

---

# **Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen**

**Endbericht  
März 2005**



**Thomas Grünkorn  
Ansgar Diederichs  
Britta Stahl  
Dörte Poszig  
Georg Nehls**

**Im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein**

---

Alte Landstr. 2  
25875 Hockensbüll  
Tel.: 04841-7709958  
Fax: 04841-871069  
Email: [info@BioConsult-SH.de](mailto:info@BioConsult-SH.de)

## Inhalt

1 Einleitung .....	3
2 Lage und Charakterisierung der untersuchten Windparks .....	4
3 Einzelbausteine der Untersuchungen zum Vogelschlag an Windenergieanlagen.....	6
3.1 Ermittlung der Fallkurve .....	6
3.2 Experimente zur Auffindrate .....	9
3.3 Experimente zur Verweildauer .....	21
3.4 Suche von Kollisionsopfern.....	32
3.5 Berechnung der Kollisionsrate .....	53
3.6 Diskussion .....	56
4 Radaruntersuchungen des nächtlichen Vogelzuges.....	59
5 Vogelschlag am Sendemast Puan Klent/Sylt und am Leuchtturm Westerhever .....	81
6 Abschließende Diskussion und Empfehlungen.....	83
7 Zusammenfassung.....	87
9 Anhang .....	92

# 1 Einleitung

Schleswig-Holstein nimmt aufgrund seiner geografischen Lage zwischen Nord- und Ostsee eine wichtige Position im Vogelzuggeschehen Europas ein. Der Zug zwischen skandinavischen Brutgebieten und südlichen Winterquartieren wie auch der Zug von Wasservögeln zwischen Nord- und Ostsee überquert Schleswig-Holstein auf unterschiedlichen Routen. Im Frühjahr und Herbst halten sich zudem individuenreiche Rastvogelansammlungen in Schleswig-Holstein auf, wobei den Marschen und Niederungen im Westen des Landes ein hohe Bedeutung zukommt. Vor diesem Hintergrund wird hinsichtlich des starken Ausbaus der Windenergienutzung in Schleswig-Holstein, insbesondere im Westen des Landes, die Frage diskutiert, ob Windenergieanlagen (WEA) zu einer Gefährdung von Zug- und Rastvögeln führen, da die Vögel mit den Anlagen kollidieren könnten. Neben dem Neubau von WEA werden aktuell viele ältere kleine Anlagen durch neue größere Anlagen ersetzt (Repowering). In diesem Zusammenhang wird die Frage gestellt, ob das Vogelschlagrisiko bei höheren Anlagen ansteigt, zumal in Schleswig-Holstein bislang nur ausnahmsweise Anlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 100 m genehmigt worden sind.

Kollisionen von Vögeln mit WEA werden durch Funde toter Vögel unter den Anlagen nachgewiesen. Die Anzahl der festgestellten Kollisionen ist meist gering – in einer bundesweiten Kartei über Kollisionsopfer in Deutschland waren im November 2004 lediglich 269 Opfer aufgeführt (HÖTKER et al. 2004) – doch ist die Aussagefähigkeit der Daten Gegenstand teils heftiger Diskussion. Die meisten Funde beruhen nicht auf systematischen Untersuchungen und es besteht die Gefahr, dass die Angaben die tatsächliche Anzahl von Kollisionen unterschätzen, da bei den Kontrollen nicht alle Opfer gefunden werden. Als Fehlerquellen werden vor allem Prädatoren angeführt, die Kollisionsopfer entfernen bevor diese gefunden werden, und, dass Opfer bei den Kontrollen schlicht übersehen werden. Beide Faktoren sind ernst zu nehmende Fehlerquellen, die bei Untersuchungen zu den Kollisionsraten an Windkraftanlagen, aber in gleicher Weise an Freileitungen, Gebäuden, Straßen oder anderen technischen Bauwerken, zu berücksichtigen sind. Vor allem in amerikanischen Studien, die sich dort mit den gleichen Fragestellungen beschäftigt haben, werden diese beiden Fehlerquellen seit längerem berücksichtigt (u. a. ANDERSON et al. 1999, MORRISON 2002).

Das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein hat BioConsult SH im Rahmen einer öffentlichen Ausschreibung 2004 damit beauftragt, eine Methode für die Erfassung von Kollisionsopfern an WEA zu entwickeln, mit der eine repräsentative Untersuchung in bestehenden Windparks auch unter dem Gesichtspunkt unterschiedlicher Anlagenhöhen möglich ist. Aufgabe der Untersuchung ist es, Fehlerquellen bei der Kontrolle der Windparks zu bestimmen und Korrekturfaktoren zu ermitteln. Diese dienen dabei nicht dazu, generelle Werte für Untersuchungen an WEA zu ermitteln, sondern insbesondere Grundlagen für die künftige Vorgehensweise zu erarbeiten. Das Projekt beinhaltet neben der Ermittlung der Fehlerquellen umfangreiche Kontrollen in Windparks an der Westküste Schleswig-Holsteins, sowie begleitende Radaruntersuchungen zum nächtlichen Vogelzug.

## 2 Lage und Charakterisierung der untersuchten Windparks

Die Untersuchungen erfolgten in insgesamt sieben Windparks in der nordfriesischen Marsch im Westen Schleswig-Holsteins (Abb. 1 und Tab. 1). Die Auswahl der Gebiete und die der innerhalb dieser Gebiete untersuchten WEA erfolgte so, dass die Flächen geeignete Vegetationsstrukturen aufwiesen, erreichbar und begehbar waren. Das Betreten der landwirtschaftlichen Flächen wurde mit den Windparkbetreibern und den Landeigentümern abgesprochen.

Alle Gebiete wurden fast ausschließlich ackerbaulich genutzt, wobei Getreideflächen dominierten. Wir fanden im Untersuchungszeitraum anfänglich einen größeren Anteil von Getreidestoppelfeldern vor. Im Verlauf der Untersuchung wurden die meisten Flächen gepflügt, geeggt und neu eingesät. Das keimende und aufwachsende Wintergetreide hat bis zum Ende der Untersuchung Mitte November einen Bedeckungsgrad der Vegetation von 10 % nicht überschritten. Für die Suche von Kollisionsopfern waren damit über einen langen Zeitraum überwiegend sehr gut bis gut geeignete Flächen anzutreffen. Rapspflanzen konnten dagegen schon im Oktober 20 bis 30 cm aufgewachsen sein und damit einen Deckungsgrad von über 30 % bis zu annähernd 100% erreicht haben.

Die drei Windparks Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog, Breklumer und Simonsberger Koog wurden regelmäßig in etwa fünftägigem Abstand von Anfang September bis Mitte November kontrolliert. In weiteren Windparks haben wir mit Unterstützung von studentischen Hilfskräften der Universität Hamburg vier Kontrollen durchgeführt. Einzelheiten zum Datum der Untersuchung und zum Streckenaufwand und die Lage der WEA in den einzelnen Untersuchungsgebieten werden im Kapitel 3.4 (Methode der Suche von Kollisionsopfern) beschrieben.

Die Experimente zur Auffindrate und zur Verweildauer wurden in den Windparks im Simonsberger (6) und Breklumer (5) Koog durchgeführt.



Abb. 1: Lage der in Nordfriesland untersuchten Windparks.

Tab. 1: Anzahl, Hersteller und Gesamthöhe der in den einzelnen Windparks untersuchten WEA.

Nr. in Karte	Koog	Anzahl WEA	Hersteller/Typ	ca. Gesamthöhe
1	Fried. -W .- Lübke-Koog	13	Vestas 80	100 m
2	Bosbüll	4	HSW 1000	82 m
3	Marienkoog	15	Nordtank, AN Bonus, E 33	47 und 53 m
4	Reussenköge mit:			
	Luisenkoog	1	E 66 oder V 80	100 m
	Sterdebüll	10	Tacke	50 m
	Sönke-Nissen-Koog	6	E 66 und V 80	100 m
5	Breklumer Koog	11	Enercon 66	100 m
6	Simonsberger Koog	2	Vestas 80	120 m
		11	Enercon 40	63 m
7	Uelvesbüller Koog	4		100 m
	alle Gebiete	77		

## 3 Einzelbausteine der Untersuchungen zum Vogelschlag an Windenergieanlagen

### 3.1 Ermittlung der Fallkurve

Ziel der experimentellen Bestimmung von Fallkurven verschiedener Vogelkörper war es festzustellen, in welcher Entfernung von Windenergieanlagen mit Kollisionsopfern zu rechnen ist und so den Suchraum unter den Anlagen einzugrenzen.

#### Methode und Ergebnisse

Wir haben am 14. September 2004 Versuche zur Flugbahn von toten Vogelkörpern in einem Windpark bei Bohmstedt/NF durchgeführt. Dabei haben wir von einer WEA in 55 m Höhe, aus einer nach oben geöffneten Gondel (entspricht etwa der Nabenhöhe), Körper unterschiedlicher Vogelarten (Rauchschwalbe 20 g bis Silbermöwe 1.000 g) fallengelassen und die Entfernung der Funde zur WEA mit einem Maßband gemessen. Es liegen insgesamt 18 Entfernungsmessungen unterschiedlicher Vögel vor (Tab. 2). Am Untersuchungstag herrschte eine Windstärke von etwa 10 m/s (Bft 5-6). Die Entfernung der Funde vom Mastfuß war von der Vogelmasse abhängig (Abb. 2 und Tab. 3). Alle Vogelkörper landeten innerhalb des Radius, der durch die Fallhöhe (= Nabenhöhe) bestimmt wird.

Tab. 2: Entfernung von Vogelkörpern zur WEA (freier Fall aus 55 m Höhe bei 5 Bft Windstärke).

Art	1. Versuch Entfernung [m]	2. Versuch Entfernung [m]	Mittelwert Entfernung [m]
Rabenkrähe	10.0		10.0
Silbermöwe	16.3	14.9	15.6
Star	18.0	24.5	21.3
Steinwälzer	20.0	23.3	21.7
Rauchschwalbe	32.0	31.2	31.6
Kernbeißer	32.0		32.0
Amsel	36.0	29.0	32.5
Alpenstrandläufer	33.0	33.0	33.0
Hausperling	39.0	39.2	39.1
Grünling	41.0		41.0
Minimum			10.0
Maximum			41.0
Mittelwert			<b>27.8</b>

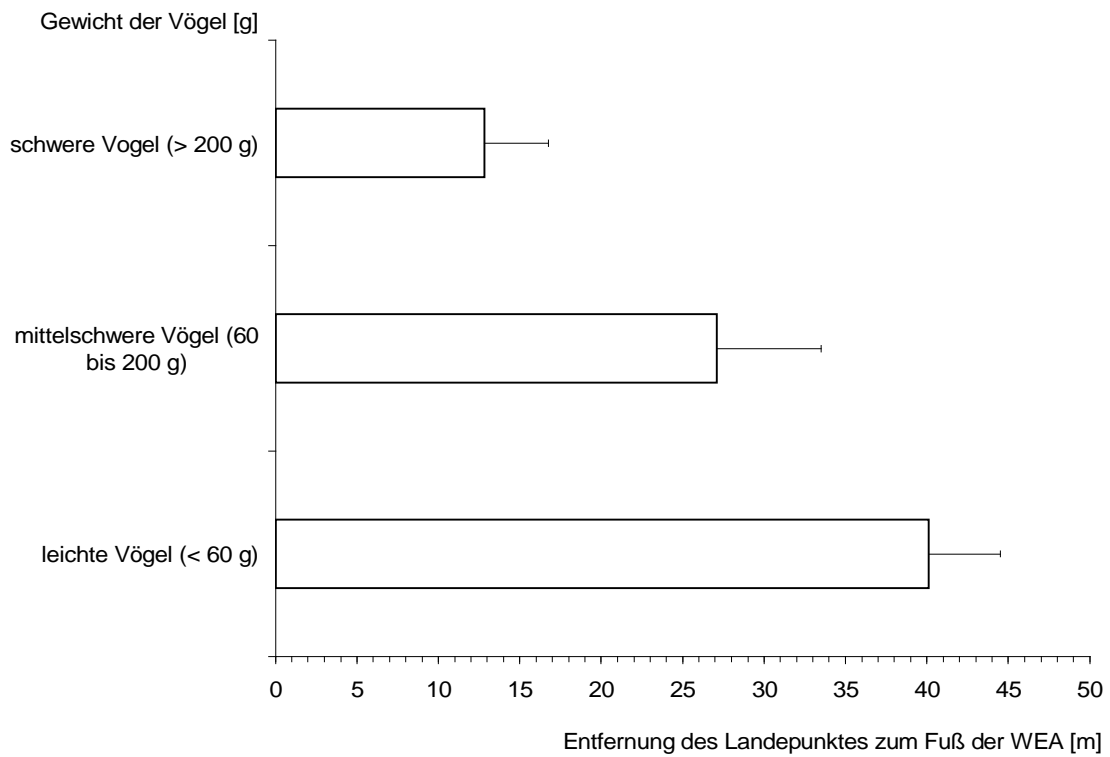


Abb. 2: Vogelgewichte und Flugweite (freier Fall aus 55 m Höhe bei 5 Bft Windstärke).

Tab. 3: Artenspektrum und Größenklasse der Vögel der Experimente zur Fallkurve.

Größe 1	Größe 2	Größe 3
< 60 g	60 bis 200 g	> 200 g
Alpenstrandläufer	Amsel	Rabenkrähe
Grünling	Star	Silbermöwe
Hausperling	Steinwälzer	
Kernbeißer		
Rauchschwalbe		

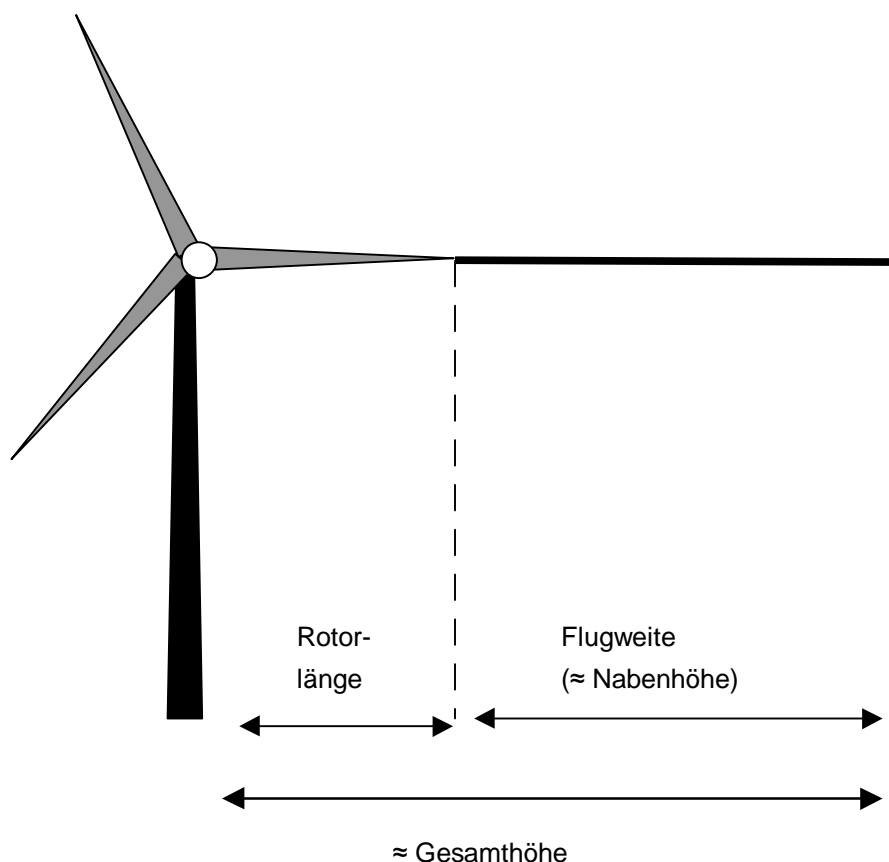


Abb. 3: Ableitung des Suchkreises aus den Experimenten zur Fallkurve.

### Diskussion

Die vorherrschende Windstärke von fünf bis sechs Beaufort hat die Verdriftung unterschiedlich schwerer Vögel in Bezug zur Fallstrecke beschrieben. Die maximale Entfernung eines Kleinvogels entsprach mit 41 m 75% der Fallhöhe von 55 m. Dies erlaubt die Eingrenzung des notwendigen Suchradius nach Kollisionsoptionen um die Windenergieanlagen. Da Kollisionen auch bei größeren Windstärken erfolgen können, empfehlen wir, den vollen Radius der maximalen Fallhöhe als Suchradius unter den WEA festzulegen. Dazu muss zu der Nabenhöhe die Flügellänge (Radius des von den Flügeln bestrichenen Kreises) addiert werden, um den benötigten Radius für die unter den WEA abzusuchende Fläche zu erhalten (Abb. 3). Dieser Suchradius entspricht damit der Gesamthöhe der Anlagen und beträgt für die neueren Anlagen (E 66 und V 80) 100 und 120 m und für die älteren Anlagen (E 33 und E 40, AN Bonus 450, HSW 1000 und Tacke) 50 bis 80 m. Wir haben den Radius der Anlagenhöhe bei den folgenden Untersuchungen als abzusuchende Mindestfläche angenommen. Dies wurde auch von GAUTREUX (1996) empfohlen, jedoch folgen nicht alle Untersuchungen diesem Vorschlag.



### 3.2 Experimente zur Auffindrate

Bei der Erfassung von Objekten im Gelände entlang einer Grundlinie wird davon ausgegangen, dass nicht 100 % der tatsächlich vorhandenen Objekte gefunden werden (line transect sampling, BUCKLAND et al. 2001). Die Auffindrate, also der Anteil der gesehenen Objekte im Verhältnis zu allen vorhandenen, ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Das Ziel dieses Methodenbausteins ist die experimentelle Bestimmung der Auffindrate für drei Faktoren bezogen auf den vierten Faktor Vogelgröße, der in drei verschiedene Größenklassen (kleine, mittelgroße und große Vögel) eingeteilt wird:

eine vom Untergrund abhängige,

eine vom Zähler abhängige und

eine von der Entfernung zur Grundlinie abhängige Auffindrate.

#### Methode

Gut erhaltene (eingefrorene und wieder aufgetaute) Vogelkörper unterschiedlicher Größe (Tab. 4) wurden dazu von einer Person in beide Richtungen entlang einer Grundlinie auf Flächen im Simonsberger und Breklumer Koog verteilt. Auf Tabellen waren Zufallszahlen für die Entfernung von 0 bis 10 (15) Meter, für die Anzahl der Schritte zwischen zwei Würfeln und eine zufällige Abfolge der rechten und linken Seite für den Werfer vorgegeben, so dass eine gleichmäßige Verteilung der Vogelkörper im Suchstreifen gewährleistet sein sollte. Die Position auf der Grundlinie wurde als Wegpunkt im GPS-Logger gespeichert. Auf dem Protokollbogen wurde Wegpunktnummer, Vogelart, Seite und Entfernung zur Grundlinie notiert. Wenn der Untergrund keine Fußspuren hinterließ (z. B. Grünland), wurde die Entfernung abgescritten und der Vogel in vorgegebener Entfernung ausgelegt. Um die Aufmerksamkeit der suchenden Personen aber nicht durch von der Grundlinie abzweigende Fußspuren zu beeinflussen, wurden die Kadaver auf den meisten Flächen geworfen und später beim Einsammeln die genaue Entfernung zur Grundlinie mit einem Maßband gemessen. Die Suche der experimentell ausgelegten Vogelkörper erfolgte zeitnah entlang der Grundlinie durch mehrere Personen nacheinander.

Tab. 4: Artenspektrum und Größenklasse der Vögel der Experimente zur Auffindrate.

<b>klein</b> (< 60 g)	<b>mittelgroß</b> (60 bis 200 g)	<b>groß</b> (> 200 g)
Alpenstrandläufer	Amsel	Brandgans
Eintagsküken	Goldregenpfeifer	Eiderente
Feldsperling	Knutt	Eissturmvogel
Haussperling	Rotkehlchen	Lachmöwe
Kernbeißer	Rotschenkel	Löffelente
Rauchschwalbe	Steinwälzer	Nonnengans
Star	Trauerseeschwalbe	Rabenkrähe
Steinschmätzer		Reiherente
		Ringeltaube
		Silbermöwe
		Stockente
		Sturmmöwe
		Trottellumme

Wir haben in den Windparks Simonsberger und Breklumer Koog insgesamt zehn Experimente zur Auffindrate von ausgelegten Vogelkörpern unterschiedlicher Arten durchgeführt. Dabei wurden 24 bis 76 (im Mittel 37) Vögel pro Suchstrecke ausgelegt, die von zwei bis fünf Personen gesucht wurden. Wir haben insgesamt 38 Auffindversuche (Anzahl der Sucher x Zahl der Suchstrecken) durchgeführt (Tab. 5). Sechs Personen haben mindestens vier Mal eine Auffindrate bestimmt.

Die Experimente zur Auffindrate wurden über den gesamten Zeitraum der Suche nach Kollisionsoffern verteilt durchgeführt. Ziel war es, genügend Experimente auf den verschiedenen Vegetationsstadien der Äcker im Herbst durchzuführen. Da sowohl die Vegetationsbedeckung zwischen 0% (frisch geegter Acker) und annähernd 100 % (z. B. Rapsflächen Ende Oktober) als auch die Vegetationshöhe zwischen 0 und 50 cm starke Variationen aufwies, haben wir Untergrunds- (= Vegetations) klassen gebildet. Zur Charakterisierung der Flächen schätzten wir den Grad der mittleren Vegetationsbedeckung und fassten folgende Einheiten zusammen:

- frisch gepflügter und geegter Acker ohne Vegetation, gekeimter Raps und bis zu 10 cm aufgewachsenes Wintergetreide (Klasse 1, Vegetationsbedeckung bis 10 %).
- aufwachsende Raps- und Stoppelfelder ohne Unterwuchs; (Klasse 2, Vegetationsbedeckung zwischen 10 % und 30 %).
- höherer Raps, Stoppelfelder mit Unterwuchs und Zuckerrüben (Klasse 3, Vegetationsbedeckung über 30 %)
- Grünland (Klasse 4).

## **Ergebnisse**

Bei den Experimenten erzielten wir Auffindraten zwischen 6% und 86%, wobei sich die Werte vor allem im Bezug auf die Struktur der Flächen unterschieden.

### Faktor Untergrund

Die zehn durchgeführten Experimente wurden auf zehn unterschiedlichen Untergründen durchgeführt. Der Untergrund Grünland (Experiment 5 in Tab. 5) kam in den von uns auf Kollisionsoffer hin untersuchten Windparks nicht vor. Die Auffindrate wurde im Grünland einmal exemplarisch ermittelt, um Anhaltspunkte für die Eignung dieser Flächen für etwaige spätere Untersuchungen zu erhalten.

Die Ergebnisse zeigen, dass für Grünland eine eigene Auffindrate auf ermittelt werden sollte. Auf dem zu 100 % mit kurzer durchschnittlich 20 cm hoher Vegetation bedeckten Grünland wurden im Mittel 46 % der ausgebrachten Vogelkörper wieder gefunden (n = 112, Tab. 6). Für die Bestimmung einer gesicherten Auffindrate für diese Klasse müsste jedoch die Anzahl der Versuche erhöht werden.

Experimente 4 und 10 (Tab. 5) wurden ausschließlich mit braun eingefärbten Eintagsküken durchgeführt. In Experiment 9 wurden zusätzlich zu den 33 Wildvögeln auch 27 braun gefärbte Eintagsküken ausgebracht. Da sich trotz der Einfärbung diese Küken wesentlich von kleinen Wildvögeln (Drosseln, Finken, u. a.) unterschieden und viel auffälliger waren (z. B. helle Beine), betrachten wir die Experimente 4 und 10 getrennt von den weiteren

Experimenten. Bei Experiment 9 haben wir für weitere Berechnungen zwischen einer Auffindrate von Küken und von Wildvögeln unterschieden.

Damit konnten wir von insgesamt sieben Experimenten (1 bis 3, 6 bis 9) die Untergründe zu zwei Vegetationsklassen zusammenfassen (Tab. 5):

Bei den Versuchen Nr. 1, 2, 8 und 9 war die Vegetationsbedeckung bis zu 10% (Klasse 1). Die Versuche 3, 6 und 7 führten wir auf einer Vegetationsbedeckung von über 30 % durch (Abb. 4, Klasse 3). Experimente auf Flächen mit einer Vegetationsbedeckung zwischen 10 % und 30 % fehlen (Klasse 2). Die Abschätzung der Auffindrate auf dieser Vegetationsklasse erfolgte daher durch Interpolation zwischen den Klassen 1 und 3.

Tab. 5: Parameter der Experimente zur Ermittlung der Auffindrate (zeitliche Reihenfolge der Experimente, Vogelarten: A = Artenspektrum, K = Küken).

Nr.	Windpark	Datum	Nutzung	Höhe [cm]	Deckung [%]	Vögel [n]	Sucher [n]	Vogelarten
1	Brekl.	24.09.04	Raps	5	10	24	4	A
2	Brekl.	22.10.04	Wintergetreide	10	10	29	5	A
3	Brekl.	11.11.04	Raps	30	75	30	4	A
4	Brekl.	11.11.04	Wintergetreide	10	5	76	4	K
5	Brekl.	11.11.04	Grünland	10-30	(100)	28	4	A
6	Simonsb.	23.09.04	Raps	10-20	30	27	4	A
7	Simonsb.	23.09.04	Stoppelfeld	20	30	27	3	A
8	Simonsb.	29.09.04	Ackerschollen	0	0	30	2	A
9	Simonsb..	15.10.04	Wintergetreide	2	0	33 (+ 27)	4	A (+ K)
10	Simonsb.	15.10.04	Stoppelfeld	20	40	36	4	K
<b>Aufwand</b>		<b>n =10</b>				<b>Σ 367, Ø 37</b>	<b>38</b>	



Abb. 4: Schlechte Erkennbarkeit ausgelegter Vogelkörper in Vegetationsklasse 3 (Experiment 10, Bedeckung über 30 %).

Die Auffindraten unterschieden sich signifikant zwischen den einzelnen Versuchen (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Diese deutlichen Unterschiede zwischen den Versuchen sind auf die unterschiedliche Vegetationsbedeckungen zurückzuführen. Die mittlere Auffindrate auf den Flächen mit nur wenig Vegetation (Klasse 1) beträgt 72 % ( $\pm 14$  %,  $n = 15$ ). Dagegen ist es wesentlich schwieriger, Vögel auf den Flächen mit dichter Vegetation (Klasse 3) zu finden und die mittlere Auffindrate sinkt auf durchschnittlich 25 % ( $\pm n = 11$ ).

#### Faktor Zähler

Der Unterschied zwischen den Zählern war nicht signifikant (ANOVA,  $p > 0,05$ ): die Differenz zwischen der minimalen und maximalen Auffindrate betrug im Mittel 11 % ( $\pm 6$  %, Tab. 6). Daher konnten wir eine mittlere Auffindrate für an den Experimenten beteiligten Personen berechnen. Da diese Personen auch mit über 90 % an dem Suchaufwand unter den WEA beteiligt waren, übertrugen wir dieses Ergebnis auf alle an diesem Projekt beteiligte Personen.

Tab. 6: Auffindrate der jeweiligen Zähler (Parameter des Experiments siehe gleiche Nummer in Tab. 5).

Nr.	Vögel [n]	verschiedene Zähler									Ø	Rate [%]	Min [%]	Max [%]	Diff.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9						
1	24	12	-	-	14	-	-	15	13	-	14	56	50	63	13	
2	29	24	24	25	20	20	-	-	-	-	23	78	69	86	17	
3	30	2	1	-	2	-	2	-	-	-	2	6	3	7	3	
4	76	19	23	-	10	-	17	-	-	-	17	23	13	30	17	
5	28	-	10	-	12	-	13	-	-	16	13	46	36	57	21	
6	27	9	9	6	-	6	-	-	-	-	8	28	22	33	11	
7	27	12	14	-	-	13	-	-	-	-	13	48	44	52	7	
8	30	-	-	17	-	-	-	19	-	-	18	60	57	63	7	
9	60	54	51	50	-	51	-	-	-	-	52	86	83	90	7	
10	36	8	3	7	-	-	4	-	-	-	6	15	11	22	11	
<b>n 10</b>	<b>Σ 367</b>															<b>Ø 11</b>

#### Faktor Entfernung von der Grundlinie

Wir konnten anhand unserer Experimente keine entfernungsabhängige Auffindrate berechnen. Dies hatte mehrere Gründe. Die Grundvoraussetzung für eine Distance-Korrektur der entfernungsabhängigen Entdeckungswahrscheinlichkeit ist die Gleichverteilung der ausgelegten Vogelkörper innerhalb des Suchstreifens.

In Ermangelung einer großen Anzahl tatsächlicher Kollisionsoffer und dem Ausbleiben von größeren Kollisionseignissen am Leuchtturm bei Westerhever und am Sendemast bei Puan Klent standen uns nicht gleich viele tote Vögel für jede Größenklassen zur Verfügung. Das führte dazu, dass (subjektiv begründet) die wenigen kleinen Vögel eher nah zur Grundlinie und die wenigen großen Vögel eher weit von der Grundlinie weg geworfen wurden.

Eine vorgegebene Zufallsverteilung (s. Anhang: Protokollbogen für Werfer) führt aber nicht automatisch zu einer Gleichverteilung der Objekte im Gelände, was durch den Versuch Nr. 4

gezeigt wird (Tab. 5). In diesem Versuch haben wir mit dunkel eingefärbten Eintagsküken durchgeführt, um die Auffindwahrscheinlichkeit dieser Tiere, der von kleinen Wildvögeln (z. B. Drosseln) anzunähern. Obwohl die Küken nach o. a. Methode zufällig verteilt wurden, konnte keine Gleichverteilung der Vögel in den einzelnen Entfernungsklassen erreicht werden (Abb. 5). Grund dafür ist neben der Schwierigkeit, eine exakte Wurfentfernung zu erreichen, vor allem dass keine ausreichende Anzahl ( $n = 76$ ) ausgebracht wurde, um eine Gleichverteilung zu erhalten.

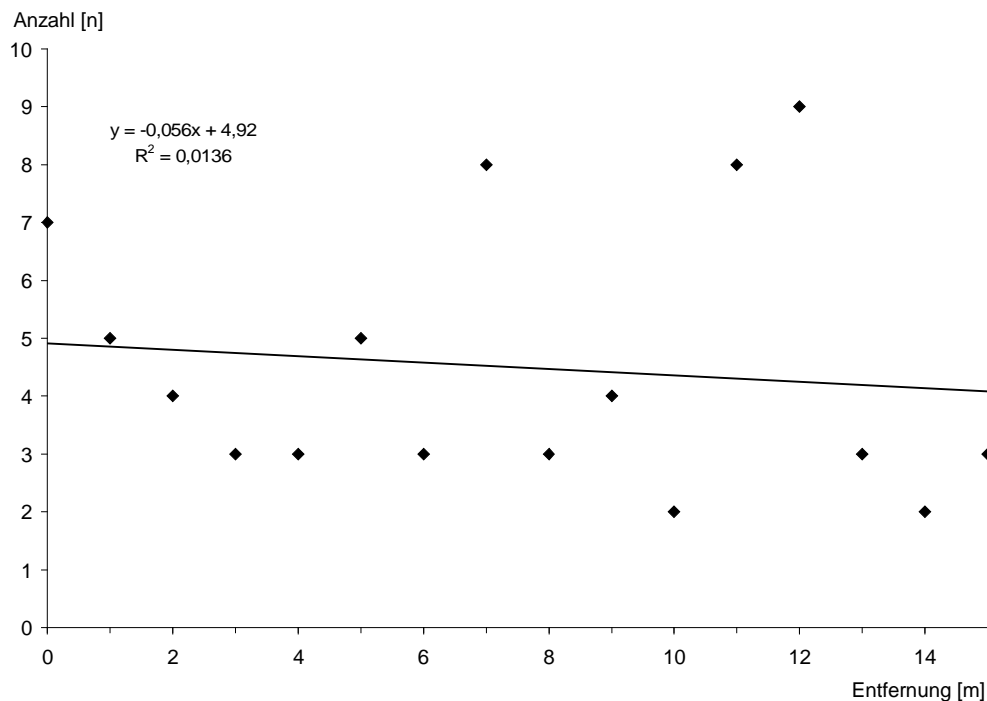
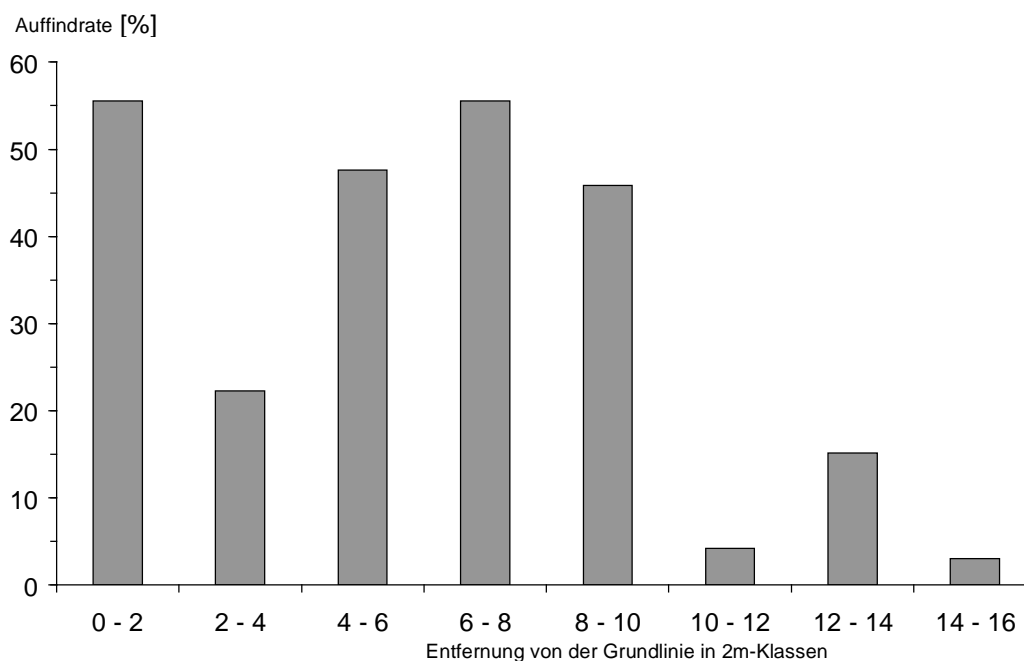


Abb. 5: Verteilung der Küken bis 15 m Entfernung von der Grundlinie in Klassen von einem Meter.

Die Anzahl der Küken in den jeweiligen Entfernungsklassen unterschieden sich zu sehr, um mit Hilfe einer Anpassungsfunktion die mit zunehmender Entfernung abnehmende Auffindwahrscheinlichkeit mit Hilfe der Software DISTANCE zu berechnen (Test nach Kolmogorov-Smirnov,  $p < 0,05$ ).

Trotzdem können wir aus der Anzahl der in einer Entfernungsklasse ausgelegten Vögel und dem Anteil der gefundenen Tiere eine relative Auffindrate pro Entfernungsklasse bestimmen (Abb. 6). Es zeigte sich zwar keine kontinuierliche Abnahme der Auffindrate mit zunehmender Entfernung von der Suchlinie, jedoch zeigt der Versuch, dass bis in eine Entfernung von zehn Metern die durchschnittliche Auffindrate relativ konstant bei 50 % bleibt, ehe sie in größeren Entfernungen schnell auf unter 15 % abfällt. Das Ergebnis bestätigt, dass es durchaus zulässig ist, eine mittlere Auffindrate für einen zehn Meter breiten Streifen zu berechnen.



**Abb. 6:** Auffindrate der Küken bis 15 m Entfernung von der Grundlinie in Klassen von zwei Meter (n = 76 Küken x 4 Beobachter = 304).

Auch bei den anderen Experimenten zeigt sich eine mit zunehmender Entfernung erwartete Abnahme der Auffindrate von Vögeln einer Größenklasse. Die Abnahme der Entdeckungswahrscheinlichkeit ist bei höherer Vegetationsbedeckung stärker (Abb. 7). Die Klasse der großen Vögel (> 200 g) zeigt mit zunehmender Entfernung (bis zu 14 m) bei geringer Vegetationsbedeckung noch keine sinkende Auffindrate, während diese großen Vögel bei aufgewachsener Vegetation in größerer Entfernung zur Grundlinie bereits in größerem Umfang (58 %) übersehen werden.

Da es uns nicht möglich war für zahlreiche Entfernungsklassen Korrekturwerte für unterschiedliche Größenklassen zu berechnen, sollte in einem zweiten Ansatz eine gemittelte Auffindrate pro Größenklasse und abhängig vom jeweiligen Untergrund ermittelt werden. Da der weitaus größte Anteil unserer Kollisionsopfersuche unter den WEA Abstand der Transekte zueinander von 20 Metern durchgeführt wurde, folgt die Notwendigkeit, die Auffindrate für einen zehn Meter breiten Streifen zu bestimmen.

Diese Auffindwahrscheinlichkeit mittelt die in Abb. 7 dargestellte Abnahme der Entdeckungswahrscheinlichkeit der Vogelkörper. Tab. 7 zeigt die Mittelwerte des Anteils gefundener Vögel, wobei die Vegetationsklasse 1 (< 10% Bedeckung) auf vier, die Vegetationsklasse 3 (> 30 % Bedeckung) auf drei Experimenten fußt. Die Werte der mittleren Klasse 10 bis 30% wurden im Gelände nicht untersucht und daher interpoliert. Es zeigte sich, dass abhängig vom Untergrund nur zwischen acht und 44 % der kleinen Vögel, und zwischen 58 % und 100 % der großen Vögel gefunden wurden. Wie zu erwarten liegen zwischen 58 % und 100 % Vögel mittlerer Größe mit Werten zwischen 22 % und 70 % dazwischen.

