

**Genehmigungsantrag nach
Bundesimmissionsschutzgesetz für den Bau und Betrieb
des Offshore-Windparks „ARCADIS Ost 1“**

Fachgutachten Vogelzug



Betrachtungszeitraum: Juli 2005 bis November 2008

15.03.2013

Geänderte Unterlage zum BImSchG-Antrag vom 20.12.2012

Bearbeiter:



Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH

Alte Dorfstr. 11

D-18184 Neu Broderstorf

Tel. +49 (0)38204 618-0

Fax +49 (0)38204 618-10

Email: info@ifaoe.de

www.ifaoe.de

Vorhabensträger:



KNK Wind GmbH

Kennedyallee 89

D-60596 Frankfurt am Main

Tel. +49 (0)69-631587-40

Fax +49 (0)69-631587-24

E-Mail: tilo.vogdt@knk-wind.de

www.arcadis-ost-1.de



Genehmigungsantrag nach BImSchG
OWP „ARCADIS Ost 1“
Fachgutachten Vogelzug



Der Bericht selbst und auch Auszüge aus diesem Bericht dürfen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Verfasser kopiert werden.

Projektleitung: Dr. T. Coppack

Bearbeiter:
Dr. H. Wendeln
Dr. J. Bellebaum
Dr. J. Kube
Dipl.-Biol. R. Neumann
Dr. A. Schulz

Neu Broderstorf, den 15.03.2013

Projektleiter

i.V. Dr. T. Coppack

Bearbeiter

i.A. Dr. A. Schulz

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Einleitung und Zielstellung	1
2	Gebietsbeschreibung	2
3	Material und Methode	3
3.1	Untersuchungsumfang	3
3.2	Radarbeobachtungen	6
3.2.1	Schiffsradargeräte	6
3.2.1.1	Spezifikation der verwendeten Geräte	6
3.2.1.2	Aufnahmemethoden	8
3.2.1.3	Auswertung der Radardaten	9
3.2.2	Abschätzung des Erfassungsgrades mittels Vertikalradar	10
3.2.3	Kranichzugerfassung mittels Zielfolgeradar „Superfledermaus“	14
3.3	Sichtbeobachtungen	19
3.3.1	Methode	19
3.3.2	Auswertung	22
3.4	Berechnungsgrundlagen	22
3.5	Methodendiskussion	26
4	Ergebnisse	28
4.1	Kranichzug	28
4.1.1	Kenntnisstand: Zugpopulationen und Zugrouten	28
4.1.2	Sichtbeobachtungen	29
4.1.2.1	Individuenzahlen	29
4.1.2.2	Saisonale Zugintensitäten	29
4.1.2.3	Tageszeitliche Zugintensitäten	33
4.1.2.4	Vergleich mit Arkonasee	35
4.1.3	Radarerfassungen	36
4.1.3.1	Flughöhen	36
4.1.3.2	Flugrichtungen /-geschwindigkeiten	44
4.1.3.3	Windeinfluss auf Zugintensität	47
4.1.3.4	Windeinfluss auf Flughöhen	50
4.1.4	Flugwege	54
4.2	Seevogel- und Kleinvogelzug	56
4.2.1	Sichtbeobachtungen	56
4.2.1.1	Artenspektrum	56

4.2.1.2	Zugintensität im Jahresverlauf	63
4.2.1.3	Zugintensität im Tagesverlauf	69
4.2.1.4	Höhenverteilung	71
4.2.1.5	Flugentfernung zur Küstenlinie	73
4.2.1.6	Wettereinflüsse	74
4.2.1.7	Vergleich Rügen mit Arkonasee	76
4.2.2	Radarerfassungen	81
4.2.2.1	Zugintensität im Jahresverlauf	81
4.2.2.2	Zugintensität im Tagesverlauf	83
4.2.2.3	Flughöhen	84
4.2.2.4	Vergleich des Zuggeschehens bei Rügen und bei FINO 2	90
4.2.2.5	Wettereinflüsse	95
5	Diskussion	101
5.1	Kranichzug	101
5.1.1	Zugwege und Flugverhalten	101
5.1.2	Saisonaler Zugverlauf	105
5.1.3	Flugrichtung /-geschwindigkeit	106
5.1.4	Flughöhen	108
5.2	Seevogel- und Kleinvogelzug	109
5.2.1	Sichtbeobachtungen	109
5.2.2	Radarbeobachtungen	111
6	Naturschutzfachliche Bewertung	118
6.1	Bewertungskriterien	118
6.2	Bewertungsstufen	119
6.3	Bewertung des Zuggeschehens für Zugtypen	119
6.3.1	Wasservögel	123
6.3.2	Landvögel: aktive Ruderflieger/Nachtzieher	125
6.3.3	Landvögel: aktive Ruderflieger/Tagzieher	127
6.3.4	Landvögel: Thermiksegler Greifvögel und Kraniche	127
6.4	Zusammenfassende Bewertung	131
7	Auswirkungsprognose	133
7.1	Nullvariante	133
7.2	Vorbelastungen	133
7.2.1	Anthropogen bedingte Mortalität bei Zugvögeln	133
7.2.1.1	Kollisionen	134
7.2.1.2	Jagd	134

	<p style="text-align: center;">Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug</p>	<p style="text-align: center;">Vorhabensträger: </p>
---	---	---

7.2.1.3	Fischerei	135
7.2.1.4	Ölverschmutzung	136
7.3	Baubedingte Auswirkungen	136
7.4	Anlagebedingte Auswirkungen	137
7.4.1	Reaktionen von Vögeln gegenüber Offshore-Windparks	137
7.4.2	Kollisionsgefahr	144
7.4.2.1	Generelle Kenntnisse zu Kollisionen an Windenergieanlagen und anthropogenen Strukturen	144
7.4.2.2	Kollisionen an Offshore-Windparks	145
7.4.2.3	Kollisionen am Windpark „Arcadis Ost 1“	147
7.4.3	Barrierewirkung	152
7.5	Betriebsbedingte Auswirkungen	155
7.6	Rückbaubedingte Auswirkungen	155
7.7	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen	155
8	Zusammenfassung	157
9	Literatur- und Quellenverzeichnis	160
10	Glossar	170
Anhang		172

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Übersicht über verwendete Methoden und Zeiträume (SFM – Einsatz des Zielfolgeradars „Superfledermaus“), grün: Untersuchungen durchgeführt, gelb: keine Daten.	4
Tab. 2: Erfassungstage und –stunden für verschiedene Methoden, Orte und Zeiträume.	5
Tab. 3: Spezifikationen und Einstellungen an den verwendeten Radargeräten, Typ <i>Bridgemaster</i> .	7
Tab. 4: Zusammenstellung der Korrekturschritte und Kurzbeschreibung der entsprechenden Verfahren zur Berechnung von Durchflussraten.	9
Tab. 5: Korrektur der Vogel-Erfassung in den unteren 100 m durch Vergleich von Vertikalradar mit Superfledermaus. Datenbasis: 67 Stundenwerte aus 2006/2008; Selektion: MTR > mittlere MTR im jeweiligen Jahr	11
Tab. 6: Beobachtungstage und Summen von Kranichindividuen /-trupps nach Beobachtungen und Radarerfassung.	29
Tab. 7: Mittlere Ankunfts- (Herbst) bzw. Abflugzeit (Frühjahr, UTC) von Kranichen auf Rügen (Berechnung durch zirkuläre Statistik, ORIANA 2.0).	34
Tab. 8: Entfernung der Kraniche zum Schiff auf der Arkonasee (in %) in Distanzkategorien jeweils östlich oder westlich der Ankerposition	36
Tab. 9: Mittlere Flughöhen [m] ± SD, Mediane und Extremwerte über Wasser und über Land im Vergleich von Herbst- und Frühjahrszug basierend auf Kranichtrupps (*=p<0,05, ns=nicht signifikant).	39
Tab. 10: Mittlere Flughöhen [m] ± SD, Mediane und Extremwerte von Individuen über Wasser und über Land im Vergleich von Herbst- und Frühjahrszug basierend auf Kranichindividuen.	39
Tab. 11: Anteil von unterhalb von 200 m fliegenden Kranichen über See und über Land bezogen auf Kranichtrupps und Kranichindividuen (n Trupps/Individuen: s. Tab. 9, Tab. 10).	39
Tab. 12: Mittlere Flughöhen [m] ± SD, Mediane und Extremwerte am 15.10.2005 während der Hell- und Dunkelphase (nur Tracks über See).	40
Tab. 13: Häufigkeit von „Kreisen“ über Wasser und über Land.	41
Tab. 14: Mittlere Flug-, Eigen- und Windrichtungen während des Herbst- und Frühjahrszuges.	44
Tab. 15: Mittlere Flug- und Eigengeschwindigkeiten [km*h ⁻¹] während des Frühjahrszuges 2006 und des Herbstzuges 2005/2008 über Land und über See. Vergleich der Jahreszeiten: T-Test, * p<0,05, *** p<0,005, ns=nicht signifikant.	46
Tab. 16: Verteilung der Tracks auf verschiedene Windsituationen, berechnet nach individuellen Flugwegen (Angaben in %).	50
Tab. 17: Mittlere Flughöhen ±SD (n) bei verschiedenen Windsituationen im direkten Vergleich der Herbstzugzeiten 2005 und 2008 (U-Test; Z=Koeffizient) sowie Rankkorrelation zwischen Flughöhe und TWC; ns=nicht signifikant, **0,005<p< 0,05; *** p<0,005.	51
Tab. 18: Anteil unterhalb von 200 bzw. 150 m fliegende Kraniche bei verschiedenen Windsituationen.	53
Tab. 19: Anteile von Trupps bzw. Individuen, deren extrapolierte Flugrichtung das Vorhabensgebiet bzw. die Insel Bornholm streifen.	56

Tab. 20:	Quantitativ erfasste Nicht-Singvögel am Standort Rügen/Nordstrand für das Frühjahr 2007 (FR 07), 2008 (FR 08) und Herbst 2005 (HE 05) und 2008 (HE 08). Stetigkeit: % Tage mit Sichtungen; % „richtige“ Richtung: Richtung entsprechend Jahreszeit (s. Methode).	57
Tab. 21:	Mittlere Zugraten (Vögel pro Stunde) für einzelne Monate des Herbst- und Frühjahrszuges für ausgewählte Arten (Beobachtungszeit; N Individuen s. Abb. 2, Tab. 20).	68
Tab. 22:	Korrelation zwischen der Zugrate der Trauerente und der Zugrate anderer Seevogelarten (Spearman Rang-Korrelation, * $p < 0,05$; ** $0,05 > p > 0,001$, *** $p < 0,001$).	69
Tab. 23:	Flughöhen (in %; 3 Höhenkategorien) verschiedener Arten im Herbst (H) und Frühjahr (F) des Jahres 2008. Die am häufigsten beobachtete Höhe ist hervorgehoben. * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, ns – nicht signifikant.	72
Tab. 24:	Entfernung von der Küstenlinie (in %; 4 Entfernungsklassen) verschiedener Arten im Herbst (H) und Frühjahr (F) des Jahres 2008. Die am häufigsten beobachtete Entfernung ist hervorgehoben. * $p < 0,05$, ** $0,05 > p > 0,001$, *** $p < 0,001$, ns – nicht signifikant.	74
Tab. 25:	Korrelation zwischen der Zugraten der Trauerente und verschiedenen Wetterparametern in den verschiedenen Jahreszeiten (TWC=Rückenwindkomponente; Spearman Rang-Korrelation, * $p < 0,05$; ** $0,05 > p > 0,001$, *** $p < 0,001$.)	75
Tab. 26:	Gegenüberstellung von Arten, die im Frühjahr bzw. Herbst ausschließlich von Land aus vor Rügen bzw. ausschließlich offshore in der Arkonasee beobachtet wurden (identische Beobachtungszeiträume; n=Anzahl Individuen).	77
Tab. 27:	Vergleich von beobachteten Individuen für ausgewählte Arten im Frühjahr 2008 zwischen der Küste vor Rügen (Anzahl Individuen) und der Arkonasee (dargestellt in % der Anzahl Ind. vor Rügen; für Kranich: Individuenzahlen).	78
Tab. 28:	Vergleich von beobachteten Individuen im Herbst 2008 zwischen der Küste vor Rügen (Anzahl Individuen) und der Arkonasee (dargestellt in % der Anzahl Ind. vor Rügen).	78
Tab. 29:	Kennwerte der Zugintensität (Mean Traffic Rate; MTR: $\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) für einzelne Monate und Zugperioden von 2005 bis 2008.	82
Tab. 30:	Höhenverteilung der Echos (%) dargestellt in 3 Höhenstufen im Vergleich von Frühjahrs- und Herbstzug in verschiedenen Untersuchungsjahren.	85
Tab. 31:	Kennwerte der Zugintensität (Mean Traffic Rate; MTR: $\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) im Vergleich von FINO und Rügen für identischen Zeitspannen im Frühjahr und Herbst 2008. Paarweiser Vergleich nach Wilcoxon: ns=nicht signifikant; *** $p < 0,001$.	91
Tab. 32:	Korrelation zwischen Zugintensität ($\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) und verschiedenen Wetterparametern an verschiedenen Orten und Jahreszeiten (r: Korrelationskoeffizient nach Spearman; p: Signifikanzwahrscheinlichkeit).	96
Tab. 33:	Lineare Regression mit der Zugrate (logarithmisch transformiert, ln) als abhängige Variable und verschiedenen Wetterparametern als Einflussfaktoren.	96
Tab. 34:	Anzahl von Kranichen an verschiedenen Rastplätzen in Schweden/Finnland sowie aus der Rügen-Bock-Region (Mecklenburg-Vorpommern). Zahlen: Maximale Anzahlen an Rastplätzen plus zwischenzeitlich abziehende Kraniche (für Schweden/Finnland). k.D.=keine Daten	103
Tab. 35:	Anzahl beobachteter Kraniche an verschiedenen Stationen bekannter Zugrouten. Vögel von Bornholm, Christiansø und Ottenby gleich, daher „N, gesamt“ als höchste Zahl. k.D.= keine Daten; Bo=Bornholm; Ot=Ottenby.	103

Tab. 36:	Zugrichtungen verschiedener nachts ziehender Vogelarten (bzw. -gruppen) in Südschweden im Herbst. Codierungen: Methode: A: Beringung/Wiederfund, B: Infrarot-Kamera; C: Radiotelemetrie; Quelle: 1) SANDBERG & ÅKESSON 1999, 2) ZEHNDER et al. 2001, 3) ÅKESSON et al. 2001, 4) ÅKESSON 1999.	112
Tab. 37:	Trends der Anzahlen ziehender Vögel nach Sichtbeobachtungen in Falsterbo für die Jahre 1993 bis 2008. P= Pearson's Rangkorrelationskoeffizient. ***=p<0,001, **=p<0,01, *=p<0,05, n.s.=nicht signifikant. Quelle: http://www.skof.se/fbo/index_e.html .	120
Tab. 38:	Vergleich der Anzahlen beobachteter Vögel während des Herbstzuges vor Rügen (Rue) und bei Falsterbo (Fbo) sowie das Verhältnis von Fbo zu Rue. Quelle Fbo: http://www.skof.se/fbo/index_e.html	121
Tab. 39:	Vergleich des Greifvogel-Herbstzuges in Falsterbo 2007 und 2008 mit dem Frühjahrszug 2007 und 2008 auf Rügen. Anzahlen beobachteter Individuen (hellgrau unterlegt: eigene Beobachtungen).	128
Tab. 40:	Vergleich des Greifvogel-Herbstzuges in Falsterbo 2007 und 2008 mit dem Herbstzug 2008 auf Rügen. Anzahlen beobachteter Individuen (hellgrau unterlegt: eigene Beobachtungen).	128
Tab. 41:	Vergleich des Greifvogelzuges (Anzahl Individuen) auf See am Vorhabensgebiet und auf Rügen für den Frühjahrs- und Herbstzug 2008 (synchrone Beobachtungszeiten).	129
Tab. 42:	Anteile des Kranichzuges, der auf Kollisionskurs mit geplantem Windpark liegt.	130
Tab. 43:	Bewertungsmatrix zur Bestandsbewertung der Artengruppe Zugvögel.	132
Tab. 44:	Bestandsschätzungen für Zugvögel verschiedenen Flugtyps im südlichen Ostseeraum (Angaben gelten nur für die Herbstsaison; nach BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004 und SKOV et al. 1998).	133
Tab. 45:	Schätzung der jährlichen, anthropogen bedingten Vogelverluste in Skandinavien/im Ostseeraum (verändert nach KUBE 2002).	133
Tab. 46:	Mittlere jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel des Ostseeraumes.	134
Tab. 47:	Offizielle jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel im Mittelmeerraum (ohne Italien).	135
Tab. 48:	Anteile an Zugpopulation und Anzahl kollidierter Vögel je Anlage und Jahr bei unterschiedlichen Annahmen von Kollisionen im Park pro Jahr.	149
Tab. 49:	Koordinaten der Standorte für Sichtbeobachtungen und Radaruntersuchungen (vgl. Abb. 1)	172
Tab. 50:	Ausfahrttage in der Arkonasee zur Kranichzugerfassung	172
Tab. 51:	Anpassungsfunktionen für Distanzkorrektur.	172
Tab. 52:	Detektionsparameter (\pm SE) für die Anpassungsfunktionen der beiden Bridgemaster-Modelle.	173
Tab. 53:	Zuordnung der Tracknummer der Flughöhen aus Abb. 20 zu einzelnen Tagen (nr=fortlaufende Nummer in Abb. 20).	173
Tab. 54:	Liste beobachteter Singvögel im Frühjahr und Herbst 2008 am Beobachtungspunkt Nordstrand (nur qualitativ). Die Variable „Wert“ kennzeichnet Arten, von denen in Schweden >1.000 BP vorkommen (nur diese fließen in der Summe Artenzahl ein).	177
Tab. 55:	Anzahl beobachteter Nicht-Singvögel während synchroner Beobachtungszeiten auf der Arkonasee und auf Rügen (Entfernungen bis 5 km berücksichtigt); Frühjahr 2008: 16 Tage; Herbst 2008: 19 Tage.	178

Tab. 56:	Korrelationskoeffizient (Spearman's Rank Korrelation, R_s) zwischen Beringungszahlen (saisonale Summen) und Jahr in 37 Arten zwischen 1980-1999. FBO=Beringung in Falsterbo (Leuchtturm-Garten ohne mit FR=Flommen gekennzeichnete Arten). OBY=Beringung in Ottenby. PTX=Punkt-Zählungen im „Swedish Breeding Bird Census“. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$. aus: KARLSSON et al. 2005.	181
Tab. 57:	Anzahl beobachteter Singvögel auf der Arkonasee im Frühjahr 2008 (16 Tage) und Herbst 2008 (19 Tage).	182
Tab. 58:	Schutzkategorien der beobachteten Arten (nach BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004).	182
Tab. 59:	Kollisionsraten an Leuchttürmen in Dänemark (nach HANSEN et al. 1954) sowie Zugtypen.	187

Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abb. 1:	Lage des Vorhabensgebietes sowie Standorte für Radarerfassungen (Lancken und -FINO 2) und Sichtbeobachtungen (Nordstrand und vom ankernden Schiff aus sowie Falsterbo).	2
Abb. 2:	Beobachtungsaufwand für Sichtbeobachtungen. Schwarze Balken: Stunden je Tag; Rote Linie: Sichtweite (Waagerechte rote Linie: Sichtweite=5 km).	5
Abb. 3:	Vertikal rotierendes Schiffsradargerät auf Rügen (Lancken, Halbinsel Wittow).	7
Abb. 4:	Radarschirm im Vertikalbetrieb mit Vogeleos (gelbe Punkte). Die blauen Streifen hinter den Punkten markieren die Echos aus zurückliegenden Antennenumläufen. Die rote Umrandung kennzeichnet die automatische Erkennung der Echos im Auswertemodus des Erfassungsprogramms.	8
Abb. 5:	Zugraten (MTR; Linien) nach Bridgemaster-Radar (rot, aufsteigend sortiert) und Korrektur nach Superfledermaus (blau) sowie Anteil Echos unterhalb von 50 bzw. 100 m Flughöhe (grüne/graue Flächen); Pfeile/Ellipse kennzeichnen Stunden mit geringem Anteil von Vögeln unterhalb von 50 m.	11
Abb. 6:	Höhenverteilung als Mittel über 67 Stundenwerte (Datenbasis: Tab. 5, Abb. 5) im Vergleich von „ohne und mit Korrektur“ der Erfassbarkeit unterhalb von 100 m.	12
Abb. 7:	Zugraten auf Stundenbasis gemessen mit Superfledermaus mit Anteilen unterhalb/über 1.400 m als absolute Werte (oben) und prozentuale Anteile (unten).	13
Abb. 8:	Radarstandort auf Rügen. Sicht: Richtung Nord.	14
Abb. 9:	Beispiel eines Windprofils vom 15.10.2005; Start um 16:22 Uhr UTC.	16
Abb. 10:	Bedienungselemente des Radars und der Datenerfassungsanlage.	17
Abb. 11:	Schematische Darstellung eines Kranichtracks (Screenshot des Programms CORAL). Zu erkennen sind die Umriss der Halbinsel Wittow (schwarze Linie), den Flugweg eines Kranichtrupps (pinke Linie) sowie der Höheverlauf (blaue Linien, die senkrechten Linien geben 20 s Intervalle an).	18
Abb. 12:	Sichtbeobachtungen von der Klippe „Nordstrand“ westlich von Kap Arkona, Rügen.	20
Abb. 13:	Korrelation zwischen Zugraten bei FINO 2 mit Zugraten auf Rügen für die Landseite (linke Grafiken) und Seeseite (rechte Grafiken) im Frühjahr (oben) und Herbst (unten). Die schwarze Linie kennzeichnet das 1:1-Verhältnis, während die rote Linie für die Herbstdaten eine lineare Regressionsgrade darstellt.	23

Abb. 14:	Vergleich von Höhenverteilungen über Land und über See im Frühjahr und Herbst 2008.	24
Abb. 15:	Box-Plot: Darstellung der Kennwerte.	26
Abb. 16:	Saisonale Phänologie des Kranichzuges in den verschiedenen Untersuchungszeiten.	31
Abb. 17:	Truppgrößen (oben) und Verteilung der Individuenzahlen auf Truppgrößen (unten) in den verschiedenen Untersuchungszeiten.	32
Abb. 18:	Tageszeitliche Phänologie des Kranichzuges bezogen auf die Zeit des Sonnenuntergangs- (rot,) bzw. des Sonnenaufgangs (grün) für die verschiedenen Zeiträume (z. B. 0=0-1 Std. ; 1=1-2 Std. nach Sonnenaufgang). n= Summe der Individuen	34
Abb. 19:	Zugphänologie (Anzahl Kraniche) an synchronen Tagen auf der Arkonasee und an den Landstandorten (rot: Trennung der Erfassungsperioden).	35
Abb. 20:	Flughöhen der einzelnen gemessenen Kranichtrupps (grüne Linie: mittlere Zughöhe über gesamte Saison; rote Linie: 150 m-Höhenlinie entsprechend Höhe von Windrädern). Die Zuordnung der fortlaufenden Nummern zu einzelnen Tagen ist im Anhang in Tab. 53 zu sehen.	37
Abb. 21:	Flughöhen (in %) von Kranichtrupps (links) und –individuen (rechts) für den Frühjahrs- und Herbstzug.	38
Abb. 22:	Flughöhen über See (in %) von Kranichtrupps am Tag (links) und in der Nacht (rechts) am 15.10.2005.	40
Abb. 23:	Beispiel-Tracks mit kreisenden Flugbewegungen über dem Wasser (Herbst 2005).	41
Abb. 24:	Höhenänderungen beim „Geradeausfliegen“ (Tracks ohne Kreisen) und in Thermikschleifen über Land und über See (Mann-Whitney-U-Test: ns=nicht signifikant).	42
Abb. 25:	Zusammenhang zwischen Höhengewinn und Verweildauer in Thermikschleifen (nur komplett gemessene Thermikschleifen; rot: 2005, grün: 2006, blau: 2008).	43
Abb. 26:	Höhenänderungen beim „Geradeausfliegen“ im Vergleich von Tracks ohne Kreisen und Tracks mit Kreisen (KW-Test: ns=nicht signifikant, *** p<0,001).	44
Abb. 27:	Flugrichtungen (links), Windrichtungen (Mitte) und Eigenrichtungen (rechts) von Kranichtrupps im Herbst 2005/2008 und Frühjahr 2006 (Linie: mittlere Richtung mit 95% Konfidenzintervall, N Tracks: s. Tab. 7).	45
Abb. 28:	Fluggeschwindigkeit (oben) und Eigengeschwindigkeit (unten) über See während des Frühjahrszuges 2006 und des Herbstzuges 2005/2008.	47
Abb. 29:	Einfluss der Rückenwindkomponente (negativ=Gegenwind, positiv=Rückenwind) sowie Windrichtung /-stärke, Sichtweite und Temperatur auf das Zugaufkommen des Kranichs. (X: keine Beobachtungen/Messungen wegen Regen; Daten von Wetterstation DWD Kap Arkona).	49
Abb. 30:	Flughöhen im Vergleich von Herbst- und Frühjahrszug bei Gegenwind, „neutralem“ und Rückenwind (nur Tracks über See). Mann-Whitney-U-Test: + p<0.05, *** p<0,005.	51
Abb. 31:	Flughöhen in Abhängigkeit von Windsituation (nur Tracks über See) dargestellt in Bezug auf Kranichtrupps (oben) und Kranichindividuen (unten).	52
Abb. 32:	Horizontale Entfernung der Kranichtracks vom Radarstandort (x-Achse=0) in West-Ost-Richtung (Datenselektion: s. Text).	55

Abb. 33:	Zugaufkommen verschiedener Wasservögel (bzw. –gruppen) als Monatssummen über die Jahre 2005 (* nicht ganztags beobachtet; v.a. Trauerentenzug-Erfassung vor Sonnenuntergang), 2007 und 2008.	64
Abb. 34:	Zugphänologien (MTR= migration traffic rate, Vögel *h ⁻¹) ausgewählter Arten auf Tagebasis.	66
Abb. 35:	Tageszeitliche Zugphänologie für ausgewählte Arten im Frühjahr 2007 (schwarz) und 2008 (rot). Angabe in normierter Zeit (SA: 6:00; SU: 18:00 Uhr, s. Methode). Klammern: Anzahl Individuen 2007/2008.	69
Abb. 36:	Tageszeitliche Zugphänologie für ausgewählte Arten im Herbst 2008 (nur für Trauerente auch 2005, schwarz). Angabe in normierter Zeit (SA: 6:00; SU: 18:00 Uhr, s. Methode). Klammern: Anzahl Individuen 2008 (bzw. 2008/2005).	70
Abb. 37:	Flughöhenverteilung verschiedener Artengruppen nach Sichtbeobachtungen im Frühjahr und Herbst. In Klammern: Anzahl Trupps im Frühjahr/Herbst; Chi-Quadrat-Test: *** p<0,001, ns: nicht signifikant.	71
Abb. 38:	Flugdistanzen als Entfernung zur Küstenlinie für verschiedene Artengruppen im Frühjahr und Herbst (alle Erfassungsjahre). In Klammern: Anzahl Trupps im Frühjahr/Herbst; Chi-Quadrat-Test: *** p<0,001.	73
Abb. 39:	Zugraten der Trauerente (Balken, MTR= Vögel pro Stunde) in den verschiedenen Jahren und Jahreszeiten sowie die Rückenwindkomponente (TWC, rote Linie; pos. Werte=Rückenwind; neg. Werte=Gegenwind). Das Datum entspricht der Darstellung in Abb. 34.	75
Abb. 40:	Flughöhen verschiedener Arten im Frühjahr 2008 im Vergleich von Gegenwind (TWC < -4) und Rückenwind (TWC > 4). In Klammern: Anzahl Trupps bei Gegenwind/Rückenwind; Chi-Quadrat-Test, *** p<0,001.	76
Abb. 41:	Anzahl Individuen pro Stunde im Vergleich von Arkonasee und vor Rügen (zeitlich synchrone Stundenwerte: Stunden mit mindestens einer Sichtung an einem Ort) für verschiedene Arten im Frühjahr (links) und Herbst 2008 (rechts). Linie: 1:1-Verhältnis.	80
Abb. 42:	Mittlere nächtliche Zugintensität (Echos*h ⁻¹ *km ⁻¹) in den vier Untersuchungsjahren. Rot: Tage ohne Messungen.	81
Abb. 43:	Kumulative Zugraten für Nächte mit abnehmender MTR (in %) für den Frühjahrs- und Herbstzug 2008.	83
Abb. 44:	Mittlere Zugintensität (MTR=migration traffic rate) im Frühjahr (oben) und Herbst (unten) im Bezug zum Sonnenuntergang (1= Stunde 0 bis 1 nach Sonnenuntergang). Angegeben sind Mittelwert für die jeweils fünf stärksten Zugnächte je Saison und Jahr.	84
Abb. 45:	Prozentuale Verteilung der Zugraten auf Höhenstufen als Mittel über die Saison für den Frühjahrs- und Herbstzug in verschiedenen Jahre.	85
Abb. 46:	Summe aller je Stunde und Kilometer registrierten Vogeleos für einzelne Höhenklassen über die gesamte Frühjahrs- und Herbstsaison 2008.	86
Abb. 47:	Höhenverteilung in den jeweils 5 stärksten Zugnächten im Frühjahr (oberen zwei Reihen) und Herbst (untere Reihen) in verschiedenen Jahren dargestellt als reale Zugraten (MTR; Datum entspricht dem Beginn der Nacht). Zahlen: Gesamt MTR je Nacht; in Klammer: % unterhalb von 200 m).	87
Abb. 48:	Mittleren Flughöhen im Verlaufe der Nacht (Bezug auf Sonnenuntergang: 1=0-1 Stunde nach Sonnenuntergang) für das Jahr 2008.	88

Abb. 49:	Flughöhen im Verlaufe von vier Nächten (oben: Herbst 2008; unten: Frühjahr 2008) jeweils bezogen auf Stunden nach Sonnenuntergang (angegeben sind reale MTR; Uhrzeit:17=17:00-17:59).	89
Abb. 50:	Vergleich von nächtlichen Zugintensitäten zwischen Rügen und FINO im Frühjahr und Herbst 2008.	90
Abb. 51:	Korrelation von Zugraten auf Rügen und FINO im Herbst 2008.	91
Abb. 52:	Zugraten (Skalen für jeweilige Nacht optimiert) im Verlaufe von einzelnen Nächten auf der Basis von 30 Minuten Intervallen im Vergleich der Standorte FINO und Rügen für den Frühjahrszug (oberen 6 Grafiken) und den Herbstzug (untere 6 Grafiken); in Klammern: Gesamt-MTR je Nacht für die Standorte FINO/Rügen).	93
Abb. 53:	Zugraten (in % MTR) in verschiedenen Höhenschichten in einzelnen Nächten im Vergleich der Standorte FINO und Rügen für den Frühjahrszug (oben) und den Herbstzug (unten), Die Auswahl der Tage und die Gesamt-MTR je Nacht entspricht den Angaben in Abb. 52.	95
Abb. 54:	Zugraten im Verlauf der Messperioden (schwarze Balken) und TWC (rote Linie) und Regenereignisse (blaue Balken).	98
Abb. 55:	Abhängigkeit der Zugintensität von der Rückenwindkomponente (TWC) sowie Jacobs-Index während des Frühjahrs- (oben) und des Herbstzuges (unten) 2008 .Positive Werte: Rückenwind, negative Werte: Gegenwind.	99
Abb. 56:	Verteilung der Flughöhen in den verschiedenen Zugperioden von 2005 bis 2008 bei Gegenwind („Gegen“, TWC < -4), Rückenwind („Rücken“, TWC > +4) und neutralem Wind (Neutral; TWC zwischen Gegen- und Rückenwind).	100
Abb. 57:	Darstellung der Haupt-Kranichrastplätze, Orte von Kranichzugbeobachtungen sowie Standort des Radars und des Eignungsgebiet.	102
Abb. 58:	Verlauf des Frühjahrszuges von den Rastplätzen der Rügen-Bock-Region in Richtung Schweden (nach Radaruntersuchungen; aus ALERSTAM 1990).	107
Abb. 59:	Zusammenhang zwischen Flughöhen (links) und Windprofilen (rechts) in ausgewählten Nächten (Datum= Beginn der Nacht). Pfeile kennzeichnen die entsprechenden Höhenzuordnungen (d. h. unterschiedliche Höhen-Skalen).	117
Abb. 60:	Prozente der Vogelgruppen, die nach Radarmessungen Reaktionen auf Windenergieanlagen im Windpark Nysted zeigten (oben: Frühjahr, unten Herbst; aus: BLEW et al. 2008).	139
Abb. 61:	Radarechos von Wasservögeln am Offshore-Windpark Nysted (nach: DESHOLM & KAHLERT 2005).	140
Abb. 62:	Darstellung aller gemessenen Flugwege im Herbst 2005.	176
Abb. 63:	Darstellung aller gemessenen Flugwege im Frühjahr 2006.	176
Abb. 64:	Darstellung aller gemessenen Flugwege im Herbst 2008.	177

1 Einleitung und Zielstellung

Die ARCADIS Deutschland GmbH führt im Auftrag der KNK Wind GmbH die Planung und das Genehmigungsverfahren für den in der südlichen Ostsee (Arkonasee) nördlich der Halbinsel Wittow auf Rügen gelegenen Offshore-Windpark (OWP) „Arcadis Ost 1“ mit 58 Offshore-Windenergieanlagen (OWEA). Hierzu ist es u. a. erforderlich, eine Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) zu erstellen, in deren Rahmen eine umwelt- und naturschutzfachliche Begutachtung durchzuführen ist, die eine vollständige Berücksichtigung der genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen gewährleistet.

Das Fachgutachten „Vogelzug“ ist Bestandteil der UVS und dient der Beschreibung des *status quo* im Seegebiet vor Rügen. Bei den Untersuchungen standen neben der Erfassung des beteiligten Artenspektrums vor allem saisonale und tageszeitliche Variationen von Zugintensitäten und Flughöhen verschiedener Artengruppen im Vordergrund. Mit Hilfe eines Zielfolgeradars konnten konkrete Messungen des Flugverhaltens von Kranichen durchgeführt werden. Die Untersuchungen erstreckten sich von Juli 2005 bis November 2008. Basierend auf den Ergebnissen und der Bewertung des Zugeschehens wird eine Auswirkungsprognose für das geplante Vorhaben bezüglich der Zugvögel erstellt. Die Auswirkungen betreffen das Kollisionsrisiko und Barrierewirkungen.

Art und Umfang der Untersuchungen folgen den Vorgaben des Standarduntersuchungskonzeptes StUK III (BSH 2007). Aufgrund der hohen Relevanz des Kranichzuges wurden über diese Vorgaben hinaus weitergehende Untersuchungen zum Kranichzug mit Hilfe eines Zielfolgeradars durchgeführt.

Die Landesplanerische Beurteilung (LPB) zum Raumordnungsverfahren (ROV) für den Offshore-Windpark „ARCADIS Ost 1“ liegt mit Datum vom 04.02.2013 vor. Die Inhalte der Stellungnahmen zum ROV und die LPB werden nicht in den Fachgutachten, sondern ausschließlich in den Umweltunterlagen (UVS, LBP, FFH-VU, AFB) berücksichtigt.

2 Gebietsbeschreibung

Das Vorhabensgebiet für den geplanten Windpark „Arcadis Ost 1“ liegt in der Arkonasee ca. 19 km nordöstlich von Kap Arkona an der Grenze der 12 sm-Zone (Abb. 1). Die Arkonasee ist ein vergleichsweise flaches Becken mit einer Maximaltiefe von 55 m, das sich östlich an die Beltsee anschließt. Die Abbildung kennzeichnet neben der Lage und der Ausdehnung des beantragten Parks auch die Orte, an denen Beobachtungen bzw. Radaruntersuchungen durchgeführt wurden. Die Beobachtungen in Falsterbo wurden als Referenzdaten verwendet (d. h. keine eigenen Beobachtungen).

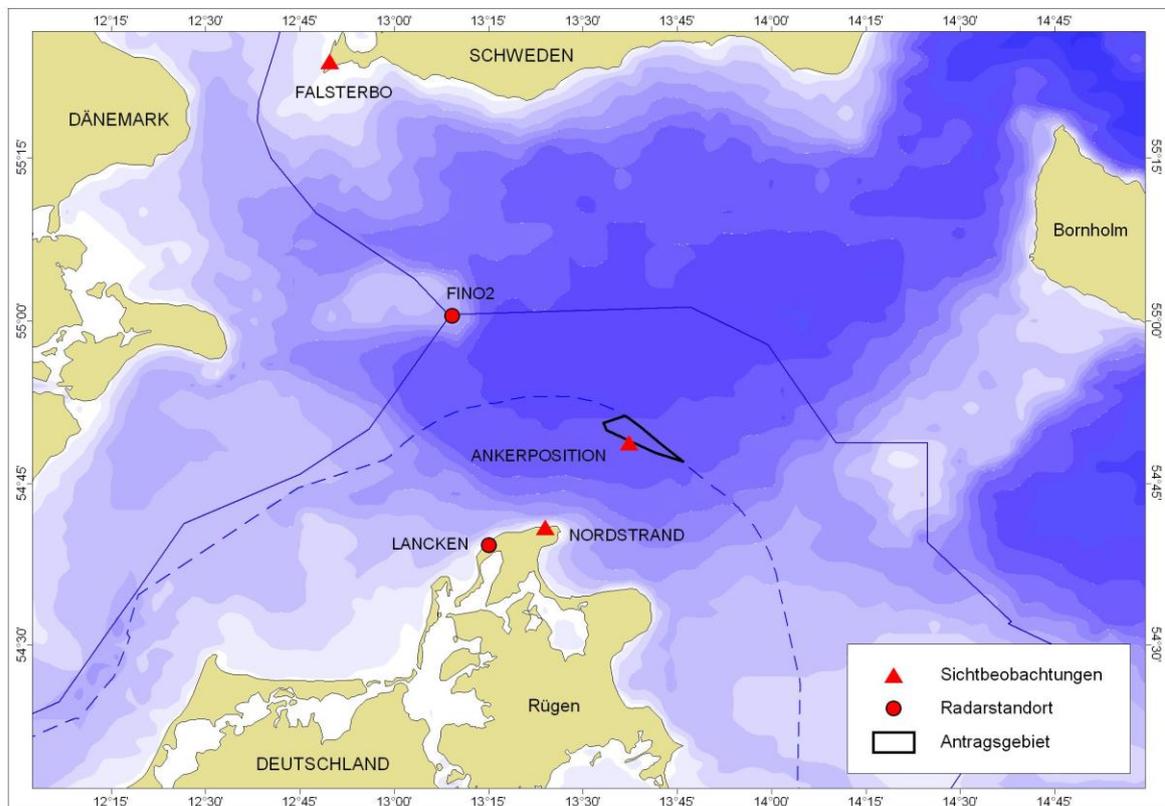


Abb. 1: Lage des Vorhabensgebietes sowie Standorte für Radarerfassungen (LANCKEN und FINO 2) und Sichtbeobachtungen (Nordstrand und vom ankernden Schiff aus sowie Falsterbo).

3 Material und Methode

3.1 Untersuchungsumfang

Die Untersuchungen erstreckten sich vom Herbst 2005 bis zum Herbst 2008. In verschiedenen Zugperioden wurde an verschiedenen Orten (s. Abb. 1, Koordinaten Tab. 49) mit unterschiedlichen Methoden der Vogelzug erfasst (s. Tab. 1). Zu den Methoden zählten:

- 1) Sichtbeobachtungen des Seevogelzuges von Land aus. Standorte (1) bei Lancken auf einem ehemaligen NVA-Gelände und (2) ca. 2 km westlich von Kap Arkona, Abb. 1. Die Ankerposition des Schiffes im Arkonabecken lag an der südlichen Spitze des Vorhabensgebietes (Abb. 1). Grundsätzlich wurde ganztags von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang beobachtet. Ausfälle und Einschränkungen ergaben sich vor allem durch schlechte Sichtverhältnisse bzw. Anfahrtszeiten bei Schiffsausfahrten. Die täglichen Beobachtungszeiten und die Beobachtungsstunden je Saison sind in Abb. 2 und Tab. 1 dargestellt. Die Darstellung in Abb. 2 enthält ebenfalls für die Zeiten mit kontinuierlichen Beobachtungen die Sichtweiten (Daten vom Deutschen Wetterdienst, Station Arkona). An relativ wenigen Tagen lag die mittlere Sichtweite unterhalb von 5 km, dies hatte dann reduzierte Beobachtungsstunden bzw. einen Ausfall der Beobachtungen zur Folge.
- 2) Erfassung des nächtlichen Vogelzuges mittels vertikal rotierendem Schiffsradar an Land und auf der Forschungsplattform FINO 2. Radardaten wurden für den Nachtzug von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang ausgewertet. Am Tage geben Radargeräte keine quantitativen Informationen über das Zugaufkommen, da am Tage oft in großen Trupps geflogen wird und eine Zuordnung von Individuen nicht möglich ist (z. B. kilometerlange Schwärme von Finken in Höhen von 800 bis 1.000 m; eigene Beobachtungen). Nachts fliegen Vögel dagegen vorwiegend einzeln, d. h. ein Echo = ein Vogel). Bis auf angegebene Ausfallzeiten (v. a. auf FINO 2 wg. technischer und logistischer Probleme) wurde in der gesamten Zeitspanne permanent gemessen (Zeitspannen und Tages-/Stundensummen in Tab. 1 und Tab. 2 angegeben). Im Herbst 2007 lief das Radargerät auf Rügen nur in der ersten Nachthälfte, da parallel ein Pencil Beam Radar betrieben wurde und gegenseitige Interferenzen auftraten. Daher mussten beide Radargeräte manuell alternierend geschaltet werden, was nur bis Mitternacht geschah.
- 3) Sichtbeobachtungen des Kranichzuges
- 4) Erfassung des Kranichzuges mittels Zielfolgeradar „Superfledermaus“

Tab. 1: Übersicht über verwendete Methoden und Zeiträume (SFM – Einsatz des Zielfolgeradars „Superfledermaus“), grün: Untersuchungen durchgeführt, gelb: keine Daten.

	2005		2006		2007		2008	
	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	
Kranichzug (SFM=Superfledermaus; gesonderter Bericht)	SFM 19.9- 20.10.	SFM 14.3.- 9.4.				5.9.-15.10.	8.3.-15.4.	SFM 13.9.- 15.10.
Vertikalradar, Rügen	23.9.- 22.10.	13.3.- 11.4.				13.9.- 23.10.	20.2.- 27.5.	2.8.- 10.11.
Seevogelbeobachtungen, Rügen	19.7.- 22.10. ²⁾			5.3.-5.5.			18.2.- 27.5.	19.7.- 27.10.
Seevogelbeobachtungen, See							11.3.- 28.4. ³⁾	23.7.- 11.9. ³⁾
Vertikalradar, FINO 2						21.10.- 31.12. ⁴⁾	1.1.-4.4. ⁴⁾	7.6.- 26.11. ¹⁾

- 1) nicht vom 3.9. bis 26.9.2008
2) nicht durchgehend
3) mehrere Ausfahrten
4) inkl. „Winter“ von 15.11.07 bis 15.02.07

Die Zuordnung der Zugperioden erfolgte nach folgenden zeitlichen Vorgaben:

- Frühjahr: 16.02. bis 30.05.
- Sommer: 01.06. bis 31.07.
- Herbst: 01.08. bis 15.11.
- Winter: 16.11. bis 15.02.

Bei einzelnen (v. a. sehr früh/spät ziehenden) Arten überlappen die Zugphänologien die saisonalen Aufteilungen, für die meisten Arten liegen diese Perioden jedoch innerhalb der saisonalen Zugmuster.

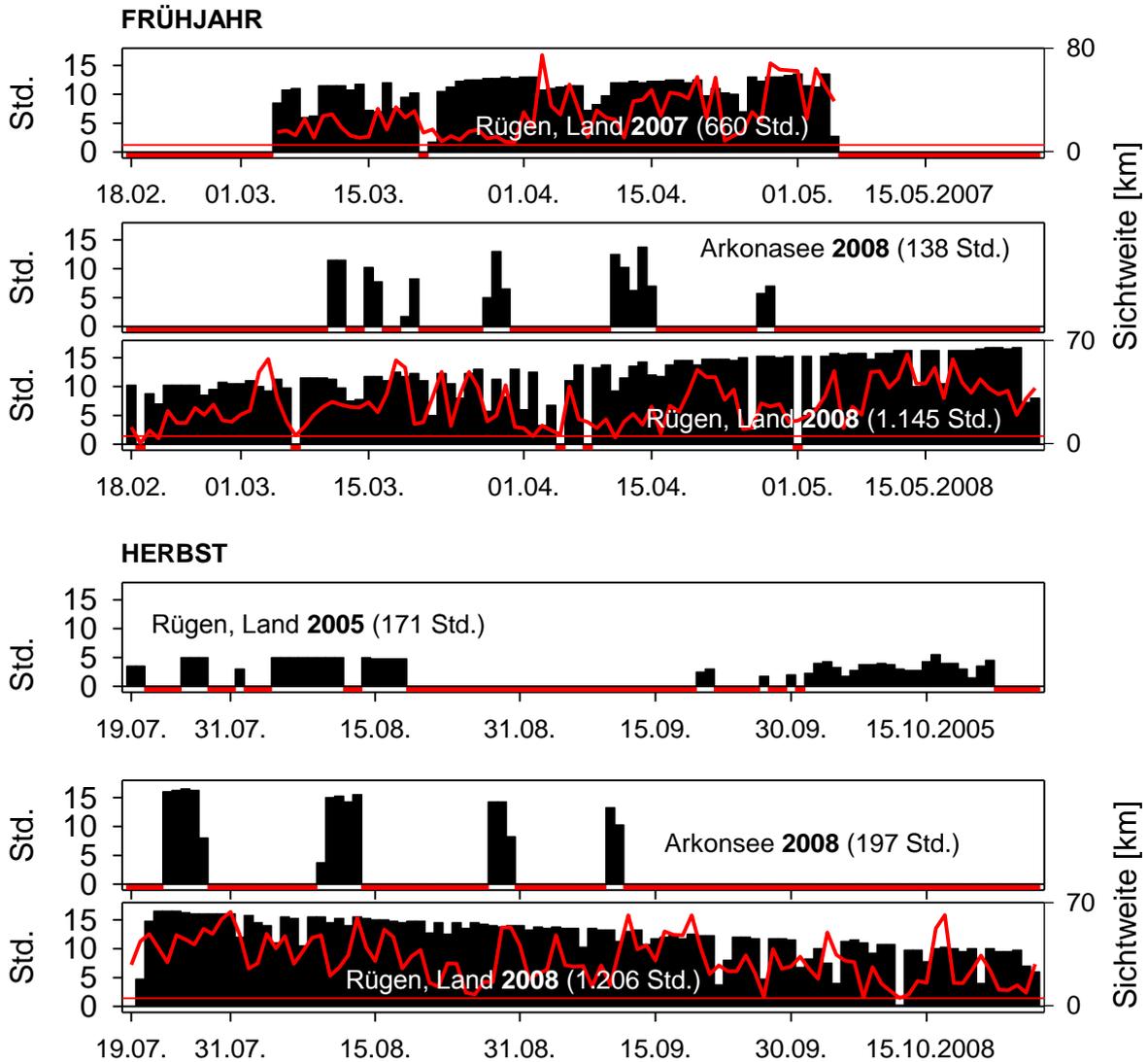


Abb. 2: Beobachtungsaufwand für Sichtbeobachtungen. Schwarze Balken: Stunden je Tag; Rote Linie: Sichtweite (Waagerechte rote Linie: Sichtweite=5 km).

Tab. 2: Erfassungstage und -stunden für verschiedene Methoden, Orte und Zeiträume.

	Vertikalradar				Sichtbeobachtungen			
	Rügen		FINO 2		Rügen		Arkonasee	
	Tage	Std.	Tage	Std.	Tage	Std.	Tage	Std.
Herbst 2005	30	338			44	171		
Frühjahr 2006	30	293						
Frühjahr 2007					61	660		
Herbst 2007	41	150	26	373				
Frühjahr 2008	97	965	48	589	96	1.145	16	138
Herbst 2008	101	1.109	94	1.204	101	1.206	15	197
SUMME	299	2.855	168	2.166	302	3.182	31	335

Die genauen Zeiten und Beobachtungsstunden des Kranichzuges sind in Tab. 6 angegeben. Während der Herbstuntersuchungen wurden zeitgleich zu den Beobachtungen bei Lancken am Radar auch an dem Standort bei Arkona Beobachtungen durchgeführt, um auch weiter östlich ankommende Vögel zahlenmäßig mit zu erfassen (s. Abb. 1). Durch einen Abgleich von Zeit, Truppgröße und Ankunftsort (km Entfernung zum Beobachtungsort) war ein relativ sicheres Ansprechen von Doppelzählungen möglich, so dass eine Gesamtsumme von ziehenden Kranichen von ca. 10 km östlich von Lancken bis ca. 10 km westlich von Kap Arkona möglich war. Im Jahr 2008 wurden sowohl im Frühjahr als auch im Herbst an ausgewählten Perioden von einem ankernden Schiff aus der Vogelzug am Tage untersucht, wobei ebenfalls die Flugbewegungen von Kranichen mit erfasst wurden. Die Erfassungsperioden sind im Anhang in Tab. 50 zu sehen.

3.2 Radarbeobachtungen

3.2.1 Schiffsradargeräte

3.2.1.1 Spezifikation der verwendeten Geräte

Für die Untersuchungen wurden Schiffsradargeräte der Marke *Bridgemaster* verwendet, die in vertikaler Position betrieben wurden, um Flughöhen und –intensitäten zu messen (s. Abb. 3). Bis auf wenige Tage im Herbst 2005 wurde auf Rügen ein Radargerät mit 25 kW Leistung eingesetzt (auf FINO 2: durchgehend 25 kW-Gerät). Die Spezifikationen und Einstellungen sind Tab. 3 zu entnehmen. Die Einstellungen der Filter wurden vor Ort an eine möglichst gute Sichtbarkeit der Vogelsignale angepasst. Auf eine Signalunterdrückung (Filter) wurde daher verzichtet. Die Signalverstärkung (GAIN) wurde so weit zurückgedreht, bis Störechos im Hintergrund nicht mehr erkennbar waren (Einstellung ca. 65%). Diese Einstellungen wurden durch mehrstündiges Experimentieren ermittelt und dann während der gesamten Messzeit beibehalten. Auf FINO 2 befand sich das Radargerät auf einem Ausleger in 35 m Höhe.

