabendsegler, der mit insgesamt acht Tieren am zweithäufigsten gefundenen Art, zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in Hinblick auf die Verteilung der Totfunde auf die Geschlechter oder das Alter der Tiere (s. Tab. 3). Wobei hier im Besonderen die geringe Zahl der Totfunde insgesamt und damit die nur begrenzte Aussagefähigkeit der Daten berücksichtigt werden muss.

Neben der Zwergfledermaus und dem Kleinabendsegler wurden nur die Zweifarbfledermaus (in jedem Untersuchungsjahr ein Exemplar) und in 2004 auch eine Breitflügelfledermaus gefunden. In beiden Fällen handelt es sich um adulte Männchen (bei einer Zweifarbfledermaus war weder das Geschlecht noch das Alter bestimmbar, da der Unterleib des Kadavers fehlte).

Tab. 3: Anzahl, Art, Geschlecht und Status aller Totfunde im Überblick

Arten		Anzahl Totfunde		Geschlecht			Status		
		abs.	in %	♂	♀	?	ad	sub	?
Zweifarbflledermaus <i>Vespertilio murinus</i>	2004	1	2,5			1	1		
	2005	1	10,0	1			1		
Breitflügelfledermaus <i>Eptesicus serotinus</i>	2004	1*	2,5	1			1		
	2005								
Kleiner Abendsegler <i>Nyctalus leisleri</i>	2004	7	17,5	3	4		4	3	
	2005	1	10,0		1		1		
Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2004	31*	77,5	11	11	9	11	17	3
	2005	8	80,0	1	6	1	4	4	
Summe	2004	40*	100	15	15	10	17	20	3
		(% n=40)		37,5	37,5	25,0	42,5	52,5	5,0
Summe	2005	10	100	2	7	1	6	4	
		(% n=10)		20,0	70,0	10,0	60,0	40,0	
Summe gesamt		50	100	17	22	11	23	24	3
		In % (n=50)		34,0	44,0	22,0	46,0	48,0	6,0

*Beinhaltet die Totfunde bei den zusätzlich untersuchten WKA (Rohrhardsberg und Neueck)

2.3.2 Jahreszeitliche Verteilung der Nachweise

Tote Fledermäuse unter den Windkraftanlagen wurden in beiden Untersuchungsjahren nur im Zeitraum Mitte Juli bis Mitte Oktober gefunden. Die von Anfang April bis Mitte Mai 2005 an den acht ausgewählten Anlagen durchgeführten Kontrollen im fünftägigen Abstand erbrachten keine Funde. Über die Zeiträume von Ende Oktober bis Anfang April sowie von Mitte Mai bis Mitte Juli können hier keine Aussagen getroffen werden, da in diesen Zeiträumen keine Untersuchungen durchgeführt wurden. Einen Überblick über die zeitliche Verteilung der Funde geben Abb. 4 und 5.

In beiden Jahren wurden die meisten Tiere zwischen Ende Juli und Anfang September gefunden. Während die Funde an den acht Anlagen im Untersuchungsjahr 2005 über den gesamten Zeitraum der Untersuchung streuen, zeigen sich in 2004 deutliche Unterschiede in der Fundhäufigkeit. Diese lassen sich deutlich mit bestimmten Witterungsverhältnissen korrelieren.

Im Untersuchungsjahr 2004 wurden 70 % aller toten Fledermäuse unter den Windkraftanlagen im Zeitraum von Ende Juli bis Mitte August (31.07 bis 18.08.2004) gefunden (vgl. Abb. 4). Insbesondere Anfang August waren die Nächte sehr warm und windarm. In der zweiten Hälfte des August überwogen dagegen eher kühle Nächte, in denen es häufig sehr windig war und regnete. Erst Anfang September stellte sich wieder eine Periode mit vergleichsweise warmen Nächten und erneut in der Regel nur geringen nächtlichen Windgeschwindigkeiten ein. In diesem Zeitraum (03. bis 06.09.2004) wurden weitere 20% aller Totfunde registriert. Im weiteren Verlauf der Untersuchung konnten dann nur noch einzelne tote Tiere unter den Windkraftanlagen gefunden werden.

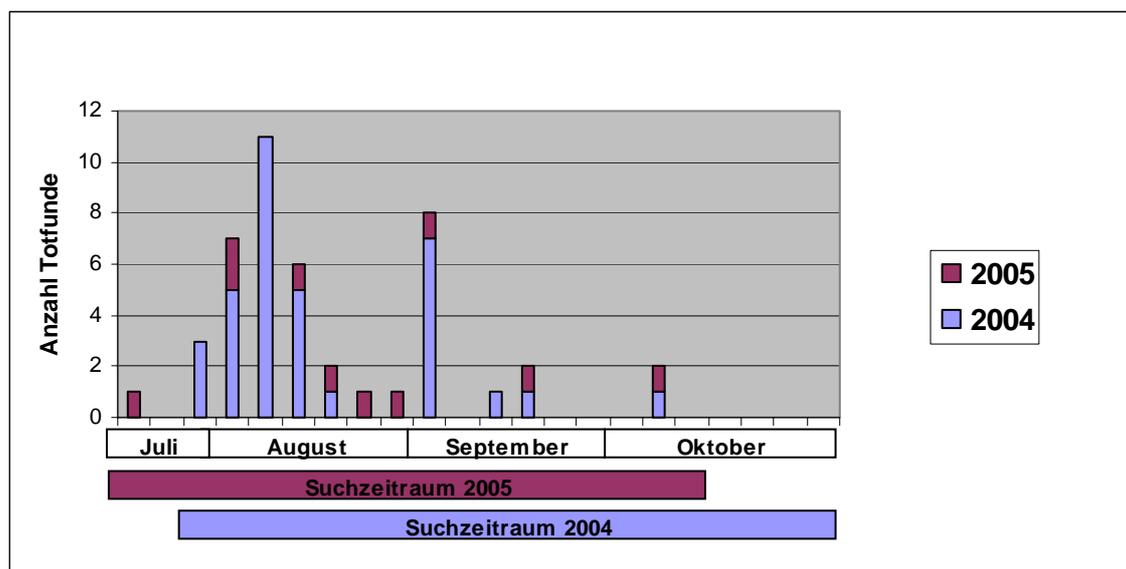


Abb. 4: Jahreszeitliche Verteilung der Totfunde an den im fünftägigen Abstand regelmäßig kontrollierten Windkraftanlagen (2004: n = 16, 2005: n = 8)

Die dargestellten Fundschwerpunkte während der Untersuchungszeiträume lassen sich bezogen auf die einzelnen Arten nicht weiter differenzieren (vgl. Abb. 5). Die während der Kontrollen hauptsächlich gefundenen Zwergfledermäuse (n = 35) verteilen sich schwerpunktmäßig auf den Zeitraum Ende Juli bis Mitte September. Dies gilt auch für den Kleinabendsegler als zweithäufigste Art (n = 8). Die Zweifarbfledermäuse wurden Mitte Juli und Anfang August

gefunden. Die Breitflügelfledermaus wurde am 06.08.04 am Rohrhardsberg bei einer Sonderkontrolle der in 2004 zusätzlich kontrollierten Windkraftanlagen gefunden, weshalb der Nachweis nicht in Abb. 5 berücksichtigt ist. Die genauen Funddaten aller Fledermäuse können den Tab. A-1 und A-2 sowie den Fundbögen jeweils im Anhang entnommen werden.

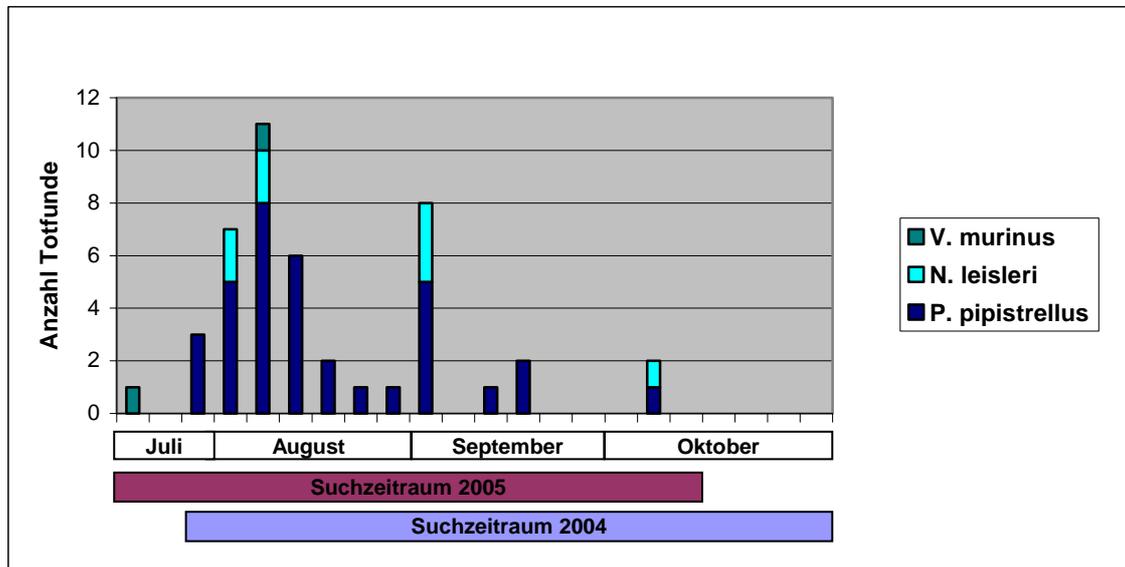


Abb. 5: Jahreszeitliche Verteilung aller Totfunde bezogen auf die verschiedenen Arten an den im fünftägigen Abstand regelmäßig kontrollierten Windkraftanlagen (2004: n=16, 2005: n = 8)

2.3.3 Einfluss von Standort und Anlagentyp

Nach den bislang vorliegenden Ergebnissen zeichnen sich keine Unterschiede in der Fundhäufigkeit von toten Fledermäusen zwischen verschiedenen Anlagentypen oder bezogen auf die Lage des Standortes in verschiedenen Naturräumen oder Höhenlagen ab. Totfunde liegen gleichermaßen für die Anlagen in der Vorbergzone, z.B. in Ettenheim Mahlberg 1-3 (470 m ü.NN) wie für die Anlagen im Hochschwarzwald, z.B. auf der Holzschlägermatte (920 m ü.NN) oder auf dem Rohrhardsberg (1100 m ü.NN) vor (vgl. auch Abb. 6). Ebenso lassen sich auch in Bezug auf die Größe der untersuchten Anlagen keine Differenzierungen erkennen. Totfunde wurden unter kleineren Anlagen wie z.B. der Nordex N 62 (Nabenhöhe 69m, Rotordurchmesser 62 m) in Ettenheim/Brudergarten genauso wie an den größeren Anlagen der Baureihe Enercon E 66 (Nabenhöhe 86m bzw. 98m, Rotordurchmesser 70m) z.B. am Schillinger Berg oder auf der Holzschlägermatte registriert (vgl. Abb. 7).

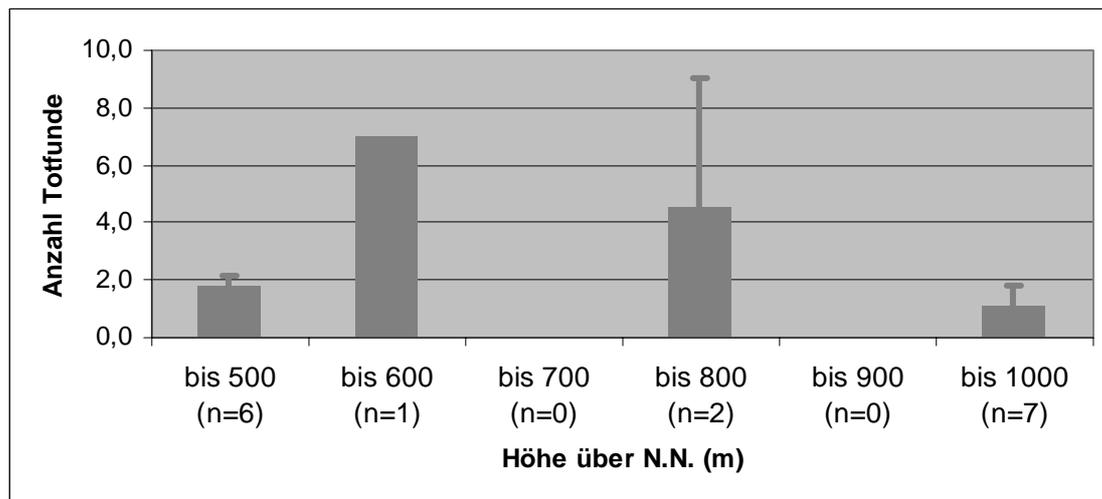


Abb. 6: Verteilung der Totfunde auf Anlagen in verschiedenen Höhenlagen (Daten der im fünftägigen Abstand regelmäßig kontrollierten 16 Anlagen aus 2004, Darstellung der Mittelwerte und des Standardfehlers)

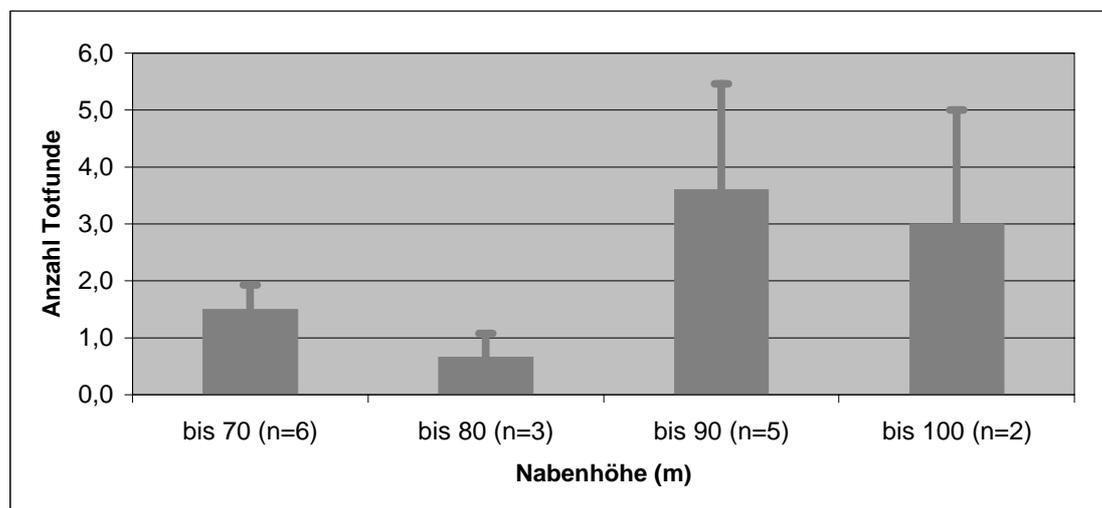


Abb. 7: Verteilung der Totfunde auf Anlagen mit verschiedenen Nabenhöhen (Daten der im fünftägigen Abstand regelmäßig kontrollierten 16 Anlagen aus 2004, Darstellung der Mittelwerte und des Standardfehlers)

Ein Unterschied in der Fundhäufigkeit zeichnet sich nach den bisher ermittelten Daten allerdings in Hinblick auf die unmittelbare Umgebung ab. Unter im Wald stehenden Anlagen wurden insgesamt deutlich mehr Tiere gefunden als unter Anlagen, die im Schwarzwald vorrangig auf Wiesenflächen stehen (vgl. Abb. 8).

Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich auch bei den mit wesentlich geringerer Stichprobe untersuchten weiteren 16 Windkraftanlagen im Jahr 2004. Von diesen Anlagen stehen fünf im Wald, sechs im Grenzbereich Offenland/Wald und fünf im Offenland. Alle fünf Totfunde wurden unter zwei Anlagen im Wald registriert.

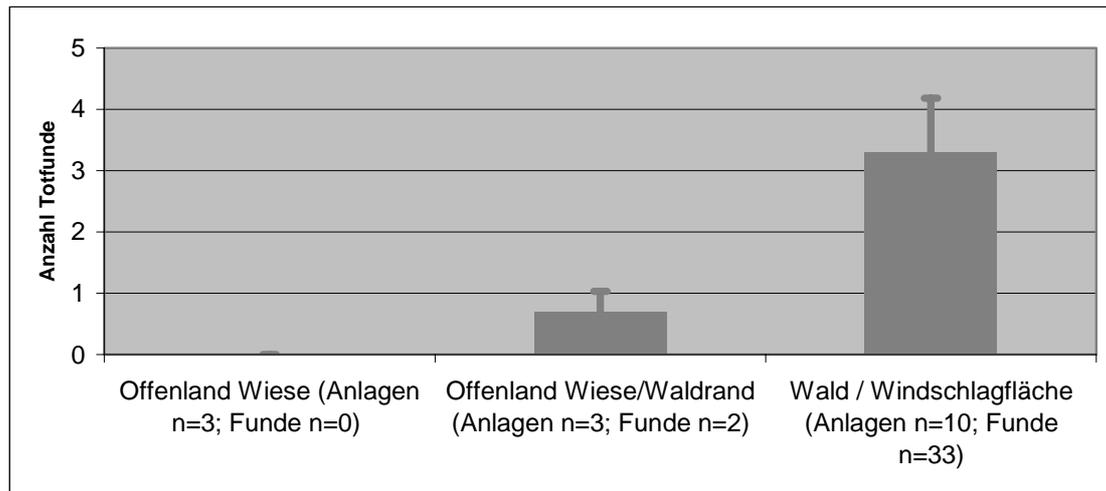


Abb. 8: Totfunde von Fledermäusen unter den von Ende Juli bis Ende Oktober 2004 regelmäßig kontrollierten WKA differenziert nach unterschiedlichen Standorten (Darstellung der Mittelwerte und des Standardfehlers)

Auch beim Vergleich von zwei benachbarten und baugleichen Windkraftanlagen (Enercon E 66, Nabenhöhe 86 m, Rotordurchmesser 70 m) am Schillinger Berg bestätigt sich dieses Ergebnis. Während an der Anlage Schillinger Berg 1 auf einer Kuppe im Wald im Kontrollzeitraum neun tote Fledermäuse gefunden wurden, waren unter der nur wenige hundert Meter entfernten Anlage Schillinger Berg 2, die auf einer Wiesenfläche steht, keine Totfunde zu verzeichnen. Allerdings muss hier einschränkend berücksichtigt werden, dass die Wiesenflächen aufgrund der Nutzung und Vegetationsstruktur nur zeitweise und mit einer geringen Sucheffizienz abgesehen werden können (vgl. auch Kap. 2.2.2).

2.3.4 Fundorte in Bezug zum Mastfuß

Für die Betrachtung der Entfernung und Richtung der Fundorte im Bezug zum Mastfuß sowie in Relation zur Absuchbarkeit der Untersuchungsflächen werden im folgenden die Funde aus den in beiden Untersuchungsjahren kontrollierten acht Windkraftanlagen ausgewertet ($n = 41$), da für diese Anlagen die Flächenverteilung der verschiedenen Strukturtypen im Abstand zum Mastfuß ermittelt wurde. Die Strukturtypen *offen*, *überwachsen* und *stark überwachsen* werden als absuchbare Flächen, *sehr stark überwachsene Flächen* mit Brombeer- und Ginstergebüsch und *Wald* als nicht absuchbare Flächen klassifiziert.

Die Richtung der Fundorte vom Mastfuß zeigt keine klare Tendenz. Beziehungen zu weiteren Faktoren, wie z.B. der vorherrschenden Windrichtung können aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung der Nachweisdaten und der geringen Stichprobe insgesamt nicht hergestellt werden (vgl. Abb. 9).

Die meisten Funde lagen in einem Abstand von bis zu 30 Metern zum Mastfuß. Obwohl bis zu 50 m Distanz zur Windkraftanlage gesucht wurde, befand sich der am weitesten entfernte Fund in einem Abstand von 37 Metern zum Mastfuß der Windkraftanlage (vgl. Abb. 9). Die Funde müssen für eine sinnvolle Interpretation der Daten allerdings ins Verhältnis zur absuchbaren Fläche gesetzt werden (hellblau in Abb. 10), die mit der Entfernung zum Mastfuß zunächst zunimmt, dann mit zunehmender Entfernung aber stark abnimmt. Dies ist dadurch begründet, dass die an den meisten Anlagen am besten absuchbaren Flächen die ehemaligen Arbeits-

bereiche, die geschotterten Kranstellplätze und Zuwegungen darstellen, die sich in einem Abstand bis zu 20-25 Metern vom Mastfuß entfernt befinden (vgl. weinrote Säulen in Abb. 10). Aber auch unter Berücksichtigung der jeweils in den verschiedenen Entfernungsbereichen abgesuchten Flächen zeigt sich, dass in einer Entfernung von bis 20 Metern vom Mastfuß anteilig etwas mehr tote Fledermäuse und in den Entfernungsbereichen zwischen 20 und 50 Metern etwas weniger Tiere gefunden wurden (vgl. Abb. 11). Die beiden Kurven unterscheiden sich jedoch in dem Bereich bis 40 m, in dem auch Fledermäuse gefunden wurden, nicht signifikant.

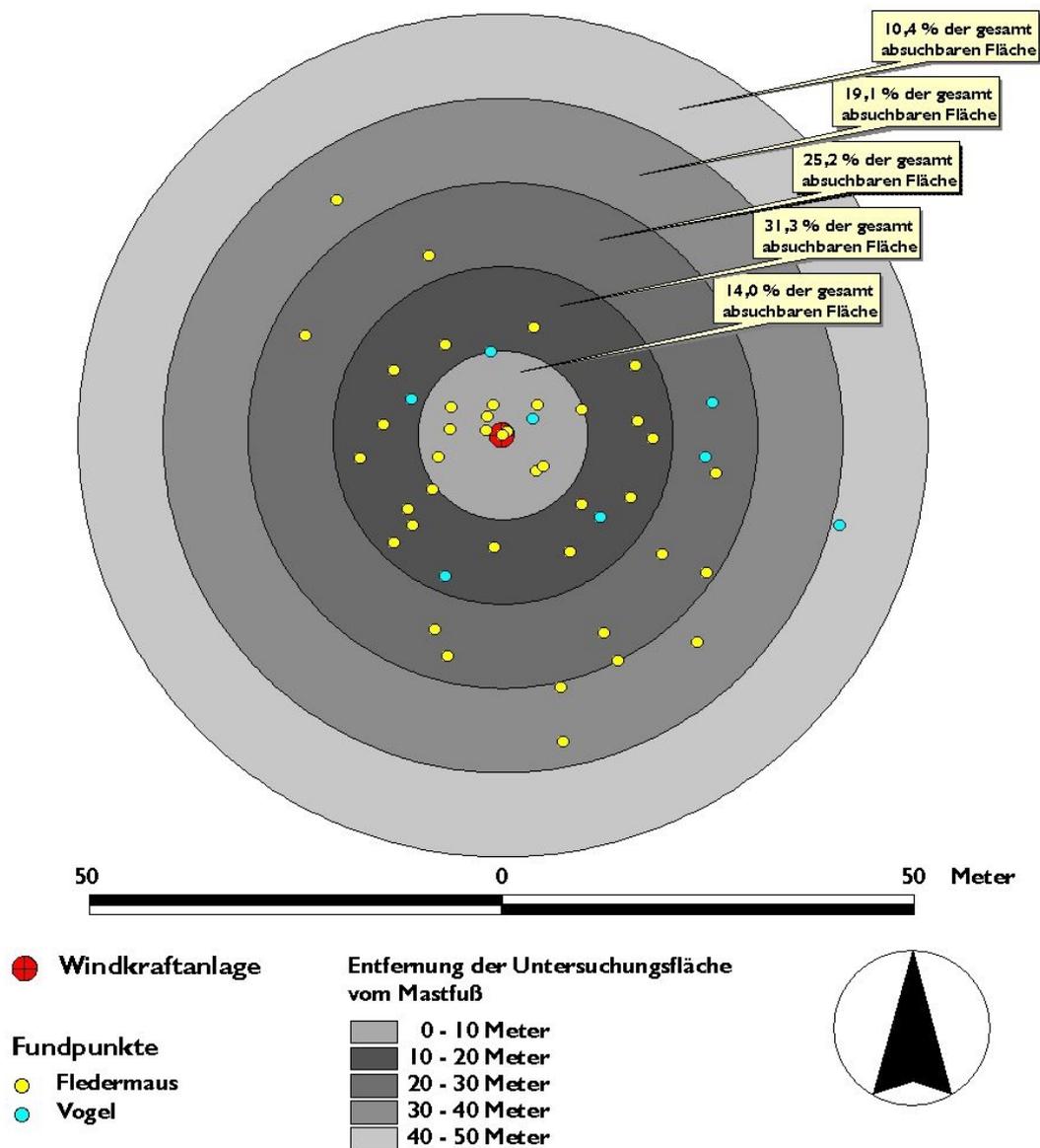


Abb. 9: Entfernung und Richtung der Fundorte der Fledermäuse und Vögel im Bezug zum Mastfuß und Darstellung der Flächenanteile der absuchbaren Fläche in 10 Meter-Abstandsbereichen (Daten der im fünftägigen Abstand in 2004 und 2005 regelmäßig kontrollierten 8 Windkraftanlagen, Fledermäuse $n = 41$, Vögel $n = 8$).