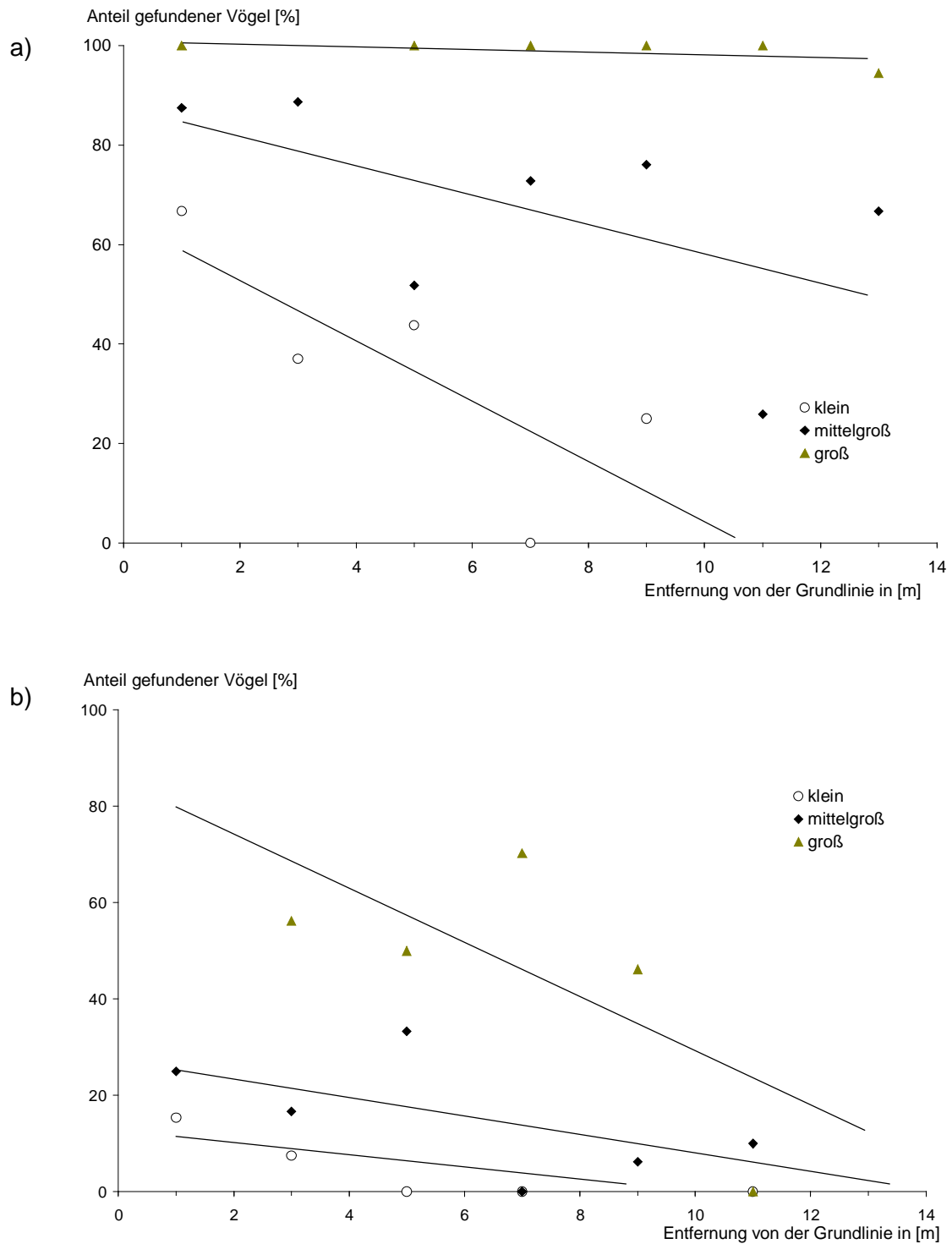


Abb. 7: Abhängigkeit der Entfernung der Auffindrate in 2m -Klassen je Größenklasse der Vögel bei unterschiedlichem Deckungsgrad der Vegetation: a) Vegetationsbedeckung weniger als 10 %, b) Vegetationsbedeckung über 30 %.

Tab. 7: Auffindrate unterschiedlich großer Vogelkörper in Abhängigkeit vom Bedeckungsgrad der Vegetation. Die Werte von 10 bis 30 % wurden interpoliert.

Größenklasse	< 10%	10 bis 30%	> 30%
klein (< 60 g)	0,44	0,26	0,08
mittel (60 bis 200 g)	0,70	0,46	0,22
groß (> 200 g)	1,00	0,79	0,58

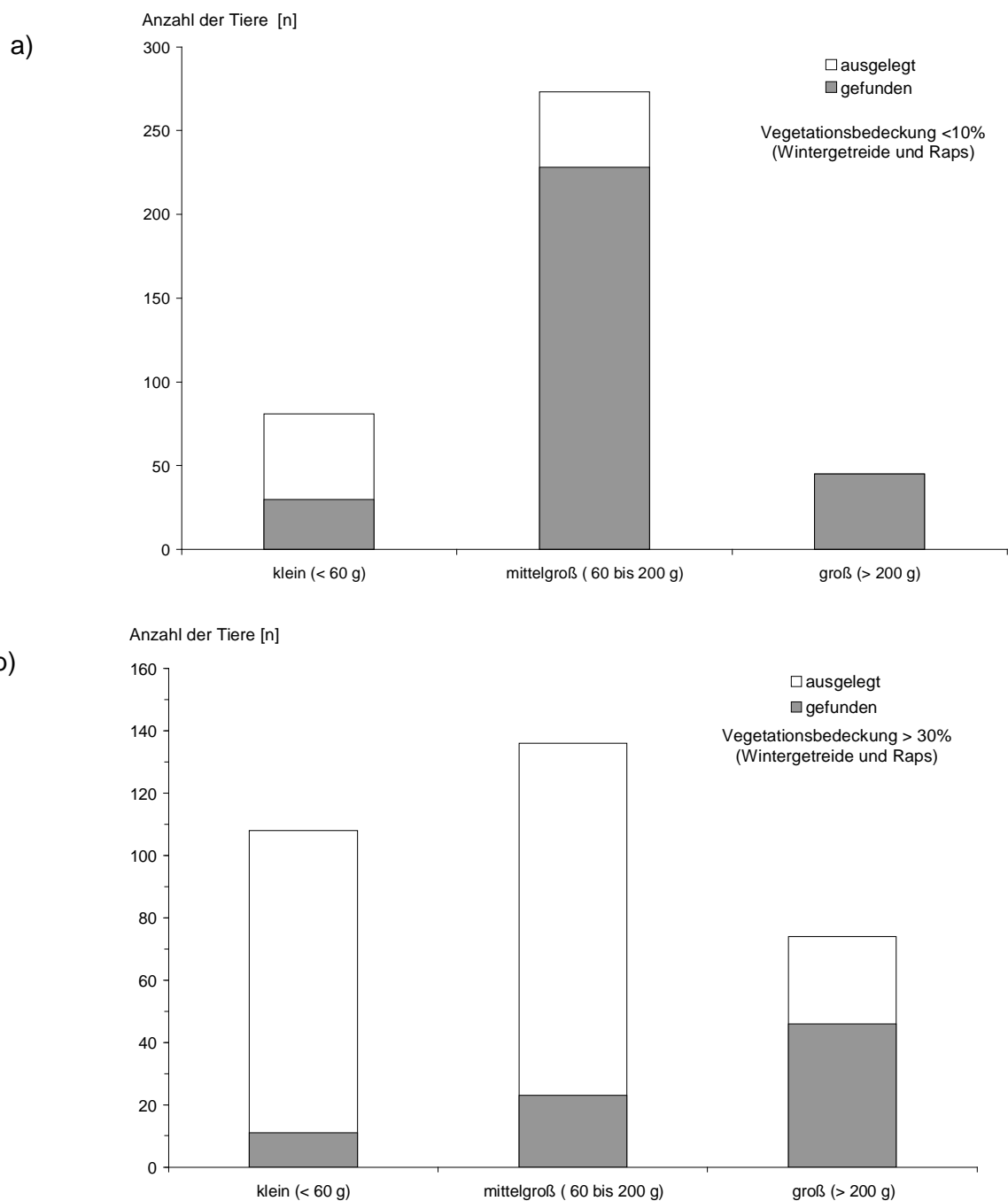


Abb. 8: Anzahl von bis zu einer Entfernung von zehn Meter ausgelegten und gefundenen Vögel nach Größenklassen: a) Vegetationsbedeckung weniger als 10%, b) Vegetationsbedeckung über 30%.



In Abb. 8 wird noch mal zusammenfassend verdeutlicht, dass die Faktoren Vogelgröße und Untergrund einen entscheidenden Einfluss auf die Auffindrate haben. Auf einem Untergrund der Klasse 1 (bis 10 % Bedeckung) sehen wir alle großen Vögel und über 80 % der mittelgroßen Vögel. In dieser Vegetationsklasse werden aber auch bereits weniger als die Hälfte aller Vögel der kleinsten Größenklasse wiedergefunden (44 %).

Entsprechend der schlechteren Sichtbarkeit in stärker aufgewachsenem Flächen sinken diese Werte auf nur noch 8 % bei kleinen Vögel in der Vegetationsklasse 3 und 58 % bei großen Vögeln.

### Diskussion

Wir konnten mit unseren Experimenten zur Auffindrate zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit des Auffindens toter Vögel von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise die Eigenschaften des Vogelkörpers (Größe, Farbe, Ausrichtung, Flügelstellung, Verwesungsgrad), die Eigenschaften des Untergrundes (Kontrast zum Vogel, Vegetationshöhe, Oberflächenrelief), aber auch vielfältige spezielle Suchumstände (Sonnenstand, Niederschlag, Wind). Aus dieser Vielzahl von Faktoren haben wir für vier Parameter eine Fehlerabschätzung durchgeführt: 1. Größe des Vogels, 2. Grad der Vegetationsbedeckung, 3. Einfluss verschiedener Beobachter und 4. die Entfernung zur Suchstrecke. Weitere Faktoren, wie z. B. die Gefiederfärbung wurden von uns nicht weiter betrachtet, obwohl sie einen Einfluss auf die Auffindwahrscheinlichkeit haben. So ist die Wahrscheinlichkeit einen Knutt zu finden, der auf dem Rücken liegt wesentlich höher, als wenn er auf dem Bauch liegt (Abb. 9).



Abb. 9: Offensichtlicher Einfluss der Gefiederfärbung auf die Auffindwahrscheinlichkeit, hier am Beispiel von experimentell ausgelegten Knutts (helles Bauchgefieder, graues Rückengefieder).

Ein weiterer Faktor, der einen Einfluss auf die Auffindwahrscheinlichkeit hat, konnten wir experimentell nachweisen: In einem Versuch zur Auffindrate von Eintagsküken war die Anzahl der gefundenen Vögel vom Sonnenstand abhängig (Abb. 10). Im Rahmen unseres Aufwandes konnten solche Parameter jedoch nicht berücksichtigt werden. Durch eine genügend hohe Anzahl an Experimenten gehen wir vereinfachend davon aus, dass wir im Mittel bei vergleichbaren Bedingungen sowohl die Experimente als auch die tatsächlichen Kollisionsofersuchen durchgeführt haben und dass die genannten zahlreichen Einflussfaktoren keinen systematischen Zählfehler zur Folge haben.

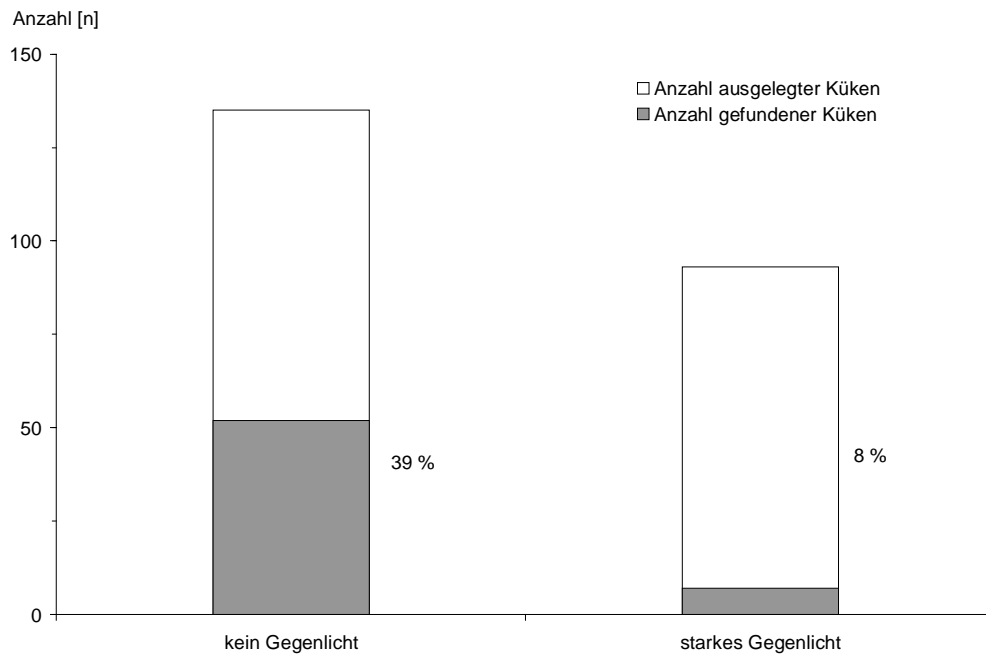


Abb. 10: Einfluss des Sonnenstandes auf die Auffindrate experimentell ausgelegter Eintagsküken

Grundsätzlich gilt, dass ein größerer experimenteller Aufwand mit einer größeren Stichprobe zu genaueren Ergebnissen führt. Im Rahmen des hier möglichen Aufwandes stellen die Ergebnisse jedoch verlässliche Werte dar, die sich gut in bisher publizierte Auffindraten einfügen (MORRISON 2002).

Als Ergebnis dieses Methodenbausteins haben wir eine Auffindrate von Vögeln ermittelt, die in einen zehn Meter breiten Streifen auf beiden Seiten der Suchlinie gefunden werden. Diese Auffindrate wird von zwei der vier von uns untersuchten Faktoren maßgeblich beeinflusst: Vogelgröße und Art des Untergrundes. Daher errechneten wir unterschiedliche Auffindraten für verschiedene Klassen der Vogelgröße und der Vegetationsbedeckung (Tab. 7). Diese Vereinfachung ist für mittelgroße und große Vögel gut begründet, zeigt aber bei kleinen Vögeln die Grenzen der Anwendbarkeit auf, da in beiden Klassen der Vegetationsbedeckung nur noch wenig kleine Vögel in einem Abstand von fünf bis zehn Metern zur Grundlinie wieder gefunden wurden (Abb. 7).

Solange für diese kleine Größenklasse kein entfernungsabhängiger Korrekturwert vorliegt, halten wir eine mittlere Auffindrate für einen zehn Meter Streifen durchaus vertretbar, da

unsere Experimente zeigen, dass kleine Vögel bis in diese Entfernung durchaus noch gesehen werden können. Die Alternative, den Suchaufwand durch engere Abstände der Transekte zu erhöhen, halten wir nicht für zielführend, da der Untersuchungsaufwand überproportional zur verbesserten Auffindrate ansteigen würde. Bei einem Untergrund der Klasse 3 (über 30 % Bedeckung) erhöht sich die Auffindrate bei einer Verkürzung der Suchbreite auf fünf Meter zur Grundlinie nur von acht % auf zehn %. Der zu leistende Suchaufwand würde sich jedoch verdoppeln.

Es muss daher eine Abwägung zwischen a) flächendeckender Suche mit engen Transektabständen und geringfügig höherer Auffindrate dafür aber mit geringerer Anzahl von untersuchten WEA oder b) geringerer Auffindrate bei höheren Transektabständen, aber größerer Anzahl untersuchter WEA, getroffen werden. JOHNSON et al. (2002) wenden den ersten Ansatz mit einem Transektabstand von sechs Metern an. Sie fanden für eine Konstruktionsphase (bei kleineren WEA) in einem Zeitraum von vier Jahren nur 13 Kollisionsopfer. In den Niederlanden wurden im Herbst 2004 Untersuchungen mit einem Transektabstand von fünf Metern durchgeführt (Planungsbüro Waardenburg, KRIJGSVELD pers. Mitt.). Geringe Abstände führen nach unseren Ergebnissen zu überlappenden Suchräumen benachbarter Transekte, was auch bei der Ermittlung der Auffindrate zu berücksichtigen wäre.

Aufgrund dieser Literaturangaben galt es für uns nicht nur experimentell, sondern auch im Gelände unter den WEA zu überprüfen, in welchem Ausmaß wir Kleinvögel bei zehn Meter breiten Transektabständen übersehen. Daher haben wir nach etwa der Hälfte der Untersuchungszeit mit einem gleich hohen Zeitaufwand auch sechs WEA mit einem Transektabstand von fünf Metern abgesucht. Mit diesen 2,5 Meter breiten Transektstreifen erreichten wir eine vollständige Abdeckung der Kreisflächen unter WEA (s. Methode der Suche von Kollisionsopfern).

Die deutliche Abnahme der Auffindwahrscheinlichkeit insbesondere kleiner Vögel in Abhängigkeit zur Entfernung zur Suchlinie (Abb. 7) macht deutlich, dass für weitere Untersuchungen zur Kollisionsrate ein entfernungsabhängiger Korrekturwert zumindest für Kleinvögel sinnvoll wäre. Dies kann aber erst mit einer deutlich höheren Anzahl von Experimenten und einem darauf hin optimierten Versuchsdesign erreicht werden.

Weitere Wiederholungen der Experimente wären sinnvoll, um noch bestehende Datenlücken zu schließen. Die Auffindrate auf der Untergrundklasse 2 (10 % - 30 % Bedeckungsgrad) wurde z. B. vorerst aus der Interpolation der berechneten Werte für Klasse 1 und Klasse 3 gebildet. Der zur Verfügung stehende Aufwand führt zu entsprechenden Vereinfachungen. Je mehr Experimente durchgeführt werden können, desto genauer können untergrundspezifische Auffindraten bestimmt werden. Da jedoch die Erfahrung bei der Suche nach Opfern unter den WEA gezeigt hat, dass einzelne Ackerflächen sehr heterogen bewachsen sein können (Raps mit einem Bedeckungsgrad zwischen 0 % (Blänken/Fahrspuren) und 40 %, empfehlen wir weiterhin relativ grobe Klasseneinteilungen.

Da sich die Sucher in den Experimenten der Prüfungs- und Vergleichssituation bewusst waren, kann eine Kombination der Experimenten zur Auffindrate mit der regulären Suche von Kollisionsoptionen eine sinnvolle Ergänzung zu den hier vorgestellten Experimente bedeuten. Wir verfügten jedoch nicht über genügend Tiere, um diese auf großer Fläche in mehreren Windparks zu verteilen.

In vergleichbaren Untersuchungen variierte die Auffindrate sehr stark. STRICKLAND et al. (2000) ermittelten Raten von etwa 37% (Minnesota). In einem anderen Gebiet (Oregon) fanden die Autoren eine Auffindrate von 50 % für kleine und 88% für große Vögel. Eine Untersuchung von HIGGINS et al. (1995) verdeutlicht den Einfluss der Vegetation, indem auf Äckern ein Anteil von 82% und auf Brachflächen ein Anteil von 63 % gefunden wurde. Weitere Studien mit überwiegend unterschiedlicher Suche effizienz finden sich bei MORRISON (2002). Es muss jedoch bei jedem dieser Literaturvergleiche beachtet werden, dass die Vielzahl der verschiedenen Einflussfaktoren, wie z. B. das Artenspektrum ausgelegter Vögel einen großen Einfluss auf die Auffindrate haben. In den Studien in der USA wurden unter anderem Eintagsküken, Rebhühner, Tauben und Greifvögel verwendet. Diese Vielzahl der unterschiedlichen Parameter schränkt die Übertragbarkeit von Ergebnissen auf andere Studien ein, und eine Konsequenz für Folgeuntersuchungen ist es, den eigenen Verhältnissen angepasste Auffindraten zu ermitteln und diese selbst zu untersuchen.

### 3.3 Experimente zur Verweildauer

Vogelverluste an Windenergieanlagen wiesen wir durch die Suche nach toten Vögeln unterhalb der Anlagen nach. Die Einschätzung der Anzahl so verunglückter Vögel wird durch das Entfernen der Vogelkörper durch Füchse, Greifvögel und andere Aasfresser jedoch verfälscht. Ziel dieses Untersuchungsteils war es daher, experimentell zu bestimmen, welcher Anteil von Vogelkörpern von Aasfressern gefressen oder verschleppt wird, und somit nicht mehr bei der Suche nach Kollisionsoffern in den Windparks gefunden werden kann. Diese Fehlerbestimmung kann - in Kombination mit den anderen Untersuchungsbausteinen - eine bessere Einschätzung der tatsächlichen Anzahl von Kollisionsoffern an Windenergieanlagen ermöglichen. Aufgabe war es daher, das Verschwinden bzw. den Verbleib ausgelegter Vogelkörper im Verlauf der Zeit zu protokollieren.

Folgende Fragen sollten mit Hilfe der Versuche beantwortet werden:

- 1) Wie lange verbleiben Vogelkörper im Durchschnitt unter den Windenergieanlagen? Wie viele der ausgelegten Vögel sind bei den nachfolgenden Kontrollen in fünftägigem Abstand noch auffindbar?
- 2) Unterscheidet sich die Verweildauer von ausgelegten Vögeln in verschiedenen Windparks (hier exemplarisch im Simonsberger und Breklumer Koog)?
- 3) Ist die Verweildauer eines Vogels von seiner Größe abhängig?
- 4) Unterscheidet sich die Verweildauer der Vögel auf verschiedenen Feldtypen?

#### Methode

Die Untersuchungen erfolgten in den Windparks Simonsberger und Breklumer Koog an jeweils vier Terminen zwischen Anfang September und Anfang Dezember 2004 (Tab. 8). In diesen acht Versuchen wurden jeweils zwischen fünf und 14 tote Vögel ausgebracht. Bei den ausgelegten Vögeln handelte es sich um Straßenverkehrsoffer, Anflugopfer vom Leuchtturm Westerhever sowie im Verlauf dieser Untersuchung gefundene Kollisionsoffer an Windenergieanlagen. Wir konnten ein breites Arten- und Größenspektrum nutzen (Tab. 9).

Tab. 8: Termine, an denen die Vögel ausgelegt wurden, sowie Anzahl der Vögel in den einzelnen Größenklassen.

Versuch	Simonsberger Koog			Breklumer Koog		
	Termin	Anzahl Vögel		Termin	Anzahl Vögel	
1.	06.09.2004	(5*) 3	klein 1 mittelgr. 1 groß 1	24.09.2004	(12**) 9	klein 2 mittelgr. 2 groß 5
2.	13.10.2004	14	klein 2 mittelgr. 8 groß 4	29.09.2004	6	klein 1 mittelgr. 2 groß 3
3.	12.11.2004	9	klein 2 mittelgr. 6 groß 1	22.10.2004	12	klein 1 mittelgr. 9 groß 2
4.	22.11.2004	8	klein 1 mittelgr. 6 groß 1	15.11.2004	(8**) 6	klein 0 mittelgr. 5 groß 1
	<i>Summe</i>	34	klein 6 mittelgr. 21 groß 7	<i>Summe</i>	33	klein 4 mittelgr. 18 groß 11

\* Von insgesamt fünf ausgelegten Vogelkörpern wurden zwei kurz nach dem Ausbringen untergepflügt. Sie gingen nicht in die folgenden Darstellungen und Berechnungen ein.

\*\* Aufgrund von Lücken > 1 Woche bei den Kontrollen wurden die Datenreihen einzelner Vögel nicht in die Auswertung des 14-tägigen Zeitraums nach Ausbringen der Vogelkörper mit einbezogen (24.9.2004: drei lückenhafte Datenreihen; 15.11.2004: zwei lückenhafte Datenreihen).

Tab. 9: Artenspektrum in den verschiedenen Größenklassen der ausgelegten Vögel.

Größenklasse	Art
1, klein (< 60 g)	Alpenstrandläufer, Rauchschwalbe, Steinschmätzer, Feldsperling, Kernbeißer
2, mittelgroß (60 g – 200 g)	Goldregenpfeifer, Knutt, Steinwälzer, Trauerseeschwalbe, Amsel, Star
3, groß (> 200 g)	Nonnengans, Brandgans, Stockente, Löffelente, Reiherente, Eiderente, Silbermöwe, Lachmöwe, Sturmmöwe, Ringeltaube, Rabenkrähe

Tab. 10: Verteilung der ausgelegten Vögel auf Flächen mit unterschiedlichen Bewuchstypen.

Vegetation der Probefläche	Anzahl ausgelegter Vögel		
	Breklumer Koog	Simonsberger Koog	Gesamt
Acker, schwarz	13	2	15
Wintergetr. Deck. < 10%	18	12	30
Raps	3	15	18
Stoppelfeld	0	4	4

Die toten Vögel wurden in den beiden Windparks in einem Umkreis von bis zu 150 m um die WEA jeweils fünf Meter von einem markierten Bambusstock entfernt ausgelegt (Abb. 11). Zusätzlich wurden sie mit einem Wollfaden oder Klebebandstreifen am Tarsus versehen, um einen ausgelegten Vogel auch als solchen zu erkennen, falls er an anderer Stelle wiedergefunden würde.



Abb. 11: Am 13.10.2004 im Windpark Simonsberger Koog auf vegetationsfreiem Acker ausgelegte Eiderente mit Markierungsstab im Hintergrund.

Um den Einfluss des Bewuchses einer Fläche auf die Verweildauer zu untersuchen, wurden die Vögel auf Flächen mit unterschiedlichen Bewuchstypen ausgebracht (Tab. 10). Wir legten bewusst nur wenige (bis max. 14) Vögel verstreut in den Windparks aus, um zu vermeiden, dass Aasfresser auf ein besonders gutes Nahrungsangebot konditioniert werden könnten. Über die Gesamtdauer der Untersuchungen zur Verweildauer wurde eine gleichmäßige Verteilung der Vogelkörper im jeweiligen Windpark angestrebt.

Kontrollen fanden in den ersten fünf Tagen nach dem Auslegen täglich und danach an den Terminen, an denen nach Kollisionsoffern gesucht wurde, statt. Bei der Kontrolle wurde die An-/Abwesenheit und Nutzung der Vogelkörper sowie deren Verwesungsverlauf protokolliert.

Als nicht mehr anwesend wurde ein Vogelkörper dann notiert, wenn er entfernt worden war bzw. wenn der Verwesungsprozess oder Witterungseinflüsse ihn so unkenntlich gemacht hatten, dass man ihn nur mit genauester Kenntnis des Auslegeortes noch finden konnte. Teile von großen Vögeln waren auch noch zum Untersuchungsende im Dezember auffindbar. Im Fall, dass der Vogelkörper verschwunden war, wurde die Fläche eingehend nach Spuren abgesucht, um so Aufschluss über die Ursache zu erhalten. Daten (Vogel anwesend oder entfernt/unkenntlich) wurden zwischen zwei Kontrollterminen interpoliert, jedoch nur, wenn der verstrichene Zeitraum zwischen zwei Kontrollen max. eine Woche betrug.

Mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholung („repeated measurement ANOVA“) wurden Unterschiede zwischen den Windparks Simonsberger und Breklumer Koog untersucht. Dafür wurden die Daten auf Varianzhomogenität getestet und, da diese nicht vorlag, arcsin transformiert. Unterschiede im Hinblick auf die Größe der Vögel und den Einfluss des Bewuchstyps auf die Verweildauer der Vogelkörper wurden mit einem Chi-Quadrat-Test für den Vergleich mehrerer Stichproben getestet.

Für die Berechnung der Verweildauer in den fünftägigen Untersuchungsintervallen wurde der Anteil noch anwesender Vogelkörper für jeden Untersuchungstag berechnet und über die Länge des Untersuchungsintervalls gemittelt.

## Ergebnisse

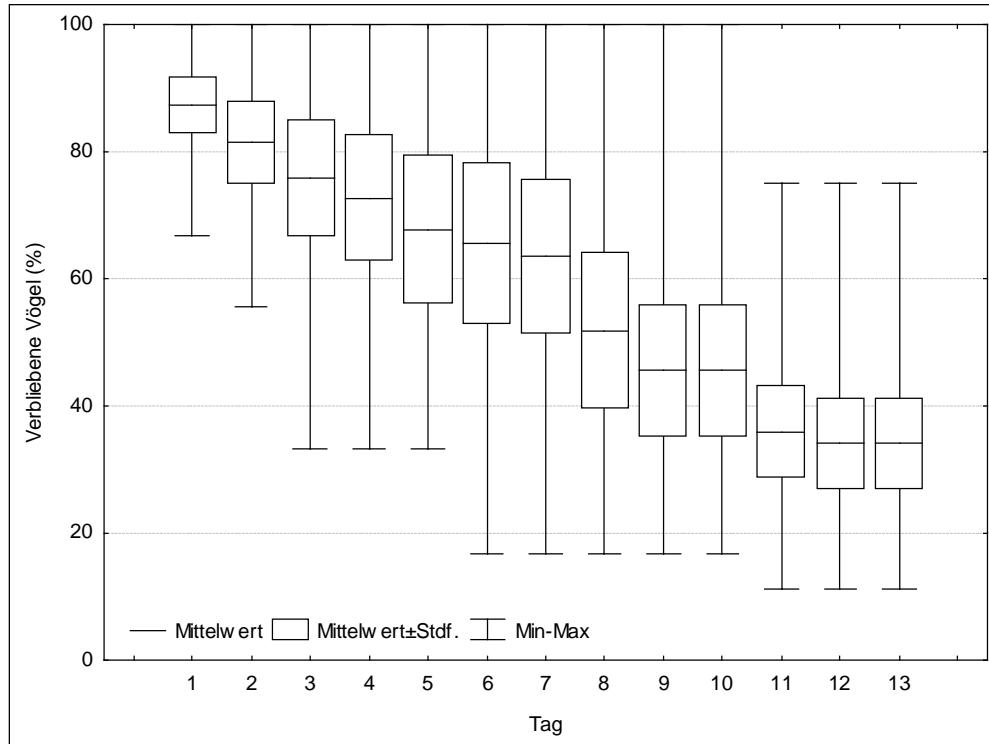
Insgesamt wurden 74 Vögel in den Windparks Simonsberger und Breklumer Koog an jeweils vier Terminen ausgebracht (Simonsberger Koog:  $n = 36$ , Breklumer Koog:  $n = 38$ ). Es gingen jedoch nur Daten von 67 ausgelegten Vögeln (Simonsberger Koog:  $n = 34$ , Breklumer Koog:  $n = 33$ ) in die Auswertung des 14-tägigen Zeitraums nach Ausbringen der Vogelkörper ein, da die Kontrollen der restlichen sieben Vögel Lücken aufwiesen bzw. sie kurz nach dem Auslegen untergepflügt worden waren und daher aus der Versuchsauswertung herausgenommen werden mussten (siehe auch Tab. 8). Für die Auswertung der Verweildauer für das fünftägige Untersuchungsintervall konnten hingegen 72 Vögel berücksichtigt werden.

Der Verlauf der acht Durchgänge mit insgesamt 67 Vögeln ist in Abb. 12 für den Zeitraum von 14 Tagen nach Auslegen der Vögel dargestellt. Die Abbildung macht deutlich, dass die Verweildauer der ausgebrachten Vögel zwischen den acht Durchgängen stark variierte. Fünf Tage, nachdem die Vogelkörper ausgelegt worden waren, waren noch etwa 70% der Vögel bzw. deutlich erkennbare Reste von ihnen, z.B. Gerippe oder eine große Menge Federn, von ihnen vorhanden ( $67,7 \pm 11,6\%$  Standardfehler). 50% der Vögel waren nach  $7,5 \pm 1,4$  Tagen (Mittelwert und Standardfehler) nach dem Auslegen komplett verschwunden, d.h. entfernt oder verwest und unkenntlich. Die mittlere Verweildauer von Vogelkörpern innerhalb des fünftägigen Kontrollintervalls, die über die Gesamtstichprobe der ausgelegten Vogelkörper ( $n = 72$ ) errechnet wurde, betrug 3,9 Tage. Die tägliche Verlustrate war am ersten Tag mit 13,4% am höchsten und schwankte in der nachfolgenden Zeit meist zwischen fünf und zehn %.

Die Einschätzung, ob ein Vogel komplett verwest und damit unkenntlich war, unterschied sich für die Größenklassen der ausgelegten Vögel: Kleine Vögel wurden im Durchschnitt



früher als verwest und unkenntlich notiert als mittelgroße oder große Vögel. So wurden z. B. ein Feldsperling (Abb. 13) und eine Rauchschnalbe am Kontrolltag fünf bzw. elf als unkenntlich gewertet, während verschiedene Möwen nach 20 Tagen (Abb. 14) und eine Eiderente noch nach 61 Tagen als erkennbar eingestuft wurden. Die Variationsbreite der mittelgroßen Vögel lag dazwischen.



**Abb. 12:** Mittelwerte mit Standardfehler sowie Minima und Maxima für die acht Durchgänge der Untersuchung zur Verweildauer von Vogelkörpern über einen Zeitraum von 14 Tagen; kombiniert für die Windparks Simonsberger und Breklumer Koog.

55 der 67 ausgelegten Vogelkadaver wurden von Aasfressern entfernt oder angefressen (der Rest verweste danach). Die Mehrheit dieser Verluste, die Aasfressern zugeordnet werden konnte, erfolgte in den ersten fünf Tagen nach dem Auslegen. Eine kleine Anzahl von Vogelkörpern wurde noch zwischen dem 15. und 18. Tag durch Aasfresser entfernt. So wurde für einen Feldsperling, der am Tag fünf bereits als unkenntlich eingestuft worden war - da Regen ihn in die Erde eingespült hatte - noch am Tag 19 notiert, dass er von einem Aasfresser entfernt worden war (Abb. 13).

Als Aasfresser kamen eine Reihe von Tierarten in Frage. Nur in 12 der 55 Fälle konnte der Verlust eines Vogel einer bestimmten Art zugeordnet werden (8 x Greifvogel, 1 x Greifvogel oder anderer Vogel, 1 x Fuchs, 1 x Fuchs oder Hund, 1 x unbekannter Raubsäuger). In 43 Fällen wurden keine Spuren gefunden.



Abb. 13: Ausgelegter Feldsperling am neunten Tag nach der Exposition. Er wurde ab dem fünften Tag als unkenntlich notiert.



Abb. 14: Ausgelegte Silbermöwe am fünften Tag nach der Exposition. Nicht fressbare Federn und Knochen blieben noch über viele Wochen sichtbar.

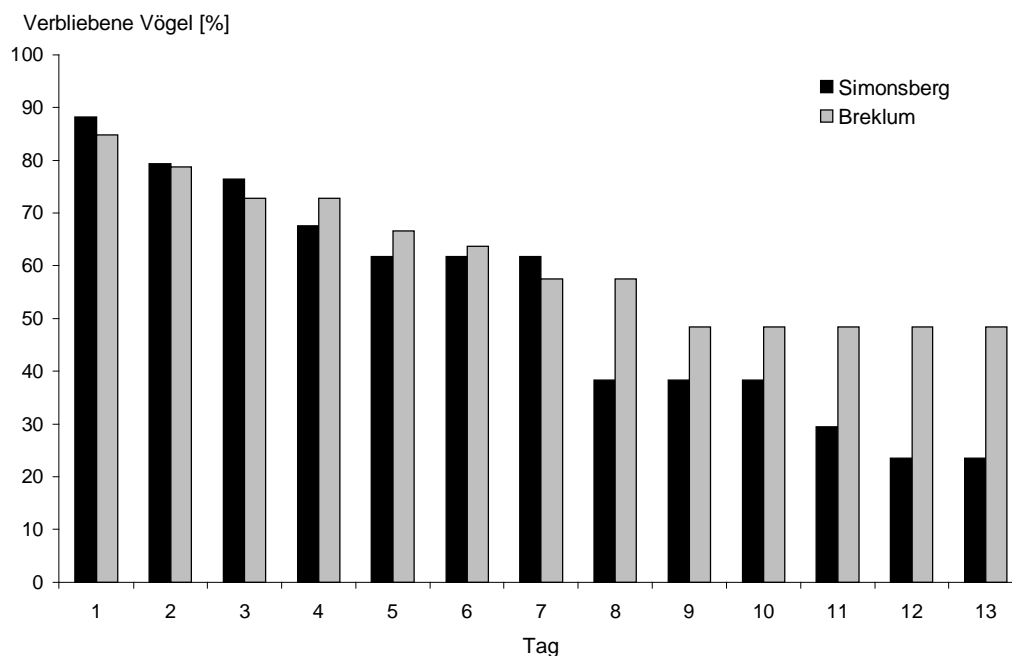


Abb. 15: Abnahme verbliebener Vögel [%] in den ersten 14 Tagen nach dem Auslegen der Vogelkörper in den Windparks Simonsberger und Breklumer Koog.

Tab. 11: Varianzanalyse mit Messwiederholung für den Vergleich der jeweils vier Versuchsdurchgänge in den Windparks Simonsberger und Breklumer Koog hinsichtlich der Verweildauer der ausgelegten Vogelkörper.

