

# **Auswirkungen des „Repowering“ von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse**



von  
**Dr. Hermann Hötter**

**Michael-Otto-Institut im NABU  
- Forschungs- und Bildungszentrum  
für Feuchtgebiete und Vogelschutz**

**Untersuchung im Auftrag des Landes-  
amtes für Natur und Umwelt des Lan-  
des Schleswig-Holstein.**

**Bergenhäuser, Oktober 2006**



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methode. ....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchte Windkraftanlagen. ....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Auswirkung der Windkraft auf Vögel. ....</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Non-lethale Wirkungen von Windkraftanlagen auf Vögel (Störungen, Verdrängung, Habitatverlust) . ....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Bestandsveränderungen durch Windkraftanlagen ....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Mindestabstände von Vogelvorkommen zu Windkraftanlagen. ....</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen mit Windkraftanlagen. ....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Kollisionen von Vögeln mit Windkraftanlagen ....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Kollisionen von Fledermäusen mit Windkraftanlagen. ....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Abschätzung der Auswirkungen eines Repowering. ....</b>	<b>19</b>
<b>5.1</b>	<b>Repowering und Störwirkung auf Vögel. ....</b>	<b>19</b>
<b>5.2</b>	<b>Repowering und Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen. ....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion und Forschungsbedarf ....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Danksagungen.....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung. ....</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>29</b>
<b>10</b>	<b>Anhang ....</b>	<b>37</b>

## 1 Einleitung

Die Nutzung der Windkraft hat sich in Deutschland zur mit großem Abstand wichtigsten Quelle regenerativer Elektrizitätserzeugung entwickelt. Mittlerweile sind über 18.000 Windkraftanlagen (WKA) mit einer Nennleistung von über 19.000 MW am Netz (Stand 30.6.2006, Bundesverband Windenergie, <http://www.windenergie.de/de/statistiken/>). Wesentlichen Chancen zu einer Ausweitung der Windkraftnutzung werden im windreichen Offshore-Bereich gesehen. Am Festland hingegen wird der Ausbau der Windkraft zunehmend schwierig, da viele geeignete Standorte bereits besetzt sind und eine weitere Ausbreitung der Windparks durch den Mangel an Wind in vielen binnenländischen Regionen sowie durch planerische Auflagen zugunsten anderer Güter (Emissionsschutz, Natur- und Landschaftsschutz) begrenzt wird. Das „Repowering“ bietet allerdings die Möglichkeit zu einer Steigerung der Produktion elektrischer Energie ohne gleichzeitige Erhöhung des Raumbedarfs. „Repowering“ bedeutet, dass ältere, kleinere und weniger effiziente Anlage durch neuere, leistungsstärkere WKA ersetzt werden. Die neueren Anlagen erreichen zumeist erheblich größere Ausmaße als die älteren. So sind Höhen über 100 m mittlerweile die Regel.

In einer vom Bundesamt für Naturschutz unterstützten Literaturstudie (Hötter et al., 2005) – im folgenden NABU-BfN-Bericht genannt – konnte gezeigt werden, dass WKA eine vergleichsweise geringe Störwirkung auf brütende Vögel besaßen, wobei viele potenziell empfindliche Arten jedoch noch nicht untersucht worden waren. Rastvögel, vor allem Gänse, Enten und Watvögel reagierten empfindlicher auf WKA und konnten von ihren Rastgebieten vertrieben werden. WKA stellten an bestimmten Standorten, insbesondere auf kahlen Gebirgrücken und an Feuchtgebieten, ein Kollisionsrisiko für Vögel dar. Besonders betroffen waren Greifvögel, in Deutschland vor allem Rotmilane und Seeadler. Auch Fledermäuse verunglückten an WKA, besonders wenn diese am und im Wald standen. Das Ausmaß schädlicher Wirkungen von WKA auf die Natur wurde vor allem durch deren Standorte bestimmt. Außer der Standortwahl gab es kaum geeignete Methoden zur Schadensabwehr.

Die in Hötter et al. (2005) zitierten Untersuchungen fanden im Allgemeinen an älteren, relativ kleinen WKA statt. Erste Ergebnisse ließen zwar einen Zusammenhang zwischen der Größe der WKA und deren Störwirkung bzw. dem Kollisionsrisiko vermuten, die Beziehungen ließen sich jedoch nur ausnahmsweise statistisch absichern. In diesem Bericht sollen nun neuere Publikationen (bis Sommer 2006) ausgewertet werden, um die Auswirkungen der neuen Generation von WKA auf Vögel und Fledermäuse besser beurteilen zu können. Ein besonderes Schwerkraft wird dabei auf die Frage gelegt, inwieweit durch Repowering eine Veränderung der Gefährdung von Vögeln und Fledermäusen durch WKA zu erwarten ist. Als potentielle Auswirkungen von WKA wurden Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen und die Verdrängung von Vögeln untersucht. Zu Verdrängungen von Fledermäusen und anderen Säugetieren durch WKA gibt es unseres Wissens keine wesentlichen neuen Erkenntnisse (Bach & Rahmel, 2004), so dass dieser Bereich nicht weiter behandelt wurde.

## 2 Material und Methode

Die Methoden der Auswertung orientieren sich am NABU-BfN-Bericht, so dass das dort gesammelte Datenmaterial in die Auswertungen einbezogen werden konnte. Es wurden ca. 60 neue Literaturstellen ausgewertet, denen 45 verschiedene Untersuchungen zugrunde lagen. Datenaufnahmen an ein- und demselben Windpark, auch wenn sie in verschiedenen Jahren und von verschiedenen Personen durchgeführt worden waren, wurden als eine Untersuchung gewertet. Dies diente dazu, die Unabhängigkeit der Daten zu gewährleisten und zu vermeiden, dass dieselbe Untersuchung mehrfach gewertet wurde.

Folgende Quellen waren im NABU-BfN-Bericht genutzt worden:

Ahlén, 2002; Albouy et al., 1997; Albouy et al., 2001; Anderson et al., 2000; Bach et al., 1999; Bach, 2001; Bach, 2002; Barrios & Rodriguez, 2004; Bergen, 2001a; Bergen, 2001b; Bergen, 2002a; Bergen, 2002b; Bergh et al., 2002; Boone, 2003; Böttger et al., 1990; Brauneis, 1999; Brauneis, 2000; Clemens & Lammen, 1995; De Lucas et al., 2004; Dulas Engineering Ltd, 1995; EAS, 1997; Erickson et al., 2003; Everaert, 2003; Everaert et al., 2002; Förster, 2003; Gerjets, 1999; Gharadjedaghi & Ehrlinger, 2001; Guillemette & Larsen, 2002; Guillemette et al., 1999; Hall & Richards, 1962; Hormann, 2000; Hydro Tasmania; Isselbacher & Isselbacher, 2001; Janss, 2000; Johnson, 2002; Johnson et al., 2003; Johnson et al., 2000; Kaatz, 2000; Kaatz, 2002; Kerlinger, 2000; Ketzenberg et al., 2002; Koop, 1997; Koop, 1999; Korn & Scherner, 2000; Kowallik & Borbach-Jaene, 2001; Kruckenberg & Borbach-Jaene, 2001; Kruckenberg & Jaene, 1999; Leddy et al., 1999; Lekuona, 2001; Meek et al., 1993; Menzel, 2002; Menzel & Pohlmeier, 1999; Musters et al., 1996; Orloff & Flannery, 1996; Osborn et al., 1996; Pedersen & Poulsen, 1991; Percival, 2000; Phillips, 1994; Reichenbach, 2002; Reichenbach, 2003a; Reichenbach & Schadek, 2003; Reichenbach & Sinning, 2003; Sachslehner & Kollar, 1997; Scherner, 1999; Schmidt et al., 2003; Schreiber, 1992; Schreiber, 1993a; Schreiber, 1993b; Schreiber, 1999; Schreiber, 2002; SEO, 1995; SGS Environment, 1994; Sinning, 1999; Sinning & Gerjets, 1999; Smallwood & Thelander, 2004; Sommerhage, 1997; Steiof et al., 2002; Still et al., 1996; Strickland et al., 2001; Stübing & Bohle, 2001; Thelander & Rugge, 2000; Thelander et al., 2003; Trapp et al., 2002; van der Winden et al., 1999; Vierhaus, 2000; Walter & Brux, 1999; Winkelman, 1989; Winkelman, 1992a; Winkelman, 1992b; Young et al., 2003a; Young et al., 2003b.

Folgende Quellen kamen für diesen Bericht hinzu:

Behr & Helversen, 2005; Brandt et al., 2005a; Brinkmann & Schauer-Weisshahn, 2006; Everaert & Stienen, 2006; Grünkorn et al., 2005; Handke et al., 2004a, b, c, d; Kerns et al., 2005; Koford et al., 2003; Lucas et al., 2005; Petersen et al., 2003; Reichenbach & Steinborn, 2006; Sinning, 2004a, b, c; Sinning & Bruyn, 2004; Sinning et al., 2004; Traxler et al., 2004.

Da vor allem für Deutschland Aussagen zur Windkraft getroffen werden sollten, lag hier wie zuvor der Schwerpunkt der Recherchen. Die Verteilung der Studien über die Länder (Tab. 1) reflektiert aber auch nach wie vor den Umfang der Forschungsaktivitäten in den einzelnen Ländern.

Land	Zahl der Studien
Belgien	8
Deutschland	107
Dänemark	3
Frankreich	2
Großbritannien	6
Niederlande	5
Österreich	5
Spanien	11
USA	31
Australien	2

**Tabelle 1.** Länder der 180 Studien, die in diesem Bericht ausgewertet wurden.

Auch die meisten neuen Studien bezogen sich jeweils auf mehrere Vogel- bzw. Fledermausarten. Oft wurden für jede Art mehrere Parameter (z. B. Minimalabstand zur WKA und Rastbestandsveränderung nach Errichtung des Windparks, weitere Einzelheiten siehe unten) untersucht. Eine Aufteilung nach Arten und Parameter führte zu einer neuen Datenmatrix mit insgesamt 207 Datensätzen. Zusammen mit den 1.789 Datensätzen aus Hötter et al. (2005) stand also ein Material von 1.996 Datensätzen zur Verfügung.

Die neuen Daten entstammen überwiegend quantitativen Analysen, bei nur wenigen Datensätzen handelt es sich um „Einzelbeobachtungen“. Viele dieser „Einzelbeobachtungen“ hatten ihren Ursprung in systematischen Untersuchungen, in deren Rahmen allerdings bestimmte Vogelarten nur selten beobachtet wurden.

Trotz der Aufnahme neuer Studien reichte das Datenmaterial für eine formelle Meta-Analyse (Fernandez-Duque & Valeggia, 1994) nach wie vor nicht aus. Deshalb wurden wie im NABU-BfN-Bericht alle vorhandenen Ergebnisse in die Betrachtungen einbezogen. Es wurde nicht unterschieden, ob sie aufgrund umfangreicher Untersuchungen zustande gekommen waren, oder ob ihnen nur wenige Gelegenheitsbeobachtungen zugrunde lagen. Die Verwendung aller verfügbaren Untersuchungen besitzt den Nachteil, dass bei statistischen Verfahren Gelegenheitsbeobachtungen genauso bewertet werden wie umfangreiche Untersuchungen. Nicht ausgeschlossen werden kann, dass „extreme“ Beobachtungen häufiger publiziert worden sind als weniger spektakuläre Begebenheiten. Begleitumstände, die für die Interpretation der Daten im Einzelfall wichtig sein könnten, wurden ebenfalls nicht in vollem Umfang berücksichtigt. Der Vorteil des Verfahrens besteht aber darin, dass die Zahl der verwendbaren Studien groß ist und die Ergebnisse deshalb nicht so sehr von den Daten einzelner, vielleicht nicht typischer, aber gut untersuchter Fälle abhängen. Die Unabhängigkeit der Daten ist ebenfalls gewährleistet. Bei einer großen Zahl von Untersuchungen erhöht sich auch die Chance, dass sich Störfaktoren „herausmitteln“.

Die statistischen Tests in diesem Bericht verwendeten, wenn nicht anders erwähnt, die Nullhypothese, dass die WKA keinen Einfluss auf den betrachteten Parameter hatte (z. B. Bestandsgröße vor und nach der Errichtung der WKA). Die Alternativhypothese war, dass die WKA einen Einfluss hatten. Um den Test durchzuführen, wurde ermittelt, in wie vielen Untersuchungen sich negative Effekte der Windkraft ergeben hatten (z.B. Bestandsrückgänge). Wie bereits erwähnt, wurde

dabei nicht berücksichtigt, wie stark diese waren oder ob sie statistisch signifikant waren. Genauso wurde ermittelt, wie viele Untersuchungen positive Effekte (z. B. Bestandszunahmen) als Ergebnis hatten. Neutrale Ergebnisse (z. B. gleichbleibende Bestände) wurden als positive Ergebnisse gewertet. Damit sollte einerseits verhindert werden, die Nutzung der Windkraft fälschlicherweise mit negativen Effekte in Zusammenhang zu bringen. Andererseits sollen die statistischen Nachweise negativer Effekte aussagekräftiger und sicherer gemacht werden und nicht durch neutrale Ergebnisse „verwässert“ werden. Für den Fall, dass sich die Windkraft nicht auf Vogelbestände auswirkt, wäre ein annähernd ausgeglichenes Verhältnis von positiven und negativen Effekten zu erwarten. Unterscheidet sich die Häufigkeit von positiven und negativen Effekten stark, ist von einer Wirkung der Windkraft auszugehen. Der in diesen Fällen zu verwendende statistische Test war der Vorzeichentest bzw. der Binomialtest. Da durch dieses Verfahren ein Teil der vorhandenen Information nicht genutzt wird (z. B. die Stärke der Effekte), ist es sehr konservativ, das heißt, dass es Unterschiede und Tendenzen nur dann aufdeckt und als signifikant ausweist, wenn diese sehr deutlich sind. Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des Programms SPSS 7.5 durchgeführt.

Da sich die einzelnen Vogel- und Fledermausarten hinsichtlich ihrer Biologie und Lebensraumsansprüche sehr stark voneinander unterscheiden, wurden die Auswertungen - falls möglich - nach Arten getrennt vorgenommen. Nur in bestimmten Fällen erlaubte die Datenlage keine solche Differenzierung, und es mussten Artengruppen gebildet werden.

Es war à priori davon auszugehen, dass Tiere, die sich vergleichsweise ortsfest an einem Brutort aufhalten, anders auf WKA reagieren als Tiere, die mit geringer Ortsbindung und wenigen örtlichen Erfahrungen ein Gebiet außerhalb ihrer Reproduktionszeit durchstreifen. Es wurde deshalb unterschieden, ob eine Untersuchung in der Brutzeit (Definition jeweils nach betrachteter Art) oder außerhalb derselben stattgefunden hatte. Da in den meisten zugrundeliegenden Untersuchungen nicht unterschieden wurde, welche Aktivitäten die untersuchten Tiere gerade ausübten (Nahrungssuche, Rast, Aufenthalt auf einem Schlafplatz), konnte dieser Faktor auch in diesem Bericht nicht berücksichtigt werden.