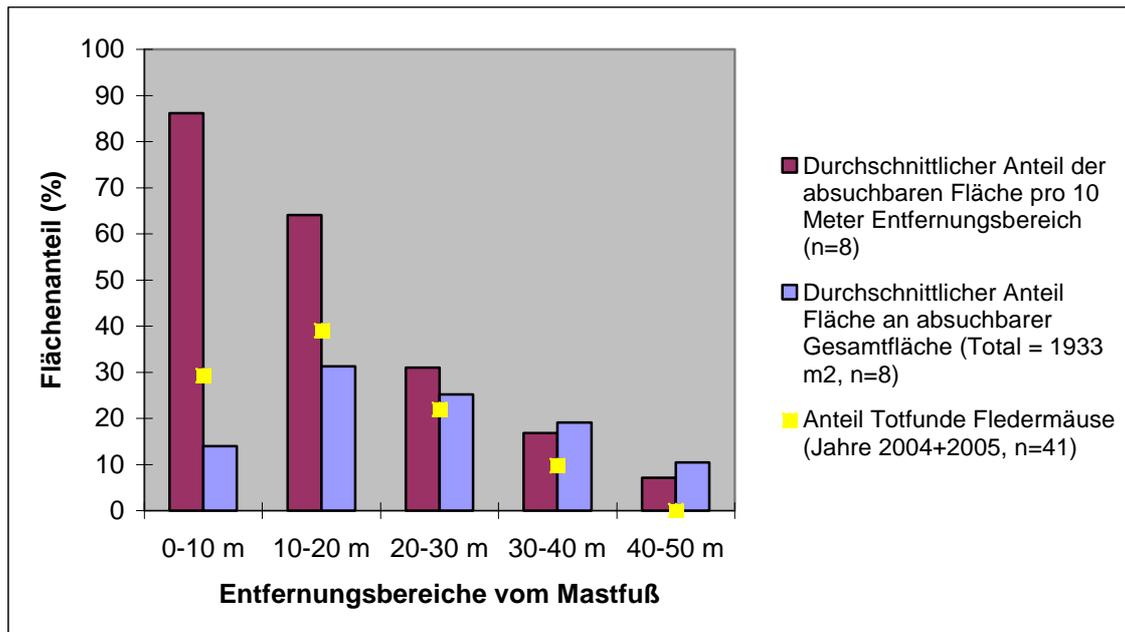


Abb. 10: Prozentualer Anteil von Fledermausfunden in den verschiedenen Entfernungsbereichen im Verhältnis zur absuchbaren Fläche je Entfernungsbereich (weinrot) und im Verhältnis zur durchschnittlich absuchbaren Gesamtfläche (hellblau).

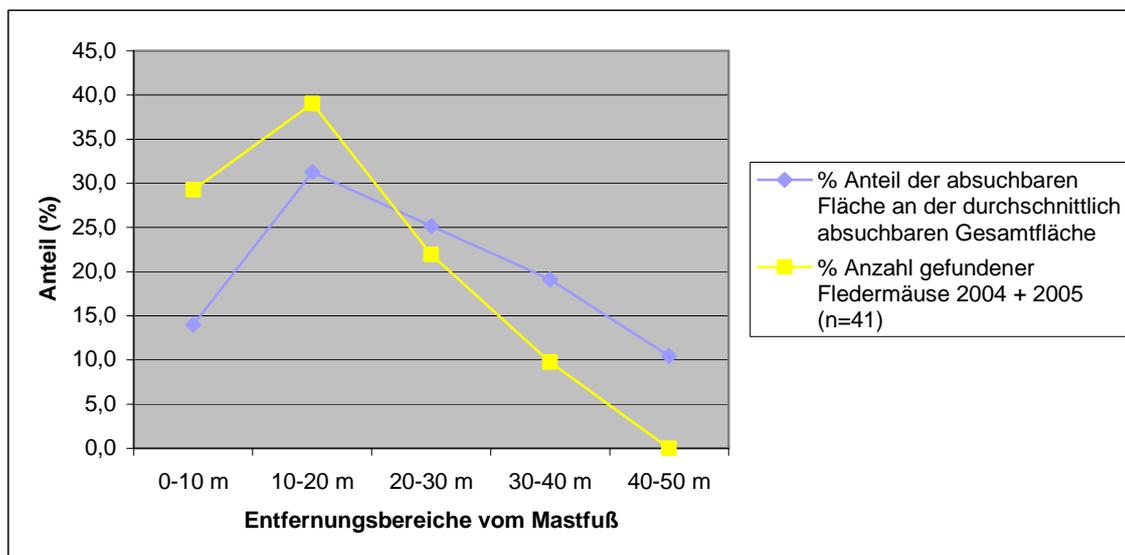


Abb. 11: Prozentualer Anteil von Fledermausfunden und absuchbarer Fläche in den verschiedenen Entfernungsbereichen in Bezug zum Mastfuß. Die beiden Kurven unterscheiden sich im Bereich in dem Fledermäuse gefunden wurden (bis 40 m) nicht signifikant (Randomisierter χ^2 -Test, $\chi^2 = 6,75$; $df = 3$; $p = 0,076$).



Abb. 12:

Auf den Schotterflächen unterhalb der Anlagen sind die Tiere gut sichtbar und werden relativ leicht gefunden (hier Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus*)

2.3.5 Sucheffizienz

Von den an sechs Anlagen jeweils in den drei relevanten Strukturtypen anteilig ausgebrachten zehn Attrappen (pro Strukturtyp $n = 20$, insgesamt $n = 60$) wurden im offenen Bereich insgesamt 16, im überwachsenen Bereich 14 und im stark überwachsenen Bereich sechs Attrappen gefunden. Bezogen auf die sechs untersuchten Anlagen ergibt sich eine durchschnittliche Sucheffizienz im offenen Bereich von 84%, im überwachsenen Bereich von 77% und im stark überwachsenen Bereich von 40% (vgl. Abb. 13).

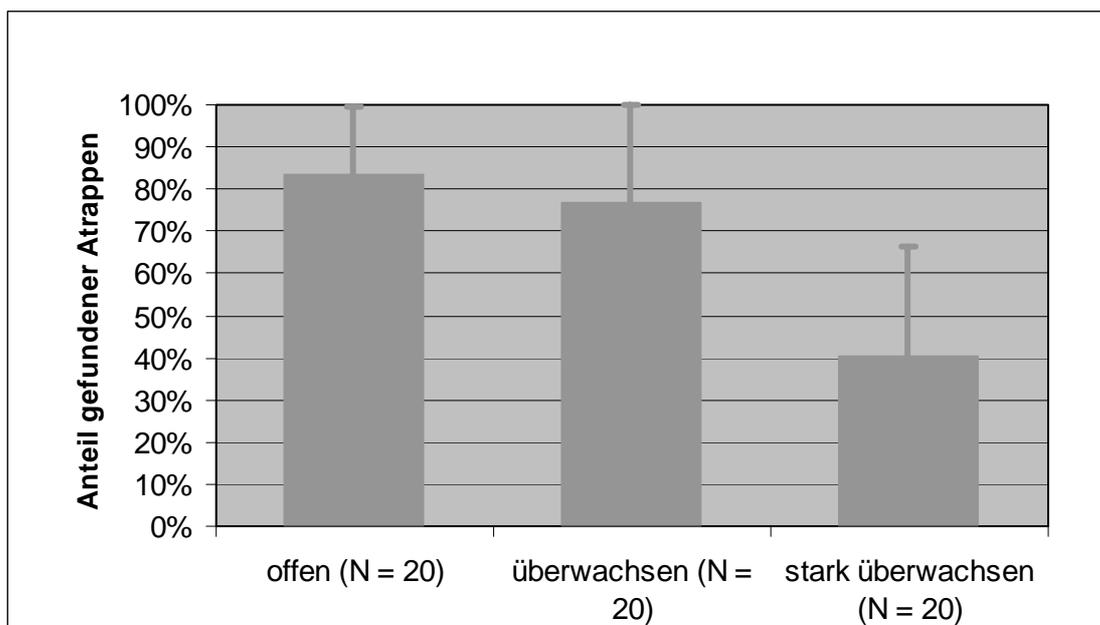


Abb. 13: Durchschnittliche Sucheffizienz auf den absuchbaren Flächen in Beziehung zum Deckungsgrad der Vegetation (Darstellung der Mittelwerte und des Standardfehlers)

2.3.6 Abtragrate von Kadavern

Die als Experiment zur Erfassung der Abtragrate ausgebrachten toten Labormäuse verschwanden insgesamt relativ schnell von den Untersuchungsflächen. Bereits am sechsten Tag nach Ausbringung waren im Schnitt bereits mehr als 90% der Kadaver nicht mehr nachzuweisen (vgl. Abb. 14). Die Verlustrate an den einzelnen Standorten variierte an den ersten Tagen nach der Ausbringung stark. So waren z.B. in einem Fall alle Kadaver bereits am zweiten Kontrolltag verschwunden, während sie unter anderen Anlagen in Anzahl deutlich länger liegen blieben.

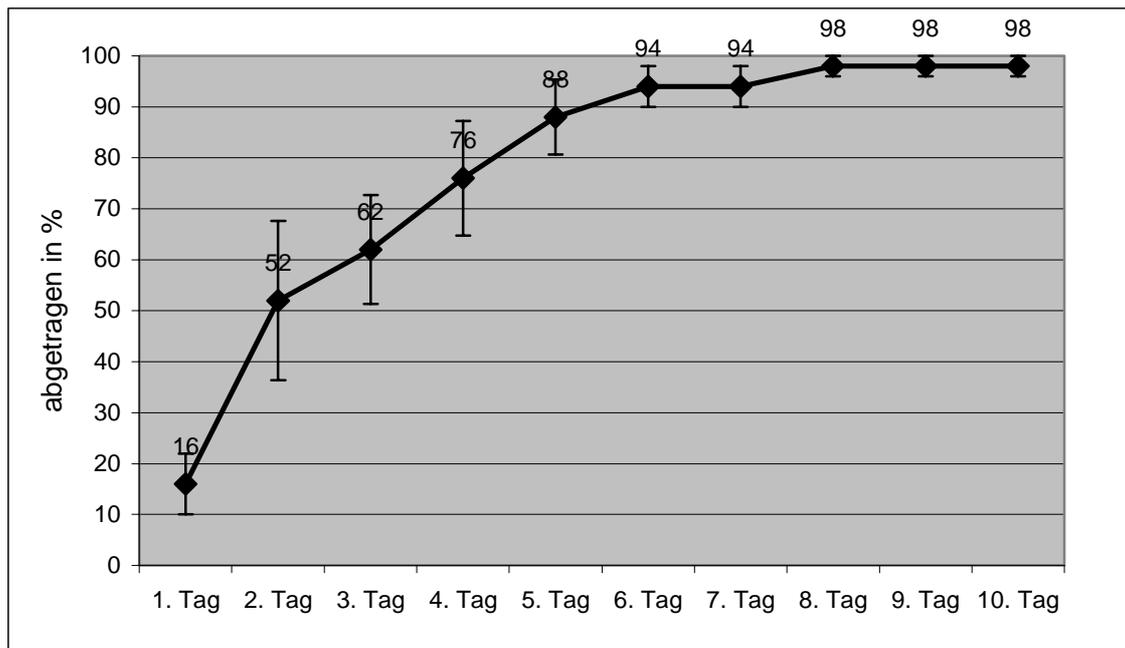


Abb. 14: Abtragrate von je zehn Labormäusen pro Tag, die in fünf Experimenten ausgelegt wurden bis zehn Tage nach deren Ausbringung (gemittelt für alle fünf untersuchten Windkraftanlagen, Darstellung der Mittelwerte – auch als Zahl - und des Standardfehlers).

Zur Ermittlung der Abtragrate von Kollisionsoffern innerhalb des Kontrollzeitraums von fünf Tagen ist die in Abb. 14 dargestellte Abtragrate über die ersten fünf Tage nach Ausbringung zu mitteln. So ergibt sich eine mittlere Abtragrate nach fünf Tagen von 58,8%. Das heißt, dass wir bei unseren Kontrollen im Durchschnitt nur 41,2% der Kadaver antreffen konnten, die im Zeitraum zwischen den Kontrollen angefallen waren. Berücksichtigt man die maximalen bzw. minimalen Durchschnittswerte aller Experimente (als den durchschnittlichen maximalen bzw. minimalen Standardfehler, vgl. Abb. 14), so ergibt sich nach fünf Tagen im Schnitt eine maximale Abtragrate von 69% und eine minimale von 48,6%.

Bei der Kontrolle der Labormäuse wurden in mehreren Fällen Totengräber-Käfer beobachtet, die die Kadaver eingruben. Ebenso wurden die Kadaver durch Wespen skelettiert und von Aasfliegen zersetzt. In einem Fall war es aufgrund frischer Wildschweinspuren wahrscheinlich, dass diese die noch verbliebenen Kadaver unter einer Anlage fraßen.

Die Beobachtungen zu den Verlustursachen der Labormäuse entsprechen denen, die bei der Aufsammlung der Fledermauskadaver in beiden Untersuchungsjahren gemacht wurden. Auch

hier wurde in einigen Fällen beobachtet, wie Totengräber-Käfer Fledermäuse eingraben, oder dass die Fledermauskadaver von Wespen skelettiert werden (vgl. Abb. 15). Auch bei der Untersuchung der Fledermauskadaver im Labor (vgl. Kap. 3) wurden bei einem Großteil der gefundenen toten Tiere postmortale Fraßeinwirkungen festgestellt, für die in erster Linie Insekten in Frage kommen, ferner aber auch – und in Kombination mit den genannten – Waldspitzmäuse und evtl. Apodemus-Arten sowie weitere Kleinraubtiere. Häufige Funde von Fuchslosung auf den abgesuchten Flächen weisen darauf hin, dass auch diese Art vermutlich maßgeblich zum Verschwinden der Kadaver unter den Windkraftanlagen beiträgt. Ein Abtransport von Kadavern durch Taggreife oder Rabenvögel konnte dagegen nie beobachtet werden. Er spielt insbesondere auf an den untersuchten Waldstandorten vermutlich nur eine geringe Rolle.



Abb. 15: Eine Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) wird durch einen Totengräber vergraben. Das Auffinden von Tierkadavern durch die Käfer dauert etwa einen halben Tag oder weniger, besonders wenn schon Fliegen am Aas sind. Das Vergraben dauert je nach Boden etwa zwei bis fünf Stunden. Bild rechts: Tote Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*) an der bereits Wespen fressen, unter einer WKA in Südbaden.

2.3.7 Schätzung der Anzahl der tatsächlichen Kollisionsoffer

Unter Berücksichtigung der Sucheffizienz, der Abtrage rate der Kadaver und des Anteils der abgesuchten Fläche zur Gesamtfläche in einem bestimmten Radius um den Mastfuß der Windkraftanlage kann ein Näherungswert für die tatsächliche Anzahl der Kollisionsoffer wie folgt bestimmt werden:

$$H = (T-2\%) * S * A * F$$

H	=	Hochrechnung / Schätzwert der tatsächlichen Anzahl der Kollisionsoffer
T	=	Totfunde, wobei berücksichtigt wird, dass entsprechend unseren Berechnungen 2% der Totfunde aus vorangehenden Zählungen stammen können.
S	=	Faktor Sucheffizienz, berechnet aus 1/Sucheffizienz für jeden der drei unterschiedlich absuchbaren Strukturtypen und des jeweiligen Flächenanteils im Bezug zur gesamten Fläche, die unter der WKA abgesucht wurde
A	=	Faktor Abtrage rate, differenziert nach der mittleren Abtrage rate (58,8% entspricht einem Faktor 2,43) und dem unteren und oberen Rand der Streuung (unterer Rand 48,6%, Faktor 1,95; oberer Rand 69%, Faktor 3,23)
F	=	Flächenfaktor, bestimmt aus dem Verhältnis abgesuchter zu nicht abgesuchter Fläche in einem 40 Meter Radius um den Mastfuß

Da die ermittelte Abtrage rate aufgrund methodischer Einschränkungen (Verwendung von Labormäusen, Ermittlung nur zu einem Zeitpunkt der Saison, Mittelung der Ergebnisse des Experiments) nur einen Näherungswert darstellt, wird der Schätzwert zusätzlich zum Mittelwert auch für den oberen und der unteren Rand der Streuung berechnet. Somit kann eine Spanne für die mögliche Anzahl von Kollisionsoffern angegeben werden. Beim Flächenfaktor wird nur die Fläche im 40 m Radius berücksichtigt, da nur in diesem Bereich auch tatsächlich tote Fledermäuse gefunden wurden (vgl. jedoch Diskussion in Kap. 2.4.2).

Für die 16 im Jahr 2004 regelmäßig untersuchten Anlagen ergibt sich eine Hochrechnung von insgesamt 335 toten Fledermäusen (Bereich 269-446), mit einem Durchschnitt von 20,9 (Bereich 16,8-27,9) toten Fledermäusen pro Anlage (vgl. Tab. 4).

Berücksichtigt man die Tatsache, dass 2004 an Anlagen im Offenland keine oder nur sehr wenige tote Fledermäuse gefunden wurden, so ergeben sich für die Anlagen im Wald deutlich höhere Durchschnittszahlen. Für die acht Anlagen im Wald, die auch 2005 untersucht wurden, ergeben sich dann folgende Zahlen: insgesamt 297 (Bereich 238-394) tote Fledermäuse, mit einem Durchschnitt von 37,1 (Bereich 29,8-49,3) toten Fledermäusen pro Anlage.

In 2005 ergibt sich für diese acht Anlagen eine Hochrechnung von insgesamt 94 toten Fledermäusen (Bereich 75-125), mit einem Durchschnitt von 11,8 (Bereich 9,4-15,6) toten Fledermäusen pro Anlage (vgl. Tab. 5).

Für die einzelnen Anlagen ergibt sich – bezogen auf den Untersuchungszeitraum und den hier angewandten fünftägigen Kontrollrhythmus - somit eine Relation von tatsächlich gefundenen toten Fledermäusen zur geschätzten Zahl von Kollisionsoffern (bezogen auf den Mittelwert) von etwa 1:6 (WKA Holzschlägermatte 1), 1:7 (WKA Freiamt Hohe Eck) bis etwa 1:11 (z.B. WKA Schillinger Berg 1 oder Ettenheim Brudergarten 3).

Tab. 4: Hochrechnung der Kollisionsopfer auf Basis der nachgewiesenen Totfunde für die 2004 untersuchten 16 Anlagen unter Berücksichtigung der Sucheffizienz, der Abtrage rate und des Flächenfaktors (mit Darstellung des oberen und unteren Randes der Streuung bei der Abtrage rate)

Anlagenbezeichnung/ Standort	Totfunde	Erhöhungsfaktor durch Sucheffizienz (Ø gewichtet zur Absuchbarkeit)	Anzahl Totfunde nach Berücksichtigung von Sucheffizienz und der unterschiedlichen Abtrage rate			Flächenfaktor bezogen auf 40 m Umkreis	Anzahl Totfunde nach Berücksichtigung des Flächenfaktors und der unterschiedlichen Abtrage rate		
			hoch	mittel	gering		hoch	mittel	gering
Ettenheim Mahlberg 1 Windschlag	1	1,19	3,76	2,83	2,27	4,6	17,30	13,02	10,44
Ettenheim Mahlberg 2 Wald	1	1,19	3,76	2,83	2,27	3,4	12,78	9,62	7,72
Ettenheim Mahlberg 3 Wald	2	1,28	8,11	6,10	4,89	2,4	19,46	14,64	11,74
Ettenheim Brudergarten 1 Wald	3	1,41	13,36	10,05	8,06	3,5	46,76	35,18	28,21
Ettenheim Brudergarten 2 Wald	2	1,41	8,91	6,70	5,37	3,6	32,08	24,12	19,33
Ettenheim Brudergarten 3 Wald/Windschlag	2	1,22	7,71	5,80	4,65	3,8	29,30	22,04	17,67
Freiamt Hohe Eck Wald	7	1,43	31,61	23,79	19,07	2,2	69,54	52,34	41,95
Freiamt Schillinger Berg 1 Wald	9	1,20	34,28	25,79	20,67	4,0	137,12	103,16	82,68
Freiamt Schillinger Berg 2 Wiese	0	2,17	0,00	0,00	0,00	1,0	0,00	0,00	0,00
St. Peter Plattenhöfe 1 Wiese/Wald	0	2,17	0,00	0,00	0,00	1,4	0,00	0,00	0,00
Simonswald Plattenhöfe 2 Wiese/Wald	1	2,13	6,73	5,06	4,06	1,5	10,10	7,59	6,09
Simonswald Plattenhöfe 3 Wiese/Wald	1	2,22	7,03	5,29	4,24	1,5	10,55	7,94	6,36
Simonswald Plattenhöfe 4 Wiese	0	2,50	0,00	0,00	0,00	1,2	0,00	0,00	0,00
Horben Holzschlägermatte 1 Wald	5	1,32	20,80	15,65	12,54	2,4	49,92	37,56	30,10
Horben Holzschlägermatte 2 Wald	1	1,25	3,95	2,97	2,38	2,7	10,67	8,02	6,43
Fürstenberg Wiese	0	2,00	0,00	0,00	0,00	1,0	0,00	0,00	0,00
	35						445,58	335,23	268,72

Tab. 5: Hochrechnung der Kollisionsopfer auf Basis der nachgewiesenen Totfunde für die 2005 untersuchten acht Anlagen unter Berücksichtigung der Sucheffizienz, der Abtragräte und des Flächenfaktors (mit Darstellung des oberen und unteren Randes der Streuung bei der Abtragräte)

Anlagenbezeichnung/ Standort	Totfunde	Erhöhungsfaktor durch Sucheffizienz (Ø gewichtet zur Absuchbarkeit)	Anzahl Totfunde nach Berücksichtigung von Sucheffizienz und der unterschiedlichen Abtragräte			Flächenfaktor bezogen auf 40 m Umkreis	Anzahl Totfunde nach Berücksichtigung des Flächenfaktors und der unterschiedlichen Abtragräte		
			hoch	mittel	gering		hoch	mittel	gering
Ettenheim Mahlberg 3 Wald	0	1,28	0,00	0,00	0,00	2,4	0,00	0,00	0,00
Ettenheim Brudergarten 1 Wald	1	1,41	4,45	3,35	2,69	3,5	15,58	11,73	9,42
Ettenheim Brudergarten 2 Wald	0	1,41	0,00	0,00	0,00	3,6	0,00	0,00	0,00
Ettenheim Brudergarten 3 Wald/Windschlag	2	1,22	7,71	5,80	4,65	3,8	29,30	22,04	17,67
Freiamt Hohe Eck Wald	4	1,43	18,06	13,59	10,89	2,2	39,73	29,90	23,96
Freiamt Schillinger Berg 1 Wald	2	1,20	7,62	5,73	4,59	4,0	30,48	22,92	18,36
Horben Holzschlägermatte 1 Wald	1	1,32	4,16	3,13	2,51	2,4	9,98	7,51	6,02
Horben Holzschlägermatte 2 Wald	0	1,25	0,00	0,00	0,00	2,7	0,00	0,00	0,00
	10						125,07	94,10	75,43

2.3.8 Anzahl und Artenspektrum der gefundenen Vögel

Neben den Fledermäusen wurden insgesamt neun tote Vögel unter den Windkraftanlagen gefunden (vgl. Tab. 6). Am häufigsten wurden Mehlschwalben und Mauersegler (jeweils drei Exemplare) unter den Anlagen nachgewiesen. Bemerkenswert ist der Fund eines Alpenseglers unter einer Anlage auf der Holzschlägermatte. Das Tier war im selben Jahr in einer Brutkolonie in Freiburg beringt worden (W. FIEDLER mdl. Mitt.). Mehrfach wurden während der Kontrollen der Anlagen auch große Anzahlen von Schwalben und Mauerseglern beobachtet, die tagsüber im unmittelbaren Rotorbereich der Anlagen jagten (z.B. am 06.09.2005 an der Anlage Schillinger Berg 1).