### Varianzanalyse mit Messwiederholung

#### Zwischen-Gruppen Effekte

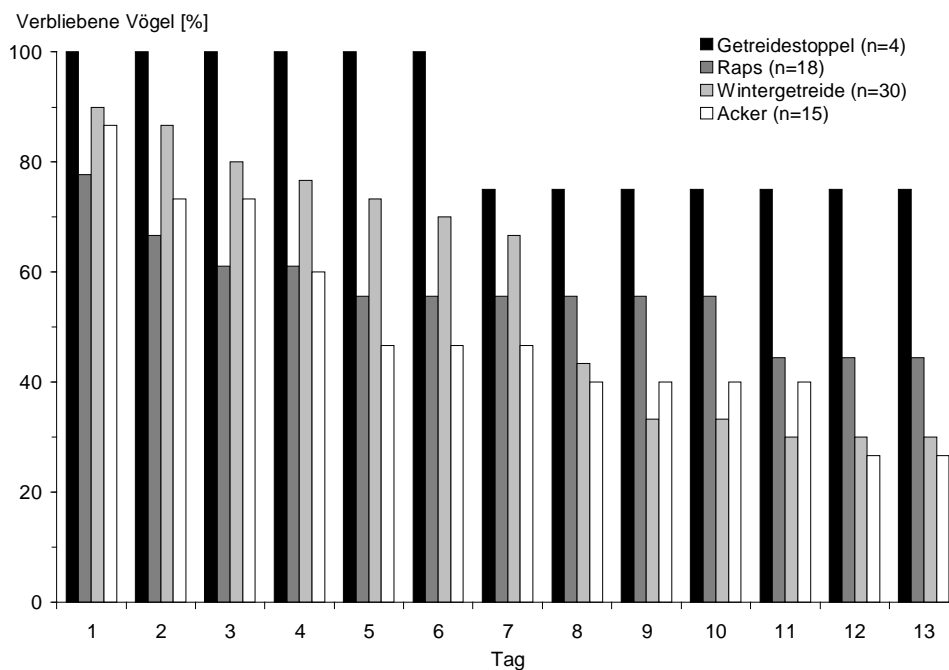
	df	MQ	F	p
Windpark	1	0,05	0,03	0,86
Fehler	6	1,47		

#### Inner-Gruppen Effekte

	df	MQ	F	p
Zeit	12	0,46	9,68	< 0.001
Windpark x Zeit	12	0,05	0,98	0,47
Fehler (Zeit)	72	0,05		

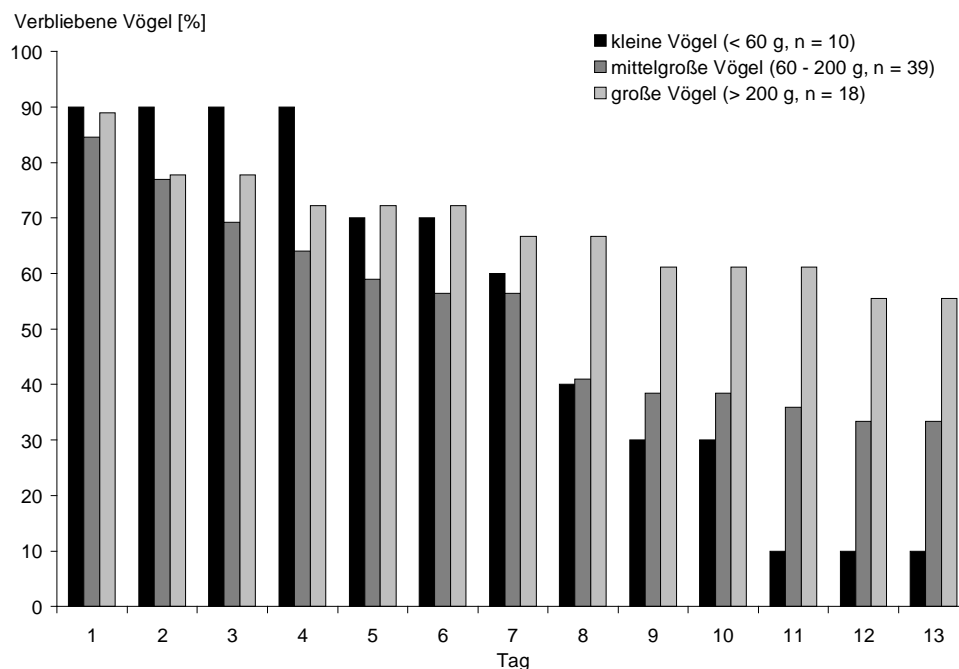
Ein Vergleich der beiden Windparks, basierend auf den vier Versuchsdurchgängen pro Windpark, erbrachte weder einen signifikanten Unterschied zwischen den Windparks noch eine Abhängigkeit zwischen Windpark und Zeit. Signifikant war hingegen die Abnahme des Anteils verbliebener Vögel über die Zeit (Abb. 15 und Tab. 11).

Beim Vergleich der Feldtypen und ihres Einflusses auf die Verweildauer wurde der Feldtyp „Stoppelfeld“ nicht in den Test einbezogen, da die Anzahl zu gering war ( $n = 4$ ) war. Der Vergleich der unterschiedlichen Feldtypen Raps, Wintergetreide und schwarzer Acker erbrachte ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse (Chi-Quadrat-Test für den Vergleich mehrerer Stichproben,  $p > 0,05$  für alle Tage, Abb. 16).



**Abb. 16:** Abnahme verbliebener Vögel [%] in den ersten 14 Tagen nach Ausbringen auf unterschiedlichen Feldtypen in den Windparks Breklumer und Simonsberger Koog.

Der Vergleich der Verweildauer von Vögeln verschiedener Größenklassen zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Vogelgrößen für Tag 11, 12 und 13 nach dem Ausbringen der Vogelkörper (Chi-Quadrat-Test für den Vergleich mehrerer Stichproben,  $p < 0,05$  für alle drei Tage, Abb. 17).



**Abb. 17:** Abnahme verbliebener Vögel [%] von in den Windparks Breklumer und Simonsberger Koog ausgelegten kleinen, mittelgroßen und großen Vögeln in den ersten 14 Tagen nach Ausbringen.

## Diskussion

Die Ermittlung der Verweildauer ist ein zentraler Baustein für die Berechnung der Kollisionsraten an WEA und anderen technischen Einrichtungen (MORRISON 2002), da die Verluste von Kollisionsopfern in der Zeit zwischen zwei Kontrollen berücksichtigt werden müssen. Zugleich gibt die tägliche Verlustrate wichtige Anhaltspunkte zur Festlegung der Kontrollabstände. Je höher die Verluste sind, desto kürzer sollten die Kontrollabstände sein, damit die Korrekturfaktoren nicht zu hoch und damit zu ungenau werden.

Auslegeexperimente zur Ermittlung der Verweildauer sind grundsätzlich anfällig für Artefakte. Die Verweildauer hängt von dem jeweiligen Untersuchungsgebiet (Aasfresserdichte), der Struktur der Flächen und den saisonalen Einflüssen ab (s. a. MORRISON 2002). Vor allem handelt es sich aber um Experimente, die natürliche Verhältnisse erkunden wollen, ohne diese selbst immer gewährleisten zu können. Die Ergebnisse von Auslegeexperimenten können im wesentlichen durch drei Faktoren beeinflusst werden: (1) die gewählten Auslegeorte sind nicht repräsentativ für die Kontrollflächen, (2) durch das Auslegen selbst können Aasfresser angelockt und auf die ausgelegten Vogelkörper konditioniert werden und (3) können Vogelkörper verwendet werden, die auffälliger oder unauffälliger sind als die zu erwartenden Kollisionsopfer. Das erste Problem haben wir dadurch umgangen, dass die Experimente in den kontrollierten Windparks selbst stattfanden und die Auslegestellen über die Windparks verteilt wurden, so dass lokale Effekte nicht dominieren konnten. Wir haben zugleich vermieden, eine hohe Zahl von Vogelkörpern zugleich auszulegen, damit keine Aasfresser angelockt und konditioniert wurden. Die Markierung der ausgelegten Vögel in fünf Meter Entfernung gab möglichen Aasfressern kaum Hinweise auf ein mögliches Nahrungsangebot und machte es zugleich unnötig, die Vogelkörper bei den Kontrollen direkt aufsuchen zu müssen. Wir haben schließlich die dritte Fehlermöglichkeit dadurch

berücksichtigt, dass wir Vögel verwendet haben, die auch als Kollisionsoffer infrage kommen. Die Wahl der ausgelegten Vögel kann daher als repräsentativ angenommen werden. Mit dieser Vorgehensweise wird gewährleistet, dass die Verlustraten der ausgelegten Vögel auch den tatsächlichen Verlustraten von Kollisionsoffern in den jeweiligen Windparks entsprechen.

Eine sorgfältige Vorgehensweise bei der Bestimmung der Verlustrate wird als sehr wichtig eingestuft. So sind die sehr hohen Verlustraten in dem Versuch von SCHICKER (1997), der große Zahlen von Eintagsküken auslegte, möglicherweise dadurch beeinflusst, dass Aasfresser auf das zusätzliche Nahrungsangebot gezielt reagierten. Untersuchungen mit einer geringeren Anzahl von Wildvögeln kamen in den USA meist zu ähnlichen Ergebnissen wie wir in unserer Studie. MORRISON (2002) führt eine Reihe von Studien auf, in denen mittlere Verweildauern von sechs bis sieben Tagen, teilweise aber auch sehr viel höhere Verweildauern von bis zu 27 Tagen, in einem Fall sogar von 40 Tagen, beschrieben werden. Die täglichen Verlustraten lagen in den meisten Fällen unter zehn %.

Die Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg hat Eintagsküken ausgelegt und im September nach einer Woche einen Schwund von durchschnittlich 83% der Küken festgestellt (DÜRR briefl.). Uns erscheinen die Versuche für die Abschätzung der Verweildauer und daraus resultierende Korrekturfaktoren besser geeignet, die Vogelarten verwenden, die auch tatsächliche Kollisionsoffer sein können.

JOHNSON et al. (2002) führten einen sehr umfangreichen Versuch zur Verweildauer durch. Sie legten insgesamt 753 Vogelkörper aus und führten während zwei Wochen tägliche Kontrollen durch. Die mittlere Verbleibrate reichte auf unterschiedlichen Versuchsfeldern von fünf bis acht Tagen. Große Vögel waren am längsten auffindbar (durchschnittlich 8,5 Tage), gefolgt von mittelgroßen (durchschnittlich acht Tage) und kleinen Vögeln (durchschnittlich fünf Tage). BARRIOS & RODRÍGUEZ (2004) berichten in einer neueren Studie, dass 20% der ausgelegten Haustauben innerhalb von vier Tagen verschwunden waren. Dies entspricht in etwa den 70%, die in unserem Versuch am Tag 4 vorlagen.

Die hohe Variabilität der Ergebnisse kann durch die Häufigkeit und das Verhalten der jeweiligen Aasfresser, die Struktur der Gebiete und durch saisonale Effekte bedingt sein. Untersuchungen der Verweildauer von Vogelkörpern sollten daher in engem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang zu den eigentlichen Suchen nach Kollisionsoffern durchgeführt werden und möglichst ein vergleichbares Artenspektrum verwenden.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen ergaben insgesamt eine hohe Verweildauer, die zeigt, dass die Suche nach Kollisionsoffern in den ausgewählten Untersuchungsgebieten zwar durch Aasfresser beeinflusst, aber nicht in hohem Maße erschwert wird. Die täglichen Verlustraten der ausgebrachten Vögel lagen nach dem ersten Tag mit 13,4% meist zwischen fünf und zehn %. Für das fünftägige Untersuchungsintervall errechnet sich eine mittlere Verweildauer von 3,9 Tagen. Das bedeutet, dass ein Vogel, der zwischen zwei Kontrollen mit einer Windenergieanlage kollidiert ist, also zwischen einem und fünf Tagen alt ist, am Tag der Kontrolle mit knapp 80%iger Wahrscheinlichkeit noch im Windpark vorhanden ist und gefunden werden kann. Die hohe Verweildauer, die bei dieser Untersuchung ermittelt wurde, zeigt zugleich, dass ein Kollisionsoffer bei fünftägigen Kontrollabständen auch noch bei

späteren Kontrollen gefunden werden kann, so dass die Möglichkeit, ein Kollisionsopfer zu finden, sehr hoch ist. Entsprechend der geringen Verlustrate beträgt die mittlere Verweildauer für das zweite Intervall von fünf Tagen auch noch drei Tage, was besagt, dass im Mittel 60% der Kollisionsopfer dann noch vorhanden sind und bei der zweiten Kontrolle aufgefunden werden könnten, sofern dies nicht bei der ersten Kontrolle geschah.

### 3.4 Suche von Kollisionsopfern

Zentraler und umfangreichster Baustein der vorliegenden Untersuchung war die Suche nach Kollisionsopfern in den Windparks an der Westküste. Ziel dieses Teils der Untersuchung war zum einen, die Anwendung der vorgeschlagenen Methode zu testen und über die ermittelte Fundrate den notwendigen Aufwand für künftige Untersuchungen abschätzen zu können. Zum anderen sollten durch die Kontrolle in den Windparks während des Herbstzugs, also einer Zeit in der das Kollisionsrisiko als hoch eingeschätzt wird, Anhaltspunkte über das Ausmaß von Kollisionen während der Hauptzugperiode erhalten werden.

#### Methode

Wir haben für die Kontrollen Windparks mit einer geeigneten Struktur ausgewählt. Das wichtigste Auswahlkriterium war dabei die Beschaffenheit der Flächen und die Geländestruktur unter den WEA. Ausgewählt wurden Windparks in Ackerbaugebieten, die überwiegend im Herbst neu eingesät wurden, so dass meist nur eine geringe Vegetationsbedeckung vorhanden war. Grünlandflächen konnten im Herbst nicht in die Untersuchungen mit einbezogen werden, da dort noch Vieh weidete. Weitere zuvor in betracht gezogene Gebiete wurden ausgeschlossen, da dort Maisflächen dominierten, die erst spät im Herbst abgeerntet wurden. Die nasse Witterung im Herbst wirkte sich begünstigend auf die Untersuchungen aus, da viele Flächen erst spät eingesät werden konnten, so dass die Vegetationsentwicklung des Wintergetreides etwas verzögert war.

Wir haben in den Windparks entlang linearer Transekte nach toten Vogelkörpern gesucht, damit wir eine gleichmäßige Verteilung des Suchaufwands unter den WEA erreicht, was für eine spätere Berechnung wichtig ist. Bei den ersten Begehungen wählten wir Transektabstände von 40 m und suchten je nach Beschaffenheit des Geländes auf bis zu sechs Transekten pro WEA - je drei auf einer Seite einer WEA -. Nach den Ergebnissen der Fallkurve und ersten Einschätzungen im Gelände haben wir ab der dritten Kontrolle der Radius der Anlagenhöhe (Nabenhöhe + Rotorradius) als Suchraum um die WEA festgelegt. Daraufhin haben wir den Suchaufwand in geringerer Entfernung zu den WEA konzentriert und Transektabstände von 20 m gewählt.

Die drei Windparks (Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog (Abb. 22), Breklumer Koog (Abb. 23) und Simonsberger Koog (Abb. 24) wurden regelmäßig in ca. fünftägigem Abstand kontrolliert. Hier wurde je nach Beschaffenheit des Geländes pro WEA entlang von vier Transekten mit etwa 20 m Abstand voneinander (je zwei auf einer Seite einer WEA) gesucht (Abb. 21). An vier Tagen konnte mit studentischen Hilfskräften der Suchaufwand erhöht werden und in weiteren Windparks Bosbüll, Marienkoog, Uelvesbüller Koog und in den Reußenkögen (Luisenkoog, Sönke-Nissen-Koog und Sterdebüller Koog) nach Kollisionsopfern gesucht werden. An diesen Tagen konnte der Suchaufwand in den regelmäßig untersuchten Windparks auf insgesamt sechs bis acht Transekte mit einem Abstand von 20 m gesteigert werden (Abb. 21). Der unter diesem Suchmodus (Transektabstand 20 m) zurückgelegte Streckenaufwand ist im Anhang für jeden Kontrolltag dargestellt.



Im Verlauf der Untersuchung stellte sich heraus, dass wir kaum (Klein-)Vögel fanden. Daher wurde zur Hälfte der Untersuchung der Suchaufwand erhöht, in dem an fünf ausgesuchten Anlagen der Transektabstand zusätzlich zum 20 m Transekt-Modus auf fünf Meter verkürzt wurde. Im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog wurde eine WEA (V 80), im Breklumer Koog zwei WEA (E 66) und im Simonsberger Koog zwei WEA (V 80 / E 40) mit diesem Suchmodus untersucht. Der unter dem Suchmodus mit fünf Metern Transektabstand zurückgelegte Streckenaufwand ist im Anhang für jeden Kontrolltag dargestellt.

Bei jedem Suchmodus wurden beide Seiten der Grundlinie berücksichtigt, so dass die Blickrichtung möglichst häufig gewechselt werden musste. Zwangsläufig musste damit auch die Schrittgeschwindigkeit etwas verlangsamt werden. Diese lag bei etwa drei Kilometern pro Stunde und war insbesondere von der Flächenbeschaffenheit und der Flächennutzung abhängig.

Die genaue Lage der Transekte musste die Standorte der WEA und die jeweiligen Zuschnitte der Äcker und die Lage und Breite von Gräben und Wegen berücksichtigen. Die Transekte waren in der Regel parallel zu den Flächengrenzen angelegt und berücksichtigten, soweit möglich, Fahrspuren. Es wurde versucht, bei jeder Begehung wieder auf den gleichen Transektlinien zu laufen. Das war jedoch aufgrund von Vegetationsveränderungen nicht immer exakt möglich. Die Orientierung im Gelände erfolgte auf Karten und die Position des Suchers wurde mit Hilfe von GPS-Loggern (Garmin, MLR) kontinuierlich aufgezeichnet. Das Intervall zwischen zwei Ortungen betrug zehn Sekunden. Die Koordinaten von Funden, Flächengrenzen und Nutzungsänderungen wurden als Wegpunkt mit fortlaufender Nummer mit Hilfe des GPS-Loggers gespeichert und entsprechende Bemerkungen im „Erfassungsbogen für Windparkkontrollen“ (s. Anhang) notiert. Uns standen vier GPS-Logger zur Verfügung. Bei der gleichzeitigen Suche mit mehreren Personen haben wir nicht die gesamte Wegstrecke von jeder Person, wohl aber die Anfangs- und Endpunkte der einzelnen Transekte als Wegpunkte gespeichert. Die Transekte wurden fortlaufend nummeriert und der Zeitpunkt des Beginns und des Endes notiert. Der Kartierungsaufwand betrug für den Suchmodus mit 20 m Transekten 12 Personenstunden pro Kontrolltag in den drei Windparks. Mit einem Aufwand von 7,2 Personenstunden pro Kontrolltag wurden die fünf WEA mit dem Suchmodus von fünf m Transektabständen abgelaufen. Gefundene Vogelkörper wurden eingesammelt und die Fundumstände in dem „Erfassungsbogen für Kollisionsoffer“ (s. Anhang) protokolliert.

Zur Charakterisierung der Flächen haben wir den Grad der mittleren Vegetationsbedeckung geschätzt und dabei die gleichen Klasseneinteilungen wie bei den Experimenten zur Auffindrate benutzt: < 10%, 10 bis 30%, > 30%.

a)



b)



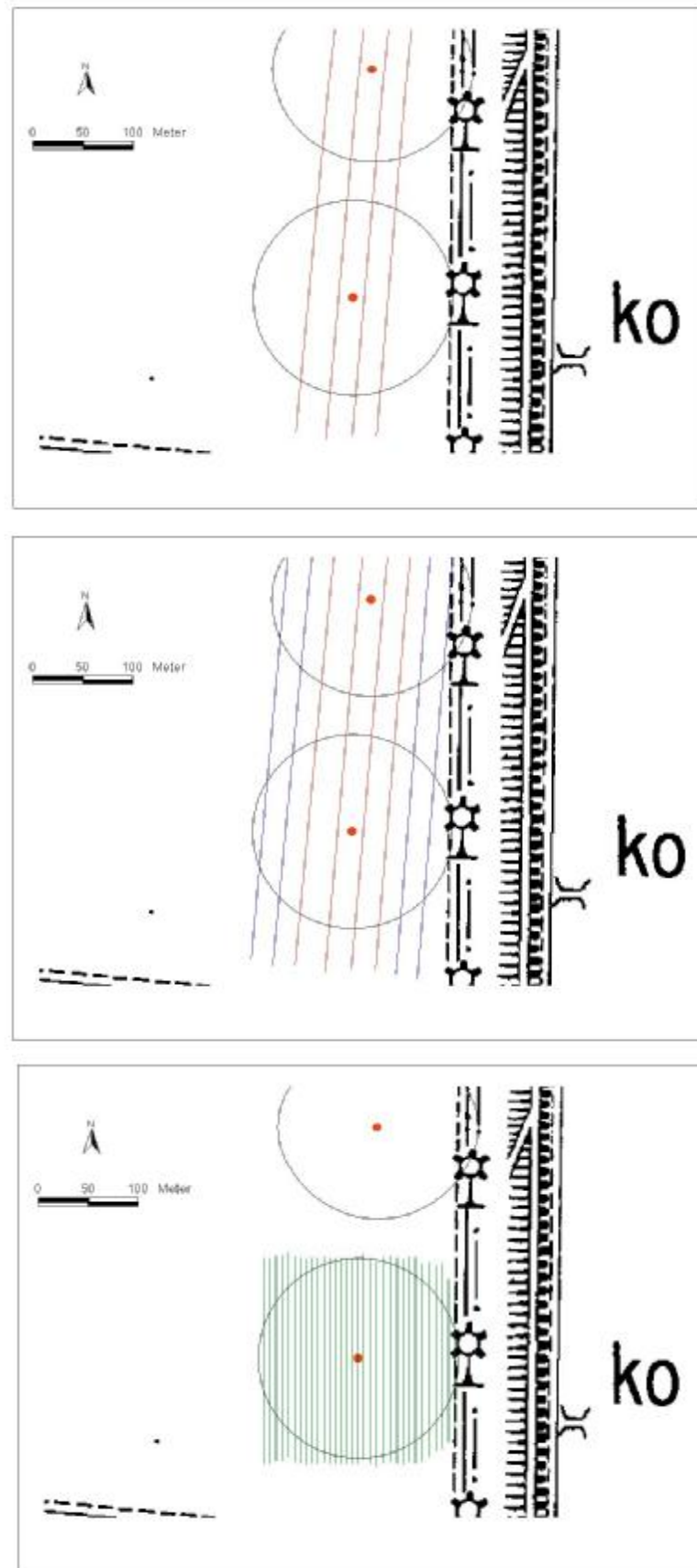
**Abb. 18:** Rapsfelder im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog: a) ideale Suchbedingungen bei keimenden Pflanzen (Klasseneinteilung der Vegetationsbedeckung: unter 10%), b) zunehmend schlechte Suchbedingungen bei steigendem Deckungsgrad der aufgewachsenen Pflanzen (Klasseneinteilung der Vegetationsbedeckung: über 30%).



Abb. 19: Aufwachsendes Wintergetreide im Simonsberger Koog (Klasseneinteilung der Vegetationsbedeckung: 10 bis 30%) am 15.10.2004. Im Hintergrund WEA des Typs E 40 mit einer Gesamthöhe von 63 m.



Abb. 20: Stoppelfeld mit Unterwuchs im Simonsberger Koog am 15.10.2004 (Klasseneinteilung der Vegetationsbedeckung: über 30%). Im Hintergrund eine WEA des Typs V 80 mit einer Gesamthöhe von 120 m.



**Abb. 21:** Unterschiedlicher (idealisierter) Suchaufwand unter einer WEA je nach Transektabstand und Anzahl der Transekte, a): vier Transekte mit einem Abstand von 20 m, b): sechs bis acht Transekte mit einem Abstand von 20 m (an Tagen mit Unterstützung der Kontrollen durch studentische Hilfskräfte und c): 30 Transekte mit einem Abstand von fünf m.

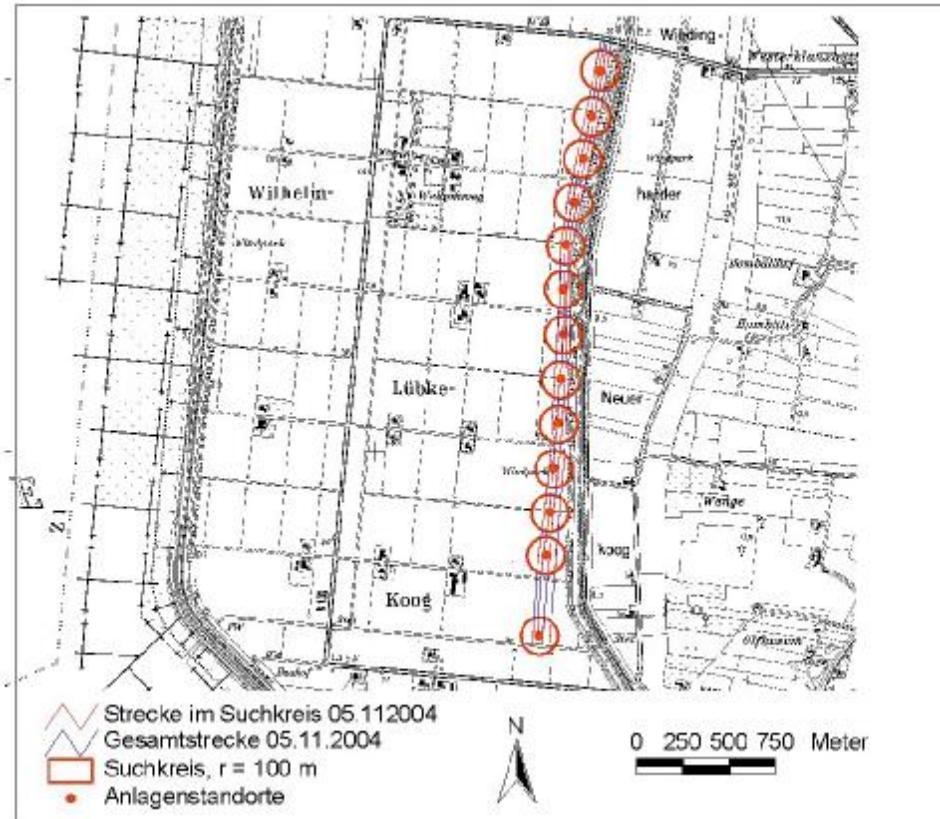


Abb. 22: Untersuchte WEA (V 80) im Windpark im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 05.11.2004.

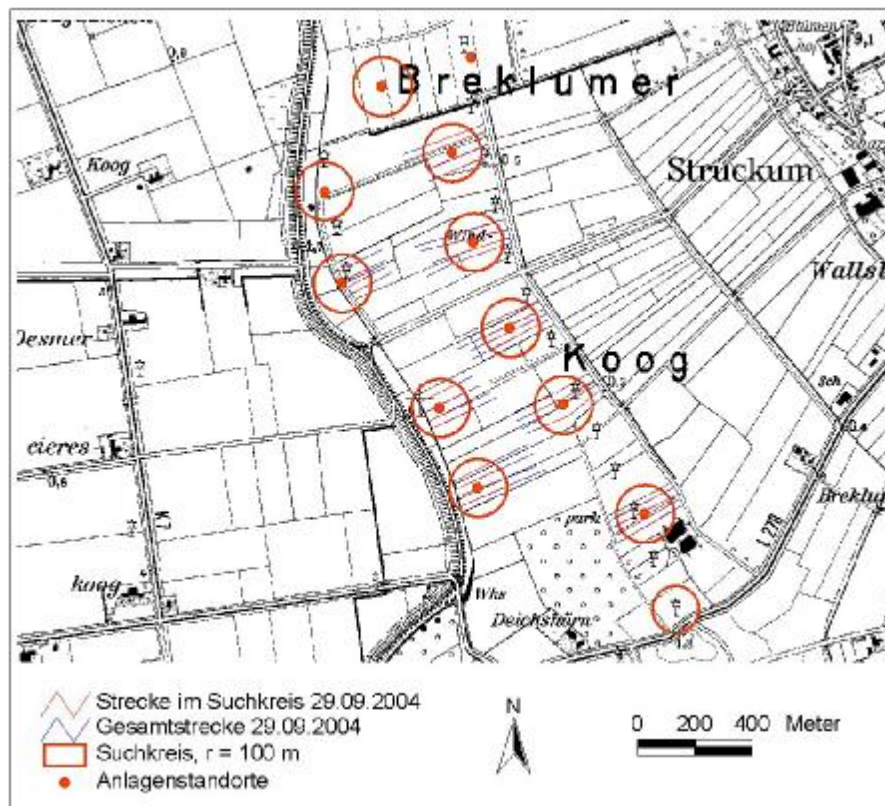


Abb. 23: Untersuchte WEA (E 66) im Windpark im Breklumer Koog mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 05.11.2004.

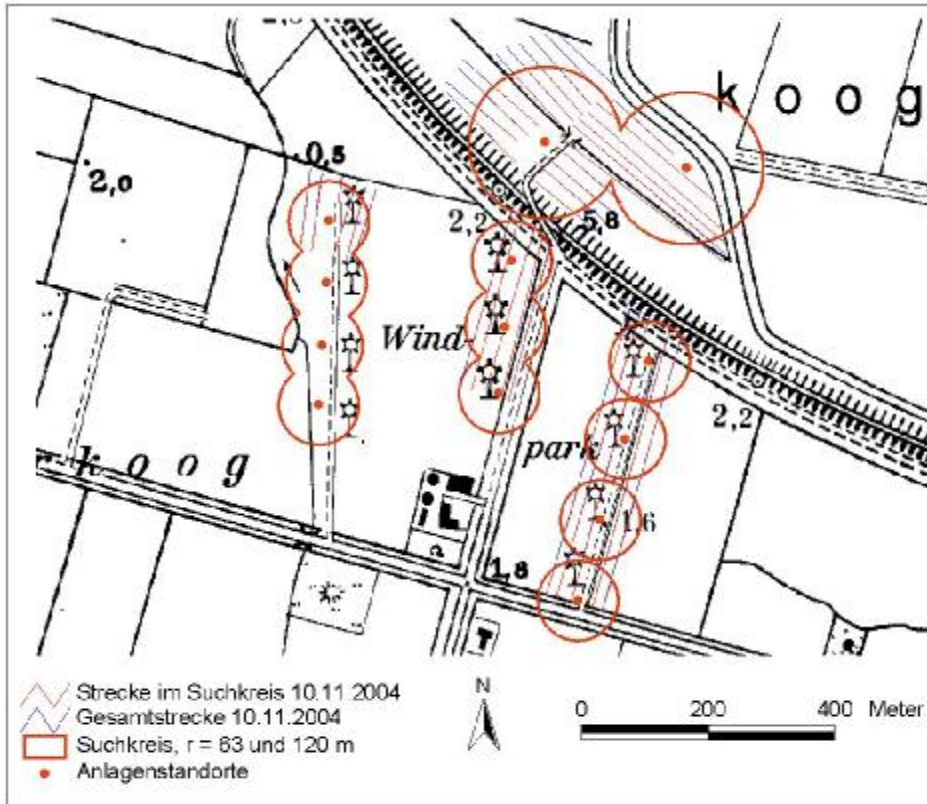


Abb. 24.: Untersuchte WEA (E 40 und V 80) im Windpark im Simonsberger Koog mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 10.11.2004.

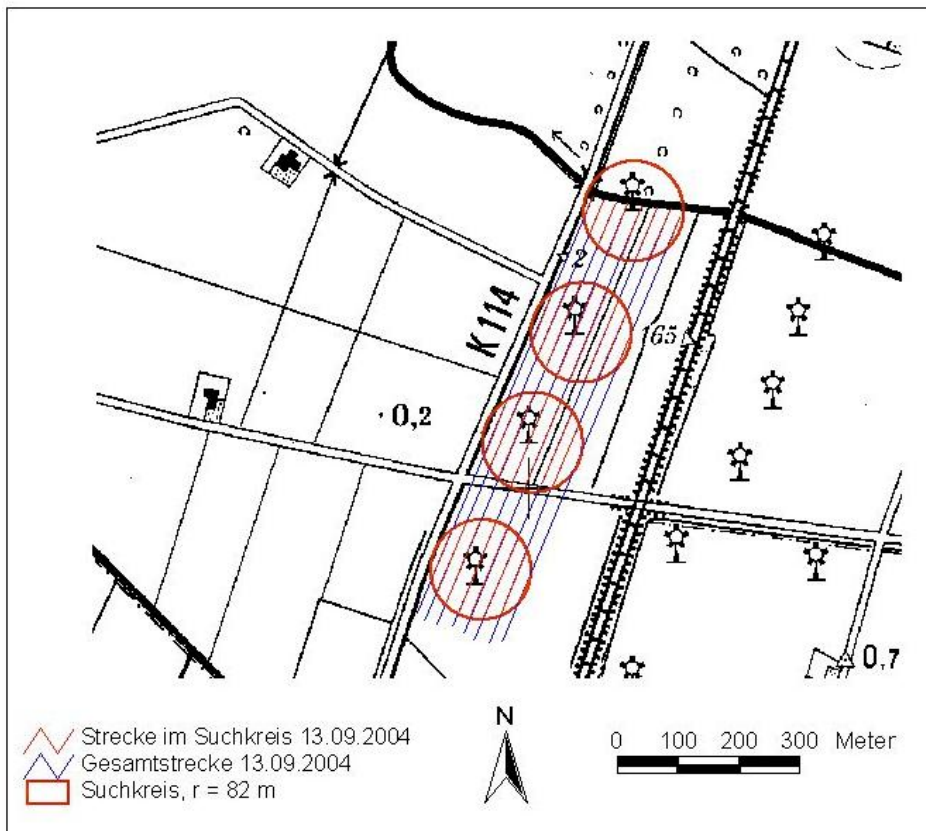


Abb. 25.: Untersuchte WEA (HSW 1000) im Windpark bei Bosbüll mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 13.09.2004.

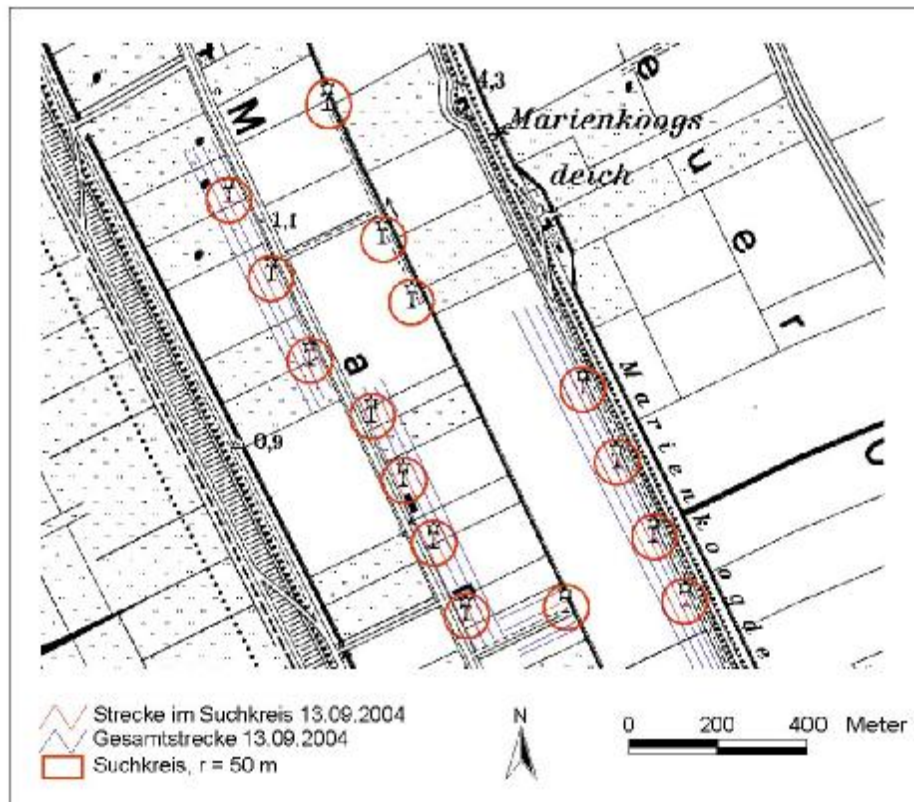


Abb. 26: Untersuchte WEA (E 33, AN Bonus und Nordtank) im Windpark im Marienkoog mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 13.09.2004.