Beide Radargeräte wurden so ausgerichtet, dass die Rotationsebene senkrecht zur angenommenen Zugrichtung von 210° (für den Herbstzug; Richtung im Frühjahr entgegengesetzt) verlief. Diese auf Literatur-Angaben begründete Annahme der allgemeinen Zugrichtung des nächtlichen Vogelzuges wurde im Verlaufe mehrerer Messkampagnen auf Rügen mittels Zielfolgeradar der Schweizerischen Vogelwarte Sempach grundsätzlich bestätigt (IfAÖ, unpubl.).



Abb. 3: Vertikal rotierendes Schiffsrادargerät auf Rügen (Lancken, Halbinsel Wittow).

Das Zentrum des angezeigten Radarbildes (Schiffsposition) wurde soweit unterhalb vom Mittelpunkt des Radarbildschirmes positioniert, dass ca. 2/3 des Bildschirms zur Vogelbeobachtung nutzbar waren (s. Abb. 4). Hierdurch war es möglich, Echos bis zu einer Höhe von 2.000 m zu erfassen und bis zu 1.500 m ein nahezu ‚rechteckiges‘ Erfassungsfeld zu erzeugen.

Tab. 3: Spezifikationen und Einstellungen an den verwendeten Radargeräten, Typ *Bridgemaster*.

Leistung	10 kW	25 kW (Restzeit)
	(23.9.05-15.10.05)	
Frequenz (MHz)	9410±30	9410±30
Wellenlänge (cm)	3	3
Sendeleistung (kW)	10	25
Länge der Antenne (m)	1,8	2,4
Horizontaler Öffnungswinkel des Radarstrahls (°)	1,3	1,0
Vertikaler Öffnungswinkel des Radarstrahls (°)	24	24
Verwendete ‚range‘ (km)	1,5	1,5
Pulslänge (µs)	0,25	0,25
Puls repetition frequency (PRF; Hz)	1.800	1.800
Rotationsgeschwindigkeit der Antenne (rpm)	45	45

Leistung	10 kW (23.9.05-15.10.05)	25 kW (Restzeit)
Nachleuchtdauer (sec)	45	45
Auto-Tune (Feinabstimmung des Empfängers)	ON	ON

3.2.1.2 Aufnahmemethoden

Die Aufzeichnung der auf dem Radarschirm dargestellten Vogeleos erfolgte automatisch mit Hilfe eines VGA-zu-Video-Konverters (Videowandler), welcher das aktuelle Radarbild über eine Framegrabber-Karte auf ein Notebook übertrug. Eine von den Firmen HaSoTec GmbH (Rostock) und IfAÖ speziell zur Erfassung und Auswertung von Radarbildern entwickelte Software produzierte farbige Momentaufnahmen des Radarschirms. Eine automatische Bilderkennung registrierte die Echos anhand der Leuchtstärke und der horizontalen/vertikalen Distanz von Einzelpunkten (Abb. 4). Die Echoerkennung wurde anschließend für jede Aufnahme von einem Mitarbeiter verifiziert. Die Daten wurden in einer Text-Datei gespeichert (Höhe, Entfernung vom Radar, horizontale Entfernung).

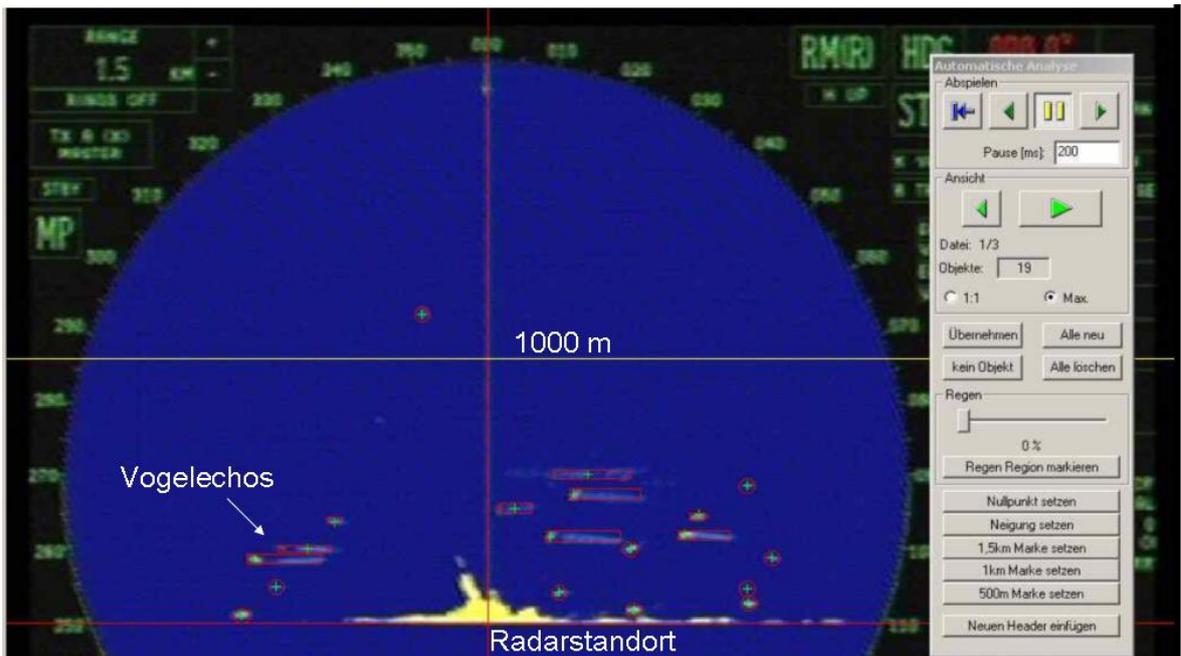


Abb. 4: Radarschirm im Vertikalbetrieb mit Vogeleos (gelbe Punkte). Die blauen Streifen hinter den Punkten markieren die Echos aus zurückliegenden Antennenumläufen. Die rote Umrandung kennzeichnet die automatische Erkennung der Echos im Auswertemodus des Erfassungsprogramms.

Regen verursacht starke Störeechos auf dem Radarschirm, so dass in diesen Bereichen keine Vögel zu erkennen sind. Regenechos werden mit einer Abschätzung der Ausdehnung auf dem Bildschirm in 10%-Schritten in der Datei mitnotiert. Alle Aufnahmen mit Regenechos werden für

die Analyse ausselektiert und fließen nicht in die Auswertungen ein. Da in 5-minütigen Abständen Aufnahmen gemacht wurden (d. h. 12 je Stunde), kommen i. d. R. auch in „Regennächten“ genügend Aufnahmen zustande, um Aussagen über Zugintensität und Höhenverteilungen in solchen Nächten zu machen (z. B. zwischen den Schauern). Direkt während der Regenereignisse sind jedoch keine Aussagen möglich.

3.2.1.3 Auswertung der Radardaten

Für die Quantifizierung der Zugintensität und der Höhenverteilung wurden die Daten verschiedenen Korrekturschritten unterworfen, um entfernungsbedingte Schwankungen der Erfassungswahrscheinlichkeiten der Radargeräte auszugleichen bzw. um eine vergleichbare Einheit zu erhalten ($\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$; Übersicht in Tab. 4).

Tab. 4: Zusammenstellung der Korrekturschritte und Kurzbeschreibung der entsprechenden Verfahren zur Berechnung von Durchflussraten.

Korrekturschritt	Verfahren
Distanzkorrektur Bezug auf Zeiteinheit Bezug auf einheitliche Detektionsfläche	Entfernungsabhängige Gewichtung der Radarechos anhand einer Detektions-Anpassungsfunktion (Programm DISTANCE 3.5; BUCKLAND et al. 2001) Bezug auf volle Stunde anhand der Nachleuchtdauer (45 Sek.) Bezug auf Erfassungsfläche von 1 km ($\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$)

Distanzkorrektur

Radargeräte senden elektromagnetische Strahlen aus, die von Vögeln reflektiert werden. Die Erfassungswahrscheinlichkeit eines Vogels hängt neben Faktoren wie Stärke des Radarsenders und –empfängers sowie Radarquerschnitt des Vogels auch von der Entfernung des Vogels zum Radar ab. Die Erfassungswahrscheinlichkeit nimmt dabei zweifach (Hin- und Rückweg) mit dem Quadrat der Distanz ab (s. Radargleichung in BRUDERER 1997a) – obwohl die Radarkeule mit der Entfernung größer wird, sinkt daher die Detektionswahrscheinlichkeit eines Vogels mit der Distanz sehr stark. Aus diesem Grund muss die gerätespezifische Erfassungswahrscheinlichkeit eines Vogels mittels Distanzfunktionen korrigiert werden (HARMATA et al. 1999, HÜPPOP et al. 2005, Programm DISTANCE 3.5; Datenauswahl nach HÜPPOP et al. 2005). Die Auswahl des optimalen Anpassungsmodells geschah anhand des Akaike Information Criteria (AIC). Für beide Radargeräte handelte es sich um eine halb-normale Hauptfunktion (key function) mit Cosinus-Anpassungsfunktionen (series expansions, Funktionsbeschreibung und Parameter sind im Anhang ersichtlich, Tab. 51, Tab. 52).

Als oberste Grenze für eine Echokorrektur wurde der Faktor 10 angenommen. Dieser Wert wurde im Rahmen eines Radarseminars auf Helgoland im April 2006 zur Auswertung synchroner Messungen mit der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und dem Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ im Rahmen eines Forschungsvorhabens als annehmbare Grenze der Korrektur festgelegt. Bei dem 10-kW-Geräte wurde diese Grenze bei einer Distanz von 900 m erreicht, bei 25 kW Leistung konnte dagegen die gesamte Transektweite von 1.500 m ausgenutzt werden.

	<p style="text-align: center;">Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug</p>	<p style="text-align: center;">Vorhabensträger: </p>
---	---	---

Bezug auf Zeiteinheit: Echos*h⁻¹

Der Zeitbezug wurde über die definierte Nachleuchtdauer hergestellt (Bridgemaster: 45 Sek. Einstellung: trails=long). Zum Zeitpunkt der Aufnahme werden alle Echos dargestellt, die innerhalb der vergangenen Zeitspanne (z. B. 45 Sek.) in den Radarstrahl hinein flogen. Auf diese Weise wird für jede Aufnahme eine Zugrate in Echos pro Stunde hergestellt.

Bezug auf einheitliche Detektionsfläche: Echos*h⁻¹*km⁻¹

Zur Berechnung der Detektionsfläche wurde von der kreisförmigen Erfassungsebene auf eine rechteckige Fläche hochgerechnet. Dies geschah getrennt für jedes Höhenintervall von 100 m. Da die kreisförmige Erfassungsebene mit der Höhe abnimmt, wurde innerhalb eines Workshops zur Kalibrierung von Schiffsradargeräten mit der „Superfledermaus“ (beteiligte Parteien: IfAÖ, IfV, Vogelwarte Sempach, WENDELN et al. 2007) festgelegt, dass mindestens 30% der rechteckigen Fläche einer jeden 100 m Höhenstufe innerhalb des Erfassungsbereichs des Radars liegen müssen. Die entsprechenden Detektionsflächen je 100 m-Höhenintervall wurden mit einer GIS-Anwendung ermittelt. Bei einer Erfassungsdistanz von 900 m (10 kW-Radargerät, festgelegt anhand des max. Korrekturfaktors von 10, s. o.) lag der Erfassungsbereich bis zum obersten Höhenintervall oberhalb von 30% (Höhendarstellung bis 900 m), während bei den 25-kW-Geräten nur die oberste Höhenschicht unterhalb von 30% lag (Höhendarstellung bis 1.400 m). Diese Berechnungen gehen von einer senkrechten Ausrichtung des Radars zur Hauptzugrichtung der Vögel aus.

Als Ergebnis dieser Korrekturschritte steht die Einheit Vögel je Kilometer und Stunde, die als **MTR** (migration traffic rate = Zugrate) bezeichnet wird und einen Vergleich von Zugraten aus verschiedenen Untersuchungen erlaubt.

3.2.2 Abschätzung des Erfassungsgrades mittels Vertikalradar

Untersuchungen haben gezeigt, dass vertikal rotierende Schiffsradargeräte Erfassungsschwächen in bodennahen Schichten zeigen (WENDELN et al. 2007). Durch den synchronen Einsatz des Zielfolgeradars „Superfledermaus“ und dem Schiffsradar kann die Größenordnung der nicht erfassten Vögel im unteren Bereich abgeschätzt werden, da mit dem Zielfolgeradar bis in Tiefen unterhalb von 20 m quantitativ gemessen werden kann. Für diesen Vergleich wurden Datensätze auf Stundenbasis selektiert, deren MTR oberhalb der mittleren MTR der jeweiligen Saison lag (Frühjahr 2006 und Herbst 2008; Unterschiede und prozentuale Darstellungen sind bei kleinen MTR oft nicht aussagekräftig).

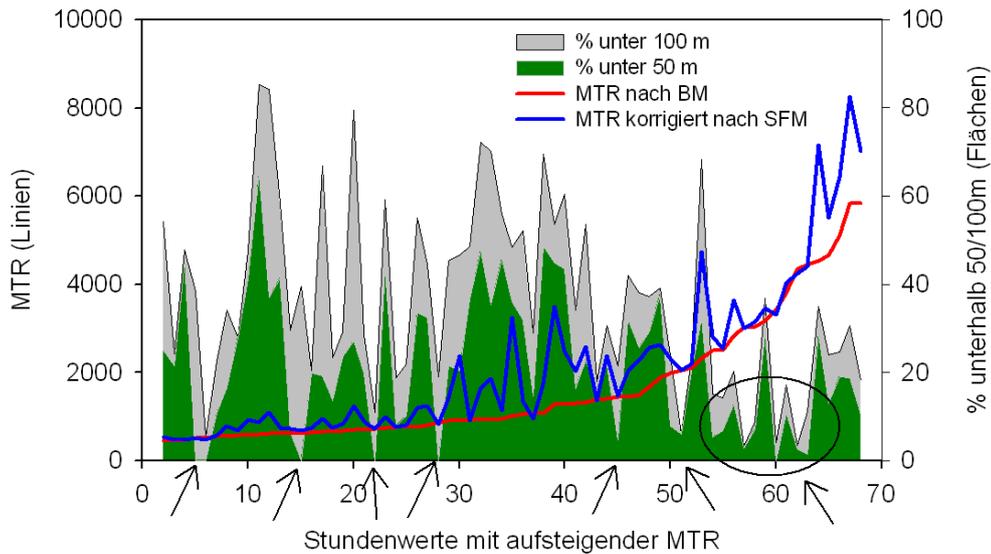


Abb. 5: Zugraten (MTR; Linien) nach Bridgemaster-Radar (rot, aufsteigend sortiert) und Korrektur nach Superfledermaus (blau) sowie Anteil Echos unterhalb von 50 bzw. 100 m Flughöhe (grüne/graue Flächen); Pfeile/Ellipse kennzeichnen Stunden mit geringem Anteil von Vögeln unterhalb von 50 m.

In Abb. 5 sind die mittels Schiffsradar gemessenen Zugraten in aufsteigender Reihenfolge dargestellt (rote Kurve). Für jede Stunde wurde die Differenz in der Zugrate in den unteren 100 Metern zwischen der Superfledermaus und dem Bridgemaster berechnet. Diese Differenz wurde als Korrekturfaktor zur MTR des Bridgemasters addiert (blaue Kurve). Es zeigte sich, dass die Korrektur in den einzelnen Stundenwerten sehr stark schwankte (im Mittel erhöhte sich die MTR um 35%, s. Tab. 5) und dass in einigen Stunden die Korrektur kaum einen Einfluss hatte (rote und blaue Kurve treffen sich; je weiter der Abstand, desto höher die Korrektur). In dieser Abbildung sind ebenfalls der Anteil Echos unterhalb von 50 m (grüne Fläche) bzw. 100 m (graue Fläche) dargestellt. Im Durchschnitt befanden sich 22% der Echos unterhalb von 50 m und 36% unterhalb von 100 m (d. h. 14% zwischen 50 und 100 m; s. Tab. 5). Ein Vergleich der Zugraten mit den Anteilen von Vögeln unterhalb von 50 bzw. 100 m macht deutlich, dass kaum eine Korrektur erfolgte, wenn wenige Vögel unterhalb von 50 m flogen. In den mit Pfeilen (oder Ellipse) gekennzeichneten Stunden (Abb. 5) stimmen MTR und korrigierte MTR überein. Dies unterstreicht die Vermutung, dass die Fehleinschätzung der Zugraten mittels Schiffsradargeräten vor allem durch Vögel zustande kommt, die unterhalb von 50 m fliegen. Wenn man die Gesamt-Zugraten betrachtet und die Superfledermaus als Referenz nimmt, wird die Zugrate aufgrund der tief fliegenden Vögel um durchschnittlich 15% unterschätzt, nach der Korrektur liegt dieser mittlere Wert bei -3% (Tab. 5).

Tab. 5: Korrektur der Vogel-Erfassung in den unteren 100 m durch Vergleich von Vertikalradar mit Superfledermaus. Datenbasis: 67 Stundenwerte aus 2006/2008; Selektion: MTR > mittlere MTR im jeweiligen Jahr

		Mittelwert	SD
a	MTR, gemessen mit Bridgemaster (BM)	1.651	1407
b	MTR, gemessen mit Superfledermaus (SFM)	2.400	2251
c	MTR, BM in unteren 100 m	291	174

	Mittelwert	SD
d MTR, SFM in unteren 100 m	788	797
e Differenz in MTR in unteren 100 m (d-c)	497	667
f MTR nach BM, unteren 100 m korrigiert (a+d)	2.148	1761
g Unterschätzung der mit BM gemessenen MTR (e in % von a)	35	44
h Fehl-Schätzung vor Korrektur; Referenz SFM (b-a in % von b)	15	42
i Fehl-Schätzung nach Korrektur; Referenz SFM (b-f in % von b)	-3	35
j MTR, Prozent unterhalb von 50 m (nach SFM)	22	15
k MTR, Prozent unterhalb von 100 m (nach SFM)	36	21

Der Vergleich des Bridgemaster-Radars mit der Superfledermaus hat gezeigt, dass vor allem in den unteren 50 m die Zugraten unterschätzt werden. Bei der prozentualen Darstellung der Zugraten hat eine deutliche Erhöhung der MTR in der Kategorie < 100 m eine Minderung der Zugraten um den gleichen Betrag als Summe über die übrigen Höhenintervalle zur Folge.

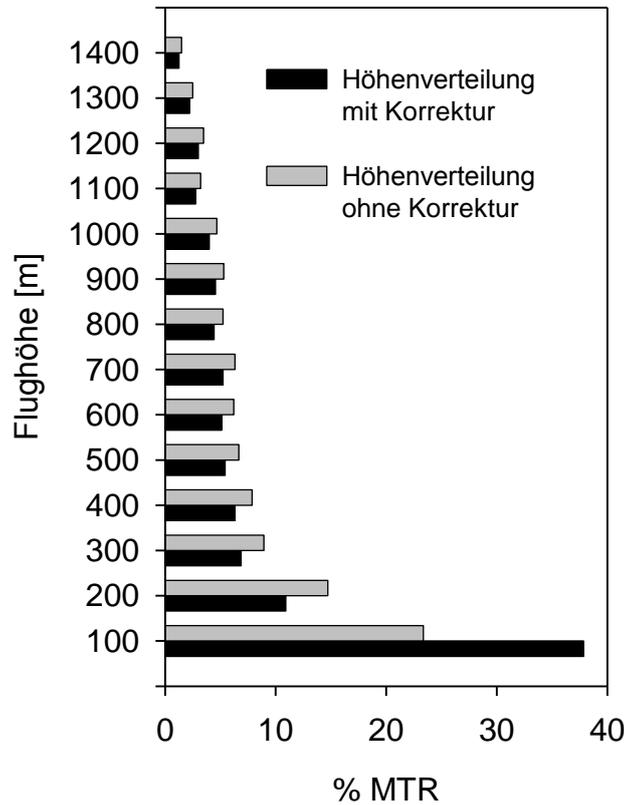


Abb. 6: Höhenverteilung als Mittel über 67 Stundenwerte (Datenbasis: Tab. 5, Abb. 5) im Vergleich von „ohne und mit Korrektur“ der Erfassbarkeit unterhalb von 100 m.

Dies ist die Konsequenz aus einer 100% - Darstellung beider Verteilungen und bedeutet, dass eine korrekte Darstellung von Korrekturen, die wegen der eingeschränkten Erfassung tief fliegender Vögel erforderlich wären, sich relativ kompliziert gestalten (nicht nur Addition eines Differenzbetrages zur unteren Kategorie). Deshalb wird an dieser Stelle nur darauf hingewiesen,

dass bei den dargestellten prozentualen Höhenverteilungen die unterste Kategorie deutlich unterschätzt und die darüber liegenden Höhenschichten minimal überschätzt werden.

Als vereinfachtes Verfahren wird deshalb bei der Berechnung der MTR in den unteren 100 m angenommen, dass die MTR in der Schicht 0 bis 50 m der MTR in der Schicht 50 bis 100 m entspricht. Die MTR in der Höhenschicht < 100 m wird also berechnet als MTR in der Höhenschicht 50 bis 100 m (korrekte Erfassung wird hier vorausgesetzt) multipliziert mit 2. Da real jedoch unterhalb von 50 m mehr Vögel fliegen als darüber (s. Abb. 5, Tab. 5, < 50 m: 22%. 50-100 m 14%) führt auch dieses Verfahren noch zu einer Unterschätzung der Höhenschicht < 100 m von etwa 10 bis 15%.

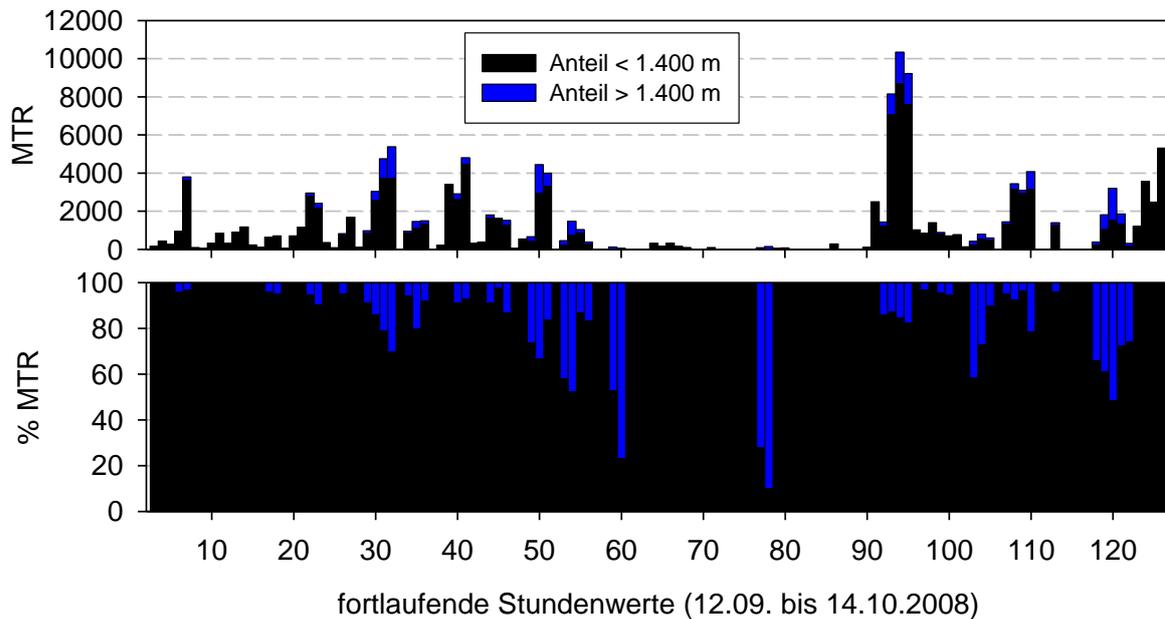


Abb. 7: Zugraten auf Stundenbasis gemessen mit Superfledermaus mit Anteilen unterhalb/über 1.400 m als absolute Werte (oben) und prozentuale Anteile (unten).

Neben Erfassungsschwächen im unteren Höhenbereich ist die Erfassung von Vögeln mit Hilfe von Schiffsradargeräten nach oben je nach Sendeleistung des Radars begrenzt. Bei einem 25 kW-Radar sind quantitative Erfassungen bis in einer Höhe von 1.400 m möglich (s. Kap. 3.2.1.3). In Abb. 7 sind Zugraten dargestellt, die mit dem Zielfolgeradar „Superfledermaus“ erfasst wurden (quantitative Erfassung bis > 3.000 m; Darstellung auf Stundenbasis; jeweils ca. vier Stunden nach Sonnenuntergang). Der Anteil Vögel oberhalb von 1.400 m schwankte stark und war insbesondere in einzelnen Stunden mit geringer Zugrate sehr hoch (Stunden 59/60 und 87/88 in Abb. 7). Für eine generelle Aussage des Anteils > 1.400 m ist die Berücksichtigung schwacher Zugnächte deshalb nicht sinnvoll. Bei einer Selektion von Stunden mit einer Zugrate größer als die mittlere Zugrate (hier $971 \text{ Vögel} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) ergibt sich ein mittlerer Anteil von 11,8% (SD: 13,1, n=41 Stunden) Vögel oberhalb von 1.400 m. Als weiteres Verfahren können die Zugraten über die gesamte Zeit aufsummiert und der Anteil > 1.400 m bestimmt werden (125 Stundenwerte). Hierbei gelangt man zu einem Anteil von 12,5% Vögel oberhalb von 1.400 m. Diese Werte geben nur einen Schätzwert und beziehen sich nur auf die angegebene Zeitspanne von Mitte September bis Mitte Oktober.

Inwieweit zu anderer Zeit (z. B. Frühjahr oder früher Herbstzug im August mit vielen Langsteckenzieher, die möglicherweise höher fliegen als Vögel im September/Oktober) sich abweichende Werte ergeben, kann derzeit nicht beurteilt werden.

3.2.3 Kranichzugerfassung mittels Zielfolgeradar „Superfledermaus“

Das verwendete Zielfolgeradar „Superfledermaus“ der Schweizerischen Vogelwarte Sempach wurde bis 1975 unter der Bezeichnung Feuerleitgerät 69 in der Fliegerabwehr der Schweizer Armee genutzt. Es handelt sich um ein X-Band-Radar (Sendefrequenz 9.280 MHz) mit einer Wellenlänge von 3 cm und einer maximalen Pulsleistung von 100 kW (Pulsdauer 0,3 μ s). Die Parabolantenne mit einem Durchmesser von einem Meter erzeugt einen stark gebündelten Strahl (2,2° Öffnungswinkel) – ein einmal anvisiertes Ziel wird mit einer Genauigkeit in Azimut und Elevation von $\pm 0,06^\circ$ und einer Distanz von ± 10 m verfolgt (BRUDERER & LIECHTI 1998a). Genauere technische Beschreibungen des Radars werden bei BRUDERER (1971), BRUDERER et al. (1995) und BRUDERER & LIECHTI (1998) aufgeführt. Die wichtigsten Grundlagen zur Radarornithologie sind von EASTWOOD (1967) und BRUDERER (1997a, b) zusammengefasst.



Abb. 8: Radarstandort auf Rügen. Sicht: Richtung Nord.

Der Standort des Radars befand sich nord-westlich von Lancken (vgl. Abb. 1) auf einem ehemaligen Militärgelände der NVA mit vielen Bunkern (Radargerät und Blickrichtung; s. Abb. 8).

	Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug	Vorhabensträger: 
---	---	--

Der Standort lag etwa 500 m von der Steilküste im Norden entfernt. Nach N und NW konnte bis auf die Wasseroberfläche gemessen werden, während nach E eine gewisse Abschirmung tief fliegender Vögel durch einen Wald vorlag. Insgesamt hat sich der Standort aus messtechnischer (Störechos etc.) und logistischer Sicht (Stromversorgung, Betriebserlaubnis, abseits von Touristenverkehr) sehr bewährt. Ein Alternativ-Standort weiter westlich auf Wittow war aufgrund des erforderlichen Abstandes von 5 km vom Militär-Überwachungsradar bei Putgarten nicht möglich.

Die Kernzeiten für die Radarerfassung wurden an die Kernzeiten der Sichtbeobachtungen angepasst (s. o.). Bei Kranichzug am Schluss der Messperiode wurde diese bis in die Dunkelheit verlängert, bzw. im Frühjahr wurde in einigen Fällen auch eher begonnen. Jede Radarmessphase wurde mit der Erstellung eines Windprofils gestartet (s. Beispiel vom Massenzugtag 15.10.2005; Abb. 9). Hierzu wurde ein mit Wasserstoff gefüllter Ballon mit dem Radar bis auf eine Höhe von 3 km verfolgt. Aus Flugrichtung und Geschwindigkeit wurde ein Höhenprofil des Windes erstellt, so dass für Vogeltracks in jeder Höhe entsprechende konkrete Winddaten vorlagen. An Tagen mit Kranichzug wurde am Schluss der Messungen erneut ein Windprofil erstellt – die maximale Höhe des Ballons orientierte sich dabei an den gemessenen Flughöhen am Nachmittag. Generell wurde mindestens 1.000 m über der maximalen Flughöhe gemessen. Die der Vogelmessung zeitlich am nächsten liegende Messung wurde dann für die Berechnungen in der Datenbank verwendet. Die Wetterbedingungen in Schweden und Dänemark (Bornholm) sind als Archiv über die Internetseite http://meteo.infospace.ru/wcarch/html/e_sel_country.sht?cont=5 verfügbar.

In der Datenbearbeitung wurde jedem 20-Sekunden-Intervall eine Codierung zugeordnet, die definiert, ob sich dieser Teil des Tracks über Wasser/Land befindet und ob es sich um ein Teilstück mit Kreisen oder Geradeausflug handelt. Für die Berechnung von mittleren Geschwindigkeiten und Richtungen wurden aus den Intervallen ohne Kreisen eine mittlere Geschwindigkeit und Richtung neu berechnet.

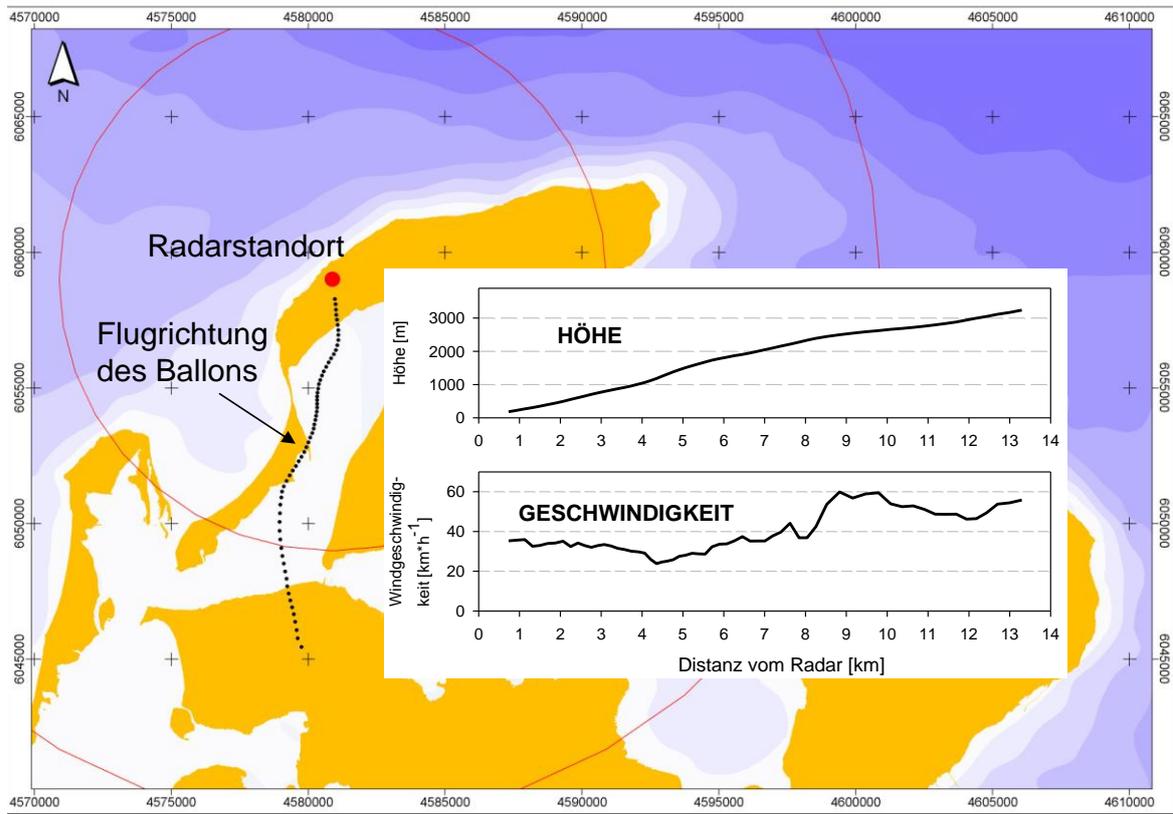


Abb. 9: Beispiel eines Windprofils vom 15.10.2005; Start um 16:22 Uhr UTC.

Zur Analyse von Windeinflüssen auf das Flugverhalten wurde die Rückenwindkomponente (TWC=„Tailwind Component“) nach FRANSSON (1998) berechnet (Kap. 3.4). Für die Darstellung der mittleren TWC-Werte auf Tagesbasis wurde die mittlere gemessene Flugrichtung pro Jahr verwendet sowie die gemessene mittlere Windrichtung/Windgeschwindigkeit in den unteren 500 m (nach Windballon, bis zu dieser Höhe findet der Hauptzug statt). Dies war erforderlich, da an Tagen ohne Kranichzug keine realen Flugrichtungen/-geschwindigkeiten vorlagen.

Die Einteilung in Windkategorien erfolgt nach folgenden Werten:

Gegenwind: $TWC < -4$; „neutraler Wind“: $-4 \geq TWC \leq 4$; Rückenwind: $TWC > 4$.

Während der Messperiode wurde mit dem Radar systematisch nach Kranichtrupps gesucht. Hierzu wurde im Herbst von West (Richtung Hiddensee) über Nord nach Ost (Arkona) geschwenkt. Im Frühjahr wurde prinzipiell der gleiche Raum überwacht (auch hier war das primäre Ziel, Kranichtrupps über der See zu messen), zugleich wurde jedoch auch südwärts (und Richtung E) gesucht, um abfliegende Kraniche auch noch über Land zu messen. Begonnen wurde jeweils mit einer hohen Elevation des Radars von 45° (800 Promille), um nahe Vögel, die kurz davor sind, die Küstenlinie zu überfliegen (Herbst), auch zu erfassen. Die Elevation wurde dann stufenweise in Schritten von 50 Promille verringert bis herunter auf 0 bis 50 Promille. Tauchten „verdächtige“ Echos auf (Kraniche bilden großflächige und sehr starke Echos), wurden diese von innen nach außen (d. h. die nahen zuerst) gemessen. Die anvisierten Echos konnten dann mittels parallel zur

Radaranenne montiertem Fernglas (12x – Vergrößerung) identifiziert und gezählt werden. Durch Funkkontakt mit dem Beobachter erfolgte ebenfalls eine Zuordnung und Identifizierung der Kraniche. Das Echo wurde mindestens so lange gemessen, bis eine eindeutige Identifizierung erfolgte. War dies nicht möglich (z. B. zu weit entfernt, nachts), so wurde anhand von Flugrichtung /-geschwindigkeit und Echostärke beurteilt, ob ein Kranichecho vorlag. Diese Entscheidung (sicher bestimmt/indirekte Bestimmung) wurde entsprechend codiert – eine indirekte Bestimmung erfolgte jedoch nur in sehr wenigen Fällen. In der Regel konnten die Kraniche sicher zugeordnet werden (Nachtzug am 15. Oktober: sehr starker Zug am Tage wurde offensichtlich bis nach Sonnenuntergang fortgesetzt; gleiche Geschwindigkeiten/Richtungen der Echos). Bei geringer Zugaktivität wurden auch weit entfernte große Echos angepeilt, da dann genug Zeit zur sicheren Identifikation verstreichen konnte (weiteste Entfernung eines Kranichtrupps ca. 18 km), während bei hohen Zugintensitäten nur Echos gemessen wurden, die näher als 10 km entfernt waren. Insgesamt konnte mit dem Radar also eine Ost-West-Strecke von bis zu 30 Kilometern überwacht werden (2x15-20 Kilometer).



Abb. 10: Bedienungselemente des Radars und der Datenerfassungsanlage.

Die Bedienungs- und Steuerungselemente befanden sich in einem Zelt direkt am Radargerät (Abb. 10). Das Erfassungsprogramm CORAL wurde vom „Softwarebüro Steuri GmbH“ in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Vogelwarte Sempach speziell für die Radarerfassung von Vögeln mit dem Zielfolgeradar „Superfledermaus“ entwickelt. Vom aktuell gemessenen Echo wurden jede Sekunde ein Datensatz mit x,y- und z-Koordinaten abgespeichert, so dass eine dreidimensionale Darstellung des Zugweges möglich wird (s. Beispiel-Track in Abb. 11). Von den Sekundenwerten berechnet das Erfassungsprogramm durch Regression fortlaufend Mittelwerte über eine Dauer von 20 Sekunden, die dann als Basis für weitere Berechnungen dienen. Hieraus

ergab sich eine minimale Messdauer je Trupp von 20 Sekunden. Die gewählte Messdauer je Kranichtrupp hing generell von der allgemeinen Zugaktivität ab. Bei geringem Zugaufkommen wurden Trupps z. T. lange verfolgt (maximal 30 Minuten), um neben Parametern wie Zughöhe, Zugrichtung und Geschwindigkeit auch Verhaltensweisen wie z. B. das Aufsteigen in Thermikssäulen zu dokumentieren. Während dieser langen Messperioden hielt der Beobachter auf dem nahen Bunker Ausschau nach neuen Kranichtrupps. Wenn neue Kraniche im Anflug waren, wurde die Messung abgebrochen und der neue Trupp angepeilt. Bei hoher Zugaktivität war die Vorgabe, möglichst viele der (dann oft zeitgleich) anfliegenden Kranichtrupps zu messen. Minimal wurden die Trupps so lange gemessen, bis sie sicher identifiziert waren. Als Vorgabe wurde für solche Phasen eine maximale Messzeit von 180 Sekunden angenommen (=3 min; d. h. bei angenommenen 60-70 kmh⁻¹ legen die Vögel ca. 3-4 km zurück). Bei sehr hoher Zugaktivität (sehr viele Kranichechos zeitgleich auf dem Radar) wurden i. d. R. drei bis sechs Intervalle von 20 Sekunden (d. h. bis 2 Minuten) gemessen. Auch aus solchen kurzen Flugstrecken können die entscheidenden Parameter wie Flughöhe, Flugrichtung und -geschwindigkeit sicher errechnet werden. Alle Daten wurden automatisch in eine Access-Datenbank geschrieben.

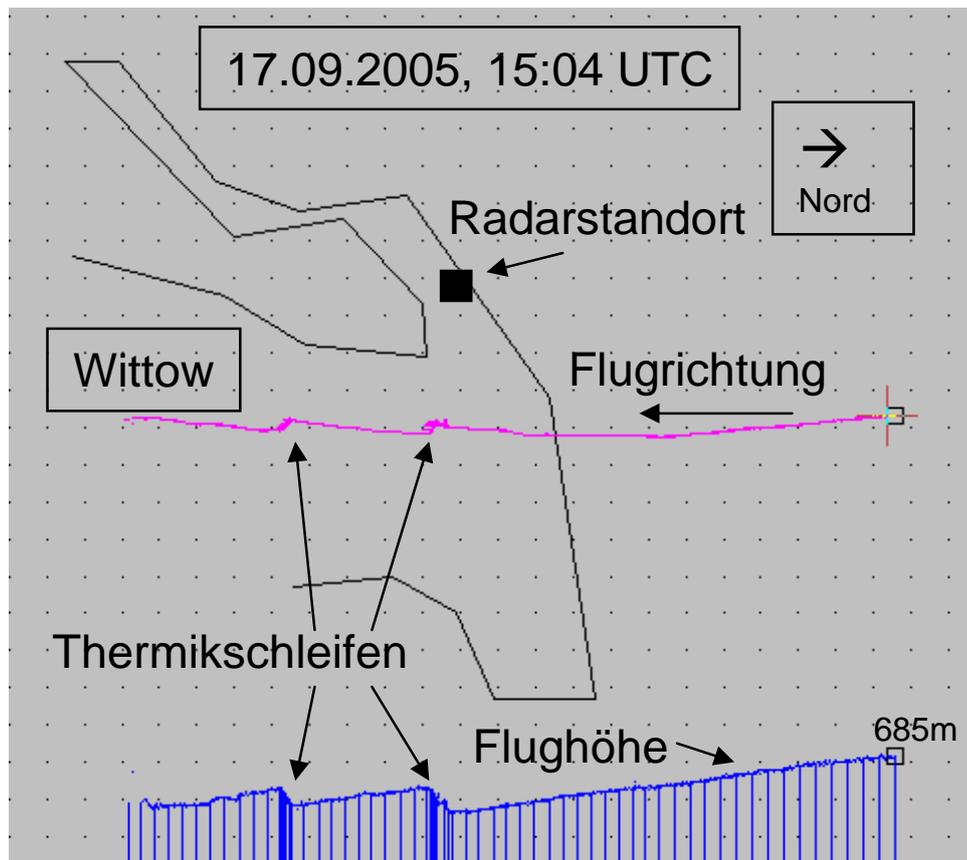


Abb. 11: Schematische Darstellung eines Kranichtracks (Screenshot des Programms CORAL). Zu erkennen sind die Umriss der Halbinsel Wittow (schwarze Linie), den Flugweg eines Kranichtrupps (pinke Linie) sowie der Höheverlauf (blaue Linien, die senkrechten Linien geben 20 s Intervalle an).

3.3 Sichtbeobachtungen

3.3.1 Methode

Kleinvogel- und Seevogelzug

Eine quantitative Erfassung des Kleinvogelzuges (Singvögel inklusive der Familien Tauben, Kuckucke, Eulen, Segler, Wiedehopfe und Spechtvögel; Einteilung nach GRANT et al. 2000), war am Standort „Nordstrand“ westlich von Arkona nicht möglich (Abb. 1), da der sichtbare Zug dieser Vögel v. a. küstenparallel im „Rücken“ der Beobachter geschah. Die erfassten Kleinvögel fließen jedoch qualitativ als Artenspektrum mit ein. Da nicht beurteilt werden konnte, wo (und ob) die beobachtete Singvogelart die Ostsee überquerte, wurden für die Arten-Wertung (d. h. vermutete Ostseequerung) nur die Arten berücksichtigt, die in Schweden mindestens 1.000 BP aufweisen (als Mittel für in BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004 angegebene Spanne von maximaler und Minimaler Brutpaarzahl). Bei selteneren skandinavischen Arten, die in Deutschland häufiger vorkommen, wird die konservative Annahme gemacht, dass es sich um lokale oder Richtung Osten ziehende Vögel handelte, die nicht die Ostsee überqueren.

Der Zug von Wasser- und Watvögeln von der Küste aus wurde grundsätzlich nach der Methode des „seawatching“ durchgeführt (z. B. CAMPHUYSEN & VAN DIJK 1983, DIERSCHKE et al. 2005). Über die verschiedenen Erfassungsperioden waren eine Vielzahl von Beobachtern beschäftigt (Liste der Mitarbeiter: s. Anhang). Generell wurde ganztags von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang beobachtet – Ausfallzeiten ergaben sich durch stärkeren Regen und bei schlechter Sicht (Beobachtungsstunden s. Abb. 2, Tab. 2). Die Klippe ca. 2,3 km W von Arkona hat an der Beobachtungsstelle eine Höhe von ca. 25 m. Beobachtet wurde mit Spektiven (Okular 30 mm, Zoom 20-60 mm war vorhanden für Detailbeobachtungen) der Marke Leica und Swarovski, sowie mit Ferngläsern (10x40) der Marke Leica, Zeiss und Swarovski. Vom Schiff aus wurde nur mit einem Fernglas beobachtet. Die Beobachtungsrichtung auf dem Schiff war vorwiegend südlich gerichtet (d. h. in Richtung Land, bzw. in Richtung der „Landbeobachter“).



Abb. 12: Sichtbeobachtungen von der Klippe „Nordstrand“ westlich von Kap Arkona, Rügen.

Für jeden beobachteten Vogel/Trupp wurde Uhrzeit (Beginn einer jeden Viertelstunde), Art, Anzahl, Zugrichtung, geschätzte Entfernung sowie die geschätzte Flughöhe notiert. In den Morgenstunden waren zwei Beobachter parallel beschäftigt (s. Abb. 12 für Standort Nordstrand/Kap Arkona), wobei einer die Beobachtungen in eine Liste eintrug. Bei geringeren Zugaktivitäten wurde wechselseitig einzeln beobachtet. In ähnlicher Weise wurde auf dem Schiff verfahren.

Für den Vergleich der Standorte „offshore“ und „von Land“ wurden die exakt synchronen Beobachtungszeiten selektiert (auf Viertelstunden-Basis) sowie für den Landstandort nur die Vögel verwendet, die maximal 5 km entfernt waren. Dadurch wurden die Beobachtungen ausgeschlossen, die in größerer Entfernung aufgrund der Verwendung des Spektives möglich waren.

Die **Entfernung** des Vogels vom Beobachter wurde in vier Kategorien geschätzt:

- unter 1 km
- 1 bis 2 km
- 2 bis 5 km
- über 5 km.

Da es in diesem Bereich keine Fahrwassertonnen oder andere Seezeichen in definierter Entfernung gab, wurde anhand einer trigonometrischen Formel die relevanten Distanzen mit Hilfe einer Schiebleere geschätzt (benötigte Parameter: Höhe über Wasser und Armlänge). Zwischen den Mitarbeitern fand eine ständige gegenseitige Kalibrierung statt.

Die **Flughöhe** wurde in drei Kategorien unterteilt:

- unter 10 m
- 10 bis 50 m
- über 50 m.

Eine Differenzierung von Flughöhen über 50 m ist sehr unsicher und wurde deshalb unterlassen. Bei guter Sicht war eine Artbestimmung bei Wasservögeln häufig bis zu einer Entfernung von 5 bis 6 km möglich, bei weiter entfernten Vögeln war oft nur eine Bestimmung auf Gattungsniveau durchführbar. Die Zugrichtung wurde in 45°-Sektoren geschätzt, d. h. in N, NE, E, SE, S, SW, W und NW.

Kranichzug

Ausgehend von der Annahme, dass die Kraniche mehrere Stunden für den Flug zwischen den schwedischen Rastplätzen und der Küste Rügens benötigen und somit erst nachmittags am Beobachtungsort erscheinen können (was sich dann auch bestätigte, s. Abb. 18), wurde für den Herbstzug die Kern-Beobachtungszeit an Land auf 12 bis 18 Uhr MESZ festgelegt. Bei Kranichzug am späten Nachmittag wurde während der Herbstzugperioden weiter bis in die Dunkelheit beobachtet und Kranichzug anhand der Rufe festgestellt. Im Frühjahr 2006 und 2008 waren die Kern-Beobachtungszeiten am Standort Lancken von 10 bis 16 (Radarstandort, Zugbeginn erst am späten Vormittag, wenn thermische Bedingungen es erlauben), während im Frühjahr 2008 im Rahmen der Seevogelbeobachtungen die gesamte Hellphase abgedeckt wurde. Außerhalb dieser Kern-Beobachtungszeiten am Radarstandort Lancken war immer ein Mitarbeiter vor Ort, um die Zugaktivität zu überwachen. Da Kranichzug oft mit Rufen verbunden ist, bzw. durch die großen Trupps relativ auffällig ist, konnten auch außerhalb der Kern-Beobachtungszeiten (permanentes Scannen des Himmels) Zugbewegungen erkannt werden. Sofern Kranichzug herrschte, wurde unabhängig von den Kernzeiten die Beobachtungszeiten entsprechend erweitert. Auf dem Schiff wurde in der Hellphase kontinuierlich beobachtet.

In Lancken wurden die Beobachtungen von einem ca. fünf Meter hohen Bunker direkt neben dem Radargerät durchgeführt (vgl. Abb. 8; Perspektive der Aufnahme entspricht der Lage des Beobachters). Von hier hatte man einen Rundum-Blick, der es einem ermöglichte, bei entsprechender Sicht ca. 10 bis 15 km in Richtung West und Ost zu überwachen. Der Horizont wurde ständig systematisch mit einem Fernglas (Swarovski 10x40) nach Kranichtrupps abgesucht. Bei Verdacht auf Kraniche konnte der Trupp dann mit einem Spektiv (Swarovski ATS 80 HD, 20-60x oder Leica Apo Televid 77, 20-60x) genauer betrachtet und die Individuen gezählt werden. Der Beobachter stand im Funk-Kontakt mit der Person am Radargerät (ca. 50 m entfernt). Dadurch kam es vor, dass vom Radar erfasste Echos dann vom Beobachter als Kraniche identifiziert wurden, bzw. der Beobachter identifizierte Kranichtrupps an die Radarstation meldete, sofern die Echos noch nicht erfasst waren. Durch diese gegenseitige Unterstützung war eine optimale Erfassung gewährleistet. Der Beobachtungsort westlich von Arkona bot nahezu freie Sicht in alle

Richtungen. Über die notierten Variablen Zeit, Anzahl Individuen je Trupp und Lage des Trupps relativ zum Standort (z. B. ca. 5 km W) war ein Vergleich der Daten aus beiden Standorten möglich und Doppelzählungen mit hoher Sicherheit auszuschließen.

3.3.2 Auswertung

Alle Daten wurden in eine vom IfAÖ entwickelte Datenbank eingegeben. Diese Datenbank enthält automatische Auswertungsschritte, die unter Berücksichtigung des jeweiligen Beobachtungsaufwandes und der Tag-/Nacht-Zeiten mittlere Zugraten pro Tag berechnen. Berücksichtigt wurden dabei immer die Beobachtungen des ganzen Tages (d. h. z. B. keine Selektion der Morgenstunden). Ein weiterer Schritt führt zur Zuordnung der aktuellen Uhrzeit zur normierten Uhrzeit (d. h. Lage innerhalb eines 12-Stunden Tages, s. Kap. 3.4), so dass unabhängig von der sich ändernden Tageslänge im Verlaufe der Jahreszeiten ein genereller Tageszyklus für einzelne Arten angegeben werden kann. Flughöhen und Entfernungen zur Küste werden auf der Basis von Trupps berechnet, da anderenfalls ein Test der Unterschiede aufgrund von Abhängigkeiten innerhalb der Stichproben nicht möglich wäre.