### **3 Untersuchte Windkraftanlagen**

Eine wesentliche Aufgabe dieses Berichts war es, die Auswirkungen der neuen Generation größer WKA auf Vögel und Fledermäuse abzuschätzen, nachdem die meisten der in Hötter et al. 2005 verwendeten Daten an kleineren WKA gewonnen wurden. Es sollen deshalb zunächst die diesem Bericht zugrundeliegenden WKA kurz dargestellt werden. Dabei sollen auch verschiedene Charakteristika der WKA zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Anlagen deckten fast das gesamte Spektrum der von Beginn der kommerziellen Windkraftnutzung bis etwa Mitte 2006 eingesetzten WKA ab. Die Leistungen der Anlagen reichten von unter 0,1 MW bis zu 2,0 MW. Entsprechend große Bandbreiten fanden sich auch in der Nabenhöhe (22 m bis 114 m), im Rotordurchmesser (14 m bis 80 m) und entsprechend in der



Gesamthöhe (30 m bis 146 m). Wie zu erwarten, waren die Parameter Leistung, Nabenhöhe, Rotordurchmesser und Gesamthöhe eng miteinander korreliert (Abb. 1-3). Die Zusammenhänge zwischen der Leistung der Windkraftanlagen und den übrigen Parametern lassen sich durch folgende Gleichungen beschreiben, wobei die Wahl der Regressionsgleichung (Geradengleichung oder Potenzfunktion) so erfolgte, dass der Bestimmtheitsmaß  $R^2$  maximiert wurde ( $n=741$ ):

$$\text{Nabenhöhe (m)} = 28,98 \times \text{Leistung (MW)} + 30,29$$

$$R^2 = 0,67 \text{ (} p < 0,001 \text{)}$$

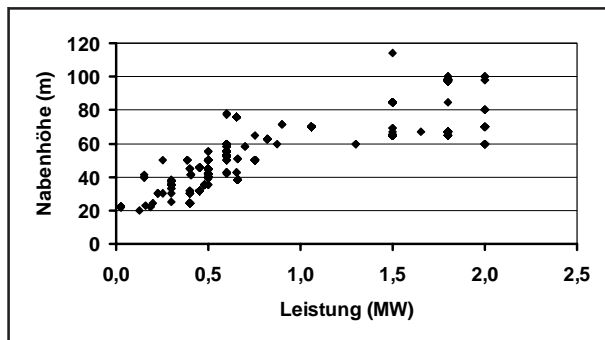
$$\text{Gesamthöhe (m)} = 87,01 \times \text{Leistung (MW)}^{0,382}$$

$$R^2 = 0,73 \text{ (} p < 0,001 \text{)}$$

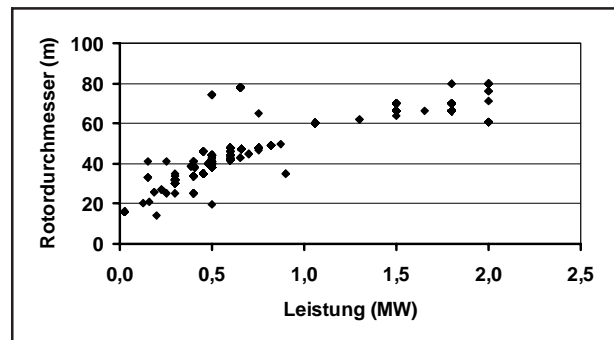
$$\text{Rotordurchmesser (m)} = 54,75 \times \text{Leistung (MW)}^{0,382}$$

$$R^2 = 0,79 \text{ (} p < 0,001 \text{)}$$

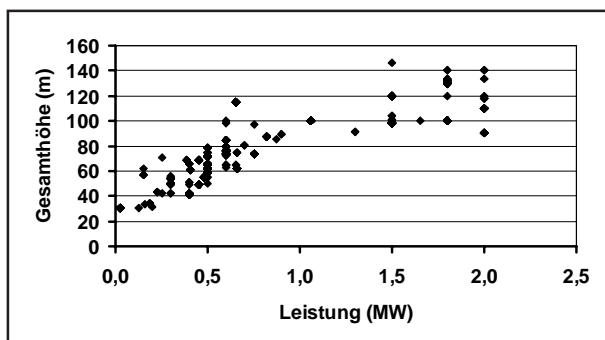
In diese Gleichungen und auch die Abb. 1-3 gingen alle vorhandenen Datenpunkte ein. Einzelne Windkraftanlagen waren also auch mehrfach vertreten, wenn von ihnen mehrere Daten vorlagen. Dies Verfahren wurde gewählt, weil es in erster Linie darum ging, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern innerhalb des Datenmaterials zu klären und nicht darum, die technische Entwicklung der Windkraftnutzung zu beschreiben.



**Abbildung 1.** Zusammenhang zwischen der Leistung der Windkraftanlagen und der Nabenhöhe.



**Abbildung 2.** Zusammenhang zwischen der Leistung der Windkraftanlagen und dem Rotordurchmesser.



**Abbildung 3.** Zusammenhang zwischen der Leistung und der Gesamthöhe der Windkraftanlagen.

Die Zunahme der Leistung der WKA war nur zu Beginn der technischen Entwicklung mit einer starken, linearen Zunahme der Größen der WKA verbunden. Ab einer Leistungsfähigkeit von etwa 1 MW veränderte sich die Größe der WKA mit zunehmender Leistungsfähigkeit nur noch geringfügig.

Im Rahmen dieses Berichts wurde davon ausgegangen, dass die Gesamtgröße einer Anlage der Parameter ist, der am ehesten über die Störwirkung einer WKA entscheidet. Deshalb wurde in erster Linie die Gesamthöhe der Anlagen zur Auswertung herangezogen

## **4 Auswirkung der Windkraft auf Vögel**

### **4.1 Non-lethale Wirkungen von Windkraftanlagen auf Vögel (Störungen, Verdrängung, Habitatverlust)**

#### **4.1.1 Bestandsveränderungen durch Windkraftanlagen**

Die Frage, ob sich Auswirkungen von WKA auf die Bestände von Vögeln nachweisen lassen, konnte anhand eines gegenüber dem NABU-BfN-Bericht erweiterten Datenmaterials behandelt werden. Dabei wurden nur die am Boden oder in der Vegetation rastenden, nahrungssuchenden oder brütenden Vögel berücksichtigt. Da trotz insgesamt verbesserter Datenlage nur relativ wenige Windkraftstudien einen Vorher-Nachher-Vergleich zuließen, wurden auch die Untersuchungen herangezogen, die die Vogelbestände auf einem im Betrieb befindlichen Windpark mit den Beständen gleichartiger Flächen in der näheren Umgebung vergleichen. Da, wie bereits oben erwähnt, die Untersuchungen sehr unterschiedlich waren, wurde für die Auswertung lediglich berücksichtigt, ob die WKA einen positiven oder negativen Effekt ausübten. Als negative Effekte wurden gewertet: Bestandsrückgänge nach dem Bau der WKA, verminderte Bestände im Windpark oder dessen unmittelbarer Umgebung (ca. 200 m) im Vergleich zu Kontrollflächen. Als positive Effekte wurden dementsprechend Bestandszunahmen nach dem Bau der WKA bzw. erhöhte Bestände im Bereich der WKA gewertet. Wie stark der Effekt war und wie gut er belegt war, wurde nicht berücksichtigt. Waren keine Bestandsunterschiede erkennbar, wurde der Effekt als „positiv“ gewertet. Es sollte so verhindert werden, fälschlicherweise negative Effekte aufzuzeigen (s. o.).

Wenn keine Auswirkung der Windkraft vorhanden wäre, wäre ein ausgeglichenes Verhältnis von positiven und negativen Effekten zu erwarten. Ob diese Erwartung auch im statistischen Sinn erfüllt wurde, wurde mit Vorzeichentests, deren Nullhypothese die Gleichverteilung der Daten war, überprüft (Tab. 2).

Es lagen für 52 Arten bzw. Artengruppen ausreichend viele (mindestens sechs) Untersuchungen für statistische Tests vor. Zur Brutzeit konnte für keine einzelne Vogelart eine negative Auswirkung von WKA auf die Bestände nachgewiesen werden. Lediglich Wachteln, Rotschenkel und Kiebitze zeigten in der überwiegenden Zahl der Fälle geringere Bestände in Zusammenhang mit WKA. Für das zusammengefasste Material aller untersuchter Watvogelarten zeigte sich ein statistisch signifikantes Überwiegen negativer Reaktion auf WKA. Bei den übrigen Arten überwogen positive bzw. neutrale Effekte. Zwei im Schilf brütende Vogelarten (Schilfrohrsänger und Rohrammer) und das Schwarzkehlchen zeigten sogar signifikant häufiger positive bzw. neutrale Reaktionen gegenüber WKA als negati-



**Tabelle 2.** Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Vogelbestände, Anzahlen positiver und negativer Effekte (Details siehe Text). Auswertung von Literaturstellen. Letzte Spalte: Ergebnisse von Vorzeichentests, ns: nicht signifikant. Grau hinterlegte Zeilen: negative Effekte überwiegen.

Brutsaison		positive Auswirkung	negative Auswirkung	Signifikanz
Aaskrähe	Corvus corone	6	2	ns
alle Watvögel		30	53	0,016
Amsel	Turdus merula	6	4	ns
Austernfischer	Haematopus ostralegus	6	8	ns
Bachstelze	Motacilla alba	4	4	ns
Blaumeise	Parus caeruleus	4	3	ns
Braunkehlchen	Saxicola rubetra	2	7	ns
Buchfink	Fringilla coelebs	2	4	ns
Dorngrasmücke	Sylvia communis	8	5	ns
Feldlerche	Alauda arvensis	18	16	ns
Fitis	Phylloscopus trochilus	4	2	ns
Goldammer	Emberiza citrinella	4	6	ns
Hänfling	Carduelis cannabina	3	6	ns
Kiebitz	Vanellus vanellus	12	23	ns
Mäusebussard	Buteo buteo	3	3	ns
Rebhuhn	Perdix perdix	5	5	ns
Rohrammer	Emberiza schoeniclus	11	2	0,022
Rotschenkel	Tringa totanus	2	9	ns
Schafstelze	Motacilla flava	8	3	ns
Schilfrohrsänger	Acrocephalus schoenobaenus	10	0	0,002
Schwarzkehlchen	Saxicola torquata	8	1	0,039
Stockente	Anas platyrhynchos	7	6	ns
Sumpfrohrsänger	Acrocephalus palustris	7	4	ns
Teichrohrsänger	Acrocephalus scirpaceus	7	1	ns
Uferschnepfe	Limosa limosa	5	7	ns
Wachtel	Coturnix coturnix	1	6	ns
Wiesenpieper	Anthus pratensis	16	8	ns
Zaunkönig	Troglodytes troglodytes	6	1	ns
Zilpzalp	Phylloscopus collybita	4	2	ns
<b>außerhalb der Brutzeit</b>				
Aaskrähe	Corvus corone	13	8	ns
Austernfischer	Haematopus ostralegus	4	3	ns
Bekassine	Gallinago gallinago	0	6	0,05
Feldlerche	Alauda arvensis	5	2	ns
Gänse		2	12	0,013
Goldregenpfeifer	Pluvialis apricaria	8	23	0,012
Graureiher	Ardea cinerea	5	1	ns
Großer Brachvogel	Numenius arquata	13	19	ns
Gründelenten außer Pfeifente		3	15	0,008
Kiebitz	Vanellus vanellus	13	30	0,015
Lachmöwe	Larus ridibundus	15	5	0,041
Mäusebussard	Buteo buteo	13	12	ns
Pfeifente	Anas penelope	0	9	0,004
Reiherente	Aythya fuligula	2	6	ns
Ringeltaube	Columba palumbus	2	7	ns
Rotmilan	Milvus milvus	3	4	ns
Schwäne		2	6	ns
Silbermöwe	Larus argentatus	2	5	ns
Star	Sturnus vulgaris	17	6	0,035
Stockente	Anas platyrhynchos	3	8	ns
Sturmmöwe	Larus canus	3	6	ns
Tauchenten		2	12	0,013
Turmfalke	Falco tinnunculus	15	7	ns
Wachholderdrossel	Turdus pilaris	1	6	ns

ve. Der Grund hierfür dürfte sein, dass durch den Bau der Anlagen und der Versorgungswege Strukturen wie mit Schilf bewachsene Gräben oder Hochstaudenfluren entstanden sind, die zuvor in der einförmigen Acker- oder Wiesenlandschaft an der Stelle nicht vorhanden waren. Eine unmittelbare Anziehungskraft der WKA auf die genannten Arten ist unwahrscheinlich.

Für die Untersuchungen außerhalb der Brutzeit ergab sich ein deutlich anderes Bild. Die negativen Auswirkungen der WKA dominierten. Für Pfeifenten, Kiebitze, Bekassinen und Goldregenpfeifer ergaben sich jeweils statistisch gesichert mehr negative als positive Effekte. Das Gleiche gilt für die Gruppen von Schwimmvögeln, die nach ihrer Lebensweise und nach ihrer systematischen Stellung zusammengefasst wurden: Gänse (Bless-, Saat-, Grau-, Ringel- und Nonnengänse), Schwimmenten (außer Pfeifenten: Spieß-, Löffel-, Stock- und Schnatterenten), Tauchenten (Tafel-, Reiher-, Berg- und Schellenten). Ausnahmen waren Stare und Lachmöwen, für die jeweils signifikant mehr positive (bzw. neutrale) Effekte gezählt werden konnten.

Insgesamt bestätigt sich damit im wesentlichen das auch schon zuvor bekannte Bild mit eher geringen Auswirkungen von WKA auf Brutvögel und deutlicheren Auswirkungen auf Gastvögel (Horch & Keller, 2005; Langston & Pullan, 2003; Reichenbach, 2003b). Für Watvögel muss allerdings im Gegensatz zu bisherigen Annahmen von lokalen Bestandsgefährdungen der Brutvögel durch Windkraftanlagen ausgegangen werden.

#### **4.1.2 Mindestabstände von Vogelvorkommen zu Windkraftanlagen**

Eine wesentliche Fragestellung dieses Berichts bezieht sich auf die Auswirkungen besonders großer, neuer WKA auf Vögel. Es scheint möglich zu sein, dass die Störwirkung solcher Anlagen erheblich größer ist als die der bisher untersuchten relativ kleinen WKA. Zur Auswertung standen insgesamt 730 Datensätze zur Verfügung, in denen Angaben zum Mindestabstand von Vögeln zu WKA enthalten waren. Für 29 Arten bzw. Artengruppen lagen mindestens jeweils mindestens vier Daten (genügend, um eine signifikante Korrelation nachweisen zu können) aus der Brutzeit vor. Für die Zeit außerhalb der Brutzeit war dies für 26 Arten bzw. Artengruppen der Fall. Die Daten sind in Tab. 3 zusammengefasst. Zusätzlich konnte durch Regressionsrechnungen abgeschätzt werden, inwieweit die Anlagenhöhen einen Einfluss auf die Störradien ausübten. Als Modelle wurden dazu Potenzfunktionen verwendet. Die zugrundeliegenden Untersuchungen sind zum Teil dieselben, die im Kapitel zuvor für die Analyse der Auswirkungen der WKA auf die Bestände verwendet wurden.