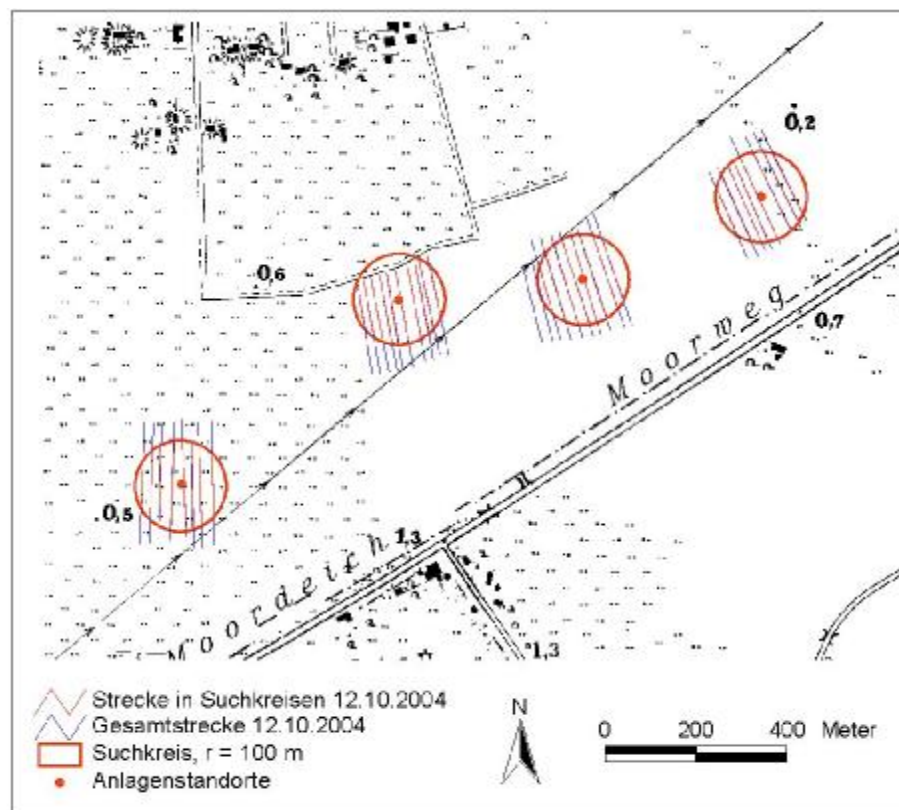


Abb. 27: Untersuchte WEA (AN Bonus 1000) im Windpark im Uelvesbüller Koog mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 12.10.2004.

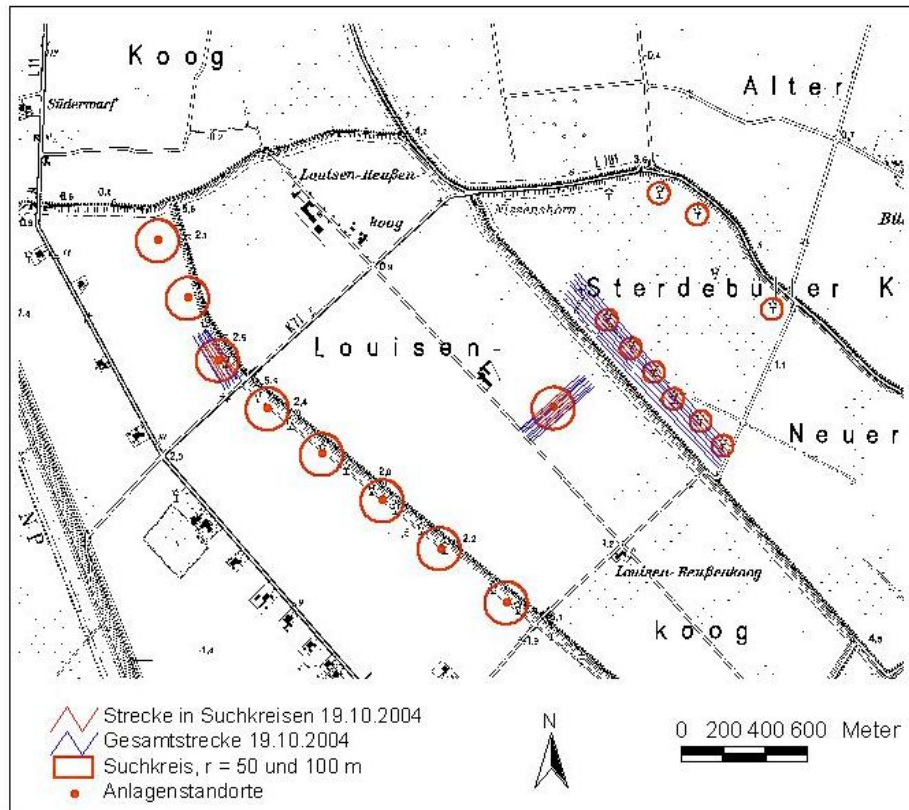


Abb. 28: Untersuchte WEA (Tacke, E 66, V 80) in den Reußenkügen (Sterdebüller Koog, Louisen-Koog und Sönke-Nissen-Koog) mit exemplarischer Darstellung der Gesamtstrecke und der Strecke in den Suchkreisen am 19.10.2004.

Die insgesamt während der Suche von Kollisionsopfern zurückgelegte Strecke beträgt 830 km. Davon entfallen 700 km (84 %) auf den Suchmodus mit einem Transektabstand von 20 Metern und größer (Tab. 12) und 129 km auf den Suchmodus mit einem Transektabstand von fünf Metern (Tab. 13). Mit Hilfe der GIS-Software ArcView 3.2 haben wir den Anteil der Strecke innerhalb der jeweiligen Suchkreise verschnitten (Abb. 29). Es wurde versucht, alle WEA in den einzelnen Windparks zu untersuchen. Das führte dazu, dass ein erheblicher Anteil der Suchstrecken auf den Bereich zwischen den Anlagen entfiel und damit auf Flächen außerhalb der Suchkreise um die WEA. Die in den einzelnen Windparks an den jeweiligen Untersuchungstagen zurückgelegte Strecke und der anteilige Aufwand innerhalb der Suchkreise wird im Anhang aufgelistet. Der Anteil dieser Strecke an der insgesamt zurückgelegten Strecke eines Kontrolltages war in den einzelnen Windparks unterschiedlich und wurde insbesondere vom Abstand der WEA zueinander und ihrer räumlichen Verteilung bestimmt. In den ersten Kontrollen mit größerem Transektabstand (40 m) entfiel noch ein größerer Teil der Strecken auf Flächen außerhalb der Suchkreise. In den späteren Kontrollen (ab 24.09.,  $n = 14$ ) lag der Anteil, der innerhalb der Suchkreise zurückgelegt wurde, im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog im Mittel bei 81 %, im Simonsberger Koog bei 79 % und im Breklumer Koog bei 67 % (Abb. 30). Die Effizienz war im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog aufgrund der Anordnung der WEA in einer Reihe sehr hoch.



Der außerhalb der Suchkreise zurückgelegte Aufwand wird von uns als Referenzstrecke diskutiert, und die aufwandskorrigierte Fundanzahl außerhalb der Suchkreise mit den Funden innerhalb der Suchkreise verglichen.

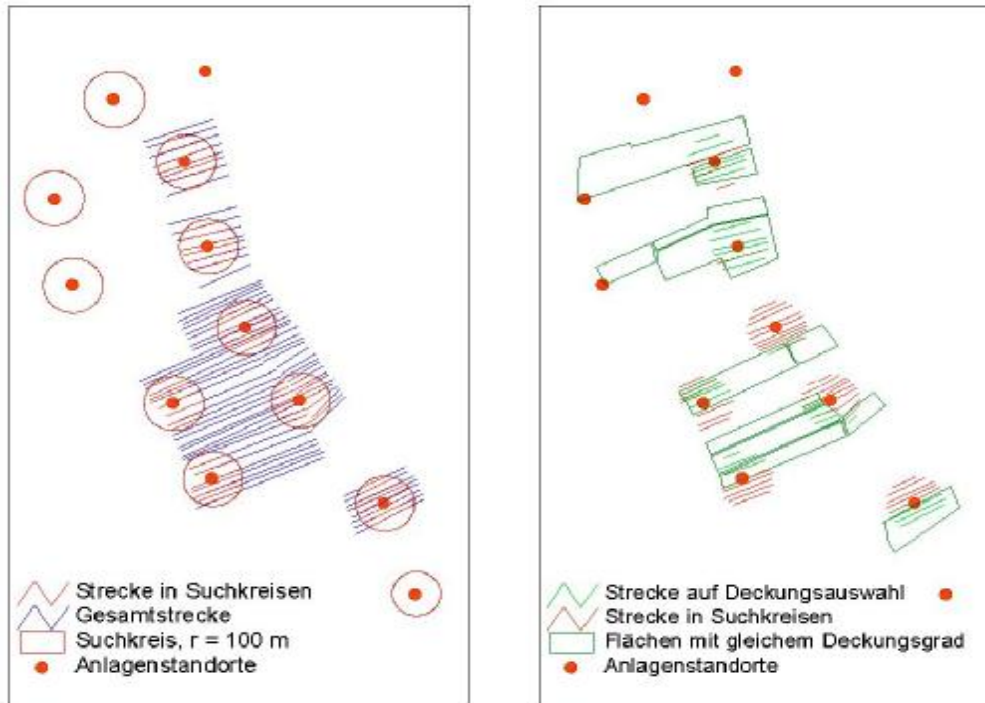


Abb. 29: Verschneidung von Gesamtstrecke, Strecke in Suchkreisen und Deckungsgrad einzelner Flächen (andere ausgeblendet) mit Hilfe von ArcView am Beispiel des Breklumer Kooges.

Der Suchaufwand wurde für unterschiedliche Vegetationsklassen getrennt berechnet. Dabei wurden drei Klassen unterschieden, die auch zur Charakterisierung der Flächen in den Experimenten zur Auffindrate dienten:

- frisch gepflügter und geegter Acker ohne Vegetation, gekeimter Raps und bis zu 10 cm aufgewachsenes Wintergetreide (Klasse 1, Vegetationsbedeckung bis 10 %).
- aufwachsende Raps- und Stoppelfelder ohne Unterwuchs; (Klasse 2, Vegetationsbedeckung zwischen 10 % und 30 %).
- höherer Raps, Stoppelfelder mit Unterwuchs und Zuckerrüben (Klasse 3, Vegetationsbedeckung über 30 %)

Grünland kam in den untersuchten Windparks nicht vor. Der Anteil des Streckenaufwandes, der auf den jeweiligen Vegetationsklassen entfiel, verändert sich im Verlauf der Untersuchung: Stoppelfelder werden im Verlauf des Herbstes gepflügt, geeggt und neu bestellt und Rapsfelder erreichen im zweiten Teil der Untersuchung höhere Deckungsgrade (Abb. 31).

Tab 12: Summe der Strecke in einzelnen Windparks, die in einem Suchmodus mit 20 Meter Abstand der Transekte zueinander zurückgelegt wurde.

Gebiet	gesamte Strecke [m]	Strecke in Suchkreisen [m]
Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog	247.454	195.802
Breklumer Koog	165.051	102.312
Simonsberger Koog	150.416	106.663
Reussenköge	57.825	26.860
Uelvesbüller Koog	26.327	15.573
Bosbüll	19.462	13.062
Marienkoog	33.871	14.901
<b>Summe</b>	<b>700.406</b>	<b>475.173</b>

Tab 13: Summe der Strecke in einzelnen Windparks, die in einem Suchmodus mit fünf Meter Abstand der Transekte zueinander zurückgelegt wurde.

Gebiet	gesamte Strecke [m]	Strecke in Suchkreisen [m]
Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog	31.269	29.421
Breklumer Koog	53.917	50.005
Simonsberger Koog	44.424	38.194
<b>Summe</b>	<b>129.610</b>	<b>117.620</b>

Strecke innerhalb der Suchkreise [%]

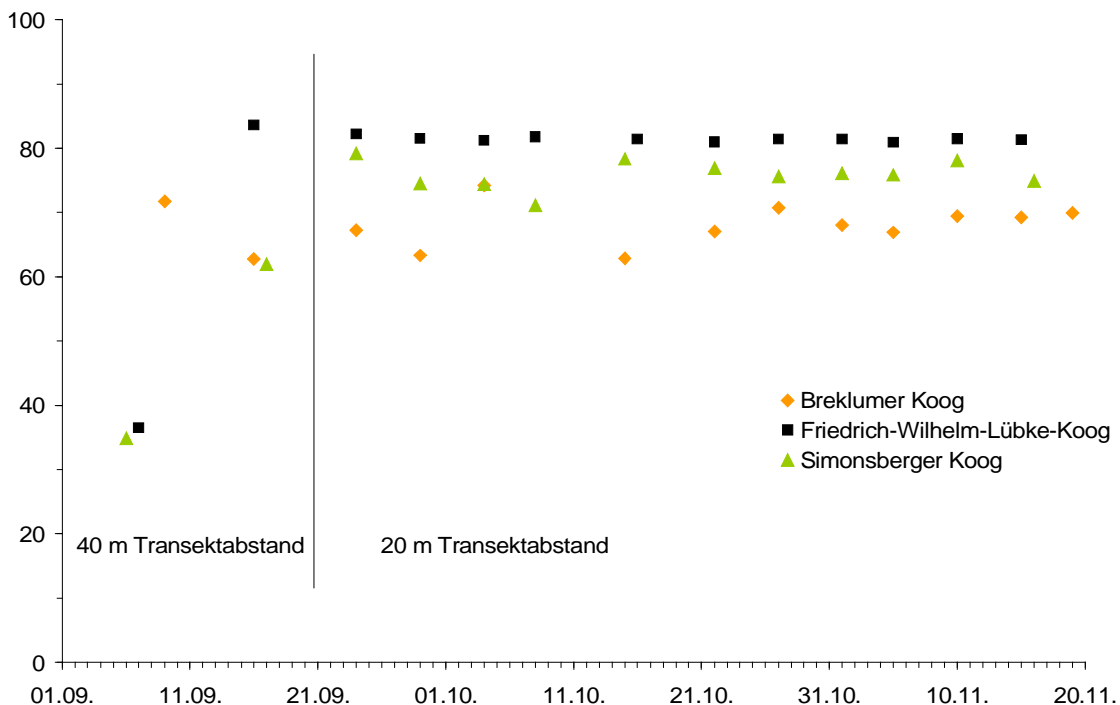


Abb. 30: Aufwand in drei regelmäßig untersuchten Windparks innerhalb der Suchkreise.

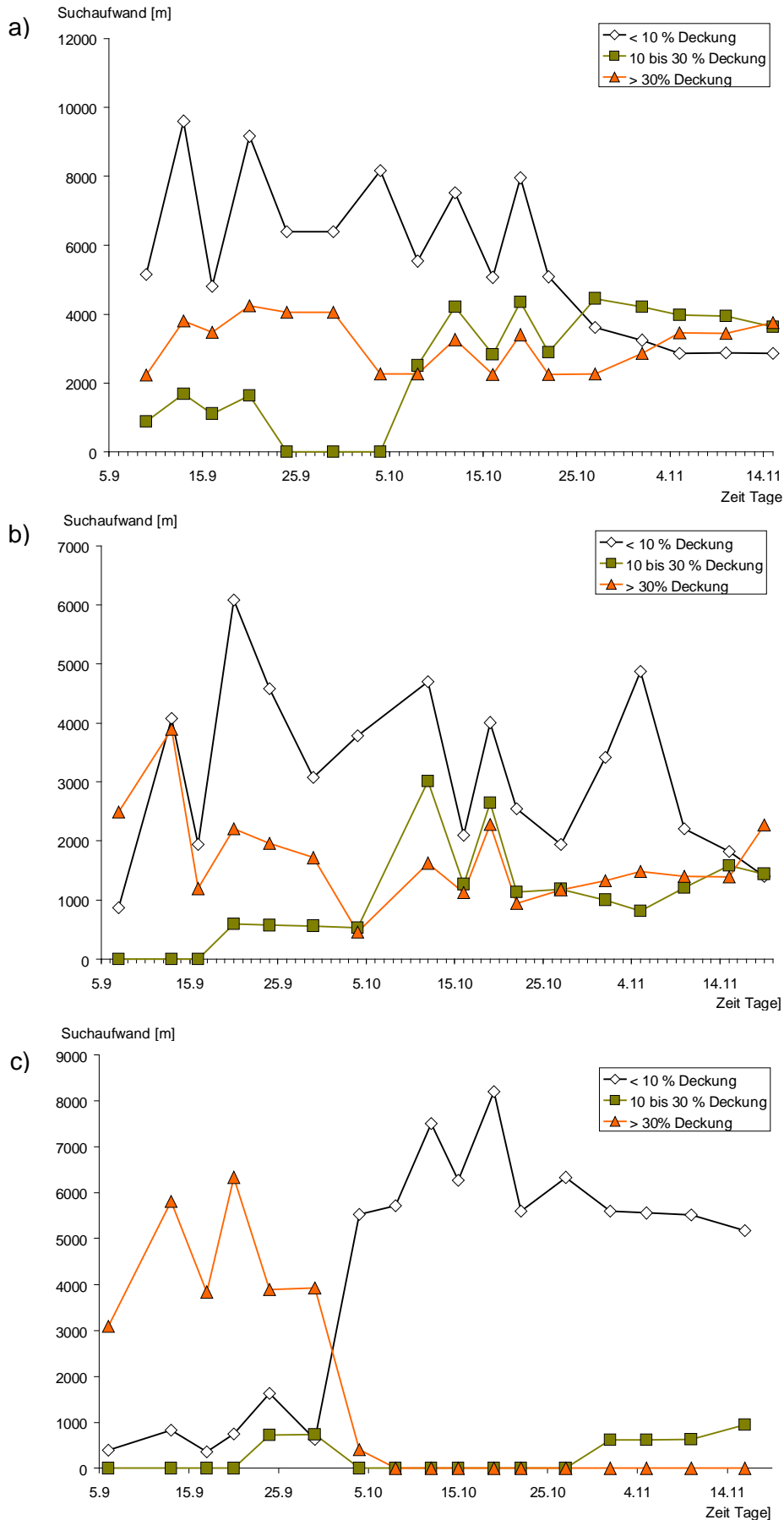


Abb. 31: Entwicklung der Vegetationstypen (Deckungsgrade) in drei Gebieten im Verlauf der Untersuchung: a) Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog, b) Breklumer Koog und c) Simonsberger Koog.

## Ergebnisse

Wir haben insgesamt 45 Vogelteile gefunden, die von 43 Individuen stammten (Tab. 14). In zwei Fällen wurden zwei Teile eines Vogels unabhängig voneinander gefunden. In der Fundliste sind 15 Arten vertreten (Tab. 15), unter denen Möwen (und Seeschwalben) mit 19 und Watvögel mit 12 Funden dominieren (Abb. 32). Unter den Funden ist insbesondere der Goldregenpfeifer – als Art, die im Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie geführt wird - mit insgesamt acht Funden hervorzuheben. Diese Funde verteilten sich auf die intensiver untersuchten Windparks, in dem vier Funde im Breklumer Koog, drei Funde im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog und ein Fund im Simonsberger Koog auftraten. Unter den insgesamt gefundenen Vögeln dominieren Rastvogelarten deutlich. Die nachgewiesenen Arten wurden auch während der Kontrollen im Windpark in z. T. großen Anzahlen rastend und nahrungssuchend beobachtet. Vogelarten des eigentlichen nächtlichen Breitfrontenzuges nordischer Singvögel kommen unter den Funden nicht vor (Drosseln u. a. ). Dies ist bemerkenswert, da bei den begleitenden Radaruntersuchungen starker Vogelzug festgestellt wurde (s. Kap. 4).

Zusätzlich haben wir am 24.09.2004 einen frishtoten Goldregenpfeifer direkt unter einer Stromleitung mit gebrochenem Flügel gefunden, der in der Liste der Kollisionsopfer von WEA nicht berücksichtigt wird. Im Breklumer Koog fanden wir 18 Vögel oder deren Reste, im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog zehn, im Simonsberger Koog acht und in den weiteren Kögen zusammen sieben Vögel.

Es wurde keine Fledermaus gefunden.

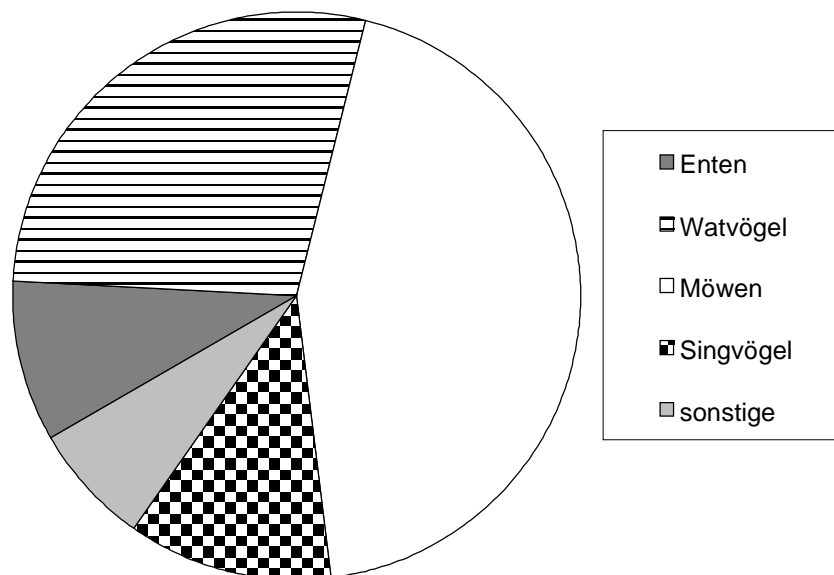


Abb. 32: Zusammensetzung der Gesamtfunde nach Vogelfamilien (n= 43).

Tab. 15: Häufigkeit einzelner Vogelarten unter den Gesamtfunden (n = 43, da von zwei Vögeln zwei Körperteile unabhängig voneinander gefunden wurden).

Art	Anzahl
Lachmöwe	10
Goldregenpfeifer	8
Sturmmöwe	5
Kiebitz	3
Silbermöwe	3
Stockente	3
Haustaube	2
Star	2
Bekassine	1
Berghänfling	1
Bläsralle	1
Löffelente	1
Ohrenlerche	1
Rauchschwalbe	1
Trauerseeschwalbe	1

Im zeitlichen Verlauf der Fundrate (Abb. 33) ist ein Hinweis auf einen saisonalen Effekt, aber keiner auf Mondphasen (dunkle Nächte bei Neumond) zu erkennen. Die relativ hohe Fundrate zu Beginn der Untersuchungen kann vor dem Hintergrund der hohen Verweildauer von Vogelkörpern dadurch erklärt werden, dass bei den ersten Kontrollen auch sehr alte Vogelkörper gefunden wurden. Die insgesamt abnehmende Tendenz und kein Fund während der vier letzten Kontrollen im November dürfte darauf zurückzuführen sein, dass die Rastvogelbestände in den Gebieten saisonal und aufgrund der Veränderung der Struktur der landwirtschaftlichen Flächen zurückgegangen waren. Ein Effekt der besonders dunklen Nächte um die Neumondphasen (Neumond 14.09., 14.10, 12.11.) lässt sich nicht erkennen.

Nicht jeder Fund ist ein tatsächliches Kollisionsopfer und eine eindeutige Bewertung der Todesursache ist in der Regel nicht möglich. Nur bei wenigen Vögeln war die Kollision mit einer WEA offensichtlich (Fotos im Anhang). 18 Funde (42 %) zeigten keine Spuren von Prädatoren, während 25 (58 %) in unterschiedlichem Ausmaß Einwirkungen von Prädatoren zeigten. Auch Ansammlungen von Federn (Rupfung, Riss) fallen in diese Kategorie. Dadurch, dass aasfressende Prädatoren auch Kollisionsopfer nutzen können, kann eine zweifelsfreie Entscheidung, wodurch diese Vögel umgekommen sind, nicht gefällt werden. Im Folgenden werteten wir einzig die Entfernung eines Fundes zur nächstgelegenen WEA als Maß für die Wahrscheinlichkeit einer Kollision (s. auch Kapitel 3.4).

Tab. 14: Funde von Vögeln und Vogelteilen im Herbst 2004 in Windparks in Kögen Nordfrieslands (alle WEA, alle Fundentfernungen, alle Suchmodi, n = 45). B = Breklumer Koog, L = Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog, S = Simonsberger Koog, R = Reussenköge, Ü = Uelvesbüller Koog und M = Marienkoog.

Ort	Datum	Art	Bemerkungen
B	07.09.	Rauchschwalbe	ganzer Vogel > 7 d, noch mit Maden
B	07.09.	Silbermöwe	Vogel ohne Kopf, >3 Wochen
B	13.09.	Goldregenpfeifer	Federn, alte Rupfung?
B	13.09.	Sturmmöwe	Federn und Federkiele, halb im Boden eingepflügt
B	13.09.	Lachmöwe	zahlreiche Federn, Rupfung?
B	16.09.	Goldregenpfeifer	Federn, Rupfung
B	16.09.	Star	Rumpf und Federn, frisch, Brustbein angenagt, Rupfung
B	20.09.	Sturmmöwe	Flügel- und Federreste
B	20.09.	Lachmöwe	ganzer Vogel, angefressen, Schädel zertrümmert
B	29.09.	Lachmöwe	ganzer Vogel, frisch, immatur, Halswirbel durchtrennt
B	04.10.	Bekassine	ganzer Vogel, > 1 Woche, stark skelettiert und verwest
B	12.10.	Lachmöwe	Federn und ein Flügel
B	15.10.	Löffelente	ganzer Vogel, frisch, Männchen, Flügel links gebrochen
B	19.10.	Lachmöwe	2 Flügel, alt
B	19.10.	Goldregenpfeifer	1 Flügel, alt
B	22.10.	Kiebitz	ganzer Vogel, > 7 d, skelettiert
B	01.11.	Ohrenlerche	ganzer Vogel, > 7 d
B	01.11.	Goldregenpfeifer	Federn, Säugerriss
L	09.09.	Haustaube	nur Steuerfedern mit Haut (Federn halten noch zusammen)
L	09.09.	Sturmmöwe	ganzer Vogel, > 2 Wochen, mumifiziert
L	09.09.	Sturmmöwe	ganzer Vogel, > 4 Wochen, Mähdrescher?
L	29.09.	Stockente	1/2 Flügel, gebissene Federn
L	08.10.	Berghänfling	Beine und Schwanz, frisch
L	08.10.	Berghänfling	Kopf und Flügel (Teil von obigem Fund), frisch
L	16.10.	Goldregenpfeifer	halber Körper, frisch, durchschlagen
L	16.10.	Stockente	ganzer Flügel und gebissene Federn, Fuchslosung
L	19.10.	Goldregenpfeifer	viele Federn noch unbestimmt, Säugerriss
L	27.10.	Goldregenpfeifer	Flügel
L	27.10.	Lachmöwe	ganzer Vogel, frisch, Kopf zertrümmert
S	06.09.	Sturmmöwe	Flügel, alt, mumifiziert
S	13.09.	Lachmöwe	Flügel - und Körperteile, halb im Boden
S	13.09.	Star	ganzer Vogel, dj., frisch, Bauch offen
S	17.09.	Kiebitz	Federn, Rupfung
S	08.10.	Trauerseeschwalbe	ganzer Vogel, dj., frisch, 1-2 Tage, Verletzung am Kopf
S	12.10.	Kiebitz	zahlreiche Federn, gebissen
S	15.10.	Goldregenpfeifer	Vogel ohne Beine, > 5 Tage,
S	19.10.	Lachmöwe	ganzer Vogel, noch Fleisch vorhanden, < 1 Woche alt
R	13.09.	Lachmöwe	Federn eingepflügt
R	20.09.	Silbermöwe	ganzer Vogel, ad, stark verwest
R	19.10.	Silbermöwe	Vorderkörper frisch, 2.-3. Winterkleid, re Flügel gebrochen
R	19.10.	Silbermöwe	Hinterkörper frisch, Teil von obigem Fund
Ü	13.09.	Bläsralle	frisch Flügelteile, ohne Kopf und Rumpf
Ü	13.09.	Taube	Federn, Rupfung
Ü	12.10.	Stockente	zahlreiche Federn und Blutfleck, Männchen
M	12.10.	Lachmöwe	ganzer Vogel frisch, Flügel rechts gebrochen

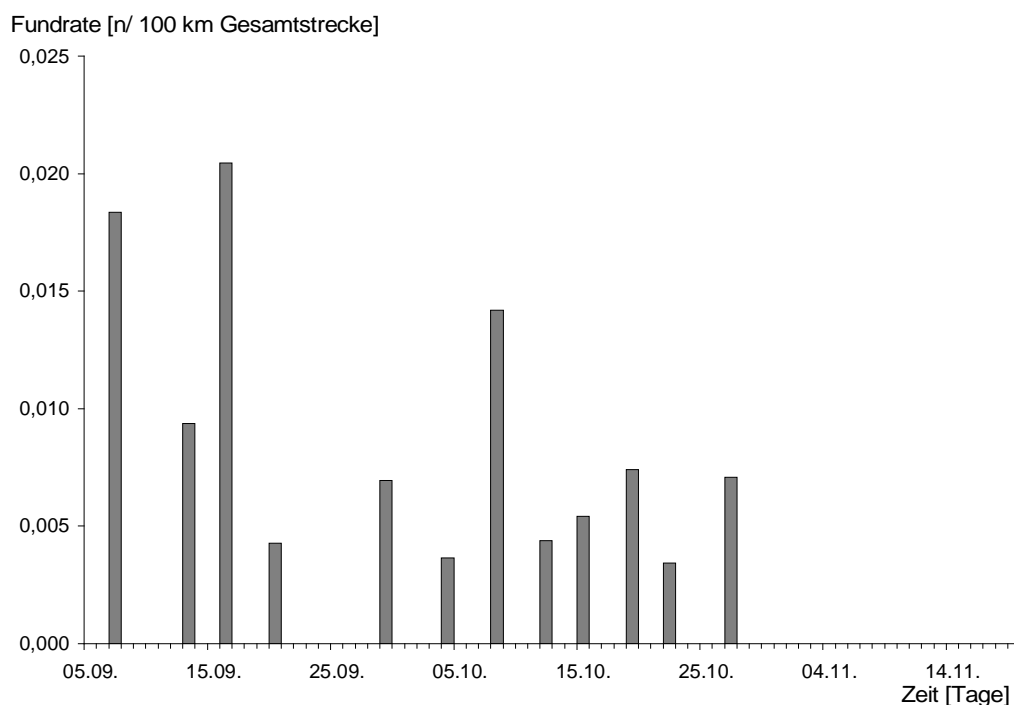
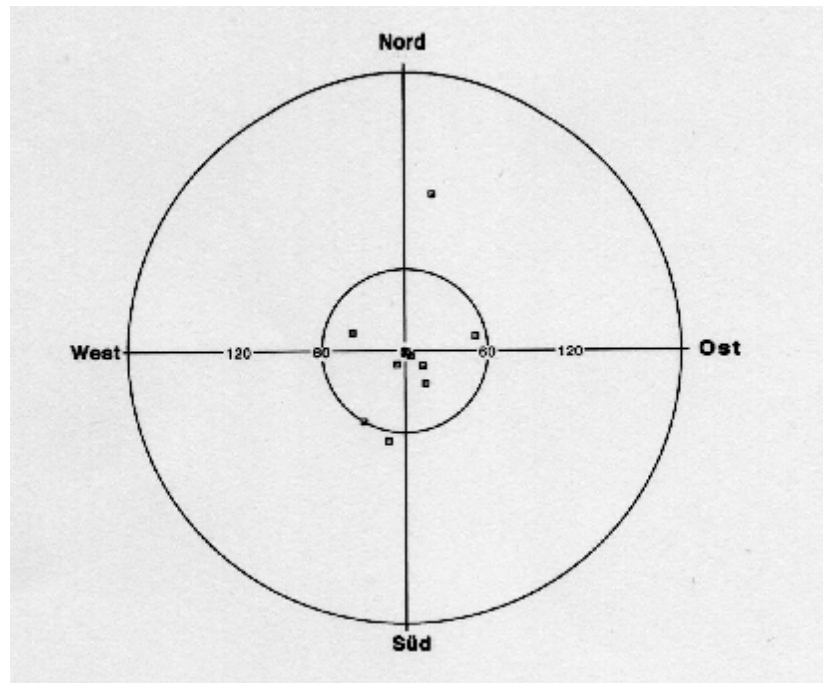


Abb. 33 : Zeitlicher Verlauf der Fundrate bei den Windparkkontrollen.

Die mittlere Fundentfernung - unter Berücksichtigung aller Funde – betrug für die kleinen WEA (bis 63 m) 40 m (n = 10, Maximum 117 m, 50% der Funde bis 28 m) und für die großen WEA (100 und bei zwei WEA 120 m) 63 m (n = 35, Maximum 182 m, 50% der Funde bis 55 m). Sieben (16%) der 43 Funde befanden sich außerhalb eines Suchkreises, dessen Radius durch die Gesamthöhe der Anlage gebildet wird (Abb. 34 und b und Abb. 35). Diese werden als unwahrscheinliche Kollisionsopfer eingestuft und bei der Abschätzung der insgesamt kollidierten Vögel nicht mehr berücksichtigt.

a)



b)

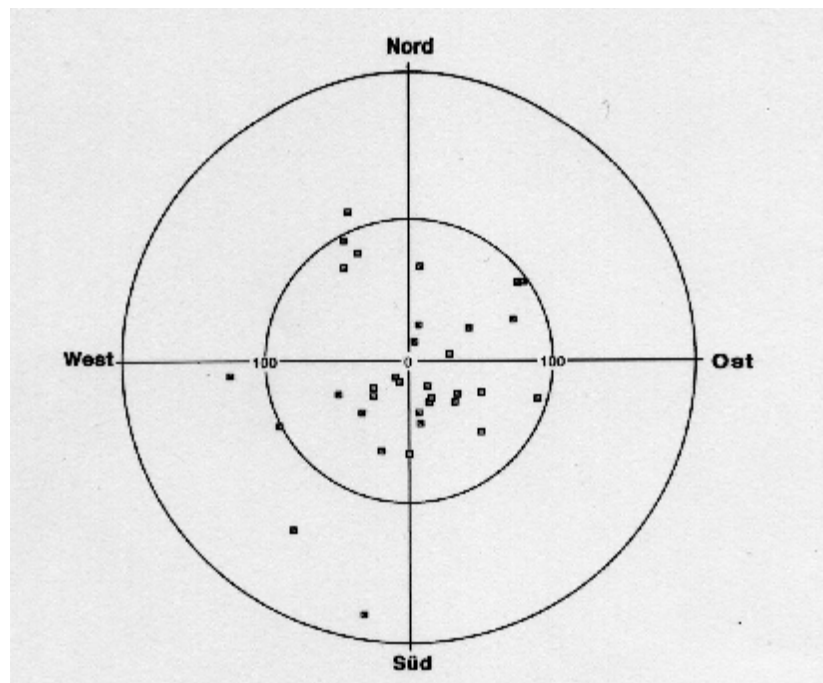
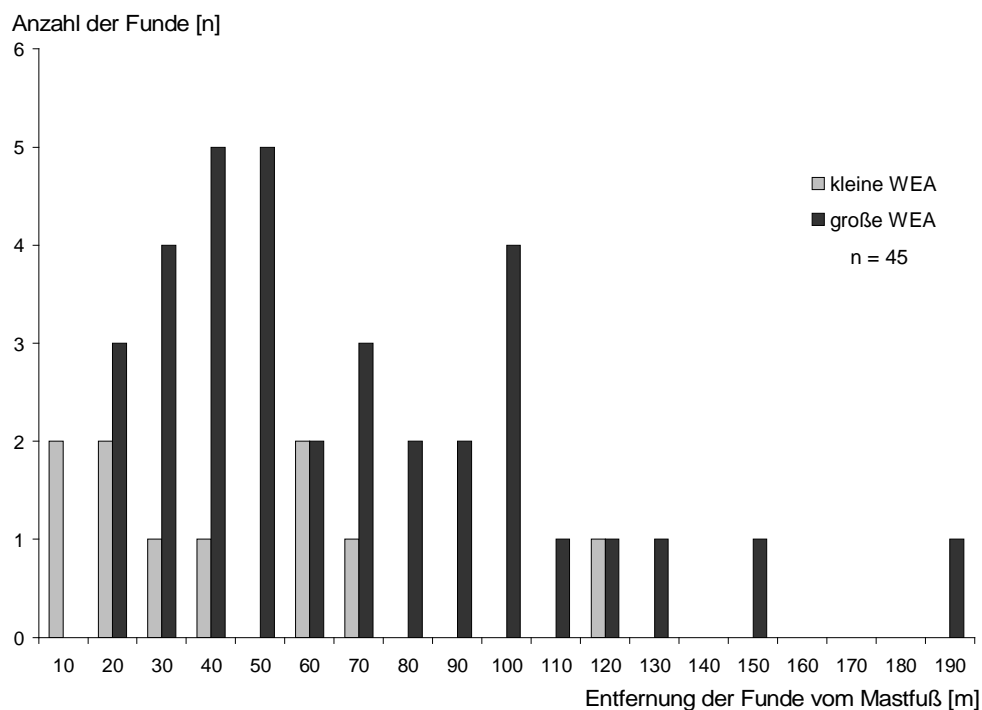


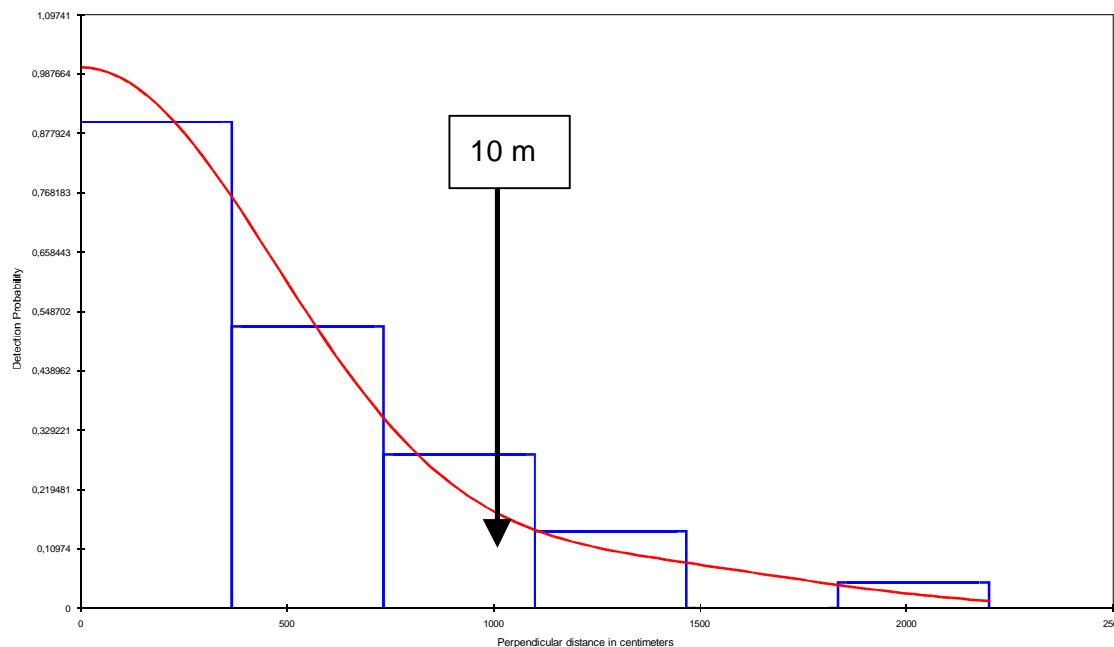
Abb. 34 a und b: Entfernung und Richtung von Totfunden unter WEA: a) Gesamthöhe der Anlagen von 100 m und in zwei Fällen von 120 m, n = 35. b) Gesamthöhe der Anlagen bis 63 m, n = 10.