3.4 Berechnungsgrundlagen

Datenselektion für MTR-Berechnung: Zugraten im Vergleich von Land- und Seeseite und offshore

Das Vertikalradar auf Rügen war am Standort „Lancken“ in einer Entfernung von etwa 500 m von der Küstenlinie entfernt positioniert (Abb. 1). Hieraus ergibt sich die grundsätzliche Fragestellung, inwieweit die Küste als Leitlinie einen Einfluss auf die gemessenen Zugraten hatte. Grundsätzlich geht man beim nächtlichen Breitfrontenzug zwar davon aus, dass Leitlinien keine bedeutende Rolle spielen, es gibt jedoch Hinweise, dass Küstenlinien auch nachts das Flugverhalten beeinflussen (ÅKESSON 1993). Das Radar war so aufgestellt, dass es nahezu senkrecht zum Küstenverlauf auf der NW-Seite über See und auf der SE-Seite über Land gemessen hat. Um den Einfluss der Küstenlinie zu untersuchen und eine korrekte Datenselektion zur Berechnung von Zugraten für den Standort zu erlangen, wurden zunächst Zugraten und Höhenverteilungen im Vergleich von Land- und Seeseite verglichen und ebenfalls ein Vergleich mit zeitgleichen Messungen auf der Forschungsplattform FINO 2 herangezogen. Diese liegt ca. 40 km nördlich von Rügen und hier sind keine Ungleichverteilungen zwischen den Radarseiten zu erwarten (Zugrate als mittel über beide Seiten berechnet). Für diese Berechnungen wurde das Jahr 2008 herangezogen, da sowohl im Frühjahr als auch im Herbst kontinuierlich und während der ganzen Nachtphase gemessen wurde. Die Zugraten auf der Land- und Seeseite bei Rügen waren sowohl im Frühjahr ($r^2 = 0,923$, 97 Nächte) als auch im Herbst ($r^2 = 0,968$, 98 Nächte) hochsignifikant mit der Zugrate auf FINO 2 korreliert, wobei auf der Seeseite mehr Echos gemessen wurden als auf der Landseite. Im Frühjahr lag der Anteil auf der Landseite bei ca. 87% der Seeseite ($y = 0,869x - 22,1$), im Herbst dagegen bei nur etwa 61% ($y = 0,613x + 31,5$).

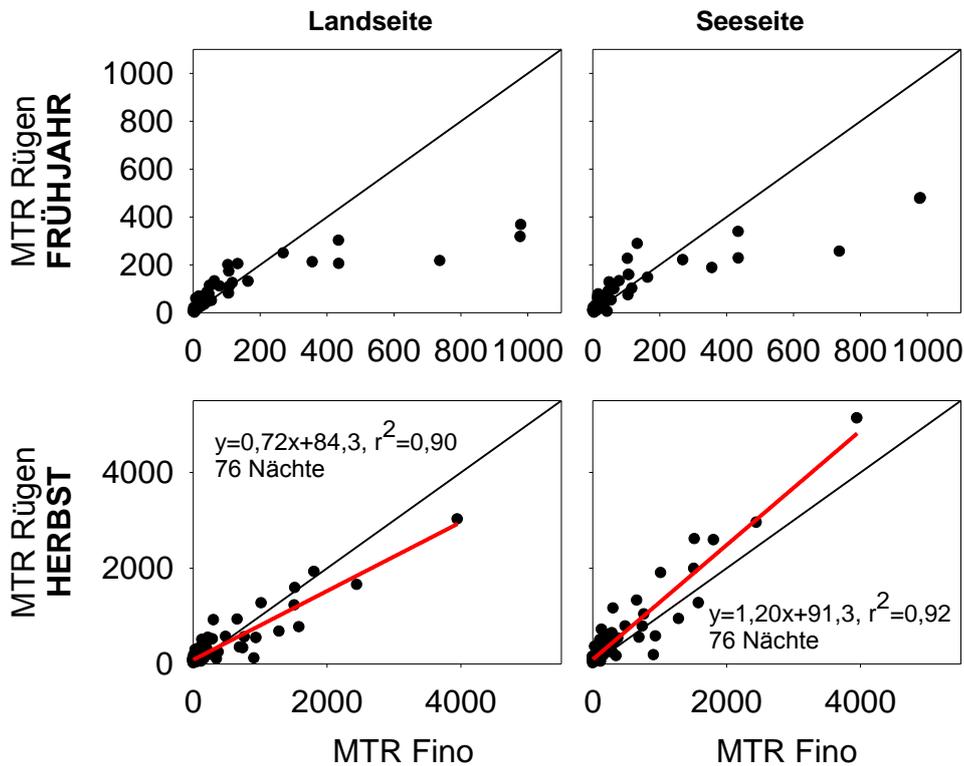


Abb. 13: Korrelation zwischen Zugraten bei FINO 2 mit Zugraten auf Rügen für die Landseite (linke Grafiken) und Seeseite (rechte Grafiken) im Frühjahr (oben) und Herbst (unten). Die schwarze Linie kennzeichnet das 1:1-Verhältnis, während die rote Linie für die Herbstdaten eine lineare Regressionsgrade darstellt.

Um die Gründe für die höheren Zugraten über See (v. a. im Herbst) zu verstehen, wurde ein Vergleich der Zugraten von Rügen mit den Zugraten von FINO 2 durchgeführt (Abb. 13). Die Frühjahrsdaten scheinen weniger geeignet, da es weniger Nächte waren (43 Nächte), in denen generell schwacher Zug herrschte (v. a. im März; vgl. Abb. 34) und kein linearer Zusammenhang zu erkennen war. Im Herbst waren die Zugraten von FINO und Rügen (Land- und Seeseite) hochsignifikant und linear korreliert. Es wurden deutliche Unterschiede zwischen Land- und Seeseite erkennbar. Auf der Seeseite befanden sich ca. 20% mehr Vögel als bei FINO, auf der Landseite dagegen ca. 28% weniger. Insgesamt zeichnete sich das deutliche Bild ab, dass im Herbst die aus Richtung N kommenden Vögel zum Teil der Küstenlinie Wittows in Richtung SW folgten (d. h. eine Richtungsänderung vornehmen) und sich dadurch entlang der Küstenlinie seewärts konzentrieren. Landwärts waren demzufolge weniger Vögel vorhanden (die Vögel, die „abgebogen“ sind, erreichen das Land nicht mehr). Im Frühjahr war dieser Unterschied weit weniger ausgeprägt (13% mehr Vögel seewärts), vermutlich folgen die Vögel vor dem „Absprung“ über See, z. B. von Hiddensee, noch eine zeitlang der Küstenlinie.

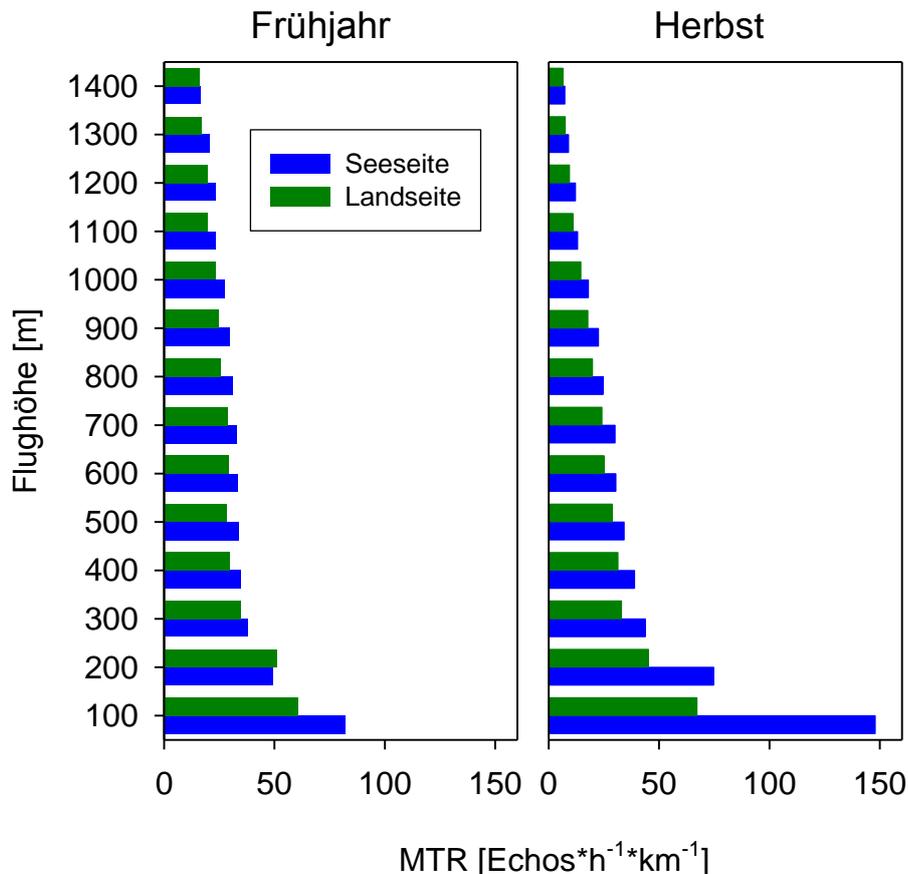


Abb. 14: Vergleich von Höhenverteilungen über Land und über See im Frühjahr und Herbst 2008.

Der Vergleich von Flughöhen über Land und über See macht deutlich, dass die höheren Zugraten über See im Herbst vor allem durch Flugbewegungen in den unteren 200 m zustande kamen (Abb. 14). Dies stärkt die Vermutung, dass die Reaktion auf die Küstenlinie im Herbst vor allem tiefer fliegende Vögel betrifft (vergleichbar mit Messungen in Südschweden, ÅKESSON 1993). Im Frühjahr war ebenfalls die unterste Höhenschicht am stärksten betroffen, die Unterschiede waren jedoch weitaus geringer.

In der weiteren Vorgehensweise zu Berechnung einer Zugrate für den Standort Rügen werden Echos der gesamten Detektionsfläche des Radars berücksichtigt, also sowohl landseitig als auch seeseitig. Mit dieser Vorgehensweise werden diese kleinräumigen Unterschiede gemittelt (d. h. seeseitig höhere MTR, landseitig geringer MTR), so dass man eine realistische Gesamt-MTR erreicht.

Tag – Nacht – Verhältnis

Aufgrund der saisonal bedingten Änderungen der Tageslängen werden für tageszeitliche Abhängigkeiten (z. B. Zugintensität) zeitnormierte Darstellungen gewählt. Die Zeit wird dabei

immer in UTC angegeben (Universal Time Code; Zeit in Bezug auf GMT; die Differenz zur MEZ beträgt 1 Stunde, zu MESZ 2 Stunden). Die normierte Zeit ist bezogen auf einen zwölf Stunden-Tag, d. h. sie entspricht der prozentualen Lage in einem zwölf Stunden-Tag (SU: 18:00 Uhr, SA: 6:00; Hellphase: 06:01 bis 18:00, Dunkelphase: 18:01 bis 06:00; zur Methode s. FLORE & HÜPPOP 1997).

Die Einteilung in „Nacht“ und „Tag“ wird anhand der Zeiten des Sonnenunter- bzw. Aufgangs vorgenommen.

Wetterdaten

Während der Phasen der Messungen mittels Zielfolgeradar wurden Wetterballons gestartet, welche exakte Wetterdaten aus verschiedenen Höhen lieferte (Kap. 3.2.3). Außerhalb dieser Zeit wurde zur Untersuchung von Wettereinflüssen die stündlich vom Deutschen Wetterdienst (DWD) erhobenen Daten der Wetterstation „Arkona“ verwendet: Sichtweite (km), Wolkenbedeckung (in Achteln), Windrichtung (°), Windgeschwindigkeit (m s^{-1}), Temperatur (°C), Niederschlag (mm).

Zur Analyse von Windeinflüssen auf das Flugverhalten wird die so genannte „Tail Wind Component“ (TWC) nach FRANSSON (1998) berechnet:

$$\text{TWC} = \cos(\varphi) * v$$

Hierbei entspricht φ = Winkel zwischen Windrichtung (stündliche Werte des DWD) und Rückenwind für den fliegenden Vogel und v = Windgeschwindigkeit [m*s^{-1}]. Negative Werte bedeuten Gegen-, positive Werte Rückenwind. Für den nächtlichen Vogelzug wird angenommen, dass generell ein Breitfrontenzug mit einer Hauptzugrichtung von 210° im Herbst stattfindet (Frühjahr: entgegengesetzte Richtung). Bei der Erfassung des sichtbaren Vogelzuges wurden die Flugrichtung geschätzt in Kategorien: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW. Im Bereich nördlich Rügens wird für die meisten Wasser- und Watvogelarten ein West – Ost gerichteter Zug angenommen. Als „richtige“ Zugrichtung werden dabei im Herbst die Zahlen für NW, W und SW als W zusammengefasst bzw. SE, E, NE als E im Frühjahr. Abweichende Zugrichtungen gehen dabei zu einem großen Teil vermutlich auf lokale Flüge (v. a. Nahrungsflüge) zurück – in geringem Umfang (bezogen auf das gesamte Zugvolumen) kann auch Umkehrzug stattfinden. Bei Greifvögeln und Kranichen wird von einer N-S–Ausrichtung des Zuges ausgegangen.

Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse werden zum Teil in Form von Boxplots dargestellt. Zum Verständnis dieser Darstellungsweise werden in Abb. 15 die einzelnen Kennwerte erklärt.

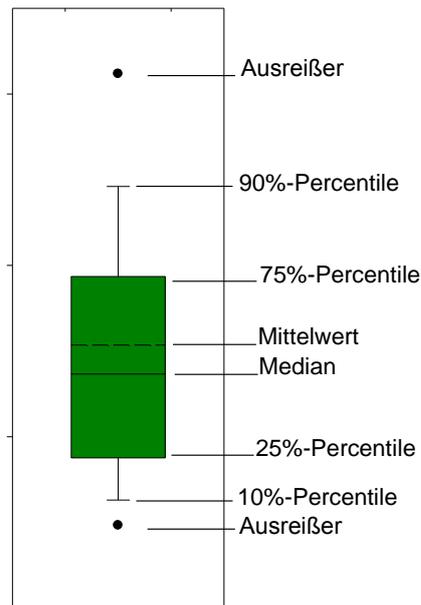


Abb. 15: Box-Plot: Darstellung der Kennwerte.

3.5 Methodendiskussion

Radar- und Sichtbeobachtungen erfassen jeweils nur Teile des gesamten Zugesgeschehens und müssen deshalb kombiniert eingesetzt werden.

Die Vorteile von Radarerfassungen des Vogelzuges beinhalten folgende Punkte:

- Es können auch nachts Vögel erkannt werden (viele Arten ziehen nachts).
- Man erhält konkrete Messwerte (Flughöhe, Richtung, Entfernung).
- Es ist eine kontinuierliche Erfassung möglich ohne „Ermüdungserscheinungen“.
- Es können Vogelbewegungen bis in große Höhen erfasst werden.

Als wichtigste Einschränkungen bei der Interpretation von Daten, die mit einem Schiffsradar erfasst werden, sind folgende zu nennen:

- Eine Artzuordnung kann anhand der Signale nicht vorgenommen werden.
- Eine exakte Quantifizierung des Vogelzuges ist aufgrund der ungenauen Informationen über das Keulenvolumen nur eingeschränkt möglich (s. WENDELN et al. 2007).
- Bei sehr tief fliegenden Vögeln können die Vogeleos durch Reflexionen der Wellen bzw. durch Standzeichen an Land überlagert werden. Da Flughöhen in Kategorien von 100 m dargestellt werden, kann generell gesagt werden, dass die unterste Höhenschicht unterschätzt wird (s. Kap. 3.2.2).
- Der Radarquerschnitt (und damit die Erfassungswahrscheinlichkeit) eines Vogels ändert sich mit dem Anstrahl-Winkel der Radarstrahlen. Er ist am größten bei Seitenansicht (und von unten) und am geringsten bei Vorder- und Rückenansicht. Dieser Aspekt kann bei der Berechnung von Zugraten nicht berücksichtigt werden.

- Insekten, Regen und Schnee verursachen starke Störechos, die Vogeleosch überlagern. Dies bedeutet, dass insbesondere bei kritischen Schlechtwettersituationen die Reaktionen der Vögel nicht direkt vom Radar erfasst werden können.
- Bei den Echos kann nicht sicher zwischen großen Insekten (z. B. Libellen, Falter) und Vögeln unterschieden werden.
- Die Erfassungswahrscheinlichkeit eines Vogels hängt von seiner Entfernung zum Radar ab. Deshalb müssen für quantitative Aussagen Distanzkorrekturen vorgenommen werden.
- Es ist keine Bestimmung von Flugrichtungen möglich, die für eine genaue Quantifizierung erforderlich ist (für Flächenbezug, s. Kap. 3.2.1.3). Deshalb sind generelle und belastbare Informationen über zu erwartende Zugrichtungen notwendig.
- Für einen Flächenbezug ist eine Ausrichtung des Radars senkrecht zur Zugrichtung erforderlich, die nur an Landstandorten eingehalten werden kann.

Trotz der aufgeführten Einschränkungen haben Vergleiche mit einem Zielfolgeradar der Schweizerischen Vogelwarte gezeigt, dass auch mittels Schiffsradareräten generelle Aussagen über die Zugintensität und Höhenverteilung möglich sind (WENDELN et al. 2007). Viele Einschränkungen bleiben jedoch bestehen, so dass für zukünftige Untersuchungen des nächtlichen Vogelzuges technische Weiterentwicklungen eingesetzt werden sollten. In diesem Zusammenhang wurde vom IfAÖ im Rahmen eines Forschungsvorhabens ein sog. FixedBeam-Radar entwickelt (Schiffsradar mit fest stehender Parabolantenne), welches bezüglich der Genauigkeit der Berechnung von Zugraten und bezüglich Artbestimmungen entscheidende Vorteile gegenüber einem konventionellen vertikal rotierenden Schiffsradar besitzt.

Sichtbeobachtungen geben einen Eindruck über das Zuggeschehen am Tage. Einschränkungen ergeben sich aus der maximalen Entfernung der Bestimmbarkeit für verschiedene Arten. Bei guter Sicht war eine Artbestimmung bei Wasservögeln i. d. R. bis zu einer Entfernung von 5 bis 6 km möglich, bei weiter entfernten Vögeln war oft nur eine Bestimmung auf Gattungsniveau durchführbar. Auch geringe Sichtweiten, starker Wind und Niederschlag schränken eine quantitative Erfassung des sichtbaren Zuges ein. Unabhängig von den ungünstigen Bedingungen zur Erfassung des Kleinvogelzuges am Beobachtungsort „Nordstrand“, ist eine quantitative Erfassung des Kleinvogelzuges mittels Sichtbeobachtungen kaum möglich, da ein Großteil des Zuges in großen Höhen stattfindet (dann oft bei Rückenwind, ALERSTAM & ULFSTRAND 1972 und eigene Messungen IfAÖ, unpubl.). Der sichtbare Zug in tieferen Schichten findet oft bei Gegenwind statt und ist deshalb nicht repräsentativ für das gesamte Zuggeschehen.

Trotz grundsätzlicher Eignung von Zugrufen zur qualitativen Beschreibung der saisonalen und tageszeitlichen Verteilung des Vogelzuges bestimmter Arten (HILL & HÜPPOP 2008) wurde eine akustische Erfassung des Zuggeschehens aus folgenden Gründen nicht unternommen: 1. insbesondere auf Schiffen können Vögel von Licht angezogene werden und die Lichtquelle oft für einen längeren Zeitraum umkreisen, so dass Registrierungen von Zugrufen nicht zu verlässlichen Werten über das Zugaufkommen führen, 2. es können nur tief fliegende Vögel bei geringen Umgebungsgeräuschen (z. B. Wind) erfasst werden, 3. die Rufaktivität ist artspezifisch sehr unterschiedlich. Viele Arten äußern grundsätzlich keine Zugrufe und sind mit dieser Methode nicht registrierbar (vgl. DIERSCHKE 1989).

4 Ergebnisse

4.1 Kranichzug

4.1.1 Kenntnisstand: Zugpopulationen und Zugrouten

Kraniche aus den verschiedenen Brutgebieten Nordeuropas nutzen unterschiedliche Zugwege in ihr Überwinterungsgebiet. Während die östlichen Populationen (Finnland, Baltikum) in Richtung S/SE ziehen (nach Israel, NW- und Ostafrika), folgen Vögel der schwedischen, polnischen und deutschen Population (sowie ein Teil der finnischen Vögel) der südwestlichen Zugroute nach Frankreich, Spanien und Nord-West-Afrika. Diese Population wird derzeit auf ca. 150.000 Individuen geschätzt (G. NOWALD pers. Mitt.). Für die westliche Ostsee sind insbesondere die schwedischen Vögel von Interesse, da sie auf dem Zug die Ostsee überqueren müssen. Die schwedische Population wird für das Jahr 2000 mit ca. 15.000 bis 20.000 Brutpaaren angegeben (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004). Nach aktuellen Zählungen in Schweden wird die Anzahl der Individuen im Sommer auf 50.000 bis 60.000 Individuen geschätzt (LUNDGREN, S. & G. LUNDIN 2003). Von den ca. 60.000 finnischen Kranichen (15.000 bis 20.000 Brutpaare, BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004) ziehen etwa 15.000 über die westliche Zugroute (PRANGE 2001). Die meisten (ca. 2/3) werden dabei vermutlich über die baltischen Staaten ziehen, so dass zu den schwedischen Kranichen etwa weitere 5.000 Vögel hinzukommen, die die Ostsee auf ihrem Zug überqueren müssen. Insgesamt kann man somit von etwa 55.000 bis 65.000 Kranichen ausgehen, die auf ihrem Weg in ihr Winterquartier die Ostsee überqueren.

Für die skandinavischen Kraniche stellt die Rügen-Bock-Region den wichtigsten Rastplatz an der Südküste der Ostsee dar. Entsprechend den Bestandsanstiegen in den Brutgebieten zeigten die Rastzahlen in dieser Region in den letzten 25 Jahren einen stetigen Anstieg, wenn auch nicht in dem Maße wie an den binnenländischen Rastplätzen in Norddeutschland (Rügen-Bock-Region: derzeit zwischen 40.000 und 45.000 Vögel; PRANGE 2001). Der saisonale Verlauf der Rastzahlen in der Rügen-Bock-Region unterliegt starken jährlichen Schwankungen - die maximalen Zahlen werden im Oktober erreicht (PRANGE 2001). Die skandinavischen Kraniche ziehen i. d. R. von Mitte August bis Mitte Oktober, wobei der Anstieg des Zuges bis Mitte September schwach ausfällt und der Hauptzug in die erste Oktoberhälfte fällt.

Der Heimzug von den mecklenburgischen Rastplätzen nach Schweden verläuft in nördlicher Richtung, d. h. die Vögel überqueren die Ostsee auf direktem Wege (ALERSTAM 1990). Entsprechend sind die Flugrichtungen nach Radarmessungen in Südschweden nördlich ausgerichtet (KARLSSON & ALERSTAM 1974, ALERSTAM 1975). Eine zum Teil leicht östliche Ausrichtung wird mit einer nur teilweisen Kompensation von Winddrift über See erklärt (über Land dagegen vollständige Kompensation; ALERSTAM 1975). Derartige Messungen von Zugrichtungen für den Herbstzug gab es bisher nicht, die direkte Verbindung zwischen den schwedischen Rastplätzen und der Rügen-Bock-Region lässt jedoch einen südlich gerichteten Zug vermuten.

4.1.2 Sichtbeobachtungen

4.1.2.1 Individuenzahlen

Im Herbst 2005 konnten 16.800 Kraniche gezählt werden, im Herbst 2007 und 2008 je ca. 11.700 bzw. 12.100 Vögel (Tab. 6). Während im Frühjahr 2006 nur etwa 9.400 Kraniche erfasst wurden, konnten im Frühjahr 2008 über 17.300 Kraniche gezählt werden. Im Frühjahr waren die Kraniche auf mehr Trupps verteilt (d. h. kleiner Trupps beim Abflug). Von den durch Sichtbeobachtungen erfassten Kranichen konnten ein großer Teil auch mit dem Radar gemessen werden (Anzahl Trupps und Individuen: s. Tab. 6). Zu den per Sichtbeobachtung erfassten Vögeln kommen während des Herbstzuges eine gewisse Anzahl von Vögeln hinzu, die auch nach Einbruch der Dunkelheit zogen.

Tab. 6: Beobachtungstage und Summen von Kranichindividuen /-trupps nach Beobachtungen und Radarerfassung.

	Herbst 2005	Frühjahr 2006	Herbst 2007	Frühjahr 2008 ¹⁾	Herbst 2008
Einsatz „Superfledermaus“	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
von – bis	16.09. - 22.10.	15.03. - 10.04.	05.09. - 15.10.	20.02. - 27.05.	11.09. - 15.10.
Tage beobachtet	37	27	41	95	35
Beobachtungsstunden	241	123	91	1.221	107
Tage mit Kranichbeobachtungen	17	17	18	55	18
Individuen beobachtet, Lancken	14.787	9.408	11.692	7.671	8.559
Individuen beobachtet, Arkona	4.165	k.B.	k.B.	9.653	4.028
Individuen beobachtet, insgesamt	18.952	9.408	11.692	18.798	12.587
Individuen: Doppelzählungen	2.152	-	-	1.474	461
<i>Individuen beob., Doppelz. bereinigt</i>	<i>16.800</i>	<i>9.408</i>	<i>11.692</i>	<i>17.324</i>	<i>12.126</i>
<i>Kranichtrupps beob., Doppelz. bereinigt</i>	<i>257</i>	<i>334</i>	<i>139</i>	<i>563</i>	<i>295</i>
Kranichtrupps mit Radar gemessen	191	241	-	-	140
Kranich-Individuen mit Radar gemessen	11.044	6.634	-	-	5.619

1) Kranichbeobachtungen im Rahmen der „normalen“ Sichtbeobachtungen über die gesamte Saison

k.B. keine Beobachtungen

4.1.2.2 Saisonale Zugintensitäten

Der saisonale Verlauf des Zuges zeigte in allen Messperioden sehr starke Fluktuationen (Abb. 16). Sowohl im Herbst 2005 als auch im Herbst 2007 gab es lange Phasen komplett ohne Kranichzug, andererseits aber Massenzugtage (15. Oktober 2005, 5. Oktober 2007), an denen an nur einem Tag weit über die Hälfte des gesamten Kranichzuges stattfand. Am 15. Oktober 2005 zog sich der Kranichzug bis nach Sonnenuntergang hin. Mit dem Radar wurden 17 weitere Trupps in den etwa 3,5 Stunden nach Sonnenuntergang registriert (bis 19:48 Uhr; SU: 16:16 Uhr, Zeiten=UTC). Bei einer mittleren Truppsgröße an diesem Tag von 87 Vögeln (SD=77, n=111 Trupps) ist mit weiteren 1.500 bis 2.000 Kranichen allein an diesem Tag zu rechnen. An weiteren Tagen wurden ebenfalls einzelne bzw. mehrere Trupps in der Nacht gehört, ohne dass sie mit dem Radar erfasst wurden. Der Anteil Kraniche, die die Ostsee im Herbst in der Dunkelheit überquerten, lag im Herbst 2005 somit bei etwa 10%. Im Herbst 2008 war der Kranichzug etwas

gleichmäßiger verteilt und auch im September gab es „gute“ Kranichzugtage. Während die meisten Kraniche von Lancken aus gesehen wurden, lag insbesondere an starken Zugtagen der Anteil weiter östlich fliegender Kraniche relativ hoch (d. h. hohe Anzahlen am Nordstrand bei Kap Arkona; z. B. 15. Oktober 2005: ca. 30%; 07. Oktober 2008: ca. 50% aller Kraniche an diesen Tage vom Standort Nordstrand beobachtet). Im Frühjahr 2006 setzte der Kranichzug sehr spät ein: vor dem 27. März waren nur wenig Hundert Kraniche abgezogen. Der 28. März war mit ca. 2.600 Individuen der stärkste Zugtag in diesem Frühjahr. In diesem Frühjahr wurde nur von Lancken aus beobachtet. Im Frühjahr 2008 wurde von Ende Februar bis Ende Mai beobachtet und es stellte sich heraus, dass der Hauptzug in der Phase von Mitte März bis Mitte April stattfand. Außerhalb dieser Periode flogen nur noch wenige Kraniche, so dass die Auswahl der Messperioden mit dem Zielfolgeradar hiermit als sehr treffend bestätigt wurde. In diesem Frühjahr waren die Anteile der beobachteten Kraniche von Lancken und Nordstrand aus etwa vergleichbar (genaue Aufteilung wegen Selektion von Doppelzählungen von Trupps, die zwischen beiden Standorten flogen nicht möglich), was auf einen gleichmäßigeren und auch weiter östlich stattfindenden Zug schließen lässt.

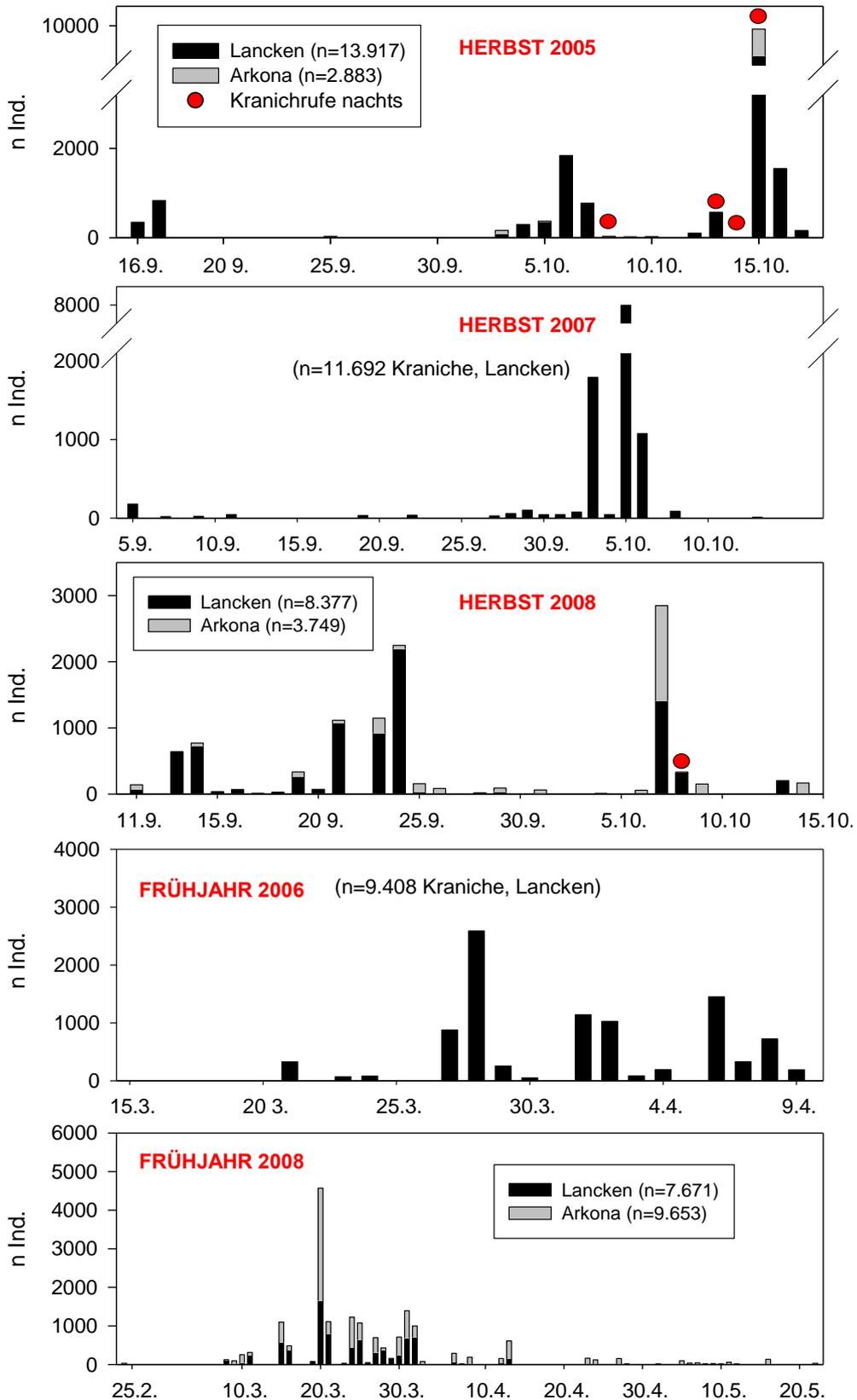


Abb. 16: Saisonale Phänologie des Kranichzuges in den verschiedenen Untersuchungszeiten.

Die Verteilung der Trupppgrößen unterschied sich deutlich zwischen Herbst- und Frühjahrszug (Abb. 17). Während in allen Herbst-Zugzeiten die Trupppgrößen bis 100 Individuen relativ gleich verteilt waren und auch größere Trupps von > 100 Individuen regelmäßig vorkamen, lag der Schwerpunkt der Trupppgrößen in beiden Frühjahrsaisons mit jeweils ca. 60% aller Trupps in der Klasse bis 20 Individuen. Wichtiger als die Verteilung der Trupps auf verschiedenen Klassen ist die Frage, wie viel Individuen sich bezogen auf alle ziehenden Kraniche in den verschiedenen Trupppgrößen aufhalten. Während des Frühjahrszuges ergab sich eine sehr gleichmäßige Verteilung der Vögel auf die Trupppgrößen, während im Herbst die meisten Vögel entweder in sehr großen Trupps flogen (> 100 Ind., Herbst 2005 und 2007) oder einen Schwerpunkt in einer bestimmten Trupppgröße aufwiesen, z. B. Herbst 2008 befanden sich die meisten Individuen in Trupps der Größenklasse 41 bis 60 Vögel.

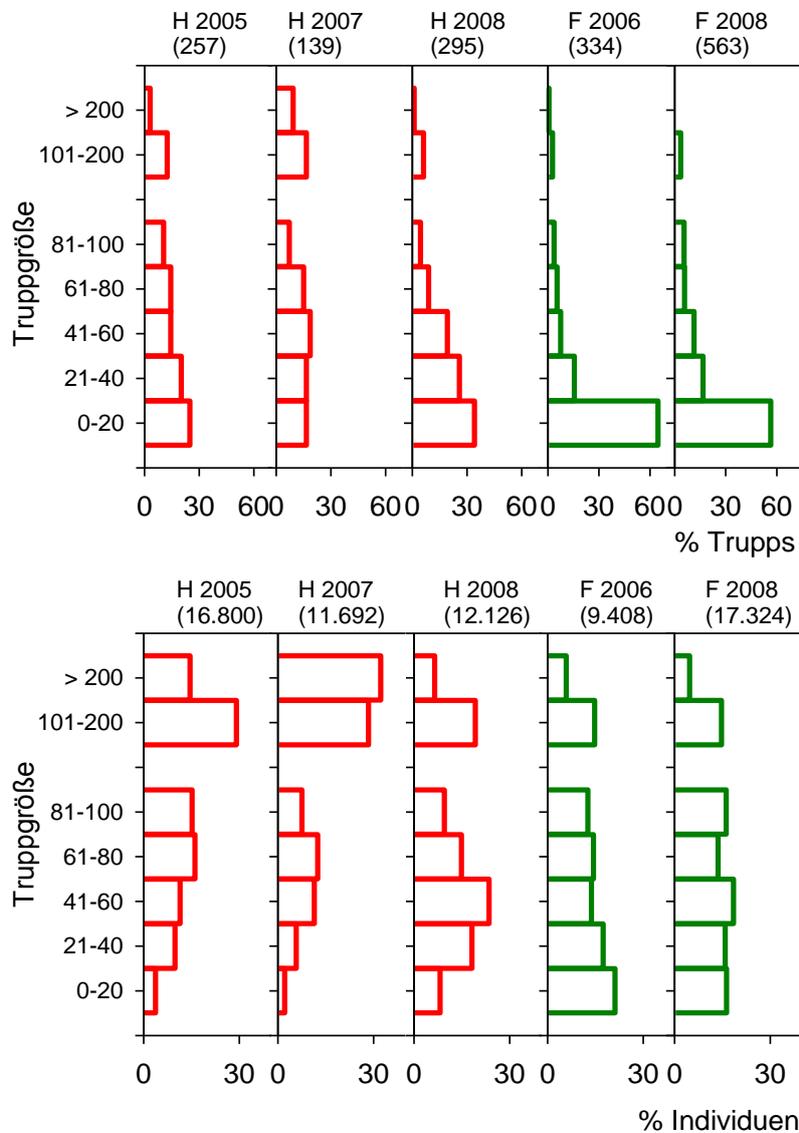


Abb. 17: Trupppgrößen (oben) und Verteilung der Individuenzahlen auf Trupppgrößen (unten) in den verschiedenen Untersuchungszeiten.

4.1.2.3 Tageszeitliche Zugintensitäten

Der Herbstzug 2005 hatte seinen Schwerpunkt in den Stunden vor Sonnenuntergang, während im Herbst 2007 und 2008 die meisten Vögel früher flogen (Abb. 18; 2008 in der Zeit von vier bis sechs Stunden vor Sonnenuntergang; 2007: drei bis vier Stunden vor Sonnenuntergang). Im Frühjahr 2006 wurden die meisten Kraniche vier bis fünf Stunden nach Sonnenaufgang gesehen. Der Kranichzug im Frühjahr 2008 zeigte fast den gleichen tageszeitlichen Verlauf, war jedoch tendenziell um eine Stunde nach vorne verschoben. Die mittlere Ankunftszeit im Herbst bei ca. 13:00 bis 13:30 lag (UTC, 15 bis 15:30 MESZ, Tab. 7). Die zeitliche Differenz zum Frühjahrszug lag bei etwa zwei Stunden. Im Mittel starteten die Kraniche von Rügen aus gegen 11 Uhr (UTC; 13 Uhr MESZ).

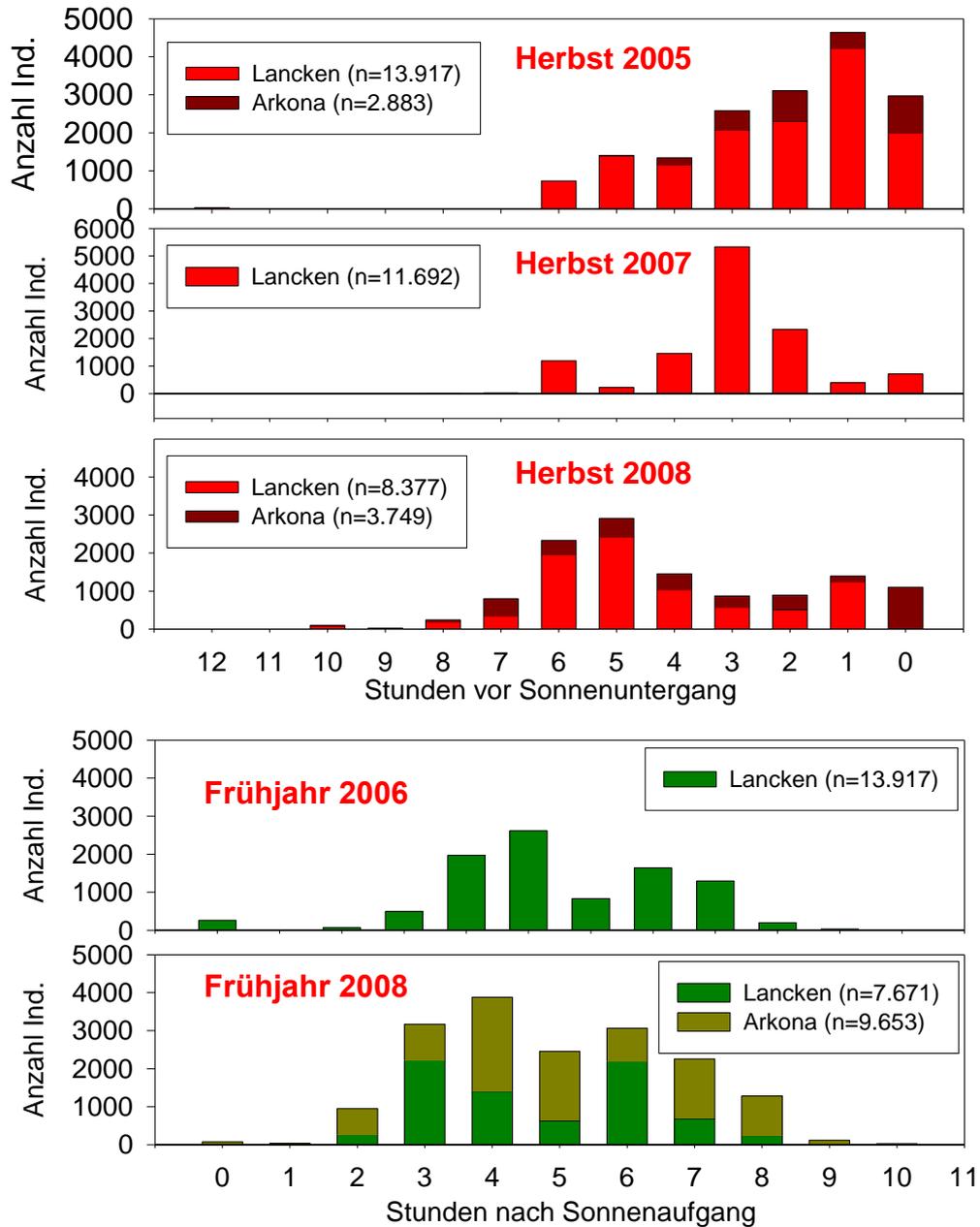


Abb. 18: Tageszeitliche Phänologie des Kranichzuges bezogen auf die Zeit des Sonnenuntergangs- (rot.) bzw. des Sonnenaufgangs (grün) für die verschiedenen Zeiträume (z. B. 0=0-1 Std. ; 1=1-2 Std. nach Sonnenaufgang). n= Summe der Individuen

Tab. 7: Mittlere Ankunfts- (Herbst) bzw. Abflugzeit (Frühjahr, UTC) von Kranichen auf Rügen (Berechnung durch zirkuläre Statistik, ORIANA 2.0).

	Herbst 2005	Herbst 2007	Herbst 2008	Frühjahr 2006	Frühjahr 2008
Mittelwert	13:35	13:04	13:06	10:52	11:06
Vektorlänge	0,87	0,87	0,88	0,90	0,89
Median	14:00	13:00	12:45	10:30	11:00
zirkul. SD.	30,9°	29,7°	29,4°	26,5°	26,9°
n Tracks	257	139	295	334	563

4.1.2.4 Vergleich mit Arkonasee

Im Jahr 2008 wurde in einzelnen Phasen von einem ankernden Schiff aus in der Arkonasee der Kranichzug synchron zu Beobachtungen an Land erfasst (Nordstrand und im Herbst auch Lancken, Abb. 19). Die Ankerposition war dabei jeweils die gleiche (Abb. 1). Im Frühjahr war lediglich am 20. März Kranichzug in größerem Umfang zu beobachten. In der Arkonasee wurden dabei etwa 60% der Vögel gesehen, die an dem Tage am Nordstrand notiert wurden. Etwa 82% der Vögel flogen dabei westlich am Schiff vorbei, zu 66% in einer Entfernung von mehr als 5 km (s. Tab. 8), so dass es sich vermutlich teilweise um identische Individuen handelte, die auch vom Standort „Nordstrand“ aus gesehen wurden. Östlich flogen die Vögel dagegen nur in sehr geringer Entfernung vorbei. Am 07. Oktober wurde vom Schiff aus etwa die Hälfte der Vögel beobachtet, die jeweils an den beiden Landstandorten auf Rügen gesehen wurden. Der Anteil östlich vorbei fliegender Vögel lag mit 37% deutlich höher als im Frühjahr (18%), dabei wurden vor allem Vögel in den Entfernungsklassen 2 bis 5 km (24%) und > 5 km (13%) beobachtet (Tab. 8). Diese weit östlich fliegenden Vögel sind somit von den Landstandorten aus nicht mehr zu erfassen. Insgesamt weisen die Daten auf eine höhere Streuung der Ankunftsorte bei Rügen im Herbst im Vergleich zu den Abflugsorten im Frühjahr hin.

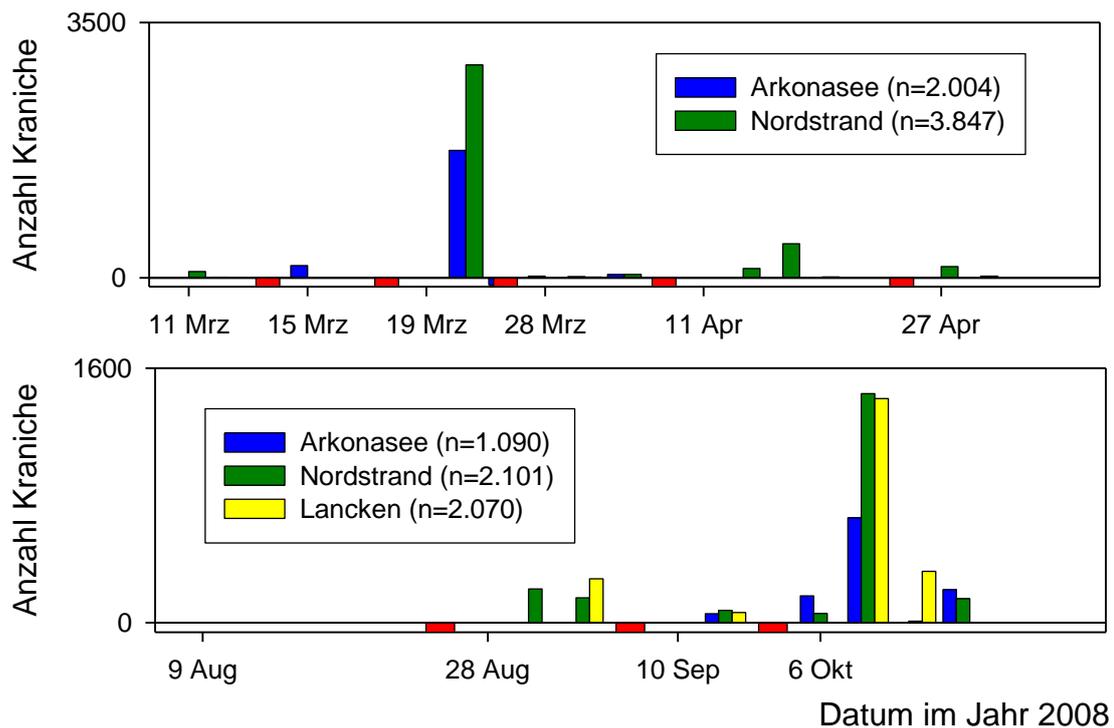


Abb. 19: Zugphänologie (Anzahl Kraniche) an synchronen Tagen auf der Arkonasee und an den Landstandorten (rot: Trennung der Erfassungsperioden).

Tab. 8: Entfernung der Kraniche zum Schiff auf der Arkonasee (in %) in Distanzkategorien jeweils östlich oder westlich der Ankerposition

Frühjahr 2008	Richtung zum Schiff		Gesamt
	östlich	westlich	
Distanz zum Schiff	[%]	[%]	[%]
0-1 km	16,2	0,0	16,2
1-2 km	1,9	9,0	10,9
2-5 km	0,0	6,8	6,8
>5 km	0,0	66,2	66,2
% gesamt	18,1	81,9	100,0
n gesamt	287	1.303	1.590
Herbst 2008			
0-1 km	0	0	0
1-2 km	0	0	0
2-5 km	23,9	18,8	42,7
>5 km	13,4	43,9	57,3
% gesamt	37,3	62,7	100
n gesamt	323	543	866

Eine Einschätzung der Flughöhe wurde nur in den vorgegebenen Kategorien vorgenommen. Bis auf drei Trupps im Frühjahr (Höhenstufe 10-50 m) bewegten sich alle Vögel in der Höhenstufe > 50 m.

4.1.3 Radarerfassungen

4.1.3.1 Flughöhen

Die Flughöhen zeigten in jedem Jahr sehr starke Fluktuationen (Abb. 20). Dabei zeigte sich, dass es häufig zeitlich zusammenhängende Phasen gab, in denen alle Trupps sehr tief flogen (z. B. 2005: Tracks 25 bis 60 in Abb. 20), wogegen in anderen Phasen fast durchgehend sehr hoch geflogen wurde (z. B. Tracks 120 bis 140). Die hierfür verantwortlichen Parameter (v. a. Wetter) werden in Kap. 4.1.3.4 diskutiert.

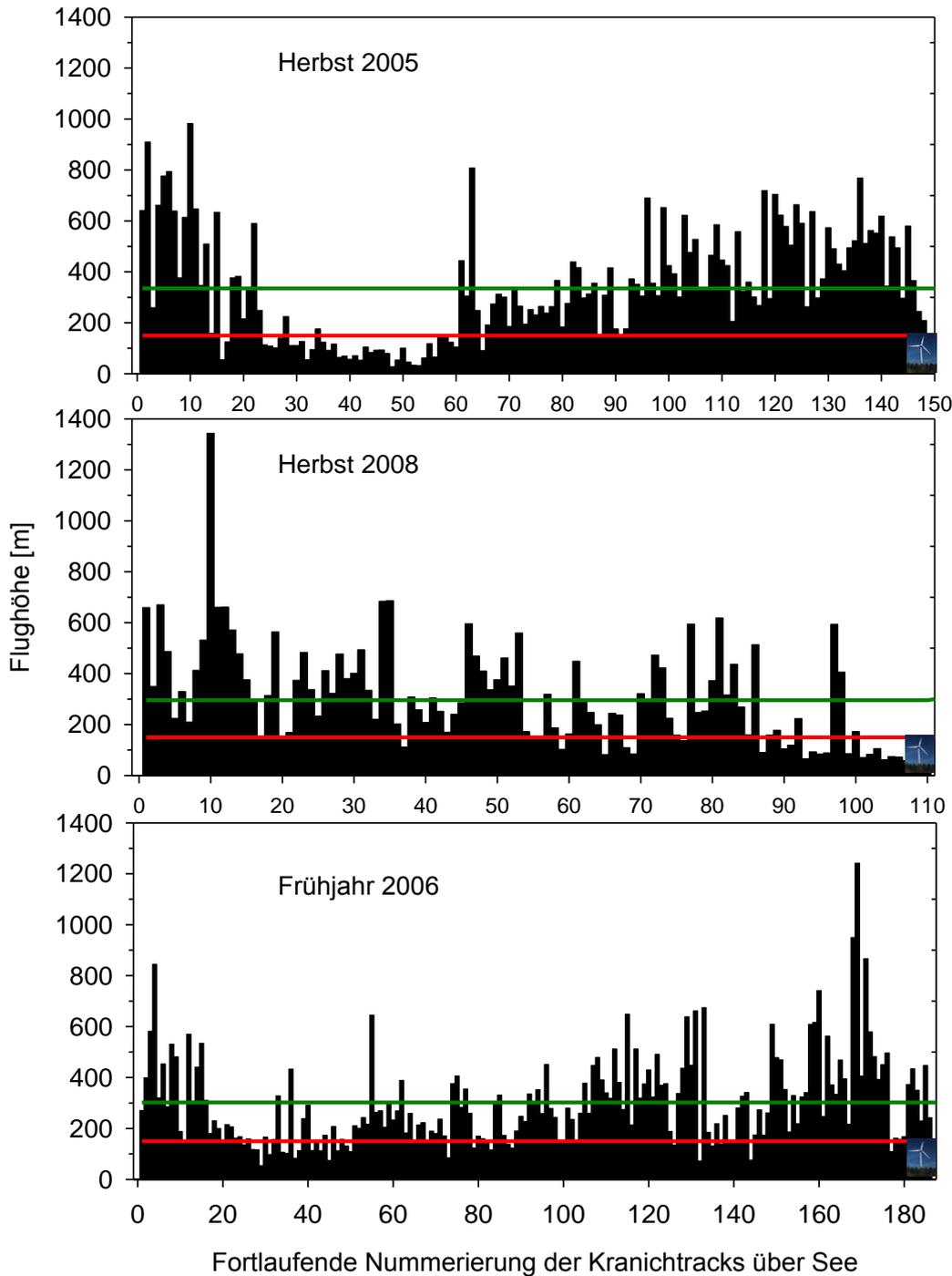


Abb. 20: Flughöhen der einzelnen gemessenen Kranichtrupps (grüne Linie: mittlere Zughöhe über gesamte Saison; rote Linie: 150 m-Höhenlinie entsprechend Höhe von Windrädern). Die Zuordnung der fortlaufenden Nummern zu einzelnen Tagen ist im Anhang in Tab. 53 zu sehen.