Die Daten wiesen eine sehr große Streuung auf. Dies zeigte sich sowohl beim Vergleich zwischen den Arten als auch innerhalb der einzelnen Arten. So waren die Standardabweichungen (als Maß der Streuung) in Tab. 3 teilweise sehr hoch. Die Gründe hierfür liegen darin, dass auch Gelegenheitsbeobachtungen verwendet wurden, die naturgemäß eine hohe Streuung aufweisen, und darin, dass es große Unterschiede zwischen den einzelnen Windparks gab.

Trotz der großen Streuung lassen sich einige der bereits bekannten Tendenzen klar bestätigen. Während der Brutzeit waren geringere Meidungsabstände zu

**Tabelle 3.** Minimalabstände verschiedener Vogelarten zu Windkraftanlagen. Auswertung verschiedener Studien. SD: Standardabweichung. Mit den Potenzgleichungen (Minimalabstand = Koeffizient x Anlagenhöhe<sup>Exponent</sup>) wird der Zusammenhang zwischen der Gesamthöhe der WKA und den Minimalabständen angegeben. Grau unterlegt sind die Fälle, in denen sich der Abstand mit der Höhe der WKA erhöht. F: Werte von Varianzanalysen zur Überprüfung des Regressionskoeffizienten.

Brutzeit									
	Art	n	Median	Mittelwert	SD	Koeffizient	Exponent	p	F
Amsel	Turdus merula	5	100	82	76	108812	-0,2290	ns	
Austernfischer	Haematopus ostralegus	9	50	81	106	638,605	-0,7214	ns	
Bachstelze	Motacilla alba	5	50	72	51	5324,82	-1,0720	ns	
Blaukehlchen	Luscinia svecica	8	25	63	92	0,0004	2,5573	ns	
Brachvogel	Numenius arquata	4	125	163	144	83000000	-3,3837	ns	
Braunkehlchen	Saxicola rubetra	5	125	155	60	125,073	0,0378	ns	
Dorngrasmücke	Sylvia communis	12	70	75	57	852,679	-0,6752	ns	
Feldlerche	Alauda arvensis	26	105	120	116	3814,46	-0,9397	ns	
Finken		12	125	104	64	1659,37	-0,7498	ns	
Fitis	Phylloscopus trochilus	5	50	42	40	59,5263	-0,0269	ns	
Gartengrasmücke	Sylvia borin	4	55	72	83	2179,7	-1,0076	ns	
Gelbspötter	Hippolais icterina	4	30	40	45	372,29	-0,6644	ns	
Goldammer	Emberiza citrinella	6	85	89	58	149062	-1,6940	ns	
Graumammer	Miliaria calandra	4	88	94	88	1773392	-2,3029	ns	
Hänfling	Carduelis cannabina	6	138	138	27	90,2427	0,0968	ns	
Kiebitz	Vanellus vanellus	21	125	134	119	0,3942	1,1575	ns	
Rebhuhn	Perdix perdix	4	100	125	96	9634801	-2,5701	ns	
Rohrhammer	Emberiza schoeniclus	16	50	86	139	2614,95	-1,0739	ns	
Rotschenkel	Tringa totanus	6	188	183	111	1186,16	-0,4883	ns	
Schafstelze	Motacilla flava	11	50	111	141	501,227	-0,5251	ns	
Schilfrohrsänger	Acrocephalus schoenobaenus	10	25	45	76	0,4507	0,9194	ns	
Schwarzkehlchen	Saxicola torquata	5	50	104	150	50852,4	-1,5484	ns	
Star	Sturnus vulgaris	4	75	71	62	4571,61	-1,0901	ns	
Stockente	Anas platyrhynchos	10	113	133	123	29,6433	0,2527	ns	
Sumpfrohrsänger	Acrocephalus palustris	13	50	67	64	0,0032	2,1691	ns	
Teichrohrsänger	Acrocephalus scirpaceus	13	50	62	69	4288,03	-1,1862	ns	
Uferschnepfe	Limosa limosa	7	250	369	315	7826198	-2,3505	ns	
Wiesenpieper	Anthus pratensis	13	50	82	100	1111,88	-0,7998	ns	
Zaunkönig	Troglodytes troglodytes	5	50	90	96	0,0053	2,1329	ns	
Zilpzalp	Phylloscopus collybita	5	50	42	40	59,5263	-0,0269	ns	
außerhalb der Brutzeit									
Aaskräh	Corvus corone	17	0	77	139	5E-09	5,0093	0,033	5,66
Austernfischer	Haematopus ostralegus	6	15	55	81	3293811	-2,8716	ns	
Bekassine	Gallinago gallinago	6	325	394	199	911,611	-0,2126	ns	
Blessralle	Fulica atra	4	138	136	99	1424,8	-0,6019	ns	
Brachvogel	Numenius arquata	25	200	222	178	236,007	-0,1474	ns	
Feldlerche	Alauda arvensis	6	0	38	59	0,0021	1,9466	ns	
Finken		14	45	58	59	1,6E-08	4,9391	<0,001	214,39
Gänse		15	300	347	230	0,577	1,4018	ns	
Goldregenpfeifer	Pluvialis apricaria	24	150	202	190	0,004	3,0760	<0,001	21,14
Graureiher	Ardea cinerea	7	60	120	170	3739,06	-1,0940	ns	
Kiebitz	Vanellus vanellus	36	175	273	390	0,000055	3,4002	<0,001	30,66
Lachmöwe	Larus ridibundus	16	0	91	205	0,0114	1,7282	ns	
Mäusebussard	Buteo buteo	17	100	76	93	0,6489	0,9307	ns	
Möwen		32	25	120	208	0,3189	1,0722	ns	
Pfeifente	Anas penelope	9	300	311	163	661,776	-0,2093	ns	
Ringeltaube	Columba palumbus	6	100	175	178	4,9E-08	4,7582	ns	
Schwäne		8	125	150	139	5,4086	0,6210	ns	
Silbermöwe	Larus argentatus	5	200	285	323	41,4305	0,2309	ns	
Star	Sturnus vulgaris	18	0	38	58	0,000033	2,9925	0,036	5,4
Stockente	Anas platyrhynchos	9	200	161	139	1987,79	-0,8288	ns	
Sturmmöwe	Larus canus	7	100	118	139	2,1054	0,7213	ns	
Tauchenten		12	213	219	122	111,351	0,0673	ns	
Turmfalke	Falco tinnunculus	16	0	36	53	2,2685	0,4728	ns	

erkennen als außerhalb der Brutzeit. Lediglich einige Watvogelarten mieden offensichtlich zu allen Zeiten die Nähe von Windkraftanlagen.

Außerhalb der Brutzeit wurden generell höhere Mindestabstände zu WKA festgestellt. Vögel der offenen Landschaft, also Gänse, Enten und Watvögel hielten erwartungsgemäß im Allgemeinen Abstände von mehreren Hundert Metern zu WKA ein. Für fast alle diese Arten und Artengruppen gab es jedoch einzelne Beobachtungen, dass unter bestimmten Umständen Vögel sich auch sehr dicht bei WKA aufhielten. Diese Beobachtungen waren jedoch Ausnahmen und können nicht als Beleg für eine generelle Störungsunempfindlichkeit der betroffenen Arten gewertet werden. Graureiher, Greifvögel, Austernfischer, Möwen, Stare und Krähen konnten hingegen oft dicht an WKA oder sogar innerhalb von Windparks beobachtet werden. Dies führte zum Teil zu höheren Kollisionsraten (siehe Kap. 4.2.1 und Anhang). Für die empfindlichen Arten lässt sich aus Tab. 3 für die Planung ein Mindestabstand von 400m bis 500m von WKA zu Rastplätzen ableiten. Bei höheren Abständen dürfte es nur noch ausnahmsweise zu Beeinträchtigungen kommen. Die Ergebnisse decken sich damit weitgehend mit den Resultaten der umfangreicheren Einzelstudien zum Thema (Kruckenberg & Jaene, 1999; Reichenbach, 2003b; Schreiber, 1993a; Schreiber, 1999).

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass nach wie vor viele potentiell empfindliche Arten nicht oder kaum untersucht sind. Dies gilt besonders auch für Arten, die in der öffentlichen Diskussion stehen (Störche, Greifvögel, Kranich, Wachtelkönig). Die Liste der gegenüber WKA störepfindlichen Arten ist also keinesfalls abgeschlossen.

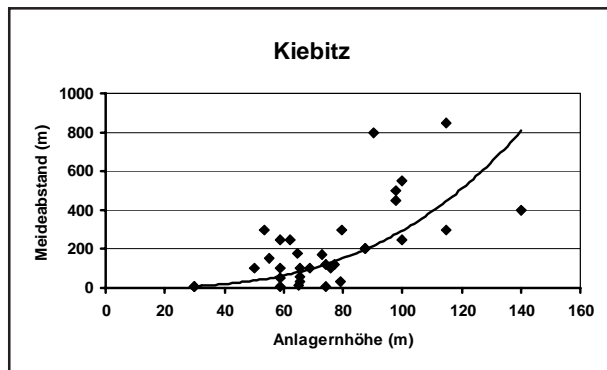
Wie bereits oben erwähnt, unterschieden sich die Windparks deutlich hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Vogelbestände. Es liegt nahe, dass die Größe der WKA für wenigstens einen Teil dieser Unterschiede verantwortlich war. Die Frage, wie sich die Größe von WKA auf die Mindestabstände auswirken, die Vögel zu ihnen einhalten, war auch im Hinblick auf das Repowering sehr relevant.

Für die Vogelarten, für die Abstandsbeobachtungen an wenigsten vier verschiedenen Windparks vorlagen (Minimalzahl für die Möglichkeit, ein statistisch signifikantes Ergebnis zu erlangen), wurden die Beziehungen zwischen der Anlagenhöhe und den Minimalabständen berechnet und in Tab. 3 dokumentiert. Im Vergleich zum NABU-BfN-Bericht konnten erstmals auch in stärkerem Umfang größere WKA berücksichtigt werden.

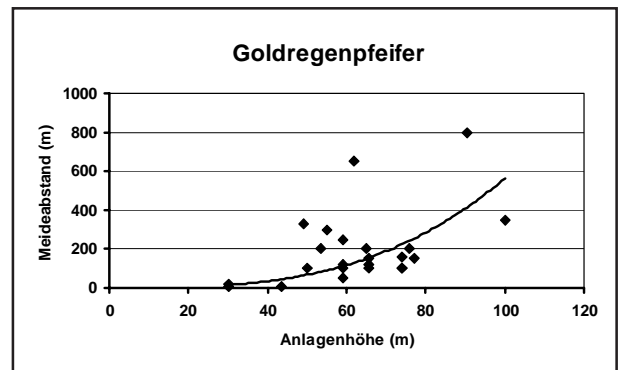
Auch wenn sich die übrigen in Tab. 3 dargestellten Ergebnisse in den meisten Fällen nicht statistisch sichern lassen, bestätigte die hier vorgelegte Analyse insgesamt die bereits zuvor bekannten Befunde. Brutvögel ließen sich offensichtlich von größeren Anlagen weniger stark stören als von kleineren. 21 von 29 untersuchten Arten zeigten die Tendenz, sich näher an größeren als an kleineren Anlagen anzusiedeln. Dies galt auch für die sonst eher als empfindlich eingestuften Watvogelarten Uferschnepfe, Großer Brachvogel und Rotschenkel.

Für Vögel außerhalb der Brutzeit ließ sich für 16 von 23 Fällen eine Zunahme des Meidungsabstandes mit der Größe der WKA feststellen. Für Kiebitze, Goldregenpfeifer, Aaskrähen, Stare und Finken waren die Ergebnisse statistisch signifikant

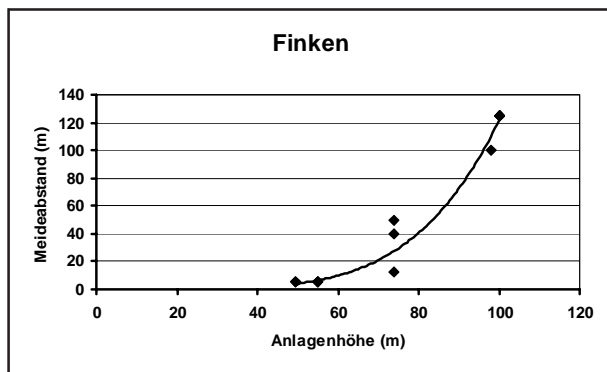
(Abb. 4 - 8). In immerhin 7 Fällen zeigte sich ein negativer Zusammenhang, d. h. größere WKA wurden als weniger störend empfunden. Dies gilt besonders auch für einige Arten bzw. Artengruppen, die als eher störungsempfindlich einzustufen sind wie Pfeifenten, Bekassinen und Große Brachvögel.



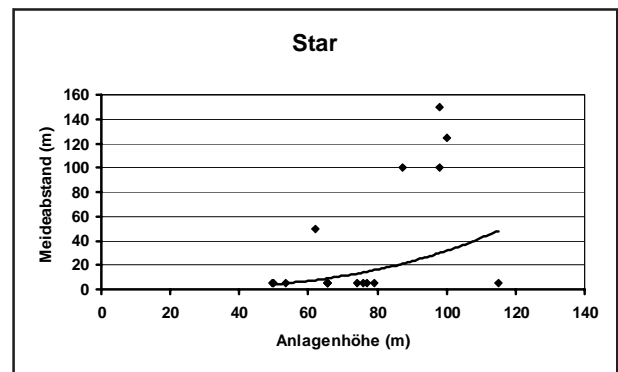
**Abbildung 4.** Zusammenhang von Minimalabständen, die Kiebitze außerhalb der Brutzeit zu WKA einhalten und der Gesamthöhe der WKA.



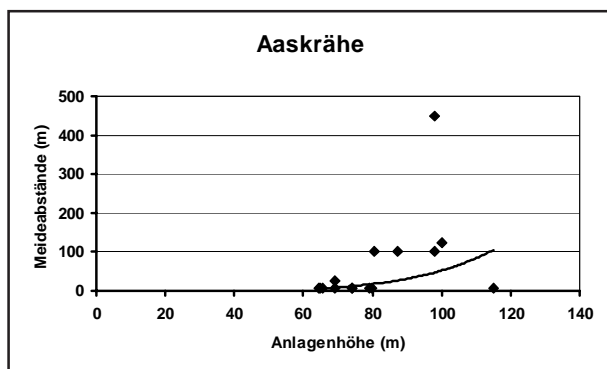
**Abbildung 5.** Zusammenhang von Minimalabständen, die Goldregenpfeifer außerhalb der Brutzeit zu WKA einhalten und der Gesamthöhe der WKA.



**Abbildung 6.** Zusammenhang von Minimalabständen, die Finken außerhalb der Brutzeit zu WKA einhalten und der Gesamthöhe der WKA.



**Abbildung 7.** Zusammenhang von Minimalabständen, die Stare außerhalb der Brutzeit zu WKA einhalten und der Gesamthöhe der WKA.



**Abbildung 8.** Zusammenhang von Minimalabständen, die Aaskröhe außerhalb der Brutzeit zu WKA einhalten und der Gesamthöhe der WKA.