**Abb. 35:** Entfernung der Funde von den Windenergieanlagen.

Die Funde sind innerhalb der kontrollierten Transekte nicht gleich verteilt: Die Fundentfernungen im Transekt (zehn m rechts und links vom Beobachter) sinkt mit zunehmender Entfernung (Abb. 36) zum Beobachter, jedoch liegen 90 % (n = 43) der Funde in einer Entfernung bis 10 m. Das Programm DISTANCE liefert unter Berücksichtigung der einzelnen Entfernungen eine Anpassungsfunktion, die die Abnahme der Auffindwahrscheinlichkeit mit zunehmender Entfernung beschreibt. Unter Berücksichtigung aller Funde beträgt die effektive Streifenbreite (ESW „effective strip width“) sieben Meter. Bis zu dieser Entfernung ist die Hälfte der Vögel gefunden worden. Die Anzahl der Funde ist aber zu gering, um diese Funktion und die effektive Streifenbreite für verschiedene Fundumstände wie Vogelgröße oder Deckungsgrad der Vegetation zu berechnen.



**Abb. 36:** Abhängigkeit der Fundwahrscheinlichkeit von der rechtwinkligen Entfernung der Funde zur Grundlinie unter Berücksichtigung aller Funde (n= 43, ohne 2 Funde im Modus fünf m Transektabstand). Berechnung mit DISTANCE.

## Diskussion

Das Artenspektrum der gefundenen Vögel (insgesamt 15 Arten) ist sehr bemerkenswert, denn es spiegelt im Wesentlichen das Vorkommen von Rastvögeln in den Kögen der nordfriesischen Westküste wider. Wir haben keine Vögel des nächtlichen Breitfrontenzuges unter den Kollisionsoffern gefunden, obwohl die begleitenden Radaruntersuchungen starken Zug nachgewiesen haben. Da während der Untersuchungen mehrere Funde von Kleinvögeln erfolgten, die wir als tagaktiv einstufen (Rauchschwalbe) oder lokalen Rastbeständen zuordneten, kann ausgeschlossen werden, dass die fehlenden Funde von typischen Nachtziehern wie den Drosseln methodisch bedingt sind.

Die Arten, die am Tage während der Kontrollen am häufigsten gesehen wurden, sind auch in der Fundliste am häufigsten vertreten. Rastvogelzählungen im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog und im Simonsberger Koog wiesen Goldregenpfeifer, Kiebitz und die Möwenarten als typische und häufige Rastvögel dieser Gebiete aus. Die genannten Arten rasten dabei regelmäßig auch in größeren Schwärmen in den Windparks oder gehen dort auf Nahrungssuche (WELCKER & NEHLS 2002, STAHL & NEHLS 2003). Insbesondere im Breklumer Koog fielen bei den Kontrollen größere Trupps von Goldregenpfeifer und Möwen auf, in staunassen Stoppelfeldern flogen bei den Kontrollen viele Bekassinen auf. Bei den Kontrollen in den Windparks in dieser Untersuchung fielen zudem zeitweise größere Trupps von Ohrenlerchen und Berghänflingen auf kahlen Ackerflächen auf, so dass die eher unerwarteten Funden dieser Arten ebenfalls lokalen Rastbeständen zugeordnet werden können.

Bei einer Untersuchung an Windparks und Einzelanlagen in Küstengebieten von Niedersachsen und Schleswig-Holstein fanden BÖTTGER et al. (1990, zitiert in LAMMEN & HARTWIG 1994) eine ähnliche Artenzusammensetzung: Während eines 17monatigen Beobachtungszeitraumes wurden insgesamt 32 Vogelschlagopfer gefunden. Von diesen Vögeln zählten 28 zu Arten, die die Flächen als Brut- und Rastgebiete nutzten.

Im Rahmen der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten führt das Landesumweltamt Brandenburg eine bundesweite Fundkartei von Kollisionsopfern (DÜRR briefl., Stichtag der Zusammenstellung der Funde: 13.08.2004). Diese Liste weist ebenfalls darauf hin, dass der nächtliche Vogelzug kaum zu Kollisionen an WEA führt (DÜRR briefl.), obwohl die Drosseln zu den häufigsten Arten des nächtlichen Vogelzugs zählen, sind in der Kartei bislang nur eine Wachholderdrossel und eine Rotdrossel enthalten. Dies ist auch in Übereinstimmung mit zahlreichen amerikanischen Untersuchungen, die bislang keine größeren Zahlen von kollidierten Kleinvögeln erbrachten (NWCC 2004).

Die Todesursache konnte bei der Mehrheit der gefundenen Vögel nicht zweifelsfrei angegeben werden, da Einwirkungen von Beutegreifern auftraten. Ob ein Vogel mit einer WEA kollidiert ist oder von einem Beutegreifer getötet wurde, kann nicht mehr entschieden werden, zumal z. T. nur noch Ansammlungen von Federn gefunden wurden. Eine weitere tierärztliche Untersuchung der gefundenen Vögel hätte hier nicht zu weiterer Klarheit der Todesursache führen können. In anderen Fällen war die Todesursache dann offensichtlich, wenn Vogelhälften u. ä. gefunden wurden.

Dürr (briefl.) gibt für 89 Funde eine Entfernung tot gefundener Vögel vom Mastfuß an. Sie lag im Mittel bei 27 m (0,5 bis 300 m) und damit unter unseren Werten. Da die Datei bis 1989 zurückreicht, wurden möglicherweise vermehrt kleinere WEA untersucht. Weiterhin kann der Suchaufwand auf die unmittelbare Umgebung des Mastfußes konzentriert worden sein.

In der Untersuchung von JOHNSON et al (2002) wurden tote Vögel bis zu einer Entfernung von 60 m (Mittelwert 14,8 m) gefunden. Die Untersuchung betrachtete zwei Ausbauphasen mit einer Gesamthöhe der Anlagen von 53 und 73 m, wobei die abgesuchte Fläche immer einen Radius von 63 m hatte.

Die Zusammenstellung von DÜRR (briefl.) gibt auch eine mittlere Entfernung von lebend (verletzt) gefundenen Vögeln ( $n = 18$ ), soweit ermittelt ( $n = 7$ ) mit 257 m (20 bis 1.000 m) an. Auch WINKELMANN (1992a) hat 17% ( $n = 76$ ) verletzte Kollisionsopfer gefunden, die sie im Rahmen der Untersuchung von 18 WEA in sechs Frühjahrs- und vier Herbstkampagnen gefunden hat. Wir haben dagegen keine verletzten Vögel gefunden.

Die Zuordnung von Funden anhand der Entfernung zur nächsten WEA ist derzeit die beste Lösung zur Ermittlung von Kollisionsopfern, sie ist jedoch nicht in allen Fällen eindeutig: Der Anteil der Funde an der Gesamtfundzahl der innerhalb des von uns festgelegten Suchkreises (Kap. 3.1) gefunden wurde, betrug 90 % (36 von 40 Funden, Tab. 16). Der Aufwand innerhalb und außerhalb der Suchkreise war verschieden, so dass die Fundzahl auf die zurückgelegte Suchstrecke bezogen werden muss. Innerhalb der Suchkreise wurde eine

um den Faktor vier höhere Fundrate festgestellt: 7,8 gegenüber 1,9 Funde pro 100 km Suchstrecke (Tab. 16). Einige Funde von Vögel befanden sich weit außerhalb des Suchkreises, so dass diese nicht als Kollisionsopfer gewertet wurden, auch wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich verletzte Vögel noch von der Anlage entfernt haben oder die Körper verschleppt wurden. Auf der anderen Seite können gefundenen Vögel auch durch andere Ursachen ums Leben gekommen sein und der Vergleich der Funde innerhalb und außerhalb des Suchkreises weist darauf hin, dass dies bis zu 20% betragen könnte. Für künftige Untersuchungen erscheint es daher als wichtig, Kontrollflächen zu untersuchen, in denen sicher keine Kollisionsopfer auftreten können, um auf diesen Weg den Anteil anderer Todesursachen zu ermitteln.

**Tab. 18:** Funde [n] und Fundrate [Funde/100 km] innerhalb und außerhalb der Suchkreise (n = 40 Funde). Hierbei wurde drei Funde und der Streckenaufwand im Uelvesbüller Koog nicht berücksichtigt, da außerhalb des 100 m Radius des Suchkreises eine Stromleitung verlief, die zu einer Erhöhung der Fundzahl ohne Bezug zu den WEA geführt haben könnte. Si = Simonsberger Koog, Br = Breklumer Koog, Lü = Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog, Ma = Marienkoog, Ue = Uelvesbüller Koog, Re = Reußenköge und Bo = Bosbüll.

Gebiet	Funde [n] innerhalb des Suchkreises	Strecke [m] innerhalb des Suchkreises	Funde/100 km innerhalb des Suchkreises	Funde [n] außerhalb des Suchkreises	Strecke [m] außerhalb des Suchkreises	Funde/100 km außerhalb des Suchkreises
Si	6	106.663	5,6	2	43.753	4,6
Br	17	103.172	16,5	1	62.525	1,6
Lü	10	195.802	5,1	0	51.652	0,0
Ma	1	14.109	7,1	0	18.970	0,0
Ue	0	*15.573	-	*3	*10.754	-
Re	2	26.860	7,4	1	30.965	3,2
Bo	0	13.062	0,0	0	6.400	0,0
Summe	36	459.668	<b>7,8</b>	4	214.265	<b>1,9</b>

### 3.5 Berechnung der Kollisionsrate

Anhand der in den Windparks erhobenen Daten lässt sich eine Kollisionsrate berechnen. Die Ermittlung der Korrekturfaktoren ist wesentliches Ziel der durchgeführten Untersuchung und wird im folgenden anhand der Daten aus den drei Windparks Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog Breklumer und Simonsberger Koog angewendet.

Für die Berechnung der Kollisionsrate gilt es, die Daten der tatsächlichen Funde mit den experimentell erhobenen Daten zur Auffindrate und zur Verweildauer zu korrigieren. Ferner gilt es zu berücksichtigen, dass die Fläche innerhalb der von uns definierten Suchkreise bei den Kontrollen nicht komplett abgesucht wurde. Die Kontrollen erfolgten entlang von Transekten und wir gehen für die Berechnung davon aus, dass wir jeweils rechts und links in zehn Meter breiten Streifen einen auf der gesamten Fläche gleichbleibenden Suchaufwand hatten, so dass wir die für einen zehn Meter Streifen berechnete mittlere Auffindrate anwenden können. Der auf diese Weise berücksichtigte Flächenanteil beträgt im Breklumer Koog 53%, im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog 57 % und im Simonsberger Koog 61% (Tab. 22). Für die Berechnung der Kollisionen wird auf die Gesamtfläche der jeweiligen Suchkreise hochgerechnet. Diese Herangehensweise korrigiert die Fundzahlen auch bezüglich der Flächen, in denen keine Suche möglich ist (Gräben, Wasserflächen u. a). Wir haben die Suche auf geeigneten Flächen durchgeführt und die Fundrate auf die gesamte Kreisfläche um die WEA extrapoliert.

Tab. 17: Anteil der Fläche mit Suchaufwand an der Fläche der Suchkreise im Untersuchungszeitraum.

Gebiet	Strecke [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Suchkreis [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]
Simonsberger Koog	106.663	2.133.260	3.478.758	61
Breklumer Koog	102.312	2.046.240	3.884.702	53
Fr. - W. - Lübke- Koog	195.802	3.916.040	6.848.688	57

Der Korrekturfaktor, der Auffindrate und Verweildauer berücksichtigt, ergibt sich aus:

$$(1) \quad \text{Faktor} = \frac{I}{\bar{t} \times p}$$

Dabei ist  $I$  das Intervall zwischen zwei Kontrollen in Tagen (wir haben einen mittleren Zeitabstand aus der Untersuchungsdauer und der Anzahl der Kontrollen errechnet),  $\bar{t}$  ist die mittlere Anzahl von Tagen, die ein Vogelkörper im Untersuchungsgebiet bleibt und  $p$  ist die Auffindrate. Es ist dabei zu beachten, dass sich  $\bar{t}$  auf die Zeit zwischen zwei Kontrollen bezieht und nicht die vollständige Verweildauer betrifft.

Dieser Faktor kann für Größenklassen von Vögeln und Bedeckungsgrade der Vegetation separat angegeben werden und auf die jeweiligen Fundzahlen unter diesen Fundumständen

bezogen werden. Die Tab. 18 zeigt die Formelgrundlagen mit den von uns ermittelten Korrekturfaktoren für die einzelnen Parameter. Die unter guten Suchbedingungen (Vegetationsbedeckung < 10%) gefundene Anzahl großer Vögel wird lediglich mit dem Korrekturfaktor 1,3 multipliziert, während die gefundene Anzahl kleiner Vögel bei schlechten Suchbedingungen (Vegetationsbedeckung > 30 %) bereits mit dem Korrekturfaktor 16 multipliziert wird.

Tab. 18: Berechnung des Korrekturfaktors (nach Formel 1) für verschiedene Größenklassen von Vögeln und Klassen von Vegetationsbedeckungen.

<b>Kontrollintervall I</b>	4,47		
<b>Verweildauer t</b>	3,48		
<b>Auffindrate p</b>	Vegetationsbedeckung		
Größenklasse	<10%	10-30%	>30%
klein	0,44	0,26	0,08
mittelgroß	0,70	0,46	0,22
groß	1,00	0,79	0,58
<b>Korrekturfaktor</b>	Vegetationsbedeckung		
Größenklasse	<10%	10-30%	>30%
klein	<b>2,92</b>	<b>4,94</b>	<b>16,06</b>
mittelgroß	<b>1,83</b>	<b>2,79</b>	<b>5,84</b>
groß	<b>1,28</b>	<b>1,63</b>	<b>2,21</b>

Die Anzahl (*m*) der insgesamt in einem Windpark kollidierten Vögel kann mit folgender Formel berechnet werden (nach JOHNSON et al. 2002):

$$(2) \quad m = \frac{N \times I \times C}{k \times \bar{t} \times p}$$

Dabei ist *N* die Anzahl der WEA in einem Windpark und *k* die Anzahl der untersuchten WEA in einem Windpark (diese Werte heben sich auf, wenn der gesamte Windpark untersucht wird) und *C* die Anzahl der Funde während der Untersuchungsdauer. Der Wert für *C* kann auch für einzelne Klassen von Vogelgrößen und Vegetationsbedeckungen separat in die Berechnung einfließen. Die Varianz wurde nach GOODMAN 1960 und COCHRAN 1977 (beide zitiert in JOHNSON et al. 2002) berechnet.

Die Varianz des Produkts von  $t$  und  $p$  ist:

$$(3) \quad V(\bar{t} \times \bar{p}) = \bar{t}^2 \times V(p) + \bar{p}^2 \times V(\bar{t}) - V(\bar{t}) \times V(p).$$

Damit kann die Varianz von  $m$  wie folgt berechnet werden:

$$(4) \quad V(m) = \frac{N^2}{k^2} \times I^2 \times m^2 \times \left[ \frac{V(\bar{t} \times \bar{p})}{\bar{t}^2 \times \bar{p}^2} + \frac{V(\bar{C})}{\bar{C}^2} \right].$$

Ausgehend von den tatsächlichen Funden im Gelände und den experimentell ermittelten Korrekturfaktoren ergibt sich unter der Anwendung der obigen Formeln für WEA während des Untersuchungszeitraums von 70 Tagen eine Anzahl erwarteter Kollisionen von 2,1 für den Simonsberger Koog, von 2,5 für den Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog und von 7,4 für den Breklumer Koog (Tab 21). Für diese Berechnung ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Betrachtungszeitraum tatsächlich länger als 70 Tage ist, da wir bei den ersten Kontrollen auch Funde berücksichtigt haben, die in einem unbestimmten Zeitraum vor Beginn der Untersuchungen mit den Anlagen kollidiert sein könnten. Mehrere Funde zu Beginn der Untersuchungen wurden von den Findern als mehrere Wochen alt eingestuft.

Tab. 21: Hochrechnung über die Anzahl von Kollisionen pro Anlage und Untersuchungszeitraum.

Windpark	Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog	Breklumer Koog	Simonsberger Koog
Totfunde [n]	10	16	8
Hochrechnung $m$ [n]	33	55	25
Konfidenzintervall (95 %)	0 bis 138	0 bis 163	0 bis 101
Anzahl der WEA	12,8	7,3	11,3
Kollisionen pro WEA /Untersuchungszeitraum	2,6	7,5	2,2
Konfidenzintervall (90%)	0 bis 10,78	0 bis 22,33	0 bis 8,94

Die Streuung der berechneten Daten ist recht hoch und die Kollisionsrate unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Windparks, so dass auch Fragen bezüglich der unterschiedlichen Anlagentypen in dieser Untersuchung noch nicht beantwortet werden können. Die errechneten Korrekturfaktoren weisen vor allem hinsichtlich kleiner Vögel und hoher Vegetationsabdeckung darauf hin, dass für eine verlässliche Abschätzung der Kollisionsrate ein sehr hoher Untersuchungsaufwand erforderlich ist, beziehungsweise betonen die Notwendigkeit, die Kontrollen auf geeignete Flächen zu beschränken.

### 3.6 Diskussion

Die vorangehenden Berechnungen zeigen beispielhaft die Herangehensweise zur Ermittlung der Kollisionsraten in den verschiedenen Windparks. Die Ergebnisse weisen sehr deutlich darauf hin, dass den begleitenden Experimenten zur Auffindrate und zur Verweildauer herausragende Bedeutungen bei der Ermittlung der Kollisionen zukommen. Bei den Experimenten zur Bestimmung der Auffindrate lagen die Ergebnisse zwischen 6% und 86%, wobei ein signifikanter Bezug zur jeweiligen Flächenstruktur und der Vegetationsbedeckung bestand. Die Auffindrate in den von uns gewählten Einteilungen der Vegetationsbedeckung lag für Kleinvögel zwischen 44% und 8%, woraus sich zusammen mit der Verweildauer für ein etwa fünftägiges Intervall Korrekturfaktoren zwischen 3 und 16 ergeben. Das bedeutet, dass ein Fund mit diesem Faktor zu multiplizieren ist. Hierfür ist sehr wichtig zu beachten, dass für die Ermittlung der einzelnen Faktoren eine Reihe von Annahmen getroffen wurden, die jeweils mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind, was sich auch in den recht hohen Varianzen der Ergebnisse ausdrückt. Kleinvögel konnten nach unseren Experimenten sogar auf der Vegetationsklasse 1 (0 – 10% Bedeckung) nicht weiter als fünf Meter von der Grundlinie gesehen werden. Vor diesem Hintergrund und einer insgesamt sehr geringen Fundrate von Kleinvögeln ist die Berechnung bei dieser Gruppe daher noch als sehr ungenau zu werten und es ist zu diskutieren, mit welchen methodischen Ansätzen eine Verbesserung möglich ist. Auf der anderen Seite sind die Korrekturfaktoren für mittlere und große Vögel bei einer niedrigen und mittleren Vegetationsbedeckung und bei großen Vögeln auch bei relativ hoher Vegetationsbedeckung als niedrig einzustufen, so dass die gewählte Methode hier bereits aussagekräftige Ergebnisse bringen kann.

Die gewählten Annahmen führen in zwei Bereichen zu einer Überschätzung der berechneten Werte: dies ist zum einen die Tatsache, dass die Todesursache der gefundenen Vögel allein über die Entfernung zur nächsten Windenergieanlage angenommen wurde und der Anteil an anderen Todesursachen, die zweifellos auftreten können, nicht berücksichtigt wurde. Eine Reihe von Funden wurde als Rupfung eingestuft. Da diese jedoch auch am bereits toten Tier erfolgt sein könnte, sind wir zunächst bei der Einstufung anhand der Entfernung zur WEA geblieben. Nachfolgende Untersuchungen sollten diesen Faktor jedoch berücksichtigen. Zum anderen weist die relativ hohe Verweildauer darauf hin, dass die Möglichkeit besteht, einen Vogel zu finden, der bei den vorherigen Kontrollen nicht gefunden wurde. Enge Transektabstände und eine sehr exakte Begehung derselben Linien bei allen Kontrollen (inklusive gleicher Laufrichtung) würden diesen Fehler minimieren. In der Berechnung sind wir vereinfachend davon ausgegangen, dass ein Kadaver, der von uns übersehen wurde, auch bei jeder weiteren Kontrolle übersehen wurde.

Die Zuordnung von Kollisionsopfern rein nach der Entfernung zur WEA ermöglicht jedoch auch gewisse Unterschätzungen, u.a. da Vögel verschleppt werden können. Weitere Faktoren, wie wetterbedingte Unterschiede der Erfassungsgenauigkeit, kleinräumige Unterschiede in der Verweildauer u.a. erhöhen die Variabilität der Ergebnisse, führen aber vermutlich nicht zu einer systematischen Unter- oder Überschätzung der Ergebnisse.

Die Ergebnisse der Berechnungen weisen darauf hin, dass die Methode für Flächen mit einer für die Suche günstigen Struktur und für mittelgroße und große Vögel sehr



aussagekräftige Ergebnisse bringt. Die Hochrechnung erfolgt hier mit relativ niedrigen Korrekturfaktoren, so dass die Ergebnisse insgesamt wenig anfällig gegen Einzelfunde sind. Für die Erfassung von Kleinvögeln und generell die Ermittlung von Kollisionsopfern in ungünstigem Gelände zeigen die niedrigen Auffindraten und sich daraus ergebenden hohen Korrekturfaktoren die Schwierigkeiten auf, hier aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen.

Für künftige Untersuchungen ist somit die Frage zu stellen, welche Veränderungen in der Methode empfohlen werden können:

Die hohe Verweildauer, die in dieser Untersuchung angetroffen wurde, ermöglicht es, die Kontrollintervalle zu verlängern, so dass der gleiche Aufwand auf eine größere Fläche, bzw. eine größere Anzahl von Windparks verteilt werden kann. JOHNSON et al. (2002) führten Kontrollen in 14tägigen Abständen durch und es ist mit den von uns erhobenen Daten zu prüfen, welche Veränderungen sich bei den Berechnungen durch größere Intervalle ergeben würden. Die Veränderung des Korrekturfaktors entsprechend Gleichung (1) in Bezug zur Verlängerung des Intervalls ermöglicht dabei die Beurteilung des gewählten Intervalls. Legt man eine mittlere Auffindrate von 70% für mittelgroße Vögel bei niedriger Vegetationsbedeckung zugrunde, so erhöht sich der Korrekturfaktor bei 10tägigen Kontrollabständen und einer mittlere Verweildauer von 7 Tagen (bezogen auf die Kontrollabstände) lediglich um 11% auf 2,04 gegenüber einem Korrekturfaktor von 1,83 bei fünftägigen Kontrollen. Bei 15tägigen Kontrollen würde der Korrekturfaktor auf 2,5 ansteigen, was ebenfalls noch akzeptabel wäre. Andererseits wäre bei Kleinvögeln aufgrund der niedrigeren Verweildauer und der geringeren Auffindrate eine stärkere Steigerung der Korrekturfaktoren und damit eine höhere Unsicherheit bei den Berechnungen zu erwarten: Bei 10tägigen Kontrollen stiege der Korrekturfaktor, wenn eine Auffindrate von 0,44 für die günstigste Vegetationsstruktur und eine Verweildauer von 6 Tagen angenommen wird, auf 3,78 und bei 15tägigen Kontrollen auf 4,8. In Zusammenhang mit der geringeren Abdeckung der Transekte bei Kleinvögeln und den weiteren Rechenschritten ergeben sich hier rasch Berechnungen, die sehr empfindlich für einzelne Fundparameter sind.

Für die weitere Vorgehensweise ergeben sich somit folgende Konsequenzen:

1. Die Berechnungen lassen es als sinnvoll erscheinen, größere zeitliche Abstände zwischen den Kontrollen zu wählen – vorausgesetzt, die Verweildauer liegt in einem ähnlich hohen Bereich wie in dieser Untersuchung. Dies muss jedoch parallel zu den Kontrollen geprüft werden. Die Korrekturfaktoren steigen bei längeren Kontrollabständen zwar an, jedoch nicht in einem problematischen Ausmaß, so dass es sinnvoll ist, die Häufigkeit der Kontrollen zu reduzieren und den Aufwand auf eine größere Fläche zu verteilen. Für Kleinvögel und ungünstige Vegetationsstrukturen führt diese Vorgehensweise jedoch zu einem stärkeren Anstieg der Korrekturfaktoren. Angesichts der relativ hohen Verweildauern, die in dieser Studie gemessen wurden, könnte auch hier ein größerer zeitlicher Abstand als fünf Tage zugunsten einer größeren Suchfläche sinnvoll sein.

2. Die Ergebnisse unterstreichen die große Bedeutung der Auswahl der Flächen. Vor dem Hintergrund einer mittleren Fundrate von fünf Vögeln auf 100 km Transektstrecke und den sehr niedrigen Auffindraten in höherer Vegetation, ist es sehr aufwendig, auf Flächen mit ungünstigen Strukturen belastbare Daten zu erheben. Der Aufwand pro Fund liegt auf Flächen mit hoher Vegetation um ein mehrfaches über dem von frisch bearbeiteten Ackerflächen. Da eine Untersuchung zu Kollisionsopfern nach der vorgestellten Methode jedoch erst durch Wiederholungen auf denselben Flächen zu Ergebnissen kommt, führte dies dazu, dass die Suchbedingungen auch auf zunächst sehr gut geeigneten Ackerflächen bereits im Laufe des Herbstes durch das Aufwachsen von Vegetation zunehmend schlechter wurden. Kontrollen im Frühjahr dürften auf diesen Flächen (v.a. Wintergetreide) nur in wenigen Fällen möglich sein. Für Untersuchungen der Kollisionsrate im Jahresverlauf würde dies bedeuten, dass die Untersuchungen nicht durchgehend auf den gleichen Flächen erfolgen können. Ein Wechsel der Untersuchungsgebiete zwischen Getreide, Mais und Grünland, abhängig nach Bearbeitungsstand und Vegetationsstruktur darf jedoch erst nach einer genügend hohen Kontrollwiederholung erfolgen!

## 4 Radaruntersuchungen des nächtlichen Vogelzuges

Ziel des Einsatzes eines vertikal ausgerichteten Radars war die Beschreibung der Phänologie, Intensität und Höhenverteilung des Vogelzuges (Abb. 36). Mit Hilfe eines vertikalen Radars kann gemessen werden, ob in einem bestimmten Zeitraum und einem bestimmten Ort Vogelzug erfolgt und ob dieser in Höhen verläuft, in denen eine Kollisionsgefahr mit WEA besteht. Unter günstigen Bedingungen kann ein zeitgleiches Verhör der Zugrufe Angaben über das Artenspektrum der jeweiligen Zugnacht liefern.



Abb. 37: Vertikal montiertes zehn kW-Schiffsradar im Simonsberger Koog am 10. September 2004.

## Methodik

Das vertikale Radar ist inzwischen fester Bestandteil von Vogelzuguntersuchungen geworden und hat sich bei der Bestimmung von Intensität und Höhe des (nächtlichen) Vogelzuges bewährt. Radargeräte (RADAR: RAdio Detection And Ranging) senden elektromagnetische Wellen aus, die von Objekten reflektiert werden und so deren Lokalisierung im Raum ermöglichen (Abb. 37 und 39).

Ein Vogel wird auf dem Radarbildschirm aufgrund seiner Bewegung identifiziert. Die Geräte werden so eingestellt, dass bei sich bewegenden Objekten Radarschatten, das sind Echos von vorhergehenden Umläufen des Radarbalkens, sichtbar bleiben. Hinter jedem sich bewegenden Objekt bleibt eine Reihe von Echos erhalten und das Objekt bewegt sich als charakteristische Reihe von Punkten über den Bildschirm.

Für den Einsatz dieser Geräte an Land ist eine kostenpflichtige Genehmigung bei der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post einzuholen, welche in unserem Fall sechs Wochen nach Antragstellung erteilt wurde (s. Anhang und [www.regtp.de](http://www.regtp.de) ).

Begleitend zu der Suche nach Kollisionsoptionen haben wir das Radargerät in einem Windpark eingesetzt, in dem auch ein regelmäßiger Suchaufwand geleistet wurde. Der Simonsberger Koog eignete sich für die Untersuchungen, da wir in unmittelbarer Nähe zu den WEA einen Standort vorfanden, der abseits von öffentlich genutzten Wegen lag. Für die behördliche Genehmigung ist insbesondere ein ausreichender Sicherheitsabstand notwendig. Weiterhin befindet sich in der unmittelbaren Umgebung keine Siedlung, Wald oder eine ähnliche Struktur, welche die Radaruntersuchungen stören würde. Außerdem stand uns dort eine WEA als Stromquelle für den Betrieb von Radargerät und Computer zur Verfügung.

Das Radargerät stellten wir in unmittelbarer Nähe zu den elf Enercon E-40 und den beiden Vestas V-80 Anlagen auf (s. Abb. 38). Wir richteten die Radarantenne so aus, dass Vögel, die in der Hauptzugrichtung flogen, möglichst lange auf dem Bildschirm verfolgt werden konnten. Außerdem war es dann möglich, einige Enercon E-40 Anlagen auf dem Bildschirm abzubilden, so dass das Zugeschehen im Nahbereich der Anlagen beobachtet werden konnte (Abb. 39). Diese Ausrichtung hielten wir aus Gründen der Vergleichbarkeit in allen Nächten bei.

Für unsere Untersuchungen setzten wir Radargeräte des Typs „Raytheon Radarsichtgerät RL 80 C“ ein. Da ein Radargerät zur Hälfte der Untersuchung ausfiel, ersetzten wir es durch ein Gerät baugleichen Typs. Das Radargerät wurde so eingestellt, dass es in einem hoch auflösenden Bereich arbeitete, um möglichst viele Vögel erfassen zu können. Die technischen Daten und Einstellungen der Geräte sind in Tab. 20 dargestellt.

Eine Anordnung des Geräteaufbaus ist in Abb. 40 dargestellt. Vom Gerüst mit der Radarantenne (Nabenhöhe ca. 2,20 m) bis zum Fahrzeug, in dem sich der Radarbildschirm, Webcam und Laptop befinden, ist ein Sicherheitsabstand von etwa 20 Metern gewährleistet.

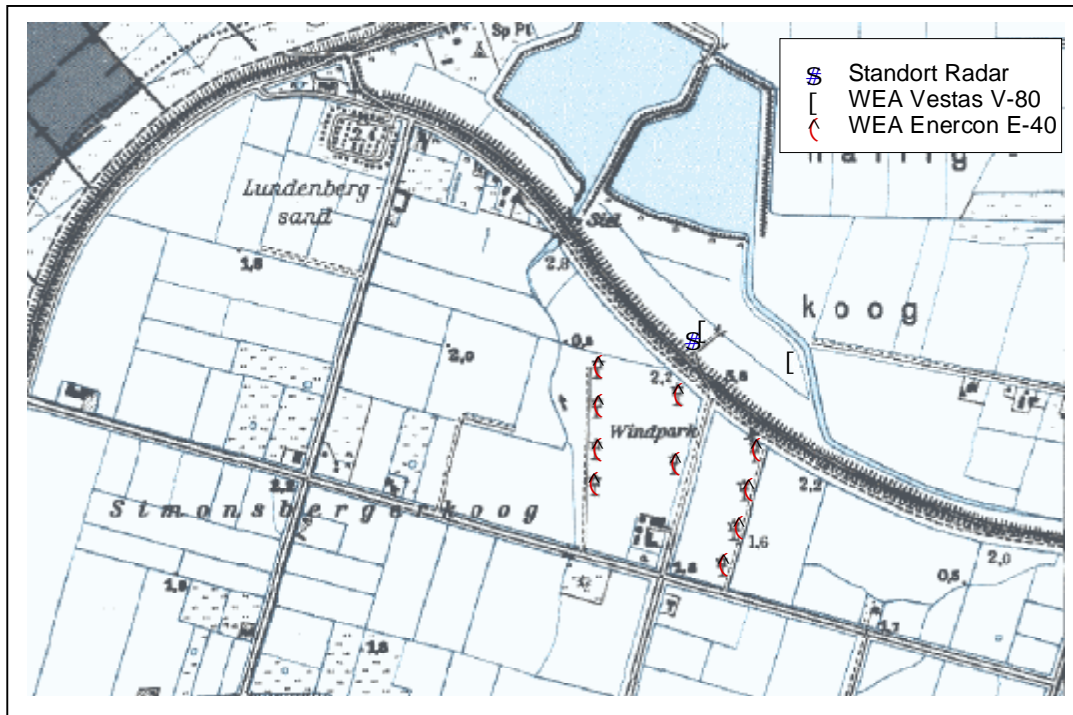


Abb. 38: Standort der Radaruntersuchungen im Simonsberger Koog.

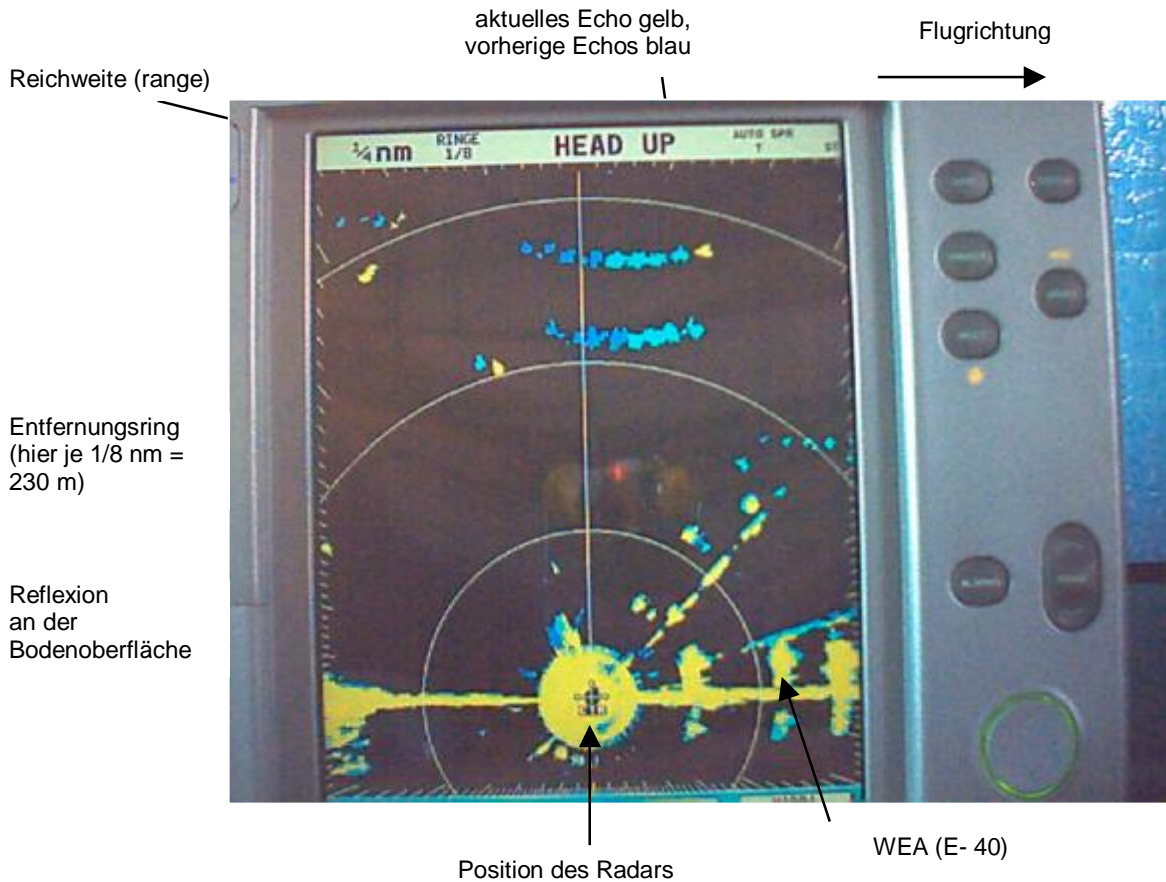


Abb. 39: Radarbildschirm mit zwei langen Reihen von Echos in der Bildmitte (etwa 490 und 620 m hoch).



Abb. 40: Aufbau der Datenspeicherung mit Radarbildschirm, Uhr, Webcam und Laptop.

Tab. 20: Physikalische Charakteristik der verwendeten Radargeräte und Einstellungen.