Die Höhenverteilung der Tracks/Individuen über Land und über See ist in Abb. 21 dargestellt. Bezogen auf Kranichtrupps unterschieden sich die mittleren Flughöhen über Wasser nicht

signifikant zwischen den Untersuchungsperioden. Die mittleren Flughöhen der Kranichtrupps lagen zwischen 296 m und 335 m (Tab. 9). Die Trupps setzen sich aus unterschiedliche vielen Individuen zusammen (s. Abb. 17). Deshalb ist es für die Beurteilung, wie viel Vögel sich in welcher Höhe befinden, sinnvoll, die Höhenverteilung auch in Bezug zu den Individuen darzustellen. Bezogen auf Individuen betragen die mittleren Flughöhen 313 (2005), 258 (2008) und 276 m (2006, Tab. 10). Ein statistischer Vergleich der Flughöhen auf Individuenebene ist aufgrund der Verhaltensabhängigkeit der Individuen innerhalb eines Trupps nicht zulässig. Bei beiden Darstellungsweisen wurden im Herbst 2008 die niedrigsten Flughöhen ermittelt.

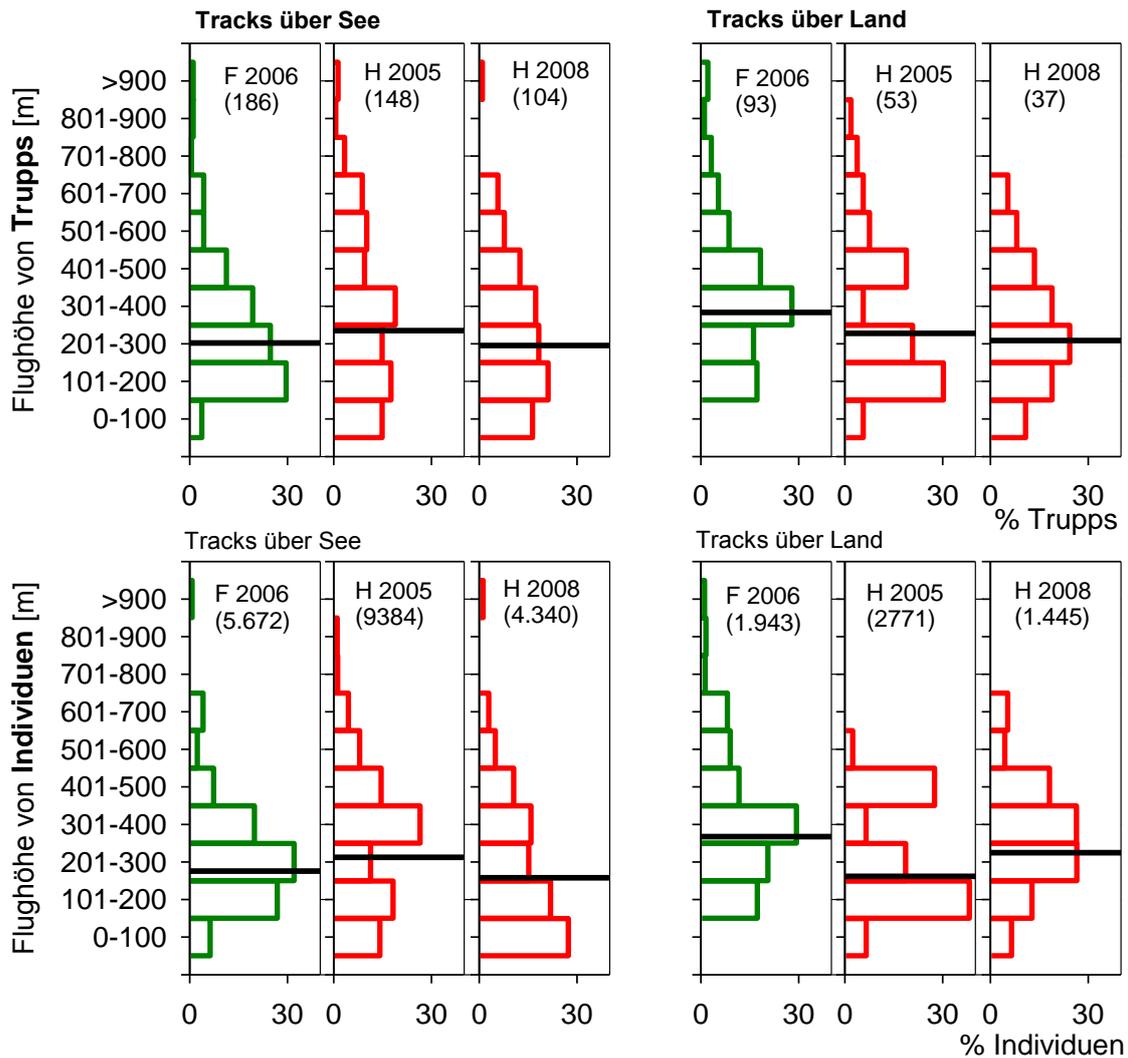


Abb. 21: Flughöhen (in %) von Kranichtrupps (links) und –individuen (rechts) für den Frühjahrs- und Herbstzug.

Aufgrund hoher mittlerer Flughöhen im Frühjahr 2006 über Land ergaben sich dagegen signifikante Unterschiede in den Flughöhen zwischen dem Frühjahr und den beiden Herbstphasen (auf Basis der Trupps; Tab. 9). Im Frühjahr war der Anteil unterhalb von 100 m fliegenden Vögel sehr gering.

Tab. 9: Mittlere Flughöhen [m] ± SD, Mediane und Extremwerte über Wasser und über Land im Vergleich von Herbst- und Frühjahrszug basierend auf Kranichtrupps (*= $p < 0,05$, ns=nicht signifikant).

	Mittelwert	SD	Median	Min.	Max.	n Trupps	U-Test
über Wasser							
Herbst 2005	335	214	301	28	982	148	2008 ns; 2006 ns
Herbst 2008	296	204	253	22	1.343	104	2005 ns; 2006 ns
Frühjahr 2006	302	179	260	54	1.242	186	2005 ns; 2008 ns
über Land							
Herbst 2005	328	210	246	78	858	53	2008 ns; 2006 *
Herbst 2008	309	161	293	77	681	37	2005 ns; 2006 *
Frühjahr 2006	383	195	361	104	1.223	93	2005 *; 2008 *

Tab. 10: Mittlere Flughöhen [m] ± SD, Mediane und Extremwerte von Individuen über Wasser und über Land im Vergleich von Herbst- und Frühjahrszug basierend auf Kranichindividuen.

	Mittelwert	SD	Median	n Individuen
über Wasser				
Herbst 2005	313	182	305	9.384
Herbst 2008	258	200	208	4.340
Frühjahr 2006	276	154	237	5.672
über Land				
Herbst 2005	262	145	230	2.771
Herbst 2008	325	147	350	1.445
Frühjahr 2006	368	181	336	1.943

Die meisten Kraniche über See waren im Frühjahr in den Höhenschichten zwischen 100 und 400 m zu finden, während sich im Herbst die Vögel über einen breiteren Höhenbereich verteilen (auch niedriger und höher fliegende Vögel, s. Abb. 21). Der Anteil unterhalb von 200 m fliegenden Vögel lag etwa zwischen 30 und 40%, der höchste Anteil wurde auf Individuenbasis im Herbst 2008 mit 49% erreicht (Tab. 11).

Tab. 11: Anteil von unterhalb von 200 m fliegenden Kranichen über See und über Land bezogen auf Kranichtrupps und Kranichindividuen (n Trupps/Individuen: s. Tab. 9, Tab. 10).

	über See		über Land	
	% Trupps	% Individuen	% Trupps	% Individuen
2005	32	32	36	45
2008	38	49	30	19
2006	33	33	17	38

Neben dem Mittel über die gesamte Saison sind auch die Verhältnisse an Massenzugtagen von Bedeutung, die hier für den Massenzugtag 15. Oktober 2005 dargestellt werden. An diesem Tag konnten 89 Kranichtrupps mit 5.871 Vögeln gemessen werden. Die mittlere Flughöhe lag mit 389 ± 166 Metern (MW \pm SD; Median 342 m; Min. 103 m; Max. 822 m; n=89 Trupps) deutlich über dem Durchschnitt der gesamten Saison. Unterhalb von 100 m wurden keine Vögel registriert, und die meisten Individuen (3.460 Ind., d. h. 58,9%) flogen in der Höhenschicht von 300 bis 500 m (11% unterhalb von 200 m).

Von den 89 gemessenen Kranichtrupps am 15.10.2005 trafen elf Trupps nach Sonnenuntergang auf die Küste Rügens. Die Höhenverteilung während dieses Nachtzuges war deutlich nach oben verlagert (Abb. 22). Es flogen keine Kraniche unterhalb von 200 m, und die mittlere Flughöhe während der Nacht lag über 200 m höher als während des Tagzuges am gleichen Tag (Tab. 12).

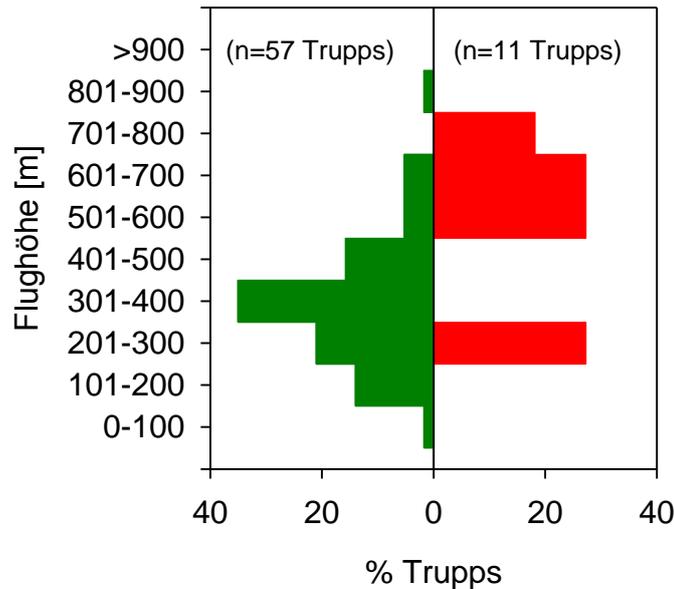


Abb. 22: Flughöhen über See (in %) von Kranichtrupps am Tag (links) und in der Nacht (rechts) am 15.10.2005.

Tab. 12: Mittlere Flughöhen [m] ± SD, Mediane und Extremwerte am 15.10.2005 während der Hell- und Dunkelphase (nur Tracks über See).

	Mittelwert	SD	Median	Min.	Max.	Anzahl Trupps
Hellphase	343	142	313	92	808	57
Dunkelphase	534	171	591	263	719	11
Gesamt	389	166	342	103	822	68

Kreisende Flugbewegungen mit Höhengewinn traten in allen Messphasen sowohl über Land als auch über Wasser regelmäßig auf (Tab. 13). Über Land wurde dieses Verhalten häufiger beobachtet als über Wasser, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Unterstützung durch Aufwinde über der Halbinsel Wittow zurückzuführen ist. Über Wasser konnte beobachtet werden, dass bei den kreisenden Flugbewegungen der Wind ausgenutzt wurde: beim Drehen in den Wind wurde mit den Flügeln geschlagen und an Höhe gewonnen. Während dieser Phase lassen sich die Vögel mit dem Wind treiben, so dass die einzelnen Phasen mit Geradeausflug seitlich versetzt sind (s. Abb. 23).

Tab. 13: Häufigkeit von „Kreisen“ über Wasser und über Land.

Jahr	Wasser		Land	
	Gesamtanzahl Tracks/ davon Tracks mit Kreisen	Anteil Tracks mit Kreisen	Gesamtanzahl Tracks/ davon Tracks mit Kreisen	Anteil Tracks mit Kreisen
2005	161/15	9,3%	57/10	17,5%
2006	193/16	8,3%	112/30	26,8%
2008	119/34	28,6%	43/17	39,5%

Insgesamt wurden im Herbst 2008 sowohl über Land als auch über Wasser am häufigsten Kranichtrupps mit kreisenden Flugbewegungen beobachtet. Da das Erkennen dieses Verhaltens auch von der Länge der Beobachtung eines Tracks abhängt, sind diese Daten nicht vollständig quantitativ zu werten. Z. B. wurden am Massenzugtag 15. Oktober 2005 immer nur relativ kurze Flugsequenzen gemessen, um die Anzahl der Tracks zu erhöhen. Damit verringerte sich auch die Wahrscheinlichkeit, dass im Verlauf des Flugweges das Verhalten des Kreisens beobachtet wurde.

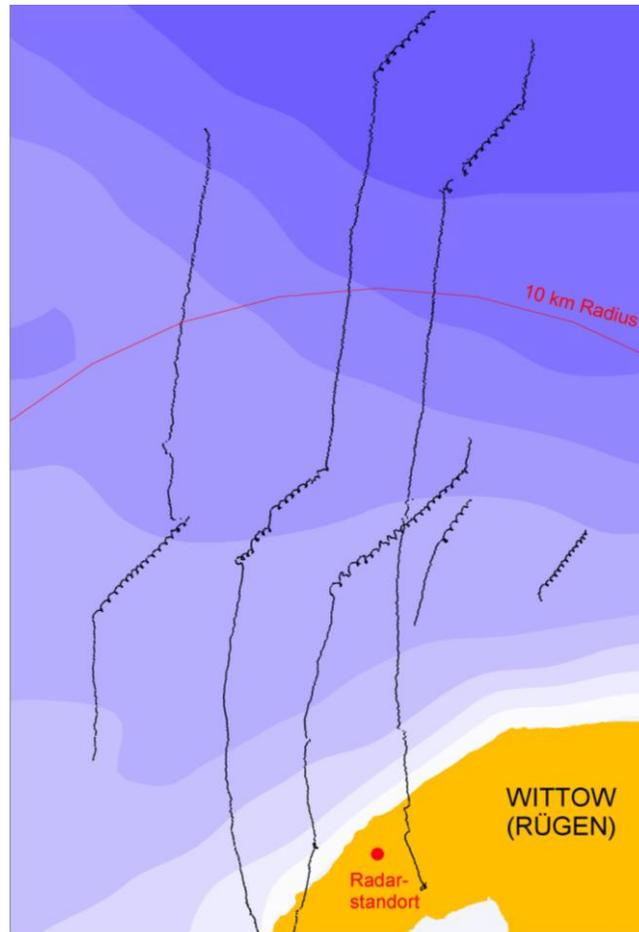


Abb. 23: Beispiel-Tracks mit kreisenden Flugbewegungen über dem Wasser (Herbst 2005).

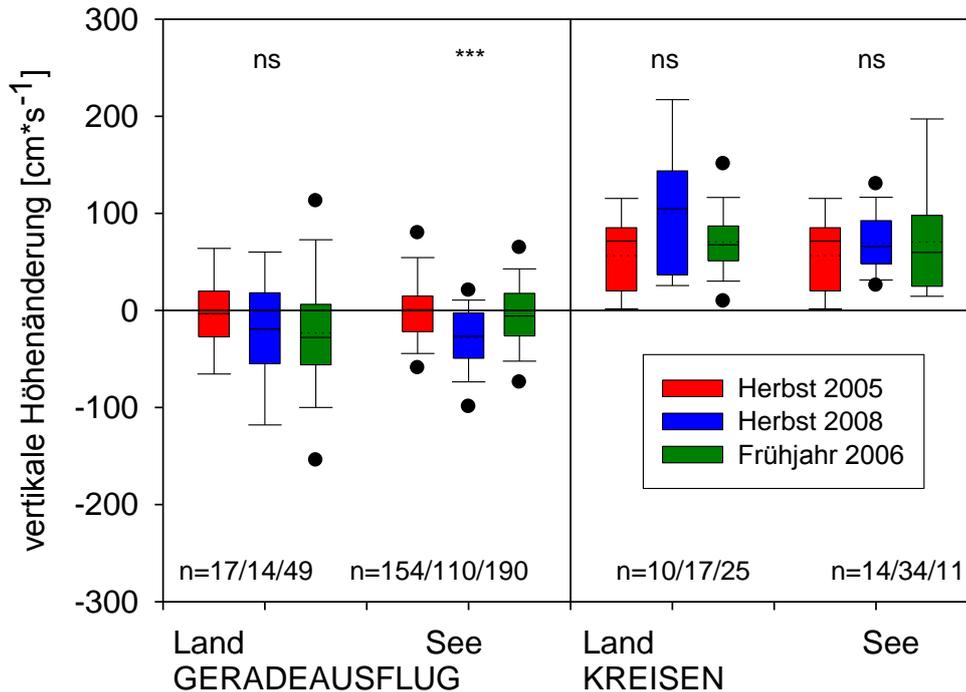


Abb. 24: Höhenänderungen beim „Geradeausfliegen“ (Tracks ohne Kreisen) und in Thermikschleifen über Land und über See (Mann-Whitney-U-Test: ns=nicht signifikant).

Während des Geradeausfluges über See (Tracks ohne Kreisen) wurden nur im Herbst 2008 negative mittlere Höhenänderungen gemessen (d. h. Höhenabnahmen), die sich signifikant von den beiden anderen Jahren unterschieden. Die Höhenzunahme während des Kreisens unterschied sich dagegen nicht zwischen den Jahren. Die meisten Vögel kreisten nur ein bis drei Minuten, im Mittel wurde über alle Daten (Auswertung nur von Tracks mit kompletten Kreisbewegungen) ein Höhengewinn von etwa 39 m pro Minute erzielt (Abb. 25).

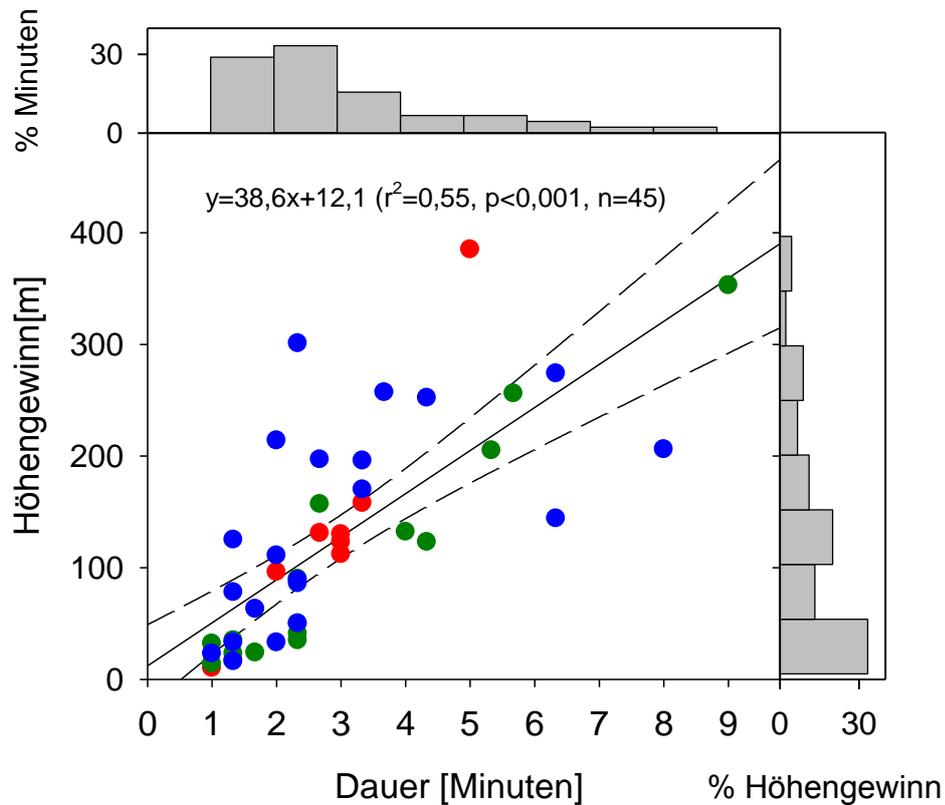


Abb. 25: Zusammenhang zwischen Höhengewinn und Verweildauer in Thermikschleifen (nur komplett gemessene Thermikschleifen; rot: 2005, grün: 2006, blau: 2008).

Grundsätzlich war es möglich, zwischen zwei Flugverhalten zu unterscheiden: dem „einfachen“ Geradeausflug und einem Geradeausflug, der regelmäßig von kreisenden Flugbewegungen unterbrochen wurde. Bis auf 2008 zeigte der Geradeausflug ohne Kreisen keine Höhenabnahmen, während in den Phasen des Geradeausfluges zwischen dem Kreisen in allen Jahren Höhenabnahmen zu erkennen waren. Das lässt darauf schließen, dass zwischen dem Höhengewinn durch Kreisen oft ein Gleitflug ohne Flügelschlagen bis zum nächsten Kreisen erfolgte. Hier sind also zwei Flugstrategien abzuleiten: 1) Geradeausflug ohne Höhenabnahme mit permanentem Flügelschlagen und 2) Höhengewinn durch Kreisen und anschließendem Segelflug (bzw. mit geringerem Schlagaufwand). Dieses Verhalten konnte in einigen Fällen auch visuell bestätigt werden.

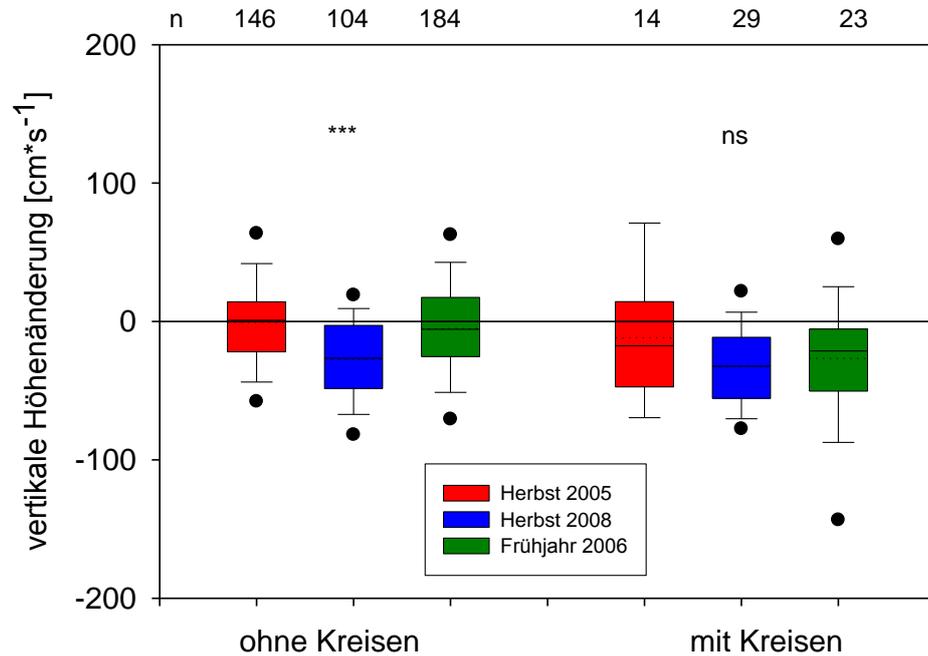


Abb. 26: Höhenänderungen beim „Geradeausfliegen“ im Vergleich von Tracks ohne Kreisen und Tracks mit Kreisen (KW-Test: ns=nicht signifikant, *** $p < 0,001$).

4.1.3.2 Flugrichtungen /-geschwindigkeiten

Die mittlere Flugrichtung während der beiden Herbstperioden war mit 193° (2005) bzw. 188° (2008) sehr genau südlich ausgerichtet mit einer leichten Abweichung in Richtung W (Mediane stimmten mit 190° exakt überein, Tab. 14). Die Häufigkeitsverteilungen von Flug-, Eigen- und Windrichtung ist in Abb. 27 dargestellt. Die Flugrichtung im Frühjahr war mit 16° nahezu exakt entgegengesetzt zur Flugrichtung im Herbst. Im Herbst gab es mit 9° die geringste Abweichung zwischen Eigenrichtung (d. h. der Körperachse des Vogels) und der Flugrichtung. Aus Abb. 27 wird deutlich, dass im Jahr 2005 während der Zugtage hauptsächlich Rückenwind herrschte und die Vögel deshalb nur gering gegen seitliche Winde kompensieren mussten. Im Jahr 2008 und 2006 flogen die Kraniche dagegen häufiger mit seitlichen Winden (s. Abb. 27), wodurch eine höher Windkompensation von 26° erforderlich war, um an das angestrebte Ziel zu kommen. Für Kompensation (im Gegensatz zum aktiven Ausnutzen der Winddrift) spricht eindeutig die nahezu exakt entgegengesetzten Richtungen im Frühjahr und Herbst. Dies ist ein Zeichen dafür, dass die Kraniche durch aktive Windkompensation ihr anvisiertes Ziel erreichen.

Tab. 14: Mittlere Flug-, Eigen- und Windrichtungen während des Herbst- und Frühjahrszuges.

	mw	Vektorlänge	Median	zirkul. SD	n Tracks
Flugrichtung					
Herbst 2005	193	0,95	190	18,7	148
Herbst 2008	188	0,95	190	18,2	104
Frühjahr 2006	16	0,96	17	17,0	186
Eigenrichtung					

	mw	Vektorlänge	Median	zirkul. SD	n Tracks
Herbst 2005	184	0,89	180	27,1	146
Herbst 2008	162	0,93	161	21,7	95
Frühjahr 2006	350	0,89	349	28,8	185
Windrichtung					
Herbst 2005	38	0,67	32	50,9	146
Herbst 2008	79	0,70	69	48,7	95
Frühjahr 2006	233	0,89	240	27,7	185

In den Berechnungen der Flugrichtungen werden die Phasen mit kreisenden Flugbewegungen nicht berücksichtigt. Da in diesen Phasen sich die Vögel mit dem Wind treiben lassen (s. Abb. 23), entsteht auf diese Weise eine Winddrift, die mit den gemessenen Zugrichtungen nicht erfasst werden kann. Hierdurch wird die Aussagekraft von Projektionen von Flugwegen eingeschränkt (s. u.).

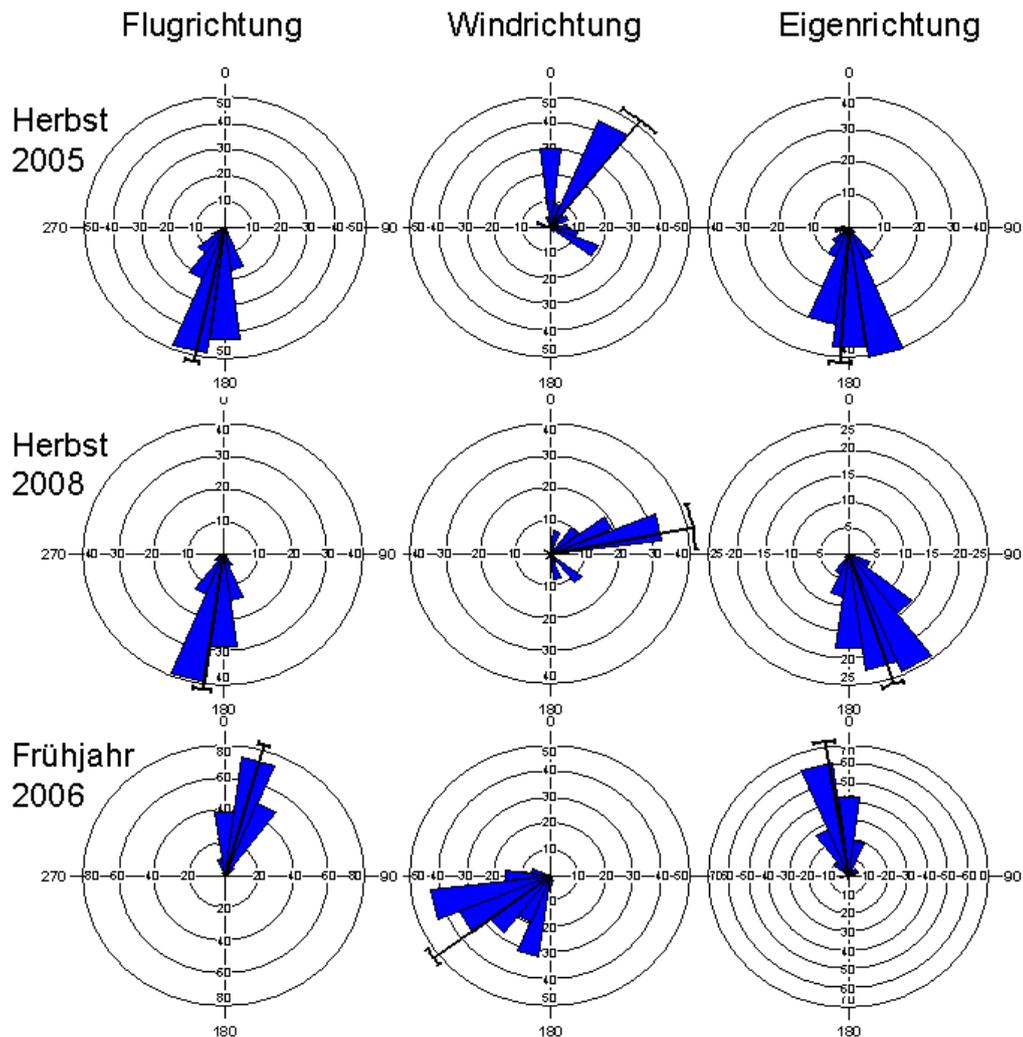


Abb. 27: Flugrichtungen (links), Windrichtungen (Mitte) und Eigenrichtungen (rechts) von Kranichtrupps im Herbst 2005/2008 und Frühjahr 2006 (Linie: mittlere Richtung mit 95% Konfidenzintervall, N Tracks: s. Tab. 7).

Tab. 15: Mittlere Flug- und Eigengeschwindigkeiten [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$] während des Frühjahrszuges 2006 und des Herbstzuges 2005/2008 über Land und über See. Vergleich der Jahreszeiten: T-Test, * $p < 0,05$, * $p < 0,005$, ns=nicht signifikant.**

	Mittelwert	SD	n Tracks	T
ÜBER LAND				
<i>Fluggeschwindigkeit</i>				
Frühjahr 2006 (F06)	69,9	22,0	93	H05: *, H08: ns
Herbst 2005 (H05)	63,2	15,1	53	H08: ns
Herbst 2008 (H08)	62,1	17,7	37	
<i>Eigengeschwindigkeit</i>				
Frühjahr 2006 (F06)	49,9	16,2	93	H05: ns, H08: ns
Herbst 2005 (H05)	52,6	7,8	48	H08: ns
Herbst 2008 (H08)	51,7	8,7	33	
ÜBER SEE				
<i>Fluggeschwindigkeit</i>				
Frühjahr 2006 (F06)	80,1	15,4	186	H05: ***, H08: ***
Herbst 2005 (H05)	68,7	14,7	148	H08: ***
Herbst 2008 (H08)	59,1	16,8	104	
<i>Eigengeschwindigkeit</i>				
Frühjahr 2006 (F06)	57,7	13,2	185	H05: ***, H08: ns
Herbst 2005 (H05)	53,1	8,6	140	H08: *
Herbst 2008 (H08)	55,7	7,6	95	

Die mittlere Fluggeschwindigkeit (d. h. real gemessene Geschwindigkeit über See/Land) über See war im Frühjahr 2006 mit $80,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ signifikant höher als in beiden Phasen des Herbstzuges (Tab. 15). Im Herbst 2005 lag die Fluggeschwindigkeit ca. $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ über der Geschwindigkeit im Jahr 2008. Die Fluggeschwindigkeiten zeigten dabei einen sehr breiten Überlappungsbereich (Abb. 28). Unter Einbeziehung des Windeinflusses lässt sich die Eigengeschwindigkeit berechnen, also die Geschwindigkeit, die aus eigener Kraft ohne Windeinfluss erzielt wird. Es zeigte sich, dass im Frühjahr 2006 die Eigengeschwindigkeit signifikant höher war als im Herbst 2005, nicht jedoch im Vergleich zum Herbst 2008. Die mittlere Eigengeschwindigkeit lag dabei 2008 über dem Wert von 2005. Insgesamt sehen die Kurven für die Darstellung der Eigengeschwindigkeit sehr ähnlich aus (Abb. 28, insbesondere der Bereich um die häufigsten Geschwindigkeiten), sie zeigen jedoch geringe Unterschiede in Häufigkeiten in den Randbereichen.

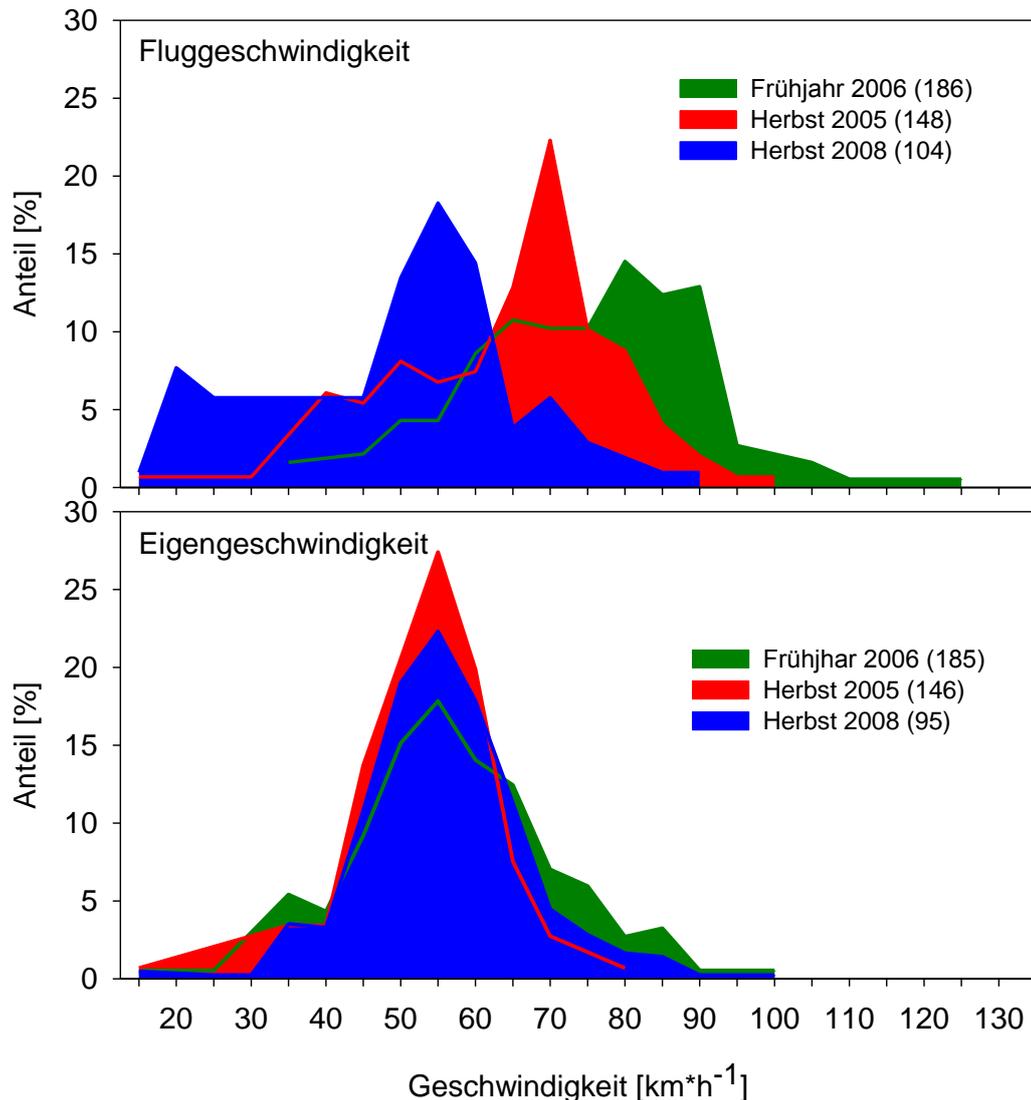


Abb. 28: Fluggeschwindigkeit (oben) und Eigengeschwindigkeit (unten) über See während des Frühjahrszuges 2006 und des Herbstzuges 2005/2008.

4.1.3.3 Windeinfluss auf Zugintensität

Als entscheidender Faktor zur Erklärung der saisonalen Variation des Zugverlaufs sind die Windverhältnisse zu nennen. Aus einer Kombination von Windrichtung in Bezug zur Zugrichtung und der Windstärke lässt sich die Rückenwindkomponente (TWC=Tail wind component) errechnen, die Informationen über Windunterstützung (positive TWC) bzw. Gegenwind (negative TWC) gibt. Für die Zugphasen, in denen auch mittels Zielfolgeradar gearbeitet wurde, werden die Wittereinflüsse auf den Verlauf des Kranichzuges betrachtet.

Im Herbst 2005 herrschte in den langen Phasen ohne (18. September bis 2. Oktober) bzw. mit geringem Kranichzug (8. bis 12. Oktober) Windrichtungen um S bis SE vor, die mit Gegenwindsituationen für die ziehenden Kraniche verbunden waren (negative Werte für Rückenwindkomponente; Abb. 29). Am Massenzugtag 15. Oktober 2005 drehte der Wind auf

nördliche Richtungen, und die meisten Kraniche überquerten an diesem Tag bei starkem Rückenwind die Ostsee. Der Zug vom 3. bis 7. Oktober 2005 fand ohne ausgeprägte Windunterstützung statt (Rückenwindkomponente um 0, Abb. 29). Offensichtlich brachen nach der sehr langen Phase mit starkem Gegenwind viele Kraniche auch bei suboptimalen Bedingungen auf.

Während des Herbstzuges 2008 gab es bis Ende September immer wieder Tage mit „gutem“ Kranichzug – insgesamt herrschte in dieser Phase Wind aus NE bis E, woraus an den meisten Zugtagen eine positive Rückenwindkomponente resultierte. Am Tag mit der höchsten Zugintensität (07.10.2008; mit ca. 2.900 Kranichen jedoch weit weniger als am Massenzugtag im Herbst 2005 mit fast 10.000 Vögeln) herrschten südliche Winde, d. h. die Vögel flogen bei Gegenwind. Die Gründe hierfür lagen vermutlich v. a. in relativ guten Bedingungen im Aufbruchgebiet (s. Diskussion in Kap. 5.1.2).

Im Frühjahr 2006 setzte der Kranichzug erst sehr spät ein (nur wenige Vögel zogen vor dem 27. März 2006), obwohl im Verlaufe des März die Windbedingungen zeitweise gut waren (d. h. Rückenwind). Dass trotzdem keine Kraniche in Richtung Schweden abzogen, ist mit niedrigen Temperaturen aufgrund eines sehr stabilen kontinentalen Hochdrucksystems zu erklären. Bis Ende März lagen die Temperaturen um Null Grad mit Nachfrösten und zeitweisem Schneefall und die Brutgebiete in Schweden waren noch vereist. Der Kranichzug setzte dann genau an dem Tag ein, an dem die Temperaturen um fast 10 ° stiegen (27. März 2006), und in den Folgetagen herrschte mit südwestlichen Winden ausschließlich Rückenwind.

Für jede Zugsaison galt, dass an allen Tagen mit stärkerem Kranichzug Sichtweiten von mindestens 20 km herrschten.

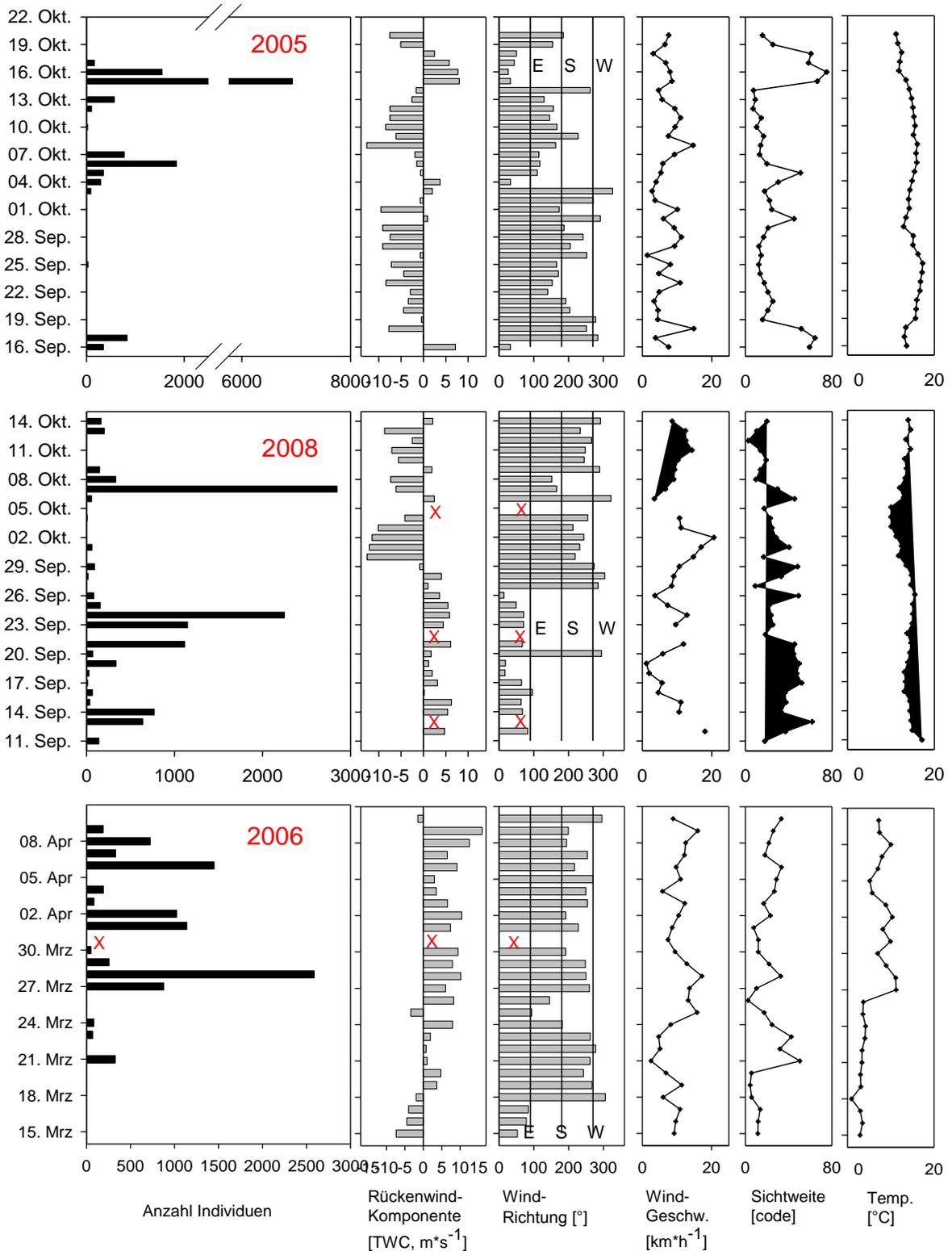


Abb. 29: Einfluss der Rückenwindkomponente (negativ=Gegenwind, positiv=Rückenwind) sowie Windrichtung /-stärke, Sichtweite und Temperatur auf das Zugaufkommen des Kranichs. (X: keine Beobachtungen/Messungen wegen Regen; Daten von Wetterstation DWD Kap Arkona).

Für den Herbstzug 2005 und den Frühjahrszug 2006 galt, dass über 60% der Tracks bei Rückenwind gemessen wurden, wogegen im Herbst 2008 die meisten Tracks (ca. 41%) bei Gegenwind flogen (Tab. 16). Diese Flugwege gingen vor allem auf den Tag mit der stärksten Zugbewegung zurück (07.10.2008).

Tab. 16: Verteilung der Tracks auf verschiedene Windsituationen, berechnet nach individuellen Flugwegen (Angaben in %).

	Gegenwind	neutraler Wind	Rückenwind	n Tracks
Herbst 2005	21,4	16,9	61,7	154
Herbst 2008	40,9	37,3	21,8	110
Frühjahr 2006	15,3	22,6	62,1	190

4.1.3.4 Windeinfluss auf Flughöhen

Die Flughöhen zeigten deutliche Abhängigkeiten von der Windrichtung. In jeder Saison unterschieden sich die Flughöhen zwischen den festgelegten Windkategorien (d. h. Windrichtung in Bezug zur Flugrichtung: Gegenwind, „neutraler“ Wind und Rückenwind; Definition s. Kap. 3.2.3). Dabei war nur im Herbst 2008 eine kontinuierliche Zunahme der Flughöhe von Gegenwind über neutralem Wind bis hin zu Rückenwind zu verzeichnen (Abb. 30). Neben dem Unterschied zwischen den Gruppen lag auch eine signifikante Korrelation zwischen der Rückenwindkomponente und der Flughöhe vor (Tab. 17). Im Herbst 2008 waren bei Gegenwind ebenfalls die niedrigsten Flughöhen zu verzeichnen, die mittlere Flughöhe bei Rückenwind lag jedoch unterhalb der Kategorie „neutraler“ Wind. Trotz der niedrigeren Flughöhen bei Rückenwind lag auch im Herbst 2008 eine signifikante Korrelation zwischen Flughöhe und TWC vor (Tab. 17). Im Unterschied zu beiden Herbstphasen war eine solche Korrelation während des Frühjahrs nicht zu erkennen (Spearman Rangkorrelation: $r_s=0,083$, $p=0,256$, $n=189$). Der Hauptzug fand bei Rückenwind statt, wobei die Unterschiede in den mittleren Flughöhen zwischen den Kategorien weit geringer waren als im Herbst (geringeres Signifikanzniveau im Frühjahr im Vergleich zum Herbst, Abb. 30). Um den Unterschied im Flugverhalten zwischen den beiden Herbstsaisons näher zu verdeutlichen, werden die mittleren Flughöhen in den verschiedenen Windsituationen direkt verglichen (Tab. 17). 2005 zeigten sich bei Gegenwind bzw. Rückenwind jeweils extremere Flughöhen, d. h. deutlich niedriger bei Gegenwind (etwa halbe Höhe im Vergleich zu 2008) und deutlich höher bei Rückenwind.

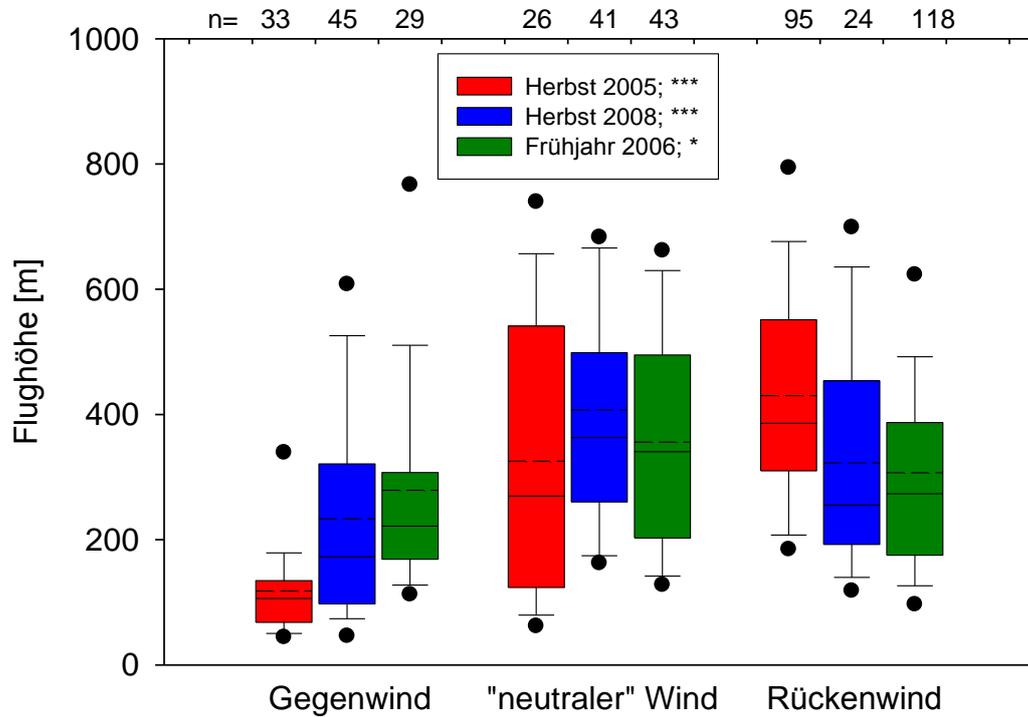


Abb. 30: Flughöhen im Vergleich von Herbst- und Frühjahrszug bei Gegenwind, „neutralem“ und Rückenwind (nur Tracks über See). Mann-Whitney-U-Test: + $p < 0,05$, *** $p < 0,005$.

Tab. 17: Mittlere Flughöhen \pm SD (n) bei verschiedenen Windsituationen im direkten Vergleich der Herbstzugzeiten 2005 und 2008 (U-Test; Z=Koeffizient) sowie Rankkorrelation zwischen Flughöhe und TWC; ns=nicht signifikant, ** $0,005 < p < 0,05$; *** $p < 0,005$.