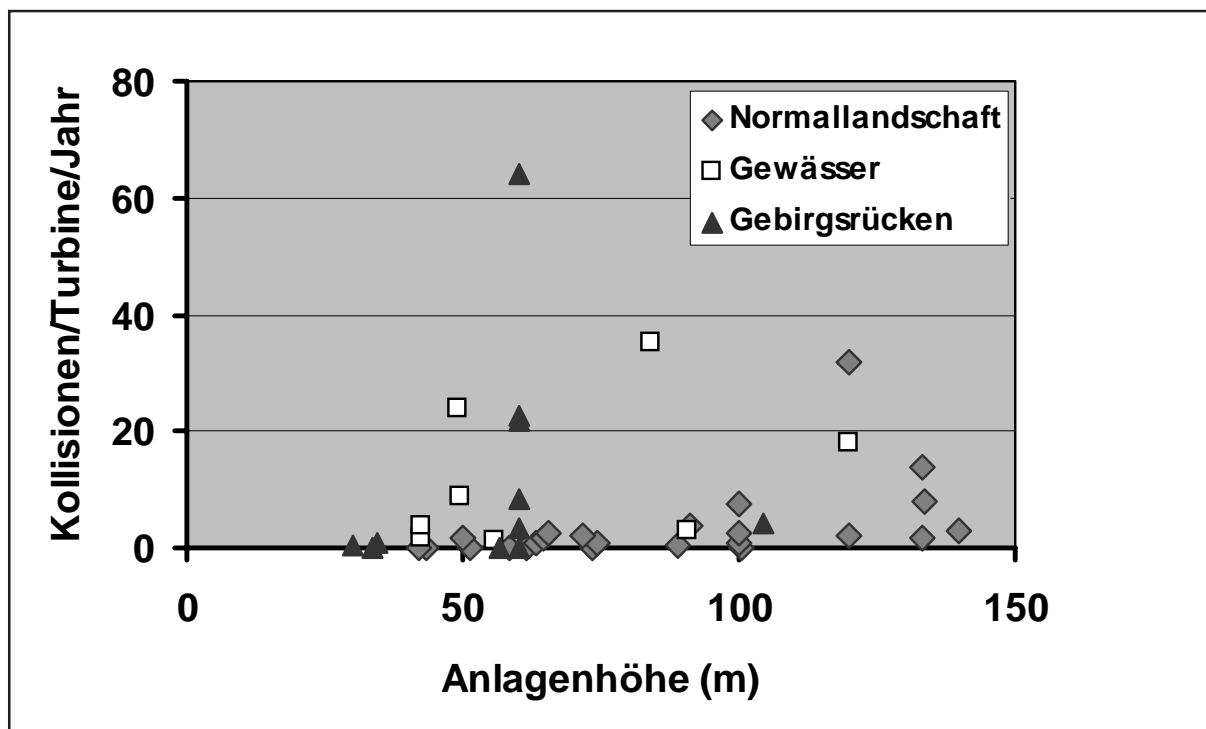
## 4.2 Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen mit Windkraftanlagen

### 4.2.1 Kollisionen von Vögeln mit Windkraftanlagen

Zu den im Bericht 2005 verwendeten, zu einem großen Teil aus den USA stammenden Untersuchungen, konnten einige Daten aus Europa hinzugefügt werden, die insbesondere auch an relativ großen neueren WKA gewonnen werden konnten. Wiederum wurden lediglich solche Daten berücksichtigt, die durch regelmäßige Kontrollen und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Opfer durch Aasfresser verschwinden können erhoben wurden (Anderson et al., 1999; Morrison, 2002). Im Fall von Grünkorn et al. (2005) wurden Mortalitätsraten mit aufgenommen, die sich nur auf einen Teil eines Jahres bezogen. Die Werte in Tab. 4 dürften die tatsächlichen Kollisionsraten also eher unter- als überschätzen.

Für einige Windparks lagen jeweils mehrere Berichte vor. Die zugrunde liegenden Datenmengen überschneiden sich teilweise. Damit aus Gründen der Unabhängigkeit der Daten jeder Windpark nur höchstens einmal in jede statistische Analyse einbezogen wird, wurden nur die Ergebnisse mit den umfassendsten Untersuchungen bzw. die neuesten verfügbaren Ergebnisse ausgewählt.

Die Kollisionsraten zeigen eine enorme Streuung zwischen den Windparks. In einigen Parks gab es keine oder fast keine Kollisionen. In anderen Windparks traten Kollisionen mit einer Häufigkeit von mehr als 60 pro Jahr und Turbine auf. Massenkollisionen an einzelnen Turbinen wie sie von Leuchttürmen oder ähnlichen Bauwerken bekannt sind (Crawford & Engstrom, 2001; Erickson et al., 2002; Manville, 2001; Ugoretz, 2001), wurden an WKA nach wie vor nicht festgestellt. In vielen Untersuchungen lagen die Opferraten unter 1 Vogel pro Turbine pro Jahr, der Median betrug 1,8 Opfer und im Mittel waren es 6,9 Opfer pro Turbine und Jahr.



**Abbildung 9.** Kollisionsrate von Vögeln an Windkraftanlagen unterschiedlicher Standorte in Abhängigkeit von der Gesamthöhe.



**Tabelle 4.** Kollisionsraten für Vögel (jeweils durchschnittliche Anzahl der Opfer pro Turbine und Jahr) in verschiedenen Windparks.

Land	Windpark	Habitat	Kollisionen / Turbine / Jahr	Bemerkungen	Quellen
Australien	Tasmania	Küste	1,86		Hydro Tasmania
Belgien	Boudewijnkanaal te Brugge	Feuchtgebiet	35	weitere Studien in anderen Jahren	Everaert et al., 2003
Belgien	Elektricitetscentrale te Schelle	Feuchtgebiet	18	weitere Studien in anderen Jahren	Everaert et al., 2003
Belgien	Gent	Industriegebiet	2		Everaert in litt
Belgien	Kleine Pathoekeweg, Brugge	Industriegebiet	32		Everaert in litt
Belgien	Kluizendok, Gent	Industriegebiet	8		Everaert in litt
Belgien	Nieuwkapelle, Diksmuide	Feuchtwiese	1		Everaert in litt
Belgien	Oostdam te Zeebrugge	Feuchtgebiet	24	weitere Studien in anderen Jahren	Everaert, Devos & Kuijken, 2003
Dänemark	Tjaereborg	Feuchtgebiet	3		Pedersen & Poulsen, 1991b
Deutschland	Brekklumer Koog	Acker	>7,5	Untersuchungszeit kürzer als 1 Jahr!	Grünkorn et al, 2005
Deutschland	Bremerhaven-Fischereihafen	Feuchtgebiet	9		Scherner, 1999b
Deutschland	Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog	Acker	>2,6	Untersuchungszeit kürzer als 1 Jahr!	Grünkorn et al, 2005
Deutschland	Simonsberger Koog	Acker	>2,2	Untersuchungszeit kürzer als 1 Jahr!	Grünkorn et al, 2005
Niederlande	Kreekraak sluice	Feuchtgebiet	3,7		Musters et al., 1996
Niederlande	Oosterbierum	Grünland	1,8		Winkelman, 1992a
Niederlande	Urk	Küste	1,7		Winkelman, 1989
Österreich	Obersdorf	Waldrand, Acker	1,49		Traxler et al., 2005
Österreich	Prellenkirchen	Acker	13,93		Traxler et al., 2006
Österreich	Steinberg-Prinzendorf	Waldrand, Acker	2,99		Traxler et al., 2004
Schweden	Näsudden	Grünland	0,7		Percival, 2000
Spanien	Alaiz-Echague	Gebirgsrücken	3,56		Lekuona, 2001
Spanien	E3, Energia Eólica del Estrecho	Gebirgsrücken	0,03		Barrios & Rodriguez, 2004; SEO, 1995
Spanien	El Perdón	Gebirgsrücken	64,26		Lekuona, 2001
Spanien	Guenda	Gebirgsrücken	8,47		Lekuona, 2001
Spanien	Izco-Albar	Gebirgsrücken	22,63		Lekuona, 2001
Spanien	PESUR, Parque Eólico del Sur und Parque und Parque Eólico de Levantera	Gebirgsrücken	0,36		Barrios & Rodriguez, 2004; SEO, 1995
Spanien	Salajones	Gebirgsrücken	21,69		Lekuona, 2001
Spanien	Tarifa		0,03		Janss, 2000
UK	Blyth	Feuchtgebiet	1,34		Still et al., 1996
UK	Bryn Tytli	Moor, Grünland	0		Phillips, 1994
UK	Burgar Hill, Orkney	Moor, Grünland	0,15		Percival, 2000
UK	Cemmaes	Moor, Grünland	0,04		Percival, 2000
UK	Haverigg, Cumbria	Moor, Grünland	0		Percival, 2000
UK	Ovenden Moor	Moor, Grünland	0,04		Percival, 2000
USA	Altamont	Gebirgsrücken	0,87	weitere Studien in anderen Jahren	Smallwood & Thelander, 2004
USA	Buffalo Ridge	Grünland	0,98	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2001
USA	Foote Creek Rim	Prärie	1,75	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2001
USA	Green Mt, Searsburg	Gebirgsrücken	0		Erickson et al., 2001
USA	IDWGP, Algona	Gebirgsrücken	0		Erickson et al., 2001
USA	Mountaineer	Gebirgsrücken	4,04		Kerns & Kerlinger, 2004
USA	Nine Canyon Wind Project	Prärie	3,59	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2003
USA	San Gorgino	Gebirgsrücken	2,31		Erickson et al., 2001
USA	Solano County	Gebirgsrücken	54		Erickson et al., 2001
USA	Somerset County	Gebirgsrücken	0		Erickson et al., 2001
USA	Top of Iowa	Prärie	0,415		Koford et al., 2003
USA	Vansycle	Acker, Grünland	0,63	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2001

Im Mittelpunkt des Interesses dieser Untersuchung stand die Frage, inwieweit die Kollisionshäufigkeit von der Größe der Anlagen abhingen. Zu befürchten war, dass an besonders großen Anlagen erheblich mehr Vögel verunglückten als an kleinen. Bei einer oberflächlichen Betrachtung musste man allerdings zu dem Schluss kommen, dass besonders große Anlagen nicht zu mehr Kollisionen führten als die kleineren (Abb. 9). Die Kollisionsrate korrelierte signifikant mit der Nabenhöhe und der Gesamthöhe (Tab. 5).

Aus den Voruntersuchungen war jedoch bereits bekannt, dass die Vogelschlagrate an bestimmten Standorten – kahle Gebirgrücken und Gewässer – deutlich höher lag als an anderen Orten. Dieses Ergebnis zeigte sich auch im Rahmen dieser Auswertung. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Faktoren „Habitat“ (Kategorien „risikoreich“ (Bergrücken und Feuchtgebiete) und „risikoarm“ (übrige Lebensräume)) und der Anlagenhöhe wies eine GLM-Analyse den Faktor Habitat als signifikante Einflussgröße ( $F_1=7,96$ ,  $p=0,007$ ) und die Anlagenhöhe als immerhin nahezu signifikante Einflussgröße aus ( $F_1=3,37$ ,  $p=0,074$ ) aus. Abb. 9 zeigt, dass innerhalb der Windparks, die sich in der relativ risikoarmen Normallandschaft befanden, ein Zusammenhang zwischen Kollisionsrate und Anlagengröße bestand. Dieser Zusammenhang lässt sich statistisch sichern (Tab. 5). Die Betrachtung der Größenabhängigkeit der Vogelschlagraten innerhalb der Lebensraum-Typen Feuchtgebiete und Bergrücken erbrachte jeweils keine signifikanten Ergebnisse (Tab. 5).

Zur Frage, welche Arten durch WKA besonders betroffen sind, sei auf die umfangreiche Statistik von T. Dürr (Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg) hingewiesen, deren aktuelle Version diesem Bericht beigelegt ist. Im Prinzip hat sich in der Beurteilung der Artenzusammensetzung der Opfer nichts geändert. In Deutschland dominieren die Greifvögel, mit sehr hohen Zahlen von Rotmilanen und Seeadlern.

**Tabelle 5.** Beziehungen zwischen der Kollisionsrate von Vögeln und der Nabenhöhe, dem Rotordurchmesser und der Gesamthöhe der WKA in verschiedenen Windparks. Zusätzlich sind die Beziehungen zwischen der Kollisionsrate von Vögeln und der Gesamthöhe der WKA in verschiedenen Lebensraumtypen angegeben.

Auswahl	Parameter	n	R <sup>2</sup>	Regressionsgleichung	F	p
alle Daten	Nabenhöhe	43	0,110	$Y = 0,0006 x^{1,948}$	0,431	0,030
alle Daten	Rotordurchmesser	43	0,084	$Y = 0,0007 x^{1,966}$	3,75	0,06
alle Daten	Gesamthöhe	43	0,105	$Y = 0,0002 x^{2,022}$	4,78	0,034
Normallandschaft	Gesamthöhe	24	0,360	$Y = 0,00000017 x^{3,978}$	12,39	0,002
Feuchtgebiete	Gesamthöhe	8	0,167	$Y = 0,0303 x^{1,302}$	1,20	0,32
Bergrücken	Gesamthöhe	11	0,146	$Y = 0,0000032 x^{3,240}$	1,53	0,25

#### 4.2.2 Kollisionen von Fledermäusen mit Windkraftanlagen

Seit längerer Zeit ist bekannt, dass auch Fledermäuse in größerer Zahl an WKA verunglücken können. In den vergangenen Jahren gab es einige Untersuchungen zu diesem Thema (Brinkmann & Schauer-Weisshahn, 2006), durch die sich die Datenlage wesentlich verbesserte. Wie für den Vorgängerbericht wurden solche Untersuchungen ausgewertet, in denen jährliche Opferzahlen pro Turbine berech-

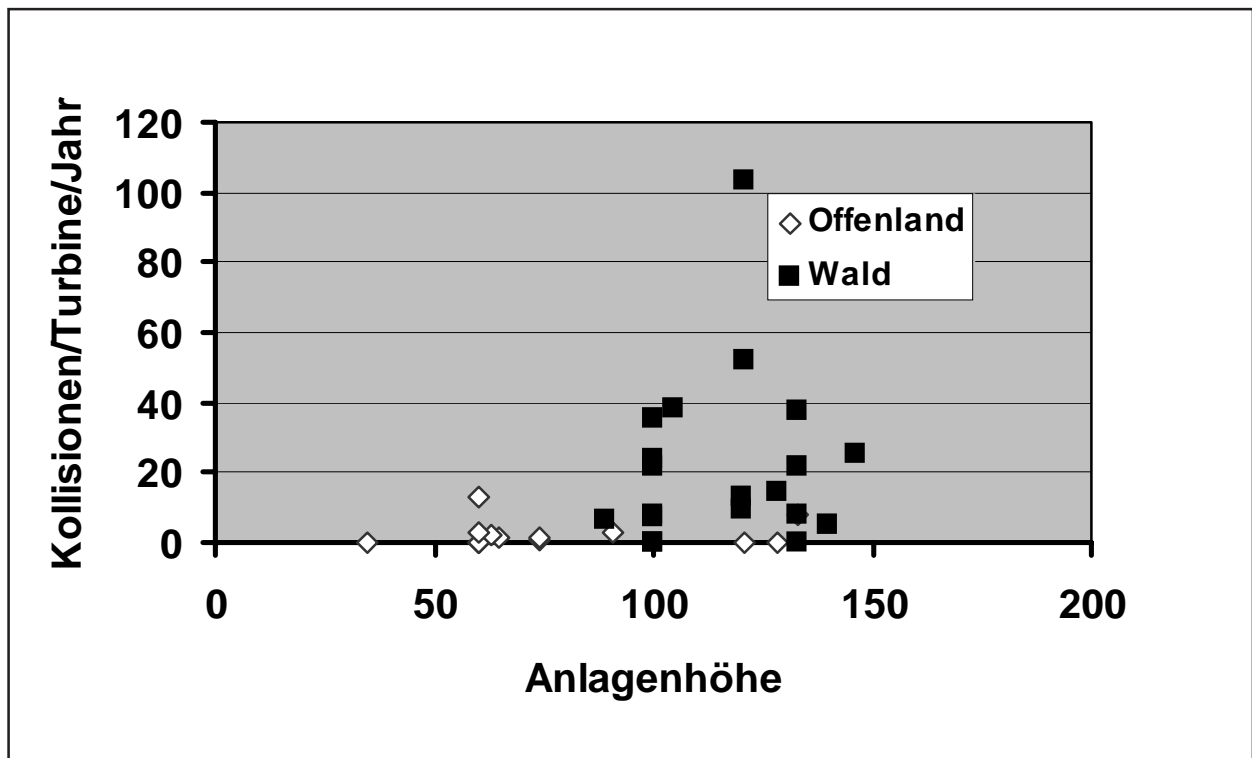
**Tabelle 6.** Kollisionsraten für Fledermäuse (jeweils durchschnittliche Anzahl der Opfer pro Turbine und Jahr) in verschiedenen Windparks.