\*alternativ alle 30 min 0,25 nm (nautische Meile, Seemeile = 1.852 m),

\*\*der Gain war stets hoch auflösend eingestellt: Körnung, aber Echos sichtbar.

Physikalische Parameter		Einstellungen	
Sendeleistung	10 kW	Erfassungsbereich	1,5 nm*
Sendefrequenz	9.410 ± 30 MHz (x-Band)	Echoverstärkung (Gain)**	80%
Wellenlänge	3 cm	Regenfilter (Rain clutter)	0%
Antenne	Drehbalken (183 cm lang)	Seegangsechofilter (Sea clutter)	0%
Umdrehungen	24 pro min	Zielspur	mittel
Öffnungswinkel	vertikal: 25° horizontal: 1,1°		

Zwischen Anfang September und Anfang November führten wir in zehn Nächten Radaruntersuchungen durch. Die Datenaufnahme begann jeweils mit Sonnenuntergang und endete kurz nach Sonnenaufgang. Wir haben vorab Termine für die Radaruntersuchen festgelegt, um insbesondere dunkle Nächte, in denen die Wahrnehmbarkeit von WEA durch Vögel vermutlich geringer ist, abzudecken. Ein weiteres Ziel war es, mit dem limitierten Aufwand auch Nächte mit starkem Vogelzug zu treffen. Bei Regen und starkem Nebel ist eine Vogelerfassung mit Radar jedoch nicht möglich, so dass angesetzte Termine häufig verschoben werden mussten. Die Untersuchungsabende waren letztendlich bezüglich der Mondphase nahezu gleich verteilt: sechs Abende hatten eine Nähe von bis zu sechs Tagen zu Neumond. Die Wetterparameter Windstärke, -richtung, Temperatur, Niederschlag und Sicht wurden stündlich notiert.

Radaruntersuchungen wurden in folgenden Nächten in der gesamten Dunkelphase über anfänglich etwa zwölf bis später etwa 14 Stunden durchgeführt:

10./11. , 16./17. , 25./26. und 29./30. September,  
08./09. , 10./11. , 13./14., 18./19. und 26./27. Oktober und  
03./04. November.

Ziel der Untersuchung mit vertikalem Radar ist es einerseits einen möglichst umfassenden Einblick in das allgemeine Vogelzuggeschehen zu erhalten, wozu ein möglichst großer Höhenbereich abgedeckt werden muss. Andererseits soll insbesondere der Höhenbereich der WEA möglichst genau aufgelöst werden. Auch wenn bisherige Untersuchungen zeigen, dass bei großen Reichweiten ein Großteil des Vogelzuges erfasst wird, muss beachtet werden, dass auch oberhalb von drei Kilometern regelmäßig Vögel fliegen, die wir mit den von uns eingesetzten Radargeräten jedoch nur unzureichend erfassen konnten. Bei der geringeren Reichweite wird zwar der Höhenbereich, in dem die WEA stehen, deutlich besser aufgelöst, doch wird nur ein geringer Ausschnitt des gesamten Zuggeschehens abgebildet. Daher wechselten wir halbstündig die Einstellung der Reichweite zwischen 1,5 nm (bis ca. 2,8 km Höhe) und 0,25 nm (bis ca. 0,5 km Höhe). Durch den Wechsel zwischen beiden Einstellungen erhält man sowohl Informationen darüber, in welchen Höhen sich der Vogelzug konzentriert, als auch über die Flughöhe im Nahbereich der Anlagen.

Für die spätere Auswertung wird der Radarbildschirm alle zwei Minuten durch eine Webcam (Phillips ToUcam) fotografiert und das Bild auf der Festplatte eines Laptops gespeichert. Da es häufig schwierig ist, anhand feststehender Bilder bei der Auswertung am Schreibtisch zu beurteilen, ob es sich bei den abgebildeten Punkten tatsächlich um Echos von Vögeln handelt, haben wir zu Beginn jeder halben Stunde den Radarbildschirm mit Hilfe der Webcam während zwei Minuten alle zehn Sekunden fotografiert (= 12 Bilder in zwei Minuten). Diese Aufnahmefrequenz stellt einen guten Kompromiss dar, zwischen einer Videoaufnahme, welche die beste Einschätzung liefern würde, aber auch viel Speicherplatz in Anspruch nimmt, und dem regulären Zwei-Minuten-Rhythmus (12 Bilder in 20 Minuten).

Die Auswertung der Bilder erfolgt mit einem auf dem Programm ImageTool basierenden Script, das uns freundlicherweise von Dr. Ommo Hüppop, Institut für Vogelforschung, zur

Verfügung gestellt wurde. Mit diesem Programm werden alle auf den Radarbildern abgebildeten Vogeleos markiert. Die gespeicherten Bildkoordinaten können dann mit Hilfe einer Referenzlinie (entsprechend einer Seemeile) umgerechnet werden, so dass man Informationen über die tatsächliche Flughöhe der Vögel (Einheit: Meter) erhält.

Bei der Berechnung der Zugintensität und der Zughöhenverteilungen muss beachtet werden, dass die Rohdaten zunächst korrigiert werden müssen, da die Erfassbarkeit eines Vogels unter anderem von seiner Entfernung vom Radargerät abhängt.

#### Distanzkorrektur

Die Erfassbarkeit von Vögeln hängt in starkem Maße von ihrer Entfernung zum Radargerät ab. Mit zunehmender Entfernung nimmt das von den Radarstrahlen erfasste Volumen zu, während die Dichte der Wellen im Raum abnimmt. Dies macht für quantitative Aussagen z. B. zur Höhenverteilung eine Korrektur der Rohdaten (= erfasste Echos) erforderlich. Wir haben dafür eine Distanzkorrektur nach dem Standarduntersuchungskonzept (BSH 2003) durchgeführt, mit der beide Einflussgrößen (Volumen, Dichte der Wellen) berücksichtigt werden.

Die Korrektur nahmen wir mit empirisch gewonnenen Daten vor. Sie basiert auf der Annahme, dass in Massenzugnächten die Vogeldichte innerhalb eines Höhenbandes (Höhe 100 m) gleichverteilt ist. Es wurden alle Echos aus Massenzugnächten für die Korrektur verwendet, die (dem Maßstab entsprechend) in 50 bis 150 m Höhe abgebildet wurden. Dieses Höhenband wurde gewählt, da es in einem Bereich hoher Vogeldichte liegt und der Erfassungswinkel gegenüber der Horizontalen annähernd gleich bleibt (BSH 2003). Dadurch bleiben die Unterschiede der Radarquerschnitte der Vögel, welche die Erfassbarkeit zusätzlich beeinflussen, gering (EASTWOOD 1967, BSH 2003). Für alle Echos in diesem Höhenband wird die Entfernung vom Radar bestimmt und nach BUCKLAND et al. (2001) mit dem Programm DISTANCE 3.5 eine entfernungsabhängige Entdeckungswahrscheinlichkeit, die durch die Funktion  $f$  bestimmt ist, ermittelt. Dabei werden nur Echos berücksichtigt, die mindestens 50 bis 1.450 m vom Radar entfernt sind, da außerhalb dieser Grenzen die Echodichte zu gering ist. Verwendet wurde ein Half-normal-model mit Cosine series expansion (BUCKLAND et al. 2001) mit drei zu schätzenden Parametern.

Als Ergebnis erhält man eine Tabelle mit Schätzwerten für die drei Parameter  $A_{1-3}$ , die in folgende Formel eingegeben werden:

$$f(x) = e^{(-x^2 / 2 A_1^2)} \cdot \left(1 + \sum_{j=2}^3 A_j \cdot \cos \frac{j\pi x}{w}\right)$$

$f(x)$ : Entdeckungswahrscheinlichkeit (detection probability)

$x$ : Entfernung vom Radar (in m)

$A_{1-3}$ : geschätzte Parameter

$w$ : Transektbreite (1.500 m)

Die graphische Darstellung der Anpassungsfunktion zeigt die Abb. 40.



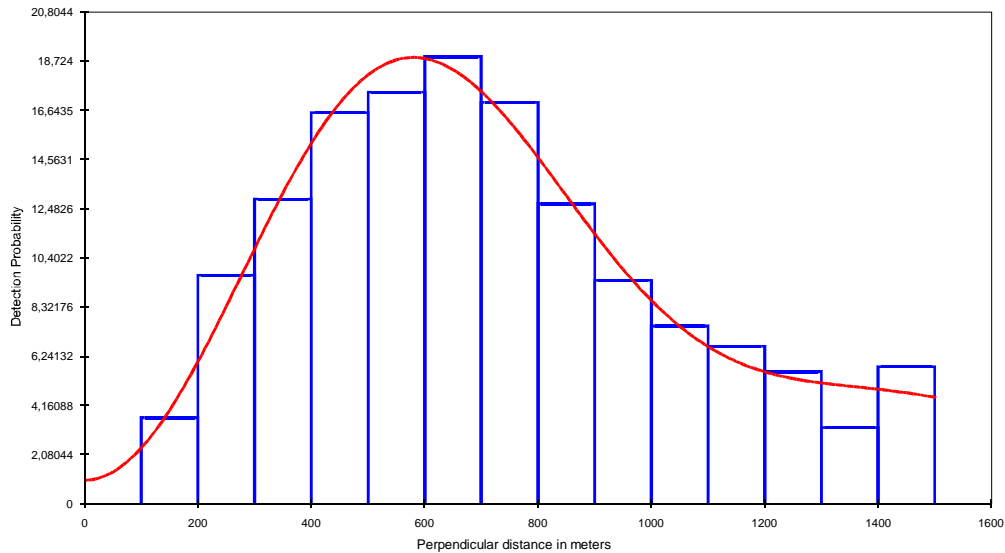


Abb. 40: Anpassungskurve mit Hilfe von Distance 3.5.

Entsprechend der Annahme, dass in der Entfernung, in der die Entdeckungswahrscheinlichkeit maximal ist ( $x = 580 \text{ m}$ ), alle Vögel erfasst werden, wird das Maximum der Anpassungskurve gleich 1 gesetzt ( $f_{\text{korr}}(580) = 1$ ). Mit den umgerechneten Entdeckungswahrscheinlichkeiten ( $f_{\text{korr}}(x)$ ) ergibt sich der Korrekturfaktor nach:

$$\text{Korrekturfaktor} = \frac{1}{f_{\text{korr}}(x)}$$

Für die Auswertungen bleiben die untersten 50 m über Land unberücksichtigt, da in diesem Bereich regelmäßig Störungen durch reflektierte Wellen die Echos fliegender Vögel überdecken. Der Rest des Erfassungsraums wird in 100 m x 100 m-Felder eingeteilt und jedes Echo entsprechend seiner Bildschirmposition einem Feld zugeordnet. Für die weiteren Auswertungen werden nur Echos aus Feldern berücksichtigt, deren Mittelpunkt mehr als 50 m und weniger als 1.450 m vom Radar entfernt sind, da nur für diesen Bereich die Wertedichte zur Berechnung eines Korrekturfaktors ausreichend groß war. Für jedes Feld wird ein Korrekturfaktor bestimmt, indem die Strecke vom Radar zum Feldmittelpunkt wie oben beschrieben in die Formeln eingesetzt wird (s. Anhang).

Zur Berechnung der Zugintensität wird jedes Echo im auswertbaren Bereich mit dem entsprechenden Faktor multipliziert und die korrigierte Anzahl Echos pro Bild bestimmt.

Zur Berechnung der Höhenverteilung wird für jedes 100 m Höhenband aus den korrigierten Daten die durchschnittliche Anzahl Echos je Feld bestimmt. Die Summe der Mittelwerte aller Höhenbänder (ein Wert pro Höhenband) wird gleich 100 % gesetzt und die relative Höhenverteilung entsprechend berechnet.

## Ergebnisse der Radaruntersuchungen

Die Radaruntersuchungen konnten sehr erfolgreich durchgeführt werden und lieferten umfangreiches Datenmaterial zur Intensität und zur Höhenverteilung des Vogelzugs. Insgesamt wurden 16.556 Echos im Bereich 1,5 nm und 5.150 Echos im Bereich 0,25 nm erfasst und ausgewertet. Ziel der Radaruntersuchungen war die Erfassung des Vogelzugs und die Messung der Flughöhen in der Hauptzugzeit. Der zeitliche Verlauf der Daten (Abb. 43 a und b) zeigt, dass dies gelungen ist. Der Vogelzug war in den ersten drei Untersuchungs Nächten in den beiden ersten Septemberdekaden noch sehr gering, während dann Ende September und bei den Untersuchungen im Oktober wesentlich höhere Vogelzugintensitäten ermittelt wurden. Bei der letzten Radaruntersuchung in der Nacht vom 3. auf den 4. November war die Zugintensität dann wieder sehr gering, so dass die Radaruntersuchungen die Phase mit den größten Zugintensitäten vermutlich sehr gut getroffen haben.

Die Anzahl Echos pro Bild war mit der Einstellung der Reichweite (range) von 1,5 nm im Mittel dreimal so hoch wie bei der Einstellung der Reichweite auf 0,25 nm, das Flächenverhältnis der beiden Einstellungen betrug dagegen 1:36. Dies zeigt, dass die Erfassung höher ist, wenn die Reichweite des Radargeräts auf einen niedrigen Wert eingestellt wird, so dass diese Vorgehensweise zu empfehlen ist, wenn der Vogelzug in den tieferen Luftschichten genauer erfasst werden soll.

Die Untersuchung im Windpark Simonsberg ermöglichte aufgrund der Geräusche der WEAnur in geringem Umfang eine gleichzeitige Erfassung von Zugrufen und Radarmessungen. Sporadische Erfassungen der Zugrufe und Beobachtungen vor der Mondscheibe wiesen darauf hin, dass der Vogelzug in den Nächten mit hohem Zugaufkommen von Singvögeln, vor allem Drosseln, dominiert wurde. Genaue Angaben über das Artenspektrum des nächtlichen Vogelzugs sind jedoch nicht möglich, da akustisch nur die Arten erfasst werden können, die tief fliegen und deutlich rufen, während stumm bleibende oder hoch fliegende Arten nicht zu identifizieren sind.

Die ersten drei Untersuchungs Nächte waren durch geringen Vogelzug gekennzeichnet. Die Zugbedingungen in den untersuchten Nächten waren grundsätzlich gut (sternenklare Nächte), jedoch war an allen drei Nächten Gegenwind aus südlichen und südwestlichen Richtungen zu verzeichnen. In der Nacht vom 29. auf den 30. September wurde dann Massenzug erfasst, wobei das Artenspektrum nicht bekannt ist. Der Zug erfolgte in einer sternklaren und mond hellen Nacht zwei Tage nach Vollmond bei abnehmendem Westwind. In der Nacht vom 8. auf den 9. Oktober wurde bei schwachem nordöstlichem Wind eine weitere Massenzugnacht erfasst. Auf dem Bildschirm wurden bei Einstellung von 1,5 nm im Mittel 82 Vogeleos (korrigierter Wert: 124) aufgezeichnet. Der Zug erfolgte in diesem Fall in einer relativ dunklen, da mondlosen Nacht. Soweit das Artenspektrum durch Zugrufe erkannt werden konnte handelte es sich um Drosseln. Die folgenden drei Nächte im Oktober wurden durch relativ geringen Zug gekennzeichnet, soweit Zugrufe erfasst werden konnten handelte es sich meist um Drosseln. In der Nacht vom 26. auf den 27. Oktober erfolgte wiederum starker Vogelzug in einer mond hellen Nacht. Zugrufe wurden von

Rotdrosseln, Feldlerchen und Rotkehlchen gehört. Vor der Mondscheibe konnte mit dem Spektiv intensiver Zug von einzeln fliegenden Vögeln gesehen werden.

Die Abb. 41 und 42 zeigen beispielhaft Fotografien des Radarbildschirms.

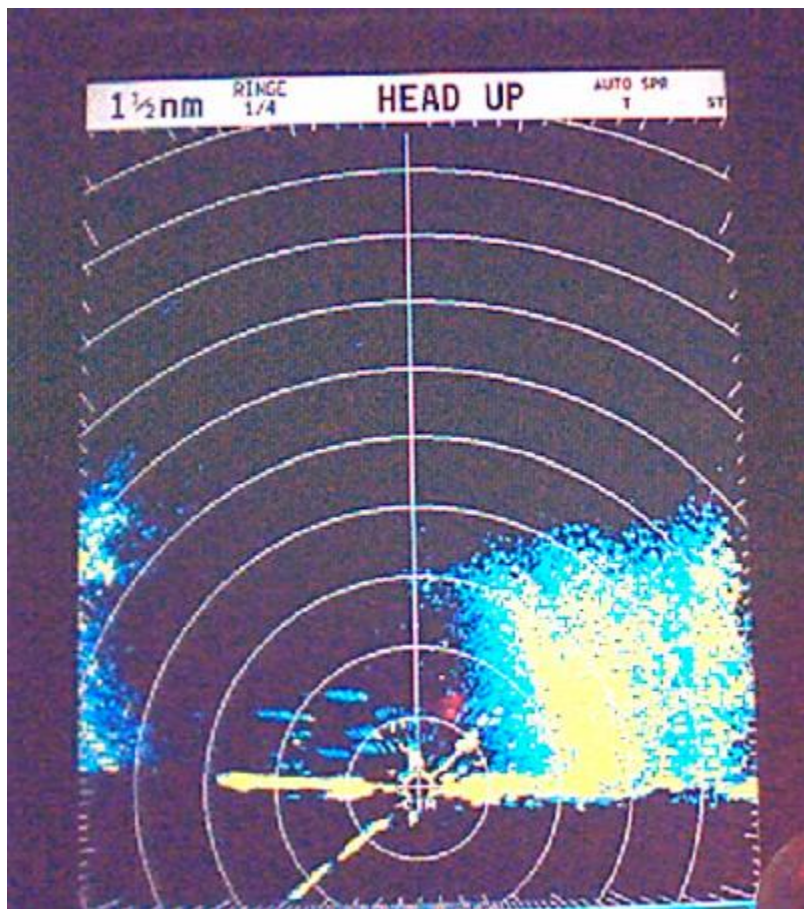


Abb. 41: Beispielaufnahme des Radarbildschirmes mit einem Regenschauer auf der rechten Bildhälfte und bereits mit der nächsten Regenwolke am linken Bildrand. Vogeleos sind zwischen den Schauern zu erkennen und verlieren sich in den Schauerereignissen. Aufnahme um 16:59 Uhr UTC am 16. Oktober 2004.

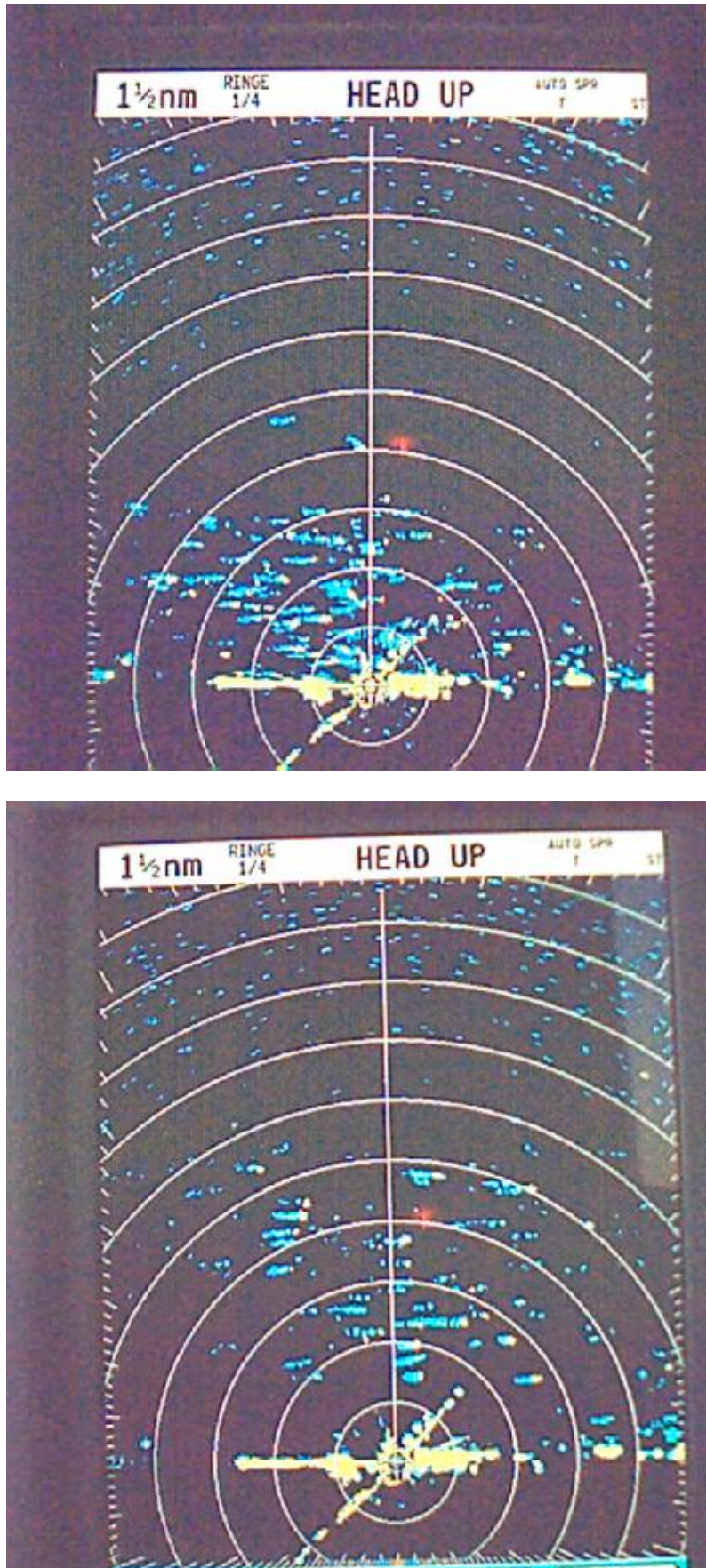
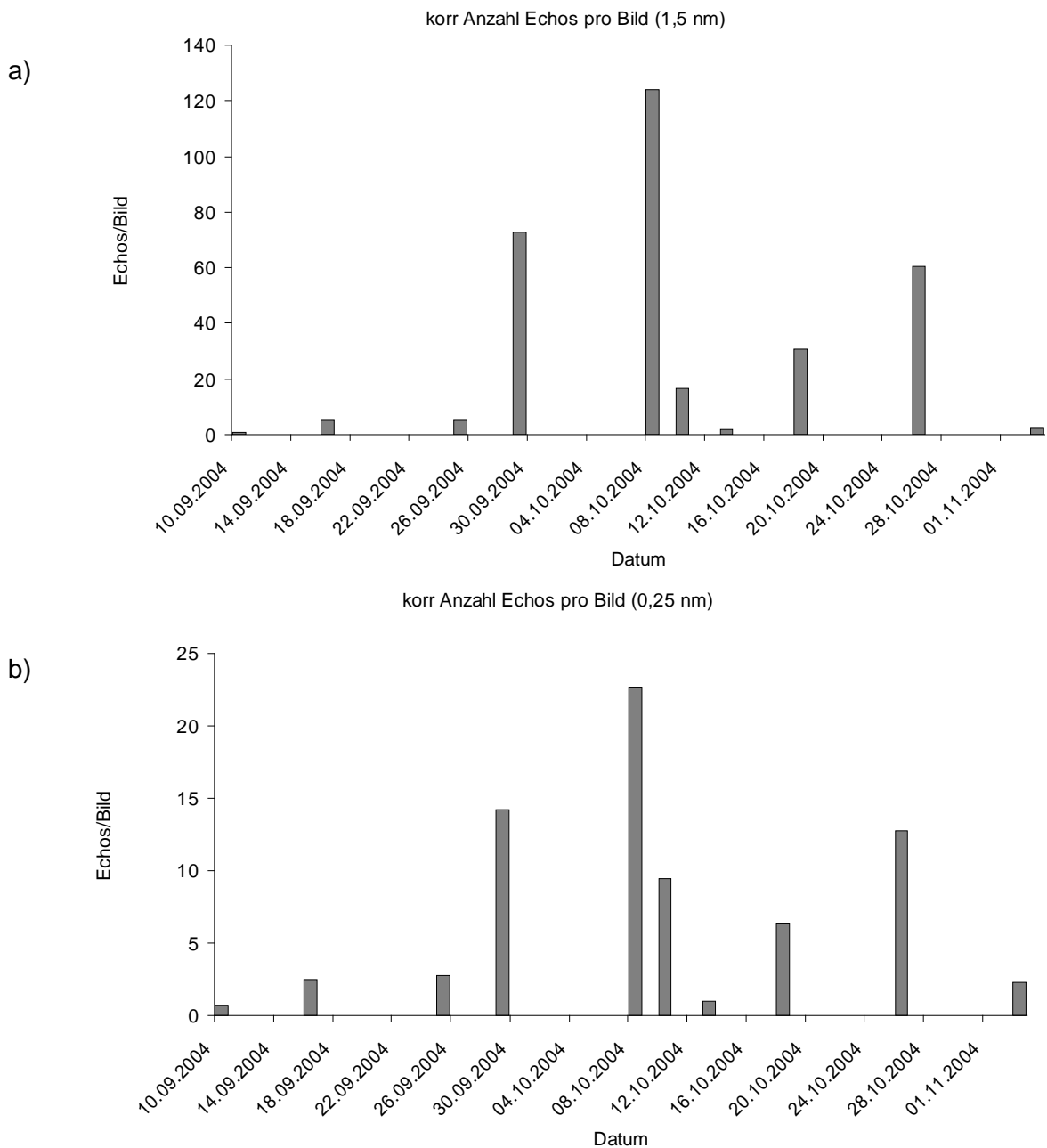


Abb. 42: Beispielaufnahme aus der Nacht vom 29. / 30. September, oben: im Verlauf der Dunkelphase (17:21 Uhr UTC) sehr starker Zug in allen Höhen bis etwa 1.800 m, unten: mit der Dämmerung (4:00 Uhr UTC) starker Zug in etwa 500 bis 800 m Höhe.

Die Hauptzugereignisse erfolgten im Herbst 2004, soweit diese von uns erfasst werden konnten, bei guten Zugbedingungen in weitgehend sternklaren Nächten. Aus den lokalen Wetterbedingungen lassen sich jedoch kaum generelle Aussagen über eine Beziehung zwischen dem Vogelzug und dem Wetter ableiten. In der Nacht vom 13. zum 14. Oktober waren die Zugbedingungen vor Ort mit Wind aus Ostsüdost und sternklarer Nacht nach unserer Einschätzung ebenfalls günstig, es wurde jedoch kaum Zug registriert.



**Abb. 43:** Phänologie des Vogelzugs im Herbst 2004 nach Radaruntersuchungen im Windpark Simonsberg: a) Einstellung der Reichweite von 1,5 nm, b) Einstellung der Reichweite von 0,25 nm.

Die Zugintensität, gemessen als Anzahl Echos pro Bild, erreichte bei der Einstellung der Reichweite von 1,5 nm im Oktober dreimal Werte von mehr als 50, der höchste Wert lag bei 124 Echos pro Bild (korrigierte Werte). Diese Werte liegen deutlich über den bei anderen Untersuchungen mit vergleichbarer Methodik ermittelten Werten (s. Diskussion).

Die Intensität des Vogelzugs wies im Verlauf der untersuchten Nächte deutliche Veränderungen auf (Abb. 44). Die Zugintensität erreichte in der Dämmerung und den ersten Stunden nach Sonnenuntergang (ca. 17:00 Uhr UTC) die höchsten Werte und fiel dann im Verlauf der Nacht kontinuierlich ab. Bei Sonnenaufgang (ca. 5:00 Uhr UTC) lag die mittlere Intensität des Vogelzugs nur noch bei einem Fünftel des Maximums. Die meisten in der Nacht ziehenden Vögel beginnen den Zug bei Sonnenuntergang und nutzen die komplette Dunkelphase aus. Das Maximum bei Sonnenuntergang weist somit auf einen hohen Anteil von Vögeln hin, die in relativer Nähe zum Untersuchungsgebiet gestartet sind.

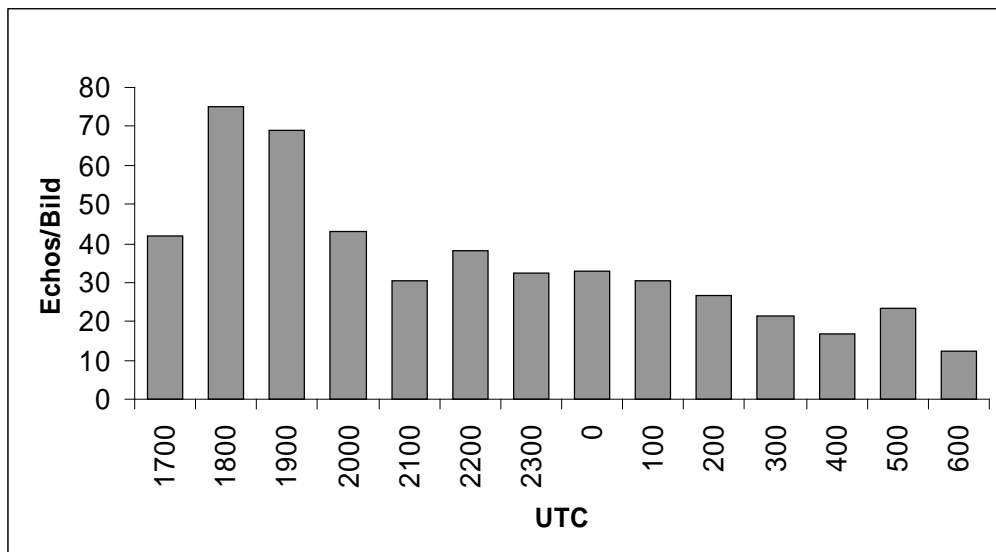


Abb. 44: Nächtlicher Verlauf der Intensität des Vogelzugs über dem Simonsberger Koog.

Mit dem Radargerät wurde Vogelzug bis in drei Kilometer Höhe festgestellt. Es werden in der Auswertung bei einer Reichweite von 1,5 nm nur Echos bis 1.450 m Höhe berücksichtigt, da nur für diesen Bereich eine Korrektur der Ergebnisse möglich ist (s. Methodik). Der Vergleich der korrigierten und unkorrigierten Daten verdeutlicht, dass die Erfassungswahrscheinlichkeit von Vögeln mit zunehmender Entfernung sinkt, so dass eine Unterschätzung des Vogelzugs mit zunehmender Höhe erfolgt (Abb. 45). Die Korrektur der Radardaten ist somit ein wichtiger Schritt vor der Auswertung der Daten.

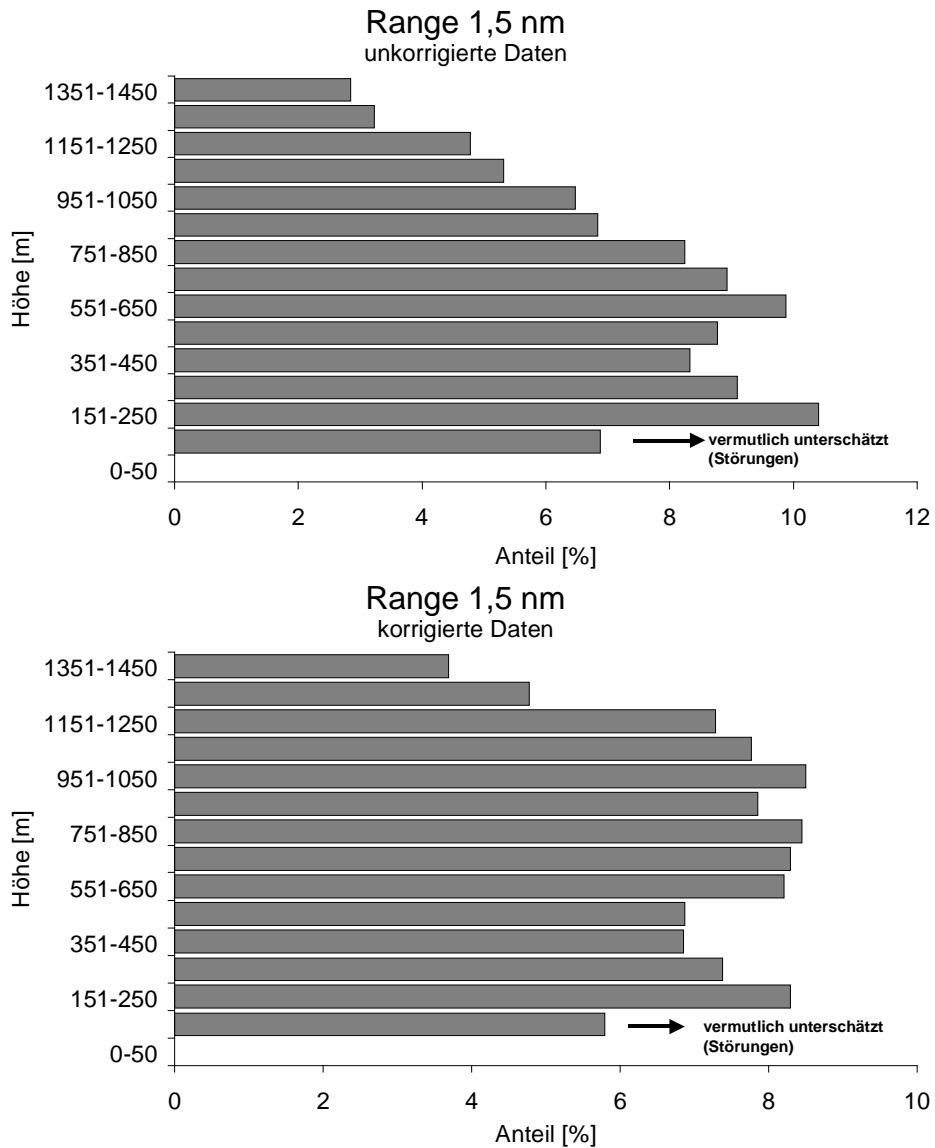
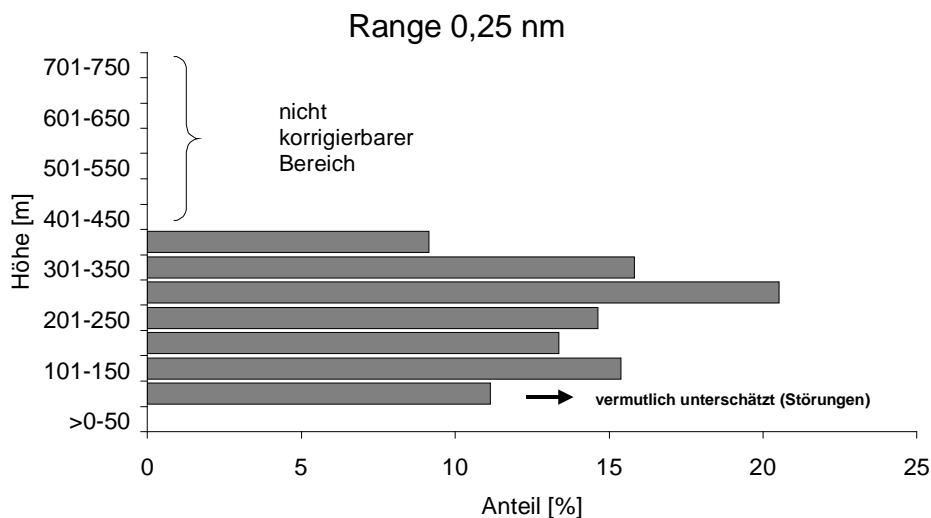


Abb. 45: Höhenverteilung des Vogelzugs über dem Simonsberger Koog im Herbst 2004. Angegeben sind die Mittelwerte aller Erfassungsnächte für den Bereich bis 1.450 m (Radareinstellung 1, 5 nm): a) Höhenverteilung der gemessenen Echos b) Höhenverteilung der Echos, nach Korrektur mit der entfernungsabhängigen Erfassungswahrscheinlichkeit der Radargeräte.

Die mittlere Flughöhe (Median) bei gemeinsamer Betrachtung aller erfassten Flugbewegungen lag bei etwa 700 m, also im mittleren Bereich des untersuchten Luftraums. Die Anzahl der detektierten Vogeleos nahm in den obersten Luftschichten leicht ab, ohne dass jedoch ein bereits klarer Trend ersichtlich ist (Abb. 45). In den untersten Bereichen bis 150 m wurden knapp sechs % der Echos ermittelt, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass für den Bereich bis 50 m Höhe keine Angaben gemacht werden können. Die Daten im Bereich 50 bis 150 m Höhe werden vermutlich unterschätzt, da hier auch noch Störungen durch Reflexionen zu einer Überlagerung der Echos führen können.

Bei Auswertung der kleineren Reichweite von 0,25 nm ergibt sich kein anderes Bild für die unteren Höhenbereiche (Abb. 46). Auch wenn für diesen Bereich ebenfalls von einer Unterschätzung in den untersten Höhen auszugehen ist, weisen die Daten auf eine gleichmäßige Verteilung des Vogelzugaufkommens bei einer leichten Abnahme in den tiefen Bereichen. Die Daten geben somit keine Anhaltspunkte für eine Massierung des Vogelzugs in den unteren Bereichen, die für eine Bewertung von WEA relevant wären.



**Abb. 46:** Höhenverteilung des Vogelzugs über Simonsberg. Angegeben sind die korrigierten Werte aller Erfassungsnächte für den Bereich bis 400 m (Radareinstellung 0,25 nm).