Während im Jahr 2004 im Verhältnis acht Mal mehr tote Fledermäuse (Verhältnis 40:5) gefunden wurden als Vögel, verringerte sich das Verhältnis im Jahr 2005 auf das 2,5-fache (Verhältnis 10:4). Insgesamt ist aber bemerkenswert, dass insgesamt deutlich mehr tote Fledermäuse als Vögel gefunden werden konnten, im Mittel beider Jahre ergibt sich ein Verhältnis Fledermäuse zu Vögel von etwa 5:1 (50:9).

Tab. 6: Art, Anzahl und Fundort der unter den Windkraftanlagen gefundenen toten Vögel

Fundort/Datum	Art	Bemerkungen
Plattenhöfe 1, 04.08.04	Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	
Holzschlägermatte 2, 14.08.04	Alpensegler (<i>Apus melba</i>)	Ring FL 19261 Radolfzell Germania
Hohe Eck, 12.09.04	Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	
Hohe Eck, 17.09.04	Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	
Brudergarten 1, 17.10.04	Goldhähnchen (<i>Regulus cf regulus</i>)	vermutlich Wintergoldhähnchen
Hohe Eck, 28.07.05	Mauersegler (<i>Apus apus</i>)	
Holzschlägermatte 1, 07.08.05	vermutlich Mauersegler (<i>Apus sp. cf apus</i>)	nur noch Schwungfedern gefunden
Holzschlägermatte 1, 17.08.05	Mauersegler (<i>Apus apus</i>)	
Holzschlägermatte 1, 27.08.05	Orpheusspötter (<i>Hippolais polyglotta</i>)	Bestimmung durch Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe

2.4 Diskussion

2.4.1 Artenspektrum und Status der an den Anlagen kollidierten Fledermäuse

Die Nachsuche unter Windkraftanlagen im Regierungsbezirk Freiburg erbrachte in Bezug auf das Artenspektrum wesentliche neue Erkenntnisse: Mit der Zwergfledermaus und dem Kleinabendsegler wurden im Regierungsbezirk Freiburg zwei Fledermausarten am häufigsten unter den Anlagen gefunden, die in anderen Studien bislang nur deutlich seltener gefunden worden waren (DÜRR & BACH 2004). Dagegen konnten die in Nord- und Mitteldeutschland bislang am häufigsten tot unter Windkraftanlagen gefundenen Arten Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*) und Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) im Rahmen unserer Untersuchung nicht gefunden werden, obwohl beide Arten in den Wäldern im Rheintal und in der Vorbergzone des Schwarzwaldes – also in relativer Nähe zu den Anlagen – überwintern und diesen Bereich auch auf ihren Frühjahrs- und Herbstzügen passieren.

Eine sehr große Übereinstimmung ergibt sich mit der 2004 zeitgleich am Rosskopf bei Freiburg von BEHR & HELVERSEN (2005) durchgeführten Studie, bei der ebenfalls die Zwergfledermaus (n=39) den größten Anteil aller nachgewiesenen Schlagopfer vor dem deutlich selteneren Kleinabendsegler (n=4) stellt.

Durch das nachgewiesene Artenspektrum bestätigt sich in Südbaden die Einschätzung, dass primär im freien Luftraum jagende Fledermäuse mit Windkraftanlagen kollidieren. Andere, eher strukturgebunden fliegende und jagende Arten wie z.B. das Große Mausohr, die Fransenfledermaus, die Kleine Bartfledermaus oder die Langohrfledermäuse, die nach eigener Einschätzung auch alle im Umfeld der untersuchten Windkraftanlagen vorkommen, scheinen dagegen allenfalls sehr selten mit den Anlagen zu kollidieren (vgl. Kap. 5.2). Dass dies nicht völlig ausgeschlossen ist, zeigt ein Einzelfund eines Grauen Langohrs unter einer Windkraftanlage in Sachsen (ENDL 2004).

Wesentlich neue Erkenntnisse ergeben sich aus den Ergebnissen unserer Studie auch in Bezug auf Einschätzung des Kollisionsrisikos residenter Fledermausarten. Während bislang immer angenommen wurde, dass Kollisionen von Fledermäusen schwerpunktmäßig auf dem herbstlichen Fernzug in die Überwinterungsgebiete auftreten (vgl. BACH & RAHMEL 2004 u.a.) zeigen unsere Ergebnisse insbesondere für die Zwergfledermaus, dass vermutlich auch Tiere im weiteren Umfeld ihrer Wochenstubegebiete mit Windkraftanlagen kollidieren können. Die Zwergfledermaus besitzt in der Nähe der Anlagenstandorte zahlreiche Wochenstubenkolonien und in Freiburg ist zudem ein großes Winterquartier im Freiburger Münster bekannt. Auffällig ist, dass die meisten Totfunde aber erst ab Mitte Juli nach der Auflösung der Wochenstuben beobachtet werden. Möglicherweise besitzen die Tiere dann einen größeren Aktionsradius (Bindung zur Wochenstube ist aufgelöst) und nutzen weiter entfernte Jagdgebiete zur Nahrungssuche oder unternehmen nächtliche Transferflüge für kurze Besuche von Schwarmplätzen und Winterquartieren. SIMON et al. (2004) konnten am Marburger Schloss zeigen, dass Zwergfledermäuse aus 20-25 Kilometer entfernten Wochenstubegebieten nächtliche Flüge zu diesem Winterquartier unternehmen, um dort zu schwärmen und das Quartier zu erkunden. Die höchste „Schwarmaktivität“ konnten die Autoren dort im Monat August feststellen (ebenda). Im August wurden auch die höchsten Anzahlen von Kollisionsopfern an den Anlagen gefunden.

2.4.2 Anzahl der an den Anlagen kollidierten Fledermäuse

Absolute Zahlen der Suchergebnisse

Die Anzahl der unter den Anlagen gefundenen Fledermäuse war überraschend hoch. Absolut gesehen handelt es sich bei den im Rahmen dieser Studie gefundenen Anzahlen von Fledermäusen mit um die höchsten, die bislang in Deutschland festgestellt wurden. Nur BEHR & HELVERSEN (2005) fanden am Rosskopf bei Freiburg absolut gesehen etwas mehr Tiere. Bei dem Vergleich der Zahlen muss natürlich immer auch die Untersuchungsintensität berücksichtigt werden.

Die absolute Zahl der in 2004 an allen untersuchten Anlagen gefundenen Tiere (n=40) ist sehr gut mit den Zahlen von BEHR & HELVERSEN (2005) vergleichbar, die im Untersuchungsjahr 2004 insgesamt 44 Zwergfledermäuse und Kleinabendsegler an den vier Anlagen am Rosskopf - allerdings bei höherer Kontrollintensität - fanden. Die Zahlen vom Rosskopf entsprechen etwa den Zahlen der Anlagen Schillinger Berg 1, Hohe Eck, Holzschläger Matte 1, an denen in 2004 zur gleichen Zeit ebenfalls viele Schlagopfer gefunden wurden.

Ermittlung der Korrekturfaktoren für die Hochrechnung der Kollisionsopfer

Um die Anzahl der tatsächlich an den Anlagen kollidierten Fledermäuse zu ermitteln, wurden die nachgewiesenen Kollisionsopfer unter Berücksichtigung der Sucheffizienz, der Abtragate der Kadaver und der abgesuchten Fläche hochgerechnet. Die Sucheffizienz könnte insgesamt etwas überschätzt sein, da der nachsuchenden Person bekannt war, dass spezielle Attrappen ausgelegt worden waren. Die ermittelte Sucheffizienz ist jedoch mit der aus anderen Versuchen durchaus vergleichbar (vgl. z.B. KOFORD et al. 2005, KERNS et al. 2005).

Die Abtragate wurde im Rahmen von Experimenten in der zweiten Augushälfte 2005 ermittelt. Durch die zeitlich begrenzte Versuchsdurchführung ist es nicht auszuschließen, dass zu anderen Kontrollzeiten, z.B. im Juli oder im Oktober leicht veränderte Abtragaten zu Grunde gelegt werden müssten. Insbesondere dürfte die biologische Aktivität, z.B. die Aktivität der

Totengräberkäfer, im Laufe des Herbstes zurückgehen, so dass Tiere nicht mehr so schnell von der Untersuchungsfläche verschwinden wie noch im August. Dieser Effekt wird jedoch dadurch relativiert, dass im August auch die meisten Kadaver gefunden wurden, die in die Hochrechnung eingehen. Nach bisherigen Erkenntnissen muss an verschiedenen Standorten mit stark abweichenden Abtragraten gerechnet werden, wie auch wir in den Versuchen zeigen konnten. Deshalb suchten wir als Versuchstandorte die Anlagen aus, wo die höchsten Anzahlen an Kollisionsopfern gefunden worden waren. Die durchschnittlich ermittelte Abtragräte entspricht sehr genau den Werten, die KERNNS et al. (2005) im Rahmen ihrer sehr detaillierten Studie in den USA feststellen konnten, wobei sie anstatt Labormäusen Fledermäuse für ihre Versuche verwendeten. Sie konnten auch zeigen, dass frisch tote Fledermäuse gegenüber vorübergehend eingefrorenen Fledermäusen deutlich schneller abgetragen werden.

Aufgrund des großen rechnerischen Einflusses, der dem Faktor der Abtragräte zukommt, haben wir alle Berechnungen sowohl mit dem festgestellten Mittelwert wie auch mit dem oberen und unteren Rand der Streuung durchgeführt, um einen Bereich darzustellen, in dem die Anzahl der tatsächlichen Kollisionsopfer mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt. Bei der Interpretation der dargestellten Werte ist dennoch immer zu berücksichtigen, dass es sich dabei lediglich um eine Hochrechnung handelt.

Im Zusammenhang mit der Abtragräte muss auch die Länge der Kontrollintervalle diskutiert werden. Nach den bisherigen Erkenntnissen treten Kollisionsopfer nicht gleichmäßig verteilt über den Kontrollzeitraum, sondern oft gehäuft auf. In der Folge ist es entscheidend, wie nah dieses Ereignis am gewählten Kontrolltermin liegt. Wurde erst gerade eine Kontrolle durchgeführt ist zu erwarten, dass sehr viele Tiere bis zum nächsten Kontrolltermin verschwinden. Es kommt somit zu einer Unterschätzung der Opferzahlen. Lag das Ereignis dagegen kurz vor dem Kontrolltermin, kommt es zu einer Überschätzung der Opferzahlen, da bei der Hochrechnung ja ein Mittelwert für die Verlustrate der Kadaver bezogen auf die Kontrollintervalle ermittelt wurde. Diesen Sachverhalt konnten ARNETT et al. (2005) in einer beispielhaften Auswertung für einen wöchentlichen Kontrollrhythmus zeigen, wobei sie ihre genauen Daten der täglich durchgeführten Kontrollen zu Grunde legten. In ihrem Fall hätte eine wöchentliche Kontrolle – trotz der Einbeziehung von Korrekturfaktoren in Bezug auf die Abtragräte – zu einer Unterschätzung der Opferzahlen um den Faktor 3 geführt, da die höchsten Fallzahlen zufällig immer ein oder zwei Tage nach einer gerade durchgeführten Kontrolle auftraten. Im umgekehrten Fall kann daraus geschlossen werden, dass ein Untersuchungsergebnis etwa im gleichen Umfang überschätzt werden kann, wenn die höchsten Opferzahlen zufällig immer kurz vor dem Kontrolltermin anfallen. Daraus folgt, dass für eine genaue Ermittlung der tatsächlichen Kollisionsopfer möglichst kurze Suchintervalle gewählt werden müssen. Durch die Verwendung des Streubereichs der Abtragräte kann hingegen aufgezeigt werden in welcher Größenordnung die genaue Anzahl der Kollisionsopfer gelegen hat.

Bei der Ermittlung des Flächenfaktors wurde nur die abgesuchte Fläche in einem Abstand von 40 m zum Mastfuß berücksichtigt, da im Rahmen dieser Studie eine tote Fledermaus maximal in einer Distanz von 37 m gefunden wurde. Es ist jedoch davon auszugehen, dass auch bei den von uns untersuchten Anlagen Tiere weiter als 40 m, vermutlich sogar noch über den abgesuchten 50 m Radius hinaus verdriften. So konnten in anderen Studien Tiere in Anzahl in einem Abstand von bis etwa 60 m gefunden werden (KERNNS et al. 2005, TRAXLER et al. 2004, TRAPP et al. 2002 u.a.). BEHR & HELVERSEN (2005) konnten sogar ein Tier in einem Abstand von 95 m zur nächsten Windkraftanlage nachweisen. Durch die Verwendung des 40 m

Radius bei der Ableitung des Flächenfaktors werden die Opferzahlen entsprechend tendenziell unterschätzt.

Die Hochrechnung erfolgte einheitlich für die im 40 m Radius absuchbare Fläche ohne eine spezielle Gewichtung der Fundverteilung in den Abstandsbereichen, da sich bei unserer Untersuchung die Verteilung der Funde in Relation zur absuchbaren Fläche nicht signifikant unterschied (vgl. Kap. 2.3.4 und Abb. 11).

Nicht berücksichtigt wird die Tatsache, dass aufgrund der Einschränkung der Suchzeiträume auf die Monate April bis Mai (nur 2005) und August bis Oktober vermutlich nicht alle Kollisionsopfer erfasst wurden. Dies führt zu einer Unterschätzung der hochgerechneten Zahlen.

Ergebnisse der Hochrechnung

Die Hochrechnung der Kollisionsopfer für die im Regierungsbezirk Freiburg untersuchten Windkraftanlagen zeigt erstmals realistisch, mit welcher Kollisionsrate insgesamt und an den einzelnen Anlagen zu rechnen ist: 335 Kollisionsopfer (Bereich 269-446) an den 16 im Jahr 2004 untersuchten Anlagen und 94 Kollisionsopfer (Bereich 75-125) an den acht im Jahr 2005 nochmals untersuchten Anlagen.

Die Untersuchungen zeigen, dass bei einer Fokussierung auf die absolut unter den Anlagen gefundenen Tiere das Ausmaß der Auswirkungen stark unterschätzt wird. Aus diesem Grund sollte bei allen Untersuchungen zu Kollisionsopfern die Sucheffizienz und die Abtragate standortspezifisch immer mit erfasst werden.

Wären auch bei anderen Untersuchungen in Deutschland, z.B. bei TRAPP et al. (2002) oder BEHR & HELVERSEN (2005) entsprechende Korrekturfaktoren ermittelt und angewandt worden, so dürften dort vergleichbar hohe oder z.T. noch höhere Werte erwartet werden. Aus den USA und Österreich liegen eine Reihe von systematischen und methodisch sehr detailliert durchgeführten Studien vor, mit denen sich die hier hochgerechneten Zahlen vergleichen lassen (vgl. Tab. 7). Dabei zeigt sich, dass die höchsten Fallzahlen allesamt an Anlagenstandorten in Wäldern festgestellt werden. So ermittelten z.B. KERNS et al. (2005) bei Anlagen im Wald in Pennsylvania und West Virginia durchschnittlich 25 bzw. 38 Kollisionsopfer pro untersuchter Anlage. Die Werte entsprechen somit in etwa den Werten, die wir für alle Anlagen bzw. nur die acht Anlagen im Wald 2004 ermitteln konnten. Im Offenland (Ackergebiet) wurden dagegen z.B. im Windpark Top of Iowa nur 5,9 bzw. 10,2 Tiere (2003/2004) ermittelt (KOFORD 2005). Auch TRAXLER et al. (2004) ermittelten für zwei Windparks in Ostösterreich Durchschnittszahlen von 8 bzw. 5,3 Tieren pro Windkraftanlage, wogegen wir in unserer Untersuchung gar keine Totfunde unter den Anlagen im Offenland registrierten. Diese Befunde stützen die Hypothese, dass an Anlagen im Wald deutlich mehr Tiere kollidieren (vgl. aber auch Kap. 4.4.3).

Tab. 7: Mortalität von Fledermäusen durch Windkraftanlagen in verschiedenen Windparks in den USA, Spanien, Österreich und Deutschland

Ort	Habitatstrukturen im Windpark	Untersuchungszeitraum (UZ)	Totfunde pro Turbine/UZ	Berücksichtigung Suchefizienz, Abtragsrate und Flächenfaktor
Buffalo Ridge, MN P1	Äcker und Weiden	1999	0,07	ja (ERICKSON et al. 2002)
Buffalo Ridge, MN P2		1998-2001	2,02	ja (ERICKSON et al. 2002)
Buffalo Ridge, MN P3		1999-2001	2,32	ja (ERICKSON et al. 2002)
Foot Creek Rim, WY	Prärie, Espen, Sträucher	1998-2001	1,04	ja (ERICKSON et al. 2002)
Vansycle, OR	Äcker und Grünland	1999	0,74	ja (ERICKSON et al. 2002)
Wisconsin	Äcker und Weiden	1999	1,10	ja (ERICKSON et al. 2002)
Buffalo Mtn., TN	Laubwald auf Bergspitze	2001	10	nein (ERICKSON et al. 2002)
Mountaineer, West Virginia	Wald auf Bergrücken	31.07.-11.09.2004	38	ja (KERNS et al. 2005)
Meyersdale, Pennsylvania	Wald auf Bergrücken	31.07.-11.09.2004	25	ja (KERNS et al. 2005)
Top of Iowa	Farmland in der Nähe zu Feuchtgebieten	15.04.-15.12.2003	5,91	ja (KOFORD et al. 2005)
		24.03.-15.12.2004	10,17	
Navarre NO Spanien	Weiden und Zwergstrauchgebüsche	1999-2001	2,6	S + A bedingt berücksichtigt, Berücksichtigung von F unklar (ALCALDE & SÁENZ 2004)
Prellenkirchen Ostösterreich	Ackergebiete	09.2003 bis 09.2004	8,00	ja (Traxler et al. 2004)
Steinberg Ostösterreich	Ackergebiete	09.2003 bis 09.2004	5,33	ja (Traxler et al. 2004)
Puschwitz, Sachsen	Vorwaldstadien, Kieferngelände	18.08.-10.10.2002	3,40	nein (TRAPP et al. 2002)
Rosskopf Freiburg	Windwurfflächen im Wald	08-10.2004	21,5	nur F berücksichtigt, A+S nicht berücksichtigt (BEHR & HELVERSEN 2005)

2.4.3 Unterschiede in der Anzahl der Kollisionsopfer zwischen den Jahren

2004 waren an den Anlagen absolut 31, 2005 nur zehn Kollisionsopfer festgestellt worden. Das zeigt, dass die Kollisionsrate von Fledermäusen an einzelnen Anlagen in unterschiedlichen Jahren offensichtlich sehr stark schwankt.

Ein Grund für die deutlich niedrigeren Zahlen in 2005 könnte in der insgesamt kühleren Witterung im Sommer liegen, da warme und windarme Nächte, in denen mit dem verstärkten Auftreten von Kollisionen gerechnet werden kann, deutlich seltener waren als im Jahr 2004. Solange aber die Ursachen nicht bekannt sind, warum Fledermäuse in die Nähe der Anlagen gelangen und dort kollidieren, ist eine Interpretation der unterschiedlichen Daten schwierig.

2.4.4 Jahreszeitliche Verteilung der Nachweise

Bezüglich der Jahreszeitlichen Verteilung der Funde von toten Fledermäusen ergeben sich für den Regierungsbezirk Freiburg keine wesentlichen neuen Erkenntnisse. Die festgestellte jahreszeitliche Verteilung der Funde passt sich sehr gut in das bereits bekannte Bild ein, wonach Kollisionen schwerpunktmäßig von Juli bis September auftreten. (vgl. Übersicht bei DÜRR & BACH 2004). Auch der fehlende Nachweis von Totfunden im Untersuchungszeitraum Anfang April bis Mitte Mai entspricht dem bisher in der Literatur formulierten Erwartungswert, wonach im Frühjahr nur selten und unregelmäßig Kollisionsopfer gefunden wurden. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass in diesem Zeitraum bislang auch erst wenige Studien durchgeführt wurden.

Das zeitliche Auftreten der in 2004 gefundenen Kollisionsopfer stimmt weitgehend mit den von BEHR & HELVERSEN (2005) in 2004 am Rosskopf ermittelten Daten überein. Auch hier wurden die meisten Funde Anfang August registriert. Ebenso beobachteten sie in ihrer Studie die meisten Kollisionsopfer nach sehr warmen und relativ windarmen Nächten. Anhand von akustischen Aufzeichnungen konnten sie zeigen, dass die Aktivität von Zwergfledermäusen an den Gondeln der untersuchten Anlagen zu 95% bei Windgeschwindigkeiten $< 6\text{ms}^{-1}$ stattfand (ebenda).

Das Phänomen, dass die meisten Kollisionsopfer nach warmen und windarmen Nächten im Spätsommer gefunden werden, zieht sich durch alle der bislang durchgeführten Untersuchungen (z.B. ARNETT 2005, JOHNSON et al. 2003, TRAPP et al. 2002 u.a.). Die auf den ersten Blick plausible Erklärung, dass das Kollisionsrisiko durch höhere Beutetier- und Fledermausaktivität bei dieser Witterung steigt, ist bisher ebenso wenig bewiesen wie die These, dass die Kollisionsopfer bei höheren Windgeschwindigkeiten lediglich weiter verdriftet und daher bei Nachsuchen nicht gefunden werden.

In Bezug auf das Fehlen von Nachweisen bei den Kontrollen von April bis Mitte Mai muss berücksichtigt werden, dass durch den 5-tägigen Kontrollrhythmus Kollisionsopfer leicht übersehen werden, wenn sie nur in geringer Zahl auftreten. Für eine genauere Überprüfung des Sachverhaltes wäre daher eine Kontrolle mit geringeren Kontrollabständen erforderlich. Grundsätzlich kann jedoch davon ausgegangen werden – und das wird auch durch die wenigen publizierten Daten gestützt - dass in diesem Zeitraum deutlich weniger Tiere an den Anlagen kollidieren als im Spätsommer. Zu den saisonalen Zeiträumen ohne Datenerfassung kann nichts über eine mögliche zusätzliche Mortalität ausgesagt werden.

2.4.5 Einfluss von Standort und Anlagentyp

Bezogen auf den Anlagentyp oder auch die Höhenlage des Anlagenstandortes zeichnete sich bei den Ergebnissen dieser Untersuchung kein Trend ab. Kollisionen traten an allen Anlagentypen und in allen Höhenlagen auf. Insgesamt ist aber zu beachten, dass die hier untersuchte Stichprobe viel zu klein ist, um in Bezug auf einzelne Standortparameter ausgewertet werden zu können. Auch DÜRR & BACH (2004) konnten im Rahmen der Auswertung aller bis dahin gemeldeten Totfunde von Fledermäusen in Deutschland keinen Trend in Bezug auf einen möglichen Einfluss von Nabenhöhe oder Rotordurchmesser feststellen.