	2005	2008	Z
Gegenwind	118 \pm 93 (33)	233 \pm 172 (45)	-3,2 ***
"neutraler Wind"	325 \pm 225 (26)	407 \pm 216 (41)	-1,7 ns
Rückenwind	430 \pm 182 (95)	322 \pm 172 (24)	-2,8 **
Korrelation TWC - Flughöhe	0,588 ***	0,381 ***	

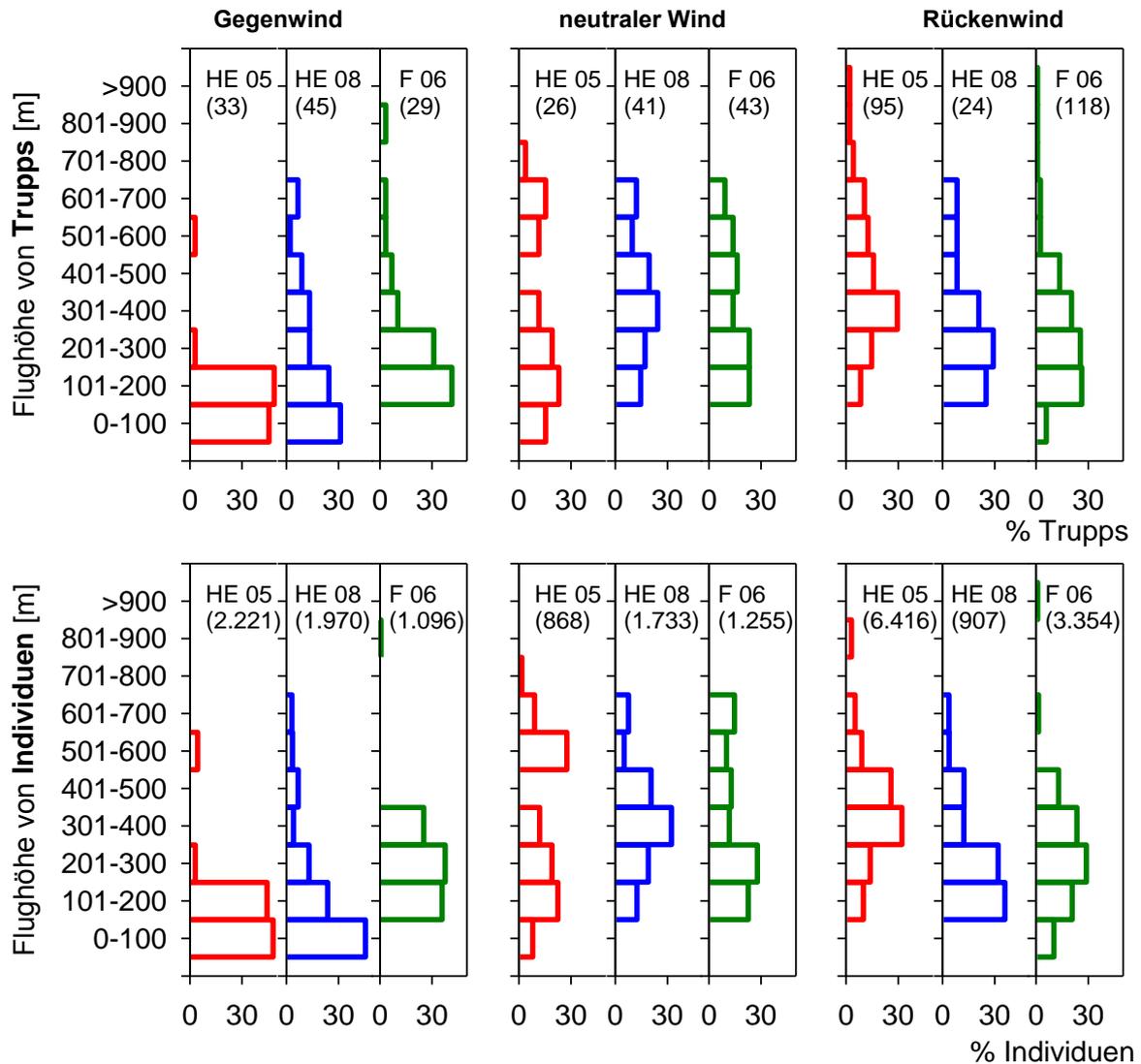


Abb. 31: Flughöhen in Abhängigkeit von Windsituation (nur Tracks über See) dargestellt in Bezug auf Kranichtrupps (oben) und Kranichindividuen (unten).

Die Höhenverteilungen in 100 m-Intervallen bei verschiedenen Windsituationen und Zeiten sind in Abb. 31 dargestellt. Sie geben, über die Information aus den Box-Plots von Abb. 30 hinaus, konkrete Informationen über Flughöhen. So ist z. B. zu erkennen, dass im Herbst 2005 bei Gegenwind sowohl bezogen auf Trupps als auch auf Individuen, nur ausnahmsweise oberhalb von 200 m geflogen wurde. Insbesondere bei der Betrachtung der Individuen wird auch der Unterschied in der Flughöhe bei Rückenwind zwischen den Herbst-Perioden deutlich: während im Jahr 2005 der Schwerpunkt im Höhenbereich von 300 bis 500 m lag, wurden 2008 die meisten Vögel im Höhenintervall von 200 bis 300 m beobachtet (einige wenige Trupps waren ohne Angabe von Individuen, daher können in Höhenschichten für „Trupps“ Werte auftauchen, in denen auf Individuenebene keine Daten stehen, z. B. Frühjahr 2006 bei Gegen- und Rückenwind).

Tab. 18: Anteil unterhalb von 200 bzw. 150 m fliegende Kraniche bei verschiedenen Windsituationen.

	% Trupps < 200 m	% Ind. < 200 m	Anz. Ind. < 200 m
Gegenwind			
2005	94	92	2.051
2008	56	69	1.364
2006	41	36	392
neutraler Wind			
2005	38	30	264
2008	15	12	216
2006	23	23	284
Rückenwind			
2005	8	10	641
2008	25	36	325
2006	32	31	1.042
	% Trupps < 150 m	% Ind. < 150 m	Anz. Ind. < 150 m
Gegenwind			
2005	85	78	1.726
2008	44	65	1.273
2006	17	6	64
neutraler Wind			
2005	35	29	249
2008	2	0	0
2006	12	9	118
Rückenwind			
2005	1	1	70
2008	8	4	38
2006	14	14	482

In Tab. 18 sind je Windkategorie die Anteile von Trupps bzw. Individuen aufgeführt, die unterhalb von 200 m bzw. unterhalb von 150 m gemessen wurden. Die Prozentangaben gelten innerhalb der Wind-Kategorien und Jahre, und es liegen unterschiedliche Anzahlen Trupps/Individuen zugrunde. Für die generelle Aussage, wie viel Vögel unterhalb von 200 m flogen, siehe Tab. 11. Die Gegenüberstellung der Höhenkategorien 200 m und 150 m macht deutlich, dass in einigen Fällen hauptsächlich auch der Bereich zwischen 150 m und 200 m genutzt wurde. Vor allem im Frühjahr waren die Unterschiede in den Anteilen hoch. Z. B. bei Gegenwind flogen 41% unterhalb von 200 m und nur 17% unterhalb von 150 m (d. h. 24% der Vögel zogen in den 50 m zwischen 150 und 200 m). Ebenfalls relativ hohe Anteile in diesem Höhenbereich wurden im Herbst 2008 beobachtet (neutraler Wind: 15% gegenüber 2%; Rückenwind: 25% gegenüber 8%).

4.1.4 Flugwege

Die räumliche Verteilung der einzelnen Kranichtracks als Basis für die Datenauswertung ist im Anhang zu finden (Abb. 62, Abb. 63, Abb. 64). Einen Eindruck der räumlichen Verteilung gibt die Häufigkeit in Bezug zur horizontalen Entfernung vom Radarstandort (Abb. 32). Hierbei wurden für den Herbst das erste 20-Sekunden-Intervall über Wasser, bzw. für das Frühjahr das letzte Intervall über Wasser ausgewählt. Sie geben einen Eindruck, wo die Vögel im Herbst ankamen, bzw. über Wasser abflogen. Während der Herbstperioden streuten die Kranichtrupps deutlich stärker als im Frühjahr. Im Herbst lag der Schwerpunkt der Kranichtracks etwa gleich verteilt östlich und westlich des Standortes mit einer Häufung innerhalb einer Entfernung von ca. 4 km beiderseits. Im Frühjahr lag der Schwerpunkt dagegen deutlich östlich vom Standort, d. h. bis maximal 8 bis 10 km im Bereich der Halbinsel Wittow. In diesem Bereich scheint also sowohl im Frühjahr als auch im Herbst ein verstärkter Zug (Zugkorridor) vorzuliegen. Für mögliche andere Ursachen für die Verteilung der gemessenen Tracks siehe Diskussion in Kap. 5.1.1. Ankommende Kraniche setzten grundsätzlich ihren Flug über Land in Richtung Rügen-Bock-Region fort. Oft wurde beobachtet, dass hierzu über Land die Flughöhe durch kreisende Flugbewegungen erhöht wurde (Beispiel-Track: s. Abb. 11 in Kap. 3.2.3).

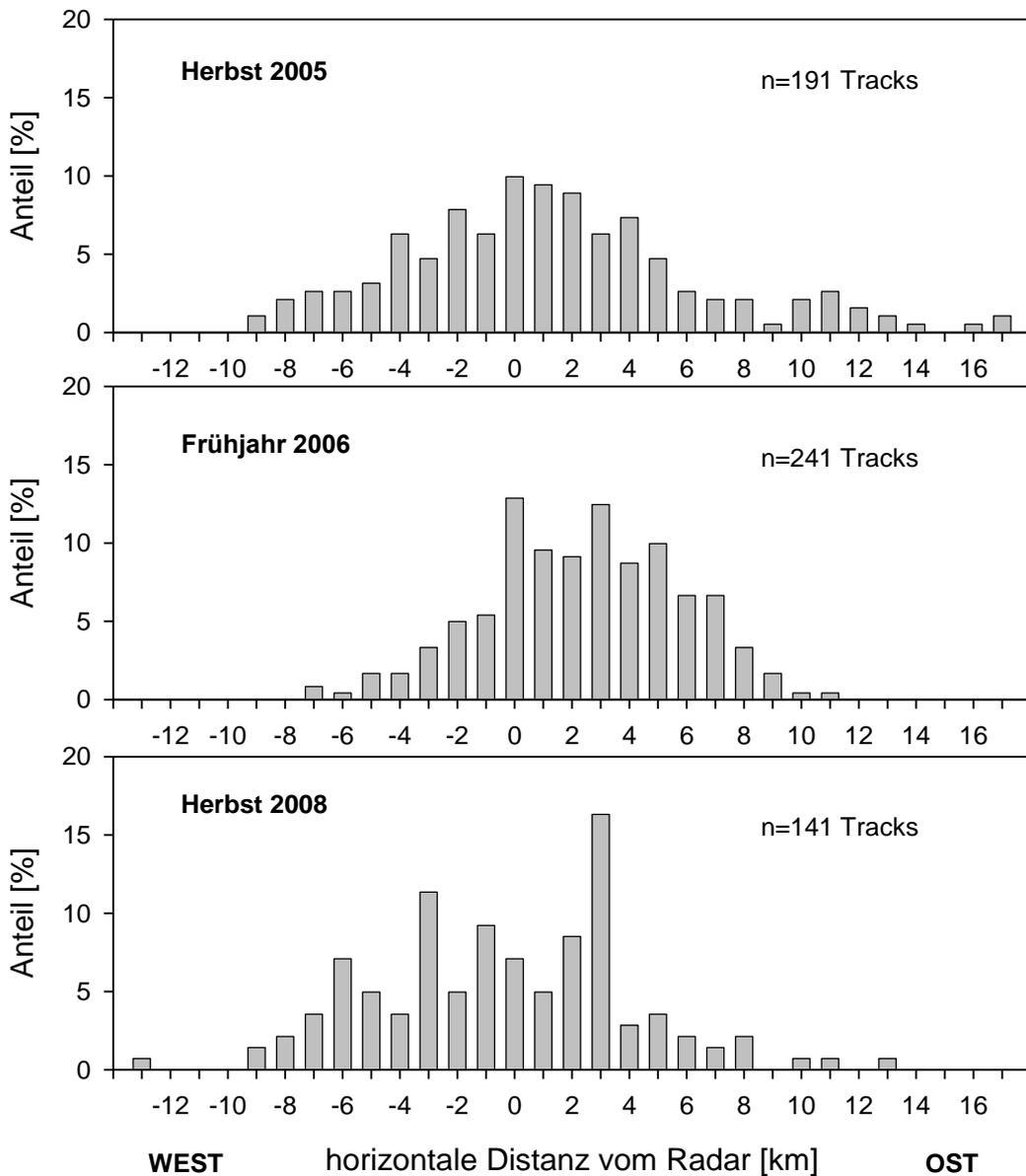


Abb. 32: Horizontale Entfernung der Kranichtracks vom Radarstandort (x-Achse=0) in West-Ost-Richtung (Datenselektion: s. Text).

Für eine Extrapolation des Zugweges in Richtung Vorhabensgebiet bzw. der Insel Bornholm wurden nur Tracks berücksichtigt, in denen keine kreisenden Flugbewegungen vorkamen. Während des Kreisens lassen sich die Kraniche mit dem Wind verdriften (s. Abb. 23), so dass bei mehrfachem Vorkommen dieses Verhaltens eine hohe Parallelverschiebung des Zugweges stattfindet und eine Extrapolation ausgehend von den „Geradeaus-Flugphasen“ keinen Sinn macht. Weiterhin wurde die Flugrichtung des ersten 20-Sekunden-Intervalls im Herbst und des letzten Intervalls im Frühjahr über See verwendet. Unter der Annahme, dass die Kraniche mit gleicher Richtung weiterfliegen (Frühjahr) bzw. geflogen sind (Herbst), läge der Anteil Trupps, die das Vorhabensgebiet streifen, bei 6,0% im Herbst 2005 und 11,4% im Herbst 2008 (Tab. 19). Im

Frühjahr 2006 war der Anteil der Trupps mit 12,5% höher. Der Anteil Individuen lag dabei im Bereich von 3,7 bis 10,9%.

Im Hinblick auf die Frage, ob die vor Wittow gemessenen Kraniche der Zugpopulation angehören, über Bornholm die Ostsee überqueren, zeigte die Extrapolation der Zugwege, dass nur sehr geringe Anteile diesen Weg nahmen. Zwischen 1,8 und 3,7% der Trupps bzw. 0,6 bis 2,5% der Individuen kamen aus diese Richtung, bzw. flogen dorthin.

Tab. 19: Anteile von Trupps bzw. Individuen, deren extrapolierte Flugrichtung das Vorhabensgebiet bzw. die Insel Bornholm streifen.

Jahr	2005	2006	2008
<i>Trupps (%)</i>			
Vorhabensgebiet	6,0	12,5	11,4
Bornholm	3,3	3,7	1,8
n Trupps	166	200	88
<i>Individuen (%)</i>			
Vorhabensgebiet	3,7	9,7	10,9
Bornholm	1,7	2,5	0,6
n Individuen	10.023	5.689	3.346

4.2 Seevogel- und Kleinvogelzug

4.2.1 Sichtbeobachtungen

4.2.1.1 Artenspektrum

Die ganztägigen Beobachtungen über lange Zeiträume und über mehrere Jahre bieten einen Datensatz zur Beschreibung des Zuggeschehens vor Rügen, der bisher in diesem Umfang nicht vorlag. Beim Vergleich der Artenspektren und Individuenzahlen in den verschiedenen Jahreszeiten und Jahren sind die unterschiedlichen Erfassungszeiträume zu berücksichtigen (vgl. Abb. 2). Insbesondere im Herbst 2005 wurde vor allem zur Erfassung des Trauerentenzuges nur an relativ wenigen Tagen und vor allem in den Abendstunden beobachtet (Zugpeak im Herbst vor Sonnenuntergang). Im Frühjahr 2007 wurde vom 5. März bis zum 5. Mai beobachtet, wodurch der ganz frühe und der ganz später Zug nicht erfasst wurde. Im Jahr 2008 wurden sowohl im Frühjahr als auch im Herbst während der gesamten Saison ganztags beobachtet. Somit lassen sich vor allem die Individuenzahlen des Frühjahrs- und Herbstzuges 2008 vergleichen (2007 mit einigen Einschränkungen). Neben den Individuenzahlen ist die Zugrate (d. h. Individuen pro Stunde) ein weiterer wichtiger Parameter für den Vergleich zwischen Individuen und Jahren (für ausgewählte Arten: s. Abb. 34). Bei den Beobachtungen lag der Schwerpunkt auf der Erfassung des Zuges von Wasser- und Watvögeln, Limikolen und Greifvögel. Standortbedingt wurde nur der Zug von Nicht-Singvögeln quantitativ erfasst, Singvogelarten nur qualitativ (Definition der Klasseneinteilung: s. Kap. 3.3).

Die auf Artniveau bestimmte Anzahl der Nicht-Singvogel-Arten je Saison schwankte zwischen 84 (Frühjahr 2007) bzw. 89 (Frühjahr 2008; Gesamtzahl Frühjahr: 103 Arten) und 97 (Herbst 2008; Jahr 2005 ausgenommen wegen deutlich geringerer Beobachtungszeiten; Gesamtzahl Herbst: 99 Arten; Tab. 20). Die höhere Artenzahl im Herbst im Vergleich zum Frühjahr geht einerseits auf „seltene“ Arten zurück (Eistaucher, Falkenraubmöwe, Dreizehenmöwe) andererseits wurden im Herbst deutlich mehr Limikolenarten registriert als im Frühjahr (nur im Herbst: Knutt, Sanderling,

Sichelstrandläufer, Dunkler Wasserläufer, Bekassine). Singvögel wurden am Standort „Nordstrand“ für das Jahr 2008 (Abdeckung der kompletten Zugsaison) nur qualitativ erfasst (Grund: s. Kap. 3.3.1). Als Artensummen ergaben sich für das Frühjahr 2008 72 Arten, für den Herbst 2008 62 Arten (Arten mit Brutpaarzahlen in Schweden von > 1.000 BP, s. Kap. 3.3.1,

Tab. 54 im Anhang; Artenzahl für Singvögel insgesamt: 81). Insgesamt konnten somit in einem Jahr mit einer Abdeckung der kompletten Zugzeiten 161 Zugvogelarten im Frühjahr und 163 Arten im Herbst festgestellt werden (Gesamtzeitraum Frühjahr: 103+72=182 Arten; Herbst: 99+62=161 Arten). Für den gesamten Beobachtungszeitraum wurden 115 Nicht-Singvogel-Arten (2005, 2007 und 2008; Tab. 20) und 81 Singvogelarten (Frühjahr und Herbst 2008; nur Arten mit > 1.000 BP in Schweden, s. Tab. 54) beobachtet (d. h. als Gesamtsumme: 196 Arten).

Tab. 20: Quantitativ erfasste Nicht-Singvögel am Standort Rügen/Nordstrand für das Frühjahr 2007 (FR 07), 2008 (FR 08) und Herbst 2005 (HE 05) und 2008 (HE 08). Stetigkeit: % Tage mit Sichtungen; % „richtige“ Richtung: Richtung entsprechend Jahreszeit (s. Methode).

Art	Anzahlen Individuen				Stetigkeit				% "richtige" Richtung			
	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08
Sterntaucher	2.715	3.233	4	116	92	75	7	27	93	87	100	84
Prachtaucher	921	554	92	503	92	80	30	62	83	81	52	73
Gelbschnabeltaucher	2	1	0	0	2	1	0	0	50	100	0	0
Eistaucher	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
unbest. Seetaucher	769	1.850	6	128	82	83	7	26	83	87	100	82
Summe Seetaucher	4.407	5.638	102	748								
Ohrentaucher	33	11	0	8	13	5	0	4	73	100	0	75
Schwarzhalstaucher	2	0	0	1	3	0	0	1	100	0	0	100
Haubentaucher	90	85	11	105	41	28	2	27	84	71	36	73
Rothalstaucher	58	134	2	118	38	42	2	33	84	88	50	51
Lappentaucher	14	22	0	16	10	11	0	7	64	73	0	56
Summe Lappentaucher	197	252	13	248								
Basstölpel	5	1	0	3	5	1	0	1	57	100	0	33
Kormoran	1.945	2.583	120	1.923	87	66	14	49	45	55	29	33
Silberreiher	1	3	0	2	2	1	0	0	100	67	0	0
Graureiher	65	76	6	87	28	21	0	13	85	58	0	34
Weißstorch	0	0	1	0	0	0	0	0				
Schwarzstorch	0	1	0	0	0	0	0	0				
Kranich ¹⁾	3.359	9.279	628	3.875	16	66	52	25				
Summe Reiher/Korm./Tölpel	5.375	11.943	755	5.890								
Höckerschwan	214	427	14	152	49	40	7	16	87	71	93	69
Singschwan	353	102	0	0	23	11	0	0	61	75	0	0
Zwergschwan	80	29	10	0	7	5	2	0	100	100	100	0
Schwan spec.	66	266	10	15	10	23	0	1	45	56	0	100
Summe Schwäne	713	824	34	167								
Blässgans	869	494	453	299	18	8	9	13	100	93	72	68
Saatgans	43	68	67	47	3	5	5	7	81	76	40	32
Graugans	222	456	0	395	33	29	0	20	78	31	0	41

Art	Anzahlen Individuen				Stetigkeit				% "richtige" Richtung			
	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08
Kanadagans	390	428	2	459	13	5	0	17	81	50	0	55
Weißwangengans	1.377	1.482	160	1.862	18	12	7	7	91	98	100	100
Ringelgans	12	26	94	502	8	4	9	20	100	58	100	98
Brandgans	50	155	0	21	21	31	0	3	54	63	0	52
Blässgans/Saatgans	4	12	0	0	2	0	0	0	100	0	0	0
Graue Gans	183	3	60	5	7	0	5	2	62	0	62	80
unbest. Gans	149	140	129	46	7	7	7	3	99	59	100	46
unbest. Gans/ Ente	0	19	0	0	0	1	0	0	0	32	0	0
Summe Gänse	3.299	3.283	965	3.636								
Stockente	47	118	50	487	11	15	18	46	91	57	92	91
Schnatterente	7	0	0	20	2	0	0	11	43	0	0	100
Spießente	54	26	36	335	16	7	5	35	94	65	100	99
Löffelente	39	164	0	181	11	11	0	28	90	99	0	99
Pfeifente	1.485	795	205	6.592	30	32	23	65	100	96	99	98
Krickente	40	55	5	1.192	15	8	7	66	100	96	100	92
Knäente	0	0	0	13	0	0	0	5	0	0	0	100
Tafelente	14	78	0	30	5	6	0	4	100	100	0	100
Kolbenente	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	100	0
Reiherente	36	46	0	307	10	17	0	35	97	85	0	69
Bergente	165	1.039	147	525	25	22	16	19	98	100	41	30
Eiderente	7.829	8.305	2.636	22.111	95	96	41	77	85	59	100	98
Prachteiderente	4	3	0	1	3	3	0	1	50	100	0	100
Scheckente	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	100
Trauerente	169.501	264.058	34.822	112.800	100	99	73	100	96	91	99	84
Samtente	636	1.084	65	1.247	72	85	7	66	94	91	38	43
Eisente	10.779	10.331	254	345	89	81	16	15	79	78	58	85
Schellente	77	34	2	56	23	13	2	8	69	76	100	89
Spatelente	0	7	0	3	0	2	0	1	0	100	0	100
Gründelente	0	58	0	1	0	4	0	1	0	100	0	100
unbest. Schwimmte	15	3	23	418	8	2	2	26	100	100	61	93
unbest. Tauchente	98	0	55	14	8	0	2	2	91		55	100
Trauer-/Samtente	0	290	0	73	0	8	0	3	0	54	0	84
Summe Enten	190.826	286.494	38.301	146.753								
Zwergsäger	0	18	0	0	0	1	0	0	0	83	0	0
Mittelsäger	1.214	1.358	44	804	92	80	18	39	78	67	52	79
Gänsesäger	94	99	30	82	44	24	16	17	76	70	83	68
unbest. Säger	0	3	0	3	0	2	0	1	0	100	0	33
Summe Säger	1.308	1.478	74	889								
Seeadler	13	14		2	8	3		1	k.A.			
Fischadler	19	32		40	8	13		8				
Steinadler	1	0		2	2	0		1				
Schreiadler	0	1		0	0	1		0				
Steppenadler	0	1		0	0	1		0				
Rohrweihe	44	90		18	18	28		1				
Rotmilan	308	255		6	51	32		0				
Schwarzmilan	1	4		0	0	2		0				
Kornweihe	11	20		2	10	8		0				

Art	Anzahlen Individuen				Stetigkeit				% "richtige" Richtung			
	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08
Wiesenweihe	0	3		0	0	1		0				
Steppenweihe	0	1		0	0	1		0				
Raufußbussard	95	372		6	28	29		0				
Mäusebussard	743	970		150	52	37		10				
Wespenbussard	0	30		81	0	4		3				
Sperber	1.258	1.462		134	66	56		8				
Habicht	1	3		2	0	1		1				
Turmfalke	38	83		35	26	21		1				
Baumfalke	6	12		11	5	5		3				
Wanderfalke	6	5		7	7	3		1				
Merlin	12	25		16	10	12		2				
unbest. Weihe	0	3		1	0	1		0				
unbest. Bussard	0	3		0	0	2		0				
unbest. Falke	0	5		0	0	1		0				
Summe Greife	2.556	3.394		513								
Austernfischer	16	50		267	7	12		14	44	62		99
Säbelschnäbler	0	1		0	0	1		0	0	100		0
Sandregenpfeifer	2	0		4	3	0		4	100	0		100
Flussregenpfeifer	0	2		0	0	1		0	0	50		0
Kiebitzregenpfeifer	0	25		152	0	1		23	0	100		93
Goldregenpfeifer	45	83		6252	3	3		27	18	76		4
Kiebitz	132	186		11	18	7		1	89	25		55
Knutt	0	0		4	0	0		4	0	0		100
Sanderling	0	0		6	0	0		2	0	0		33
Steinwälzer	1	0		42	2	0		1	100	0		2
Alpenstrandläufer	5	0		247	0	0		21	0	0		94
Sichelstrandläufer	0	0		1	0	0		1	0	0		100
Bruchwasserläufer	0	9		15	0	2		2	0	56		13
Flussuferläufer	0	0		14	0	0		3	0	0		29
Waldwasserläufer	18	3		1	2	1		0	11	33		0
Dunkler Wasserläufer	0	0		2	0	0		1	0	0		100
Rotschenkel	2	2		5	0	2		2	0	100		60
Grünschenkel	1	2		15	0	1		3	0	50		80
Pfuhlschnepfe	0	0		65	0	0		7	0	0		98
Uferschnepfe	3	0		9	2	0		1	100	0		100
Großer Brachvogel	42	1.648		101	15	22		10	88	100		96
Regenbrachvogel	3	20		51	2	7		8	100	75		92
Bekassine	0	0		22	0	0		7	0	0		91
Kampfläufer	0	5		7	0	1		3	0	40		57
unbest. Brachvogel	0	48		8	0	2		1	0	100		100
unbest. Limikole	28	1		100	7	0		14	100	0		100
unbest. Strandläufer	0	0		97	0	0		14	0	0		91
Summe Limikolen	298	2.085	0	7.498								
Skua	2	0	0	1	2	0	0	0	50	0		0
Spatelraubmöwe	0	1	0	0	0	1	0	0	0	100	0	0
Schmarotzerraubmöwe	3	7	0	28	5	5	0	11	100	86	0	82
Falkenraubmöwe	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Art	Anzahlen Individuen				Stetigkeit				% "richtige" Richtung			
	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08	FR 07	FR 08	HE 05	HE 08
unbest. Raubmöwe	1	2	3	17	0	2	5	12	0	100	100	76
Summe Raubmöwen	6	10	3	47								
Lachmöwe	1.835	2.323	219	1.416	89	73	7	32	83	86	98	80
Sturmmöwe	6.014	653	7	384	92	14	2	21	95	81	100	98
Schwarzkopfmöwe	0	4	0	1	0	2	0	1	0	100	0	100
Mittelmeermöwe	2	0	0	0	2	0	0	0	100	0	0	0
Steppenmöwe	0	2	0	0	0	2	0	0	0	100	0	0
Heringsmöwe	7	7	1	16	11	3	2	4	100	86	100	25
Mantelmöwe	17	5	0	1	3	2	0	1	88	100	0	100
Zwergmöwe	207	469	119	2.076	36	22	16	83	69	98	81	86
Dreizehenmöwe	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	100	0
Polarmöwe	0	1	0	0	0	1	0	0	0	100	0	0
unbest. Großmöwe	10	0	0	0	2	0	0	0	100	0	0	0
Summe Möwen	8.092	3.464	347	3.896								
Zwergseeschwalbe	2	42	0	5	2	11	0	3	100	98	0	100
Brandseeschwalbe	473	345	131	1.102	41	44	39	72	88	90	94	86
Flusseeschwalbe	33	3	31	336	13	3	20	45	97	100	100	89
Küstenseeschwalbe	3	60	11	238	3	14	16	21	100	98	100	92
Raubseeschwalbe	1	2	0	9	2	2	0	4	100	100	0	67
Trauerseeschwalbe	1	19	0	47	2	5	0	13	100	100	0	77
Fluss-/Küstenseeschw.	14	226	15	597	11	25	9	47	93	95	87	90
unbest. Seeschwalbe	53	23	68	36	11	11	23	5	100	96	100	81
Summe Seeschwalben	580	720	256	2.370								
Krabbentaucher	5	3	0	0	2	0	0	0	80	0	0	0
Gryllteiste	31	48	2	17	18	15	2	7	61	48	100	65
Trottellumme	124	44	0	34	26	17	0	10	85	66	0	38
Tordalk	130	83	1	20	26	22	0	8	91	43	0	50
Alk	299	503	8	165	49	52	9	28	76	49	63	67
Summe Alken	589	681	11	236								
SUMME Anzahlen	218.240	320.240	40.858	172.844								
Artenzahl je Saison	84	89	38	97								
Artenzahl Frühjahr/Herbst	103		99									
Artenzahl gesamt		115										

¹⁾ genauere und weiterführende Zahlen zum Kranichzug s. Kapitel 4.1.2.1

Bei vielen Arten fiel der Frühjahrszug wesentlich stärker aus als der Herbstzug. Für das Jahr 2008 (komplette Zugsaison abgedeckt) ergaben als Summe über alle Arten sich etwa zweifach höhere Individuenzahlen als im Herbst (Frühjahr 2008: 320.240 Ind., Herbst 2008: 172.844 Ind.).

Für die Nicht-Singvogelarten werden im Folgenden die wichtigsten Aspekte der einzelnen Artengruppen vorgestellt.

Seetaucher

Während beim Sterntaucher der Frühjahrszug stark dominierte (z. B. 3.233 Ind. im Frühjahr 2008 gegenüber 116 im Herbst 2008), waren Prachtttaucher im Frühjahr und Herbst 2008 in vergleichbaren Anzahlen vorhanden. Bezogen auf den Frühjahrszug war der Sterntaucher dabei die eindeutig dominierende Art (Frühjahr 2008: 3.233 Stern- und 554 Prachtttaucher). Obwohl im Frühjahr weitaus weniger Prachtttaucher beobachtet wurden, war die Stetigkeit der beiden Arten auf hohem Niveau sehr ähnlich. Im Herbst wurden dagegen an weniger Tagen Seetaucher beobachtet. Zu den auf Artniveau bestimmten Individuen kommen noch eine hohe Anzahl von unbestimmten Seetauchern hinzu, so dass sich die Anzahl von Seetauchern vor der Küste von Kap Arkona im Bereich von ca. 4.500 bis 5.500 im Frühjahr und ca. 750 im Herbst bewegt (Anteil gerichteter Zug im Bereich von 73 - Prachtttaucher Herbst 2008 - bis 93% - Sterntaucher Frühjahr 2007).

Lappentaucher, Kormoran, Reiher, Schwäne, Kranich

Rothalstaucher war die am häufigsten ziehende Lappentaucher-Art (> 100 Ind. im Frühjahr und Herbst), gefolgt vom Haubentaucher. Ohrentaucher und Schwarzhalstaucher stellten dagegen Ausnahmereischeinungen dar. Kormorane wurden mit > 2.000 Individuen sowohl im Frühjahr als auch im Herbst beobachtet, die Bewegungen waren jedoch wenig gerichtet, so dass hier vermutlich vor allem Nahrungsflüge vorlagen. Basstöpel, Silberreiher, Weiß- und Schwarzstorch sind als seltene Zugvögel zu werten. Ziehende Schwäne waren nur relativ selten zu beobachten (vor allem im Frühjahr: 713 bzw. 824 Ind., im Herbst zogen v. a. Höckerschwäne in geringer Zahl: 167 als Summe mit unbestimmten Schwänen). Zwergschwäne waren im Frühjahr dabei weniger häufig als Höcker- und Singschwäne. Zahlenmäßige Daten zum Kranichzug sind dem gesonderten Kapitel 4.1.2.1 zu entnehmen.

Gänse

Als Summe über alle Gänsearten war das Zugaufkommen im Frühjahr und im Herbst etwa gleich hoch (im Bereich von ca. 3.300 bis 3.600 Ind.). Als häufigste Art war die Weißwangengans zu beobachten, wobei die Herbstzahlen etwas über den Frühjahrszahlen lagen (Herbst 2008: 1.862; Frühjahr 2007: 1.377, 2008: 1.482). Alle anderen Arten traten mit Individuenstärken von weit unter 1.000 Ind. auf. Die Ringelgans kam fast ausschließlich im Herbst vor (502 Ind., gegenüber 12/26 im Frühjahr), während Blässgänse im Frühjahr stärker vertreten waren. Bei Kanada-, Grau- und Saatgans waren die Individuenzahlen im Frühjahr und Herbst vergleichbar. Generell war die Stetigkeit des Gänsezuges sehr gering, d. h. er war nicht kontinuierlich, sondern beschränkte sich auf relativ wenige Tage. Feldgänse (Bläss-, Saat-, Graugans sowie Kanadagans) ziehen auch verstärkt von Schweden/Finnland kommend eher in Richtung N-S, so dass die „richtige“ Zugrichtung (hier dargestellt ist W-E bzw. E-W-Zug) bei diesen Arten anders liegt und die Prozentsätze deshalb oft gering sind.

Meeresenten / sonstige Enten und Säger

Die mit Abstand häufigste Zugvogelart vor der Küste von Kap Arkona war die Trauerente, die mit sehr hoher Stetigkeit (99/100%, ohne 2005) beobachtet wurde. Die Zugrichtungen entsprachen mit hohen Prozentsätzen den jahreszeitlich erwarteten Werten (z. B. Jahr 2008: 91% östlich im Frühjahr, 84% westlich im Herbst). Ein Jahreszeitenvergleich für das Jahr 2008 macht deutlich, dass der Trauerentenzug vor Rügen im Frühjahr deutlich stärker ausgeprägt war als im Herbst

(240.093 östlich ziehende im Frühjahr 2008, 94.752 westlich ziehende im Herbst 2008). Eiderenten wurden dagegen im Herbst in größeren Anzahlen beobachtet als im Frühjahr (allerdings mit geringerer Stetigkeit). Der Zug im Herbst war dabei sehr gerichtet (98% nach W, 2008), während im Frühjahr auch viele Bewegungen in entgegengesetzte Richtung vorkamen (z. B. nur 59% in Richtung W, 2008), was auf einen hohen Anteil regionaler (Nahrungs-) Flüge hindeutet. Samtenten zeigten ebenfalls im Herbst wenig gerichtete Zugsbewegungen, während im Frühjahr > 90% in Richtung E flogen. Zahlenmäßig lagen die Frühjahrs- und Herbstwerte in vergleichbaren Größenordnungen (ca. 600 bis 1.200 Ind.). Eisenten zeigten insbesondere im Frühjahr einen relativ hohen Anteil von „falschen“ Richtungen (ca. 22%), was wahrscheinlich auf lokale Vögel zurückzuführen ist. In Küstennähe waren regelmäßig größere Anzahlen rastender Eisenten zu beobachten. Insgesamt war der Eisentenzug im Frühjahr jedoch deutlich ausgeprägter als im Herbst (> 10.000 im Frühjahr; < 400 im Herbst).

Unter den „Nicht-Meeresenten“ dominierte die Pfeifente mit hohen Zahlen im Herbst (2008: 6.592 gegenüber 795 im Frühjahr 2008/1.485 Frühjahr 2007) und einem durchweg sehr gerichteten Zug. Als weitere häufige Arten traten Bergenten (gerichteter Zug nur im Frühjahr) und Stockenten auf.

Als Durchzügler kam vor allem im Frühjahr der Mittelsäger vor (> 1.200 Ind.); im Herbst lagen die Zahlen mit ca. 800 Ind. im Jahr 2008 deutlich darunter.

Greifvögel

Merklicher Greifvogelzug konnte vor allem im Frühjahr festgestellt werden (z. B. Gesamtsumme im Frühjahr 2008: 3.360 gegenüber 473 Ind. im Herbst des gleichen Jahres). Im Herbst waren lediglich Mäusebussard und Sperber mit Individuenzahlen von > 100 vertreten (Jahr 2005 ausgenommen, da hier nur in den Abendstunden beobachtet wurde). Im saisonalen Vergleich machte nur der Wespenbussard eine Ausnahme, der mit 81 Ind. im Herbst 2008 über den Frühjahrswerten lag (30 Ind. im Frühjahr). Im Frühjahr dominierte mit Abstand der Sperber (ca. 1.250 bis 1.450 Ind.) gefolgt vom Mäusebussard (ca. 750 bis 970 Ind.). Bei beiden Arten lag die Stetigkeit bei etwa 40 bis 65%. Bemerkenswert waren ebenfalls relative hohe Individuenzahlen des Rotmilans (308 im Jahr 2007/ 255 in 2008) und des Raufußbussards (max. 372 Ind. im Jahr 2008). Als weitere ziehende Greifvogelarten kamen Seeadler, Rohrweihe, Kornweihe, Turmfalke, Baumfalke und Merlin regelmäßig vor. Steinadler, Schreiadler, Schwarzmilan, Wiesenweihe, Habicht und Wanderfalke waren dagegen Ausnahmeerscheinungen. Richtungsangaben werden bei Greifvögeln nicht gemacht, da der Zug generell in Richtung N-S (bzw. entgegengesetzt) verläuft und vor allem im Frühjahr oft viele Greifvögel in Thermiksäulen über Land segelten und nur selten die konkrete Abflugrichtung bestimmt werden konnte. V. a. Sperber und Rotmilane zogen aber auch küstenparallel, so dass nicht beurteilt werden konnte, ob und wo sie die Ostsee querten.

Limikolen

Goldregenpfeifer waren mit über 6.200 Ind. die häufigste Limikolenart im Herbst 2008. Fast alle Beobachtungen gehen dabei auf den 04.09.2008 zurück, als innerhalb von ca. zwei Stunden im Laufe des Morgens viele Schwärme von Goldregenpfeifern (Truppsgrößen bis zu 800 Ind.) aus großer Höhe über Kap Arkona runterkamen und größtenteils in Höhen von ca. 200 m in Richtung W bis SW weiterflogen (ein geringer Teil landete auch). Neben den direkt ziehenden Individuen rasteten auf der Halbinsel Wittow im Herbst regelmäßig und über einen langen Zeitraum etwa 2.000 bis 3.000 Goldregenpfeifer. Für viele weitere Arten war der Herbstzug deutlich ausgeprägter als der Frühjahrszug: Austernfischer (Herbst 2008: 267 Ind.), Kiebitzregenpfeifer (152 Ind.),

Alpenstrandläufer (247 Ind.), Pfuhlschnepfen (65 Ind.), Regenbrachvogel (51 Ind.) und Bekassine (22 Ind.). Eine Ausnahme stellte der Große Brachvogel dar, der hauptsächlich im Frühjahr durchzog. Er wurde vor allem im April 2008 regelmäßig und in Trupps von z. T. > 100 Ind. durchziehend beobachtet (zu 100% in östliche Richtung ziehend; Summe ca. 1.650 Ind.), während im Herbst 2008 lediglich 101 Ind. gezählt wurden. Neben dem Großen Brachvogel traten nur der Kiebitz und Waldwasserläufer mit höheren Anzahlen im Frühjahr im Vergleich zum Herbst auf. Eine Reihe weiterer Limikolenarten wurde in geringen Anzahlen beobachtet, einige dieser Arten kamen ausschließlich im Herbst vor (Knut, Sanderling, Sichelstrandläufer, Dunkler Wasserläufer, Bekassine).

Möwen und Raubmöwen

Die Schmarotzerraubmöwe war sowohl im Herbst (2008: 28 Ind.) als auch im Frühjahr (2008: 7 Ind.) die häufigste Raubmöwenart. Neben 17 unbestimmten Raubmöwen traten Skua, Spatel- und Falkenraubmöwe nur mit Einzelindividuen auf.

Die Zwergmöwe war die häufigste Möwenart im Herbst (> 2000 Ind.), gefolgt von Lachmöwe (>1.400 Ind.) und Sturmmöwe (ca. 400 Ind.). Sturmmöwenzug im Frühjahr fand vor allem im Jahr 2007 statt (> 6.000 Ind.), im darauf folgenden Jahr lagen die Zahlen dagegen weitaus niedriger (ca. 650 Ind.). Neben den häufigen und durchziehenden Arten wurden als Ausnahmeerscheinungen auch Schwarzkopfmöwe, Mittelmeermöwe, Steppenmöwe, Dreizehenmöwe und eine Polarmöwe gesehen.

Seeschwalben

Vor allem Brandseeschwalben zogen regelmäßig und in Anzahlen von ca. 350 (Frühjahr 2007) / 470 (2008) bzw. 1.100 Ind. (Herbst) durch. Der Zug von Fluss-/Küstenseeschwalben war ebenfalls im Herbst ausgeprägter als im Frühjahr. Oft flogen die Vögel jedoch so weit von der Küste entfernt, dass eine Artbestimmung nicht möglich war. Die größte Anzahl im Herbst (neben Brandseeschwalben) entfällt somit auf die Kategorie Fluss-/Küstenseeschwalbe (ca. 600 Ind.). Zwerg-, Trauer- und Raubseeschwalben zogen dagegen nur in sehr geringen Individuenzahlen (Zwergseeschwalben v. a. im Frühjahr; Trauer- und Raubseeschwalben im Herbst).

Alken

Generell waren Alken im Frühjahr häufiger zu beobachten als im Herbst (Summen: Frühjahr ca. 600 bis 700 Ind.; Herbst ca. 230 Ind.). Tordalk und Trottellumme waren die häufigsten bestimmten Arten, die in vergleichbaren Größenordnungen vorkamen (Tendenz: Tordalk im Frühjahr häufiger als Trottellumme; im Herbst Trottellumme häufiger als Tordalk). Gryllteisten wurden ebenfalls häufiger im Frühjahr beobachtet als im Herbst und alle acht Krabbentaucher stammen aus Frühjahrsbeobachtungen.

4.2.1.2 Zugintensität im Jahresverlauf

Im Frühjahr fand der Trauerentenzug vor allem in den Monaten März (höchsten Monatssummen in beiden Jahren) und April statt (Abb. 33). Im Mai 2007 wurde zwar nur an wenigen Tagen beobachtet (bis 05.05.2007), die Daten aus dem Frühjahr 2008 bestätigen aber, dass der Trauerentenzug im Mai größtenteils beendet war.

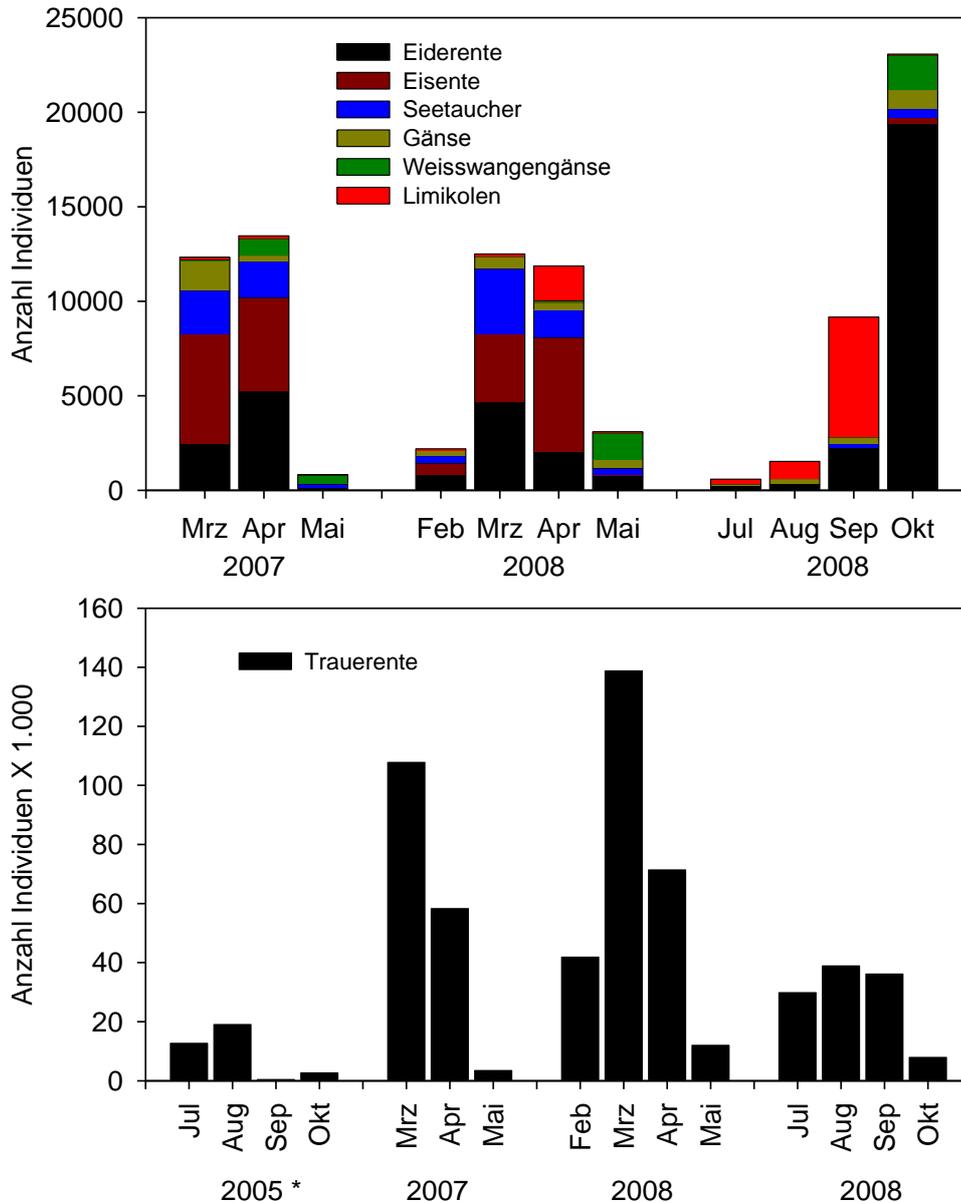


Abb. 33: Zugaufkommen verschiedener Wasservögel (bzw. -gruppen) als Monatssummen über die Jahre 2005 (* nicht ganztags beobachtet; v. a. Trauerentenzug-Erfassung vor Sonnenuntergang), 2007 und 2008.

Im Jahr 2008 gab es im März und April höhere Monatssummen der Trauerente als im gleichen Zeitraum im Jahr davor. Im Gegensatz zum Jahr 2007 wurde im Jahr 2008 bereits Mitte Februar mit Beobachtungen begonnen, und es zeigte sich, dass (zumindest in diesem Jahr) schon im Februar beträchtlicher Trauerentenzug stattfand (allein ca. 40.000 Trauerenten im Februar). Der Herbstzug der Trauerente zeigte im Jahr 2008 mit jeweils ca. 30.000 bis 40.000 Vögeln ein etwa vergleichbares Zugaufkommen von Juli bis September, während im Oktober mit < 8.000 Vögeln deutlich weniger Trauerenten zogen. Im Jahr 2005 wurde vor allem ca. vier bis fünf Stunden vor Sonnenuntergang beobachtet (zur Erfassung des Trauerentenzuges), so dass die Tagessummen

hier niedriger liegen als im Jahr 2008. Der Juli und August waren jedoch auch 2005 die Monate mit dem höchsten Trauerentenaufkommen.

Der Frühjahrs-Durchzug der übrigen Wasservögel konzentrierte sich ebenfalls auf die Monate März und April, während im Mai (2008) vor allem Weißwangengänse beobachtet wurden. Im Februar fand für alle betrachteten Arten (-gruppen; Trauerente ausgenommen) nur geringer Zug statt. Eine Konzentration auf einen bestimmten Monat fand im Frühjahr nur bei der Gruppe der Limikolen statt (April 2008), wobei die hohen Zahlen des Großen Brachvogels hierfür primär verantwortlich waren. Im Herbst zeigte sich dagegen eine starke Konzentration des Eiderentenzuges auf den Monat Oktober (2008). Auch Weißwangen- und übrige Gänse wurden im Oktober in höchsten Anzahlen beobachtet. Die hohen Limikolenzahlen im September 2008 gehen fast ausschließlich auf Goldregenpfeifer zurück (s. o.), aber auch im August zogen viele Limikolen aus verschiedensten Arten (-gruppen).

Für ausgewählte Arten wird die Zugphänologie als Zugrate (MTR=migration traffic rate; d. h. Vögel pro Stunde) auf Tagesbasis für die einzelnen Untersuchungszeiträume in Abb. 34 dargestellt. Die Skalen sind jeweils für die einzelnen Abbildungen optimiert (bei Vergleich zu beachten), und es sind nur Vögel berücksichtigt, die entsprechend der Jahreszeit der „richtigen“ Zugrichtung folgten. Im Folgenden werden einzelne Aspekte der Zugphänologien erläutert.

In der Zeit um den 1. April zogen die meisten Sterntaucher (mit maximalem Wert von ca. 28 Vögel je Stunde am 26.03.2008; insgesamt 344 Ind.). Ab Mitte April (2007) bzw. Anfang Mai (2008) zogen nur noch sehr wenige bzw. gar keine Sterntaucher. Prachtaucher waren dagegen auch noch bis Ende Mai zu sehen (für das Frühjahr 2008 sogar mit vergleichsweise hohen Zugraten). Bei beiden Arten zeigte sich ein deutlicher Zugpeak in der zweiten Oktoberhälfte, davor waren Prachtaucher auch im Juli/August mit geringen Zugraten vertreten, während die ersten Sterntaucher erst in Mitte September auftauchten.