Die Höhenverteilung des Vogelzugs unterschied sich teilweise deutlich zwischen den einzelnen erfassten Nächten, was darauf hindeutet, dass die Flughöhen Ausdruck unterschiedlicher Zugbedingungen sind. In den Hauptzugnächten, Ende September und Oktober, in denen Dreiviertel aller Vogeleos registriert wurden, lagen die mittleren Flughöhen im Bereich bis 1.450 m zwischen 650 m und 750 m, also im mittleren Teil des Erfassungsbereiches. In den Nächten vom 29. auf den 30.09. und vom 26. auf den 27.10. wird eine Abnahme des Vogelzugs in den unteren Bereichen deutlich (Abb. 47). Ausgeprägte Schwerpunkte in der Höhenverteilung lagen in diesen Nächten bei 600 und 1.000 m.



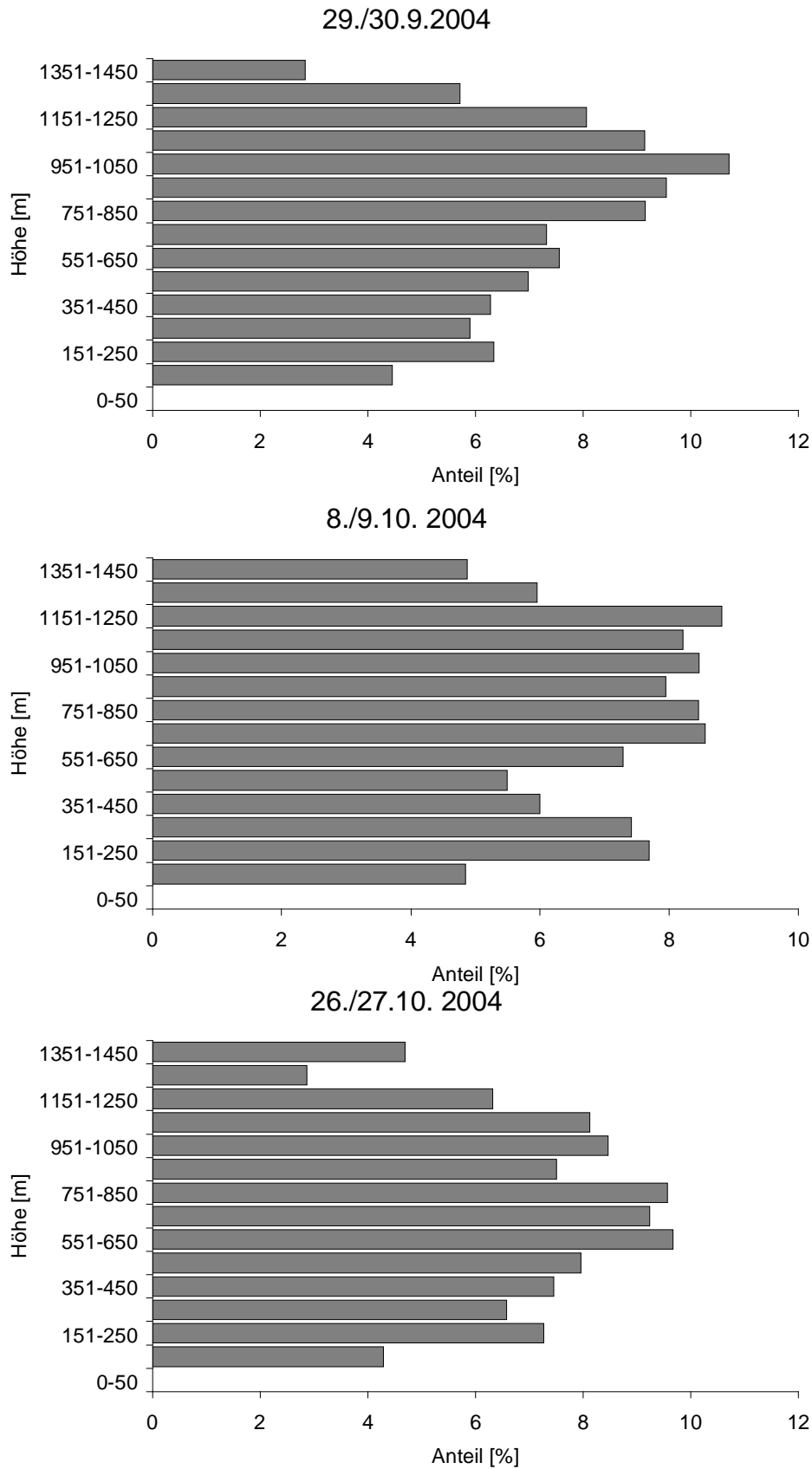
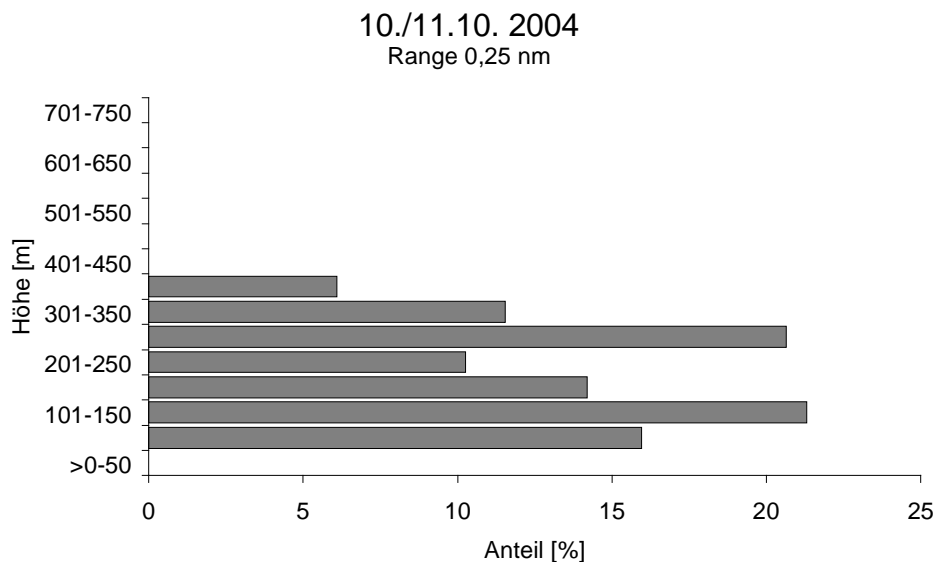
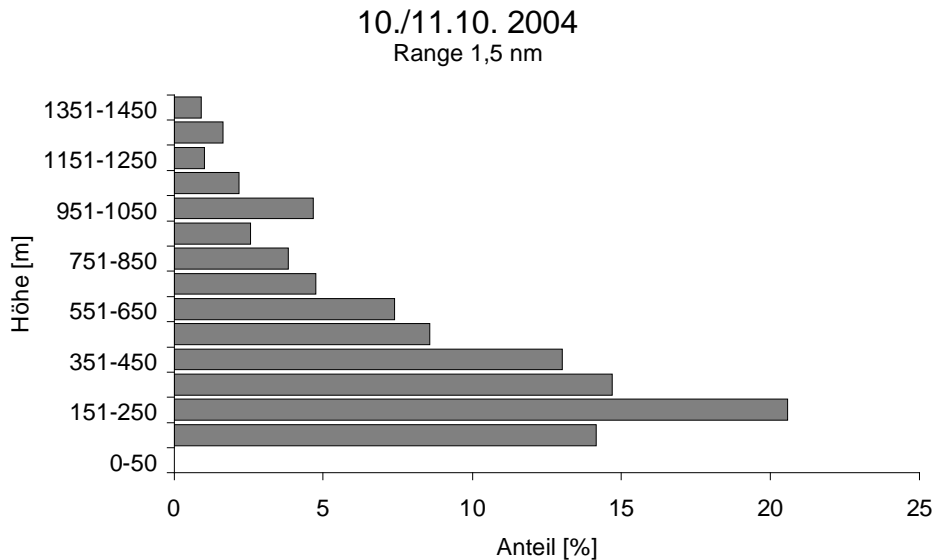


Abb. 47: Relative Höhenverteilung [%] des Vogelzugs über Simonsberg in drei Nächten mit intensiven Vogelzug.

Die Daten vom 10./11.10.2004 zeigen dagegen eine ausgeprägt niedrige Verteilung des Vogelzugs. Die mittlere Flughöhe (Median) im Bereich bis 1.450 m betrug hier 350 m mit einem Schwerpunkt in den untersten Bereichen (Abb. 48). Im Erfassungsbereich bis 400 m (Range: 0,25 nm) lässt sich dabei jedoch keine Zunahme in den untersten Bereichen bestätigen (Abb. 48).



**Abb. 48:** Relative Höhenverteilung [%] des Vogelzugs über dem Simonsberger Koog in der Nacht vom 10. zum 11.10.2005 (korrigierte Daten).

Insbesondere im Zusammenhang mit der Windkraft ist die Frage von Interesse, welchen Einfluss die jeweiligen Wetterbedingungen auf die Flughöhen von Zugvögeln haben, da Kollisionen oft mit ungünstigen Bedingungen in Zusammenhang gebracht werden. In drei Nächten konnten wir einen Vergleich der Zughöhen in Zusammenhang mit Regenschauern untersuchen, wobei die Zugintensität aber teilweise sehr gering war. In der Nacht vom 18.

zum 19.10.2004 traten bis etwa 23:00 Uhr Schauer auf, danach war die Nacht trocken. In der ganzen Nacht wurde relativ intensiver Zug registriert und Zugrufe wiesen auf Drosseln (Rot- und Singdrosseln) als häufigste Arten hin. Die Höhenverteilung des Zugs änderte sich kaum in Bezug auf die Schauertätigkeit (Abb. 49). In der Nacht vom 25. auf den 26.09. stieg die mittlere Flughöhe nach Ende der Schauer demgegenüber deutlich an, der Stichprobenumfang ist aufgrund der geringen Zugintensität jedoch gering.

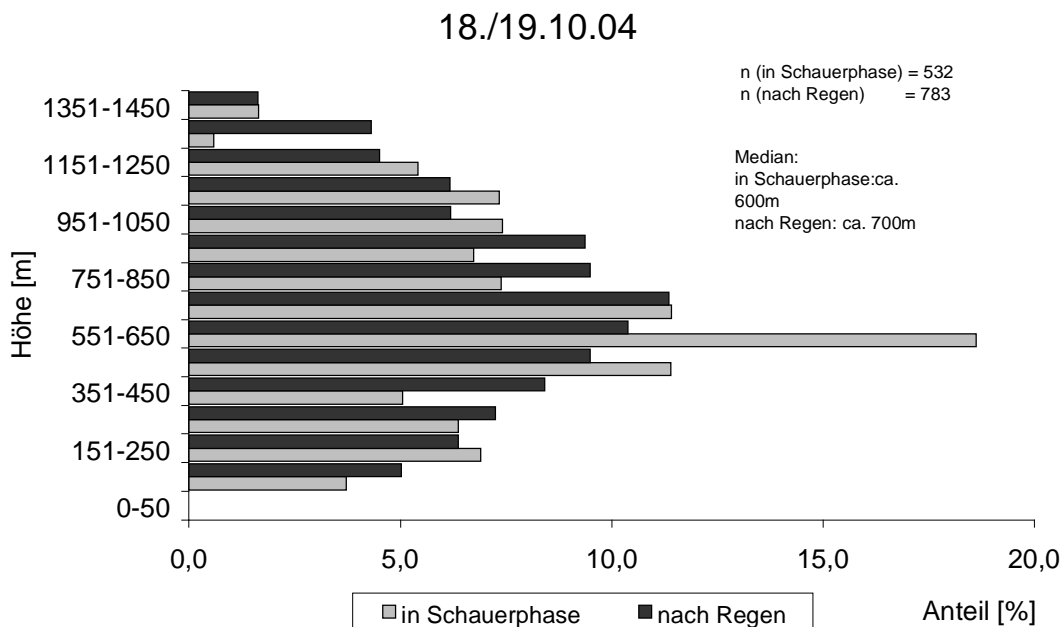
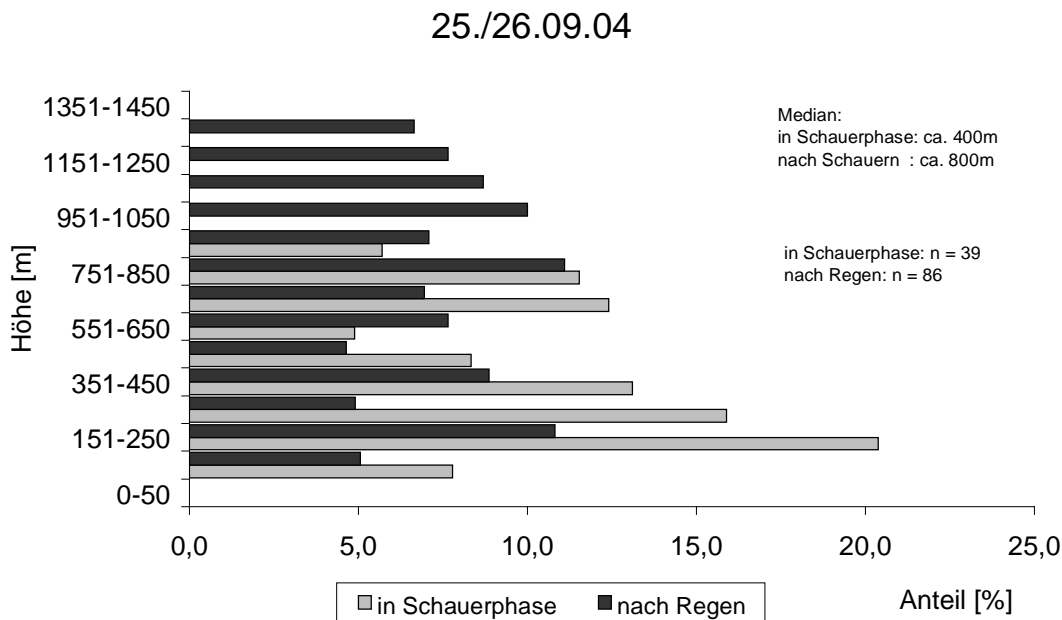


Abb. 49: Höhenverteilung des nächtlichen Vogelzugs über Simonsberg in Bezug zu den Wetterbedingungen (Schauer).

## Diskussion

Radaruntersuchungen sind seit längerem wichtiger Bestandteil der Vogelzugforschung, jedoch haben sich die meisten Untersuchungen an Geräte mit einer hohen Reichweite gehalten, die den Vogelzug großräumig untersuchten, aber vor allem relativ große Vögel erfassten (z. B. ALERSTAM & ULFSTRAND 1972, BRUDERER 1997 a und b, BUURMA 1987, JELLMANN 1977, KNUST et al. 2003). Diese Untersuchungen erbrachten wichtige Erkenntnisse über den großräumigen Vogelzug, erfolgten aber nicht unter dem Gesichtspunkt, den Vogelzug auf lokaler Ebene zu erfassen und zu bewerten. Dieses geschieht seit einigen Jahren im Zusammenhang mit den Planungen für den Ausbau der Offshore-Windenergienutzung. Zur Erfassung des Vogelzugs in einem definierten Raum werden hier einfache Schiffsradargeräte eingesetzt, wobei vor allem die vertikal montierten Geräte von Bedeutung sind, da sie eine Erfassung der Zugintensität und der Höhenverteilung des Vogelzugs ermöglichen (s. GRUBER & NEHLS 2003, KNUST et al. 2003). Derartige Untersuchungen ermöglichen eine Charakterisierung des Vogelzugs, jedoch ist die Erfassung mit gewissen methodischen Einschränkungen versehen.

Ziel der Radaruntersuchungen im Rahmen dieses Projektes war es, begleitend zu der Suche nach Kollisionsopfern zu überprüfen, ob in den Nächten vor den Suchaktionen Vogelzug im Gebiet erfolgte und ob dieser in Höhen verlief, in denen eine Kollisionsgefahr mit WEA anzunehmen war. Fehlt dieser Untersuchungsteil, kann nicht eingeschätzt werden, ob eine möglicherweise geringe Kollisionsrate auf eine insgesamt geringe Zugintensität im Gebiet oder aber auf ein geringes Kollisionsrisiko zurückzuführen ist, wobei letzteres auf hohe Zughöhen oder aber auf Ausweichverhalten der Vögel zurückzuführen sein kann.

Im Folgenden wird zunächst diskutiert, inwieweit die eingesetzte Methode geeignet ist, Daten zu liefern, die solche Aussagen zulassen. Dabei werden sowohl Möglichkeiten und Grenzen der Methode im allgemeinen diskutiert, als auch speziell auf die Begebenheiten der vorliegenden Radarstudie eingegangen.

### Methodenkritik

#### a) Radardaten: qualitativ, nicht quantitativ

Die von uns eingesetzten Radargeräte bieten grundsätzlich die Möglichkeit einer standardisierten Erfassung fliegender Vögel, sofern dasselbe Radargerät benutzt und Ausrichtung, Standort und Einstellungen des Gerätes konstant sind. Ein Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sie unabhängig von Licht- und Sichtbedingungen sowohl tags als auch nachts eingesetzt werden und den Vogelzug bis in große Höhen erfassen kann. Die Erfassungswahrscheinlichkeit eines Vogels hängt dabei u. a. von seiner Größe, des Winkels zwischen den Radarstrahlen und der Flugrichtung der Vögel, vom Wetter und der Entfernung des Vogels zum Radargerät ab. Letztere macht für Angaben z. B. zur Höhenverteilung eine Korrektur der Rohdaten (= abgebildete Echos) erforderlich. Wir haben dafür eine Distanzkorrektur nach dem bei Studien zu Offshore-Windparks angewandten Standarduntersuchungskonzept (BSH 2003) durchgeführt. Generell gilt jedoch, dass exakte quantitative Aussagen über die Flugaktivität in einem bestimmten Gebiet mit den von uns

eingesetzten Geräten (Schiffsradargeräte) nicht möglich sind. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass ein einzelner Vogel und ein Vogelschwarm ein gleich großes Echo auf dem Radarschirm liefern können (GATTER 2000). Außerdem ist unbekannt, welcher Anteil der durch den Radarstrahl fliegenden Vögel tatsächlich erfasst wird. Eine Eichung der Geräte ist methodisch sehr aufwendig und wurde bislang noch nicht durchgeführt.

Neben den oben genannten Parametern wird die Erfassungswahrscheinlichkeit von Vögeln auch maßgeblich von der Art des Radargerätes und den Filtereinstellungen beeinflusst. Im Hinblick auf weitere Untersuchungen empfehlen wir daher dringend, künftig die verschiedenen eingesetzten Radargeräte zu eichen, um die Ergebnisse der Radaruntersuchungen auch mit denen aus anderen Gebieten vergleichen zu können (s. a. GRUBER & NEHLS 2003).

Auch wenn quantitative Angaben anhand unserer Radardaten nicht möglich sind, liefern die distanzkorrigierten Daten in unserer Studie wertvolle qualitative Ergebnisse wie die relative zeitliche Verteilung des Vogelzuges im Bereich des Simonsberger Kooges und die relative Verteilung von Flughöhen der während der Untersuchungsächte über das Gebiet ziehenden Vögel.

#### b) Störsignale

Eine Einschränkung der Radaruntersuchungen kommt daher, dass mit den von uns eingesetzten Geräten und Software bei Regen, dichten Wolken und dichtem Nebel, also bei Wetterbedingungen, in denen das Risiko für Vögel mit WEA zu kollidieren als besonders hoch eingeschätzt wird, Vögel nicht erfasst werden können, da Vogelechos von Störsignalen überlagert werden. Zwar bieten die Radargeräte die Möglichkeit, Regen zu unterdrücken, jedoch können dadurch auch Vogelechos verschwinden, so dass wir diese Einstellungsmöglichkeit nicht nutzten. Aussagen über das Zugverhalten (Intensität und Flughöhe) können nur anhand von Aufzeichnungen in Regenspausen abgeschätzt werden. Für weiterführende Studien sollte die Anschaffung von Software überdacht werden, mit der Vogelechos von einem Bildschirm mit Regenechos identifiziert werden können.

Aufgrund der Eigenschaften der Radargeräte, des Standortes und der von uns gewählten Reichweitereinstellungen (s. Methode) sind bei der Angabe der Flughöhenverteilungen Aussagen für den Bereich zwischen 50 und 1.450 m Höhe möglich. Da bisherige Studien gezeigt haben, dass ein bedeutender Teil des Vogelzuges in diesen Höhen stattfindet, sind die Radardaten sehr gut geeignet, um z. B. die Flughöhenverteilung in verschiedenen Nächten zu vergleichen. Es sollte nicht vergessen werden, dass auch außerhalb dieses Höhenbereiches Vogelzug bis in eine Höhe von mindestens 3.000 m nachgewiesen wurde und auch in den untersten 50 m Vogelzug stattfindet. Da Vögel tagsüber generell niedriger ziehen als während der Nacht (z. B. EASTWOOD & RIDER 1965, unsere Ergebnisse), ist davon auszugehen, dass während unserer Untersuchungen nachts ein geringerer Anteil unterhalb des auswertbaren Bereichs unserer Radarbilder fliegt als tagsüber. Eine Betrachtung der Gesamthöhenverteilung aus unseren Untersuchungsächten liefert ferner keine Hinweise darauf, dass in den untersten 100 m überproportional viele Vögel fliegen.

Auch vertikale Strukturen wie Bäume und WEA können Störsignale verursachen. Bei der Standortwahl sollte dies berücksichtigt werden woraus sich ergibt, dass nur bei speziellen Fragestellungen Radaruntersuchungen in der Nähe von WEA aufgestellt werden sollten, um Störsignale zu vermeiden.

### c) Identifikation ziehender Vogelarten

Da wir die Radaruntersuchungen nachts durchführten und zumindest in den starken Zugnächten fast ausschließlich gerichtete Flugbewegungen erfassten, gehen wir davon aus, dass ein Großteil der aufgezeichneten Vogeleos von ziehenden Vögeln stammt. Da wir aber auch während der Dämmerung Bilder aufzeichneten, ist anzunehmen, dass ein Teil der in diesem Zeitraum aufgezeichneten Echos von residenten Vögeln stammten, die zwischen ihren Rast- und Nahrungsflächen (Watt, Binnenland, Speicherbecken) hin und her pendelten.

### **Bewertung der Ergebnisse der Radaruntersuchungen**

Mit über 20.000 aufgezeichneten Vogeleos waren die Radaruntersuchungen sehr erfolgreich und haben erstmals umfangreiches Material über den Vogelzug an der Westküste Schleswig-Holsteins geliefert. Die ermittelte Phänologie mit starken Zugnächten Ende Septemer und im Oktober stimmt dabei gut mit den Erwartungen überein und zeigt an, dass bei den Untersuchungen die Hauptzugperiode gut getroffen wurde. Die bei den Untersuchungen festgestellte Intensität des Vogelzugs, dargestellt als Anzahl Vogeleos pro Radarbild, ist auffallend höher als bei anderen Untersuchungen. Bei Radaruntersuchungen des Instituts für Vogelforschung auf Helgoland, Rügen und Fehmarn wurden 2001 mit dem gleichen Typ von Radargeräten und gleichen Einstellungen Höchstwerte zwischen fünf und 20 Echos/ Bild ermittelt (KNUST et al. 2003), wogegen die Höchstwerte unserer Untersuchung von 60 bis 124 Echos/ Bild reichten. Eigene Untersuchungen in Offshore-Projekten auf der Nordsee mit denselben Radargeräten und den gleichen Einstellungen ergaben Höchstwerte von 20 Echos/ Bild. Ein direkter Vergleich der verschiedenen Untersuchungen ist noch schwierig, da die Berechnungen mit jeweils eigenen Korrekturfaktoren erfolgten und schiff- und landgestützte Untersuchungen unter unterschiedlichen Bedingungen stattfinden. Die Zahlen der Untersuchung im Simonsberger Koog weisen im Vergleich zu den anderen Studien jedoch darauf hin, dass in einigen Nächten sehr intensiver Vogelzug erfasst wurde. Inwieweit dies eine regionale Charakteristik ist und etwa einen durch die Leitlinienwirkung der Küste verstärkten Zug darstellen, oder aber schlicht der zeitlichen Variabilität entspricht, kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden. Untersuchungen zum Tagzug im Herbst 2003 ergaben im Vergleich mit anderen Bereichen Schleswig-Holsteins nur geringe Zugintensitäten (STAHL & NEHLS 2003). KOOP (2002) vermutet demgegenüber eine generelle Leitlinienwirkung der Westküste auf den Tagzug, die sich jedoch für den Raum Simonsberg bislang nicht mit Daten bestätigen ließ (STAHL & NEHLS 2003). Gegen eine Leitlinienwirkung der Küste für den Nachtzug spricht, dass diese im Nachtzug grundsätzlich kaum ausgeprägt ist, weshalb Vogelzug meist im Breitfrontenzug verläuft. Darüber hinaus haben Untersuchungen des Vogelzugs wiederholt festgestellt, dass sich dieser sehr stark an den jeweiligen Wetterbedingungen orientiert und es bei günstigen Bedingungen zu Massenzugereignissen kommt, so dass der größte Teil des Vogelzugs an wenigen Tagen erfolgen kann (BERTHOLD 2000, GATTER 2000). Vor dem

Hintergrund der methodischen Einschränkungen ist eine abschließende Bewertung der hohen Zugintensität nicht möglich, es wird aber angeregt, die Befunde als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen zur Klärung dieses Sachverhalts zu nehmen.

Die Messungen der Flughöhen weisen auf eine im Mittel sehr gleichmäßige Verteilung des Vogelzugs im Höhenbereich bis 1.450 m hin. Dies ist weitgehend im Einklang mit anderen in den vergangenen Jahren durchgeführten Untersuchungen zum nächtlichen Vogelzug, die ebenfalls mittlere Zughöhen von mehreren hundert Metern im Höhenbereich bis etwa 1,5 km ergaben (GRUBER & NEHLS 2003, KNUST et al. 2003). Der nächtliche Vogelzug erfolgt danach in durchgehend größeren Höhen als der Tagzug. Der Anteil in den tiefen Bereichen bis 150 m ist in der vorliegenden Studie noch geringer als in den anderen genannten Studien. Diese ergaben Anteile zwischen zehn und 20% für die unteren Bereiche gegenüber sechs % in der vorliegenden Studie. Methodische Aspekte sprechen dafür, dass die Zugintensität in dem untersten Bereich bis 50 m unterschätzt wird (s. o.). Während jedoch bei KNUST et al. (2003) eine Zunahme der Zugintensitäten in den unteren Bereich zu verzeichnen war, ist dies in der vorliegenden Studie nicht der Fall, so dass die methodisch bedingte Unterschätzung der unteren Bereiche vermutlich geringer ist. Ohne Berücksichtigung der Befunde, dass der Vogelzug zum einen in den untersten Bereichen unterschätzt wird, der Vogelzug zum anderen aber auch noch in deutlich größeren Höhen als 1.500 m erfolgt, stellen wir fest, dass an der untersuchten Tagen weniger als zehn % des Vogelzugs in den unteren Bereichen bis 150 m Höhe erfolgte. Die relativ hohen Flughöhen geben neben der sehr hohen Intensität des Vogelzugs an mehreren Nächten einen Hinweis darauf, dass die von uns untersuchten Nächte von sehr guten Zugbedingungen geprägt waren. Das Ergebnis der Radarstudie in zehn Nächten im Herbstzug 2004 im Simonsberger Koog ließ keine besonders hohe Kollisionsgefährdung durchziehender Vögel erwarten. Es konnten zwar auch Vogeleos im Einflussbereich der WEA nachgewiesen werden, im Verhältnis zum gesamten erfassten Vogelzug zog jedoch nur ein geringer Anteil in einer Höhe, der Kollisionen befürchten lässt. Da zusätzlich an den Tagen mit starkem Zug die Wetterverhältnisse sehr gut waren mit zumeist sternklarem Himmel, teilweise sogar mit Mondschein, waren keine (Massen-) Kollisionen zu erwarten, wie sie von Leuchttürmen oder anderen Bauwerken bekannt sind (SCHMIEDEL 1992).

Die Radaruntersuchungen stehen in einem bemerkenswerten Gegensatz zu Sichtbeobachtungen, die sich selbstverständlich ausschließlich auf den Tagzug beziehen und vergleichsweise sehr niedrige Flughöhen erbracht haben. Untersuchungen des Herbstzugs im Windpark Simonsberg in 2003 erfassten vor allem Flugbewegungen zwischen 50 und 200 m Höhe (STAHL & NEHLS 2003). Die Unterschiede zu den Radaruntersuchungen ergeben sich zum einen aus unterschiedlichen Artenspektren im Tag- und Nachtzug, zum anderen aber schlicht aus der Tatsache, dass der visuellen Erfassung und Höhenabschätzung des Vogelzugs enge Grenzen gesetzt sind. KOOP (2002) gibt für die Schleswig-Holstein überquerenden Vogelarten, die bei Planzugbeobachtungen erfasst wurden, geschätzte Zughöhen an. Die Angaben liegen für die häufigsten Singvogelarten in Bereichen bis nur wenig über 100 m. Da bereits in einer Höhe von 100 m durchziehende Kleinvögel vor dem Himmel kaum erkannt werden können und oftmals nur dadurch entdeckt

werden, dass sie durch Zugrufe auf sich aufmerksam machen, weist dies auf eine im Vergleich mit den Radarbeobachtungen sehr starke Beschränkung der Methode der Sichtbeobachtung hin.

Bisherige Radarstudien zum Tagvogelzug zeigen keine derart starken Unterschiede in den Flughöhen zwischen Tag und Nacht (KNUST et al. 2003), wie man es alleine durch Sichtbeobachtungen vermuten könnte (KOOP 2002). KNUST et al. (2003) zeigten bei Radaruntersuchungen auf Helgoland, Fehmarn und Rügen für den Tagzug zwar eine Häufung in den unteren Bereichen bis etwa 250 m, darüber hinaus aber einen nahezu gleich verteilten Zug bis in Höhen von 1.750 m.

Sichtbeobachtungen des Tagzugs können zwar insbesondere für tief ziehende Arten, insbesondere Seevögel, durchaus bedeutende Angaben liefern, bei einer generellen Betrachtung des Vogelzugs ist jedoch zu berücksichtigen, dass sie nur einen kleinen Ausschnitt des sich bis in mehrere Kilometer Höhe erstreckenden Vogelzugs erfassen können.

Eine Bewertung des Tagvogelzugs hinsichtlich Intensität und Zughöhenverteilung ließe sich daher ebenso wie nachts nur durch weitere Radaruntersuchungen klären. Ein Vergleich mit parallelen Sichtbeobachtungen wäre dabei sicherlich wertvoll.



## 5 Vogelschlag am Sendemast Puan Klent/Sylt und am Leuchtturm Westerhever

Ziel der Einbeziehung der Referenzpunkte (Sendemast Puan Klent/Sylt und Leuchtturm Westerhever/NF) für die Suche von Kollisionsoffern war es, mit einer hohen zeitlichen Auflösung weitere Hinweise über Kollisionsereignisse während des Herbstzuges zu erhalten. Sinn und Zweck dieses Untersuchungsteils war es, über den Vergleich der Kollisionsraten an zwei technischen Bauwerken, an denen regelmäßig Kollisionen auftreten, Rückschlüsse über die Gefährdung von Vögeln durch WEA zu erhalten. An dem Sendemast Puan Klent verunglückt eine hohe Zahl von Vögeln. Pro Nacht wurden hier bis zu 700 Anflüge geschätzt (KELM 1978, LAMMEN & HARTWIG 1994). Der Sendemast Puan Klent kann somit als eine Referenz für das Kollisionsrisiko in einem bestimmten Zeitraum genommen werden und Informationen zur Bewertung der Befunde von Windparks im Küstenbereich liefern. Vom Leuchtturm Westerhever ist ebenfalls bekannt, dass alljährlich Zugvögel, geblendet vom Signalfener, den Leuchtturm anfliegen und verunglücken. Daten der Leuchtturmopfer können ebenfalls Hinweise auf Zugintensitäten und das beteiligte Artenspektrum geben und somit eine weitere Referenz zur Bewertung der Windparkkontrollen darstellen.

### Methode

Zu den festgeschriebenen Aufgaben der Zivildienstleistenden der Schutzstation Wattenmeer e. V. am Leuchtturm Westerhever zählt die morgendliche Suche nach Kollisionsoffern auf der Warft des Leuchtturms. Wir können davon ausgehen, dass die Kontrollen nahezu täglich - mit nur geringen Ausfällen – durchgeführt wurden. Damit sind im Untersuchungszeitraum von Anfang September bis Mitte November Kollisionsoffer an annähernd 70 Tagen gesucht worden. Aufgrund der geringen Ausdehnung der Warft betrug der zeitliche Aufwand nur einige Minuten pro Kontrolle.

Im Bereich des Sendemastes Puan Klent auf Sylt wurden im Rahmen dieses Projektes Kontrollen durch Zivildienstleistende der Schutzstation Wattenmeer e. V. durchgeführt. Durch die Betriebszeiten des Personals des Sendemastes waren Kontrollen an Werktagen möglich. Vom 06. September bis 11. November (37. bis 46. Woche) wurden in der Regel an drei Tagen pro Woche (Montag, Mittwoch und Freitag) Kollisionsoffer meist am Vormittag gesucht. Der tidenabhängige Dienstplan der Zivildienstleistenden hat zu geringen Zeitverschiebungen (Tag und Tageszeit) geführt. Meist suchte eine Person, fünfmal zwei und einmal drei Personen. Eine Kontrolle dauerte mindestens eine Stunde. Es sind 28 Kontrollen durchgeführt worden.

### Ergebnisse

An beiden Orten sind im Herbst 2004 nur sehr wenige Kollisionsoffer gefunden worden. Am Leuchtturm Westerhever wurden lediglich am 21. September frühmorgens vier Knutts gefunden. Am Sendemast Puan Klent haben die ZDL lediglich Ende September eine Ringelgans und am 25. Oktober eine Amsel gefunden.

## Diskussion

Am 5. November wurde hier unter dem Sendemast bei Puan Klent ein Fuchs an der Höhle gesehen, der zwar vermutlich einige Vögel entfernt hat, doch bleibt aufgrund der häufigen Kontrolltermine die grundsätzliche Einschätzung des Ausbleibens von Massenkollisionsereignissen für beide Referenzorte bestehen.

Die geringe Anzahl von Kollisionen im Herbst wird von uns als eine Folge der günstigen Wetterbedingungen auf dem Herbstzug 2004 gewertet. Uns sind keine Faktoren bekannt die sich gegenüber den früheren Untersuchungen grundsätzlich geändert haben könnten. Nach Auskunft der Mitarbeiter des Wasserschiffahrtsamtes an der Station Puan Klent sind an dem Mast keine baulichen Veränderungen vorgenommen worden, die für eine Abnahme der Kollisionen verantwortlich sein könnte. Die Beleuchtung ist seit den 1970er Jahren im wesentlichen unverändert bei roter Kennzeichnung geblieben. Die hohen Zahlen an Kollisionsopfern von KELM (1978) aus den 1970er Jahren wurden auch in den 1980er nicht bestätigt (LAMMEN & HARTWIG 1994) und sind möglicherweise auf relativ seltene Konstellationen von starken Zugereignissen und ungünstigen Wetterbedingungen zurückzuführen.

## 6 Abschließende Diskussion und Empfehlungen

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war es, eine Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an WEA zu entwickeln. Neben der experimentellen Ermittlung von Korrekturfaktoren für die Auffindrate der Beobachter und die Verbleibrate von Kollisionsopfern kam der eigentlichen Kontrolle in den Windparks an der Westküste eine besondere Bedeutung zu. Die Windparks an der Westküste wurden vor allem deshalb ausgewählt, weil die Diskussion über Kollisionen von Vögeln an WEA weitgehend unter dem Gesichtspunkt geführt wird, dass eine Gefährdung des nächtlichen Vogelzugs befürchtet wird. Aufgrund der Leitlinienwirkung der Küste wird dem Bereich der Westküste eine besondere Bedeutung für den Vogelzug zugesprochen (z. B. KOOP 2002). Die Radaruntersuchungen in Simonsberg zeigten, dass im Untersuchungszeitraum intensiver nächtlicher Vogelzug erfolgte, wobei eine Bewertung des Standorts aufgrund bislang fehlender Vergleichsdaten noch schwierig ist. Es ist jedoch bemerkenswert, dass vor dem Hintergrund intensiven Vogelzugs kein Kollisionsopfer als typischer Nachtzieher eingestuft werden konnte. Wie bereits dargelegt, entspricht dies auch dem Bild weiterer Untersuchungen. Eine hohe Zahl von Kollisionen durch Zugvögel, wie sie an Sendemasten, Leuchttürmen oder hohen beleuchteten Gebäuden oft festgestellt wurden, sind bis heute an WEA nicht beschrieben (s. a. HÖTKER et al. 2004). Soweit Radaruntersuchungen von ziehenden Vögeln im Offshore-Bereich vorliegen, weisen diese auf Ausweichreaktionen in recht großer Entfernung hin (PETTERSSON & STAHLIN 2002, CHRISTENSEN et al. 2004), so dass die Gefährdung insgesamt geringer zu sein scheint als bei Rastvögeln, die mit den Anlagen vertraut sind und diese weniger meiden. Eine generelle Aussage über die mögliche Gefährdung des Vogelzugs durch WEA ist auf der Grundlage der recht kurzen Untersuchung nicht möglich. Die Ergebnisse vom Sendemast Puan Klent auf Sylt weisen darauf hin, dass starke Kollisionsereignisse auch an derartigen Einrichtungen nicht regelmäßig auftreten und verstärken die Erwartung, dass Kollisionen durch Zugvögel insgesamt selten auftreten und an die Kombination von starkem Zug bei ungünstigen Wetterbedingungen gekoppelt sind. Bei Untersuchungen, die primär darauf ausgerichtet sind, das Kollisionsrisiko von Zugvögeln zu ermitteln sollte dies berücksichtigt werden. Nach der bisherigen Kenntnis des nächtlichen Vogelzugs sind kleinräumig hohe Unterschiede nicht zu erwarten sind, so dass bei den Untersuchungen relativ flexibel unterschiedliche Standorte je nach Eignung der Flächen ausgewählt werden können. Begleitende Untersuchungen zum Vogelzug mittels Vertikalradar wären jedoch insbesondere bei wechselnden Standorten anzuraten.