Der häufig diskutierte Einfluss der Leuchtbefuerung der Anlagen wurde im Rahmen dieser Studie nicht näher untersucht. Prinzipiell scheint es möglich, dass Insekten als potenzielle

Beutetiere und in der Folge auch Fledermäuse durch das Leuchtfeuer angelockt werden. Bei vergleichenden Untersuchungen von beleuchteten und unbeleuchteten Anlagen in einem Windpark in den USA (es wurden je fünf Anlagen während einer Nacht mittels Wärmebildkamera untersucht) fanden HORN & ARNETT (2005) keinen signifikanten Unterschied in der Aktivität von Fledermäusen.

3 Untersuchung der Kollisionsoffer

3.1 Einleitung und Fragestellung

Systematische veterinärmedizinische Untersuchungen von Kollisionsoffern und insbesondere eine Sektion der Tiere wurden bislang in Deutschland noch nicht durchgeführt. Dies verwundert, bietet sich damit doch eine Möglichkeit, ergänzende Daten zur Todesursache oder auch zum Verhalten der Tiere an den Anlagen zu erheben. Bei der Untersuchung der im Rahmen dieser Studie gesammelten Tiere standen daher folgende Fragen im Vordergrund:

- ▶ Aus welchen Gründen sind die Tiere zu Tode gekommen? Besteht ein Zusammenhang mit der Windkraftnutzung oder welche anderen Todesursachen kommen in Betracht?
- ▶ Welchen Status haben die Tiere?
- ▶ Wie ist der Ernährungszustand der Tiere? Haben sie vor ihrem Tod gejagt?

3.2 Methoden

Die tiefgefrorenen Tierkörper wurden dem Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK) zur Eingliederung in die Fledermaussammlung übergeben. Neben der üblichen Basisdatenaufnahme bei der Inventarisierung wurden durch Dr. Ursel Häußler weitere Untersuchungen zur Klärung der Todesursache vorgenommen. Die hier dargestellten Untersuchungsmethoden und Ergebnisse sind den vorliegenden Untersuchungsberichten entnommen (HÄUSSLER 2004 und schriftl. Mitt. 2005).⁸

Die Untersuchung durch Dr. U. Häußler umfasste:

- ▶ Überprüfung und - soweit möglich - Vervollständigung der Tierstuserhebung (Art, Geschlecht, Alter, Reproduktionszustand. In fraglichen Fällen wurde die Keimdrüsenentwicklung in die Beurteilung mit einbezogen. Spermienproduktion bzw. Insemination wurde mittels Gewebeprobenentnahme mikroskopisch kontrolliert).
- ▶ Prüfung des Erhaltungszustandes und Erfassung äußerer Verletzungen (besonders gründlich wurde der Kopf auf Blutungen und Schädelbrüche untersucht. In 2 Fällen wurden Schädel präpariert).
- ▶ Aufnahme biometrischer Daten (zunächst nur Unterarmlänge und Länge des 5. Fingers möglich).

⁸ Sämtliche Untersuchungen wurden von Dr. Ursel Häußler außerhalb ihrer Arbeiten für das SMNK Karlsruhe ehrenamtlich und im Interesse der Sache durchgeführt, wofür wir ihr außerordentlich danken.

- ▶ Sektion nahezu frisch toter Tiere
 - a) zur Überprüfung des allgemeinen Ernährungszustandes (Hinweise auf letzte Nahrungsaufnahme; Verdauungstrakt, Kot in Rektum) und
 - b) zur Erfassung innerer Verletzungen in Brust- und Bauchraum.

Bei sechzehn⁹ Tierkörpern (zwölf *P. pipistrellus*, vier *N. leisleri*) wurden die Leibeshöhlen (Brust- und Bauchhöhle) geöffnet. Der Sektionsbefund mit dem freien Auge wurde unter dem Stereomikroskop (bis 50-fach) überprüft. Dabei konnten Organveränderungen und Einblutungen erfasst werden. Sieben¹⁰ Fledermäuse wurden nach der Sektion für Folgeuntersuchungen eingefroren. Die restlichen – wie auch das übrige, nicht seziierte Material - zur Konservierung in 75%-Alkohol überführt.



Abb. 16:
Nur selten sind die Todesursachen so eindeutig wie bei dieser Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) mit gespaltenem Schädel, die frisstot unter einer WKA gefunden wurde.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Äußerlich erkennbare Verletzungen und Schädelfrakturen

Bei den Tieren aus dem Jahr 2004 konnten Flügelbrüche und offensichtliche Kopfverletzungen, die eindeutig in ursächlichem Zusammenhang mit dem Ableben der Tiere zu sehen sind, lediglich viermal gefunden werden (vgl. Fundberichte im Anhang). Allerdings wurde mit Ausnahme zweier Tiere an gut erhaltenen Exemplaren (n=14) Blut in der Nase und zumeist auch im Maul festgestellt. Z.T. war die Mundschleimhaut im Bereich Oberkiefer blutunterlaufen. Bei der Inspektion des Gehörganges (unter dem Binokular) war bei fünf Tieren Blut hinter dem Trommelfell zu erkennen. Dies legt den Verdacht auf Schädelfrakturen - zumindest in diesen Fällen - nahe. Die entnommenen und präparierten Schädel je einer Zwergfledermaus und eines Kleinabendseglers erbrachten Jochbogenbrüche und Verformungen der Bullae tympani bzw. Brüche der Schädelbasis.

Im Jahr 2005 wurden bei sechs Tieren Flügelbrüche und Kopfverletzungen gefunden, die im ursächlichen Zusammenhang mit dem Tod der Tiere stehen. Wie auch schon im Vorjahr handelte es sich hierbei um Unterarmfrakturen (2 Ex.), Einblutungen im Zahnfleisch (1 Ex.), Blut

⁹ 12 Tiere (8 *P. pipistrellus*, 4 *N. leisleri*) aus dem Jahr 2004 und 4 *P. pipistrellus* aus dem Jahr 2005

¹⁰ 3 Tiere (1 *P. pipistrellus*, 2 *N. leisleri*) aus dem Jahr 2004 und 4 *P. pipistrellus* aus dem Jahr 2005

in den Gehörgängen (2 Ex.), in der Bullae tympani (1 Ex.) und im Maul (1 Ex.), Unterkieferbrüche (1 Ex.), Oberkieferbrüche (1 Ex.) und den Bruch der hinteren Schädelbasis (1 Ex.).

In keinem, vom Erhaltungszustand her beurteilbaren Fall konnten für (versuchten) Greifvogel-schlag typische Verletzungen an Flughaut und Körper gefunden werden. Dass es sich bei den Fundstätten um „Rupfungsfelder“ oder bevorzugte Greifvogeljagdplätze handelt, ist damit praktisch auszuschließen.

3.3.2 Sektionsbefund

In gutem Erhaltungszustand und äußerlich unversehrt aufgesammelte Exemplare der Zwergfledermaus wie auch des Kleinabendseglers wiesen als ins Auge springenden Befund durchgängig einen ausgeprägten Hämothorax auf. Bei den vier im Jahr 2005 seziierten Zwergfledermäusen wurde in allen Fällen ein Hämothorax festgestellt. Solch massive Einblutungen in die Brusthöhle lassen auf Gefäßrupturen schließen, die auf die Einwirkung stumpfer Gewalt zurückgehen. Ein Beleg für diese Annahme setzte eine feinatomische Präparation voraus, die im Rahmen dieser Untersuchung jedoch nicht durchgeführt wurde.

Das Lungengewebe sah intakt aus. Dass barotraumatische Einwirkungen auf die Lungenalveolen (relativer Unter- oder Überdruck) zum beobachteten Bild des Hämothorax führten, kann dennoch nicht ausgeschlossen werden. Die Bauchorgane waren (infolge des Hämothorax) ischiämisch. Bauchdeckenrisse unbekannter Genese (auch post mortem möglich) waren in einigen Fällen festzustellen. Nicht jedoch eine „innere Zerreißung“ des Abdomens infolge großer Druckkräfte, die als Verunfallungsursache diskutiert werden.

Alle seziierten Tiere sind in guter körperlicher Kondition zu Tode gekommen. Sie weisen Speicherfett auf. Mit einer Ausnahme hatten sie Nahrungsbrei im Darmtrakt und standen vor der Kotabgabe. Prall gefüllte Mägen wurden nicht gefunden. Um die Art der Nahrung und den Zeitpunkt der letzten Nahrungsaufnahme genauer zu bestimmen, müssten systematische Untersuchungen anschließen.

3.4 Diskussion und vorläufiges Fazit zur Todesursache

Nach den vorliegenden Befunden sind natürliche Todesursachen (im weiteren Sinn) und Krankheiten auszuschließen.

- ▶ Soweit erkennbar, befanden sich die verunglückten Fledermäuse (darunter viele Tiere vom Jahr) in gutem Ernährungszustand.
- ▶ Es gibt keinerlei Hinweis auf ein kausales Krankheitsgeschehen (Infektionen, starker Parasitendruck, chemische Noxen).
- ▶ Eine kritische Beeinträchtigung der körperlichen Fitness durch Schadstoffmobilisierung, etwa als Resultat von Langstreckenflügen oder energetisch aufwändigem Schwärmerverhalten, ist aufgrund der vorhandenen Fettreserven und auch der Tatsache, dass die Tiere kurz vor ihrem Tod gefressen haben, ebenfalls nicht als relevanter Faktor anzunehmen.
- ▶ Beuteschlag durch Greifvögel hätte entsprechende Verletzungsmuster hinterlassen.

Die inneren Verletzungen sind eindeutig traumatischen Ursprungs. Dies lässt einzig den Schluss zu, dass der Tod der aufgefundenen Fledermäuse in ursächlichem Zusammenhang mit den Windkraftanlagen steht.

4 Beobachtungen der Aktivität von Fledermäusen an Windkraftanlagen mit der Wärmebildkamera

4.1 Einleitung und Fragestellung

Studien zur Aktivität und zum Verhalten von Fledermäusen im Rotorbereich von Windkraftanlagen sind bislang erst sehr selten durchgeführt worden. Dies liegt vermutlich an den grundsätzlichen methodischen Schwierigkeiten, die mit dieser Aufgabe einhergehen. Denn die Standardmethoden der Aktivitätserfassung von Fledermäusen mittels am Boden betriebener Fledermausdetektoren ist hier praktisch nicht einsetzbar, weil die Reichweite der Detektoren von wenigen Ausnahmen abgesehen nicht ausreicht, um die Ortungsrufe der Fledermäuse in der Höhe der Rotoren zu detektieren. Zudem wird diskutiert, dass Fledermäuse sich möglicherweise während der Zugphasen im freien Luftraum mit anderen Methoden als der Echoortung orientieren, mittels dieser Technik in diesen Zeiten mithin gar nicht erfasst werden könnten (vgl. RAHMEL et al. 2004).

Zur Beobachtung von Fledermäusen oberhalb 100 m wurde deshalb mehrfach der Einsatz von Wärmebildkameras vorgeschlagen (ebenda). Da diese Technik allerdings zuvor noch nie für die Beobachtung von Fledermäusen an Windkraftanlagen eingesetzt wurde, mussten im Vorfeld der Untersuchung ausführliche Tests zur Entwicklung geeigneter Beobachtungsmethoden durchgeführt und ein System zur Klassifizierung von Beobachtungsdaten entwickelt werden.

Zeitgleich mit dieser Studie wurden auch in den USA die ersten Beobachtungen von Fledermäusen an Windkraftanlagen mit Wärmebildkameras durchgeführt. HORN & ARNETT (2005) führten 2004 eine jeweils einnächtige Beobachtung an zehn Windkraftanlagen im Mountaineer Wind Energy Center, Pennsylvania durch. Im selben Zeitraum ermittelten BEHR & HELVERSEN (2005) erstmals Aktivitätsdichten von Fledermäusen im Rotorbereich von Anlagen im Windpark Rosskopf/Freiburg durch automatische Erfassungen der Fledermausrufe. Dabei werden die Fledermausrufe über ein oberhalb der Gondel positioniertes Mikrofon aufgenommen und auf einem Computer in der Gondel aufgezeichnet. In zwei Nächten war es sogar möglich, beide Methoden, die akustische und optische Aktivitätserfassung, an der selben Windkraftanlage gleichzeitig einzusetzen und damit die Methoden zu überprüfen (vgl. Kap. 4.2.3).

Mittels der wärmeoptischen Beobachtung sollten folgende grundsätzliche Fragen zum Verhalten der Fledermäuse an den Windkraftanlagen geklärt werden:

- ▶ Zeigen Fledermäuse an den Anlagen ein spezielles Schwärm- oder Inspektionsverhalten, das auf eine potenzielle Quartiernutzung der Anlagen hinweist?
- ▶ Lassen sich Kollisionen oder Ausweichreaktionen beobachten?
- ▶ Sind Unterschiede in der Fledermausaktivität in Bezug auf den Standort oder die Tages- oder Jahreszeit feststellbar?

Während 2004 vorwiegend Testbeobachtungen sowie ganznächtlige Verhaltensbeobachtungen mit der Wärmebildkamera an ausgewählten Windkraftanlagen zur Klärung der o. g. Fragen durchgeführt worden waren, wurden im Jahr 2005 zusätzlich zwei Hypothesen überprüft, die aus den in 2004 erzielten Untersuchungsergebnissen sowie den zwischenzeitlich veröffentlichten Daten anderer Aktivitätsmessungen resultieren und deren Überprüfung auch von hoher planerischer Relevanz ist:

- ▶ Aufgrund der eigenen Aufsammlungen (vgl. Kap. 2) konnte geschlossen werden, dass an Windkraftanlagen im Offenland deutlich weniger Tiere kollidieren als an Anlagen im Wald. Entsprechend sollte auch die Aktivität an Anlagen im Offenland deutlich geringer sein als bei Anlagen im Wald.
- ▶ BEHR & HELVERSEN (2005) hatten bei ihren akustischen Aktivitätsaufzeichnungen zeigen können, dass 95% der Rufe der Zwergfledermaus bei Windgeschwindigkeiten unter 6 ms^{-1} aufgenommen wurden. Entsprechend sollte mit der Zunahme der Windgeschwindigkeit auch bei den wärmeoptischen Untersuchungen eine Reduktion der Fledermausaktivität einhergehen.

Aufgrund des sehr hohen Aufwandes, der mit wärmeoptischen Untersuchungen sowie deren Auswertung verknüpft ist, konnte nur eine begrenzte Anzahl von Beobachtungen durchgeführt werden. Wir entschieden uns, diese für einen Standortvergleich zu verwenden, auch wenn damit nur eine sehr kleine Stichprobe bearbeitet werden konnte. Die Ergebnisse sind daher nicht ausreichend statistisch auswertbar und geben lediglich einen Trend wieder, der noch durch umfangreichere Untersuchungen zu überprüfen ist.

4.2 Methoden

4.2.1 Auswahl der Beobachtungsstandorte und -zeiträume

Im Spätsommer 2004 wurden neben zahlreichen Methodentests auch zwei ganznächtlige Verhaltensbeobachtungen mit einer Wärmebildkamera an den Anlagen Schillinger Berg 1 (02./03.09.04) und Holzschlägermatte 1 (07./08.09.04) durchgeführt.

Im Jahr 2005 wurden vergleichende Untersuchungen an je einer Anlage an einem Waldstandort (Schillinger Berg 1), einer Anlage im Offenland (Schillinger Berg 2) und auf einer Referenzfläche ohne Windkraftanlage durchgeführt. Alle drei Untersuchungsflächen befinden sich in der Vorbergzone des westlichen Schwarzwaldes auf einer Höhenlage von 710 m ü.NN. Als Referenzfläche wurde eine Windschlagfläche nordöstlich des Schillinger Berg ausgesucht. Alle Untersuchungsstandorte liegen relativ dicht beieinander. Betrachtet man die Anlage Schillinger Berg 1 als Zentrum, liegen sowohl die Anlage Schillinger Berg 2 wie auch die Referenzfläche in ca. 850 m Entfernung, so dass eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen werden kann. Die Entfernung zwischen Schillinger Berg 2 und Referenzfläche beträgt ca. 1450 m.

Zwischen Mitte Juli und Mitte Oktober wurden an jedem der Standorte insgesamt vier halbnächtlige Beobachtungen in einem etwa drei- bis vierwöchigen Abstand durchgeführt. Das Los entschied, in welcher Reihenfolge diese Standorte in drei aufeinander folgenden Nächten¹¹ beprobt wurden. Die Termine wurden so ausgewählt, dass über den Beobachtungszeitraum von

¹¹ Folgende Termine wurden ausgewählt: 26.-28.07.05, 16.-18.08.05, 01.-03.09.05 und 08.-10.10.05.

drei Tagen mit stabilen Hochdruckwetterlagen mit freiem Himmel und damit möglichst vergleichbaren Witterungsverhältnissen gerechnet werden konnte. Der Beobachtungszeitraum in der Nacht umfasste jeweils vier Stunden nach Sonnenuntergang.

4.2.2 Technische Ausrüstung und Vorgehensweise

Die Position der Kamera wurde für jeden Standort festgelegt und während der vier Beobachtungsnächte nicht variiert. Bei den Windkraftanlagen wurde die Kamera in 30 m Entfernung vom Mastfuß auf einem Stativ aufgestellt und so auf die Nabe ausgerichtet, dass die Kanzel vollständig im Bildbereich sichtbar war und das nach unten drehende Rotorblatt (abhängig von der Windrichtung) teilweise erfasst wurde (vgl. Abb. 17). Die Kanzel wurde in die somit in jede Beobachtung integriert, um ein potenzielles Schwärm- oder Inspektionsverhalten von Tieren zu erfassen. Die Neigung der Kamera wurde markiert, damit ein vergleichbarer Ausschnitt des Luftraums über der Referenzfläche beobachtet werden konnte.

Für die Untersuchung wurde der Thermal Imager IR-5120All der Firma Mitsubishi eingesetzt¹². Dieses Instrument ist in der Lage, Infrarotstrahlung von Objekten mit 3 ~ 5 µm Wellenlänge aufzunehmen und in Echtzeit-Bilder umzuwandeln. Der Strahlungsdetektor besteht aus 512 x 512 Bildelementen und kann mit einer Reaktionszeit von 1/60 s klare Bilder erzeugen. Dabei werden Temperaturunterschiede von 0,2°C abgebildet.

Das Infrarotobjektiv (f : 50 mm, F 1.2) hat einen Öffnungswinkel von 14° x 11° der in 84 m Entfernung einem Bildausschnitt von 20,5 m x 16,1 m entspricht (vgl. Abb. 17). Dies bedeutet, dass jedes Bildelement eine Fläche von 4,0 cm x 3,1 cm abbildet. Dies ist ausreichend um eine Zwergfledermaus in Punktform darzustellen.

Die durch die Kamera aufgenommenen Bilder wurden über einen Signalwandler vom NTSC- in das PAL-Format umgewandelt und von einem digitalen Rekorder auf Band aufgezeichnet. Datum und Zeit werden in das Bild eingeblendet und ermöglichen eine sekundengenaue Zuordnung der Ereignisse. Die Beobachtung erfolgte vor Ort über einen monochromen 9" Bildschirm.

Die Aufnahme erfolgte ab Sonnenuntergang, der vor Ort mit einem GPS-Gerät (Garmin) ermittelt wurde, über den Zeitraum von vier Stunden. In dieser Zeit wurde das Geschehen am Bildschirm verfolgt. Flugobjekte wurden grob identifiziert, die Flugrichtung und -höhe bestimmt und zeitlich vermerkt. Alle registrierten Flugbewegungen wurden später noch einmal kontrolliert, klassifiziert und protokolliert. Pausenzeiten während der Beobachtung wurden nachträglich ausgewertet.

¹² Die Wärmebildkamera wurde durch das Forschungsinstitut für Optronik und Mustererkennung, Leiter Herr Dr. Ebert, der Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften e.V., Ettlingen als Leihgabe zur Verfügung gestellt. Wir danken dem Forschungsinstitut für diese technische Unterstützung und insbesondere Herrn Willutzki für vielfältige technische und wissenschaftliche Unterstützung.

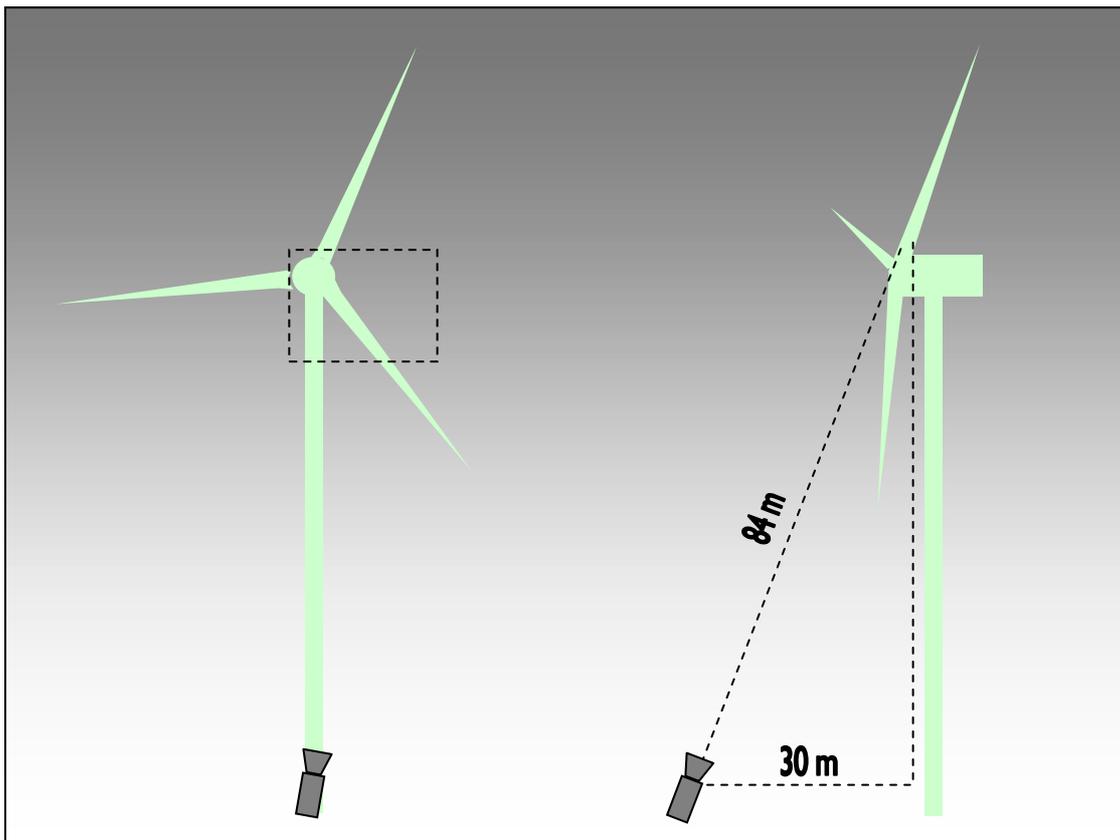


Abb. 17: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus bei der Beobachtung mit der Wärmebildkamera

4.2.3 Tests zur Bestimmung der Beobachtungstiefe und der Art der beobachteten Objekte und Entwicklung eines Klassifizierungssystems für Beobachtungen

Für die Ermittlung der Beobachtungstiefe und der Art der beobachteten Objekte wurden in der Vorbereitung der Untersuchung Tests durchgeführt, die durch weitere Tests zur Verifizierung während der laufenden Beobachtungen ergänzt wurden. Als Ergebnis der Tests wurde ein Klassifizierungssystem für die Beobachtungen entwickelt, um eine möglichst objektive Einordnung der Beobachtungsobjekte zu gewährleisten.