Land	Windpark	Habitat	Kollisionen / Turbine / Jahr	Quellen
Australien	Tasmania	Küste	1,86	Hydro Tasmania
Deutschland	Ettenheim Brudergarten 1	Wald	35,18	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Ettenheim Brudergarten 2	Wald	24,12	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Ettenheim Brudergarten 3	Wald / Windschlag	22,04	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Ettenheim Mahlberg 1	Windschlag	13,02	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Ettenheim Mahlberg 2	Wald	9,62	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Ettenheim Mahlberg 3	Wald	14,64	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Freiamt Hohe Eck	Wald	52,34	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Freiamt Schillinger Berg 1	Wald	103,16	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Freiamt Schillinger Berg 2	Wiese	0	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Fürstenberg	Wiese	0	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Horben Holzschlägermatte 1	Wald	37,56	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Horben Holzschlägermatte 2	Wald	8,02	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Rosskopf	Wald, Bergrücken	21,5	Behr & Helversen, 2005
Deutschland	Simonswald Plattenhöfe 2	Wiese/ Wald	7,59	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Simonswald Plattenhöfe 3	Wiese/ Wald	7,94	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	Simonswald Plattenhöfe 4	Wiese	0	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Deutschland	St. Peter Plattenhöfe 1	Wiese/ Wald	0	Brinkmann & Schauer Weissshahn, 2005
Österreich	Obersdorf	Waldrand, Acker	0	Traxler et al., 2005
Österreich	Prellenkirchen	Acker	8	Traxler et al., 2005
Österreich	Steinberg-Prinzendorf	Waldrand, Acker	5,33	Traxler et al., 2005
Spanien	Alaiz-Echague	Gebirgsrücken	0	Lekuona, 2001
Spanien	El Perdón	Gebirgsrücken	0	Lekuona, 2001
Spanien	Guenda	Gebirgsrücken	0	Lekuona, 2001
Spanien	Izco-Albar	Gebirgsrücken	3,09	Lekuona, 2001
Spanien	Salajones	Gebirgsrücken	13,36	Lekuona, 2001
USA	Altamont	Gebirgsrücken	0,0035	Smallwood & Thelander, 2004
USA	Buffalo Ridge	Grünland	2,3	Osborn et al., 1996
USA	Foot Creek Rim	Prairie	1,34	Young et al., 2003a
USA	Mautaineer Wind Energy Facility Blackwater Falls	Wald	50	Boone, 2003
USA	Meyersdale	Wald, Bergrücken	25	Kerns et al., 2005
USA	Mountaineer	Wald, Bergrücken	38	Kerns & Kerlinger, 2004
USA	Nine Canyon Wind Project	Pairie	3,21	Erickson et al., 2003
USA	Top of Iowa	Wald, Bergrücken	6,432	Koford et al., 2003
USA	Vansycle	Acker, Grünland	0,4	Strickland et al., 2001b

net wurden, wobei wie bei den Vögeln die Tatsache berücksichtigt worden war, dass Fledermäuse von Aasfressern beseitigt werden konnten. Da Fledermäuse ganz überwiegend im Sommer und Frühherbst verunglückten, konnten auch solche Untersuchungen herangezogen werden, die sich nur über diesen Zeitraum erstreckten. Wie für die Vögel wurde pro Windpark nur jeweils ein Wert verwendet um die Unabhängigkeit der Daten zu sichern.

Die in Tab. 6 dargestellten Werte streuen noch stärker als die in Tab. 4 aufgeführten Kollisionsraten der Vögel. Wenn auch in vielen Windparks keine oder nur sehr wenige Fledermäuse verunglückten, gab es doch zahlreiche Parks mit hohen Opferraten. Die Daten der 34 Parks schwankten zwischen 0 und 103. Damit lagen die Spitzenwerte deutlich über denen der Vögel. Der Median lag bei 6,4, der Mittelwert bei 13,3 und die Standardabweichung bei 13,3 verunglückte Fledermäuse pro Turbine und Jahr.

Es bestanden statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen Nabenhöhe, Rotordurchmesser bzw. Anlagenhöhe und der Anzahl der jährlich verunglückten



**Abbildung 10.** Kollisionsrate von Fledermäusen an Windkraftanlagen unterschiedlicher Gesamthöhe.

Fledermäuse (Abb. 10, Tab. 7). Berücksichtigt man jedoch die Tatsache, dass Fledermäuse an WKA an Waldstandorten häufiger verunglücken als an anderen, verschwindet der Einfluss der Anlagengröße. Eine GLM-Analyse zeigt, dass der Faktor „Habitat“ (Ausprägungen Wald und andere Lebensräume) einen nahezu signifikanten Einfluss auf die Kollisionsrate hatte ( $F_1=3,801$ ,  $p=0,06$ ), während die Anlagenhöhe fast ohne Einfluss war ( $F_1=0,17$ ,  $p=0,69$ ). Betrachtet man die Beziehungen zwischen Anlagenhöhe und Kollisionsrate getrennt nach Waldstandorten und anderen Standorten, ergeben sich ebenfalls keine signifikanten Beziehungen (Tab. 7).

**Tabelle 7.** Beziehungen zwischen der Kollisionsrate von Fledermäusen und der Nabenhöhe, dem Rotordurchmesser und der Gesamthöhe der WKA in verschiedenen Windparks. Zusätzlich sind die Beziehungen zwischen der Kollisionsrate von Fledermäusen und der Gesamthöhe der WKA in verschiedenen Lebensraumtypen angegeben.

Auswahl	Parameter	n	R <sup>2</sup>	Regressionsgleichung	F	p
alle Daten	Nabenhöhe	34	0,139	$Y = 0,0000025 x^{3,180}$	5,17	0,030
alle Daten	Rotordurchmesser	34	0,165	$Y = 0,00000019 x^{4,517}$	6,33	0,017
alle Daten	Gesamthöhe	34	0,152	$Y = 0,00000086 x^{3,674}$	5,75	0,022
Offenland	Gesamthöhe	14	0,007	$Y = 0,0134 x^{0,679}$	0,09	0,77
Waldstandorte	Gesamthöhe	20	0,022	$Y = 0,0000069 x^{2,877}$	0,41	0,53

Über die Artenzusammensetzung der Fledermausfunde informiert die Zusammenstellung von T. Dürr / Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg (siehe Anhang).

An 14 Windparks wurden Kollisionen sowohl von Fledermäusen als auch von Vögeln untersucht. Es bestand kein Zusammenhang zwischen den Kollisionsraten ( $R^2 = 0,009$ ,  $p = 0,75$ ).

## 5 Abschätzung der Auswirkungen eines Repowering

Die Erhöhung der durch WKA an Land produzierten Elektrizitätsmenge wird im wesentlichen durch Repowering erfolgen, das heißt durch die Ersetzung zahlreicher kleiner WKA durch größere, modernere und leistungsstärkere Anlagen. In diesem Kapitel soll anhand der zuvor zusammengestellten Ergebnisse versucht werden, zu beurteilen, welche Auswirkungen durch ein Repowering auf Vögel und Fledermäuse zu erwarten sind. Dafür sollen die Auswirkungen des Repowering sowohl hinsichtlich der Scheuchwirkung als auch der Kollisionsgefahr betrachtet werden. Um Anhaltspunkte für die Auswirkungen des Repowering zu erlangen, wurden Modell-Rechnungen für eine Reihe verschiedener Szenarien durchgeführt. In der Szenariengruppe 1 wurde davon ausgegangen, dass 0,3 MW-Anlagen durch 1,5 MW-Anlagen ersetzt werden, in Szenariengruppe 2 werden 0,3 MW-Anlagen durch 2,0 MW-Anlagen ersetzt, in Szenariengruppe 3 werden 0,5 MW-Anlagen durch 1,5 MW-Anlagen ersetzt, und in Szenariengruppe 4 werden 0,5 MW-Anlagen durch 2,0 MW-Anlagen ersetzt. In jeder dieser Gruppen werden nun verschiedene Erhöhungen der Leistungsfähigkeit des Windparks simuliert. Sie reichen von gar keiner Erhöhung (Faktor 1) bis zu einer Verfünfachung der Leistungsfähigkeit.

Um die Auswirkungen auf Vögel und Fledermäuse zu beurteilen, wurden zunächst mit Hilfe der Beziehung zwischen Anlagenleistung und Anlagenhöhe (Kap. 3) die zu erwartenden Anlagenhöhen berechnet.

### 5.1 Repowering und Störwirkung auf Vögel

Die Beziehungen zwischen der Gesamthöhe der WKA und den Mindestabständen der Vögel von WKA (Tab. 3) bzw. zwischen Gesamthöhe und Leistung der Anlagen erlauben es abzuschätzen, wie sich ein Repowering auf die Raumnutzung der Vögel auswirken könnte. Dazu werden folgende vereinfachende Annahmen getroffen:

1. Die Vögel nutzen den Raum innerhalb eines Kreises mit dem Radius des Minimalabstandes um die WKA überhaupt nicht (Störbereich), außerhalb dieses Kreises gibt es keine Auswirkungen der WKA. Die Störbereiche wurden als Kreis mit dem Minimalabstand als Radius berechnet.
2. Es handelt sich um einzeln stehende WKA. Da sich die Windparks hinsichtlich ihrer Anlagenkonfiguration erheblich unterscheiden, wurde diese hier nicht berücksichtigt. Die Konfiguration müsste für jeden Windpark zusätzlich und jeweils einzeln berücksichtigt werden.

Eine Abschätzung der Auswirkung kann nun durch den Vergleich der Größe der Störbereiche erfolgen. Ein Beispiel: In einem Windpark sollen 20 0,3 MW-Anlagen durch 8 1,5 MW-Anlagen ersetzt werden. Die Leistung des Windparks erhöht sich dadurch um den Faktor 2. Für eine Vogelart hat dieses Repowering dann negative Auswirkungen, wenn die Summe von acht Störbereichen an 1,5 MW-Anlagen größer ist als die Summe von 20 Störbereichen an 0,3 MW-Anlagen.

Die Störradien bezüglich der WKA unterschiedlicher Höhe lassen sich für die einzelnen Arten anhand der Daten aus Tab. 3 berechnen. Die Ergebnisse der Beispielrechnungen finden sich in Tab. 8. Die Ergebnisse der Szenariengruppen unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Für Brutvögel war in den meisten Fällen ein Repowering positiv zu bewerten. Für die Gastvögel ergab sich ein sehr uneinheitliches Bild. Unter den störempfindlichen Arten traten negative Bewertungen bei Gänsen, Goldregenpfeifern und Kiebitzen auf.



**Tabelle 8.** Abschätzung der Störwirkungen von Repowering-Anlagen auf Vögel anhand von Modellrechnungen. Positive Auswirkungen (+) bedeuten einen kleineren gestörten Bereich, negative Auswirkungen (-) einen größeren gestörten Bereich nach dem Repowering. Einzelheiten siehe Text.

**Brutzeit; Szenario: 0,3 MW auf 1,5 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blauehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Finken		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Graumammer	<i>Miliaria calandra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rohrammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**außerhalb der Brutzeit; Szenario: 0,3 MW auf 1,5 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Aaskrähe	<i>Corvus corone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amsel	<i>Turdus merula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blessralle	<i>Fulica atra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Finken		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gänse		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Möwen		+	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schwäne		+	+	+	-	-	-	-	-	-
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Tauchenten		+	+	+	+	+	+	+	+	-
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-

**Brutzeit; Szenario: 0,3 MW auf 2,0 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Finken		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grauammer	<i>Miliaria calandra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rohrhammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**außerhalb der Brutzeit; Szenario: 0,3 MW auf 2,0 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Aaskrähe	<i>Corvus corone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amsel	<i>Turdus merula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blessralle	<i>Fulica atra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Finken		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gänse		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Möwen		+	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schwäne		+	+	+	+	-	-	-	-	-
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Tauchenten		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-

**Brutzeit; Szenario: 0,5 MW auf 1,5 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Finken		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grauammer	<i>Miliaria calandra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rohrhammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-

**außerhalb der Brutzeit; Szenario: 0,5 MW auf 1,5 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Aaskrähne	<i>Corvus corone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amsel	<i>Turdus merula</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Blessralle	<i>Fulica atra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Finken		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gänse		+	-	-	-	-	-	-	-	-
Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Möwen		+	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schwäne		+	+	-	-	-	-	-	-	-
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Tauchenten		+	+	+	+	-	-	-	-	-
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-

**Brutzeit; Szenario: 0,5 MW auf 2,0 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Finken		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grauammer	<i>Miliaria calandra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rohrhammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**außerhalb der Brutzeit; Szenario: 0,5 MW auf 2,0 MW**

Art	Leistungssteigerung (Faktoren):	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Aaskrähne	<i>Corvus corone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amsel	<i>Turdus merula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blessralle	<i>Fulica atra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Finken		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gänse		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Möwen		+	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schwäne		+	+	-	-	-	-	-	-	-
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Tauchenten		+	+	+	+	+	+	-	-	-
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-

## 5.2 Repowering und Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen

Analog zum Vorgehen im vorangegangenen Kapitel lassen sich aus den Beziehungen von WKA-Leistung zu WKA-Höhe (Kap. 3) und von WKA-Höhe und Kollisionsraten (Tab. 5) die Kollisionsraten für die verschiedenen Szenarien berechnen. Die in Tab. 9 dargestellten Einschätzungen betreffen WKA in der Normallandschaft. Wie in Kap. 4.2 gezeigt, würden WKA an Feuchtgebieten erheblich höhere Opferzahlen an Vögeln und WKA in Wäldern erheblich höhere Opferzahlen an Fledermäusen verursachen. An beiden Standorttypen sollten keine WKA errichtet werden oder durch Repowering ersetzt werden. Deshalb werden sie hier nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Modellberechnungen zeigen, dass ein Repowering bezüglich der Kollisionen mit Vögeln in allen Fällen negative Auswirkungen zeigte. Wie in Kap. 4.2.1 bereits ausgeführt, erzeugen große WKA mehr Opfer als kleine.