Kollisionen an WEA erfolgen offensichtlich eher durch Rastvögel als durch Zugvögel. Die Artzusammensetzung der Kollisionsopfer spiegelt dementsprechend in erster Linie die Häufigkeit der lokalen Rastbestände wider. Etwas überraschend ist der Fund von insgesamt acht Goldregenpfeifern, die als wahrscheinliche Kollisionsopfer eingestuft wurden. Goldregenpfeifer werden vielfach als empfindlich gegenüber WEA eingestuft in dem Sinne, dass sie große Meideabstände einhalten sollen (u. a. SCHREIBER 1993, s. a. HÖTKER et al. 2004). Sie wurden bisher kaum als Kollisionsopfer erfasst, obwohl sie zu den häufigsten Rastvögeln in den Marschen der Küste gehören. Auch Ohrenlerche und Berghänfling wurden bislang nicht als Kollisionsopfer von WEA erfasst. Die Ergebnisse spiegeln damit die lokalen

Verhältnisse im Herbst 2004 wider und Untersuchungen an anderen Orten und zu anderen Zeiten werden andere Ergebnisse erbringen. Wir konnten keinen Zusammenhang zwischen den Mondphasen und der Anzahl der Kollisionen feststellen, so dass kein Hinweis auf ein erhöhtes Kollisionsrisiko in dunklen (Neumond) gegenüber hellen Nächten (Vollmond) besteht. Unter den von uns gefundenen Kollisionsopfern sind Rauchschwalbe, Star und Haustaube als tagaktive Vögel einzustufen, für die Möwen gilt dies zumindest soweit, dass sie sich meist nur tags im Binnenland aufhalten und nachts im Wattenmeer rasten. Auch in der bundesweiten Funddatei über Kollisionsopfer sind neben verschiedenen Greifvögeln weitere tagaktive Arten aufgeführt (HÖTKER et al. 2004) was ein Hinweis darauf ist, dass das Kollisionsrisiko bei den Rastvögeln weniger dadurch entsteht, dass diese die Anlagen in der Dunkelheit nicht wahrnehmen. Ausschlaggebend für Kollisionen dürfte vielmehr sein, dass die Vögel mit den Anlagen vertraut sind und bei Flügen zwischen den Anlagen die Reichweite und die Außengeschwindigkeit der Rotorblätter falsch einschätzen. Für künftige Untersuchungen bedeutet dies, dass sich der Verlauf möglicher Kollisionsereignisse nicht zeitlich eingrenzen lässt. Künftige Untersuchungen können sich jedoch in gewissen Grenzen an den Bestandsverläufen der jeweils vorkommenden Rastvogelarten orientieren, soweit einzelne Arten- oder Artengruppen besonders untersucht werden sollen. Grundsätzlich gilt für Untersuchungen über Kollisionen von Rastvögeln, dass den jeweiligen Flächen offensichtlich eine hohe Bedeutung zukommt. Dies erschwert die Aussagekraft von Untersuchungen, wenn sich diese den Veränderungen der Vegetation anpassen und die Untersuchungsflächen wechseln.

Weitergehende Untersuchungen könnten das Ziel haben, die mittlere Kollisionsrate von Rast- oder Zugvögeln im Jahresverlauf zu ermitteln oder bestimmte Anlagenhöhen zu vergleichen. Dafür ergeben sich aus den unterschiedlichen Zielsetzungen und den teilweise gegenläufigen Möglichkeiten hinsichtlich der saisonalen Veränderung in der Struktur der landwirtschaftlichen Flächen in den Windparks unterschiedliche Anforderungen an die Methodik. Untersuchungen zum Kollisionsrisiko von Zugvögeln können saisonal auf die Hauptzugzeiten begrenzt werden. Sie sollten mehrjährig erfolgen und möglichst von Untersuchungen zum Vogelzug mit Radar begleitet werden. Untersuchungen zum Kollisionsrisiko von Rastvögeln sollten an die jeweiligen Gebiete angepasst werden und es ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse einzelner Windparks nur begrenzt auf andere übertragbar sind. Dies grenzt die Auswahl der Flächen ein. Beide Ansätze lassen sich in gewissem Maße integrieren.

## **Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

Die generelle Vorgehensweise und die gewählten Methoden erscheinen grundsätzlich als gut geeignet zur Ermittlung von Kollisionsraten an Windenergieanlagen. Aus den Erfahrungen und Ergebnissen dieser Pilotstudie lassen sich verschiedene Empfehlungen für die Methode und die Durchführung derartiger Untersuchungen ableiten:

- Eine Übertragung der Methodik auf andere Gebiete und Zeiträume ist möglich und wird von uns empfohlen.

- Grundlage jeder Untersuchung von Kollisionsopfern an WEA und anderen technischen Bauwerken muss die begleitende Ermittlung der Auffindrate der Beobachter und der Verweildauer der Kollisionsopfer sein. Beide Faktoren lassen sich experimentell ermitteln, wobei darauf zu achten ist, dass ein möglichst vergleichbares Artenspektrum für die Experimente verwendet wird, wie es bei den Kollisionsopfern erwartet werden kann.
- Da die Auffindrate wesentlich von der Struktur der untersuchten Flächen abhängt, sollte diese begleitend ermittelt werden. Für die Ermittlung der Auffindrate muss die gleiche Vorgehensweise wie bei den eigentlichen Kontrollen gewählt werden, d.h. es müssen die gleichen Flächentypen und die gleichen Transektabstände gewählt werden.
- Die Versuche zur Auffindrate zeigten, dass diese in aufgewachsener Vegetation sehr niedrig ist, was den notwendigen Suchaufwand extrem in die Höhe treibt. Eine Untersuchung in den Kögen Nordfrieslands oder anderen Ackerbaugebieten Schleswig-Holsteins ist daher im Frühjahr aufgrund der Höhe und Deckung von Raps und Wintergetreide kaum möglich.
- Für die Bewertung der Struktur der Flächen muss vor weiteren Untersuchungen ein objektiver Maßstab definiert werden, damit die Zuordnung der Daten der Auffindrate und der eigentlichen Kollisionsfunde möglichst einheitlich und eindeutig erfolgt.
- Die Suche entlang von linearen Transekten hat sich bewährt, da so der Aufwand messbar wird und eine Auswertung mit GIS-Software möglich ist.
- Als Suchraum für Kollisionsopfer kann der Radius der Gesamthöhe der WEA herangezogen werden. Eine komplette Abdeckung der Suchräume unter den jeweiligen WEA ist nicht notwendig, jedoch gilt es bei der Planung der Untersuchungen abzuwägen zwischen dem Bestreben, eine möglichst hohe Anzahl von WEA zu untersuchen und die Abdeckung unter den einzelnen WEA nicht zu niedrig werden zu lassen.
- Transektabstände von 20 m erscheinen unter den meisten Bedingungen geeignet. Für Kleinvögel können engere Transektabstände gewählt werden, wenn der Suchaufwand innerhalb eines Windparks erhöht werden soll. Soweit geeignete Flächen zur Verfügung stehen, ist es jedoch sinnvoller, den Suchaufwand dadurch zu erhöhen, dass zusätzliche Transekte abgesucht werden, da engere Abstände zu Überlappungen des Suchraums bei mittleren und großen Vögeln führen.
- Die Suchintervalle können in Abhängigkeit von der jeweiligen Verweildauer der Kollisionsopfer erhöht werden, ohne dass die Aussagekraft der Ergebnisse wesentlich reduziert wird. Bezugnehmend auf eine mittlere Verweildauer von etwa einer Woche in dieser Studie, wären 10 bis 14tägige Intervalle möglich. Statt kürzerer Intervalle ist es dann sinnvoller, den Aufwand auf mehr WEA oder Windparks zu verteilen.
- Berechnungen der Kollisionsraten beziehen sich auf einen definierten Zeitraum, für den eine bestimmte Verweildauer ermittelt wurde. Es ist zu beachten, dass die Funde der ersten Kontrolle dafür unberücksichtigt bleiben müssen.
- Künftige Untersuchungen sollten auch Vergleichsflächen ohne den Einfluss von WEA beinhalten, um den Anteil anderer Todesursachen an den Funden in den Windparks abschätzen zu können.

- Der Einsatz von vertikal orientierten Radargeräten hat sich sehr bewährt. Für die Bewertung einer möglichen Gefährdung des Vogelzuges durch WEA sind Radaruntersuchungen parallel zur Suche von Kollisionsopfern von hoher Bedeutung.
- Die Suche nach Kollisionsopfern an Referenzstationen, wie dem Sendemast Puan Klent, kann zusätzliche Erkenntnisse über das Kollisionsrisiko an WEA erbringen.
- Bei der Auswahl von Untersuchungsgebieten sollten künftig Rastvögel stärker berücksichtigt werden. Die vorliegende Untersuchung konnte insgesamt 8 Kollisionen von Goldregenpfeifern feststellen. Da diese Art im Anhang 1 der Vogelschutzrichtlinie aufgeführt werden, wird es von Interesse sein zu klären, ob es sich hier um Einzelereignisse handelt oder ob es regelmäßig zu Kollisionen dieser Art kommt.
- Grundsätzlich gilt, dass die Vorgehensweise in jeder Untersuchung an die lokalen Bedingungen angepasst werden. Die Auswahl der Flächen, die Transektbreite und die Gesamtlänge der Transekte ist von der Größe der Windparks und der Beschaffenheit der Flächen abhängig zu machen. In dieser Untersuchung gelangen 5 Funde/100 km Transektstrecke in der günstigsten Vegetationsstruktur. Dies kann als erster Anhaltspunkt für die Planung weiterer Untersuchungen genommen werden.

## 7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie ist die Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windkraftanlagen. BioConsult SH hat dazu im Herbst 2004 in verschiedenen Windparks in Nordfriesland experimentelle Untersuchungen zur Ableitung von Korrekturfaktoren und Kontrollen zur Ermittlung von Kollisionsopfern durchgeführt. Die Untersuchungen wurden durch Radaruntersuchungen zum nächtlichen Vogelzug begleitet. Die Ergebnisse der einzelnen Bausteine der Untersuchung werden im folgenden zusammengefasst:

### Fallkurve

Tote Vogelkörper landeten nach freiem Fall aus 55 m Höhe im Mittel bis 28 m vom Mastfuß entfernt (10 bis 41 m,  $n = 18$ ), wobei die Entfernung von der Körpermasse abhängig war. Mit einer Sicherheitsmarge und der Tatsache, dass Kollisionen bis zu den Flügelspitzen auftreten können, haben wir die Gesamthöhe der Anlage als Radius für den Suchkreis um WEA definiert.

### Auffindrate

Die Auffindrate war höchst variabel und lag bei den Experimenten zwischen 6 % und 86 %. Sie ist insbesondere von der Größe des Vogels und dem Grad der Vegetationsbedeckung abhängig. Wir berechneten mittlere Auffindraten für drei Größenklassen von Vögeln und zwei Klassen von Deckungsgraden. Der Unterschied zwischen einzelnen Zählern war nicht signifikant.

### Verweildauer

In zwei Windparks (Simonsberger und Breklumer Koog) wurden Vogelkörper ausgelegt und das weitere Schicksal protokolliert. 50 % der Vögel waren nach 7,5 Tagen  $\pm 1,4$  Tage (Mittelwert und Standardfehler) verschwunden oder unkenntlich. Für das fünftägige Untersuchungsintervall errechnet sich eine mittlere Verweildauer von 3,9 Tagen.

### Suche von Kollisionsopfern

In drei Windparks haben wir von Anfang September bis Mitte Oktober 17 Kontrollen durchgeführt. An zusätzlichen vier Windparks wurden an vier Tagen Kollisionsopfer gesucht. Die insgesamt während der Suche von Kollisionsopfern zurückgelegte Strecke betrug 830 km. Davon entfielen 700 km auf einen Suchmodus mit einem Transektabstand von etwa 20 Metern und 130 km auf einen Suchmodus mit einem Transektabstand von fünf Metern. Mit Hilfe der GIS-Software ArcView haben wir den Anteil der Strecke innerhalb der jeweiligen Suchkreise, deren Radius der Gesamthöhe der Anlagen entspricht, verschnitten.

Wir haben 43 Individuen aus 15 Arten in den Windparks gefunden, unter denen Möwen (und Seeschwalben) mit 19 und Watvögel mit zwölf Funden dominieren. Unter den Funden ist insbesondere der Goldregenpfeifer – als Art, die im Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie geführt wird - mit insgesamt acht Funden hervorzuheben.

Arten des eigentlichen nächtlichen Breitfrontenzuges nordischer Singvögel kommen in der Fundtabelle nicht vor (Drosseln u. a. ).

### Radaruntersuchungen

Bei Radaruntersuchungen in Simonsberg wurde im Herbst 2004 in mehreren Nächten sehr intensiver Vogelzug erfasst. Die mittlere Flughöhe (Median) lag bei gemeinsamer Betrachtung aller erfassten Flugbewegungen bei etwa 700 m, also im mittleren Bereich des untersuchten Luftraums. Die bei den Untersuchungen festgestellte Intensität des Vogelzugs, als Anzahl von Vogeleos pro Radarbild, ist auffallend höher als bei anderen Untersuchungen.

### Referenzpunkte Vogelzug

Am Leuchtturm Westerhever und am Sendemast Puan Klent sind im Herbst 2004 trotz intensiver Suche nur sehr wenige Kollisionsopfer gefunden worden. Die geringe Anzahl von Kollisionen im Herbst wird von uns als eine Folge der günstigen Wetterbedingungen auf dem Herbstzug 2004 gewertet.

### Abschätzung der Kollisionsrate

Die Kollisionsrate für den Untersuchungszeitraum wurde beispielhaft für drei Windparks berechnet. Zwei grundlegende Fehler müssen berücksichtigt werden, um die Anzahl von tatsächlichen Kollisionsopfern zu bestimmen: Anzahl der Kollisionsopfer, die im Windpark liegt, aber übersehen wird und die Anzahl, die zwischen den Kontrollen durch Aasfresser verschwinden. Für den Untersuchungszeitraum von 70 Tagen haben wir eine Anzahl von Kollisionen errechnet: 2,1 für den Simonsberger Koog, 2,5 für den Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog und 7,4 für den Breklumer Koog. Die Unterschiede der korrigierten Kollisionszahl pro Anlage und Untersuchungszeitraum zwischen den Windparks ist nicht signifikant.

### Folgerungen

Die generelle Vorgehensweise und die gewählten Methoden erscheinen grundsätzlich als gut geeignet um abschätzen zu können, in welcher Größenordnung Kollisionsereignisse auftreten. Nach den Erfahrungen und Ergebnissen dieser Pilotstudie schlagen wir einige spezielle Änderungen in der Anwendung der Methodik vor. Eine Übertragung der Methodik auf andere Gebiete und Zeiträume ist möglich und wird von uns empfohlen.

Der Einsatz von vertikal orientierten Radargeräten hat sich sehr bewährt. Für die Bewertung einer möglichen Gefährdung des Vogelzuges durch WEA sind Radaruntersuchungen parallel zur Suche von Kollisionsopfern von hoher Bedeutung.



## 8 Literatur

- Alerstam, T. & S. Ulfstrand 1972: Radar and field observations of diurnal bird migration in south Sweden, autumn 1971. *Orn. Scand.* 3: 99-139.
- Anderson, R., M. Morrison, K. Sinclair & D. Strickland 1999. Studyind wind energy/bird interactions: a guidance document. NWCC; Washington.
- Barrios, L. & A. Rodríguez. 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore turbines. *Journal of Applied Ecology* 41: 72-81.
- BERTHOLD, P. 2000. Vogelzug - Eine aktuelle Übersicht. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.
- Böttger, M., T. Clemens, G. Grote, G. Hartmann, E. Hartwig, C. Lammen, E. Vauk-Heinzelt & G. Vauk. 1990. Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von WEA (Endbericht). NNA-Berichte, 3/ Sonderheft. 1-124.
- Bruderer, B. 1997a: The study of bird migration by radar. Part 1: The technical basis. *Naturwissenschaften* 84: 1-8.
- Bruderer, B. 1997. The study of bird migration by radar. Part 2: Major achievements. *Naturwissenschaften* 84: S. 45-54.
- BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie). 2003. Standarduntersuchungskonzept (StUK) für die Untersuchung und Überwachung der Auswirkungen von Offshore-WEA auf die Meeresumwelt. 1. Fortschreibung, Stand 25. Februar 2003.
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham & J. L. Laake. 2001. Distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London.
- Buurma, L. (1987): Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in Oktober. *Limosa* 60: 63-74.
- Christensen, T. K., J. P. Hounisen, I. Clausager & I. K. Petersen. 2004. Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the Horns Rev offshore wind farm. Annual status report 2003. *Report commissioned by Elsam Engineering A/S 2003*
- Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques. Third edition Wiley and Sons, New York, USA.
- Crawford, R. L. & R. T. Engstrom. 2001. Characteristics of avian mortality at a north Florida television tower: a 29-year study. *Journal of Field Ornithology* 72, 380-388.
- Eastwood, E. & G. Rider. 1965. Some radar measurements of the altitude of bird flight. *British Birds* 58: 393-426.
- Everaert, J., K. Devoes & E. Kuijken. 2002. Windturbines en vogels in Vlaanderen. Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud, Brüssel.
- Erickson, W., G. Johnson, D. Young, D. Strickland, R. E. Good, M. Bourassa, K. Bay & K. J. Sernka. 2002. Synthesis and comparison of baseline avian and bat use, raptor nesting and mortality information from proposed and existing wind developments, pp. 1-60. Report for Bonneville Power Administration, Portland, Oregon
- Erickson, W. P., G. D. Johnson, M. D. Strickland, D. Young, K. J. Sernka & R. E. Good. 2001. Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparison to other sources of avian collision mortality in the United States National Wind Coordinating Comitee (NWCC). Western EcoSystems Technology Inc., Washington D.C.
- GATTER, W. 2000. Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. 30 Jahre Beobachtung des Tagzugs am Randecker Maar. Wiebelsheim: 656 S

- James, B. W. & B. A. Haak. 1979. Factors affecting avian flight behavior and collision mortality at transmission lines. Bonneville Power Admin., U.S. Dept. Energy, Portland, OR. 109 p.
- Jellmann, J. (1977): Radarbeobachtungen zum Frühjahrszug über Nordwestdeutschland und die südliche Nordsee im April und Mai 1971. Vogelwarte 29: 135-149.
- Johnson, G. D., W. P. Erickson, M. D. Strickland, M. F. Shepherd, D. A. Sheperd & S. A. Sarappo. 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. Wildlife Society Bulletin 30: 879-887.
- Gauthreaux, S. A. Jr. .1996. Suggested practices for monitoring bird populations, movements and mortality in wind resource areas. Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting 2: 88-110.
- Goodman, L. A. . 1960. On the exact variance of products. Journal of the American Statistical Association 55: 708-713.
- Gruber, S. & G. Nehls. 2003. Charakterisierung des offshore Vogelzuges vor Sylt mittels schiffsgestützter Radaruntersuchungen. Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 35: 151-156
- Higgins, K. F. , C. D. Dieter, R. E. Usgaard. 1995. Monitoring of seasonal bird activity and mortality on Unit 2 at the Buffalo Ridge Windplant, Minnesota. San Francisco, CA: Kenetech, inc.
- Hötker, H. , K. -M. Thomsen & H. Köster. 2004. Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen. Gutachten im Auftrag des Bundesamt für Naturschutz Berlin. 73 Seiten.
- Karlsson, J. .1983. Birds and windpower, pp. 12.
- Kelm, H. -J. .1978. Sendemast auf Sylt als Vogelfalle, Corax 6: 56-60.
- Knust R., P. Dahlhoff, J. Gabriel, J. Heuers, O. Hüppop & H. Wendeln. 2003. Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore-WEA im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee - Offshore WEA -. 603 S. i. A. des BMU, Bremerhaven.
- Koop, B. . 2002. Darstellung des räumlichen Verlaufs der Vogelzuges über Schleswig-Holstein. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des LANU Schleswig-Holstein.
- Lammen, C. & E. Hartwig. 1994. Vogelschlag an einem Sendemast auf Sylt: Ein Vergleich zu Windkraftanlagen. Seevögel 15: 1-4.
- 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.
- Morrison, M. . 2002. Searcher Bias and Scavenging Rates in Bird/Wind Energy Studies. National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- NWCC 2004. National Wind Coordinating Committee. Wind turbine interactions with birds and bats: a summary of research results and remaining questions. NWCC, Washington.
- Orloff, S. & A. Flannery. 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas 1989-1991. Rep. P700-92-001. Rep. from BioSystems Analysis Inc., Tiburon, CA, for Planning Dept., Alameda, Contra Costa and Solano Counties, CA, and Calif. Energy Comm., Sacramento, CA. Var. pag.

- Osborn, R. G., K. F. Higgins & R. E. Usgaard, C. D. Dieter & R. D. Neiger. 2000. Bird mortality associated with wind turbines at the Buffalo Ridge wind resource area, Minnesota. *American Midland Naturalist* 143: 41-52.
- Pettersson, J., T. Stahlin (2002). "Influence of offshore windmills on migration birds - in southeast coast of Sweden." Västerås and Färjestaden.
- Schicker, J. . 2002. Experimentelle Untersuchung zur Verweildauer von Vogelkadavern unter Hochspannungsfreileitungen. *Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz in Hessen, Vogel und Umwelt Sonderheft*, 147-155.
- Schmiedel, R. 1992. Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wildlebende Tierwelt. Diplomarbeit am Institut für Landschaftspflege und Naturschutz. Universität Hannover.
- Stahl, B. & G. Nehls. 2003. Ornithologisches Fachgutachten. Erfassung der Brut-, Rast- und Zugvögel im Simonsbergerkoog. Gutachten im Auftrag der Energiepark Simonsberg GmbH. BioConsult SH, Hockensbüll.
- Strickland, M. D. , G. D: Johnson, W. P. Erickson, S. A. Sarappo, R. M. Halet. 2000. Avian use, flight behavior, and mortality on the Buffalo Ridge, Minnesota Wind Resource area. *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, May 1998.* Washington, D. C.: National Wind Coordinating Committee, pp 760-79.
- Thomas, S. C., J. L. Laake, J. F. Derry, J.F., S. T. Buckland, D. L. Borchers, D. R. Anderson, K. P. Burnham, S. Strindberg, S. L. Hedley, F. F. C. Marques, J. H. Pollard & R. M. Fewster. 1998. *Software Distance 3.5.* Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, St Andrews, UK.
- 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.
- Welcker, J. & G. Nehls 2002. Ornithologisches Fachgutachten. Erfassung der Brut-, Rast- und Zugvögel im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog. Gutachten im Auftrag der Bürger-Windpark Lübke-Koog GmbH. BioConsult SH, Hockensbüll.
- Winkelman, J. E. .1992a. The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 1. Collision victims. RIN-Rep. 92/2, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Winkelman, J. E. 1992b. The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 2. nocturnal collision risks. RIN-Rep. 92/3, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Winkelman, J. E. . 1994. Thermal and passive imaging of nocturnal bird movements and behavior near obstacles. *J. Ornithol.* 135(3):505.

## 9 Anhang

### *Streckenaufwand in Windparks mit ca. 20 m Transektabstand*

Suchaufwand mit dem Suchmodus von 20 m Transektabstand:

a) Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog.

<b>Datum</b>	<b>gesamte Strecke [m]</b>	<b>Strecke in Suchkreisen [m]</b>
09.09.2004	11.676	8.374
13.09.2004	22.875	15.635
16.09.2004	11.406	9.535
20.09.2004	20.718	15.582
24.09.2004	12.833	10.549
29.09.2004	12.879	10.499
04.10.2004	12.912	10.490
08.10.2004	12.844	10.498
12.10.2004	19.390	15.283
16.10.2004	12.933	10.530
19.10.2004	19.469	15.845
22.10.2004	12.969	10.500
27.10.2004	12.945	10.540
01.11.2004	12.901	10.504
05.11.2004	12.960	10.486
10.11.2004	12.840	10.458
15.11.2004	12.904	10.494
<b>Summe</b>	<b>247.454</b>	<b>195.802</b>

## b) Breklumer Koog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke im Suchkreis [m]
07.09.2004	10.186	3.717
13.09.2004	21.528	8.730
16.09.2004	6.056	3.802
20.09.2004	17.255	10.437
24.09.2004	6.978	4.325
29.09.2004	8.619	5.459
04.10.2004	6.790	5.039
12.10.2004	13.475	9.955
15.10.2004	7.425	4.670
19.10.2004	13.382	9.499
22.10.2004	8.222	5.518
27.10.2004	6.759	4.779
01.11.2004	7.619	5.185
05.11.2004	7.174	4.801
10.11.2004	7.912	5.494
15.11.2004	7.961	5.511
19.11.2004	7.710	5.391
<b>Summe</b>	<b>165.051</b>	<b>102.312</b>

## c) Simonsberger Koog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke im Suchkreis [m]
06.09.2004	10.848	3.778
13.09.2004	5.296	6.674
17.09.2004	6.978	4.325
20.09.2004	13.751	7.410
24.09.2004	8.215	6.505
29.09.2004	7.338	5.467
04.10.2004	7.708	5.736
08.10.2004	8.292	5.895
12.10.2004	11.470	7.744
15.10.2004	8.318	6.516
19.10.2004	12.339	8.605
22.10.2004	8.144	6.266
27.10.2004	8.594	6.495
01.11.2004	8.371	6.369

05.11.2004	8.309	6.302
10.11.2004	8.113	6.333
16.11.2004	8.332	6.243
<b>Summe</b>	<b>150.416</b>	<b>106.663</b>

d) Reussenköge (Sterdebüller Koog, Luisenkoog, Sönke-Nissen-Koog).

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke im Suchkreis [m]
13.09.2004	13.442	4.857
20.09.2004	7.410	1.286
12.10.2004	23.642	14.555
19.10.2004	13.331	6.162
<b>Summe</b>	<b>57.825</b>	<b>26.860</b>

e) Uelvesbüller Koog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke im Suchkreis [m]
13.09.2004	6.676	2.663
20.09.2004	2.312	1.323
12.10.2004	8.372	5.552
19.10.2004	8.967	6.035
<b>Summe</b>	<b>26.327</b>	<b>15.573</b>

f) Bosbüll.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke im Suchkreis [m]
13.09.2004	6.042	3.636
20.09.2004	4.512	3.038
12.10.2004	4.465	3.128
19.10.2004	4.443	3.260
<b>Summe</b>	<b>19.462</b>	<b>13.062</b>

Tab 0 Forts.: Suchaufwand mit dem Suchmodus von 20 Meter Transektabstand.

g) Marienkoog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke in Suchkreisen [m]
-------	---------------------------	----------------------------------

---

13.09.2004	9.708	3.813
20.09.2004	4.333	2.020
12.10.2004	10.724	3.942
19.10.2004	9.106	5.126
<b>Summe</b>	<b>33.871</b>	<b>14.901</b>

## Streckenaufwand in Windparks mit 5 m Transektabstand

a) Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke in Suchkreisen [m]
16.10.2004	3.709	3.709
22.10.2004	4.720	4.409
27.10.2004	4.850	4.549
01.11.2004	4.845	4.442
05.11.2004	4.249	3.968
10.11.2004	4.468	4.059
15.11.2004	4.428	4.285
<b>Summe</b>	<b>31.269</b>	<b>29.421</b>

b) Breklumer Koog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke in Suchkreisen [m]
15.10.2004	4.313	3.886
22.10.2004	3.890	3.667
27.10.2004	4.798	4.564
01.11.2004	9.353	8.775
05.11.2004	8.499	7.764
10.11.2004	9.036	8.434
15.11.2004	9.255	8.764
19.11.2004	4.773	4.151
<b>Summe</b>	<b>53.917</b>	<b>50.005</b>

c) Simonsberger Koog.

Datum	gesamte Strecke [m]	Strecke in Suchkreisen [m]
15.11.2004	6.874	5.811
22.10.2004	7.162	6.484
27.10.2004	5.726	4.692
01.11.2004	6.524	5.819
05.11.2004	6.140	5.251
10.11.2004	6.046	5.058
16.11.2004	5.952	5.079
<b>Summe</b>	<b>44.424</b>	<b>38.194</b>



## Fotos von gefundenen Vögeln



Fund von zwei Teilen (20 m voneinander entfernt) eines frishtoten Berghänflings am 08.10 2004 im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog.



Fund einer Körperhälfte eines frishtoten Goldregenpfeifers am 16.10. 2004 im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog.



Fund einer immaturren Lachmöwe mit durchtrennten Halswirbeln am 29.09.2004 im Breklumer Koog.



Fund einer adulten Lachmöwe mit gebrochenen Flügel am 12.10.2004 im Marienkoog.



Fund einer Löffelente (Männchen) mit offenen Bruch im Schulterbereich am 15.10.2004 im Breklumer Koog.



Fund eines Sturmmöwenflügels am 06.09.2004 im Simonsberger Koog.

## Übersicht über die einzelnen Radarnächte

### 10./ 11.09.2004

#### Wetter

Sternenklare Nacht (0/8), erst gegen Morgen Schleierwolken, Wind aus SE (Seiten- bis Gegenwind), morgens aus S mit 4 Bft.

#### Zugintensität, -höhe, Arten:

Während anfangs (auch in Testphase; zwischen 18:30 - 20:30 Uhr UTC) noch viele Echos abgebildet wurden (möglicherweise Schlafplatzbewegungen und/oder Nahrungssuche auf Flächen, auf denen noch Landbearbeitung stattfand), nahm die Anzahl der Echos bereits ab 20:00 Uhr UTC doch deutlich ab. In der Nacht wurde dann kein Vogelzug festgestellt. Eine Zunahme der Vogeleschos trat dann erst wieder ab 3:00 Uhr UTC am 11.09.2004 auf, als es langsam dämmerte. Echos waren v.a. niedrig bis 400 m.

### 16./ 17.09.2004

#### Wetter:

Fast sternenklare Nacht (1/8), Gegenwind aus SW, morgens aus SSE mit 4 Bft.

#### Zugintensität, -höhe, Arten:

Während der ganzen Nacht (ab Beobachtungsbeginn bis zum Ende der Beobachtung) wurde Vogelzug auf dem Radar festgestellt.

Zunächst flach (v. a. < 200 m), ab 19:00 Uhr (UTC) zwischen 0 und 400 m ein Band und zwischen 900 und 1.300 m ein zweites Band, vereinzelt auch dazwischen (prüfen, ob wir Informationen über die Wolkenhöhe in dieser Nacht bekommen).

Es wurden keine Zugrufe gehört.

### 25./ 26.09.2004

#### Wetter

Stark bewölkt, im Laufe der Nacht abnehmend (3/8), zunächst recht starker Gegenwind aus SW mit 4 bis 5 Bft., gegen Morgen auf West drehend und auf 3 bis 4 Bft. abnehmend, anfangs Nieselregen, später z. T. heftige Regenschauer, zum Morgen hin aufklarend, ab 2:00 Uhr (UTC) niederschlagsfrei.

#### Zugintensität, -höhe, Arten:

Zwischen den Schauern relativ wenig Vögel, nicht nur niedrig ziehende Vögel, aber evtl. höherer Anteil niedrig ziehend (< 300 m), ab 4:40 Uhr morgens wird der Zug stärker und geht höher bis ca. 1.300 m mit regelmäßig auftretenden Echos.

Es wurden keine Zugrufe gehört.

### 29./ 30.09.2004

#### Wetter

Anfänglich leicht bewölkt und starker Seiten- bis Gegenwind aus W mit 5 Bft., im Laufe der Nacht abnehmend, Morgens Bodennebel bis ca. 3 m, bei 0/8 Bewölkung, nahezu windstill (1 Bft.).

Zugintensität, -höhe, Arten

Massenzug bei sternenklarer und mondheller Nacht,  
in allen Schichten bis 1.200 m, z. T. sogar bis 1.500 m Höhe,  
Nach erstem Eindruck relativ wenig Echos unter 200 m, ab  
5:00 Uhr UTC Vögel noch höher bis etwa 2.000 m Höhe, einige aber auch flach (keine Zugvögel?).

#### **08./ 09.10.2004**

Wetter

Gering bewölkt, schwacher Wind aus NE (Rückenwind), trocken.

Zugintensität und Zughöhe, Arten

In erster halben Stunde Vögel flach fliegend (Großteil < 200 m) und wenig Zug,

**Massenzug** setzt ein ab ca. 17:25 Uhr UTC, dann die ganze Nacht durch;

In Nachtmitt in allen Höhen etwa gleich stark **bis 1.500 m**. Masse zog > 200 m, morgens leicht abnehmend und eher etwas höher im Mittel (nach erster Einschätzung),

Wir haben einige Rufe von Rotdrosseln gehört.

#### **10./ 11.10.2004**

Wetter

Bewölkt (3/8), leichter Rückenwind aus NE mit 3 Bft., kein Niederschlag.

Zugintensität, -höhe, Arten

Bis 20:00 Uhr UTC mittlerer bis starker Zug v. a. bis 800 m;

Ab ca. 20:00 Uhr UTC Abnahme der Zugintensität, dann fast ausschließlich Zug in geringerer Höhe (< 300 m).

In dieser Nacht schienen anteilmäßig (am relativ schwachen Gesamtzug) mehr Vögel entgegengesetzt bzw. quer zum Radar zu fliegen als in den Nächten davor.

#### **13./ 14.10.2004**

Wetter

Schwache bis mäßige Bewölkung, anfänglich mittlerer dann zunehmend starker Seiten- bis Gegenwind aus ESE mit 3 bis 5 Bft., Temperatur fällt nachts auf 5°C ab,

Zugintensität, -höhe, Arten

Ausfall des Radargerätes, keine Aufzeichnung von 18:00 bis 19:40 UTC, Austausch des Gerätes, wenige Echos meist unter 300 m.

### **18./ 19.10.2004**

#### Wetter

Anfänglich stark bewölkt, dann sternklar, gegen Morgen wieder stärker bewölkt, mittelstarker Seiten- bis Rückenwind aus W mit 4 Bft., dann auf SW mit 3 Bft. drehend, zunächst Schauer und Nieselregen, ab ca. 23:00 Uhr UTC trocken.

#### Zugintensität, -höhe, Arten

Zwischen Schauern um 17:45 Uhr UTC Vogelzug bis ca. 800 m, leider keine Aufzeichnung in dieser Zeit, weil Laptop ausfiel, später trotz der Regenschauer mittlere bis starke Zugintensität bis 1.200 m, morgens tendenziell weniger aber höhere Echos.

Es wurden verschiedene Drosselarten gehört (v. a. Rotdrossel).

### **26./ 27.10.2004**

#### Wetter

Gering bewölkt (3/8), sehr helle Vollmondnacht, schwache Winde aus unterschiedlichen Richtungen mit 2 bis 3 Bft., trocken, zwischenzeitlich Bodennebel, Temperatur von 9,5°C auf ca. 5°C fallend.

#### Zugintensität, -höhe, Arten:

In der ersten Nachthälfte Massenzug bis etwa 1.300 m, in der zweiten Nachthälfte nahm die Intensität ab, die Betrachtung der Mondscheibe mit Hilfe eines Spektives war, wenn keine Wolken die Sicht verdeckten, gut möglich. Wir sahen bei einer Stichprobe von ca. 30 Vögeln nur Einzelvögel, keine dichten Schwärme vor der Mondscheibe (Hinweis darauf, dass ein Echo einem Einzelvogel entspricht). Es wurden Rotdrosseln, Feldlerchen und Rotkehlchen gehört.

### **03./ 04.11.2004**

#### Wetter

Während der Nacht trocken, gegen Morgen Nieselregen

#### Zugintensität, -höhe, Arten

Während der ganzen Nacht kaum Vogeleos mit den Radargeräten festgestellt. In der Dunkel- und Dämmerungsphase traten nur einzelne Echos (fast ausschließlich < 150 m) auf.

### Protokollbogen für Experimente zur Auffindrate(Werfer)

Datum

GPS Nr.

Veg. -höhe

Veg. -deckung

Werfer


Wurf [m]	Schritte	Art	Wpt-Nr.	Seite	Massband
0	25			rechts	
14	2			rechts	
2	28			links	
8	7			rechts	
1	14			links	
14	2			rechts	
5	20			rechts	
2	24			links	
4	23			rechts	
12	15			rechts	
9	17			rechts	
5	17			rechts	
2	20			links	
2	13			links	
6	8			links	
4	18			rechts	
13	15			rechts	
6	13			links	
10	19			links	
1	25			rechts	
0	11			links	
8	19			links	
11	14			rechts	
12	3			links	

.....

## Protokollbogen für Experimente zur Auffindrate (Sucher)

Datum: 


Ort: 


Vegetation: 


Sucher: 


GPS-ID 


WP	Art	Seite	ca. Entfernung	Bemerkung

....





## Ermittlung der Verweildauer

Nr.	Koordinaten (GPS), Waypoint	Art, Geschlecht etc.	Feldtyp	Datum Kontrolle, Bemerkungen						
				Ausgebracht						