Folgende Tests wurden durchgeführt:

- ▶ Im Zusammenhang mit anderen Projekten in Netzen gefangene mittelgroße Fledermäuse (Rauhautfledermaus, Fransenfledermaus, Bechsteinfledermaus u.a.) wurden in definierten Entfernungen von 100 und 140 Metern zur Kamera freigelassen. Die Tiere wurden von einer am Boden und vor einer Waldkulisse stehenden Person über dem Kopf freigelassen. Trotz vergleichsweise ungünstiger Abbildungsbedingungen durch eine nur relativ geringe Temperaturdifferenz zwischen Wald und Fledermaus konnten die Tiere im Abstand von 100 m sehr gut und auch in 140 m Entfernung noch gut als

Fledermaus anhand ihres Bewegungsmusters als Punkt auf dem Bildschirm erkannt werden.

- ▶ Bei mehreren Beobachtungen an Windkraftanlagen zu Testzwecken wurde parallel zur Kamera der Bildausschnitt durch einen zweiten Beobachter optisch (in der Dämmerung zunächst ohne Hilfsmittel, später dann mit Unterstützung einer Nachtsehbrille, Leica BIG 25) und akustisch (mit Hilfe eines Detektors, Petterson D 240x) kontrolliert. Aufgrund der zeitgleichen Beobachtung von Insekten und Fledermäusen konnten so Erkenntnisse über die Abbildung dieser Objekte im Nahbereich (< 20-30 Meter) der Kamera gewonnen werden.
- ▶ Eine vergleichbare Parallelbeobachtung wurde am Freiburger Münster durchgeführt. Das Freiburger Münster ist ein seit langem bekanntes ganzjähriges Quartier vor allem von Zwergfledermäusen, aber auch von Großen Abendseglern und Zweifarbfledermäusen. Diese Fledermäuse nutzen den beleuchteten Bereich um und über dem Münster als Jagdhabitat. Ein Beobachter, der auf dem in 70 m Höhe gelegenen Umgang des Westturmes positioniert war, beobachtete mit Hilfe eines Detektors (für die Artansprache) und einem Nachtsichtgerät die Fledermausaktivität. Die Kamera wurde im selben Neigungswinkel wie bei den Windkraftanlagen ausgerichtet. Nachdem über Sprechfunk der Beobachtungsraum für beide Beobachter definiert worden war, konnten parallele Beobachtungen von Fledermäusen durchgeführt werden. An Hand der bekannten Höhe des Münsterturmes konnte dabei die Flughöhe der Fledermäuse konkret eingeschätzt werden.
- ▶ In zwei jeweils halben Beobachtungsnächten wurden parallele Beobachtungen mit von der Universität Erlangen durchgeführten akustischen Kontrollen der Windkraftanlagen auf dem Rosskopf bei Freiburg (vgl. BEHR & HELVERSEN 2005) und bei Fröhnd im Landkreis Lörrach durchgeführt. Mittels einem über der Gondel positionierten Mikrofon, das mit einem in der Gondel angebrachten Aufzeichnungsgerät verbunden ist, werden Rufe vorbei fliegender Fledermäuse erfasst und sekundengenau aufgezeichnet. In zwei Fällen ließ sich die optische Beobachtung exakt mit der Aufzeichnung von Rufen der Zwergfledermaus in Deckung bringen. In insgesamt 13 Fällen war jedoch keine Zuordnung möglich, wobei offen bleiben muss, ob es um optische Fehlbestimmungen handelt, ob die Fledermäuse nicht oder nur sehr sporadisch geortet haben oder ob die Tiere zu weit vom Mikrofon entfernt waren, um die Rufe aufzuzeichnen. Die beiden beobachteten und akustisch verifizierten Zwergfledermäuse flogen nach dem optischen Eindruck extrem nah an der Gondel vorbei und zeigten dabei exakt das unregelmäßig gezackte Flugbild, welches bei der Klassifizierung der Beobachtungen als entscheidendes Kriterium für die Bestimmung von Fledermäusen benutzt wird.

Unsere Test ergaben, dass die Entfernung eines Flugobjektes zum Objektiv nicht metergenau bestimmbar ist. Aus diesem Grund wurden nur zwei Entfernungsklassen (<40 m, >40m) gewählt. Die Definition über 40 Metern schließt im Falle der Windkraftanlagen den Bereich des vom Rotor durchstrichenen Luftraums mit ein. Für Objekte in Fledermausgröße schätzen wir eine Grenzentfernung, bis zu der diese noch von der Kamera abgebildet werden, von etwa 150-180 m für Objekte der Größe einer Zwergfledermaus bis etwa 200-250 m für Objekte von der Größe eines Kleinabendseglers. Größere Objekte wie große Vögel und Flugzeuge werden noch in wesentlich größerer Entfernung abgebildet.

Auf der Basis der Ergebnisse aller Tests wurde ein System zur Klassifizierung der Beobachtungen entwickelt und überprüft (vgl. Tab. 8). Vorrangiges Ziel war es dabei, Fledermäuse von anderen Objekten abzugrenzen. Beobachtete Objekte, bei denen es sich mit sehr großer Wahrscheinlichkeit um Fledermäuse gehandelt hat, werden der Kategorie „Fledermaus“ zugeordnet. Die eindeutigen Beobachtungen von Flugzeugen, Insekten und Vögeln bilden jeweils eigene Kategorien. Als „Unbekannt“ werden alle weiteren Beobachtungen zusammengefasst, die nicht oder nicht eindeutig identifiziert werden konnten. In dieser Kategorie sind sehr wahrscheinlich auch Beobachtungen von Fledermäusen enthalten, da der Kategorie „Fledermaus“ nur eindeutige Beobachtungen zugeordnet wurden und auch bei leichten Zweifeln die Beobachtung eher als unbestimmt/unbekannt eingestuft und entsprechend dort verbucht wurde. Die eindeutigen Beobachtungen der Insekten, Flugzeuge und Vögel wurden zahlenmäßig nicht erfasst, da sie nicht separat ausgewertet werden. Entsprechend wird hier auch nicht nach Entfernungsklassen differenziert.

Tab. 8: System zur Klassifizierung der Beobachtungen mit der Wärmebildkamera anhand verschiedener Kriterien

Kategorie	Kriterien für die Einstufung / Beobachtete Objekte
Insekten	Kleine, im Bild stark verwischte Objekte, die sehr schnell durch den Bildausschnitt fliegen (dabei handelte es sich überwiegend um größere Insekten, vor allem Nachtschmetterlinge).
Vögel	Objekte in typischen Linien- und V-Formationen und mit immer der gleichen Richtung, nur eindeutige Zuordnungen.
Flugzeuge	Kleine Objekte, die sehr langsam und geradlinig durch den Bildausschnitt fliegen, durch Parallelbeobachtungen an der Leuchtbeheizung immer zu erkennen.
Fledermaus < 40m	Relativ große Objekte im Nahbereich. Körper und Flügel der Fledermaus eindeutig erkennbar. Aufgrund der Nähe des Objektes stark verwischte Bilder. Schneller Durchflug des Objektes im Bild.
Fledermaus > 40m	Kleine Objekte mit typischem Fledermausflug, zackig, mit Richtungswechseln und Gleitphasen. Kurze gerade Flugabschnitte möglich. Manchmal typischer schneller Flügelschlag zu erkennen. Objekte fliegen mittel-schnell durch das Bild.
Unbekannt < 40 m	Alle weiteren nicht eindeutig zuzuordnenden Objekte im Nahbereich.
Unbekannt > 40 m	Kleine bis größere Objekte, die mittel-schnell und geradlinig, häufig auch sehr gerichtet durch den Bildausschnitt fliegen (vermutlich meistens Vögel , z.T. bei einsetzendem Herbstzug zahlreich). Alle weiteren kleinen Objekte, die mittel-schnell und weitgehend geradlinig durch den Bildausschnitt fliegen (hierunter fallen neben Vögeln vermutlich auch Fledermäuse, möglicherweise solche auf dem Zug in größerer Höhe).

Bei den nach unserem Kriterienkatalog eindeutig als Fledermaus zu identifizierenden Flugobjekten wurde das Verhalten in Bezug zu den sich in der Regel drehenden Rotoren genauer analysiert. Änderte eine Fledermaus, die auf einen Rotor zuflog abrupt ihre Flugroute, so wurde dies als Ausweichreaktion interpretiert. Eine Kollision wurde angenommen, wenn das Tier zunächst im typisch zackigen Fledermausflug sich dem Rotor näherte, aber nach der Passage des Rotorblattes in einer geraden Linie (d.h. ohne zackiges Flugmuster) in Richtung Boden flog bzw. fiel. Unmittelbar im Nahbereich des Rotors können die Objekte aufgrund der technisch bedingten Überstrahlung des Rotors nicht beobachtet werden.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Anzahl und Verteilung der beobachteten Objekte über den Untersuchungszeitraum

Während der zwölf halbnächtlichen Beobachtungen an den drei ausgewählten Standorten 2005 wurden insgesamt 590 Objekte beobachtet, von denen ca. ein Drittel als Fledermaus angesprochen werden konnte. Zwei Drittel aller beobachteten Objekte waren vermutlich Vögel oder konnten nicht näher differenziert werden (vgl. Tab. 9).

An den Standorten mit Windkraftanlagen wurden 22 (Wald), bzw. 26 (Offenland) Fledermausbeobachtungen in dem beobachteten Sichtfenster (ca. 20m x16m) gemacht. Bei jeweils sechs Fledermäusen wurde beobachtet, wie diese offensichtlich den sich drehenden Rotoren durch eine abrupte Richtungsänderung im Flug auswichen. Dies entspricht etwa jeweils 25% aller Beobachtungen. 75% aller Fledermäuse zeigten keine Richtungsänderung, wobei jedoch beachtet werden muss, dass aufgrund der nur ungenau zu bestimmenden Beobachtungstiefe auch ein Vorbeiflug hinter oder oberhalb der sich drehenden Rotoren nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei zwei Beobachtungen hatten wir den Eindruck, dass die Fledermaus vom Rotor getroffen worden sein könnte und anschließend nach unten fiel. Aufgrund der eingeschränkten technischen Beobachtungsbedingungen können wir dies jedoch nicht mit absoluter Sicherheit feststellen.

Tab. 9: Anzahl aller beobachteten Objekte je Standort und Kategorie während der halbnächtlichen Beobachtungen an den drei ausgewählten Standorten 2005(Beobachtungszeit insgesamt 48h).

Ort	Datum	Anzahl Objekte	Flederm. < 40 m	Flederm. > 40 m	Unbekannt < 40m	Unbekannt > 40 m	Ausw.-Reaktion
Wald	26./27.07.05	37	23	9	1	4	1
Wald	17./18.08.05	8	0	4	4	0	3
Wald	03./04.09.05	11	2	4	4	1	2
Wald	08./09.10.05	17	1	5	0	11	0
Wald		73	26	22	9	16	6
Offenland	27./28.07.05	9	7	0	1	1	0
Offenland	16./17.08.05	16	3	7	1	5	0
Offenland	01./02.09.05	13	1	9	0	3	3
Offenland	10./11.10.05	153	2	10	0	141	3
Offenland		191	13	26	2	150	6
Referenz	28./29.07.05	85	24	24	16	21	0
Referenz	18./19.08.05	34	16	6	9	3	0
Referenz	02./03.09.05	33	9	3	8	13	0
Referenz	09./10.09.05	174	10	14	5	145	0
Referenz		326	59	47	38	182	0
Summen		590	98	95	49	348	12

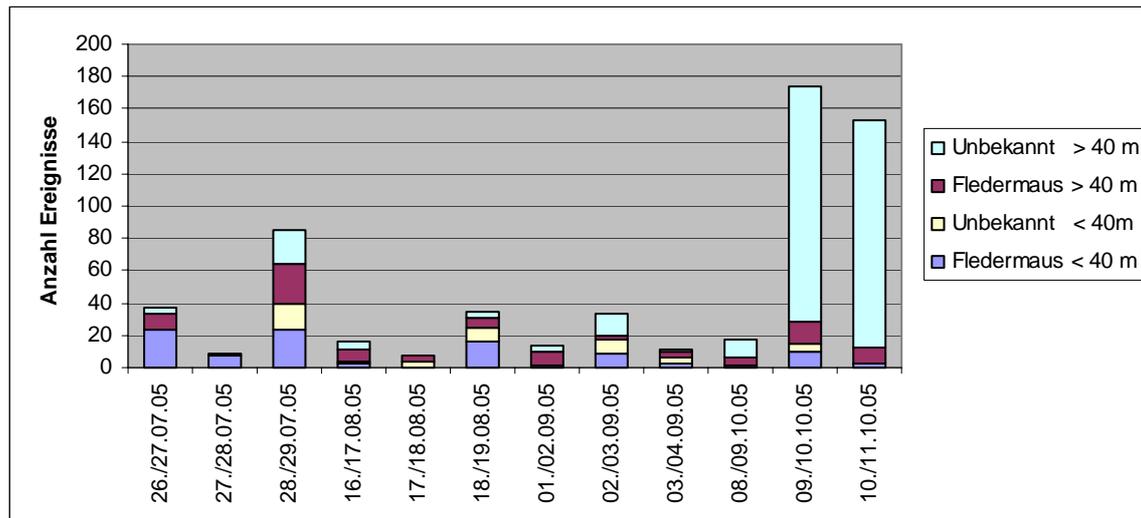


Abb. 18: Verteilung der beobachteten Objekte während der vier Untersuchungsperioden im Juli, August, September und Oktober 2005

Abb. 18 zeigt eine auffällige Häufung von unbekanntem Objekten an den letzten beiden Untersuchungstagen, an denen die Anlage im Offenland und die Referenzfläche beobachtet wurden. Dabei handelte es sich um Objekte, die sehr gleichmäßig und nach unserer Ansicht in größerer Höhe, d.h. deutlich über Anlagenhöhen, ganz überwiegend in der Richtung von NO nach SW zogen. Dabei könnte es sich nach unserer Ansicht gut um Zugvögel gehandelt haben (vgl. Kap. 4.4.1). An der Anlage im Wald war nur einen Tag zuvor noch kein entsprechendes Phänomen beobachtet worden, obwohl die Anlage nur 850m von den anderen Anlagen entfernt liegt.

4.3.2 Schwärm- oder Inspektionsverhalten von Fledermäusen

Während sämtlicher Beobachtungen mit der Wärmebildkamera konnte kein ausgeprägtes Schwärmen von Fledermäusen an der Gondel beobachtet werden, wie es von allen Arten an einem genutzten Quartier bekannt ist. Dabei ist jedoch die geringe Beobachtungszeit insgesamt und vor allem in den frühen Morgenstunden zu beachten, wo nur zwei systematische Beobachtungen durchgeführt wurden. Mehrere der beobachteten Fledermäuse flogen aber während der Nacht in kurzen Abständen wiederholt nah an der Gondel vorbei (auf dem selben Bildausschnitt zu sehen), was als Neugierverhalten interpretiert werden könnte.

4.3.3 Aktivität an den verschiedenen Untersuchungsstandorten

Während die Aktivität an den Anlagenstandorten relativ ähnlich war, war sie auf der Referenzfläche etwa doppelt so hoch wie an einem Anlagenstandort (vgl. Abb. 19 und Tab. 9). Diese gravierenden Unterschiede können bei den Fledermausbeobachtungen in beiden Höhenklassen festgestellt werden. Die Mittelwerte der in Bezug auf das Kollisionsrisiko besonders relevanten Fledermausbeobachtungen in der Klasse >40m unterscheiden sich zwischen der Anlage im Offenland und der Anlage im Wald kaum (vgl. Abb. 20). Diese Beobachtung steht in einem eindeutigen Widerspruch zum Ergebnis der Nachsuche im Untersuchungsjahr 2004 von Fledermäusen unter den Anlagen, wo an der Anlage im Wald (Schillinger Berg 1) sehr viele

Kadaver gefunden wurden, während unter der Anlage im Offenland (Schillinger Berg 2) keine Tiere gefunden wurden (vgl. Kap. 2.3.1).

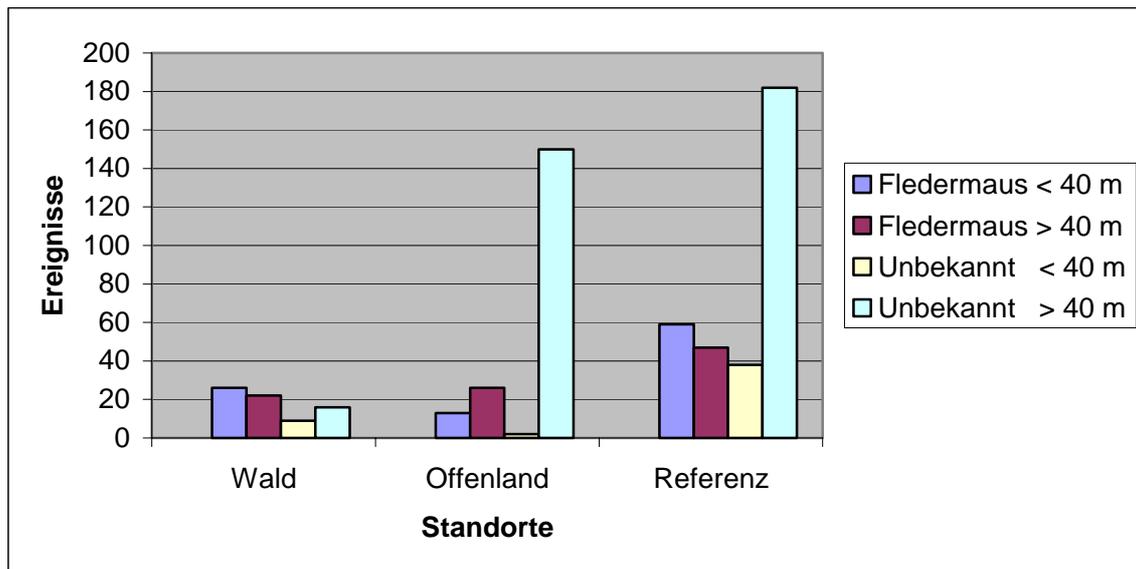


Abb. 19: Absolute Anzahl von beobachteten Ereignissen aller Beobachtungsnächte differenziert für die unterschiedlichen Standorte (n=4, Beobachtungszeit 16h/Standort)

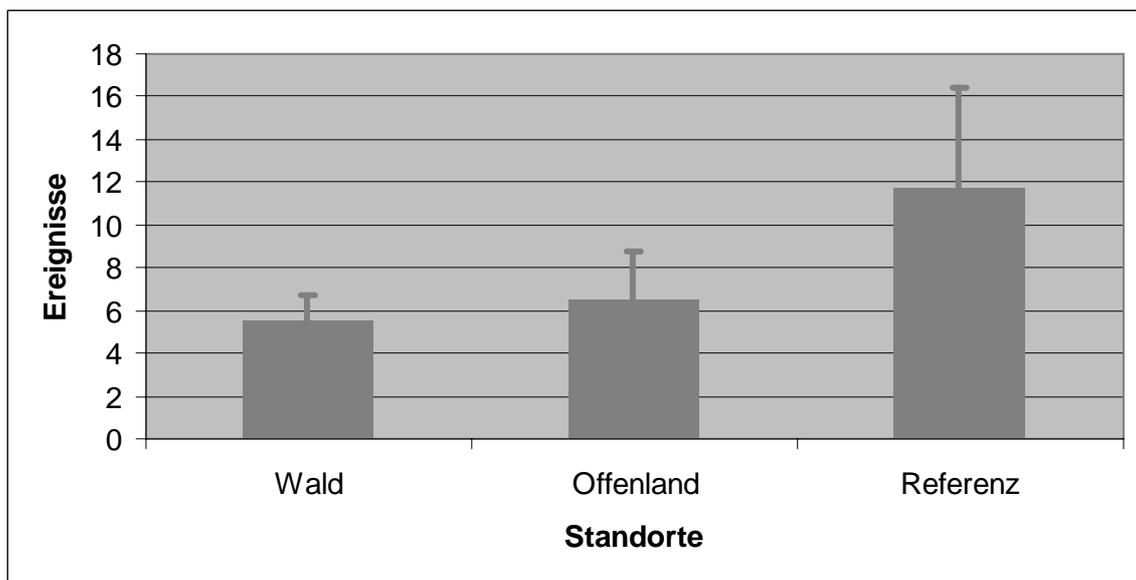


Abb. 20: Durchschnittliche Anzahl von Fledermausbeobachtungen > 40 Meter pro Beobachtungsnacht differenziert für die unterschiedlichen Standorte (n=4, Beobachtungszeit 16h/Standort, Darstellung der Mittelwerte und des Standardfehlers)

In der Kategorie Fledermäuse < 40 m zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Anlagenstandorten. Wie stichprobenartige, parallel zur Beobachtung durchgeführte Detektorkontrollen zeigen, handelte es sich bei Fledermäusen in dieser Klasse ganz überwiegend um Zwergfledermäuse. Es entspricht daher dem Erwartungswert, dass auf der Waldlichtung an dem Anlagenstandort Schillinger Berg 1 entsprechend mehr Tiere der Zwergfledermaus beobachtet werden konnten, die bevorzugt an Waldrändern und über Wäldern jagt. Es ist

jedoch beachtenswert, dass auf dem Anlagenstandort Schillinger Berg 2 im völlig offenen Luftraum immerhin noch relativ viele Beobachtungen in dieser Klasse gelangen.

Bei der Interpretation der Daten ist der insgesamt nur geringe Stichprobenumfang dieser vergleichenden Untersuchung zu beachten. Die Stichprobe ist so klein, dass keine aussagekräftige statistische Überprüfung der Ergebnisse möglich ist. Zufallsbedingte oder nur an diesem Standort geltende aber unbekannte Faktoren können damit einen großen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis ausüben.

4.3.4 Verteilung der Aktivität während der nächtlichen Beobachtungsphasen

Die Aktivität der Fledermäuse bei den halbnächtlichen Beobachtungen im Rahmen des Standortvergleiches ist über die gesamte Beobachtungsdauer von vier Stunden relativ konstant. Lediglich in den ersten 30 Minuten nach Sonnenuntergang sind fast keine Fledermäuse im freien Luftraum im Bereich der Rotoren zu beobachten (vgl. Abb. 21). Dagegen steigt die Aktivität der unbekannten Objekte von 30 Minuten nach Sonnenuntergang kontinuierlich an und erreicht zwischen 120 und 180 Minuten einen Höhepunkt. Wobei zu berücksichtigen ist, dass dieses Ergebnis ganz überwiegend auf die beiden letzten Beobachtungstage im Oktober zurückzuführen ist, was als ein weiterer starker Hinweis auf ziehende Vögel gewertet werden kann (vgl. Kap. 4.4.1).

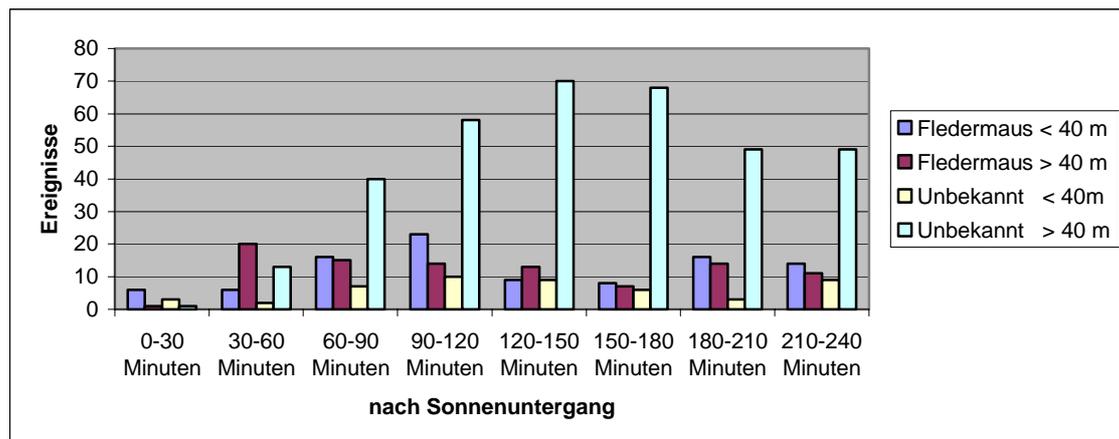


Abb. 21: Anzahl der beobachteten Ereignisse bezogen auf den Zeitraum von vier Stunden nach Sonnenuntergang (Beobachtungsdaten von allen drei Standorten, totale Beobachtungszeit 48h)

Neben den halbnächtlichen Beobachtungen im Untersuchungsjahr 2005 wurden Anfang September 2004 auch zwei ganznächtliche Beobachtungen an den Standorten Holzschlägermatte 1 und Schillinger Berg 1 durchgeführt. Auch hier verteilt sich die Aktivität mehr oder weniger über die gesamte Nacht (vgl. Abb. 22 und 23). Bei der Beobachtung an der Anlage Holzschlägermatte kann das Fehlen von Nachweisen in den frühen Morgenstunden auf sehr starken Wind zurückgeführt werden, der hier in starken Böen blies. Bei der Anlage Schillinger Berg 1 waren die Witterungsbedingungen für die Beobachtung der Fledermäuse zu allen Nachtzeiten günstig. Während der Beobachtung am Schillinger Berg wurden zufällig zwei Fledermäuse (um ca. 21:50 Uhr eine Zwergfledermaus, noch lebend und um ca. 0:30 Uhr ein Kleinabendsegler, mit doppelt gebrochenen Unterarmen, noch blutend) unmittelbar vor der Kamera auf dem geschotterten Vorplatz unter der Anlage gefunden. Dies zeigt, dass während

der Beobachtung Tiere an der Anlage kollidierten, ohne dass das Ereignis dokumentiert werden konnte - aufgrund des technisch bedingt relativ kleinen Bildausschnittes.