Für Fledermäuse ergibt sich ein anderes Bild. Der Zusammenhang zwischen WKA-Höhe und Opferzahl war nur sehr schwach. Die Beurteilung des Repowerings hing davon ab, um welchen Faktor sich die Leistung des Windparks erhöhte. Leistungssteigerungen um maximal das Doppelte dürften immer zu insgesamt geringeren Verlusten führen, während größere Leistungssteigerungen in den meisten Fällen zu Erhöhungen der Mortalitätsraten führen dürften.

**Tabelle 9.** Abschätzung der Auswirkung von Repowering auf das Kollisionsrisiko von Vögeln und Fledermäusen anhand von Modellrechnungen. Positive Auswirkungen bedeuten eine geringere Kollisionsgefahr, negative Auswirkungen eine größere Kollisionsgefahr nach dem Repowering. Einzelheiten siehe Text.

### Vogel-Kollisionen

Szenario	Leistungssteigerungen der Windparks (Faktoren)								
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
0,3 MW auf 1,5 MW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,3 MW auf 2,0 MW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 MW auf 1,5 MW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 MW auf 2,0 MW	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Fledermaus-Kollisionen

Szenario	Leistungssteigerungen der Windparks (Faktoren)								
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
0,3 MW auf 1,5 MW	+	+	+	-	-	-	-	-	-
0,3 MW auf 2,0 MW	+	+	+	-	-	-	-	-	-
0,5 MW auf 1,5 MW	+	+	-	-	-	-	-	-	-
0,5 MW auf 2,0 MW	+	+	-	-	-	-	-	-	-

## 6 Diskussion und Forschungsbedarf

Die seit der NABU-BfN-Studie (Hötker et al., 2005) publizierten Ergebnisse zum Thema Vögel, Fledermäuse und Windkraftanlagen erlauben eine bessere Beurteilung der Auswirkungen größerer und modernerer WKA, die zuvor nur unzureichend berücksichtigt werden konnten. Viele Befunde konnten bestätigt werden. WKA besitzen offensichtlich einen geringen Einfluss auf Brutvögel. Allerdings gibt es auch hier mindestens eine besonders empfindliche Artengruppe, die Watvögel. Nach wie vor existieren allerdings kaum Daten darüber, wie sich andere potentiell empfindliche Arten bzw. Arten, die in besonderem Naturschutzinteresse stehen, gegenüber Windkraftanlagen verhalten. Zu diesen Arten zählen viele Großvögel, vor allem auch viele Greifvogelarten.

WKA vertreiben nachweislich Vögel außerhalb der Brutzeit von ihren Rast- und Nahrungsgebieten. Dies konnte für Enten, Gänse und einige Watvogelarten bestätigt bzw. neu nachgewiesen werden. Bezüglich der Mindestabstände von Vögeln zu WKA ergaben sich keine grundsätzlich neuen Erkenntnisse. Außer für den Kiebitz konnten für den Star und die Gruppe der Finkenvögel signifikante Zusammenhänge zwischen Anlagengröße und Meideabstand festgestellt werden. Die neue Generation von WKA wirkt sich nicht stärker störend auf Brutvögel aus als die leistungsschwächeren WKA zuvor. Dies liegt zum einen daran, dass mit zunehmender Leistungsfähigkeit der Anlagen deren Größe nur noch langsam zunahm. Zum anderen schienen sich viele Vögel, insbesondere Brutvögel, von sehr großen Anlagen weniger gestört zu fühlen, als von den kleineren oder mittelgroßen. Viele Rastvögel hingegen zeigten sich gegenüber größeren Anlagen empfindlicher als gegenüber kleineren. Für die schon zuvor als empfindlich angesehenen Arten änderte sich nichts; die umfangreichen Falluntersuchungen konnten bestätigt werden. Im auffälligen Gegensatz zu den übrigen Publikationen stehen allerdings die Befunde von (Brandt et al., 2005b) aus dem Wybelsumer Polder. Leider erlaubte die Art der Präsentation der Daten keine weitere Analyse und auch nicht die Aufnahme in die Datenbank.

Bezüglich der Mortalitätsraten bestätigte sich die Vermutung, dass die Standortwahl einen entscheidenden Einfluss auf die Auswirkungen der WKA hat. Für Fledermäuse konnten Wälder und für Vögel Gewässer und kahle Bergrücken als Standorte bestätigt werden, an denen mit einem Vielfachen der Opferraten zu rechnen ist als in der übrigen offenen Landschaft. Über Massenmortalität von ziehenden Vögeln an WKA wurde nach wie vor nicht berichtet. Allerdings zeigte sich nach der Berücksichtigung des Habitatainflusses eine deutliche Beziehung zwischen der Anlagenhöhe und der Kollisionsrate von Vögeln. An einer Anlage von 100 m Gesamthöhe muss durchschnittlich mit fünf Opfern pro Jahr gerechnet werden. Für Fledermäuse konnte trotz erheblich verbesserten Datenmaterials keine statistisch signifikante Beziehung zwischen Anlagenhöhe und Mortalitätsrate gefunden werden. Der Habitatainfluss war stark dominant.

### **Forschungsbedarf zu Auswirkungen von WKA auf Vögel und Fledermäuse**

Viele der in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse beruhen auf einer sehr geringen Anzahl von Untersuchungen. Dies gilt sowohl für die Ermittlung von Meideabständen als auch für die Kollisionsraten. Weitere Untersuchungen zur besseren



Absicherung der Aussagen sind erforderlich. Insbesondere gibt es noch keine Daten zu Kollisionsraten an großen WKA an Knotenpunkten des Vogelzuges. Die gerade in Schleswig-Holstein bereits in großer Zahl vorhandenen Standorte auf wichtigen Vogelzuglinien bieten sich an, um die seit langen umstrittene Frage zu klären, ob ziehende Vögel durch Windkraftanlagen gefährdet sind.

Besonders dringlich sind Studien zum Verhalten von Großvögeln, insbesondere Greifvögel, in Hinsicht auf WKA. Greifvögel bilden einen hohen Anteil der Opfer (siehe Anhang), und besonders Rotmilane und Seeadler treten als besonders stark betroffene Arten in Deutschland hervor. Durch Besenderung und durch gezielte Beobachtungen müsste ermittelt werden, in welchen Situationen Vertreter dieser Arten besonders gefährdet sind. Langfristiges Ziel müsste es sein, die Kollisionsraten von Rotmilanen und Seeadlern erheblich zu senken.

In Anbetracht der Tatsache, dass in einigen Regionen Schleswig-Holsteins, insbesondere an den Marschen der Westküste, bereits sehr viele und ausgedehnte Windparks vorhanden sind, wäre eine Untersuchung der Frage, in welcher Weise dadurch die Lebensräume der hier vorkommenden Vogelarten (Gänse, Goldregenpfeifer, Wiesenweihe) bereits jetzt eingeschränkt werden, dringend erforderlich.

## **7 Danksagungen**

Für die Unterstützung unserer Arbeit durch Diskussionen und Anregungen, zur Verfügung stellen von Daten und Literatur sowie sonstige Hilfen danken wir: Ulrich Brandt, Tobias Dürr, Joris Everaert, Bernd Hälterlein, Gunnar Hanebeck, Heike Jeromin, Ismene Mertens, Rowena Langston und Kai-Michael Thomsen.

## **8 Zusammenfassung**

### **Auswirkungen des „Repowerings“ von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse**

In der hier vorgelegten Studie wurden 45 neuere Untersuchungen zusammen mit den bereits im NABU-BfN-Bericht (Hötter et al. 2005) verwendeten Studien mit dem Ziel ausgewertet, die Auswirkungen modernerer und größerer Windkraftanlagen (WKA) auf Vögel und Fledermäuse besser beurteilen zu können.

Die Befunde des NABU-BfN-Berichts konnten auch durch die Studien an größeren WKA im wesentlichen bestätigt werden. WKA besaßen einen geringen Einfluss auf Brutvögel. Lediglich für die Gruppe der Watvögel konnte ein signifikanter Vertreibungseffekt festgestellt werden. WKA hatten deutlich stärkere Auswirkungen auf Gastvögel außerhalb der Brutzeit. Für Enten, Gänse und einige Watvogelarten konnte ein Vertreibungseffekt von WKA statistisch belegt werden.

Die Einschätzung der Meideabstände gegenüber WKA änderte sich durch die Untersuchungen an großen WKA nicht wesentlich. Vögel der offenen Landschaft (vor allem Gänse, Enten und bestimmte Watvogelarten) hielten in der Mehrzahl der

Fälle Mindestabstände von mehreren Hundert Metern zu WKA ein. Für Kiebitze, Goldregenpfeifer, Aaskrähen Stare und Finkenvögel bestanden außerhalb der Brutzeit signifikante Zusammenhänge zwischen Anlagengröße und den Meideabständen. Besonders Brutvögel zeigten allerdings oft weniger Scheu vor großen als vor kleinen WKA, so dass nicht festgestellt werden konnte, dass sich die neue Generation von WKA grundsätzlich stärker störend auf Vögel auswirkt als die leistungsschwächeren WKA zuvor.

Die Kollisionsraten von Vögeln und Fledermäusen hingen im wesentlichen mit den Standorten der WKA zusammen. Standorte an Gewässern bzw. auf kahlen Bergrücken forderten signifikant mehr Opfer unter den Vögeln als Standorte in übrigen Lebensräumen. Für Fledermäuse ergaben Waldstandorte (nahezu signifikant) mehr Kollisionsopfer als Standorte an anderen Stellen. Die Kollisionsraten an den kritischen Standorten lagen jeweils um ein Vielfaches höher als an den unkritischen Standorten. Einzelne WKA verursachten mehr als 100 Fledermauskollisionen pro Jahr. Unter Berücksichtigung des Habitatsinflusses ergab sich für Vögel eine signifikante Abhängigkeit des Kollisionsrisikos von der Anlagenhöhe. Für Fledermäuse existierte diese Beziehung nicht.

Hinsichtlich des Repowering bedeuten die Befunde, dass die möglichen Störwirkungen je nach der Zusammensetzung des am Standort vorhandenen Artinventars unterschiedlich beurteilt werden müssen. Für die meisten Brutvögel hat ein Repowering eher positive Auswirkungen. Außerhalb der Brutzeit sind artspezifische Beurteilungen notwendig. Ein Repowering dürfte die Kollisionsgefahr für Vögel erhöhen. Für Fledermäuse dürfte sich die Kollisionsrate erhöhen, wenn sich die Leistungsfähigkeit eines Windparks um mehr als das Doppelte steigert. Die Unterschiede sind allerdings gering.

Auf bestehende Wissenslücken und den entsprechenden Forschungsbedarf wird hingewiesen.

## 9 Literatur

- Ahlén, I. (2002). Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora*, 97, 14-21.
- Albouy, S., Clément, D., Jonard, A., Massé, P., Pagès, J.-M., & Neau, P. (1997). Suivi ornithologique du parc éolien de Porte-la-Nouvelle (Aude) - Rapport final. ABIES, LPO, Gardouch.
- Albouy, S., Dubois, Y., & Picq, H. (2001). Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude) - Rapport final. ABIES, LPO, Gardouch.
- Anderson, R.L., Strickland, M.D., Tom, J., Neumann, N., Erickson, W.P., Cleckler, J., Mayorga, G., Nuhn, G., Leuders, A., Schneider, J., Backus, L., Becker, P., & Flagg, N. (2000). Avian Monitoring and Risk Assessment at Tehachapi Pass and San Geronio Pass Wind Resource Areas, California. In *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III (ed PNAWPPM-III)*, pp. 31-46. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City, Ont., San Diego, California.
- Bach, L. (2001). Fledermäuse und Windenergienutzung - reale Probleme oder Einbildung? *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 119-124.
- Bach, L. (2002). Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Verhalten von Fledermäusen am Beispiel des Windparks „Hohe Geest“, Midlum. Bericht der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung angewandter biologischer Forschung im Auftrag der KW Midlum GmbH & Co. KG, Freiburg, Niederelbe.
- Bach, L., Handke, K., & Sinning, F. (1999). Einfluss von Windenergieanlagen auf die Verteilung von Brut- und Rastvögeln in Nordwest-Deutschland. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 107-122.
- Bach, L. & Rahmel, U. (2004). Überblick zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse - eine Konfliktabschätzung. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 245-252.
- Barrios, L. & Rodriguez, A. (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, 41, 72-81.
- Behr, O. & Helvesen, O.V. (2005). Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen - Wirkungskontrolle zum Windpark „Roskopf“ (Freiburg i. Br.). Univ. Erlangen-Nürnberg, Inst. für Zoologie.
- Bergen, F. (2001a). Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vögel im Binnenland. Ph D thesis, Ruhr Universität, Bochum.
- Bergen, F. (2001b). Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (*Vanellus vanellus*): eine Vorher/Nacher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalen. *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 89-96.
- Bergen, F., ed. (2002a). Einfluss von Windenergieanlagen auf die Raum-Zeitnutzung von Greifvögeln, pp 86-96. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Bergen, F., ed. (2002b). Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (*Vanellus vanellus*): eine Vorher-Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalen, pp 77-85. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Bergh, L.M.J.v.d., Spaans, A.L., & Swelm, N.D.v. (2002). Lijnopstellingen van windturbines geen barrière voor voedselvluchten van meeuwen en sterns in de broedtijd. *Limosa*, 75, 25-32.
- Boone, D. (2003). Bat kill at West Virginia windplant, Maryland.