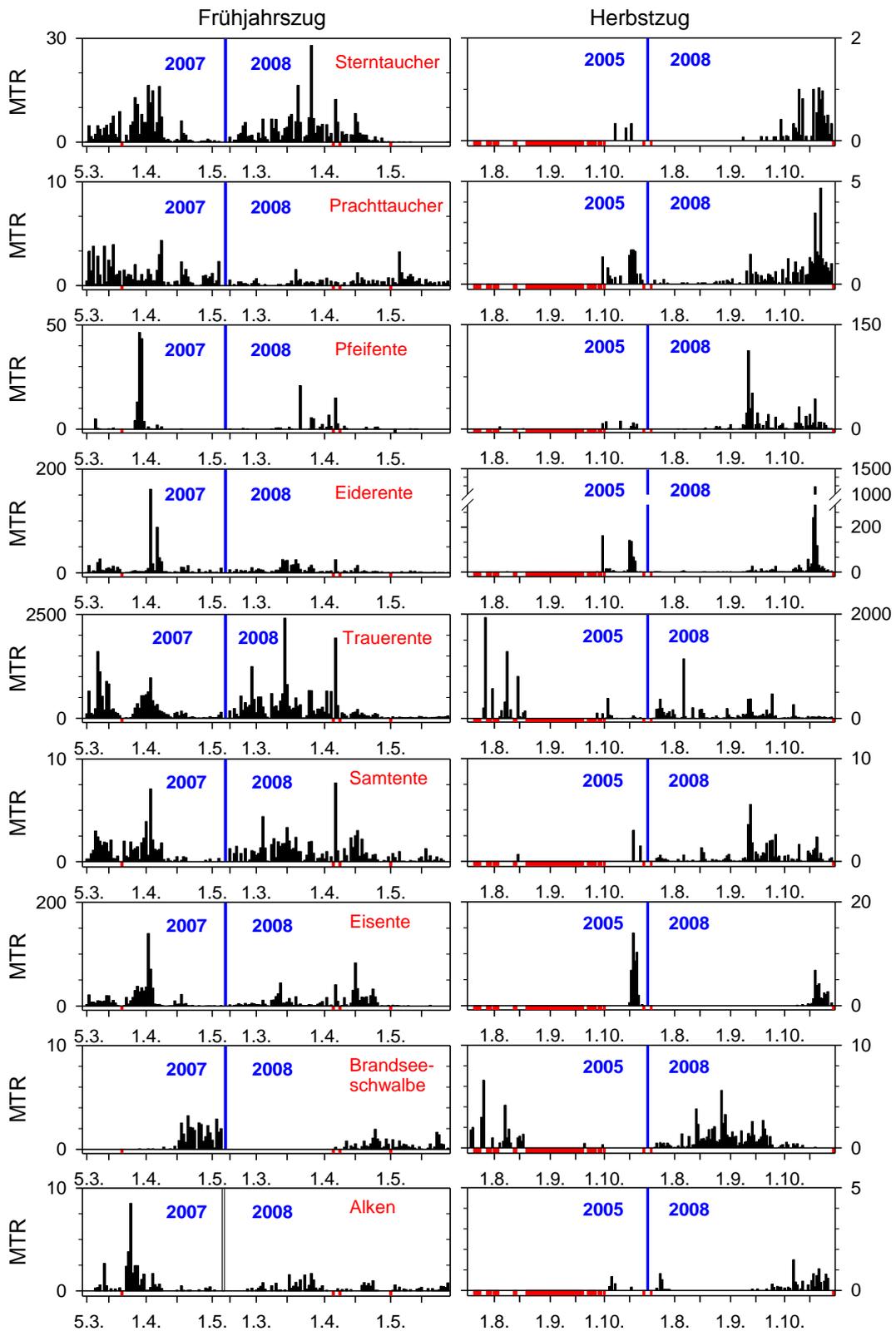


Abb. 34: Zugphänologien (MTR= migration traffic rate, Vögel *h⁻¹) ausgewählter Arten auf Tagebasis.

Pfeifenten hatten einen sehr engen Durchzugsspeak von nur zwei Tagen im Frühjahr 2007 (29./30.03.). Für alle Meeresenten (Eider-, Trauer-, Samt- und Eisente) war um den 1. April 2007 ein deutlicher Durchzugsspeak zu erkennen, Samt- und Trauerenten zeigten auch in der ersten Märzhälfte hohe Durchzugsraten. Im Jahr 2008 wurde bereits im Februar beobachtet, so dass hier vor allem starker Durchzug von Trauerenten (max. Wert: 1.243 Vögel pro Stunde, Tagessumme: 13.598 Vögel am 28.02.2008) und Samtenten erfasst werden konnte. Die beiden stärksten Trauerenten-Zugtage im Jahr 2008 lagen (sehr ähnlich wie im Vorjahr) Mitte März (14.03.: 2.409 Vögel je Stunde, Tagessumme: 22.936 Ind.) und Anfang April (06.04.: 1.932 Vögel pro Stunde; Tagessumme: 21.769 Ind.). Im Gegensatz zur Samtente fand im Mai so gut wie kein Trauerentenzug mehr statt.

Im Herbst 2007 lagen die mittleren Tagesraten der Trauerente oft über denen von 2008. Der Grund hierfür ist vor allem in der Konzentration der Beobachtungszeit auf die Abendstunden (d. h. zur Hauptzugzeit der Trauerenten im Herbst) zu sehen. Ziehende Eisenten wurden im Herbst in beiden Jahren nur in der zweiten Oktoberhälfte beobachtet.

Brandseeschwalben tauchten im Frühjahr in beiden Jahren etwa Mitte April auf und zeigten dann relativ durchgehend konstante Zugraten (2007 auf deutlich höherem Niveau als im Folgejahr). Der Wegzug im Herbst setzte bereits Ende Juli ein, erreichte 2008 in der zweiten Augushälfte seinen Höhepunkt und setzte sich bis in den Oktober hinein fort.

Die Zugphänologie der Alken-Arten zeigte keine grundsätzlichen Unterschiede, so dass sie hier als Arten-Gruppe dargestellt werden. Während im Frühjahr 2008 Anfang März beginnend relativ kontinuierlich Alken bis Ende Mai zogen (höchsten Werten in zweiten März-Hälfte), war im Jahr zuvor ein deutlicher Durchzugsspeak um den 25. März zu erkennen (8,5 Vögel pro Stunde, Tagessumme: 110 Ind.). Der Herbstzug fand vor allem im Oktober statt, aber auch Ende Juli (2008) wurden bereits ziehende Alken beobachtet (24.07.: 0,8 Vögel pro Stunde, Tagessumme: 10 Ind.).

In Tab. 21 sind für Seetaucher und Meeresenten die mittleren monatlichen Zugraten (Vögel pro Stunde) für den Frühjahrs- und Herbstzug der verschiedenen Jahre gegenübergestellt. Somit ist ein schneller Vergleich zwischen Jahren, Arten und Zugsaison möglich. Die Herbstzahlen von 2005 beruhen im Gegensatz zu allen anderen Erfassungen nicht auf Ganztagsbeobachtungen sondern auf ausgewählte Stunden vor Sonnenuntergang. Insbesondere für die Trauerente kommen dadurch für die Monate Juli/August deutlich höhere Zugraten zustande als in den Vergleichsmonaten im Jahr 2008.

Tab. 21: Mittlere Zugraten (Vögel pro Stunde) für einzelne Monate des Herbst- und Frühjahrszuges für ausgewählte Arten (Beobachtungszeit; N Individuen s. Abb. 2, Tab. 20).

Frühjahr	Sterntaucher		Prachtaucher		Eiderente	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Feb.		2,0		0,2		3,6
März	4,2	4,9	1,5	0,2	6,2	8,2
April	3,3	2,4	0,8	0,3	13,6	3,5
Mai		0,0		0,6		1,1
Gesamt	3,7	2,5	1,1	0,3	10,2	4,4
	Trauerente		Samtente		Eisente	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Feb.		328		0,6		2,8
März	354	367	1,3	1,3	13,8	7,4
April	161	195	0,7	1,1	11,6	13,9
Mai		25		0,3		0,3
Gesamt	250	221	1,0	0,9	12,6	6,8
Herbst	Sterntaucher		Prachtaucher		Eiderente	
	2005	2008	2005	2008	2005	2008
Juli	0,0	0,0	0,0	0,0	0	1
Aug.	0,0	0,0	0,0	0,0	0	1
Sep.	0,0	0,0	0,3	0,3	41	5
Okt.	0,0	0,3	0,5	1,0	22	69
Gesamt	0,0	0,1	0,3	0,4	14	20
	Trauerente		Samtente		Eisente	
	2005	2008	2005	2008	2005	2008
Juli	451	126	0,0	0,2	0,0	0,0
Aug.	238	75	0,1	0,2	0,0	0,0
Sep.	48	83	0,0	0,9	0,0	0,0
Okt.	29	28	0,2	0,5	2,0	1,0
Gesamt	150	71	0,1	0,5	1,0	0,3

Wie bereits bei der Beschreibung der Zugphänologien in Abb. 34 angedeutet, zeigten die Zugverläufe verschiedener Arten Gemeinsamkeiten, die sich vor allem während des Frühjahrszuges in signifikanten Korrelationen zwischen Zugraten verschiedener Arten widerspiegeln. Als häufigste Zugvogelart wird in Tab. 22 die Zugrate der Trauerente mit denen von Seetauchern, weiteren Meeresenten und Alken verglichen. Da Prachtaucher bis in den Mai hinein mit relativ hohen Zugraten unterwegs sind und der Trauerentenzug zu dieser Zeit nahezu vorbei ist, war die Korrelation bei dieser Art im Vergleich zum Sterntaucher schwächer bzw. nicht vorhanden. Neben diesen artspezifischen saisonalen Schwankungen im Zugablauf weisen die signifikanten Korrelationen vor allem darauf hin, dass für die Regulation des Zuges geschehens verschiedener Arten die gleichen Mechanismen verantwortlich sind. Hierbei spielen vor allem die Wetterbedingungen eine entscheidende Rolle, die in Kap. 4.2.1.6 behandelt werden.

Tab. 22: Korrelation zwischen der Zugrate der Trauerente und der Zugrate anderer Seevogelarten (Spearman Rang-Korrelation, * $p < 0,05$; ** $0,05 > p > 0,001$, * $p < 0,001$).**

	Frühjahr 2007 n=61 Tage	Frühjahr 2008 n=97 Tage	Herbst 2008 n=100 Tage
Sterntaucher	0,735 ***	0,786 ***	-0,061 ns
Prachtaucher	0,361 **	-0,053 ns	0,123 ns
Eiderente	0,690 ***	0,747 ***	0,230 *
Samtente	0,687 ***	0,695 ***	0,526 ***
Alken	0,299 *	0,199 *	0,138 ns

4.2.1.3 Zugintensität im Tagesverlauf

Während des Frühjahrszuges lag bei fast allen häufigen Arten (mit Ausnahme der Greifvögel) der Schwerpunkt des Durchzuges in den ersten Stunden nach Sonnenaufgang (Abb. 35).

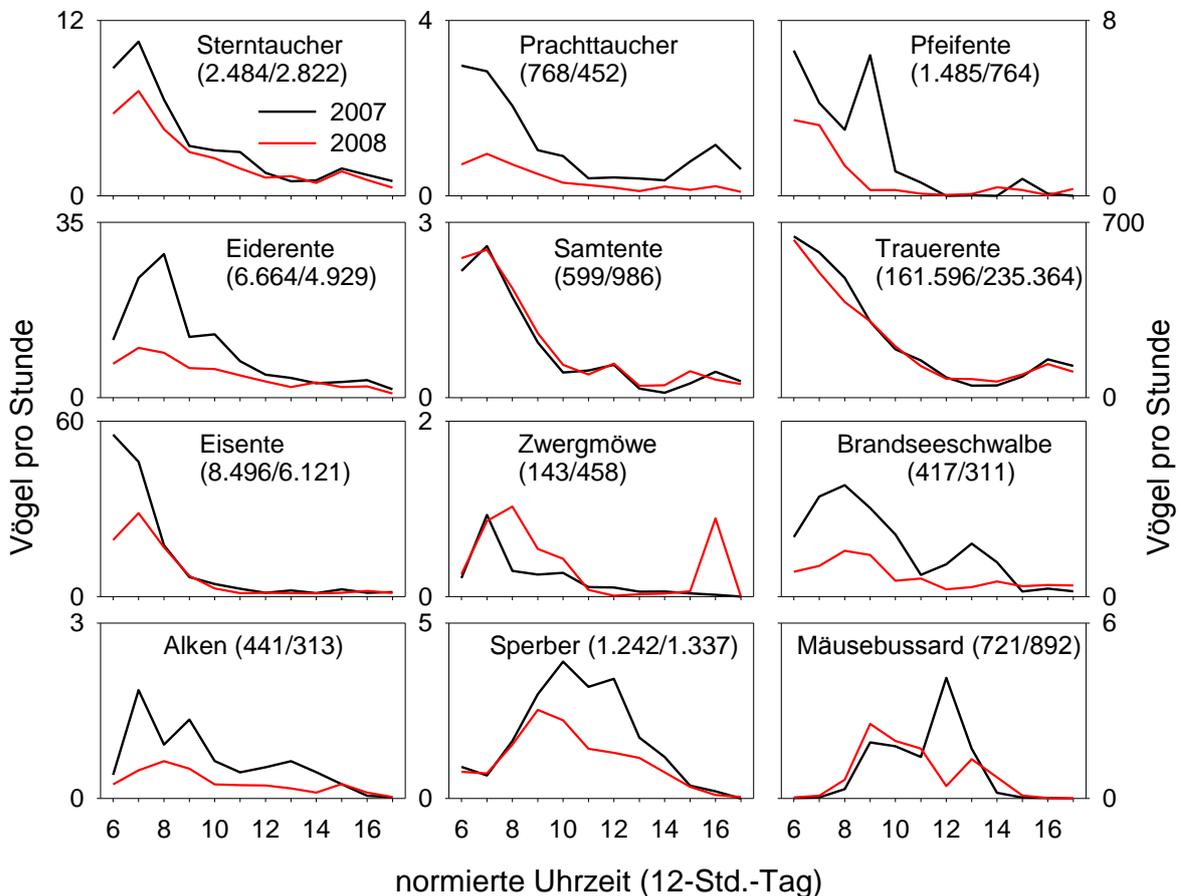


Abb. 35: Tageszeitliche Zugphänologie für ausgewählte Arten im Frühjahr 2007 (schwarz) und 2008 (rot). Angabe in normierter Zeit (SA: 6:00; SU: 18:00 Uhr, s. Methode). Klammern: Anzahl Individuen 2007/2008.

Die stündlichen Zugraten waren im Vergleich der beiden Jahre 2007 und 2008 bei einigen Arten nahezu identisch (z. B. Samtente, Trauerente). Oft fanden jedoch auch im Verlaufe der Mittags- und Nachmittagsstunden Zugbewegungen auf geringem Niveau statt, nur bei Pfeif- und Eisenten sowie Zwergmöwen endeten die Zugbewegungen um die Mittagszeit. Eine Ausnahme bei diesen drei Arten stellten dabei Zwergmöwen dar: entgegen allen anderen Tagen zogen am 28.4.2007 76 Ind. innerhalb einer halben Stunde in den sehr späten Nachmittagsstunden durch und verursachen damit einen deutlichen Peak etwa eine Stunde vor Sonnenuntergang. Bei Sperbern und Mäusebussarden setzte der Zug erst im Verlaufe des Vormittags ein und erreichte in den späten Vormittagsstunden bzw. etwa um die Mittagszeit ihre höchsten Werte.

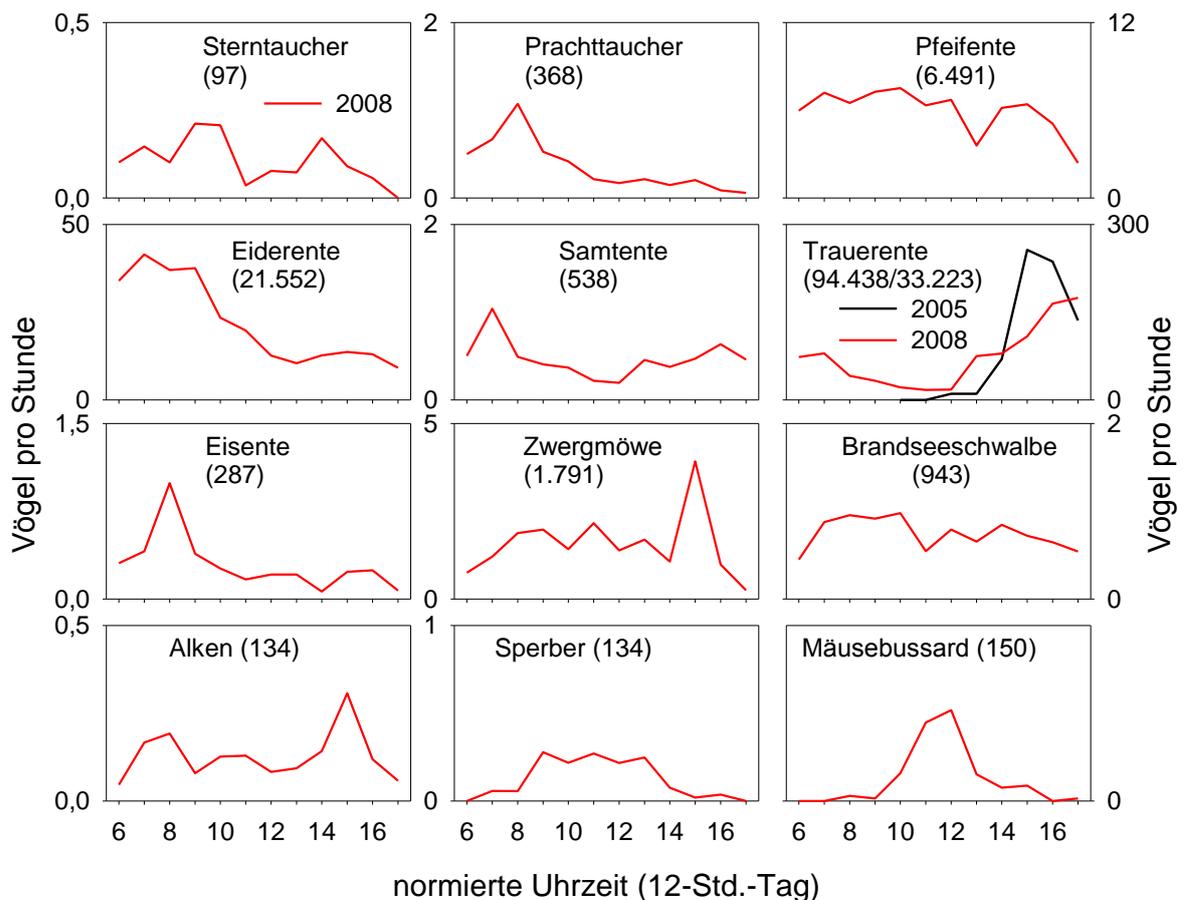


Abb. 36: Tageszeitliche Zugphänologie für ausgewählte Arten im Herbst 2008 (nur für Trauerente auch 2005, schwarz). Angabe in normierter Zeit (SA: 6:00; SU: 18:00 Uhr, s. Methode). Klammern: Anzahl Individuen 2008 (bzw. 2008/2005).

Für den Herbstzug werden nur die Daten aus dem Jahr 2008 dargestellt (bis auf die Trauerente, da 2005 nur in den Abendstunden speziell Trauerentenzug beobachtet). Als Hauptunterschied zum tageszeitlichen Zugverlauf im Frühjahr können folgende Punkte angesehen werden:

- Trauerenten zogen im Herbst konzentriert vor Sonnenuntergang. Die Zugraten waren mittags am geringsten und morgens deutlich geringer als am Abend.

- Viele Arten, die im Frühjahr einen deutlich ausgeprägten Zuggipfel in den frühen Morgenstunden hatten, zogen im Herbst eher gleichmäßig verteilt über den ganzen Tag (z. B. Sterntaucher, Pfeifenten, Samtenten, Eisenten, Zwergmöwen, Brandseeschwalben).
- Bei Mäusebussarden, die im Herbst die Ostsee in N-S-Richtung überqueren, setzte der Zug an der Küste Rügens etwa ein bis zwei Stunden später ein als im Frühjahr. Bei Sperbern war der Verlauf vergleichbar.

4.2.1.4 Höhenverteilung

Die Darstellung der Höhenverteilungen von Vogelgruppen beruht auf Trupps (für Test der Häufigkeitsverteilung von Flughöhen erforderlich) und die Jahreszeiten aus den verschiedenen Untersuchungsjahren werden zusammengefasst (Abb. 37).

Alken und Meereseenten waren die Artengruppen, die zu einem sehr hohen Anteil in einer Höhenschicht unterhalb von 10 m flogen (Alken fast zu 100%). Trotz relativ geringer Unterschiede in den Höhenverteilungen waren die Unterschiede aufgrund des hohen Stichprobenumfanges signifikant (d. h. Alken flogen im Frühjahr tiefer als im Herbst; Meereseenten im Herbst tiefer als im Frühjahr). Neben Meereseenten war der Anteil unterhalb von 10 m fliegenden Vögeln auch bei Seetauchern, Möwen und Seeschwalben im Herbst höher als im Frühjahr. Insbesondere bei Möwen und Seeschwalben nahm der Anteil der Kategorie 10 bis 50 m im Frühjahr deutlich zu.

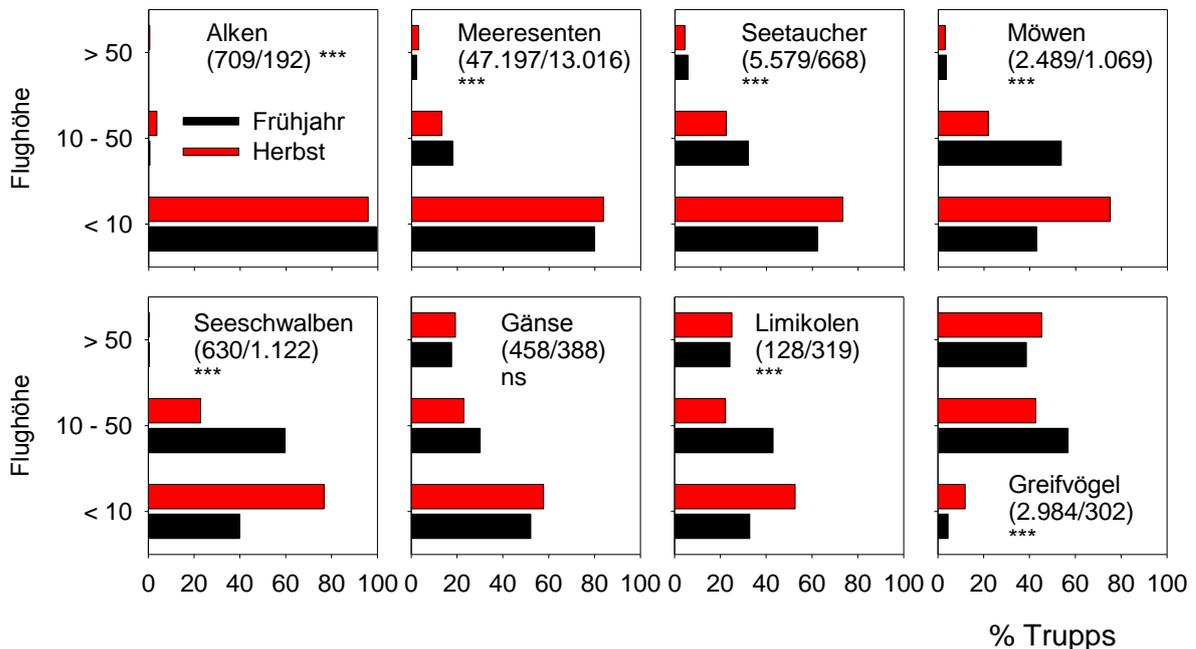


Abb. 37: Flughöhenverteilung verschiedener Artengruppen nach Sichtbeobachtungen im Frühjahr und Herbst. In Klammern: Anzahl Trupps im Frühjahr/Herbst; Chi-Quadrat-Test: * $p < 0,001$, ns: nicht signifikant.**

Gänse waren die einzige Vogelgruppe, in der sich die Flughöhen zwischen Frühjahr und Herbst nicht unterschieden. Etwa 50% der Trupps flogen unterhalb von 10 m und jeweils etwa 20 bis 25% in den Höhenstufen darüber. Bei Limikolen war die Höhenverteilung vergleichbar mit der der

Gänse, wobei im Herbst mehr Vögel die unterste Höhengschicht nutzten als im Frühjahr. Greifvögel waren die einzige Artengruppe mit einem Höhenschwerpunkt oberhalb von 10 m (Herbst höherer Anteil > 50 m als im Frühjahr).

Innerhalb der Artengruppen gab es deutliche Unterschiede zwischen den Arten (Tab. 23). So zeigte sich, dass der Höhenunterschied zwischen Frühjahrs- und Herbstzug in der Gruppe der Seetaucher vor allem auf Sterntaucher zurückging, wogegen sich die Höhenverteilung von Prachttauchern im Vergleich von Frühjahrs- und Herbstzug nicht unterschied. Auch innerhalb der Meereseenten waren die Unterschiede in den Höhenverteilungen artspezifisch: während bei Eis- und Samtenten die Flughöhen sich nicht bzw. kaum zwischen Frühjahr und Herbst unterschieden, flogen Eider- und Trauerenten im Frühjahr signifikant höher als im Herbst. Auch Brandseeschwalben zeigten im Frühjahr eine deutliche Bevorzugung des Höhenintervalls 10 bis 50 m (72% der Trupps), während im Herbst vorwiegend tiefer geflogen wurde (66% < 10 m). Mäusebussard flogen vorwiegend über 50 m (im Herbst 81% im Frühjahr 64% der Trupps), Sperber bevorzugten dagegen tiefere Schichten.

Tab. 23: Flughöhen (in %; 3 Höhenkategorien) verschiedener Arten im Herbst (H) und Frühjahr (F) des Jahres 2008. Die am häufigsten beobachtete Höhe ist hervorgehoben. * p<0.05, * p<0.001, ns – nicht signifikant.**

Art/Artengruppe	Sai-son	< 10 m	10-50 m	> 50 m	n Trupps	Chi ²
Sterntaucher	H	84	16	0	96	27,7 ***
	F	58	36	6	1.048	
Prachttaucher	H	68	27	6	409	1,5 ns
	F	65	30	5	400	
Pfeifente	H	45	29	26	512	9,4 *
	F	55	34	12	95	
Eiderente	H	93	6	1	1.701	31,1 ***
	F	88	12	1	1.939	
Samtente	H	80	17	3	513	7,9 *
	F	81	19	0	485	
Trauerente	H	81	15	4	9.512	181,7 ***
	F	77	21	3	30.451	
Eisente	H	94	6	0	170	0,4 ns
	F	94	6	0	2.769	
Zwergmöwe	H	81	17	2	843	2,1 ns
	F	86	13	1	124	
Brandseeschwalbe	H	66	33	1	533	97,7 ***
	F	27	72	1	212	
Sperber	H	15	54	31	118	24,6 ***
	F	4	59	37	1.132	
Mäusebussard	H	2	17	81	64	7,6 *
	F	5	31	64	274	

4.2.1.5 Flugentfernung zur Küstenlinie

Alken, Meerestenten und Seetaucher zogen nur zu einem sehr geringen Prozentsatz in Entfernungen von unterhalb von 2 km von der Küstenlinie (Abb. 38; Seetaucher innerhalb dieser Gruppen am häufigsten). Die häufigste Entfernungsklasse lag bei zwei bis fünf Kilometern, wobei berücksichtigt werden muss, dass in der Entfernungsklasse > 5 km die Erfassung aufgrund der großen Entfernung erschwert ist und hier wahrscheinlich mehr Vögel fliegen, als von Land aus gezählt werden können. Jahresunterschiede waren vor allem wegen der hohen Stichprobenumfänge signifikant - vor allem Alken und Seetaucher zeigten im Herbst einen hohen Anteil in der Entfernungsklasse > 5 km. Möwen kamen auch bis an die Küstenlinie heran, die Entfernungverteilung bei dieser Artengruppe war im Frühjahr deutlich in Richtung Küstenlinie verschoben. Seeschwalben und Limikolen kamen bis in 5 km Entfernung in relativ gleichmäßiger Häufigkeit vor. Bei der Erfassung der Flugentfernung zur Küste ist generell zu berücksichtigen, dass in der Kategorie > 5 km die Erfassungswahrscheinlichkeit, die Genauigkeit der Artbestimmung sowie die Genauigkeit der Erfassung der Truppgröße abnimmt. Greifvögel wurden im Herbst oft schon in größeren Entfernungen von der Küste entdeckt, während im Frühjahr oft von der Küste abfliegende Vögel erfasst wurden.

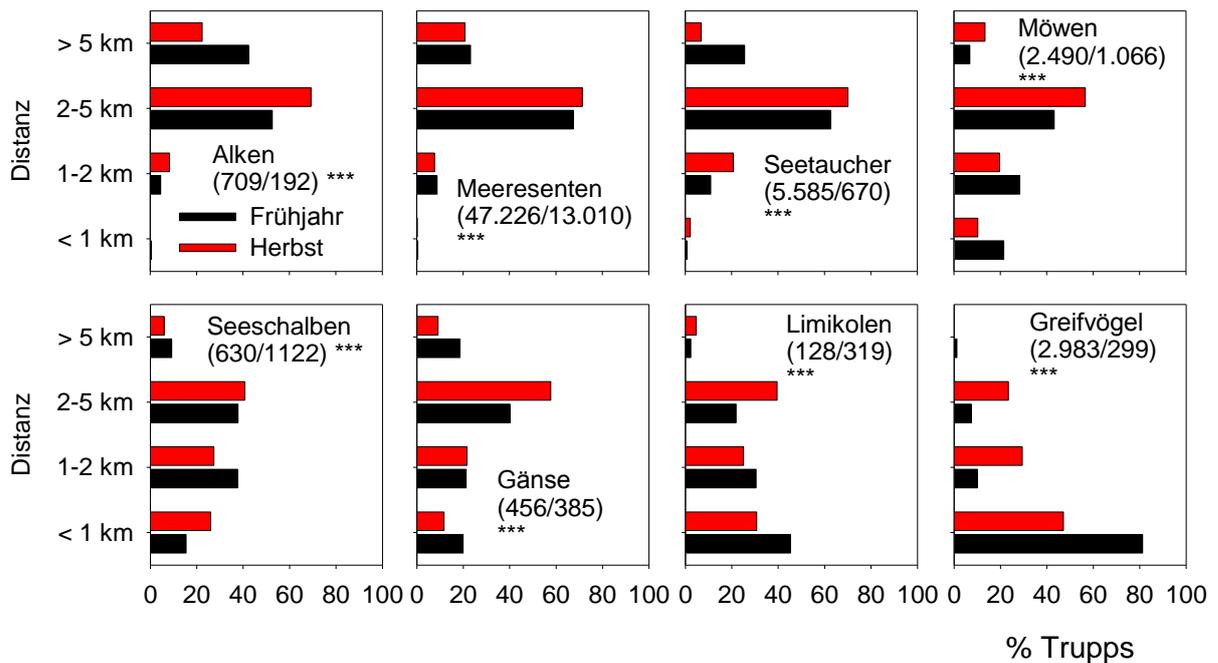


Abb. 38: Flugdistanzen als Entfernung zur Küstenlinie für verschiedene Artengruppen im Frühjahr und Herbst (alle Erfassungsjahre). In Klammern: Anzahl Trupps im Frühjahr/Herbst; Chi-Quadrat-Test: *** p<0,001.

Tab. 24: Entfernung von der Küstenlinie (in %; 4 Entfernungsklassen) verschiedener Arten im Herbst (H) und Frühjahr (F) des Jahres 2008. Die am häufigsten beobachtete Entfernung ist hervorgehoben. * p<0.05, ** 0,05>p>0,001, * p<0.001, ns – nicht signifikant.**

Art/Artengruppe	Saison	< 1 km	1-2 km	2-5 km	> 5 km	n Trupps	Chi ²
Sterntaucher	H	1	15	54	0	96	7,2 *
	F	1	16	77	6	1.815	
Prachtaucher	H	2	25	72	2	409	13,2 **
	F	3	27	65	6	400	
Pfeifente	H	2	16	66	16	512	8,2 *
	F	5	14	73	8	95	
Eiderente	H	1	13	74	13	1.696	107,5 ***
	F	2	23	59	16	1.941	
Samtente	H	0	10	83	7	513	4,9 ns
	F	0	11	79	10	485	
Trauerente	H	0	6	73	21	9.511	105 ***
	F	0	9	72	18	30.476	
Eisente	H	0	9	83	9	171	9,4 *
	F	1	12	73	15	2.77.	
Zwergmöwe	H	5	18	64	13	842	11,1 *
	F	1	10	74	16	125	
Brandseeschwalbe	H	32	34	33	2	533	21,2 ***
	F	18	49	33	1	212	
Sperber	H	45	30	25	0	118	139 ***
	F	87	7	6	1	1.131	
Mäusebussard	H	75	22	3	0	64	2,9 ns
	F	79	15	6	0	274	

4.2.1.6 Wettereinflüsse

Die Zugraten verschiedener Arten waren oft miteinander korreliert, was auf gemeinsame Einflussfaktoren hindeutet (s. Kap. 4.2.1.2, Tab. 22). Als relevante Beispielart wird in Tab. 25 die Zugrate der Trauerente mit verschiedenen Wetterparametern korreliert. Nur für den Parameter „Rückenwindkomponente“ (TWC=tail wind component; Windrichtung in Bezug zur Zugrichtung als Maß für die Windunterstützung) zeigte sich in allen Zugperioden ein einheitliches Bild: hohe Zugraten waren mit hohen Werten für die Rückenwindkomponente (d. h. mit Rückenwind) verbunden. Für die anderen Parameter gab es zwar teilweise auch signifikante Zusammenhänge, diese waren jedoch z. T. nicht einheitlich (z. B. Wolkenbedeckung sowohl positive als auch negative Korrelation) bzw. der ursächliche Zusammenhang ist nicht gegeben (z. B. Temperatur im Frühjahr: geringe Zugraten im Mai bei höheren Temperaturen).

Tab. 25: Korrelation zwischen der Zugraten der Trauerente und verschiedenen Wetterparametern in den verschiedenen Jahreszeiten (TWC=Rückenwindkomponente; Spearman Rang-Korrelation, * $p < 0,05$; ** $0,05 > p > 0,001$, * $p < 0,001$.)**

	Frühjahr 2007 n=61 Tage	Frühjahr 2008 n=97 Tage	Herbst 2008 n=100 Tage
Sichtweite	-0,146 ns	-0,178 ns	0,251 *
Wolkenbedeckung	0,198 ns	0,379 ***	-0,307 **
Windgeschwindigkeit	0,170 ns	0,260 *	-0,216 *
Temperatur	-0,248 *	-0,576 ***	0,168 ns
TWC	0,377 ***	0,321 ***	0,691 ***

Der Einfluss des Windes auf die Regulation des Zuggeschehens wird durch eine graphische Darstellung von Zugraten der Trauerente und der Rückenwindkomponente deutlich (Abb. 39). Hohe Zugraten waren oft mit positiven TWC-Werten verbunden, bzw. mit einer Verbesserung der Windverhältnisse im Vergleich zu den Vortagen.

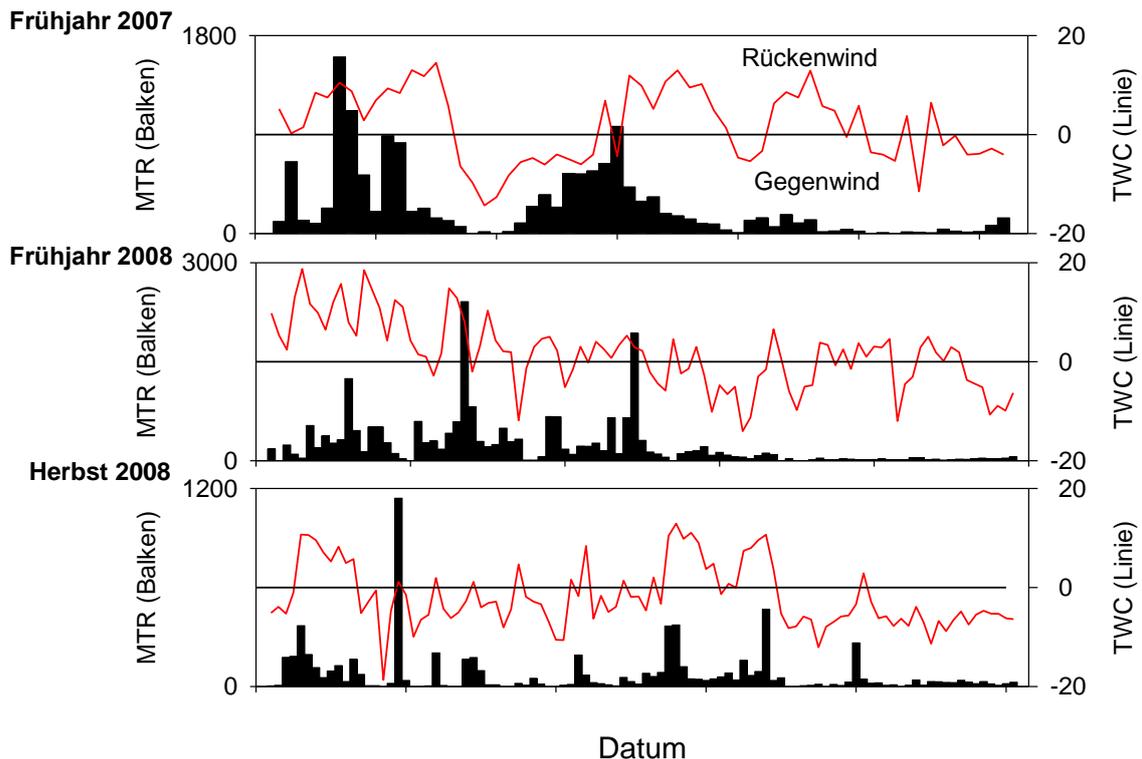


Abb. 39: Zugraten der Trauerente (Balken, MTR= Vögel pro Stunde) in den verschiedenen Jahren und Jahreszeiten sowie die Rückenwindkomponente (TWC, rote Linie; pos. Werte=Rückenwind; neg. Werte=Gegenwind). Das Datum entspricht der Darstellung in Abb. 34.

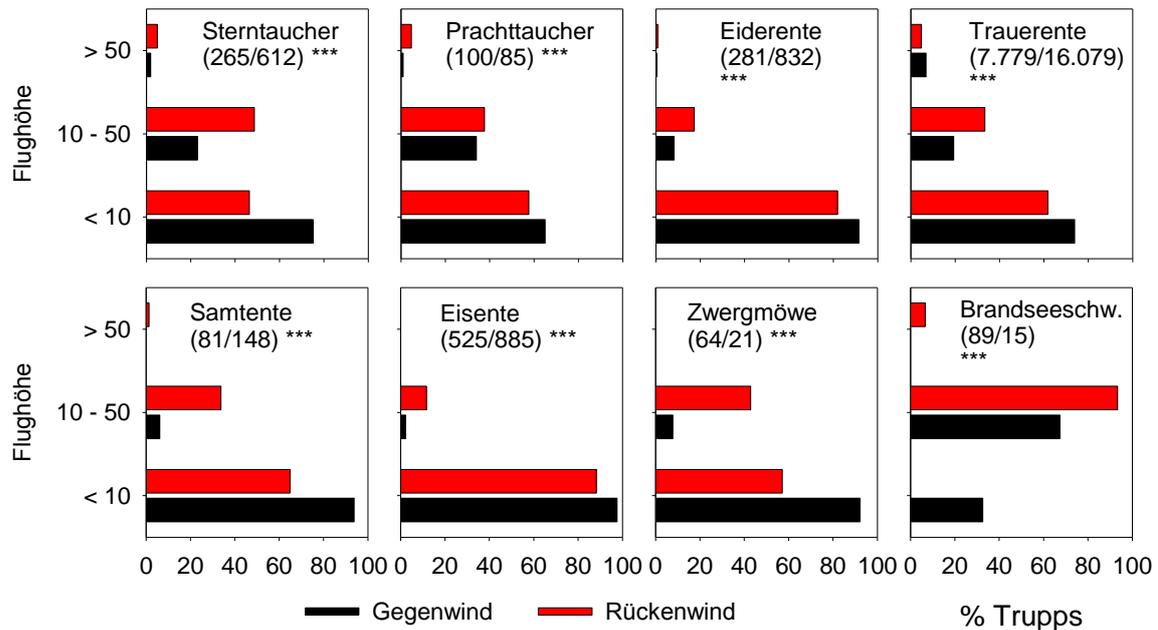


Abb. 40: Flughöhen verschiedener Arten im Frühjahr 2008 im Vergleich von Gegenwind (TWC < -4) und Rückenwind (TWC > 4). In Klammern: Anzahl Trupps bei Gegenwind/Rückenwind; Chi-Quadrat-Test, *** p<0,001.

Als Beispiel für den Einfluss des Windes auf die Flughöhe werden für verschiedene Arten die Höhenverteilung bei Gegen- und Rückenwind im Frühjahr 2008 dargestellt (Abb. 40). Für alle Arten zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Flughöhe mit einer Verlagerung der Flughöhe in geringere Tiefen bei Gegenwind. Entsprechende Ergebnisse wurden auch in den anderen Zugperioden (Frühjahr 2007 und Herbst 2008) festgestellt. Bei den hier dargestellten Arten wurde der Höhenunterschied besonders deutlich bei Sterntauchern, Samtenten, Zwergmöwen und Brandseeschwalben.

4.2.1.7 Vergleich Rügen mit Arkonasee

Im Arkonabecken wurden an 16 Tagen im Frühjahr 2008 und 19 Tagen im Herbst 2008 vom Schiff aus 43 (Frühjahr) bzw. 59 (Herbst) Nicht-Singvogelarten beobachtet (Tab. 55 im Anhang; daneben im Frühjahr 30 bzw. im Herbst 28 Singvogelarten: s. Tab. 57 im Anhang). Im gleichen Zeitraum (d. h. gleiche Beobachtungstage bei Berücksichtigung des exakt identischen täglichen synchronen Beobachtungsaufwandes), wurden von Land aus im Frühjahr 63 Arten und im Herbst 56 Arten beobachtet. Eine komplette Liste der beobachteten Individuen ist im Anhang zu finden (Tab. 55). Einen Eindruck über die Unterschiede im Artenspektrum gibt eine Gegenüberstellung von Arten, die ausschließlich vor Arkona (von Land aus) bzw. in der Arkonasee beobachtet wurden (Tab. 26). Im Frühjahr wurde vor Rügen ein vergleichsweise hoher Anteil an Limikolen gesehen, während in der Arkonasee auch seltene Arten wie Eissturmvogel und Schmarotzerraubmöwe vorkamen. Im Herbst waren die Anteile exklusiver Arten ausgeglichener (bezogen auf Artenzahl und -spektrum).

Tab. 26: Gegenüberstellung von Arten, die im Frühjahr bzw. Herbst ausschließlich von Land aus vor Rügen bzw. ausschließlich offshore in der Arkonasee beobachtet wurden (identische Beobachtungszeiträume; n=Anzahl Individuen).

	Frühjahr		Herbst					
	nur Rügen	n	nur Arkonasee	n	nur Rügen	n	nur Arkonasee	n
Austernfischer	3		Eissturmvogel ¹⁾	1	Alpenstrandläufer	20	Falkenraubmöwe	1
Blässgans	47		Flussseeschwalbe	7	Austernfischer	1	Grünschenkel	1
Brandgans	16		Heringsmöwe	17	Brandgans	1	Knutt	7
Bruchwasserläufer	5		Kanadagans	25	Dreizehenmöwe	1	Kornweihe	2
Flussregenpfeifer	1		Mantelmöwe	43	Flussuferläufer	2	Mantelmöwe	3
Goldregenpfeifer	37		Saatgans	96	Gänsesäger	2	Mittelmeermöwe	2
Grünschenkel	1		Schmarotzerraubmöwe	3	Haubentaucher	6	Mornellregenpfeifer ¹⁾	1
Habicht	1		Trottellumme	16	Rotmilan	2	Raufußbussard	5
Haubentaucher	10				Schellente	1	Regenbrachvogel	7
Kampfläufer	2				Sterntaucher	4	Tafelente	9
Kiebitz	11				Wanderfalke	1		
Kornweihe	4							
Küstenseeschwalbe	2							
Ohrentaucher	2							
Regenbrachvogel	7							
Ringelgans	5							
Rohrweihe	6							
Rothalstaucher	22							
Rotschenkel	1							
Schellente	5							
Schwarzmilan	2							
Seeadler	6							
Steppenmöwe	1							
Tafelente	32							
Waldwasserläufer	2							
Wanderfalke	1							
Weißwangengans	4							
Wiesenweihe	2							
Zwergsäger	1							

¹⁾ Beobachtung während der gesamten Saison nur auf See und nicht von Land aus

Ein Vergleich der synchron beobachteten Individuenzahlen zwischen der Küste vor Rügen und der Arkonasee erlaubt eine Beurteilung, ob das Zuggeschehen eher gebündelt küstennah (vor Rügen > Arkonasee), küstenfern (vor Rügen < Arkonasee) oder eher flächenmäßig verläuft (vergleichbare Individuenzahlen an beiden Standorten). Für diesen Vergleich wurden nur die Beobachtungen gewertet, die entsprechend der Jahreszeit der „richtigen“ Zugrichtung entsprechen (relevant sind hierbei die typischen W-E-Zieher; d. h. Frühjahr: NE, E, SE; Herbst: NW, W, SW).

Für Seetaucher, Trauer-, Samt- und Eisenten wurde in der Arkonasee nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Rügen-Zahlen erreicht. Dies lässt darauf schließen, dass bei diesen Arten der Frühjahrszug (der generell deutlich stärker ausgeprägt war als der Herbstzug, s. Kap. 4.2.1.2) relativ stark gebündelt küstennah verläuft. Die Aprilzahlen des Seetauchers in der Arkonasee erreichten dabei etwa ein Drittel der Rügenzahlen, während die Anteile bei den anderen genannten Arten bei ca. 5 bis 15% lagen (z. B. 14% von 19.216 Trauerenten im März). Kormorane und Alken waren dagegen im Arkonabecken häufiger als vor Rügen. Im April wurden vor Rügen nur zwei Alken gesehen, während im Arkonabecken 20 Individuen registriert wurden. Eiderentenzug fand im

März im Arkonabecken mit ähnlicher Intensität statt, wohingegen im April nur etwa die Hälfte der auf See festgestellten Individuen vor Rügen erreicht wurde.

Tab. 27: Vergleich von beobachteten Individuen für ausgewählte Arten im Frühjahr 2008 zwischen der Küste vor Rügen (Anzahl Individuen) und der Arkonasee (dargestellt in % der Anzahl Ind. vor Rügen; für Kranich: Individuenzahlen).

	März (9 Tage)		April (7 Tage)	
	n Rügen	% Arkonasee	n Rügen	% Arkonasee
Seetaucher	622	8	186	28
Kormoran	83	176	78	87
Eiderente	429	89	131	52
Trauerente	19.216	14	4.040	15
Samtente	90	10	56	14
Eisente	950	5	1.211	13
Mittelsäger	152	14	31	35
Lachmöwe	311	3	168	04
Alken	19	168	2	1.000

Tab. 28: Vergleich von beobachteten Individuen im Herbst 2008 zwischen der Küste vor Rügen (Anzahl Individuen) und der Arkonasee (dargestellt in % der Anzahl Ind. vor Rügen).

	Juli (5 Tage)		August (8 Tage)		September (2 Tage)		Oktober (4 Tage)	
	n Rügen	% Arkonasee	n Rügen	% Arkonasee	n Rügen	% Arkonasee	n Rügen	% Arkonasee
Seetaucher					6	33	18	22
Eiderente			18	17	50	238	205	37
Trauerente	547	228	381	138	1.096	26	548	269
Samtente					1	500	8	275
Zwergmöwe	2	100	31	100	9	44	6	50
Fluss- /Küstenseeschwalbe	4	200	58	40	5	20		
Alken	3	567					2	200

Bei insgesamt deutlich geringeren Individuenzahlen bei vielen Arten im Vergleich zum Frühjahrszug zeigte sich im Herbst oft ein anderes Bild. Während im September an zwei „guten“ Trauerenten-Zugtagen (vor Rügen MTR: ca. 350 Ind. pro Stunde) etwa ein Viertel der Vögel vor Rügen auch im Arkonabecken gesehen wurden, lagen die Zahlen im Juli und Oktober im Arkonabecken etwa 2 bis 2,5-fach höher als vor Rügen. Auch Samtenten waren im Arkonabecken häufiger als vor Rügen. Seetaucher waren küstennah häufiger als küstenfern (jedoch insgesamt wenige Individuen) und die Werte waren vergleichbar mit den April-Werten des Frühjahres. Alken wurden insgesamt nur wenige Individuen beobachtet, im Arkonabecken häufiger als vor Rügen.

Ein direkter Vergleich der Individuenzahlen auf Stundenbasis gibt weitergehende Informationen über die räumliche Verteilung des Zugverlaufes in den Gewässern vor Rügen. Die relativ gleichmäßige Streuung der Stundenwerte beim Frühjahrszug der Eiderente verdeutlicht die hohe räumliche Variabilität des Eiderentenzuges, der weder küstennah noch küstenfern systematisch konzentriert verlief (Abb. 41). Im Herbst fielen zwei Stundenwerte auf, in denen in der Arkonasee zwei Trupps von 26 bzw. 91 Eiderenten gesehen wurden, von Rügen wurden zu der Zeit jedoch keine Vögel gesehen. In den übrigen Stundenwerten wurden (bei insgesamt geringen Zahlen) vor

Rügen mehr Eiderenten gesehen als in der Arkonasee. Bei der Trauerente zeigt der Vergleich auf Stundenbasis eindeutig eine sehr starke Konzentration des Zuges vor Rügen. Nur bei zwei Stundenwerten lagen die Individuenzahlen im Arkonabecken über denen von Rügen. In den frühen Morgenstunden des 30.03.2008 (Stunden 5-6 und 6-7 Uhr) erstreckte sich der Trauerentenzug offensichtlich mit hohen Zugraten von küstennah bis in das Arkonabecken hinein. In allen anderen Stunden lagen die Entenzahlen im Arkonabecken weit unter denen vor Rügen. Wie der auf Monatssummen basierende Vergleich in Tab. 28 bereits andeutete, sah die Situation im Herbst dagegen anders aus. Hier streuten die Stundenwerte sehr stark und es gab Stunden, in denen > 600 Ind. im Arkonabecken gesehen wurden, vor Rügen jedoch keine. Insgesamt gab es keine Häufung des Vorkommens von Trauerenten an beiden Standorten, so dass der Herbstzug der Trauerente in diesem Bereich eher großflächig verteilt verläuft. Der Frühjahrszug der Seetaucher war vergleichbar mit der Situation bei den Trauerenten. Auch hier fand starker Seetaucherzug vor allem vor Rügen statt (z. B. mehrerer Tage mit > 40 Ind. pro Stunde vor Rügen und keine im Arkonabecken). Bei geringeren Zugintensitäten (< 10 Ind. pro Stunde) wurden jedoch auch im Arkonabecken Seetaucher in vergleichbaren (oder höheren) Anzahlen beobachtet. Der Herbstzug der Seetaucher war zu schwach, um ein eindeutiges Muster zu erkennen.