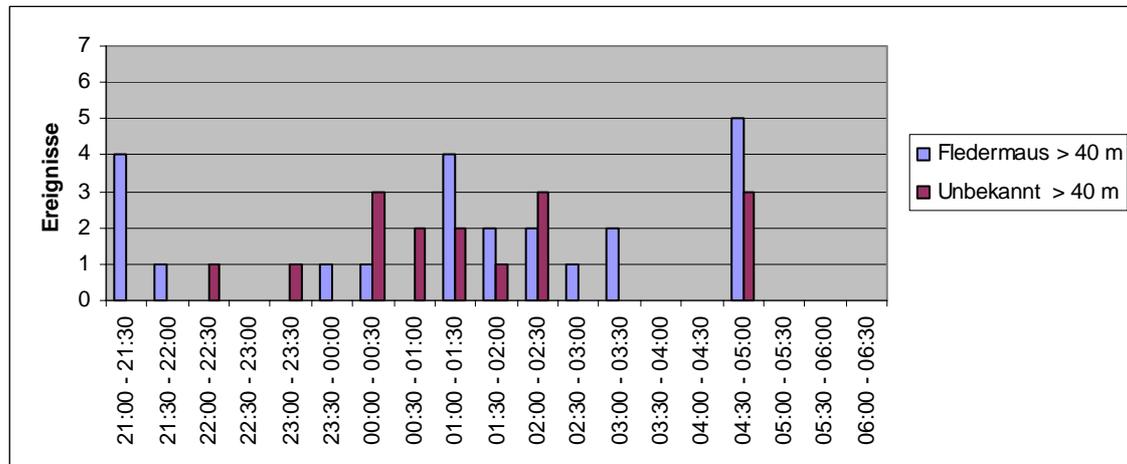


Abb. 22: Zeitliche Verteilung der Ereignisse in den Kategorien „Fledermaus“ und „unbekannt“ während einer ganznächtlichen Beobachtung am 07./08.09.04 am Anlagenstandort Holzschlägermatte 1.

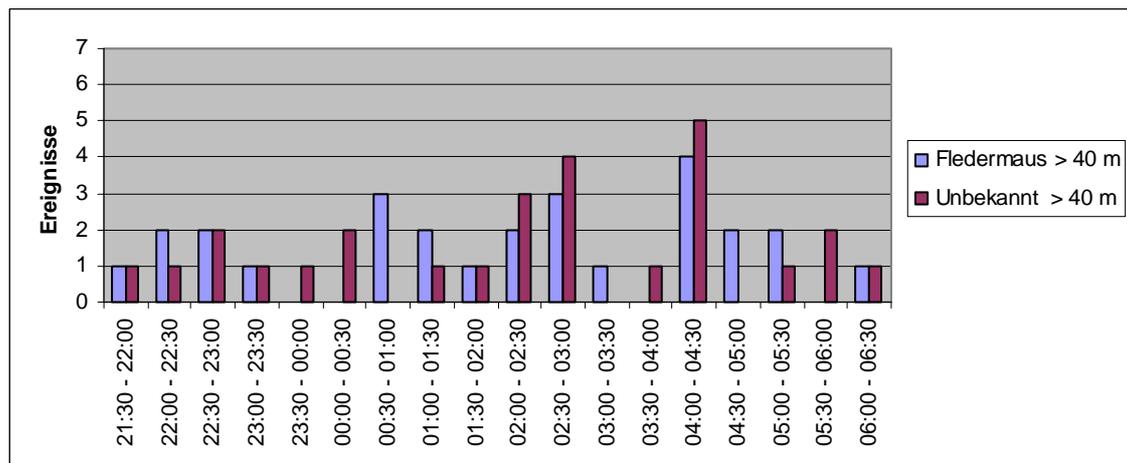


Abb. 23: Zeitliche Verteilung der Ereignisse in den Kategorien „Fledermaus“ und „unbekannt“ während einer ganznächtlichen Beobachtung am 02./03.09.04 am Anlagenstandort Schillinger Berg 1.

4.3.5 Aktivität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

Die Fledermausbeobachtungen während der halbnächtlichen Beobachtungen an den beiden Anlagen Schillinger Berg 1+2 können mit der zum Beobachtungszeitpunkt herrschenden Windgeschwindigkeit in Bezug gesetzt werden. Die an den Anlagen gemessenen Windgeschwindigkeiten, gemittelt für 10-min-Intervalle, wurden uns für alle Beobachtungsnächte vom Betreiber der Anlagen zur Verfügung gestellt¹³. Die mittels der Wärmebildkamera sekundengenau ermittelten Fledermausbeobachtungen (Kategorie Fledermaus >40 m) wurden den Windgeschwindigkeiten zugeordnet. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei den Fledermaus-

¹³ Wir danken der Firma Regiowind, insbesondere den Herren Markowsky und Strohmeier für die Bereitstellung der Winddaten und Hinweise zu den Anlagen selbst.

daten alle Beobachtungen über 40 Metern Höhe zusammengefasst wurden, während die Windgeschwindigkeiten an der Gondel in 80 m Höhe gemessen werden.

Während der Beobachtungszeit in den acht Untersuchungs Nächten (Beobachtungszeit 32h) wurden Windgeschwindigkeiten von bis zu 12 ms^{-1} als Mittel pro 10-min-Intervall registriert. Wie die Abb. 24 zeigt, konnte bei fast allen gemessenen Windgeschwindigkeiten Fledermausaktivität festgestellt werden, im Maximum bis $10,9 \text{ ms}^{-1}$.

Aus Abb. 24 ist zu ersehen, dass die 10 min Intervalle mit und ohne Fledermausaktivität bezogen auf die Windgeschwindigkeit aber nicht gleich verteilt sind. Zwischen $3,5$ und $7,5 \text{ ms}^{-1}$ wurde mehr und unter $3,5$ und oberhalb $7,5 \text{ ms}^{-1}$ weniger Fledermausaktivität pro Intervall registriert, als dies aufgrund der Verteilung der Intervalle ohne Fledermausaktivität zu erwarten gewesen wäre.

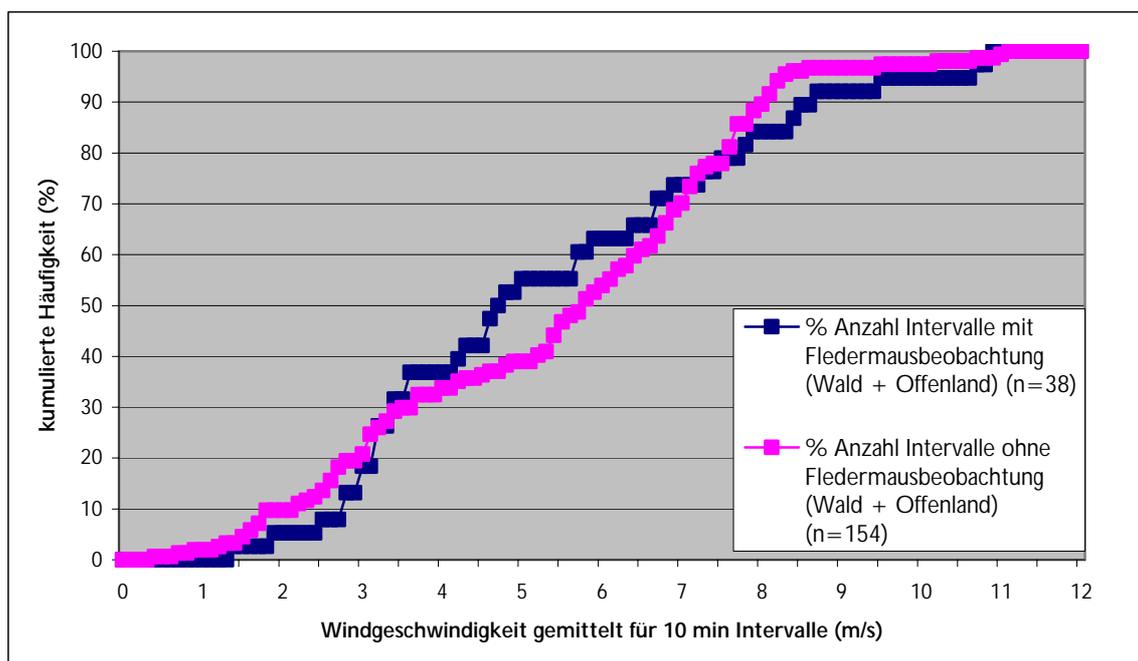


Abb. 24: Kumulierte Häufigkeit (in %) von 10-min-Intervallen mit und ohne Fledermausbeobachtungen in Bezug zu den festgestellten Windgeschwindigkeiten an den Anlagen Schillinger Berg 1+2 (je vier halbnächtliche Beobachtungen, Untersuchungsdauer insgesamt 32h). Die Windgeschwindigkeiten unterscheiden sich signifikant für Intervalle mit und ohne Fledermausbeobachtungen (Wilcoxon Test, $N = 24$, $W = 109,5$, $p \leq 0,021$).

4.4 Diskussion

4.4.1 Bestimmung der Flugobjekte und Beobachtungstiefe

Bei der Bestimmung der Flugobjekte könnten Fledermäuse mit etwa gleich großen Singvögeln oder aber in größerer Höhe fliegenden, deutlich größeren Nicht-Singvögeln verwechselt werden, da der nächtliche Vogelzug in Südwestdeutschland schwerpunktmäßig im Zeitraum von Anfang August bis Ende Oktober stattfindet. Dagegen spricht jedoch, dass der Nachtzug bei guten Witterungsbedingungen (warm, stabile Hochdrucklage), wie wir sie für unsere

Beobachtungen wählten, in deutlich größeren Höhen stattfindet. Nach BRUDERER & LIECHTI (1998) liegt der Median der Flughöhe bei starkem Zug über Südwestdeutschland deutlich über 600 Meter. Der Nachtzug besteht überwiegend aus Singvögeln (Anteil an Wat- und Wasservögeln <10%), die aufgrund der geringen Körpergröße nach unseren Tests in der Mehrzahl in einer Flughöhe von >200 Metern durch unsere Kamera nicht mehr abgebildet werden dürften. Ausnahmen dürften große Singvögel darstellen. So ist es z.B. nicht unwahrscheinlich, dass es sich bei den Mitte Oktober in SW Richtung ziehenden Objekten um nordische Drosseln handelte (z.B. *Turdus torquatus*, *Turdus pilaris*, *Turdus philomelos*), die ihr Durchzugsmaximum in Baden-Württemberg Mitte Oktober erreichen (vgl. HÖLZINGER 1999) und aufgrund der Größe noch im Grenzbereich unseres System abgebildet werden könnten. Fluggeschwindigkeit (vgl. BRUDERER & BOLDT 2001) und Flugweise waren bei diesen Tieren vom Eindruck her völlig abweichend von den Beobachtungen, die wir Fledermäusen und auch zahlreichen Objekten der Klasse „unbekannt“ zugeordnet haben.

Aufgrund des Zuges in großer Höhe werden vermutlich auch viel weniger Vögel als Schlagopfer unter den Windkraftanlagen gefunden als Fledermäuse. 2004 wurde einzig der Mauersegler in nennenswerter Zahl (drei Exemplare zwischen Ende Juli und Mitte August, vgl. Kap. 2.3.8) gefunden, der in den ersten drei August-Pentaden etwa einen Anteil von 20% an den nächtlich durchziehenden Vögeln ausmacht (BRUDERER & LIECHTI 1998). Die Mauersegler können aber ebenfalls auf dem Jagdflug am Tage kollidiert sein, so wie dies für unter Windkraftanlagen gefundene Mehlschwalben angenommen werden kann, die nach eigenen Beobachtungen häufig und z.T. in sehr großer Zahl tagsüber im Bereich der Rotoren jagen.

Weiterhin könnten sehr große Nachtfalter als Fledermaus klassifiziert worden sein, wenn sie im Nahbereich in einem ähnlich abgehackten Flug nah an der Kamera vorbeifliegen und somit wie weiter entfernt fliegende Fledermäuse erscheinen. Dagegen spricht, dass unmittelbar in der Nähe der Kamera fliegende Tiere technisch bedingt im Bild deutliche Schlieren zeigen, da eine Vielzahl von Bildpunkten schnell nacheinander angeregt wird. Für im mittleren Bereich fliegende Nachtfalter können wir aber eine Verwechslung nicht ganz ausschließen. Hierzu sollten bei zukünftigen Studien zusätzliche Tests durchgeführt werden.

4.4.2 Verhaltensbeobachtungen an den Windkraftanlagen

Wir beobachteten ein Ausweichverhalten gegenüber dem Rotor bei etwa 25% aller Flugbeobachtungen von Fledermäusen, wobei jedoch die sehr geringe Anzahl an Beobachtungen insgesamt berücksichtigt werden muss (n=48). HORN & ARNETT (2005) stellten dies bei insgesamt nur 7% ihrer Beobachtungen fest (n=998).

Während wir keine Kollision einer Fledermaus mit einem Rotor sicher beobachten konnten, gelang dies HORN & ARNETT in acht Fällen, was angesichts der Anzahl aller Beobachtungen (n=998) aber relativ gering erscheint. Zu beachten ist bei beiden Studien, dass mit der Wärmebildkamera immer nur ein kleiner Teil des von den Rotoren durchstrichenen Raumes abgedeckt wird.

Im Gegensatz zum beobachteten Ausweichverhalten steht das von uns nur in Ansätzen, aber von HORN & ARNETT (2005) häufiger beobachtete Inspektionsverhalten von einzelnen Fledermäusen. Die Autoren berichten (ebenda) wie einzelne Fledermäuse den Turm und vor allem sich langsam drehende Flügel inspizieren, indem sie nahe Vorbeiflüge wiederholen oder

versuchen, die Spitze von sich langsam drehenden Rotorblättern zu jagen. Dieses Inspektionsverhalten könnte eine Erklärung dafür bieten, warum an den Windkraftanlagen vermutlich mehr Fledermäuse zu Tode kommen, als auf Grund der normalen Dichte z.B. jagender oder ziehender Tiere zu erwarten wäre. Gerade im Zeitraum Mitte Juli bis Mitte September nach der Auflösung der Wochenstuben dürfte das Inspektionsverhalten bei den hier relevanten Arten besonders ausgeprägt sein, mithin in einem Zeitraum, in dem auch die größten Anzahlen an Kollisionsopfern gefunden werden.

4.4.3 Aktivitätsvergleiche der untersuchten Standorte

Die Hypothese, wonach die Aktivität an der Anlage im Offenland geringer sein sollte als an der Anlage im Wald, wird durch unsere Ergebnisse nicht gestützt. Die Werte in der Kategorie Fledermäuse > 40m war an der Anlage im Offenland mit 26 Nachweisen größer als an der Anlage am Waldstandort (n=22), was nach der wesentlich höheren Zahl an gefundenen Schlagopfern an der Anlage im Wald im Jahr zuvor nicht zu erwarten war. Möglicherweise liegt der Unterschied in der Nachsuchmethodik begründet, da die Wiesenflächen unter den Anlagen im Offenland nur sehr schwer und bei zu hohem Aufwuchs gar nicht absuchbar sind. Zudem könnte hier auch die Abtrage rate deutlich unterschiedlich sein. Die Aussage im Standortvergleich in Kap. 2.3.3, wonach an Anlagen im Offenland offensichtlich weniger Tiere kollidieren, muss daher auf Basis der Ergebnisse der Aktivitätsbeobachtungen und auch der methodischen Einschränkungen bei der Nachsuche entsprechend relativiert werden.

Die unerwartet hohe Aktivität an der Anlage im Offenland kann unter Umständen aber auch dadurch erklärt werden, dass sie nur wenige hundert Meter vom Wald entfernt liegt, mithin großräumig in die Waldlandschaft des Schwarzwaldes eingebunden ist. Die Anlage kann entsprechend von Fledermäusen, die über dem Wald und am Waldrand jagen leicht erreicht werden. Anders stellt sich die Situation möglicherweise in großräumigen und strukturarmen Ackerlandschaften dar, wo bislang immer nur vergleichsweise wenige Fledermäuse als Kollisionsopfer festgestellt wurden (vgl. auch Tab. 7 in Kap. 2.4.2).

Die mit Abstand höchste Fledermausaktivität konnten wir aber überraschend an der als Referenzstandort untersuchten Windwurf fläche nachweisen und nicht an einer der beiden untersuchten Anlagenstandorte. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass die hohe Aktivität an der Referenz fläche ganz überwiegend auf die relativ gesehen sehr hohe Zahl der Fledermausbeobachtungen in beiden Höhenklassen am ersten Beobachtungstermin Ende Juli zurückgeht. Hierfür könnte z.B. ein Massenschlupf einer Insektenart verantwortlich sein, deren Individuen in der Thermik auch bis in größere Höhen aufgestiegen sind. Entsprechend wäre dies ein Einzelereignis, welches auf Grund der geringen Stichprobe das Gesamtergebnis hier sehr stark beeinflusst. Dass Zwergfledermäuse im Bereich der Gondeln, also in sehr großer Höhe jagen wird auch dadurch belegt, dass BEHR & HELVERSEN (2005) einige feeding-buzzes an der Gondel akustisch aufzeichnen konnten. Zudem weisen die Sektionsergebnisse unserer Tiere darauf hin, dass die Tiere kurz vor ihrem Tod noch gefressen hatten (vgl. Kap. 3.3).

4.4.4 Aktivität und Windgeschwindigkeiten

Die wärmeoptischen Beobachtungen stützen die Hypothese, wonach die Aktivität von Fledermäusen bei höheren Windgeschwindigkeiten abnimmt. Unsere Beobachtungen zeigen eine leichte Häufung im Bereich von 3,5 bis 7,5 ms⁻¹. Oberhalb von 7,5 ms⁻¹ wurde zudem weniger Fledermausaktivität registriert, als dies aufgrund der Windverhältnisse zu erwarten gewesen wäre.

BEHR & HELVERSEN (2005) registrierten bei ihren akustischen Untersuchungen am Rosskopf/Freiburg dagegen 95% aller Fledermausrufe (aufgenommen im Bereich der Gondel) bei Windgeschwindigkeiten <6 ms⁻¹, wobei sich die Nachweise ganz überwiegend auf die hier sehr häufige Zwergfledermaus beziehen. In unserer Beobachtung registrierten wir bei Windgeschwindigkeiten > 6 ms⁻¹ allerdings noch 38% aller Beobachtungen.

Auch HORN & ARNETT (2005) beobachteten sechs ihrer insgesamt acht registrierten Kollisionen von Fledermäusen mit Rotorblättern bei Windgeschwindigkeiten über 6 ms⁻¹ (genau: 6,1; 6,5; 6,9; 9,0; 9,6; 10,2 ms⁻¹). Aufgrund des Flugverhaltens und der Flügelform ist anzunehmen, dass Arten wie z.B. der Große und der Kleine Abendsegler oder die Zweifarbfledermaus, die im offenen Luftraum jagen und über große Strecken Transferflüge vornehmen, auch bei Windgeschwindigkeiten über 6 ms⁻¹ aktiv sind.

Dass bei höheren Windgeschwindigkeiten Kollisionen in nennenswerter Anzahl vorkommen erscheint auf den ersten Blick auch deshalb unwahrscheinlich, weil die meisten Kollisionsoffer unter den Anlagen nach warmen und windarmen Nächten gefunden werden, wie es sowohl in dieser Untersuchung wie auch in zahlreichen weiteren Studien festgestellt werden konnte (vgl. BEHR & HELVERSEN 2005, TRAPP et al. 2002 u.a.). Grundsätzlich ist es nach dem jetzigen Kenntnisstand aber nicht auszuschließen, dass Fledermäuse, die bei höheren Windgeschwindigkeiten in großer Höhe von einem Rotor getroffen oder verwirbelt werden, so weit mit dem starken Wind abgetrieben werden, dass sie in den auf 50 m Radius begrenzten Suchräumen nicht mehr nachgewiesen werden können. So fanden z.B. BEHR & HELVERSEN (2005) eine Fledermaus im Abstand von 95m zum Mastfuß, weit außerhalb des eigentlichen Suchraumes. Dieser Sachverhalt sollte deshalb dringend durch weitere Untersuchungen überprüft werden.

5 Naturschutzfachliche Bewertung der Untersuchungsergebnisse

5.1 Artenschutzrechtliche Regelungen

Alle in Baden-Württemberg vorkommenden Fledermausarten sind im Anhang IV der FFH-RL geführt und unterliegen somit den Schutzvorschriften nach Art 12 ff. der FFH-RL sowie in der Folge auch den Vorschriften des § 42 BNatSchG.

Die Artenschutzvorschriften nach Art 12 ff. der FFH-RL greifen hier für die in Anhang IV geführten Arten unmittelbar, also auch unabhängig davon, ob sich das Vorkommen in einem Natura 2000 Schutzgebiet befindet oder nicht. Neben anderen Schutzvorschriften verbietet Art. 12 FFH-RL unter Punkt a) den absichtlichen Fang und die absichtliche Tötung von Tieren und

unter b) jede absichtliche Störung dieser Arten, insbesondere während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten.

Ausnahmen von diesen Verboten können nur erteilt werden, wenn einer der Ausnahmetatbestände nach Art. 16 FFH-RL zutrifft. Voraussetzung für die Anwendung der Ausnahmeregelung ist, dass keine zufrieden stellende Alternative zu dem beeinträchtigenden Vorhaben gegeben ist und die Population der betroffenen Art trotz der Ausnahmegenehmigung in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet in einem günstigen Erhaltungszustand verbleibt.

Die Artenschutzvorschriften des Art. 12 ff FFH-RL werden in den unmittelbar geltenden §§ 42, 43 BNatSchG umgesetzt. Nach dem Urteil des EuGH vom 10.1.2006, C 98/03 ist diese Umsetzung aber insoweit nicht hinreichend, als bestimmte nicht absichtliche Beeinträchtigungen von geschützten Tieren aus dem Geltungsbereich der Artenschutzbestimmungen ausgenommen werden und bei bestimmten Handlungen nicht die Einhaltung der Ausnahmetatbestände des Art. 16 FFH-RL sichergestellt wird. Insoweit besteht ein aktueller Novellierungsbedarf des Bundesnaturschutzgesetzes.

Aufgrund der dargestellten artenschutzrechtlichen Situation ist es aber unzweifelhaft von besonderer Bedeutung, die Vorkommen von Fledermäusen als Arten des Anhangs IV der FFH-RL und gleichzeitig als besonders und streng geschützte Arten nach dem BNatSchG sowie mögliche Beeinträchtigungen im Rahmen der Genehmigungsverfahren für Windkraftanlagen eingehend zu berücksichtigen.