- Böttger, M., Clemens, T., Grote, G., Hartmann, G., Hartwig, E., Lammen, C., Vauk-Hentzelt, E., & Vauk, G., eds. (1990). Biologisch-Ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen. NNA.
- Brandt, U., Butenschön, S., Denker, E., & Ratzbor, G. (2005a). Brütend unterm Windrad - Entwicklung eines national bedeutsamen Brutvogelbiotops am Dollart.
- Brandt, U., Butenschön, S., Denker, E. & Ratzbor, G. (2005b). Rast am Rotor - Gastvogel-Monitoring im und am Windpark Wybelsumer Polder. UVP-Report 19: 170 - 174.
- Brauneis, W. (1999). Der Einfluss von Windkraftanlagen auf die Avifauna am Beispiel der „Solzer Höhe“ bei Bebra-Solz im Landkreis Hersfeld-Rotenburg - Untersuchung im Auftrag des Bundes für Umwelt und Naturschutz (BUND) Landesverband Hessen e. V. - Ortsverband Alheim-Rotenburg-Bebra, Bebra.
- Brauneis, W. (2000). Der Einfluss von Windkraftanlagen (WKA) auf die Avifauna, dargestellt insb. am Beispiel des Kranichs *Grus grus*. Ornithologische Mitteilungen, 52, 410-415.
- Brinkmann, R. & Schauer-Weisshahn, H. (2006). Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Regierungspräsidium Freiburg, Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg, Grundelfingen.
- Clemens, T. & Lammen, C. (1995). Windkraftanlagen und Rastplätze von Küstenvögeln - ein Nutzungskonflikt. Seevögel, 16, 34-38.
- Crawford, R.L. & Engstrom, R.T. (2001). Characteristics of avian mortality at a north Florida television tower: a 29-year study. Journal of Field Ornithology, 72, 380-388.
- De Lucas, M., Janss, G.F.E., & Ferrer, M. (2004). The effects of a wind farm on birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. Biodiversity and Conservation, 13, 395-407.
- Dulas Engineering Ltd (1995). The Mynydd y Cemmaes windfarm impact study. Vol. IID - Ecological impact - final report. ETSU report: W/13/00300/REP2D.
- EAS (1997). Ovenden Moor Ornithological Monitoring. Report to Yorkshire Windpower. Keighly: Ecological Advisory Service.
- Erickson, W., Johnson, G., Young, D., Strickland, D., Good, R., Bourassa, M., Bay, K., & Sernka, K.J. (2002). Synthesis and comparison of baseline avian and bat use, raptor nesting and mortality information from proposed and existing wind developments. Report for Bonneville Power Administration, Portland, Oregon.
- Erickson, W., Kronner, K., & Gritski, B. (2003). Nine Canyon Wind Power Project. Avian and Bat Monitoring Report. September 2002 - August 2003. Prepared for Nine Canyon Technical Advisory Committee by West, Inc., Cheyenne.
- Everaert, J. (2003). Collision victims on 3 wind farms in Flanders (Belgium) in 2002. Instituut voor Natuurbeheer, Brussel.
- Everaert, J., Devos, K., & Kuijken, E. (2002). Windturbines en vogels in Vlaanderen, Rep. No. 2002.3. Instituut voor Natuurbehoud, Brussels.
- Everaert, J. & Stienen, E.W.M. (2006). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium) - Significant effects on breeding tern colony due to collisions. Biodiversity and Conservation, in press.
- Fernandez-Duque, E. & Valeggia, C. (1994). Meta-analysis: a valuable tool in conservation research. Conservation Biology, 8, 555-561.
- Förster, F. (2003). Windkraft und Fledermausschutz in der Oberlausitz. In Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?, Dresden, 17.-18.11.2003.
- Gerjets, D. (1999). Annäherung wiesenbrütender Vögel an Windkraftanlagen - Ergebnisse einer Brutvogeluntersuchung im Nahbereich des Windparks Drochtersen. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, 4, 49-52.

- Gharadjedaghi, B. & Ehrlinger, M. (2001). Auswirkungen des Windparks bei Nitzschka (Lkr. Altenburger Land) auf die Vogelfauna. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen*, 38, 73-83.
- Grünkorn, T., Diederichs, A., Stahl, B., Poszig, D., & Nehls, G. (2005). Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Bio Consult SH im Auftrag des Landesamts für Natur und Umwelt Schleswig Holstein, Hockensbüll.
- Guillemette, M. & Larsen, J.K. (2002). Postdevelopment experiments to detect anthropogenic disturbances: the case of sea ducks and wind parks. *Ecological Applications*, 12, 868-877.
- Guillemette, M., Larsen, J.K., & Clausanger, I. (1999). Assessing the impact of the Tunø Knob wind park on sea ducks: the influence of the food resources, Rep. No. Technical Report No. 263. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Hall, L.S. & Richards, G.C. (1962). Notes on *Tadarida australis* (Chiroptera: molossidae). *Australian Mammology*, 1, 46.
- Handke, K., Adena, J., Handke, P., & Sprötge, M. (2004a). Einfluss von Windenergieanlagen auf die Verteilung ausgewählter Brut- und Rastvogelarten in einem Bereich der Krummhörn (Jennelt/Ostfriesland). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 47-58.
- Handke, K., Adena, J., Handke, P., & Sprötge, M. (2004b). Räumliche Verteilung ausgewählter Brut- und Rastvogelarten in Bezug auf vorhandene Windenergieanlagen in einem Bereich der küstennahen Krummhörn. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 11-44.
- Handke, K., Adena, J., Handke, P., & Sprötge, M. (2004c). Untersuchungen an ausgewählten Brutvogelarten nach Errichtung eines Windparks im Bereich der Stader Geest (Landkreis Rotenburg/Wümme und Stade). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 69-75.
- Handke, K., Adena, J., Handke, P., & Sprötge, M. (2004d). Untersuchungen zum Vorkommen von Kiebitz (*Vanellus vanellus*) und Großem Brachvogel (*Numenius arquata*) vor und nach Errichtung. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 61-66.
- Horch, P. & Keller, V. (2005). Windkraftanlagen und Vögel - ein Konflikt? Eine Literaturrecherche. Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach.
- Hormann, M. (2000). Schwarzstorch - *Ciconia nigra*. In *Avifauna von Hessen*, 4. Lieferung. HGON.
- Hötker, H., Thomsen, K.-M., & Köster, H. (2005). Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 142, Bad Godesberg.
- Hydro Tasmania. Bird and bat monitoring. Hydro Tasmania.
- Isselbacher, K. & Isselbacher, T. (2001). Vogelschutz und Windenergie in Rheinland-Pfalz, Oppenheim.
- Janss, G. (2000). Bird Behaviour In and Near a Wind Farm at Tarifa, Spain: Management Considerations. In *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III* (ed PNAWPPM-III), pp. 110-114. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City, Ont., San Diego, California.
- Johnson, G.D. (2002). What is known and not known about impacts on bats? In *Proceedings of the Avian Interactions with Wind Power Structures*, October 16-17, 2002 (in press), Jackson Hole, Wyoming.
- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, D.M., 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.



- Johnson, G.D., Young, D.P., Erickson, W.P., Derby, C.E., Strickland, M.D., & Good, R.E. (2000). Wildlife monitoring studies Sea West Windpower Project, Carbon County, Wyoming. Western EcoSystems Technology, Inc., Cheyenne.
- Kaatz, J. (2000). Untersuchungen zur Avifauna im Bereich des Windparks Badeleben im Bördekreis - Standort- und zeitbezogene Habitatnutzung von Brut- und Rastvögeln im Prä-Post-Test-Verfahren. IHU Geologie und Analytik, Neuruppin.
- Kaatz, J., ed. (2002). Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnisse einer Heckenbütergemeinschaft im Windfeld Nackel, pp 113-124. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Kerlinger, P. (2000). An Assessment of the Impacts of Green Mountain Power Corporation's Searsburg, Vermont, Wind Power Facility on Breeding and Migrating Birds. In Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III (ed PNAWPPM-III), pp. 90-96. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City, Ont., San Diego, California.
- Kerns, J., Erickson, W.P., & Arnett, E.B. (2005). Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. In 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. (ed E.B. Arnett), pp. 24-95. Bat conservation International, Austin, Texas (zitiert in Brinkmann & Schauer-Weissahn 2006).
- Ketzenberg, C., Exo, K.-M., Reichenbach, M., & Castor, M. (2002). Einfluss von Windenergieanlagen auf brütende Wiesenvögel. *Natur und Landschaft*, 77, 144-153.
- Koford, R., Jain, A., Zenner, G., & Hancock, A. (2003). Avian mortality associated with the top of Iowa Wind Farm. Progress Report Calendar Year 2003. Iowa State University, Ames.
- Koop, B. (1997). Vogelzug und Windenergieplanung. Beispiele für Auswirkungen aus dem Kreis Plön (Schleswig-Holstein). *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 29, 202-207.
- Koop, B. (1999) Windkraftanlagen und Vogelzug im Kreis Plön. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 25-32.
- Korn, M. & Scherner, R. (2000). Raumnutzung von Feldlerchen (*Alauda arvensis*) in einem Windpark. *Natur und Landschaft*, 75, 74-75.
- Kowallik, C. & Borbach-Jaene, J. (2001). Windräder als Vogelscheuchen? - Über den Einfluss der Windkraftnutzung in Gänserastgebieten an der nordwestdeutschen Küste. *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 97-102.
- Kruckenberger, H. & Borbach-Jaene, J. (2001). Auswirkungen eines Windparks auf die Raumnutzung nahrungssuchender Blessgänse - Ergebnisse aus einem Monitoringprojekt mit Hinweisen auf ökoethologischen Forschungsbedarf. *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 103-109.
- Kruckenberger, H. & Jaene, J. (1999). Zum Einfluss eines Windparks auf die Verteilung weidender Bläßgänse im Rheiderland (Landkreis Leer, Niedersachsen). *Natur und Landschaft*, 74, 420-427.
- Langston, R.W.H. & Pullan, J.D. (2003). Wind farms and birds: an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report written by BirdLife International on behalf of the Bern Convention, Sandy.
- Leddy, K.L., Higgins, K.F., & Naugle, D.E. (1999). Effects of wind turbines on upland nesting birds in Conservation Reserve Program grasslands. *Wilson Bulletin*, 111, 100-104.



- Lekuona, J.M. (2001). Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Dirección General de Medio Ambiente, Gobierno de Navarra, Pamplona.
- Lucas, M.d., Janss, G.F.E., & Ferrer, M. (2005). A bird and small mammal BACI and IG design studies in a wind farm in Malpica (Spain). *Biodiversity and Conservation*, 14, 3289-3303.
- Manville, A.M. (2001). Communication Towers, Wind Generators, and Research: Avian Conservation Concerns. In *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting IV* (ed PNAWPPM-IV), pp. 152-159. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., Susan Savitt Schwartz, Carmel, California.
- Meek, E.R., Ribbands, J.B., Christer, W.G., Davey, P.R., & Higginson, I. (1993). The effects of aero-generators on moorland bird populations in the Orkney Islands, Scotland. *Bird Study*, 40, 140-143.
- Menzel, C., ed. (2002). Rebhuhn und Rabenkrähe im Bereich von Windkraftanlagen im niedersächsischen Binnenland, pp 97-112. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Menzel, C. & Pohlmeier, K. (1999). Indirekter Raumnutzungsnachweis verschiedener Niederwildarten mit Hilfe von Lösungsstangen („dropping marker“) in Gebieten mit Windkraftanlagen. *Z. Jagdwiss.*, 45, 223-229.
- Musters, C.J.M., Noordervliet, M.A.W., & Keurs, W.J.T. (1996). Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary. *Bird Study*, 43, 124-126.
- Orloff, S. & Flannery, A. (1996). A continued examination of avian mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. California Energy Commission, Sacramento; Bio-Systems Analysis, Inc., Santa Cruz, California.
- Osborn, R.G., Higgins, K.F., Dieter, C.D., & Usgaard, R.E. (1996). Bat collisions with wind turbines in Southwest Minnesota. *Bat Research News*, 37, 105-108.
- Pedersen, M.B. & Poulsen, E. (1991). Impact of a 90m/2 MW wind turbine on birds. Avian responses to the implementation of the Tjaereborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. *Dansk Vildtundersogelser Kalø*, 47.
- Percival, S.M. (2000). Birds and wind turbines in Britain. *British Wildlife*, 12, 8-15.
- Petersen, I.K., Clausager, I., & Christensen, T.K. (2003). Bird numbers and distribution in the Horns Rev offshore wind farm area.
- Phillips, J.F. (1994). The effects of a windfarm on the upland breeding bird communities of Bryn Titli, Mid Wales: 1993-1994. Royal Society for the Protection of Birds, The Welsh Office, Bryn Aderyn, The Bank, Newtown, Powys.
- Reichenbach, M. (2002). Windenergie und Wiesenvögel - wie empfindlich sind die Offenlandbrüter?, pp 52-76. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Reichenbach, M. (2003a). Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel - Ausmaß und planerische Bewältigung, Technische Universität Berlin, Berlin.
- Reichenbach, M. (2003b). Windenergie und Vögel - Ausmaß und planerische Bewältigung. Dissertation, Technische Universität, Berlin.
- Reichenbach, M. & Schadek, U. (2003). Langzeituntersuchungen zum Konfliktthema „Windkraft und Vögel“. 2. Zwischenbericht. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Bundesverbandes Windenergie.
- Reichenbach, M. & Sinning, F. (2003). Empfindlichkeiten ausgewählter Vogelarten gegenüber Windenergieanlagen - Ausmaß und planerische Bewältigung. In *Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?*, Dresden, 17.-18.11.2003.
- Reichenbach, M. & Steinborn, H. (2006). Langzeituntersuchungen zum Konfliktthema „Windkraft und Vögel“. ARSU GmbH, Oldenburg.

- Sachslehner, L. & Kollar, H.P. (1997). Vogelschutz und Windkraftanlagen in Wien. Stadt Wien, Wien.
- Scherner, E.R. (1999). Windkraftanlagen und „wertgebende Vogelbestände“ bei Bremerhaven: Realität und Realsatire? *Beträge zur Naturkunde Niedersachsens*, 52, 121-156.
- Schmidt, E., Piaggio, A.J., Bock, C.E., & Armstrong, D.M. (2003). National Wind Technology Center Site Environmental Assessment: Bird and Bat Use and Fatalities - Final Report; Period of Performance: April 23, 2001 - December 31, 2002. NREL/SR-500-32981.
- Schreiber, M. (1992). Rastvögel und deren Habitatwahl im Bereich „Westermarsch“ (Landkreis Aurich) im Jahr 1992. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Ingenieurgesellschaft agwa.
- Schreiber, M. (1993a). Windkraftanlagen und Watvogel-Rastplätze - Störungen und Rastplatzwahl von Brachvogel und Goldregenpfeifer. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 25, 133-139.
- Schreiber, M. (1993b). Zum Einfluß von Störungen auf die Rastplatzwahl von Watvögeln. *Informationsd. Natursch. Nieders.*, 13, 161-169.
- Schreiber, M. (1999). Windkraftanlagen als Störungsquelle für Gastvögel am Beispiel von Blessgans (*Anser albifrons*) und Lachmöwe (*Larus ridibundus*). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 39-48.
- Schreiber, M., ed. (2002). Einfluss von Windenergieanlagen auf Rastvögel und Konsequenzen für EU-Vogelschutzgebiete, Technische Universität Berlin, Berlin.
- SEO, S.E.d.O. (1995). Effects of wind turbine power plants on the Avifauna in the Campo de Gibraltar region, Rep. No. Report to the Environmental Agency. Sociedad Espanola de Ornitologia SEO.
- SGS Environment (1994). Haverigg windfarm ornithological monitoring programme. Report to Windcluster LTD.
- Sinning, F. (1999). Ergebnisse von Brut- und Rastvogeluntersuchungen im Bereich des Jade-Windparks und DEWI-Testfelds in Wilhelmshaven. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 61-70.
- Sinning, F. (2004a). Bestandsentwicklung von Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Rebhuhn, (*Perdix perdix*) und Wachtel (*Coturnix coturnix*) im Windpark Lahn (Niedersachsen, Lkrs. Emsland) - Ergebnisse einer 6-jährigen Untersuchung. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 97-103.
- Sinning, F. (2004b). Kurzbeitrag zum Vorkommen der Grauammer (*Miliaria calandra*) und weiterer ausgewählter Arten an Gehölzreihen im Windpark Mallnow (Brandenburg, Landkreis Märkisch Oderland). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 193-196.
- Sinning, F. (2004c). Kurzbeitrag zum Vorkommen des Schwarzkehlchens (*Saxicola torquata*) und weiterer ausgewählter Arten in zwei norddeutschen Windparks (Niedersachsen, Landkreise Ammerland, Leer und Stade). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 199-203.
- Sinning, F. & Bruyn, U.d. (2004). Raumnutzung eines Windparks durch die Vögel während der Zugzeit - Ergebnisse einer Zugvogel- Untersuchung im Windpark Wehrder (Niedersachsen, Landkreis Wesermarsch). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 157-179.
- Sinning, F. & Gerjets, D. (1999). Untersuchungen zu Annäherung rastender Vögel in Windparks in Nordwestdeutschland. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 53-59.