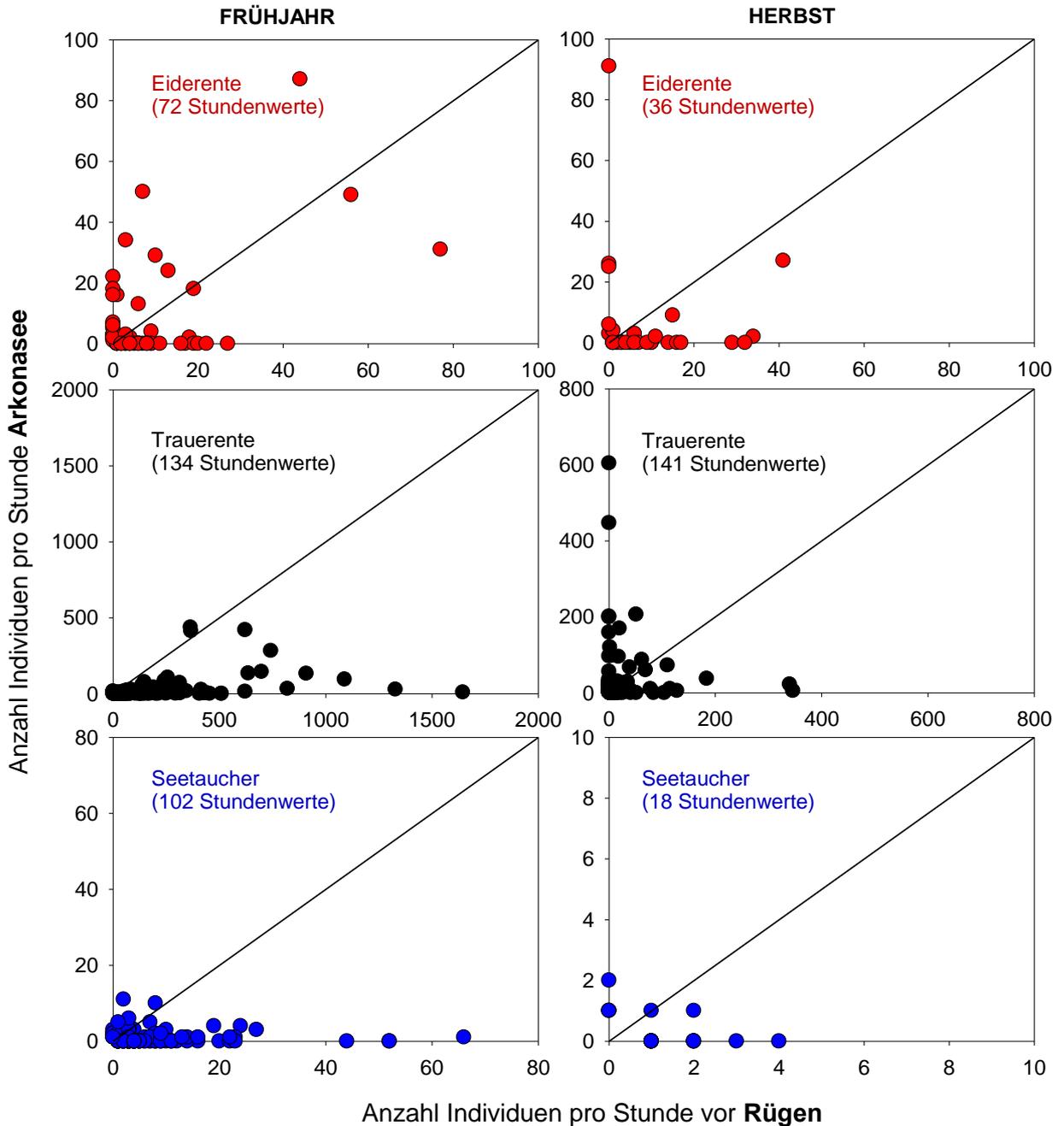


Abb. 41: Anzahl Individuen pro Stunde im Vergleich von Arkonasee und vor Rügen (zeitlich synchrone Stundenwerte: Stunden mit mindestens einer Sichtung an einem Ort) für verschiedene Arten im Frühjahr (links) und Herbst 2008 (rechts). Linie: 1:1-Verhältnis.

4.2.2 Radarerfassungen

4.2.2.1 Zugintensität im Jahresverlauf

Die Zugrate unterlag im Verlaufe der Messzeiträume starken Schwankung (Abb. 42). Bei der Beurteilung der Zugraten am Standort Rügen in den verschiedenen Jahren und Jahreszeiten ist zu berücksichtigen, dass bis auf das Jahr 2008 nur in ausgewählten Zeiten innerhalb der Zugsaison gemessen wurde und somit immer nur ein Ausschnitt des gesamten Zuges geschehens dargestellt wird. Die mittleren Zugraten sowie weitere Kennwerte des Vogelzugs für jede Zugsaison ist auf Monatsbasis in Tab. 29 dargestellt.

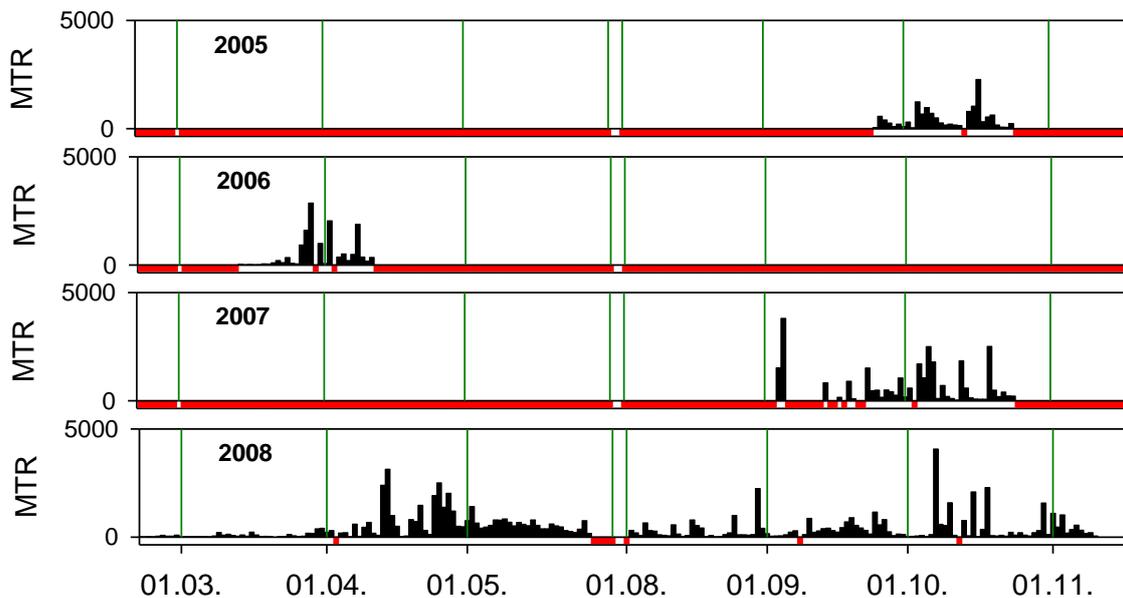


Abb. 42: Mittlere nächtliche Zugintensität ($\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) in den vier Untersuchungs Jahren. Rot: Tage ohne Messungen.

Im Gesamtvergleich von Frühjahr und Herbst lag die Zugrate im Frühjahr mit durchschnittlich 455 Vögeln pro Stunde und Kilometer über der Zugrate im Herbst ($420 \text{ Vögel} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$; Tab. 29). Dieser Unterschied blieb in ähnlicher Größenordnung bestehen, wenn man nur das Jahr 2008 vergleicht, in dem zu beiden Jahreszeiten komplett und kontinuierlich gemessen wurde (Frühjahr 437, Herbst $410 \text{ Vögel} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$). Ein auf Rangzahlen basierender Vergleich (Daten nicht normalverteilt; KS-Test: $z=3,279$, $p<0,001$) weist jedoch keinen signifikanten Unterschied in der Zugrate zwischen Frühjahr und Herbst 2008 auf (Mann-Whitney U-Test: $Z=-0,424$; $p=0,672$, $N=195$ Nächte). Im Frühjahr war der April der Monat mit den höchsten Zugraten in beiden Jahren (2006 und 2008), wobei insbesondere im Jahr 2008 durchgehend im März sehr niedrige Zugraten gemessen wurden. Die Maximalwerte lagen im Herbst mit ca. 4.000 Vögel je Stunde und Kilometer über der stärksten Zugsnacht im Frühjahr ($3.135 \text{ Vögel} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$), bezogen auf die stündlichen Maximalwerte wurden dagegen im Frühjahr die höchsten Werte erreicht (ca. 1.000 Vögel je Stunde und Kilometer mehr im Frühjahr im Vergleich zum Herbst).

Tab. 29: Kennwerte der Zugintensität (Mean Traffic Rate; MTR: Echos*h⁻¹*km⁻¹) für einzelne Monate und Zugperioden von 2005 bis 2008.

	mw	sd	Median	max./ Nacht	min./ Nacht	n Original- echos	Max./h	n Nächte
Frühjahr 2006								
März	420	754	76	2.864	7	9.427	4.666	18
April	716	719	370	2.045	183	7.551	4.347	9
<i>Gesamt Frühjahr 06</i>	518	742	208	2.864	6	16.978	4.666	27
Frühjahr 2008								
Februar	36	33	22	93	4	807	222	11
März	99	105	51	410	0	6.899	770	31
April	933	845	509	3.135	8	47.836	7.473	29
Mai	567	255	538	1.419	177	27.294	4.998	26
<i>Gesamt Frühjahr 08</i>	437	580	221	3.135	0	82.936	7.473	97
Gesamt Frühjahr	455	616	213	3.135	0	99.007	7.473	124
Herbst 2005								
September	247	175	231	568	50	1.339	1.109	8
Oktober	535	531	320	2.272	42	15.382	4.926	21
<i>Gesamt Herbst 05</i>	455	475	267	2.272	42	16.721	4.926	29
Herbst 2007 ¹⁾								
September	822	947	494	3.804	94	7.081	4.541	15
Oktober	710	815	311	2.516	32	12.203	4.610	22
<i>Gesamt Herbst 07</i>	756	860	464	3.803	32	19.284	4.610	37
Herbst 2008								
August	315	441	135	2.248	10	20.969	6.323	30
September	355	294	288	1.161	29	23.727	3.168	29
Oktober	569	917	123	4.070	16	45.593	6.525	30
November	347	281	325	1.029	53	10.749	2.117	9
<i>Gesamt Herbst 08</i>	410	594	208	4.070	10	101.038	6.525	98
Gesamt Herbst (ohne 2007 ¹⁾)	420	568	223	4.070	10	120.322	6.525	127

1) 2007 nur bis Mitternacht gemessen

Im Herbst 2005 und 2008 waren im Monat Oktober die höchsten Zugraten zu verzeichnen (Tab. 29). Die Werte aus dem Jahr 2007 sind nicht direkt mit den Zugraten aus anderen Jahren vergleichbar, weil in diesem Jahr nur von Sonnenuntergang bis Mitternacht gemessen wurde (technisch bedingte Begrenzung der Messzeiten) und somit die erste Nachthälfte mit den vergleichsweise hohen Zugraten die mittleren Zugraten für die Nacht anhebt (MTR im Mittel um ca. 300 höher als in Vergleichsjahren). Der Herbst 2008 macht deutlich, dass auch außerhalb der allgemein angenommenen „Hauptzugmonate“ September und Oktober auch im August und bis in den November hinein regelmäßiger Vogelzug in hohen Intensitäten vorkommt.

Da im Jahr 2008 sowohl im Frühjahr als auch im Herbst kontinuierlich und nahezu während der gesamten Zugperioden (und während der gesamten Nachtphase) gemessen wurde, kann man als Annäherung zur Bestimmung des gesamten Zugvolumens in diesem Jahr die auf Stundenbasis erfassten Vögel je Kilometer über die Saison aufsummieren. An diesem Standort erlangt man auf diesem Wege auf ein Zugvolumen von 405.709 Vögeln pro Kilometer im Frühjahr und 484.555 Vögeln pro Kilometer im Herbst.

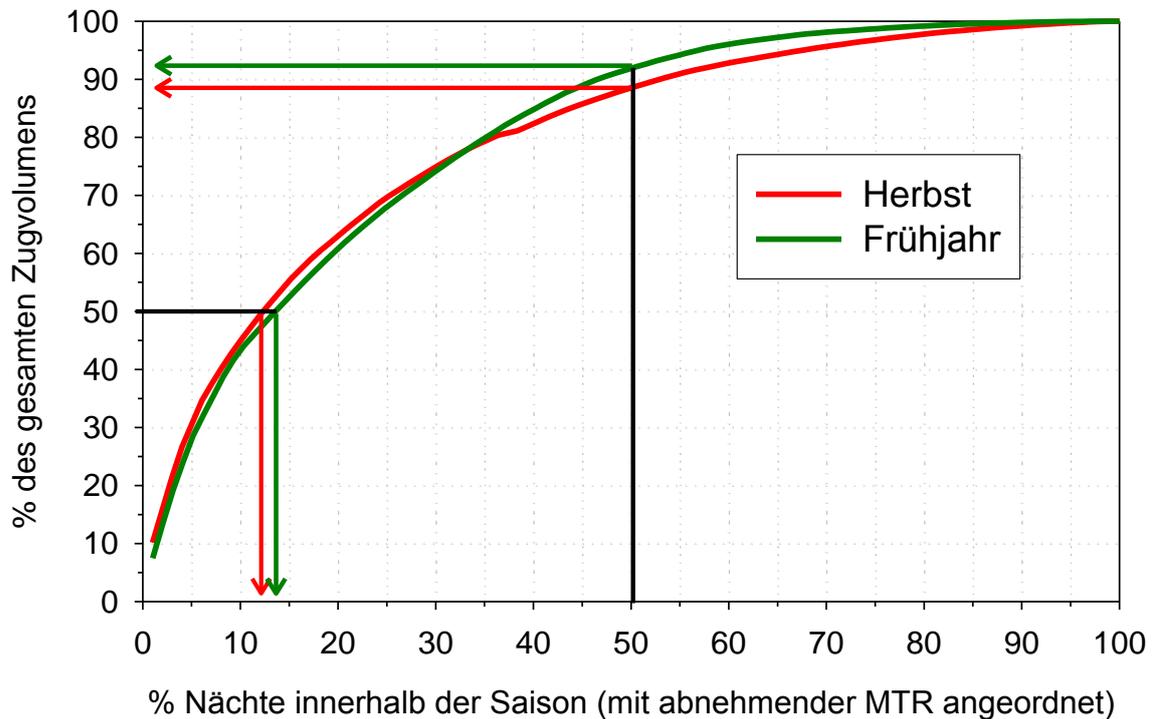


Abb. 43: Kumulative Zugraten für Nächte mit abnehmender MTR (in %) für den Frühjahrs- und Herbstzug 2008.

Der Verlauf des Zuggeschehens als kumulative Darstellung der MTR (Summierung der Zugraten mit abnehmender Intensität, d. h. die ersten Nächte sind die stärksten Zugnächte) verdeutlicht den zeitlichen Ablauf des Zuges für das Jahr 2008 (Messungen im Verlaufe der gesamten Zugperiode; Abb. 43). Generell zeigten der Herbst- und der Frühjahrszug einen sehr ähnlichen Verlauf, wobei die Kurve im Herbst etwas steiler anstieg und flacher abfiel. Die Hälfte des Zuggeschehens war im Herbst nach zwölf Nächten, im Frühjahr nach ca. 13,5 Nächten erreicht. Nach der Hälfte der Zugnächte mit stärkstem Zuggeschehen (d. h. nicht chronologisch) waren im Frühjahr etwa 92% der nachts ziehenden Vögel durchgezogen, im Herbst lag dieser Wert mit ca. 88,5% etwas darunter.

4.2.2.2 Zugintensität im Tagesverlauf

Der grundlegende Unterschied im nächtlichen Verlauf der Zugraten zwischen Frühjahr und Herbst liegt in hohen Zugraten bereits in der zweiten Stunde nach Sonnenuntergang im Frühjahr, wogegen in der Zeit bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Herbst die Zugraten noch sehr niedrig waren (Abb. 44). Der weitere Verlauf der Zugrate im Frühjahr steigerte sich bis vier Stunden nach Sonnenuntergang in beiden untersuchten Jahren und nahm im Verlauf der zweiten Nachthälfte kontinuierlich ab. Im Herbst unterschieden sich die Jahre 2005 und 2008 in der Weise, dass 2008 bereits in der dritten und vierten Stunde nach Sonnenuntergang Maximalwerte erreicht wurden, während im Jahr 2005 die maximalen Zugraten erst weitaus später in der Nacht erreicht wurden (Abb. 44).

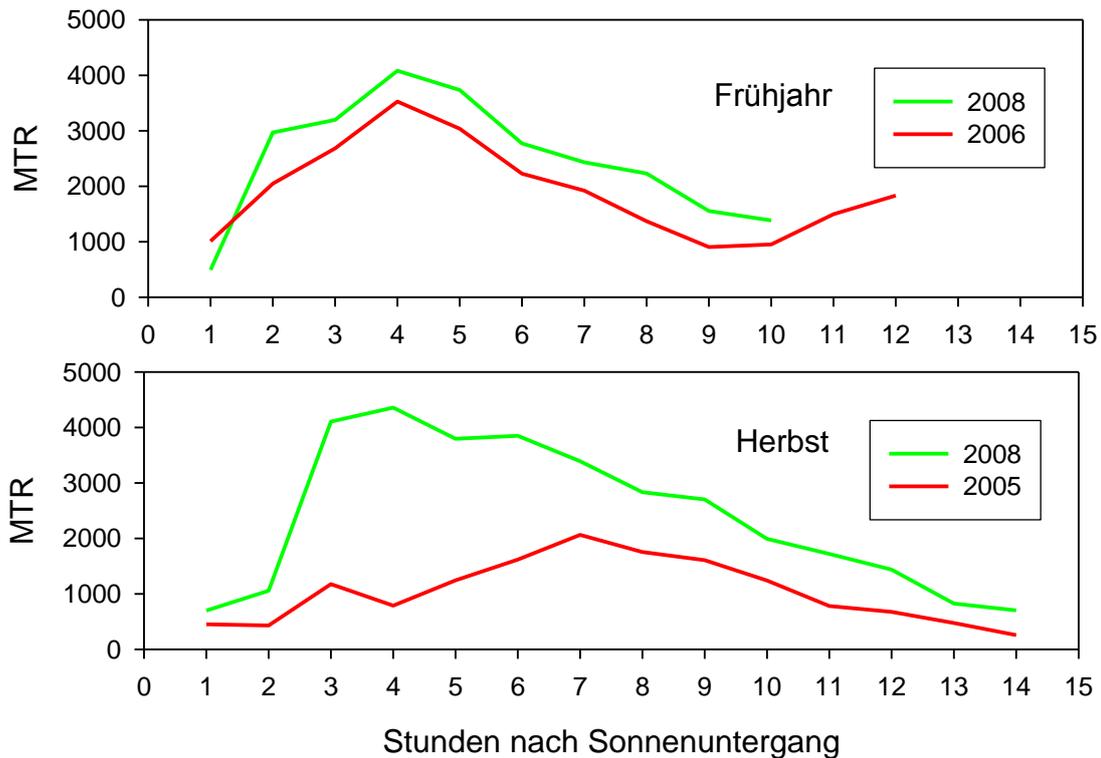


Abb. 44: Mittlere Zugintensität (MTR=migration traffic rate) im Frühjahr (oben) und Herbst (unten) im Bezug zum Sonnenuntergang (1= Stunde 0 bis 1 nach Sonnenuntergang). Angegeben sind Mittelwert für die jeweils fünf stärksten Zugnächte je Saison und Jahr.

Im Frühjahr starten die Vögel in unmittelbarer Umgebung der Mess-Station auf Rügen, während im Herbst eine Zeitspanne von ein bis zwei Stunden für die Ostseeüberquerung benötigt wird. Das sehr frühe Maximum der Zugrate in den fünf stärksten Zugnächten im Herbst 2008 könnte mit Zugstaus erklärt werden: in den Nächten vor den starken Zugnächten waren kaum Vögel gezogen, so dass man davon ausgehen kann, dass sich viele Vögel direkt in Küstennähe in Südschweden aufhielten und somit gemeinsam die Ostseeüberquerung nach Sonnenuntergang starteten.

4.2.2.3 Flughöhen

Die Höhenverteilungen im Vergleich verschiedener Jahre war für den Herbstzug nahezu identisch (Abb. 45; Herbst 2005 nicht berücksichtigt, da vornehmlich mit 10 kW-Radar gemessen wurde, welches nur bis 900 m Höhe quantitativ messen kann; s. Kap 3.2.1.3.). Etwa 40% der Echos wurden in Höhen unterhalb von 200 m registriert (2007 und 2008; Tab. 30). Mit zunehmender Höhe nahm die Zugrate relativ gleichförmig ab. Im Frühjahr gab es Unterschiede zwischen den Jahren 2006 und 2008 (Abb. 45). Während im Jahr 2006 etwa 40% unterhalb von 200 m flogen, lag dieser Wert zwei Jahre später bei etwas über 25% (Tab. 30). Während 2008 die Zugraten mit zunehmender Höhe relativ kontinuierlich abnahmen, waren im Jahr 2006 auch in größeren Höhen noch hohe Zugraten vorhanden. Ein Vergleich von Frühjahrs- und Herbstzug im Jahr 2008

(kontinuierliche Messungen über gesamte Saison) ergab niedrigere Flughöhe im Herbst als im Frühjahr (Herbst: 39% unterhalb von 200 m, im Frühjahr 26,5%).

Bei der Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass im Jahr 2006 nur etwa vier Wochen von Mitte März bis Mitte April gemessen wurde, zwei Jahre später jedoch während der ganzen Frühjahrssaison, wobei der größte Teil des Zuges nach Mitte April stattfand (s. Abb. 42).

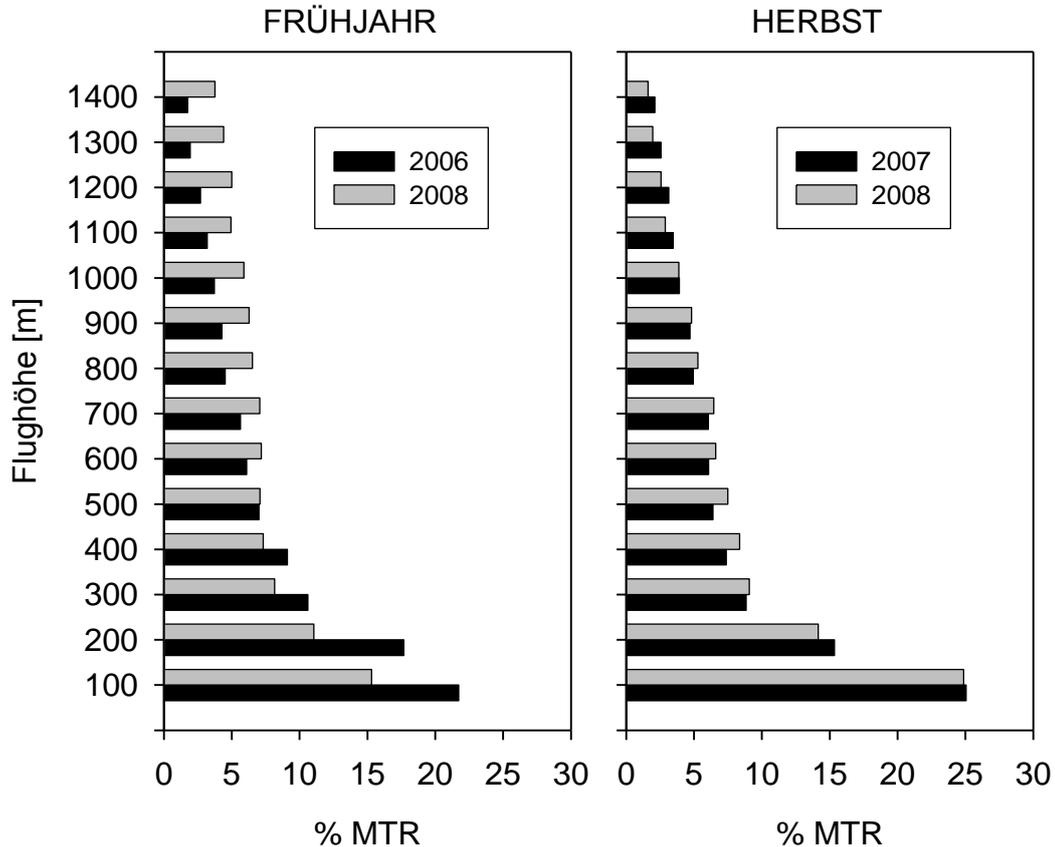


Abb. 45: Prozentuale Verteilung der Zugraten auf Höhenstufen als Mittel über die Saison für den Frühjahrs- und Herbstzug in verschiedenen Jahre.

Tab. 30: Höhenverteilung der Echos (%) dargestellt in 3 Höhenstufen im Vergleich von Frühjahrs- und Herbstzug in verschiedenen Untersuchungsjahren.

	unter 200 m	201 bis 400 m	über 400 m	n Echos
Frühjahr				
2006	39,4	19,7	40,9	16.978
2008	26,5	15,5	58,2	82.029
Herbst				
2007	40,4	16,2	43,4	20.091
2008	39,0	17,4	43,6	101.038

Entsprechend der Darstellung der aufsummierten Zugraten über die gesamte Saison für das Jahr 2008 (s. Kap. 4.2.2.1) lassen sich die Gesamt-Zugraten auch für einzelne Höhenstufen darstellen

(Abb. 46). Die Höhenverteilung entspricht generell der als Mittel über einzelne Nächte dargestellten Flughöhen (s. Abb. 45) und die unterhalb von 200 m fliegenden Individuen entsprechen bei dieser Berechnung 26,8% (Frühjahr 2008) bzw. 39,8% (Herbst 2008). Im Frühjahr handelt es sich hierbei um ca. 108.900 Individuen, im Herbst um ca. 192.900 Vögel, die je Kilometer an diesem Standort im Verlaufe der gesamten Saison unterhalb einer Flughöhe von 200 Metern passieren.

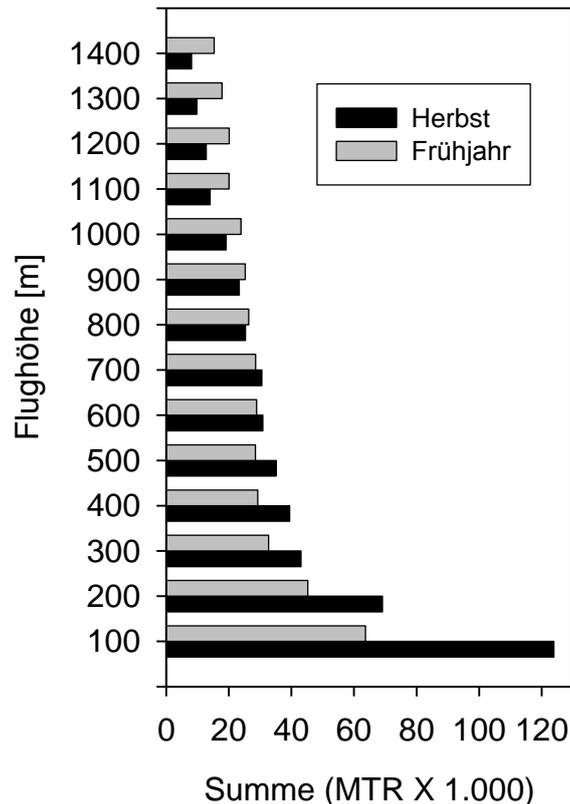


Abb. 46: Summe aller je Stunde und Kilometer registrierten Vogeleos für einzelne Höhenklassen über die gesamte Frühjahrs- und Herbstsaison 2008.

Höhenverteilungen in einzelnen Nächten

In verschiedenen Nächten war die Höhenverteilung sehr variabel. Als Beispiele sind die Höhenverteilungen aus den jeweils fünf stärksten Zugnächten im Frühjahr und Herbst der Jahre 2006, 2007 und 2008 dargestellt (2005 wurde mit einem 10 kW-Radargerät gemessen, mit dem nur bis in Höhen von 900 m quantitativ erfasst werden kann; Abb. 47). Im Frühjahr 2006 gab es Massenzugnächte, die zu einem großen Teil unterhalb von 200 m stattfanden (z. B. bis 55% in der Nacht vom 30. auf den 31. März 2006). Im Frühjahr 2008 fand der Massenzug dagegen in weniger tiefen Schichten statt (höchster Anteil 26% am 12.04.08). Ähnlich variabel sah die Höhenverteilung in den Massenzugnächten während des Herbstzuges aus. Im Jahr 2007 lag der Anteil unterhalb von 200 m fliegenden Vögel in diesen Nächten zwischen 15% (05.10.07, Zugschwerpunkt um ca. 1.000 m Höhe) und 58% (12.10.07). Im Jahr darauf schwankte der Anteil zwischen 19 und 30%.

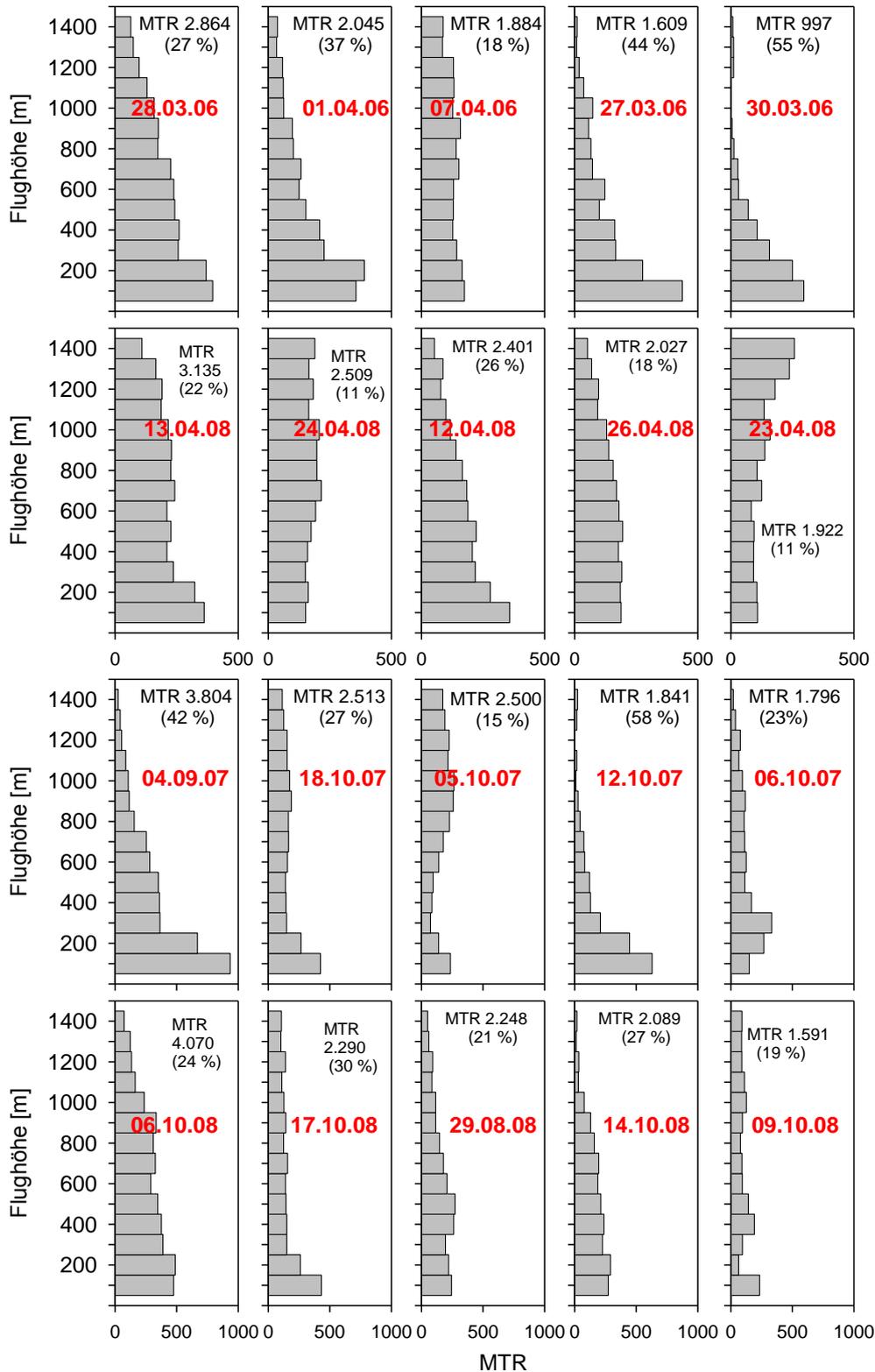


Abb. 47: Höhenverteilung in den jeweils 5 stärksten Zugnächten im Frühjahr (oberen zwei Reihen) und Herbst (untere Reihen) in verschiedenen Jahren dargestellt als reale Zugraten (MTR; Datum entspricht dem Beginn der Nacht). Zahlen: Gesamt MTR je Nacht; in Klammer: % unterhalb von 200 m).

Diese fünf Beispielnächte aus den verschiedenen Jahren und Jahreszeiten machen etwa 25-30% des Gesamtzugvolumens aus. Für die Beurteilung der Gesamtsituation bezüglich der Flughöhen sollten gesamte Zug-Zeiträume berücksichtigt werden, was im Untersuchungsjahr 2008 sowohl für den Frühjahrs- als auch für den Herbstzug gelang. Die entsprechende Höhenverteilung als Summe über den Zeitraum ist in Abb. 46 dargestellt.

Flughöhen im Verlaufe der Nacht

Die höchsten Flughöhen wurden in der ersten Nachthälfte erreicht, wobei die Maxima im Frühjahr bereits in der zweiten und dritten Stunde nach SU lagen, im Herbst dagegen einige Stunden später. Generell war ein Zusammenhang mit der Zugintensität erkennbar (vgl. Abb. 44), d. h. die hohen Zugraten im Frühjahr kurz nach Sonnenuntergang waren mit hohen Flughöhen verbunden, während im Herbst der später einsetzende Zug in größeren Flughöhen erst drei bis vier Stunden nach Sonnenuntergang einsetzte. Sowohl im Frühjahr als auch im Herbst nahm die mittlere Flughöhe im Verlauf der zweiten Nachthälfte ab.

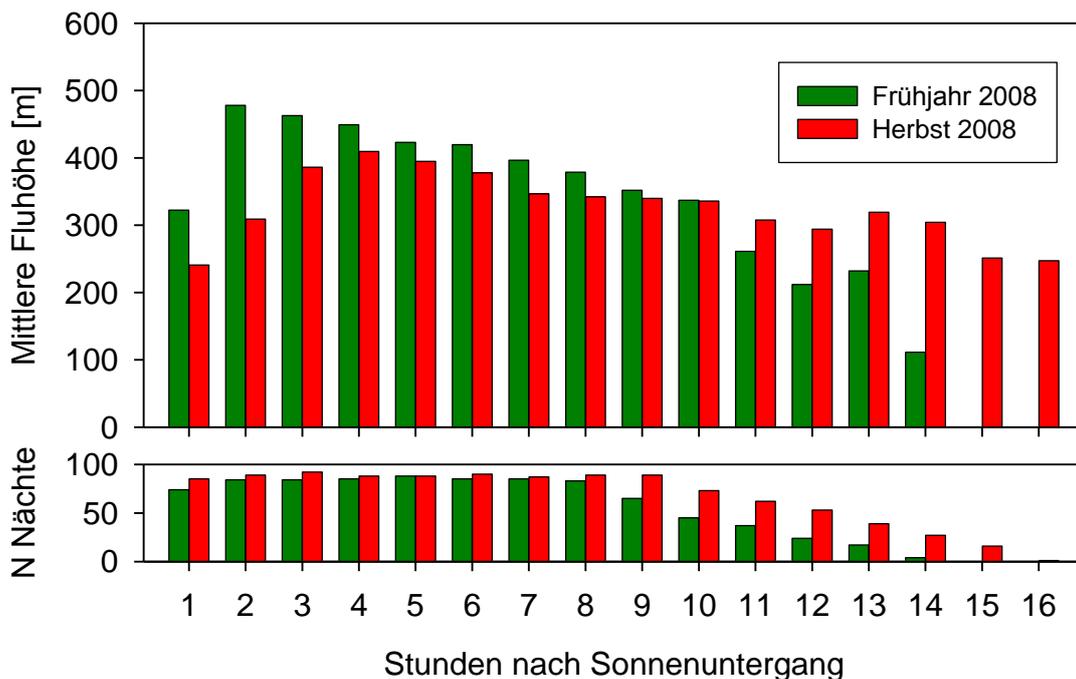


Abb. 48: Mittlere Flughöhen im Verlaufe der Nacht (Bezug auf Sonnenuntergang: 1=0-1 Stunde nach Sonnenuntergang) für das Jahr 2008.

Die mittleren Flughöhen im Verlaufe der Nacht (Abb. 48) spiegelte sich auch bei der Betrachtung von Höhenverteilungen auf Stundenbasis für einzelne Nächte wieder (Abb. 49). In den beiden dargestellten Herbstnächten lagen die Zugmaxima in den Stunden zwei und drei nach Sonnenuntergang im Bereich von ca. 800 bis 1.000 m, während sich der Schwerpunkt des Zuges in den Folgestunden auf tieferen Schichten konzentrierte. Zeitweise kann aber auch in der zweiten Nachthälfte wieder hoher Zug vorkommen (z. B. Stunde von 3 bis 4 Uhr morgens in der Nacht vom

14. auf den 15. Oktober 2008), was sich auch im Mittel über alle Nächte andeutet (Stunden 13 und 14 nach Sonnenuntergang in Abb. 48). In den Frühjahrsnächten im April 2008 wird weiterhin die hohe Variabilität in der Höhenverteilung deutlich. Während in der Nacht vom 23. auf den 24. April die häufigsten Zughöhen am Rande des Erfassungsbereichs des Radars lagen (d. h. ca. 1.200 bis 1.400 m; hohe Zugraten vermutlich auch außerhalb des Erfassungsbereichs), zeigte sich die Höhenverteilung ca. zehn Tage zuvor eher gleichmäßig verteilt, bzw. mit Schwerpunkten in den unteren Höhenschichten.

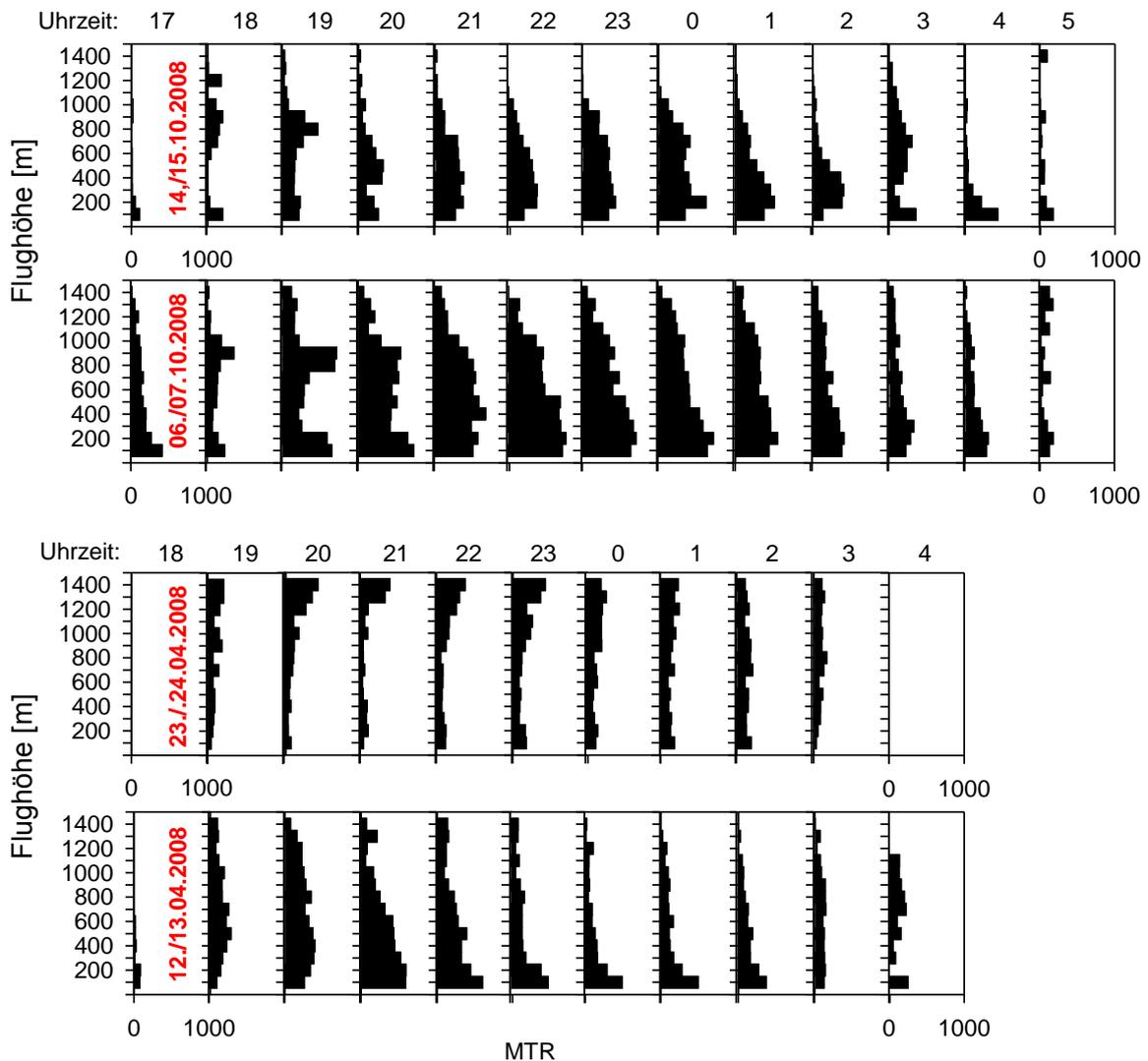


Abb. 49: Flughöhen im Verlaufe von vier Nächten (oben: Herbst 2008; unten: Frühjahr 2008) jeweils bezogen auf Stunden nach Sonnenuntergang (angegeben sind reale MTR; Uhrzeit:17= 17:00-17:59).

4.2.2.4 Vergleich des Zugeschehens bei Rügen und bei FINO 2

Saisonale Zugintensitäten

Im Frühjahr 2008 wurde aufgrund technischer Probleme nur im Februar und März zeitgleich auf Rügen und auf FINO gemessen, als insgesamt eine sehr geringe Zugrate herrschte (vgl. Abb. 42). Die Zugraten im Frühjahr zwischen den Standorten FINO 2 und Rügen (Lancken) waren dabei signifikant korreliert ($r^2=0,813$, $p<0,001$; vgl. Kap. 3.4: Vergleich MTR FINO und Land-/Seeseite auf Rügen). Insbesondere in den letzten Märztagen mit den höchsten Zugraten zeigte sich bei FINO jedoch ein deutlich höheres Zugaufkommen als auf Rügen (ca. Faktor 2, s. Abb. 50). Die mittleren Zugraten lagen demnach mit 135 Vögel je Stunde und Kilometer über denen auf Rügen (91 Vögel je Stunde und Kilometer, Tab. 31). In der Zeit vor dem 28. März waren keine deutlichen Unterschiede zu sehen (allerdings bei insgesamt sehr geringer Zugaktivität). Für eine abschließende Beurteilung der Bedingungen im Frühjahr sind weitere Messungen während der Hauptzugphasen erforderlich.

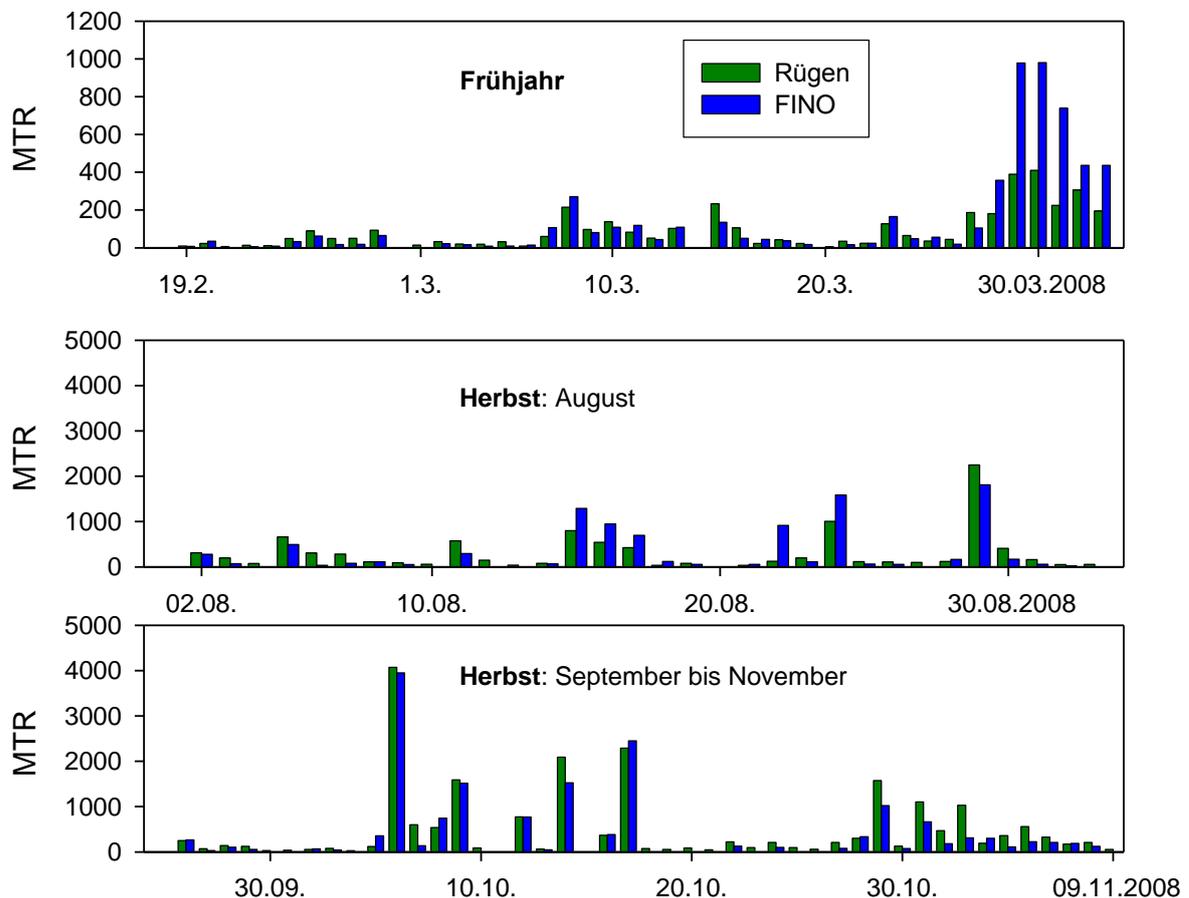


Abb. 50: Vergleich von nächtlichen Zugintensitäten zwischen Rügen und FINO im Frühjahr und Herbst 2008.

Im Herbst wurde über einen längeren Zeitraum parallel gemessen (Abb. 50). Trotz einiger Streuung und etwas höheren mittleren Zugraten auf Rügen (Tab. 31), waren die Raten

hochsignifikant korreliert (Abb. 51). Da die Zugraten keiner Normalverteilung unterliegen (K-S-Test: $p < 0,05$ für Rügen im Frühjahr und $p < 0,001$ für Herbst auf Rügen und FINO), wird ein nicht-parametrischer Mann-Whitney-U-Test für den Vergleich der Standorte verwendet. Dieser ergibt für den Frühjahrsvergleich keinen signifikanten Unterschied ($Z = -0,163$, $p = 0,871$, $n = 43$ Nächte), während im Herbst die Zugraten auf Rügen signifikant höher waren als bei FINO ($Z = -0,3914$, $p < 0,001$, $n = 76$ Nächte). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der nicht-parametrische Test nur mit Rängen arbeitet und die Größe der realen Werte nicht mit berücksichtigt. So sind z. B. die hohen Unterschiede Ende März im Frühjahr sicher von biologischer Bedeutung (werden im Test gleichwertig mit anderen Tagen gewertet), während die Unterschiede in den realen Werten der Zugraten zwischen FINO und Rügen im Herbst bei insgesamt deutlich höheren Zugraten eher als gering einzustufen sind.

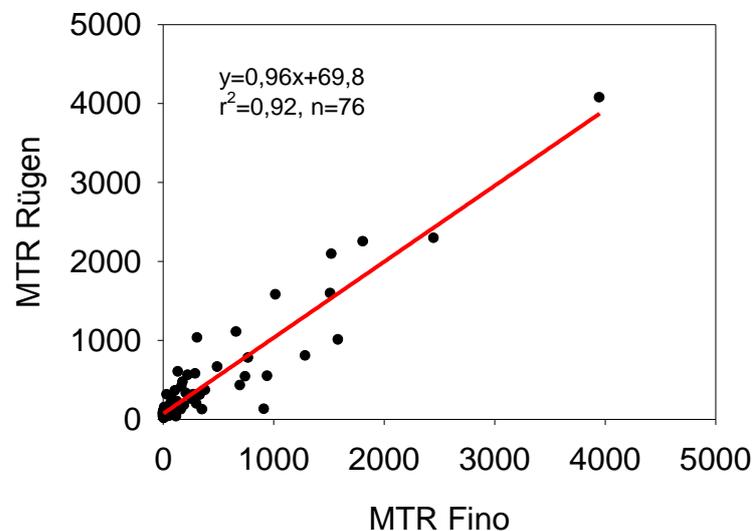


Abb. 51: Korrelation von Zugraten auf Rügen und FINO im Herbst 2008.

Tab. 31: Kennwerte der Zugintensität (Mean Traffic Rate; MTR: $\text{Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) im Vergleich von FINO und Rügen für identischen Zeitspannen im Frühjahr und Herbst 2008. Paarweiser Vergleich nach Wilcoxon: ns=nicht signifikant; *** $p < 0,001$.

	mw	sd	Median	max./ Nacht	min./ Nacht	n Original- echos	Max./h	n Nächte; P
Frühjahr 2008								
FINO	135	239	43	981	1	16.905	2.220	43 ns
Rügen	91	101	49	410	0	8.502	1.093	
Herbst 2008								
FINO	346	642	89	3.951	3	81.767	6.568	76 ***
Rügen	403	658	144	4.070	10	78.859	6.525	

Zugintensität im Verlaufe der Nacht

Für die Darstellung der Zugintensität im Verlaufe der Nacht wurden aus für den Frühjahr und Herbst 2008 einige synchrone Nächte mit hohem Zugaufkommen ausgewählt.