5.2 Beurteilung der artspezifischen Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse

Neben den hier ausführlich untersuchten Kollisionsrisiken von Fledermäusen an Windkraftanlagen sind auch bau- und anlagebedingte Auswirkungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Darunter fällt z.B. auch die Anlage von Zufahrten, Stell- und Arbeitsflächen, die insbesondere bei der Beanspruchung von Wäldern mit Quartier- und Jagdgebieten zu erheblichen Beeinträchtigungen der Lebensstätten von Fledermäusen führen können (vgl. BRINKMANN 2004). Eine Übersicht über mögliche bau- und anlagebedingte Auswirkungen insbesondere bei der Realisierung der Vorhaben in Wäldern gibt Tab. 10.

Der Kenntnisstand über die non-letalen betriebsbedingten Auswirkungen, wie z.B. Störeffekte durch die Wirkungen von Ultraschall- und Infraschallemissionen oder visuelle Störungen und daraus resultierende Verdrängungs- oder Barriereeffekte ist sehr gering (zu Verdrängungseffekten vgl. BACH 2001). Entsprechend ist auch das Wissen um die mit diesen Wirkfaktoren verbundenen möglichen Wirkketten so gering, dass die Ableitung möglicher Beeinträchtigungsrisiken zur Zeit nicht möglich ist (vgl. BACH & RAHMEL 2004, HÖTKER et al. 2005). Zweifelsohne besteht hier noch ein großer Forschungsbedarf.

Ein hohes Kollisionsrisiko und damit ein sehr hohes Konfliktpotenzial besteht im Regierungsbezirk Freiburg vor allem für Zwergfledermäuse und Kleinabendsegler, die zum Teil in Anzahl an den Anlagen kollidieren können. Ein hohes Konfliktpotenzial besteht bei der Zweifarbfledermaus und bei der Breitflügelfledermaus. Zwar wurden diese Arten deutlich weniger als Kollisionsopfer gefunden, jedoch sind sie im Bereich der Anlagenstandorte vermutlich auch in deutlich geringerer Dichte als z.B. die Zwergfledermaus vertreten. So ist die Zweifarbfledermaus

in Baden-Württemberg insgesamt extrem selten. Sie gilt als wandernde Fledermausart, die in Baden-Württemberg vermutlich hauptsächlich überwintert. Sie überwintert z.B. auch in Spaltenquartieren im Hahnenurm des Freiburger Münsters, das gleichzeitig auch als Balzquartier benutzt wird. Hier können auch die Balzflüge dieser Art in großer Höhe über den Häusern beobachtet werden (vgl. HELVERSEN et al. 1987). Aufgrund ihres Zugverhaltens sowie den Balzflügen in großer Höhe im Bereich von Landmarken sind Zweifarbfledermäuse durch Windkraftanlagen überproportional stark gefährdet – wie auch die relativ zahlreichen Funde der Art unter Windkraftanlagen (vgl. DÜRR & BACH 2004) in Relation zu ihrer allgemeinen Seltenheit belegen.

Die Breitflügelfledermäuse haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Regierungsbezirk Freiburg vor allem in niedrigeren Höhenlagen, vor allem in der Oberrheinebene, wo einige Wochenstuben und zahlreiche Jagdgebiete bekannt sind. Da die Art im völlig freien Luftraum und auch in Höhen bis zu 50 m jagt (eigene Beobachtungen) kann sie prinzipiell durch den Betrieb von Windkraftanlagen gefährdet werden.

Aufgrund ihrer Jagdstrategien sowie des Wanderverhaltens muss auch für Arten wie den Großen Abendsegler und die Rauhauffledermaus weiterhin ein hohes Konfliktpotenzial angenommen werden. Dass die Arten an den aktuell untersuchten Standorten nicht als Kollisionsopfer auftraten kann auch damit zusammenhängen, dass die untersuchten Standorte nicht im Bereich von bevorzugten Jagdhabitaten oder Zugkorridoren dieser Arten liegen.

Obwohl die Rauhauffledermaus ihren Verbreitungsschwerpunkt eindeutig im Rheintal besitzt, wo die Art auch überwintert, sind auch im Hochschwarzwald einzelne Gebiete bekannt, wo die Art insbesondere zur Zugzeit im September für kurze Zeit in relativ großer Zahl auftritt (eigene Daten). An solchen Standorten besteht ein hohes Konfliktrisiko bei der Errichtung neuer Windkraftanlagen. Dass die Art dort wo sie auftritt mit Windkraftanlagen kollidieren kann zeigt die Tatsache, dass sie nach dem Großen Abendsegler bundesweit bislang als zweithäufigste Art unter Windkraftanlagen gefunden wurde.

Eine Übersicht über die Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse gibt Tab. 10. Für eine ausführliche Beschreibung des Konfliktrisikos insbesondere in Bezug auf die betriebsbedingten Auswirkungen wird auf BRINKMANN (2004) verwiesen.

Tab. 10: Mögliche Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse in Baden-Württemberg und Beurteilung des potenziellen Konfliktrisikos (+++ sehr hohes, ++ hohes, + vorhandenes Konfliktpotenzial, - vermutlich keine Konflikte zu erwarten, ? Datenlage unsicher, nach BRINKMANN 2004, verändert und ergänzt).

Art	Bau- & anlagebedingte Auswirkungen im Wald		Betriebsbedingte Auswirkungen	
	Quartiere	Jagdgebiete	Transferflüge	Jagdflüge
Große Hufeisennase <i>Rh.ferrumequinum</i>	-	+	-	-
Großes Mausohr <i>Myotis myotis</i>	+	+	+	-
Bechsteinfledermaus <i>Myotis bechsteinii</i>	++	+	-	-
Wimperfledermaus <i>Myotis emarginatus</i>	+	+	-	-
Fransenfledermaus <i>Myotis nattereri</i>	++	+	-	-
Kleine Bartfledermaus <i>Myotis mystacinus</i>	++	+	-	-
Große Bartfledermaus <i>Myotis brandti</i>	+	+	-	-
Nymphenfledermaus <i>Myotis alcathoe</i>	?	+	?	?
Wasserfledermaus <i>Myotis daubentonii</i>	++	+	-	-
Großer Abendsegler <i>Nyctalus noctula</i>	++	-	++	++
Kleiner Abendsegler <i>Nyctalus leisleri</i>	++	-	+++	+++
Zweifarbflöfledermaus <i>Vespertilio murinus</i>	-	-	++	++
Nordfledermaus <i>Eptesicus nilssonii</i>	-	-	++	++
Breitflügelfledermaus <i>Eptesicus serotinus</i>	-	-	++	++
Mückenfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	-	-	?	+
Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	+	-	+++	+++
Rauhautfledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i>	++	-	++	++
Weißbrandfledermaus <i>Pipistrellus kuhli</i>	-	-	++	++
Mopsfledermaus <i>Barb. barbastellus</i>	++	+	+	+
Braunes Langohr <i>Plecotus auritus</i>	++	+	-	-
Graues Langohr <i>Plecotus austriacus</i>	-	+	+	-

5.3 Maßstäbe zur Beurteilung der Erheblichkeit von Beeinträchtigungen durch Kollisionen von Fledermäusen an Windkraftanlagen

Bezieht man die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände nach Art. 12 FFH-RL und § 42 BNatSchG auf die Ebene des Individuums (vgl. Kap. 5.1) so sind zwangsläufig alle Beeinträchtigungen wie z.B. Störungen, insbesondere aber die Tötung einer Fledermaus durch die Kollision mit einer Windkraftanlage als erheblich zu beurteilen. Die Rechtsauslegung ist in dieser Sache aber nicht eindeutig (vgl. ROLL et al. 2005). Die Schlussanträge der Generalanwältin Kokott vor dem EuGH vom 15.12.2005 im Verfahren Kommission/Spanien, C 221/04, deuten aber eher auf einen populationsbezogenen Ansatz hin (insbesondere Nr. 77).

Bezieht man die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände auf die lokale Population, so stellt sich die Frage nach einem Schwellenwert zur Abgrenzung erheblicher von unerheblichen Beeinträchtigungen. Unerheblich wäre der Eingriff, solange die durch den Betrieb der Anlage verursachte Steigerung der Mortalität der Jung- und Alttiere ohne Folgen für die langfristige Überlebenswahrscheinlichkeit der lokalen Population bleibt. Erheblich wäre der Eingriff entsprechend, wenn die Mortalität so stark zunimmt, dass sie auch z.B. durch eine erhöhte Reproduktionsleistung nicht mehr ausgeglichen werden kann und somit die langfristige Überlebenswahr-

scheinlichkeit der lokalen Population sinkt. Wenn die nötigen populationsökologischen Grundlagen vorhanden wären, könnte eine entsprechende Populationsgefährdungsanalyse mittels verschiedener Simulationsmodelle durchgeführt werden (vgl. z.B. HÖTKER et al. 2005).

Für die hier relevanten Fledermausarten und lokalen Populationen sind die notwendigen Kenngrößen aber derzeit nicht verfügbar, so dass eine wissenschaftlich abgesicherte Berechnung entsprechender Schwellenwerte aktuell nicht möglich ist. Grundsätzliche Probleme bereitet zudem eine sinnvolle räumliche Abgrenzung der Populationen. Wären z.B. bei der Zwergfledermaus in der Region Freiburg nur die Tiere aus den Wochenstubenkolonien zu berücksichtigen, die sich hier fortpflanzen, oder auch die Tiere, die aus der Umgebung saisonal zuwandern, z.B. um das Überwinterungsquartier im Freiburger Münster aufzusuchen? Wie groß ist die Population der sich in der Oberrheinniederung fortpflanzenden Kleinabendsegler und wie hoch ist der Anteil an durchziehenden Tieren? Ebenso fehlen aktuell konkrete Daten zur natürlichen Mortalität der Tiere als eine der wesentlichen Stellgrößen innerhalb eines solchen Simulationsmodells. Die Erarbeitung belastbarer Grundlagen für eine Populationsgefährdungsanalyse für jede der hier relevanten Fledermausarten würde ein eigenes Forschungsvorhaben mit einer mehrjährigen intensiven Datensammlung unter Einsatz spezieller Untersuchungsmethoden (Beringung, Telemetry usw.) erfordern.

Ein weiteres Problem ergibt sich durch die notwendige Berücksichtigung von Summationseffekten. Bei allen Überlegungen zu Schwellenwerten ist es erforderlich, Wirkungen bereits bestehender Windkraftanlagen in die Berechnungen mit einzubeziehen. In letzter Konsequenz wären dann sogar Belastungsgrenzwerte für die Anzahl an Kollisionsoptionen für das gesamte Verbreitungsgebiet der betrachteten Population zu ermitteln.

Bis belastbare populationsökologische Daten für eine Bewertung vorliegen wird empfohlen, Maßstäbe für die Erheblichkeitsbeurteilung im Rahmen einer Fachkonvention zu entwickeln. Dabei sollten die Schwellenwerte im Sinne der Umweltvorsorge aber niedrig angesetzt werden. Denn Fledermäuse zeichnen sich durch eine nur sehr geringe Reproduktionsrate aus, so dass größere Individuenverluste allenfalls über einen längeren Zeitraum wieder ausgeglichen werden können.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass Individuenverluste bei seltenen Arten mit vermutlich nur geringen Populationsgrößen wie z.B. der Zweifarbfledermaus, der Nordfledermaus und eingeschränkt auch dem Kleinabendsegler schwerer wiegen, als bei der Zwergfledermaus, die vermutlich zu den häufigeren Fledermausarten im Regierungsbezirk zählt.

6 Hinweise zur Berücksichtigung der artenschutzrechtlichen Aspekte in Planungs- und Genehmigungsverfahren

6.1 Situation im Regierungsbezirk Freiburg

Wie die Ergebnisse dieses Gutachtens sowie verschiedene weitere nationale und internationale Studien zeigen, können Fledermäuse an Windkraftanlagen in erheblichem Umfang verunglücken. Die im Regierungsbezirk Freiburg an einzelnen Anlagen festgestellten bzw. hochgerechneten Anzahlen von Kollisionsoptionen gehören zu den höchsten bislang in

Deutschland festgestellten Werten überhaupt, wobei jedoch auch berücksichtigt werden muss, dass in Deutschland insgesamt erst wenige detaillierte Studien erstellt wurden.

Für die Planung von Windkraftanlagen im Regierungsbezirk Freiburg bedeutet dies, dass aufgrund des möglicherweise hohen Konfliktpotenzials im Einzelfall die artenschutzrechtlichen Aspekte des Fledermausschutzes im Rahmen von Genehmigungsverfahren intensiv berücksichtigt und sorgfältig abgearbeitet werden müssen¹⁴.

Die Konfliktsituation stellt sich im Regierungsbezirk Freiburg allerdings nicht gleichförmig dar. Besondere Konflikte sind insbesondere an Waldstandorten in der westlichen Vorbergzone und am Schwarzwald-Westrand zu erwarten. Bei Standorten in Offenland sind die Konflikte in Bezug auf Fledermäuse vermutlich geringer, was im Einzelfall jedoch noch zu überprüfen wäre. Aufgrund des geringen Kenntnisstandes zur Verbreitung der Fledermausarten im Regierungsbezirk Freiburg insgesamt ist aber eine hinreichend genaue Vorhersage von Konfliktbereichen und insbesondere auch eine Beurteilung einzelner Standorte nur auf der Basis detaillierter freilandökologischer Untersuchungen vor Ort möglich.

6.2 Standortbezogene Voruntersuchungen zur Ermittlung möglicher Beeinträchtigungen

Freilandökologische Voruntersuchungen dienen dazu, das Konfliktpotenzial eines jeden Standortes zu beurteilen. Sie sollten so ausgelegt sein, dass sie im Ergebnis konkrete Empfehlungen, z.B. zur Genehmigung des Projektes ohne Einschränkungen bzw. ggf. mit zeitlichen Betriebseinschränkungen geben oder aber auch den Verzicht auf den Standort empfehlen.

Voruntersuchungen zur Beurteilung möglicher bau- und anlagebedingter Beeinträchtigungen unterscheiden sich von denen in Bezug auf mögliche betriebsbedingte Beeinträchtigungen. Die methodischen Standards für derartige Untersuchungen wurden bereits mehrfach publiziert und werden aktuell bereits in zahlreichen Projekten angewendet.

Methodenstandards zur Beurteilung möglicher bau- und anlagebedingter Auswirkungen

(für eine ausführliche Beschreibung vgl. BRINKMANN 1996, 1998 und DENSE & RAHMEL 1999 u.a.):

- ▶ mehrere Detektorkontrollen zwischen April und September zur Ermittlung von Jagdhabitaten, Flugrouten und Quartieren,
- ▶ Netzfänge zur Ermittlung von Vorkommen mit dem Detektor nicht sicher bestimmbarer Arten wie z. B. Bechsteinfledermäusen (in der Regel mehrere Netzfänge pro Untersuchungsfläche zwischen Mai und September),
- ▶ Kontrolle von Gebäudequartieren und Nistkästen soweit vorhanden.

¹⁴ Aufgrund der Funde zahlreicher Kollisionsoffer im Windpark Puschwitz, Sachsen (vgl. TRAPP et al. 2002), wurde die Errichtung von weiteren Anlagen im Umfeld aufgrund der nachgewiesenen Gefährdung der besonders und streng geschützten Fledermäuse von der Behörde untersagt und in einem Klageverfahren anschließend bestätigt (VG Dresden, Urteil vom 02.06.2003, 7 K 2583/02).

Ist das Untersuchungsgebiet so groß, dass es in einer Nacht nicht begangen werden kann, so sind mehrere Untersuchungsdurchgänge erforderlich. Ist im Gebiet auf mehreren Teilflächen mit dem Auftreten z. B. der Bechsteinfledermaus zu rechnen, dann ist auch die Anzahl der Standorte für Netzfänge entsprechend zu erhöhen.

Methodenstandards zur Beurteilung möglicher betriebsbedingter Auswirkungen

(für eine ausführliche Beschreibung vgl. RAHMEL et al. 2004, BACH & DIETZ 2003, u.a.):

- ▶ Detektorkontrollen durch einen Beobachter zur Ermittlung durchziehender Tiere oder temporärer Sammelpunkte zur Zugzeit, je eine Begehung pro Woche im relevanten Zeitraum,
- ▶ ergänzend Einsatz von automatischen Erfassungsanlagen (zur analogen oder digitalen Aufzeichnung von Fledermausrufen während der ganzen Nacht) an jedem Standort einer WKA im selben Zeitraum und Rhythmus,
- ▶ Beobachtung von am Tag ziehenden Abendseglern zwischen Mitte September und Ende Oktober (Vorverlegung der Beobachtungszeit auf ca. 2-3 h vor Sonnenuntergang),
- ▶ Suche nach Balzquartieren der beiden Abendseglerarten und der Rauhaufledermaus (August bis September) und Arealen mit Balzflügen der Zweifarbfledermaus (November), jeweils mehrere Begehungen.

Zur Erfassung verschiedener Teillebensräume und Funktionen im Eingriffsgebiet muss das Untersuchungsgebiet ausreichend groß gewählt werden. Bei Einzelstandorten sollte eine Fläche von mindestens 150 ha gewählt werden. Bei Windparks sollte eine Fläche im Umkreis von einem Kilometer, gemessen von den äußeren Anlagenstandorten, untersucht werden.

6.3 Maßnahmen zur Vermeidung betriebsbedingter Beeinträchtigungen

6.3.1 Standortwahl

Durch eine vorausschauende Standortwahl lassen sich potenzielle Konflikte am effektivsten lösen. Wie in dieser Studie gezeigt werden konnte, weisen vor allem Windkraftanlagen im Wald im Regierungsbezirk Freiburg ein hohes Kollisionsrisiko auf. Dieser Trend ist auch aus fast allen der bislang veröffentlichten Studien zum Thema Fledermausschlag abzulesen (vgl. z.B. DÜRR & BACH 2004, ENDL 2004 u.a.). Deshalb wird in allen vorliegenden Empfehlungen zur Standortwahl darauf hingewiesen, aus Gründen der Risikovorsorge auf Standorte im Wald oder in Waldnähe möglichst zu verzichten (HÖTKER et al. 2005, RODRIGUES et al. 2005 u.a.).

Durch die vergleichende Untersuchung mit der Wärmebildkamera konnte jedoch die zu Grunde liegende These, dass das Kollisionsrisiko bei Anlagen im Offenland aufgrund geringerer Fledermausaktivität niedriger ist, nicht bestätigt werden. Unter Umständen werden in Offenlandbereichen, insbesondere in Grünlandbereichen auch aus anderen Gründen (Absuchbarkeit, Abtragate) weniger Kollisionsopfer gefunden.

Ein Ausweichen auf Offenlandstandorte kann daher nicht pauschal empfohlen werden, erforderlich ist in jedem Fall eine einzelfallbezogene Untersuchung der Fledermausvorkommen am potenziellen Anlagenstandort.

Auch bei den Anlagen im Wald gibt es hinsichtlich des Kollisionsrisikos offensichtlich deutliche standortspezifische Unterschiede, wie im Rahmen dieser Untersuchung gezeigt werden konnte. So wurden z.B. an den Anlagen in Ettenheim Mahlberg deutlich weniger Kollisionsopfer gefunden als bei den Anlagen Schillinger Berg oder Hohe Eck, die aufgrund ihrer hohen Anzahlen gefundener Fledermäuse mit dem ebenfalls als sehr problematisch einzustufenden Standort am Rosskopf bei Freiburg vergleichbar sind (vgl. BEHR & HELVERSEN 2005). Nach Ansicht der Autoren resultieren die hohen Anzahlen insbesondere von Zwergfledermäusen als Kollisionsopfer im Windpark Rosskopf möglicherweise aus der Nähe zum Freiburger Münster, dem bedeutendsten Winter- und Schwarmquartier der Art im Regierungsbezirk Freiburg. Denkbar wäre es auch, dass es gerade an Pass- oder Sattelsituationen zu einer lokalen Konzentration von bodennah ziehenden Fledermäusen kommt, wie dies von ziehenden Kleinvögeln bekannt ist. Das Beispiel zeigt, dass neben dem Standort im Wald unter Umständen weitere regionale Faktoren für das gehäufte Vorkommen von Fledermäusen an einzelnen Standorten verantwortlich sein können.

Empfohlen wird daher bei allen Standorten eine Einzelfallbeurteilung unter Einbeziehung lokaler und regionaler Besonderheiten auch im weiteren Umkreis des Standortes wie besondere topografische Gegebenheiten, bekannte Flugrouten, Quartiere, Schwärm- oder Jagdgebiete etc.

6.3.2 Vermeidung von Beeinträchtigungen durch Einschränkung der Betriebszeiten

Eine wirkungsvolle Minderungsmaßnahme besteht darin, den Betrieb einer Anlage in bestimmten Zeiträumen einzustellen. Denn eine Kollision von Fledermäusen mit einer stehenden Anlage kann weitgehend ausgeschlossen werden. So wurden bei der sehr intensiv und systematisch durchgeführten Studie in einem Windpark mit 40 Anlagen in den USA in einem Kontrollzeitraum von sechs Wochen insgesamt 398 tote Fledermäuse gefunden. Lediglich an einer Anlage, die aufgrund eines technischen Defektes während der gesamten Untersuchungsperiode außer Betrieb war, wurden keine Tiere gefunden (Mountaineer Wind Energy Center, West Virginia, vgl. KERNS et al. 2005).

Eine Einschränkung des Betriebes der Anlagen ist dann angezeigt, wenn Fledermäuse im Bereich der Anlagen aktiv sind und möglicherweise mit diesen kollidieren können. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind dies nur bestimmte Jahreszeiten und Witterungsbedingungen. Kollisionsopfer wurden in größerer Zahl bislang nur in den Monaten Juli, August und September gefunden, in geringerer Zahl in den Monaten April und Mai. Für die Monate Juni und Oktober liegen bislang kaum Untersuchungsergebnisse vor, so dass die Notwendigkeit von Betriebseinschränkungen in diesen Monaten aktuell nicht sicher beurteilt werden kann.

Insbesondere in den Monaten Juli bis September wurde beobachtet, dass die meisten Kollisionsopfer ganz überwiegend nach warmen und windarmen Nächten gefunden werden, insbesondere solchen, in denen sich die Rotorflügel bei geringen Windgeschwindigkeiten drehen. Nach kühlen, regnerischen und windigen Nächten werden dagegen keine oder nur sehr wenige Tiere gefunden. Daraus kann jedoch nicht zwingend ein geringeres Kollisionsrisiko

abgeleitet werden kann, da Kollisionsoffer durch starken Wind verdriftet und damit unauffindbar werden könnten.

Die Ergebnisse dieser und weiterer Untersuchungen deuten dennoch insgesamt darauf hin, dass die Aktivität der Fledermäuse im Gondelbereich der Windkraftanlagen mit bestimmten Witterungsparametern (Windgeschwindigkeit, Temperatur) korreliert ist. Ließen sich diese Korrelationen eindeutig bestimmen, so könnte über die Steuerung der Windkraftanlagen eine Abschaltung dann automatisch erfolgen, wenn mit einer Aktivität der Fledermäuse im Gondelbereich zu rechnen wäre. Der Kenntnisstand ist aktuell aber noch zu gering, um z.B. allgemeingültige und übertragbare Schwellenwerte zu benennen.

Sollten Betriebszeitenbeschränkungen über Windgeschwindigkeiten festgelegt werden, sind aufgrund des noch geringen Kenntnisstandes in jedem Fall Kontrolluntersuchungen zur Überprüfung der Wirksamkeit der Minderungsmaßnahme zu empfehlen. Dabei sind in jedem Fall Aufsammlungen von Fledermäusen unter den Windkraftanlagen in erforderlich. Sie können durch ein akustisches Monitoring im Gondelbereich der Anlagen ergänzt werden, wenn geklärt ist, ob die Methode bei höheren Windgeschwindigkeiten noch verwertbare Aussagen zulässt. Die Ergebnisse solcher Kontrollen können auch dazu beitragen, die Wissensdefizite zu verringern und in Zukunft bessere Prognosen zu ermöglichen.