- Sinning, F., Sprötge, M., & Bruyn, U.d. (2004). Veränderung der Brut- und Rastvogelfauna nach Errichtung des Windparks Abens-Nord (Niedersachsen, Landkreis Wittmund). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7, 77-91.
- Smallwood, K.S. & Thelander, C.G. (2004). Developing methods to reduce bird mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. Final report by BioResource Consultants to the California Energy Commission.
- Sommerhage, M. (1997). Verhaltensweisen ausgesuchter Vogelarten gegenüber Windkraftanlagen auf der Vaßbecker Hochfläche (Landkreis Waldeck-Frankenberg). *Vogelkundliche Hefte Edertal*, 23, 104-109.
- Steiof, K., Becker, J., & Rathgeber, J. (2002). Ornithologische Stellungnahme zur Erweiterung der Windenergieanlage bei Mildenberg (Kreis Oberhavel, Land Brandenburg). Gutachten im Auftrag der Windenergie Wenger-Rosenau GmbH, Berlin.
- Still, D., Little, B., & Lawrence, E.S. (1996). The effect of wind turbines on the bird population at Blyth Harbour, Northumberland. ETSU W/13/00394/REP.
- Strickland, M.D., Johnson, G., Erickson, W.P., & Kronner, K. (2001) Avian Studies at Wind Plants Located at Buffalo Ridge, Minnesota and Vansycle Ridge, Oregon. In *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting IV* (ed PNAWPPM-IV), pp. 38-52. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., Susan Savitt Schwartz, Carmel, California.
- Stübing, S. & Bohle, H.W. (2001). Untersuchungen zum Einfluss von Windenergieanlagen auf Brutvögel im Vogelsberg (Mittelhessen). *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 111-118.
- Thelander, C.G. & Rugge, L. (2000). Avian risk behavior and fatalities at the Altamont Wind Resource Area, March 1998 to February 1999. NREL/SR-500-27545.
- Thelander, C.G., Smallwood, K.S., & Rugge, L. (2003). Bird risk behaviors and fatalities at the Altamont Pass Wind Resource Area. Period of performance: March 1998 - December 2000. NREL/SR-500-33829.
- Trapp, H., Fabian, D., Förster, F., & Zinke, O. (2002). Fledermausverluste in einem Windpark. *Naturschutzarbeit in Sachsen*, 44, 53-56.
- Traxler, A., Wegleiter, S., & Jaklitsch, H. (2004). Vogelschlag, Meideverhalten & Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen Prellenkirchen - Obersdorf - Steinberg/Prinzendorf. Biome, Gerasdorf.
- Ugoretz, S. (2001). Avian Mortalities at Tall Structures. In *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting IV* (ed PNAWPPM-IV), pp. 165-166. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., Susan Savitt Schwartz, Carmel, California.
- van der Winden, J., Spaans, A.L., & Dirksen, S. (1999). Nocturnal collision risks of local wintering birds with wind turbines in wetlands. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 33-38.
- Vierhaus, H. (2000). Neues von unseren Fledermäusen. *ABU Info*, 24, 58-60.
- Walter, G. & Brux, H. (1999). Erste Ergebnisse eines dreijährigen Brut- und Gastvogelmonitorings (1994-1997) im Einzugsbereich von zwei Windparks im Landkreis Cuxhaven. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 4, 81-106.
- Winkelman, J.E. (1989). Vogels in het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/15, Arnhem.
- Winkelman, J.E. (1992a). De invloed van de Sepproef Windcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1: aanvaringsslachtoffers. DLO Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (Hrsg.), Arnhem.

- Winkelman, J.E. (1992b). De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 4: verstoring. RIN-rapport92/5, Arnhem.
- Young, D.P., Erickson, W.P., Good, R.E., Strickland, M.D., & Johnson, G.D. (2003a). Avian and bat mortality associated with the initial phase of the Foote Creek Rim Wind-power project, Carbon County, Wyoming. Final report. Western EcoSystems Technology, Inc., Wyoming.
- Young, D.P., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Good, R.E., & Sernka, K.J. (2003b). Comparison of avian responses to UV-light-reflective paint on wind turbines. Western EcoSystems Technology, NREL/SR-500-32840, Cheyenne.

## 10 Anhang

Vogelverluste an WKA in Deutschland und Fledermausverluste an WKA weltweit. Summe der Funde seit 1989 (intensivere Suche ab 2002). Daten aus Archiv Staatliche Vogelschutzwarte, LUA Brandenburg, T. Dürr, Mitteilung vom 24.10.2006.

<b>Vogelverluste an Windenergieanlagen in Deutschland</b>															
Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte															
im Landesumweltamt Brandenburg															
zusammengestellt: Tobias Dürr; Stand vom: 16. Oktober 2006															
		Bundesland											ges.		
Art		BB	SAH	SN	TH	MVP	SH	NDS	HB	NRW	HS	SL	BW		
Gavia stellata	Sternaucher								1					1	
Phalacrocorax carbo	Kormoran								2					2	
Ciconia ciconia	Weißstorch	4				3	1						1	9	
Ciconia nigra	Schwarzstorch										1			1	
Cygnus cygnus	Singschwan						1							1	
Cygnus olor	Höckerschwan	2	1			1	1	5						10	
Anser anser	Graugans							1						1	
Anser fabalis	Saatgans			1										1	
Anser albifrons	Blässgans	1												1	
Anser fabalis / albifrons	Saat-/Blässgans	1	1											2	
Branta leucopsis	Weißwangengans						6							6	
Tadorna tadorna	Brandgans								1					1	
Anas crecca	Krickente								1					1	
Anas platyrhynchos	Stockente	3		1			6	1	2					13	
Anas clypeata	Löffelente						1							1	
Aythya fuligula	Reiherente							1						1	
Haliaeetus albicilla	Seeadler	4	2			9	8	1						24	
Milvus milvus	Rotmilan	33	22	8	3	1		2		1	6			76	
Milvus migrans	Schwarzmilan	6		1										7	
Accipiter gentilis	Habicht	2		1										3	
Accipiter nisus	Sperber	1		1										2	
Buteo buteo	Mäusebussard	37	14	3	2		1	4		1	1	1		64	
Buteo lagopus	Rauhfußbussard		1											1	
Circus aeruginosus	Rohrweihe	1												1	
Circus pygargus	Wiesenweihe									1				1	
Falco subbuteo	Baumfalke	2												2	
Falco columbarius	Merlin	1												1	
Falco tinnunculus	Turmfalke	7	7	1						1				16	
Falconiformes spec.	Greifvogel spec.	1												1	
Perdix perdix	Rebhuhn	1												1	
Phasianus colchicus	Fasan	1	1					1	1					4	
Fulica atra	Bläsralle					3	1							4	
Haematopus ostralegus	Austernfischer						2	1						3	
Pluvialis apricaria	Goldregenpfeifer		2				8							10	
Vanellus vanellus	Kiebitz						3							3	
Gallinago gallinago	Bekassine						1							1	
Larus ridibundus	Lachmöwe	4					12	2	2					20	
Larus argentatus	Silbermöwe						12	2	1					15	
Larus fuscus	Heringsmöwe							1						1	
Larus canus	Sturmmöwe	3					6	2	2					13	
Chlidonias niger	Trauerseeschwalbe						1							1	
Uria aalge	Trottellumme								1					1	
Columba livia f. domestica	Haustaube	14			1		2							17	
Columba oenas	Hohltaube	3												3	
Columba palumbus	Ringeltaube	14	2											16	
Tyto alba	Schleiereule	1												1	
Asio otus	Waldohreule	1												1	
Asio flammea	Sumpfohreule	2												2	
Bubo bubo	Uhu				2					3			1	6	
Cuculus canorus	Kuckuck	1												1	
Apus apus	Mauersegler	11	2	1						1			2	17	
Apus melba	Alpensegler												1	1	
Apus spec.	Segler spec.												1	1	
Picus viridis	Grünspecht	1												1	
Dendrocopos major	Buntspecht	1												1	
Nonpasseriformes spec.		1												1	
														397	



Art		Bundesland											ges.				
		BB	SAH	SN	TH	MVP	SH	NDS	HB	NRW	HS	SL			BW		
<i>Alauda arvensis</i>	Feldlerche	19			3											22	
<i>Lullula arborea</i>	Heidelerche	1														1	
<i>Eremophila alpestris</i>	Ohrenlerche						1									1	
<i>Anthus trivialis</i>	Baumpieper	1														1	
<i>Hirundo rustica</i>	Rauchschwalbe	3					1									4	
<i>Delichon urbica</i>	Mehlschwalbe	3											3			6	
<i>Motacilla alba</i>	Bachstelze	1														1	
<i>Motacilla flava</i>	Schafstelze	1														1	
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Zaunkönig	1														1	
<i>Acrocephalus palustris</i>	Sumpfrohrsänger							1								1	
<i>Hippolais polyglotta</i>	Orpheusspötter												1			1	
<i>Sylvia curruca</i>	Klappergrasmücke	1														1	
<i>Sylvia atricapilla</i>	Mönchsgrasmücke	2														2	
<i>Regulus regulus</i>	Wintergoldhähnchen	2			1					1						4	
<i>Regulus ignicapillus</i>	Sommergoldhähnchen	1														1	
<i>Regulus spec.</i>	Goldhähnchen spez.												1			1	
<i>Ficedula hypoleuca</i>	Trauerschnäpper	3														3	
<i>Saxicola rubetra</i>	Braunkehlchen	1														1	
<i>Erithacus rubecula</i>	Rotkehlchen	2														2	
<i>Turdus pilaris</i>	Wacholderdrossel	1	1													2	
<i>Turdus philomelos</i>	Singdrossel	1														1	
<i>Turdus iliacus</i>	Rotdrossel						1									1	
<i>Turdus merula</i>	Amsel	2	1													3	
<i>Parus major</i>	Kohlmeise	1														1	
<i>Emberiza calandra</i>	Grauammer	13														13	
<i>Emberiza citrinella</i>	Goldammer	6		1												7	
<i>Carduelis chloris</i>	Grünfink	2														2	
<i>Carduelis flavirostris</i>	Berghänfling						1									1	
<i>Fringilla coelebs</i>	Buchfink	2	1		1											4	
<i>Passer montanus</i>	Feldsperling	2														2	
<i>Passer domesticus</i>	Haussperling	1														1	
<i>Sturnus vulgaris</i>	Star	11	1	1	1		3									17	
<i>Lanius collurio</i>	Neuntöter	1														1	
<i>Garrulus glandarius</i>	Eichelhäher	2														2	
<i>Pica pica</i>	Elster		1													1	
<i>Corvus corax</i>	Kolkrabe	10														10	
<i>Corvus frugilegus</i>	Saatkrähe		1													1	
<i>Corvus corone</i>	Aaskrähe	6									1					7	
<i>Corvus spec.</i>	Krähe spez.	1						1								2	134
		257	61	20	14	17	80	26	14	9	9	1	11			517	

BB = Brandenburg, SAH = Sachsen-Anhalt, SN = Sachsen, TH = Thüringen, MVP = Mecklenburg-Vorpommern,  
SH = Schleswig-Holstein, NDS = Niedersachsen, HB = Hansesatdt Bremen, NRW = Nordrhein-Westfalen, HS = Hessen,  
SL = Saarland, BW = Baden-Württemberg

## Fledermausverluste an Windenergieanlagen

Zusammengestellt: Tobias Dürr, Landesumweltamt Brandenburg - Ref. Ö2 / Staatliche Vogelschutzwarte, Buckower Dorfstraße 34, D-14715 Nennha  
 e-mail: torsten.langgemach@lua.brandenburg.de; FAX: 033878-60600

(Stand vom 22. September 2006)

Art	BB	SAH	SN	TH	MVP	SH	NDS	NRW	RP	HS	BW	SL	BY	ges.	ESP	POR	A	FRA	SWE	
<i>Myctalus noctula</i>	110	2	29	4	6	5		3					1	160	1			3	3	1
<i>Nyctalus lasiopterus</i>														0	1					
<b>N. leisleri</b>	9	2	3	1			3				16			34	1					
<i>Eptesicus serotinus</i>	6		3		1	1	2				1			13	1					
<b>E. nilssonii</b>			1											1						8
<i>Vespertilio discolor</i>	7		7	5					1	2				22						1
<i>Myotis myotis</i>														0	1					
<b>M. dasycneme</b>						1								1						
<b>M. daubentonii</b>	1				1	1								3						
<b>M. brandtii</b>														1						
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	22	2	13	4		6	1	3			101			152	1				2	1
<b>P. nathusii</b>	65	4	33	11	1	9	1	1						126				1	30	5
<b>P. pygmaeus</b>	6			1										7						1
<i>P. kuhlii</i>														0	1					
<i>Pipistrellus</i> spez.	3					1					4			8						4
<i>Hypsugo savii</i>														0	3					
<b>Plecotus auriacus</b>	5		1											6						1
<b>Plecotus auritus</b>				1	1									2						
<i>Tadarida teniotis</i>														0					1	
<i>Miniopterus schreibersi</i>														0	1					
<i>Chiroptera</i> spez.	2	2	2	1				2		1				10	14				1	30
<i>Lasius cinereus</i>																				
<i>L. borealis</i>																				
<i>Lasionycteris noctivagans</i>																				
<i>Eptesicus fuscus</i>																				
spez. ?																				
<i>Myotis luciferus</i>																				
<i>M. septentrionalis</i>																				
<i>M. evotis</i>																				
<i>M. spec.</i>																				
<i>Pipistrellus subflavus</i>																				
<i>Tadarida brasiliensis</i>																				
<i>Tadarida australis</i>																				
<i>Chalinolobus morio</i>																				
<b>gesamt:</b>	<b>236</b>	<b>13</b>	<b>92</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>125</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>546</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>47</b>	

BB = Brandenburg, SAH = Sachsen-Anhalt, SN = Sachsen, TH = Thüringen, MVP = Mecklenburg-Vorpommern, SH = Schleswig-Holstein, NDS = Niedersachsen, NRW = Nordrhein-Westfalen, RP = Rheinland-Pfalz, HS = Hessen, BW = Baden-Württemberg, SL = Saarland, BY = Bayern  
 ESP = Spanien, POR = Portugal, A = Österreich, FRA = Frankreich, SWE = Schweden, USA = United States of America, AUS = Australien