Sämtliche Kontrolluntersuchungen sind über die gesamte Periode durchzuführen, in der Kollisionsoffer an den Anlagen auftreten können. Zudem ist eine sehr hohe zeitliche Dichte der Kontrollen erforderlich (am besten tägliche Kontrollen), da selbst mit dieser Methode durch die Einflussfaktoren Sucheffizienz, Abtrage rate und durch die Begrenzung des Suchraumes nur ein Teil der Kollisionsoffer überhaupt erfasst wird.

Zur Absicherung der Prognosen und Beurteilungen in Bezug auf die festgelegten Minderungsmaßnahmen sollten die Kontrolluntersuchungen und auch das akustische Monitoring mindestens während zwei Jahren nach Inbetriebnahme der Anlagen durchgeführt werden. Dies dient in erster Linie dazu, besondere witterungsbedingte Einflüsse auszugleichen.

7 Zusammenfassung

Im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg und mit Unterstützung der Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg wurden zwischen August 2004 und Oktober 2005 Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse durchgeführt. Als zentrale Fragestellung der Studie sollte geklärt werden, ob und in welchem Ausmaß die aus Nord- und Mitteldeutschland sowie aus dem Ausland berichteten Kollisionen von Fledermäusen an Windkraftanlagen auch im Regierungsbezirk Freiburg auftreten. Im Rahmen der Studie wurden drei sich ergänzende, methodisch aber differenzierte Teiluntersuchungen durchgeführt: Die Suche von Kollisionsoffern unter bestehenden Anlagen, die Untersuchung der Kollisionsoffer in Hinblick auf die Todesursache und Beobachtungen zum Verhalten der Fledermäuse an den Windkraftanlagen mittels einer Wärmebildkamera.

Im Zeitraum Ende Juli bis Ende Oktober 2004 wurden alle fünf Tage Aufsammlungen von toten Fledermäusen unter 16 im Regierungsbezirk Freiburg repräsentativ ausgewählten Anlagen überwiegend im Schwarzwald und seiner Vorbergzone (Höhenlagen zwischen 470 und 1100 ü.NN) durchgeführt. Zusätzlich werden an 16 weiteren Anlagen im gleichen Gebiet und Zeit-

raum ergänzend jeweils zwei bis drei Sonderkontrollen durchgeführt. Im Zeitraum Anfang April bis Mitte Mai sowie von Mitte Juli bis Mitte Oktober 2005 wurden acht der bereits 2004 kontrollierten Anlagen im selben Rhythmus erneut abgesucht. Ergänzend wurden spezielle Experimente zur Ermittlung der Sucheeffizienz und der Abtrage von Kadavern unter ausgewählten Anlagen durchgeführt, um die tatsächliche Anzahl von Kollisionsopfern in einer Hochrechnung unter Berücksichtigung des Suchfehlers zu ermitteln. Die Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

- ▶ Insgesamt wurden 50 tote Fledermäuse, 45 während der systematischen Aufsammlungen und fünf weitere bei den Sonderkontrollen gefunden. Bezogen auf die acht in beiden Jahren untersuchten Anlagen ergeben sich große Unterschiede zwischen den Jahren, da 2004 hier insgesamt 31 Tiere, 2005 aber bei gleicher Kontrollintensität nur 10 Tiere gefunden wurden.
- ▶ Die Funde verteilen sich auf die Arten Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus* (39 Tiere), Kleinabendsegler *Nyctalus leisleri* (8 Tiere), Zweifarbfledermaus *Vespertilio murinus* (2 Tiere) und eine Breitflügelfledermaus *Eptesicus serotinus*.
- ▶ Neben den Fledermäusen konnten nur neun Vögel als Totfunde registriert werden (je drei Mehlschwalben und Mauersegler sowie ein Alpensegler, ein Goldhähnchen und ein Orpheusspötter). Bei den Nachsuchen wurden entsprechend fünf mal mehr Fledermäuse als Vögel gefunden.
- ▶ Die durchschnittliche Sucheeffizienz in den unterschiedlich strukturierten Absuchflächen beträgt im offenen Bereich 84%, im schwach überwachsenen Bereich 77% und im stark überwachsenen Bereich 40%. Die Abtrage von Kadavern unter den Anlagen ist zwischen den Standorten unterschiedlich, in Durchschnitt aller Versuche aber relativ hoch. Sie beträgt bezogen auf den fünftägigen Kontrollzeitraum im Mittel 58,8%.
- ▶ Unter Berücksichtigung der Sucheeffizienz, der Abtrage sowie dem Flächenfaktor, der das Verhältnis von abgesuchter zu nicht absuchbarer Flächen in einem 40 m Radius beschreibt, kann von den absoluten Totfunden auf einen Schätzwert für die tatsächliche Anzahl von Kollisionsopfern hochgerechnet werden. Die Hochrechnung ergibt für die 2004 regelmäßig kontrollierten 16 Anlagen insgesamt 335 Kollisionsopfer (unter Berücksichtigung der Streuung bei der Abtrage im Minimum 269 und im Maximum 446 Tiere), dies entspricht Werten von 20,9 Tieren (16,6-27,9) pro Anlage. Für die 2005 untersuchten Anlagen ergibt sich ein Wert von insgesamt 95 Kollisionsopfern (75-125), dies entspricht einem Wert von 11,8 Tieren (9,4-15,6) pro Anlage.
- ▶ Die meisten Kollisionsopfer wurden Ende Juli bis Mitte August und Anfang September registriert. Im Zeitraum Anfang April bis Mitte Mai 2005 wurden an den acht abgesuchten Anlagen keine Tiere gefunden.
- ▶ Mit der Zwergfledermaus ist hauptsächlich eine Art betroffen, die nicht zu den ziehenden Arten zählt.
- ▶ Unter Anlagen, die im Wald oder auf Windwurfflächen stehen wurden die meisten, unter Anlagen im Offenland dagegen keine Totfunde registriert.

Die **Untersuchung der Fledermauskadaver** ergab, dass ein Teil der Tiere Flügelbrüche oder offensichtliche Kopfverletzungen hatte. Bei weiteren Tieren deuten die Verletzungsmerkmale auf Schädelbrüche hin. Der Sektionsbefund ergab, dass die meisten Tiere innere Verletzungen aufweisen, die eindeutig traumatischen Ursprungs sind. Dies lässt als Ergebnis der Untersuchung einzig den Schluss zu, dass der Tod der aufgefundenen Fledermäuse in ursächlichem Zusammenhang mit den Windkraftanlagen steht.

Mittels der **Wärmebildkamera** wurde die Aktivität an zwei benachbarten Windkraftanlagen (ein Standort im Offenland, einer im Wald) und auf einer Windwurffläche im Wald als Referenzfläche in vier halbnächtlichen Beobachtungen ermittelt. Die höchste Fledermausaktivität wurde auf der Referenzfläche registriert. An den beiden Anlagenstandorten war die Aktivität in einer Höhe > 40 m etwa gleich. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu dem Ergebnis der Nachsuche, bei der an der Anlage im Wald viele, an der Anlage im Offenland aber keine toten Fledermäuse gefunden wurden.

Etwa 25% der auf die Rotoren zufliegenden Fledermäuse zeigte ein Ausweichverhalten. Eine Kollision einer Fledermaus an einem Rotor konnte nicht sicher beobachtet werden. Bei Windgeschwindigkeiten zwischen 3,5 und 7,5 ms⁻¹ konnten etwas mehr und über 7,5 ms⁻¹ etwas weniger Fledermäuse im Luftraum > 40 m an den Anlagen beobachtet werden als dies aufgrund der Verteilung der Windgeschwindigkeiten zu erwarten gewesen wäre. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass auch bei höheren Windgeschwindigkeiten, im Maximum bis 10,9 ms⁻¹ Fledermausaktivität an den Anlagen zu beobachten ist.

Aufgrund der strengen Schutzvorschriften der FFH-Richtlinie und des Bundesnaturschutzgesetzes, die für Fledermäuse gelten und auf Grund des potenziell hohen Beeinträchtigungsrisikos, wird empfohlen, die Aspekte des Fledermausschutzes bei der Genehmigung von Windkraftanlagen sorgfältig zu berücksichtigen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Vermeidung von Beeinträchtigungen, die am ehesten durch die Standortwahl erreicht werden kann. Insbesondere Standorte in Wäldern und/oder auf Bergrücken sind nach der aktuellen Kenntnislage als potenziell besonders problematisch einzuschätzen.

Eine weitere Vermeidungsmöglichkeit ergibt sich durch die Einschränkung des Betriebes zu Zeiten einer besonders hohen Fledermausaktivität an den Windkraftanlagen. Aber auch hier sind die Daten noch zu ungenau und teilweise widersprüchlich, um allgemein gültige Vorgaben für Betriebseinschränkungen im Verlauf des Jahres oder bei bestimmten Windgeschwindigkeiten zu benennen. Entsprechend bleibt z.Z. nur die sorgfältige Prüfung eines jeden einzelnen Standortes im Rahmen des Genehmigungsverfahrens und bei Zulassung des Projektes auch eine Kontrolle der Funktionsweise der ggf. festgesetzten Vermeidungsmaßnahmen im Rahmen eines Fledermausmonitorings.

8 Literatur

- ALCALDE, T & SÁENZ, J. (2004): First data on bat mortality in wind farms of Navarre (northern Iberian peninsula). – *Le Rhinophe*, 17: 1-5.
- ARNETT, E.B. (technical editor) (2005): Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioural interactions with wind turbines. – A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- BACH, L. (2001): Fledermäuse und Windenergienutzung – reale Probleme oder Einbildung ? – *Vogelkdl. Ber. Niedersachs.* 33: 119-124.
- BACH, L., BRINKMANN, R., LIMPENS, H., RAHMEL, U., REICHENBACH, M. & ROSCHEN, A. (1999): Bewertung und planerische Umsetzung von Fledermausdaten im Rahmen der Windkraftplanung. – *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 162-170.
- BACH, L. & 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.
- BACH, L. & RAHMEL, U. (2004): Überblick zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse – eine Konfliktschätzung. – *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7: 245-252.
- BEHR, O. & HELVERSEN, O.V. (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roskopf“ (Freiburg i. Br.). – Unveröff. Gutachten der Univ. Erlangen-Nürnberg, Institut für Zoologie.
- BRINKMANN, R., BACH, L., DENSE, C., LIMPENS, H.J.G.A., MÄSCHER, G. & RAHMEL, U. (1996): Fledermäuse in Naturschutz- und Eingriffsplanungen, Hinweise zur Erfassung, Bewertung und planerischen Integration. - *Naturschutz u. Landschaftsplanung*, 28(8): 229-236.
- BRINKMANN, R. (1998): Fledermausschutz im Rahmen der Landschaftsplanung. – *Berichte der Akademie für Natur- und Umweltschutz in Baden-Württemberg*. – 26: 59-94.
- BRINKMANN, R. (2004): Welchen Einfluss haben Windkraftanlagen auf jagende und wandernde Fledermäuse in Baden-Württemberg? – *Tagungsdokumentation der Umweltakademie Baden-Württemberg*, 15: 38-63.
- BRINKMANN, R. & SCHAUER-WEISSHAHN, H. (2004): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse in Südbaden – Zwischenbericht. – Unveröff. Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, gefördert durch die Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg. Kurzfassung des Zwischenberichtes 2005 veröffentlicht durch das RP FREIBURG (2005) unter (<http://www.rp-freiburg.de/servlet/PB/show/1158478/rpf-windkraft-fledermaeuse.pdf>).
- BRUDERER, B. & BOLDT, A. (2001): Flight characteristics of birds: I. Radar measurements of speed. – *Ibis* (143): 178-204.
- BRUDERER, B. & LIECHTI, F. (1998): Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst über Südwestdeutschland. – *Der Ornithologische Beobachter* (95): 113-128.
- DENSE, C. & RAHMEL, U. (1999): Fledermäuse. – In: VUBD: Handbuch landschafts-ökologischer Leistungen – Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarermittlung. – 3. Aufl., Selbstverlag Vereinigung umweltwissenschaftlicher Berufsverbände Deutschlands e.V., Nürnberg.

- DÜRR, T. (2002): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. – *Nyctalus*, 8(2): 115-118.
- DÜRR, T. (2004): Beobachtungsergebnisse über Totfunde von Vögeln und Fledermäusen an Windenergieanlagen im In- und Ausland. - Tagungsdokumentation der Umweltakademie Baden-Württemberg, 15: 5-22.
- DÜRR, T. & BACH, L. (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundortkartei. – *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7: 253-263.
- ENDL, P. (2004): Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen – Landreis Bauzen, Kamenz, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Stadt Görlitz, Freistaat Sachsen. – Unveröff. Gutachten im Auftrag des Staatlichen Umweltfachamtes Bauzen.
- ERICKSON, W., JOHNSON, G., YOUNG, D., STRICKLAND, D., GOOD, R., BOURASSA, M., BAY, K. & SERNKA, K. (2002): Synthesis and Comparison of Baseline Avian and Bat Use, Raptor Nesting and Mortality Information from Proposed and Existing Wind Developments – WEST, Inc., Prepared for Bonneville Power Administration, Oregon.
- HALL, L.S. & RICHARDS, G.C. (1972): Notes on *Tadarida australis* (Chiroptera: Molossidae). – *Austr. Mamm.*, 1: 46-47.
- HÄUSSLER, U. (2004): Untersuchung von toten Fledermäusen, Fundort: Windkraftanlagen, Sammler Dr. Robert Brinkmann / Horst Schauer-Weisshahn. – Unveröff. Kurzbericht, 5 S.
- HELVERSEN, O. v., ESCHE, M., KRETZSCHMAR, F. & BOSCHERT, M. (1987): Die Fledermäuse Südbadens. – *Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N.F.* 14 (2): 409-475.
- HORN, J. & ARNETT, E.B. (2005): Timing of nightly bat activity and interactions with wind turbine blades, pages 96-116. – In: ARNETT, E.B., (2005): Relationship 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, USA.
- HÖLZINGER, J. (1999): Die Vögel Baden-Württembergs, Band 3.1: Singvögel 1. Passeriformes – Sperlingsvögel: Alaudidae (Lerchen) bis Sylviidae (Zweigsänger). – Stuttgart: Ulmer.
- HÖTKER, H., THOMSEN, K.-M. & KÖSTER, H. (2005): Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und Fledermäuse. BfN-Skripten 142, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn – Bad Godesberg.
- 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. – *Am. Midl. Nat.*, 150: 332-342.
- KERNS, J., ERICKSON, W.P. & ARNETT, E.B. (2005): Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia, pages 24-95. In: ARNETT, E.B., (2005): Relationship 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, USA.
- KOFORD, R., AFTAB, J., ZENNER, G. & HANCOCK, A. (2005): Avian mortality associated with the Top of Iowa Wind Farm – Progress Report Calendar Year 2004.
- OSBORN, R.G., HIGGINS, K.F., DIETER, C.D. & USGAARD, R.E. (1996): Bat collisions with wind turbines in southwestern Minnesota. – *Bat Resarch News*, 37: 105-108.
- ROLL, E., WALTER, B., HAUKE, C. & SOMMERLATTE, K. (2005): Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnet-

- schwebbahnen – Teil V: Behandlung besonders und streng geschützter Arten in der eisenbahnrechtlichen Planfeststellung. – 5. Fassung (Stand: Juni 2005, Teil V neu).
- RAHMEL, U. BACH, L., BRINKMANN, R., LIMPENS, H. & ROSCHEN, A. (2004): Windenergieanlagen und Fledermäuse – Hinweise zur Erfassungsmethodik und zu planerischen Aspekten. – Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, 7: 265-271.
- RODRIGUES, L., HARBUSCH, C., SMITH, L., BACH, L., CATTO, C., LUTSAR, L., IVANOVA, T., HUTSON, T. & DUBOURG-SAVAGE, M.-J. (2005): Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. – Doc. EUROBATS AC 10.9, 10th Meeting of the Advisory Committee, Bratislava, Slovak Republic, 25-27 April 2005.
- SIMON, M., HÜTTENBÜGEL, S., SMIT-VIERGUTZ, J. & BOYE, P. (2004): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Dörfern und Städten. – Schriftenreihe für Landschaftspf. u. Naturschutz, Heft 76, Bonn-Bad Godesberg.
- TRAPP, H.; FABIAN D.; FÖRSTER F. & ZINKE, O. (2002): Fledermausverluste in einem Windpark in der Oberlausitz. – Naturschutzarbeit in Sachsen, 44: 53-56.
- TRAXLER, A., WEGLEITNER, S. & JAKLITSCH, H. (2004): Vogelschlag, Meideverhalten & Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen Prellenkirchen – Obersdorf – Steinberg/Prinzendorf. Unveröff. Bericht im Auftrage WWS Ökoenergie, WEB Windenergie, evn Naturkraft, IG Windkraft und dem Amt der NÖ Landesregierung, 107 S.
- VIERHAUS, H. (2000): Neues von unseren Fledermäusen. ABU info 24 (1): 58-60.

Anhang

Tabelle A-1: Übersicht über die in 2004 und 2005 regelmäßig kontrollierten Anlagen (mit Nennung der Funde von Fledermäusen und Vögeln)

Tabelle A-2: Übersicht über die 2004 zusätzlich kontrollierten Anlagen (mit Nennung der Funde von Fledermäusen und Vögeln)

Tab.A-1:Kenndaten, Untersuchungsintensität und Ergebnisse Kenndaten der regelmäßig abgeseuchte Windkraftanlagen
(Nachsuche 2004 im Zeitraum Ende Juli bis Ende Oktober an allen 16 Anlagen, Nachsuche 2005 an 8 ausgewählten, in der Tabelle durch Fettdruck hervorgehobenen Anlagen, im Zeitraum Anfang April bis Mitte Mai und Mitte Juli bis Mitte Oktober).

Anlagenbezeichnung	Typ	Naben- höhe m	Rotor Ø m	Standort	Höhe ü. NN	Anzahl Kontrollen	Funddaten von Fledermäusen und Vögeln
Ettenheim Mahlberg 1	Nordex N 80	80,0	80,0	Windschlag	470	18	03.08.04: 1 P. pipistrellus;
Ettenheim Mahlberg 2	Nordex N 80	80,0	80,0	Wald	470	18	08.08.04: 1 N. leisleri;
Ettenheim Mahlberg 3	Südwind S 77	90,0	77,0	Wald	500	48	31.07.04: 1 P. pipistrellus;07.10.04: 1 N. leisleri;
Ettenheim Brudergarten 1	Nordex N 62	69,0	62,0	Wald	470	49*	31.07.04: 1 P. pipistrellus; 01.08.04: 1 P. pipistrellus; 08.08.04: 1 P. pipistrellus; 17.10.04: 1 Regulus spec.; 17.08.05: 1 P. pipistrellus;
Ettenheim Brudergarten 2	Nordex N 62	69,0	62,0	Wald	470	48	03.08.04: 2 P. pipistrellus;
Ettenheim Brudergarten 3	Nordex N 62	69,0	62,0	Wald/Windschlag	470	48	13.08.04: 2 P. pipistrellus; 12.07.05: 1 V. murinus; 02.08.05: 1 N. leisleri
Freiamt Hohe Eck	Enercon E 66	86,0	70,0	Wald	600	49*	03.08.04: 1 P. pipistrellus; 08.08.04: 3 P. pipistrellus; 13.08.04: 2 P. pipistrellus; 03.09.04: 1 N. leisleri; 12.09.04: 1 D. urbica; 17.09.04: 1 D. urbica; 28.07.05: 1 A. apus; 02.08.05: 1 P. pipistrellus; 22.08.05: 1 P. pipistrellus; 16.09.05: 1 P. pipistrellus; 06.10.05: 1 P. pipistrellus;
Freiamt Schillinger Berg 1	Enercon E 66	86,0	70,0	Wald	720	50*	03.08.04: 1 N. leisleri; 08.08.04: 2 P. pipistrellus, 1 N. leisleri, 1 V. murinus; 13.08.04 1 P. pipistrellus; 18.08.04: 1 P. pipistrellus; 03.09.04: 1 P. pipistrellus, 1 N. leisleri; 12.08.05: 1 P. pipistrellus; 01.09.05: 1 P. pipistrellus;
Freiamt Schillinger Berg 2	Enercon E 66	86,0	70,0	Wiese	710	18	Keine Funde

Anlagenbezeichnung	Typ	Naben- höhe m	Rotor Ø m	Standort	Höhe ü. NN	Anzahl Kontrollen	Funddaten von Fledermäusen und Vögeln
St. Peter Plattenhöfe 1	Enercon E 40	78,0	44,0	Wiese/Wald	1000	16	04.08.04: 1 D. urbica;
Simonswald Plattenhöfe 2	NEG Micon 60/1000	70,0	60,0	Wiese/Wald	1000	16	18.09.04: 1 P. pipistrellus;
Simonswald Plattenhöfe 3	NEG Micon 60/1000	70,0	60,0	Wiese/Wald	1000	16	13.09.04: 1 P. pipistrellus
Simonswald Plattenhöfe 4	NEG Micon 60/1000	70,0	60,0	Wiese	1000	9	Keine Funde
Freiburg Holzschlägermatte 1	Enercon E 66	98,0	70,0	Wald	920	48	09.08.04: 1 P. pipistrellus; 04.09.04: 3 P. pipistrellus, 1 N. leisleri; 07.08.05: 1 A. spec. cf apus; 17.08.05: 1 A. apus; 27.08.05: 1 P. pipistrellus, 1 H. polyglotta;
Freiburg Holzschlägermatte 2	Enercon E 66	98,0	70,0	Wald	920	48	09.08.04: 1 P. pipistrellus; 14.08.04: 1 A. melba;
Fürstenberg	REpower MD 77	90,0	77,0	Wiese	920	17	Keine Funde

* incl. Sonderkontrollen

Tab. A-2: Kenndaten, Untersuchungsintensität und Ergebnisse der zwischen August und Oktober 2004 unregelmäßig an Sonderterminen kontrollierten WKA

Anlagenbezeichnung	Typ	Nabenhöhe m	Rotor Ø m	Standort	Höhe ü. NN	Anzahl Kontrollen	Funddaten von Fledermäusen und Vögeln
Hornberg 1	Fuhrländer	70,0	54,0	Wald/Wiese	830	2	keine Funde
Hornberg 2	Fuhrländer	70,0	54,0	Wald	830	2	keine Funde
Schweighausen 1	Seewind	65,0	52,0	Ackerfläche/Wiese	590	3	keine Funde
Schweighausen 2	Seewind	33,0	20,0	Ackerfläche/Wiese/Wald	590	3	keine Funde
Herbolzheim	Tacke	77,0	46,0	Rasthofparkplatz	170	2	keine Funde
Reichenbach Windkapf 1	REpower MD 77	100,0	77,0	Wiese/Wald	890	2	keine Funde
Reichenbach Windkapf 2	Enercon E 66	98,0	70,0	Wiese/Wald	890	2	keine Funde
Reichenbach Windkapf 3	REpower MD 77	100,0	77,0	Wald	890	2	keine Funde
Schonach 1	Südwind S 77	96,5	77,0	Wald	990	2	keine Funde
Schonach 2	Südwind S 77	90,0	77,0	Wald	1020	2	keine Funde
Rohrhardsberg	Enercon E 66	78,0	70,0	Wald	1100	2	06.08.04: 2 P. pipistrellus, 1 E. serotinus; 06.09.04: 1 P. pipistrellus
Neueck 1	Enercon E 40	78,0	44,0	Wald/Wiese	990	2	04.09.04: 1 P. pipistrellus;
Neueck 2	Enercon E 40	78,0	44,0	Wald/Wiese	990	2	keine Funde
Gütenbach Kaisersebene 1	Enercon E 40	65,0	44,0	Wiese	1000	2	keine Funde
Gütenbach Kaisersebene 2	Enercon E 66	65,0	70,0	Wiese/Ackerfläche	1000	2	keine Funde
Gütenbach Kaisersebene 3	Enercon E 40	65,0	44,0	Wiese	990	2	keine Funde