	<p style="text-align: center;">Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug</p>	<p style="text-align: center;">Vorhabensträger: </p>
---	---	---

In den weniger starken Zugnächten im März 2008 (v. a. 08. und 10. März) setzte der Zug erwartungsgemäß auf Rügen früher ein als bei FINO, da die aus Süden kommenden Vögel den Landstandort zuerst erreichten, bzw. in Küstennähe nach Sonnenuntergang starteten. Die Zugraten im Verlauf der Nacht waren dabei an beiden Standorten sehr ähnlich (hohe Zugraten in der ersten Nachthälfte, abnehmende Raten in der zweiten Nachthälfte). Die stärkere Zugperiode Ende März/Anfang April zeichnete sich durch generell deutlich höhere Zugraten bei FINO aus (vgl. Abb. 50), der generelle Verlauf war dabei z. T. jedoch sehr ähnlich (z. B. 28.03.; 03.04.). Der zweite Durchzugspeak bei FINO in der zweiten Nachthälfte vom 31. März auf den 04. April war dagegen auf Rügen nicht vorhanden. Die dargestellten Zeiten im Frühjahr sind nur ein kleiner Ausschnitt aus der gesamten Frühjahrs-Zugzeit und enthalten keine Massenzugereignisse (keine synchronen Messungen ab Anfang April), so dass der zeitliche Ablauf des Zuges im Verlaufe der Nacht nicht abschließend beurteilt werden kann.

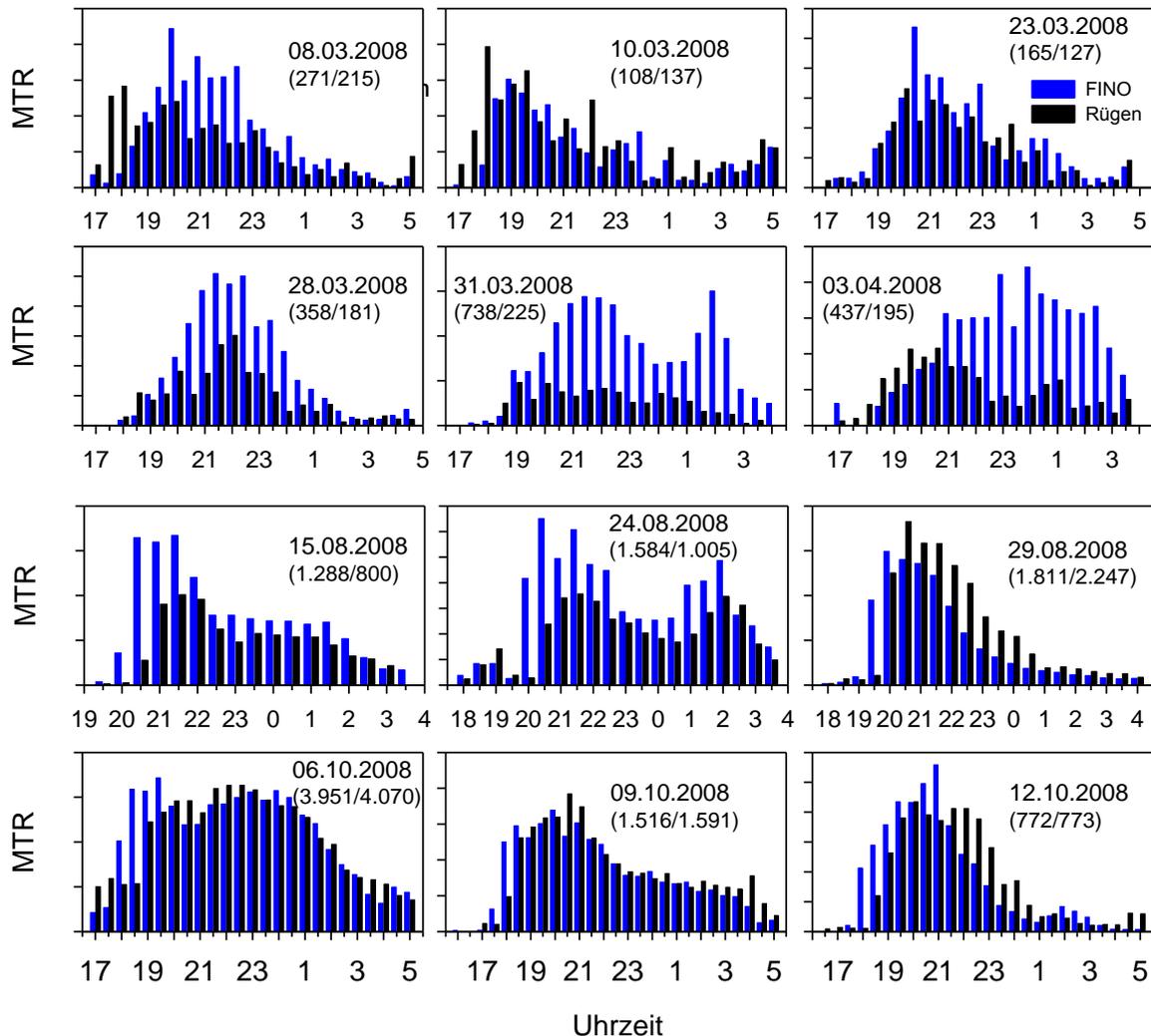


Abb. 52: Zugraten (Skalen für jeweilige Nacht optimiert) im Verlaufe von einzelnen Nächten auf der Basis von 30 Minuten Intervallen im Vergleich der Standorte FINO und Rügen für den Frühjahrszug (oberen 6 Grafiken) und den Herbstzug (untere 6 Grafiken); in Klammern: Gesamt-MTR je Nacht für die Standorte FINO/Rügen).

Für den Herbstzug kann generell gesagt werden, dass der zeitliche Verlauf des Zuges bei FINO und bei Rügen nahezu synchron verlief, wobei bei FINO in allen dargestellten Nächten die Zugraten etwa 30 Minuten bis zu eine Stunde früher anstiegen als auf Rügen (entsprechend dem Nord-Süd-Verlauf der Zuggeschehens). Insbesondere auch an Massenzugtagen (wie z. B. in der Nacht vom 06. auf den 07. Oktober, oder vom 09. auf den 10. Oktober) war der Zug in Verlauf und Größenordnung nahezu identisch (mit höheren Werten auf FINO zu Beginn der Nacht, da die Vögel hier früher ankommen), oder insgesamt zeitlich um etwa eine Stunde versetzt (29.08.; 12.10.). Mitte August waren in einigen Nächten bei FINO generell höhere Zugraten zu verzeichnen als auf Rügen, der Verlauf war jedoch sehr synchron (z. B. zwei Durchzugspeaks am 24. August an beiden Standorten).

Flughöhen

Der Vergleich von Flughöhen zwischen den Standorten Rügen (Küstenstandort) und FINO (Offshore) gibt Hinweise über Verhaltensweisen der Vögel bei der Überquerung der Ostsee (Flughöhen küstennah und offshore). Generell war die Verteilung der Flughöhen bei Rügen und bei FINO im Frühjahr sehr ähnlich (ausgewählt sind jeweils sechs starke Zugnächte; Abb. 53). Obwohl in der Zugphase Ende März/Anfang April die Gesamt-Zugraten bei FINO weit über denen von Rügen lagen (vgl. Abb. 50, Abb. 52), zeigte die Höhenverteilung (dargestellt als % MTR) keine deutlichen Unterschiede (relativ gleichmäßige Verteilungen der Zugraten bis in große Höhen am 28. und 31. März bzw. tiefer Zug am 03. April an beiden Standorten). Ein einheitliches Bild einer Höhenänderung der Vögel, die von Süden kommend das Festland verlassen und sich über See begeben, war nicht zu erkennen. In einigen Nächten war der Anteil tief fliegender Vögel bei FINO höher als bei Rügen (z. B. 08.03., 23.03), in den übrigen dargestellten Nächten lag der Anteil unterhalb von 200 m fliegenden Vögel dagegen etwas über den Werten bei FINO. Ein ähnliches Bild ergab sich für den Herbstzug. In zwei Nächten (inklusive der Massenzugnacht am 06.10., sowie am 18.08.) lag der Anteil unterhalb von 200 m fliegender Vögel bei FINO deutlich über dem Wert von Rügen, wogegen z. B. am 09. und 12. Oktober ein hoher Anteil tief fliegender Vögel bei Rügen gemessen wurde. Generell galt auch für den Herbst, dass die Höhenverteilungen im Vergleich von Rügen und FINO sehr ähnlich waren und keine einheitliches Muster einer Höhenänderung bei Annäherung an die Küstenlinie von Rügen zu erkennen war.

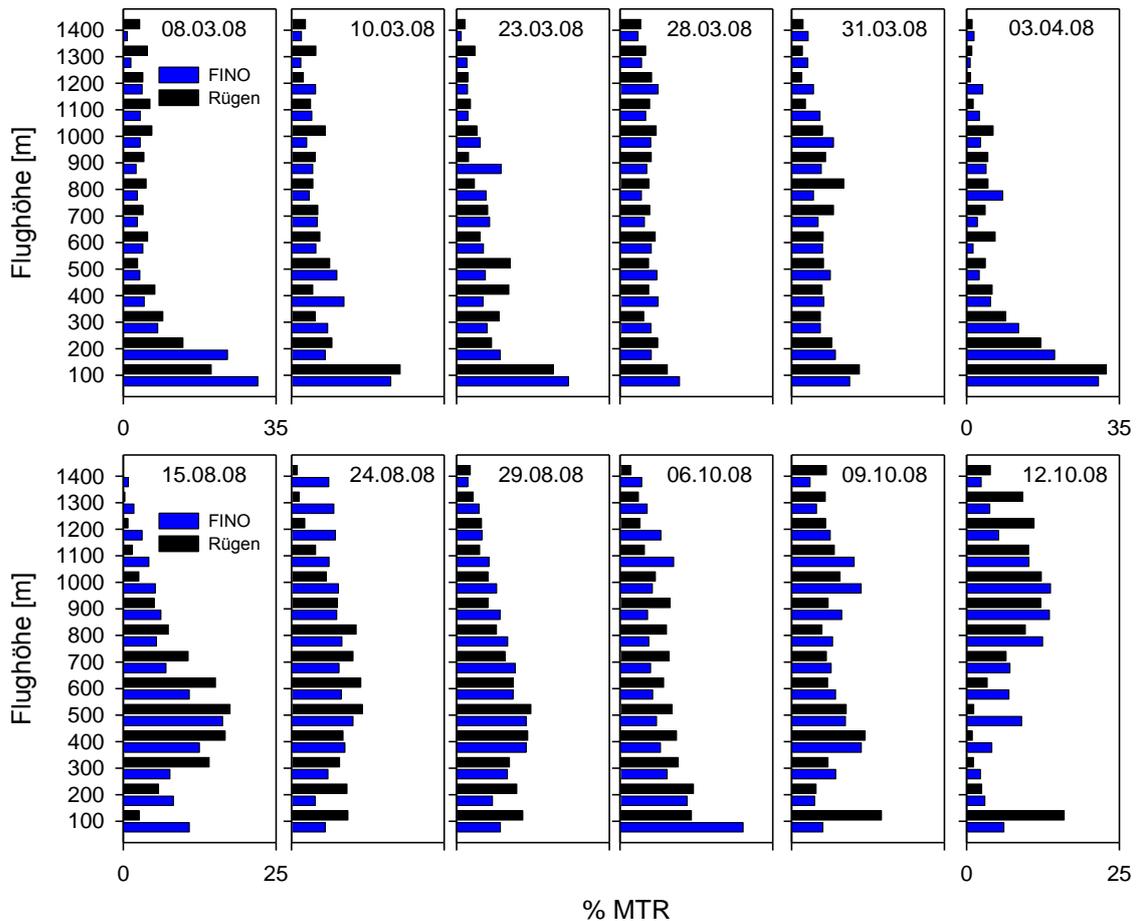


Abb. 53: Zugraten (in % MTR) in verschiedenen Höhengschichten in einzelnen Nächten im Vergleich der Standorte FINO und Rügen für den Frühjahrszug (oben) und den Herbstzug (unten), Die Auswahl der Tage und die Gesamt-MTR je Nacht entspricht den Angaben in Abb. 52.

4.2.2.5 Wettereinflüsse

4.2.2.5.1 Zugintensität

Zur Beschreibung des Einflusses von Wetterfaktoren auf die Zugintensität werden zunächst einzelne Wetterparameter mit den nächtlichen Zugintensitäten korreliert (Tab. 32). Die Sichtweite zeigte nur während des Herbstzuges (in den Jahren 2007 und 2008) eine positive Korrelation mit der Zugintensität (hohe Zugintensitäten bei hohen Sichtweiten), in allen anderen Jahren war nur eine entsprechende Tendenz vorhanden. Ein negativer Zusammenhang bestand dagegen mit dem Grad der Wolkenbedeckung (d. h. geringe Zugintensität bei starker Wolkenbedeckung), der allerdings nur im Frühjahr 2008 und im Herbst 2007 signifikant war. Hohe Windstärken minderten das Zugaufkommen in allen Perioden (bis auf Frühjahr 2006). Regenereignisse sind im Verlaufe der Saison eher unregelmäßig vorhanden (d. h. die meisten Nächte waren ohne Regen), so dass eine reine Korrelation relativ wenig aussagekräftig ist. Tendenziell war in den meisten Erfassungszeiten jedoch nächtlicher Regen mit geringem Zugaufkommen verbunden (v. a. auch im Jahr 2008) – im Frühjahr 2006 war dieser Zusammenhang jedoch entgegengesetzt. In die

Rückenwindkomponente (TWC – tail wind component) ist neben der Windstärke auch die Windrichtung in Bezug zur Zugrichtung des Vogels mit eingerechnet und gibt damit Auskunft über die Windunterstützung (positive Werte=Rückenwind; negative Werte=Gegenwind). Bis auf das Frühjahr 2008 war die Zugintensität hochsignifikant mit der Rückenwindkomponente korreliert. Hohes Zugaufkommen wurde also vor allem bei Rückenwind beobachtet.

Tab. 32: Korrelation zwischen Zugintensität ($Echos \cdot h^{-1} \cdot km^{-1}$) und verschiedenen Wetterparametern an verschiedenen Orten und Jahreszeiten (r: Korrelationskoeffizient nach Spearman; p: Signifikanzwahrscheinlichkeit).

	Sichtweite		Wolkenbed.		Windstärke		Regen		TWC		n Nächte
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	
Frühjahr 2006	0,064	0,750	-0,229	0,250	-0,137	0,494	0,524	0,005	0,741	0,000	27
Frühjahr 2008	0,176	0,085	-0,415	0,000	-0,570	0,000	-0,496	0,000	-0,314	0,002	97
Herbst 2005	0,116	0,550	-0,314	0,097	-0,528	0,003	-0,277	0,146	0,726	0,000	29
Herbst 2007	0,443	0,006	-0,331	0,045	-0,382	0,020	-0,165	0,329	0,452	0,005	37
Herbst 2008	0,198	0,050	-0,189	0,062	-0,461	0,000	-0,231	0,022	0,708	0,000	98

Insgesamt wird das Zugaufkommen im Herbst besser durch die verschiedenen Wetterparameter erklärt als der Frühjahrszug (Tab. 33, Zugrate logarithmiert für Normalverteilung). Insbesondere durch den unterschiedlichen Einfluss der Rückenwindkomponente in den beiden Frühjahren wird der Gesamteinfluss dieser Variable gemindert, während sie im Herbst den höchsten Einfluss zeigte. Auch die Wolkenbedeckung zeigte in dieser Gesamtbetrachtung nur im Herbst einen signifikanten Einfluss auf die Zugrate.

Tab. 33: Lineare Regression mit der Zugrate (logarithmisch transformiert, ln) als abhängige Variable und verschiedenen Wetterparametern als Einflussfaktoren.

	Frühjahr		Herbst	
	beta	Sig.	beta	Sig.
Sichtweite [m]	0,011	0,895	0,086	0,151
Wolkenbedeckung [Achtel]	-0,113	0,188	-0,203	0,001
Windgeschwindigkeit [$m \cdot s^{-1}$]	-0,399	0,000	-0,349	0,000
Temperatur [°C]	0,442	0,000	-0,113	0,044
Rückenwindkomponente TWC	0,036	0,614	0,515	0,000
Gesamtmodell	F=19,93	0,000	F=34,40	0,000

Eine genauere Darstellung von Zugraten und Regenereignissen zeigt, dass zwar oft in Nächten mit Regen geringer Vogelzug herrschte (z. B. in allen Herbstperioden; Abb. 54), in einer der stärksten Zugnächte im Frühjahr 2006 (27.03.) fielen jedoch über 20 mm Niederschlag. Dieses Beispiel zeigt, dass auch bei Regen starker Vogelzug vorkommen kann. Die hochsignifikante Korrelation zwischen TWC und Zugintensität findet sich auch in der konkreten Darstellung beider Parameter wieder (Beispiel Herbst 2008: die einzelnen Zuggipfel sind sehr oft jeweils mit einer Verbesserung der Windverhältnisse verbunden, d. h. Zunahme der TWC). Dabei ist das Zusammenspiel von artspezifischer saisonaler Zugbereitschaft und den Wetterverhältnissen von großer Bedeutung. So herrschten im Frühjahr 2008 bis Ende März zwar sehr gute Zugbedingungen (fast durchgehend Rückenwind), es fand jedoch mangels zugbereiter Vögel kaum Vogelzug statt. Bei sehr tiefen

Temperaturen in dieser Phase sind die Brutbedingungen in Skandinavien für die meisten Arten nicht gegeben. Hierdurch kommt für das Frühjahr 2008 eine negative Korrelation zustande, die den anderen Ergebnissen auf den ersten Blick widerspricht bzw. den Gesamt-Einfluss des TWC während der Frühjahrsperioden aufhebt (s. Tab. 32, Tab. 33). Neben reinen mathematischen Berechnungen sind also immer eine sorgfältige Datensichtung, eine Betrachtung des Zusammenspiels verschiedener Faktoren und ein Hinterfragen der biologischen Aussagen wichtig. Die Anzahl zugbereiter Vögel spielt auch nach Massenzugereignissen eine Rolle. So waren z. B. die Zugbedingungen in der Zeit nach der starken Zugnacht 15/16.10.2005 noch sehr gut (hoher positiver TWC), die Zugrate war jedoch vergleichsweise niedrig, da in den Vortagen mit hohem Zugaufkommen die meisten Vögel bereits ihr Brutgebiet verlassen hatten. Andererseits kann auch bei suboptimalen Bedingungen starker Vogelzug stattfinden. So fand z. B. die Massenzugnacht am 06.10.2008 bei leichtem Gegenwind statt. Hierbei ist zu bedenken, dass die Zeit Ende September / Anfang Oktober für viele Arten die Hauptzugperiode darstellt, d. h. in der Regel ein sehr hohes Aufkommen zugbereiter Individuen vorherrscht. Da in den ca. zehn Tagen vor dem 6. Oktober sehr starker Gegenwind herrschte (und es zudem oft regnete) und deshalb kaum Vogelzug zu beobachten war, fand der Massenzug unter hohem Zugdruck bei einer Verbesserung der Windverhältnisse statt, in diesem Falle bei weniger starkem Gegenwind. Auch dieses Beispiel macht deutlich, dass für die Beurteilung des aktuellen Vogelzugaufkommens die Gesamtverhältnisse über einen längeren Zeitraum betrachtet werden müssen.

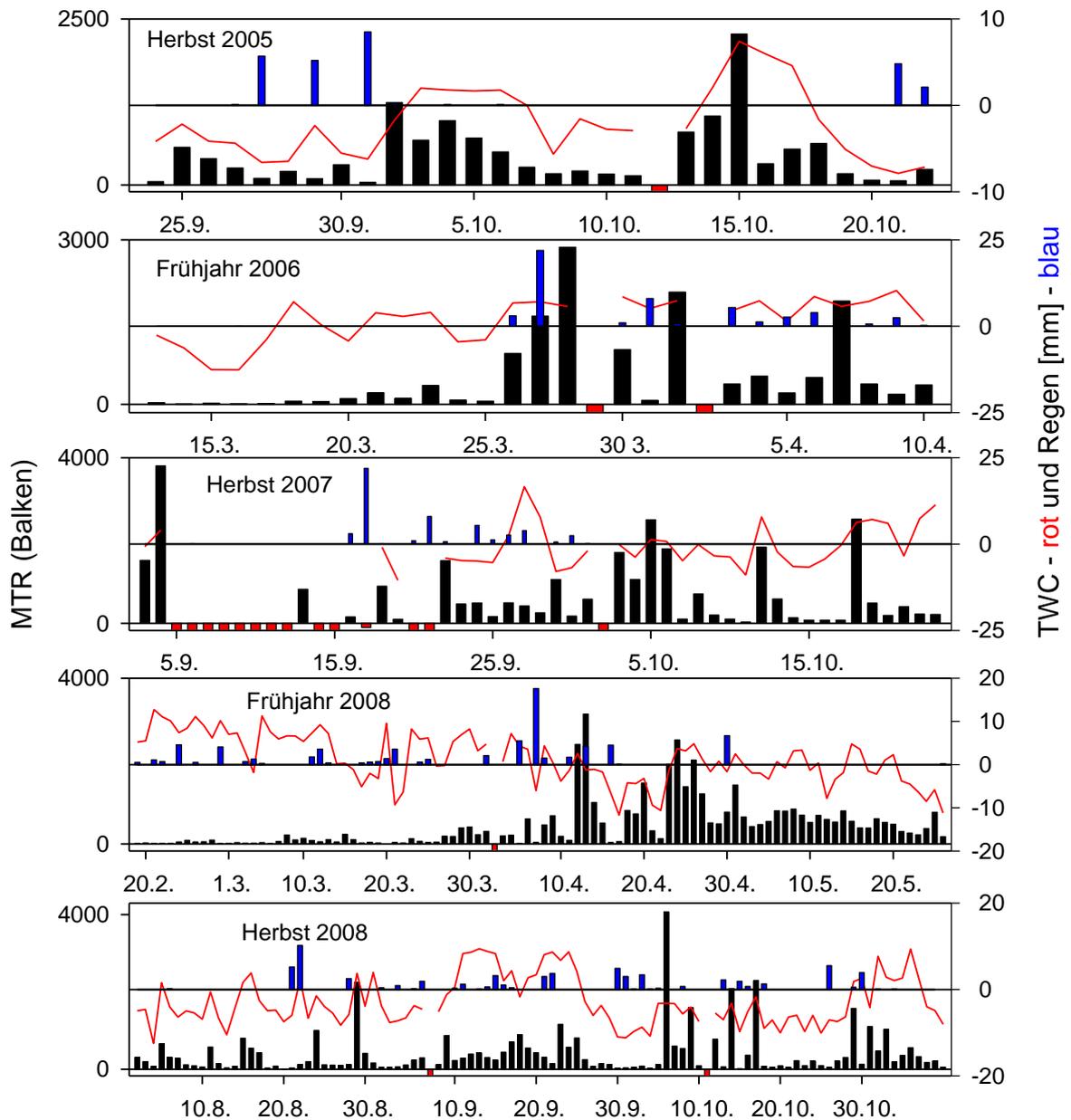


Abb. 54: Zugraten im Verlauf der Messperioden (schwarze Balken) und TWC (rote Linie) und Regeneignisse (blaue Balken).

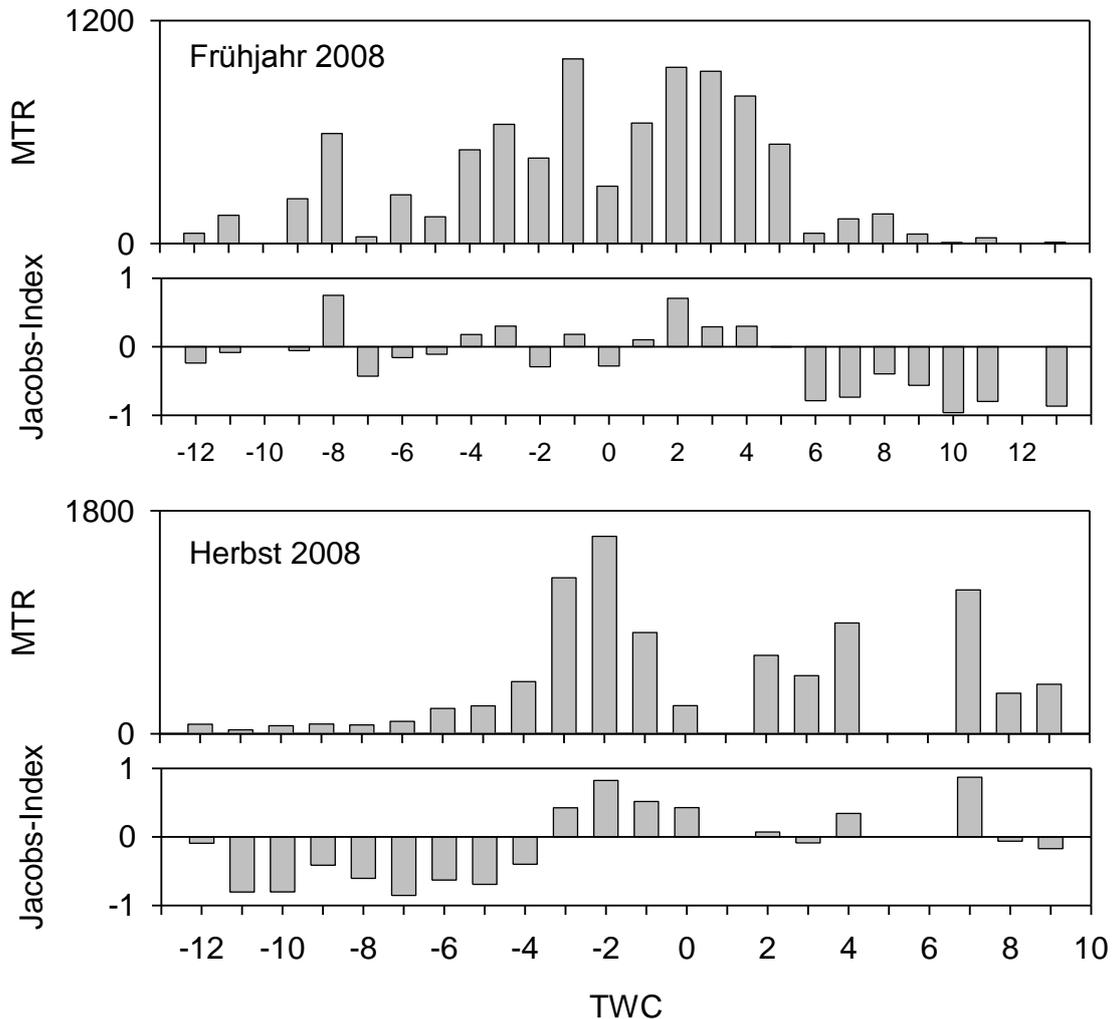


Abb. 55: Abhängigkeit der Zugintensität von der Rückenwindkomponente (TWC) sowie Jacobs-Index während des Frühjahrs- (oben) und des Herbstzuges (unten) 2008 .Positive Werte: Rückenwind, negative Werte: Gegenwind.

Für das Jahr 2008 sind die mittleren Zugraten für jede TWC-Stufe dargestellt (Abb. 55). Zusätzlich wird der sog. Jacobs-Index zugeordnet, der Auskunft darüber gibt, ob eine bestimmte Windsituation bevorzugt gewählt oder gemieden wird. Im Frühjahr fand der meiste Zug bei mittleren TWC-Werten statt (etwa von -4 bis +4), der Jacobs-Index vermittelt in diesem Fall jedoch ein falsches Bild. Die durchgehend negativen Werte bei Rückenwind (positive TWC-Werte) könnten auf eine Meidung von Rückenwind hinweisen, diese Werte beruhen jedoch auf der frühen Phase im Februar/März, in der trotz Rückenwindes nur wenige Vögel zugbereit waren (s. o.). Im Herbst wurde dagegen deutlich, dass starker Gegenwind gemieden wurde und die Schwerpunkte der Zugphase bei leichtem Gegenwind stattfand. Die stark positiven Werte des Jacobs-Index lassen eine aktive Selektion von leichtem Gegenwind vermuten, die Daten müssen aber auch hier in ihrem Gesamt-Zusammenhang gesehen werden: leichter Gegenwind bedeutete hier eine deutliche Verbesserung der Zugbedingungen im Vergleich zur Zeit davor (s. Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt).

4.2.2.5.2 Flughöhen

Zur Untersuchung des Einflusses von Windrichtung und Windstärke auf die Flughöhe wurden die einzelnen Zugnächte in Gruppen aufgeteilt, die Gegenwind ($TWC \leq -4$), Rückenwind ($TWC \geq +4$) sowie „neutralem Wind“ (TWC-Werte zwischen Gegen- und Rückenwind) entsprechen. Nur im Frühjahr 2006 und im Herbst 2005 war erwartungsgemäß eine deutliche Verringerung der Flughöhe von Rücken- über neutralen bis Gegenwind zu beobachten (Abb. 56).

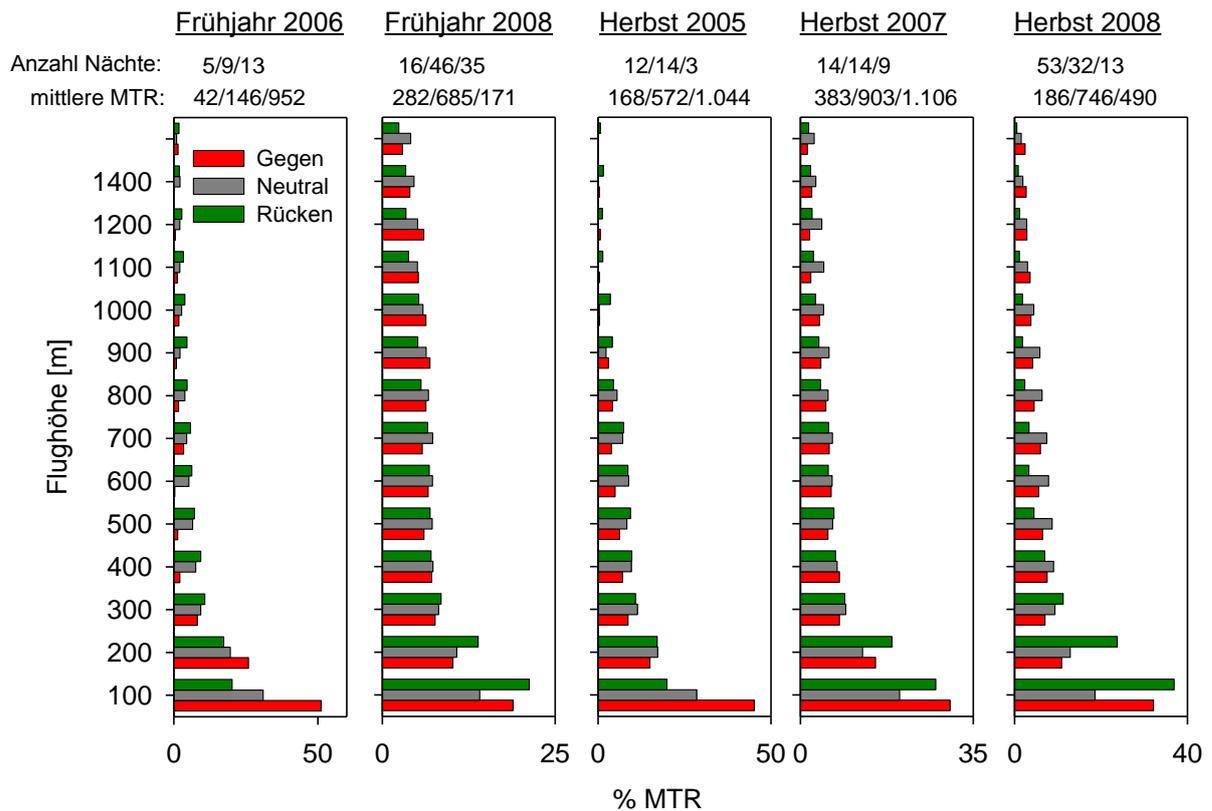


Abb. 56: Verteilung der Flughöhen in den verschiedenen Zugperioden von 2005 bis 2008 bei Gegenwind („Gegen“, $TWC \leq -4$), Rückenwind („Rücken“, $TWC \geq +4$) und neutralem Wind (Neutral; TWC zwischen Gegen- und Rückenwind).

In allen anderen Messzeiten (inklusive des Jahres 2008 mit kontinuierlichen Messungen) waren die geringsten Anteile tief fliegender Vögel bei „neutralen“ Windverhältnissen zu beobachten, wobei die Zugraten bei diesen Windverhältnissen immer maximale Werte erreichten (s. mittlere MTR in Abb. 56).

5 Diskussion

5.1 Kranichzug

5.1.1 Zugwege und Flugverhalten

Ausgehend von einer relevanten Zugpopulation im Herbst von ca. 60.000 Kranichen (vgl. Kap. 4.1.1) konnten in dieser Studie etwa 20% (2007) bzw. 25% im Jahr 2008 und 33% im Jahr 2005 aller im Herbst ziehenden Kraniche beobachtet werden (ca. 10 bis 18% mittels Radar gemessen). Im Frühjahr gibt es keine „großen“ Sammelpunkte wie im Herbst, deshalb gibt es keine genauen Schätzungen für die Gesamtzahl ziehender Kraniche im Frühjahr. Der Anteil Jungvögel in herbstlichen Rastplätzen liegt bei etwa 30% (d. h. bei ca. 18.000 Ind., GLUTZ VON BLOTZHEIM et al. 1994). Bei geringer Altvogelmortalität und etwas erhöhter Jungvogelmortalität im ersten Jahr (genaue Daten sind nicht bekannt) kann man von ca. 50.000 Vögeln während des Frühjahrszuges ausgehen (vermutlich sogar mehr). Der Anteil beobachteter Vögel läge dann bei 19% im Jahr 2006 bzw. 35% im Jahr 2008 (2006: 13% mit Radar gemessen). Diese Anteile an der Gesamtpopulation stellen somit eine gute Basis dar, um das Flugverhalten beim Überqueren der Ostsee zu beschreiben. Zur Darstellung des Zugablaufs können Rastzahlen der großen Rastplätze in Schweden und in der Rügen-Bock-Region sowie Zählungen während des Zuges herangezogen werden. Die entsprechenden Orte sind in Abb. 57 dargestellt.

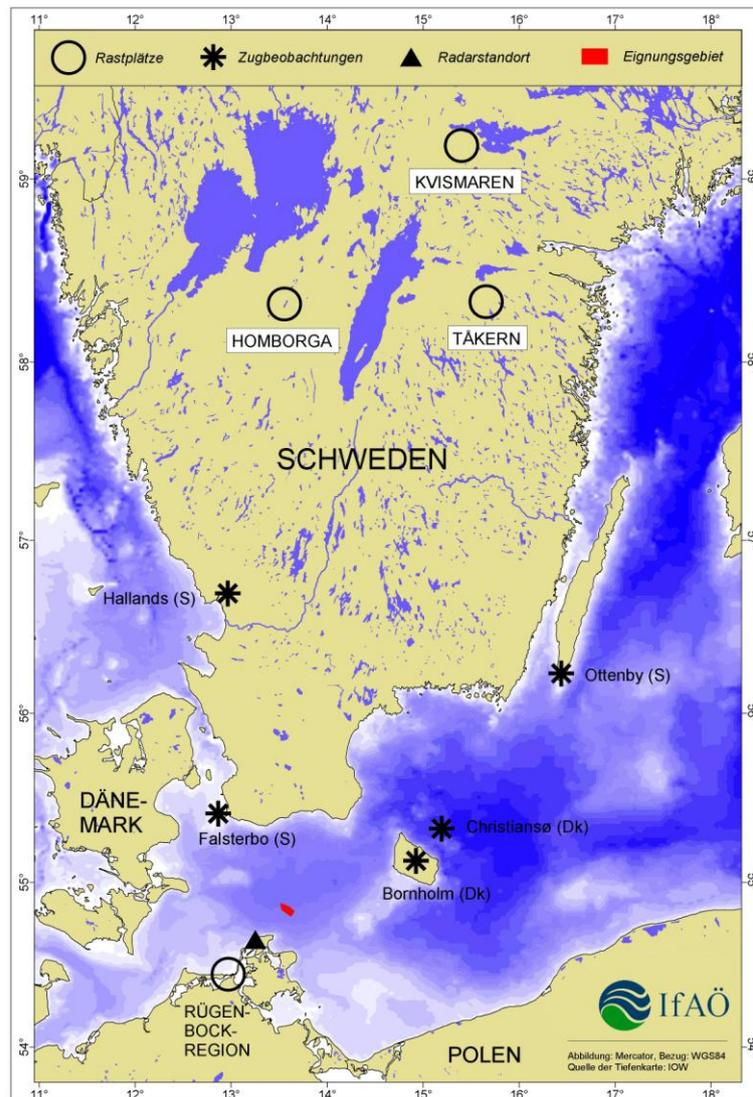


Abb. 57: Darstellung der Haupt-Kranichrastplätze, Orte von Kranichzugbeobachtungen sowie Standort des Radars und des Eignungsgebiet.

Von den schwedischen Rastplätzen liegen nur im Herbst 2005 komplette Daten vor (in den anderen Jahren nur teilweise, Tab. 34). Ausgehend von einem gesamten Zugvolumen von ca. 60.000 Vögel, zeigt die Summe von ca. 36.000 Kranichen an den schwedischen Rastplätzen im Herbst 2005 (inkl. Rastplatz bei Vaasa/Finnland), dass der tägliche Wechsel von Zu- und Abflug durch die in mehrtägigem Abstand erfolgenden Zählungen vermutlich nicht vollständig erfasst wird. Möglicherweise bestehen aber auch weitere Rastplätze, die zahlenmäßig nicht systematisch erfasst werden. In anderen Jahren (und vor allem im Frühjahr) wurde nicht an allen bekannten Rastplätzen gezählt, was die Vergleichbarkeit der Rastzahlen zwischen den Jahren einschränkt. Ausgehend von den Zählungen während des Herbstzuges (vgl. Abb. 57) bleibt der Zugweg von etwa der Hälfte der Kraniche unbekannt (Tab. 35). Möglicherweise überqueren diese Vögel ebenfalls die Ostsee in Nord-Süd-Richtung, jedoch außerhalb unseres Erfassungsbereiches weiter in Richtung Osten (oder Westen). Zu berücksichtigen ist auch der jeweils auf vier Wochen

eingeschränkte Erfassungszeitraum (Phase der Radarerfassung). Diese Zeiträume wurden zwar anhand von Literaturdaten in die Hauptzugzeit gelegt und zumindest für den Frühjahrszug 2008 bestätigt (Beobachtungen während des gesamten Frühjahrs), ein nicht bekannter Anteil von Vögeln kann aber auch außerhalb dieser Zeiten gezogen sein (z. B. ca. 3.000 S bzw. SW ziehende Kraniche in der südschwedischen Provinz Skåne am 17.10.2008; <http://www.artportalen.se/birds/default.asp>). Insbesondere im Herbst 2008 gab es keinen mit dem Herbst 2005 vergleichbaren Massenzugtag, wodurch die Gesamtsumme der Vögel geringer ausfiel.

Aufgrund der geographischen Lage (s. Abb. 57) können die Zählungen von Ottenby, Christiansø und Bornholm wohl identischen Vögeln zugeordnet werden, was für das Jahr 2005 auch durch einen entsprechenden tageszeitlichen Verlauf des Zuges an diesen drei Punkten bestätigt wird. Die Tatsache, dass die vor Rügen gemessenen Kraniche nur zu etwa 0,6 bis 2,5% aus Richtung Bornholm kamen (bzw. im Frühjahr in diese Richtung flogen), zeigt, dass die gezählten Vögel nahezu ausschließlich der Zugroute in N-S-Richtung zuzuordnen sind.

Tab. 34: Anzahl von Kranichen an verschiedenen Rastplätzen in Schweden/Finnland sowie aus der Rügen-Bock-Region (Mecklenburg-Vorpommern). Zahlen: Maximale Anzahlen an Rastplätzen plus zwischenzeitlich abziehende Kraniche (für Schweden/Finnland). k.D.=keine Daten

Rastgebiet	He 2005	Fr 2006	He 2007	Fr 2008	He 2008
Schweden: Takern	3.250	k.D.	4.700	k.D.	6.160
Schweden: Lake Kvismaren	16.324	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.
Schweden: Lake Hornborga	9.370	10.100	8.640	18.500	5.700
Finnland: Vaasa	7.406	k.D.	7.200	k.D.	6.650
Summe: Kraniche an Rastplätzen	36.350	10.100	20.540	18.500	18.510
Rügen/Bock-Region	43.070	k.D.	69.260	k.D.	65.665

Quellen: <http://www.sofnet.org/index.asp?lev=573&typ=1>;
<http://www.grus-grus.ipochampagneardenne.com>;

Tab. 35: Anzahl beobachteter Kraniche an verschiedenen Stationen bekannter Zugrouten. Vögel von Bornholm, Christiansø und Ottenby gleich, daher „N, gesamt“ als höchste Zahl. k.D.= keine Daten; Bo=Bornholm; Ot=Ottenby.

Zugroute	He 2005	Fr 2006	He 2007	Fr 2008	He 2008
Falsterbo ¹⁾	4.694	k.D.	1.888	k.D.	2.586
Bornholm/Christiansø/Ottenby ^{2,3,4)}	10.000 Bo	k.D.	13.855 Ot	266 Ot	12.000 Ot
Hallands (nördl. Falsterbo) ⁵⁾	1.000	735	2.546	3.788	637
Skåne/o. Falsterbo (diese Studie)	20.000	10.000	12.000	18.000	15.000
Summe: Kraniche an bekannten Zugrouten	35.694	10.735	30.289	21.788	30.223
% mit nicht bekanntem Zugweg	45	k.D.	50	k.D.	54

1) http://www.skof.se/fbo/index_e.html

2) <http://www.bornholmsfugle.dk/>;

3) <http://www.chnf.dk/>;

4) <http://www.sofnet.org/ofstn/noframes.htm>;

5) <http://www.artportalen.se/birds/default.asp>.

Die vornehmliche Ankunft der Kraniche vor Rügen am späten Nachmittag lässt vermuten, dass die Vögel von den Hauptrastplätzen in Südschweden (s. Abb. 57) am späten Vormittag oder um die Mittagszeit gestartet sind. Insbesondere am Massenzugtag am 15. Oktober wurden die wichtigsten Rastplätze nahezu komplett geräumt (Zählungen an den Folgetagen ergaben nur noch wenige

Individuen). Für die entsprechende Zugstrecke von ca. 400 km (Hornborga-See) bis 500 km (Kvismaren) benötigen sie bei einer angenommenen mittleren Fluggeschwindigkeit von 65 kmh^{-1} (vgl. Kap. 4.1.3.2) etwa sechs bis sieben Stunden, wodurch die angenommene Aufbruchzeit in Schweden bestätigt wird. Vergleichbar mit diesen Annahmen starteten die meisten Kraniche im Frühjahr 2006/2008 ebenfalls am späten Vormittag, bzw. um die Mittagszeit.

Die auffällige Bündelung der Kranichtracks über Wittow im Frühjahr lässt vermuten, dass die Kraniche hier die Thermik ausnutzten, um aus größerer Höhe starten zu können. Nur im Frühjahr lag demnach auch die mittlere Flughöhe über Land etwa 100 m über der mittleren Flughöhe über See. Im Frühjahr wurden in der Arkonasee nur wenige Kraniche östlich des Ankerplatzes gesehen. Diese waren alle sehr nah (max. 2 km östlich), der Großteil war westlich in weiter Entfernung zu sehen. Dies unterstreicht die Vermutung, dass der Abflug der Kraniche vor allem im Bereich von Wittow stattfindet. Die relative hohe Anzahl beobachteter Kraniche in der Nähe von Kap Arkona im Frühjahr 2008 zeigt, dass dabei auch im östlichen Teil Wittows und z. T. darüber hinaus in Richtung Osten viele Vögel abflogen. Im Herbst unterlag die Ankunft der Vögel auf Rügen einer größeren Streuung als im Frühjahr, trotzdem zeigte sich auch hier eine Häufung der Kraniche beiderseits des Radarstandortes (Abb. 32). Möglicherweise liegt dieser Vermutung ein methodischer Fehler zugrunde, indem subjektiv nahe Kranichtrupps vermehrt gesehen und gemessen wurden. Folgende Punkte sprechen jedoch dafür, dass dieser Bereich aktiv angesteuert wird und der Zug nicht über eine weite Strecke gleich verteilt ist:

- Die unabhängig voneinander durchgeführten Sichtbeobachtungen bei Lancken und Arkona ergaben für Arkona nur etwa 28 (Herbst 2005) bis 47% (Herbst 2008) der Vögel von Lancken. Eine etwas höhere Beobachtungsrate bei Lancken könnte durch die Unterstützung durch das Radar zustande gekommen sein. Dass im Herbst in der Arkonasee mehr Vögel östlich flogen als im Frühjahr, unterstreicht die auch mittels Radar festgestellte größere Streuung der Ankunftsorte. Der Schwerpunkt der Beobachtungen vom Schiff aus lag aber auch im Herbst mit ca. 63% westlich fliegenden Vögeln (größtenteils in Entfernungen von $> 5 \text{ km}$) im Bereich von Wittow. Die Aussage einer Zugbündelung auch im Herbst im Bereich von Wittow (mit größerer Streuung als im Frühjahr) kann somit für einen Radius von 15 bis 20 km um den Radarstandort angenommen werden. Die synchronen Zählungen vom Schiff aus erbrachten im Herbst etwa 1/3 der Vögel weit östlich fliegend, d. h. außerhalb der Sichtweite der Land-Beobachtungsorte. In gleicher Weise können auch weit westlich Kraniche „unbemerkt“ vorbeigezogen sein.
- Die wirkliche Flugrichtung war deutlich stärker gebündelt als die Eigenrichtung, was auf eine Windkompensation und damit auf ein aktives Ansteuern eines Zieles hindeutet. Dieses Ziel sind im Herbst die bekannten Rastplätze in der Rügen-Bock-Region. Die Halbinsel Wittow (bzw. auch der konkrete Radarstandort in Lancken) liegt genau in der „Einflugschneise“ zwischen Südschweden und den Rastgebieten, wodurch eine Häufung der Vögel in diesem Bereich den Erwartungen entspricht (s. Abb. 58 für Frühjahrszug: Radarstandort auf Wittow liegt genau im Zentrum der schematisch dargestellten Zugverläufe).
- Ein subjektiv stärkeres Messen von nahen Vögeln ist vor allem bei sehr hohen Zugraten zu vermuten (z. B. beim Massenzugtag 15. Oktober 2005). Die Betrachtung von Einzeltagen

verdeutlicht jedoch, dass auch an anderen Tagen mit geringerer Intensität, an denen systematisch alle Trupps erfasst wurden ohne mögliche subjektive Auswahl, vermehrt im Bereich des Radarstandortes geflogen wurde (z. B. 4./5. und 16. Oktober 2005).

Kraniche gehören zu der Vogelgruppe, die aufgrund ihrer im Verhältnis zum Gewicht großen Flügelfläche zu den Thermikseglern zählen. Dabei wechseln Phasen mit ansteigenden Flughöhen in Thermiksäulen mit Gleitphasen ab – dieses Verhalten ermöglicht eine sehr energiesparende Flugweise (Flughöhenmessungen über Südschweden, ALERSTAM 1990). Bei schwacher Thermik und geringem Höhengewinn wird in der anschließenden Gleitphase durch Flügelschlagen die Gleitphase verlängert und die Fluggeschwindigkeit erhöht. Eine Ostseeüberquerung im Gleitflug ist jedoch aufgrund der zu überwindenden Strecke von ca. 80 Kilometern nicht möglich. Bei einer Starthöhe von 1.000 m können Kraniche über eine Strecke von maximal 16 km gleiten (ALERSTAM 1990). Erstmals wurde in dieser Studie dokumentiert, dass Kraniche regelmäßig auch über Wasser durch kreisende Flugbewegungen an Höhe gewinnen. Vermutlich spielt hierbei nicht Thermik eine Rolle, sondern das geschickte Ausnutzen des Windes (WENDELN et al. 2008). Der Höhengewinn lag über der See wie über Land mit weniger als $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ unter denen über Südschweden gemessenen Höhenzunahmen in Thermiksäulen (im Mittel $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, bis zu $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ALERSTAM 1990). Unterhalb von Höhengewinnen von $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ spricht ALERSTAM (1990) von „schwachen Aufwinden“. Die vergleichsweise geringen Höhenzunahmen auch über Land lassen vermuten, dass auch hier der Höhengewinn eher durch aktives Fliegen als durch Thermik erfolgte. Die überwiegende Zahl der Kraniche befand sich bei der Ankunft vor Rügen im Herbst in einem Geradeausflug ohne Höhenänderungen. Diese Flugweise ist mit aktivem Ruderflug verbunden, mit dem sie mit hoher Wahrscheinlichkeit den größten Teil der Strecke bei der Überquerung der Ostsee überwinden. Unter welchen Bedingungen Höhenzunahmen durch Kreisen stattfinden, ist abschließend nicht zu beurteilen. Zwar war dieses Verhalten in jeder Zugsaison zu beobachten (auch im Frühjahr), am häufigsten jedoch im Herbst 2008, in dem die Ankunftshöhen generell sehr niedrig waren.

Aus Untersuchungen zum Frühjahrszug über der Ostsee ist Nachtzug von Kranichen bisher nicht bekannt (z. B. ALERSTAM 1975, KARLSSON & ALERSTAM 1974). Auch in den vorliegenden Untersuchungen konnten nachts ziehende Kraniche nur im Herbst, nicht jedoch im Frühjahr beobachtet werden. Im Untersuchungsjahr 2005 wird der Anteil der Vögel, die nach der Ostseeüberquerung in der Dunkelheit auf Rügen ankommen, auf etwa 10% geschätzt. Bei den sehr langen Anflügen von den Rastplätzen (s. Abb. 57, 400-500 km) starteten einige Vögel offensichtlich bis in den Nachmittag hinein, so dass sie auch im Dunkeln ihren Zug über der Ostsee fortsetzten. Im Frühjahr liegt die Ausgangsbasis für die ein- bis zweistündige Ostseeüberquerung dagegen direkt an der Küste (Rügen-Bock-Region) und die Vögel begannen dementsprechend ihren Zug nicht in der Dunkelheit (oder kurz davor).

5.1.2 Saisonaler Zugverlauf

Generell unterliegt der saisonale Zugverlauf des Kranichzuges starken jährlichen Schwankungen, die sich auch in den Rastzahlen der Rügen-Bock-Region widerspiegeln. An der Küste Mecklenburg-Vorpommerns wird i. d. R. in der ersten Oktoberhälfte ein Maximum erreicht (PRANGE

2001). Der Massenzug am 15. Oktober 2005 erfolgte somit relativ spät. Dies hängt vermutlich einerseits damit zusammen, dass im Jahr 2005 der September und die erste Oktoberhälfte sehr warm waren (kein Druck, den Rastplatz zu verlassen), andererseits in der ersten Oktoberhälfte Winde aus S bis SE vorherrschten. Für die Kraniche herrschte somit Gegenwind, der mit erhöhtem energetischem Aufwand während des Fluges verbunden ist. Erst der Wetterumschwung am 15. Oktober (stark fallende Temperaturen in den Tagen zuvor und auf Nord drehender Wind) brachte für die Kraniche optimale Zugbedingungen. Bezüglich der Wetterverhältnisse herrschten in diesem Jahr also besondere Bedingungen, die den späten Zug der Kraniche erklären. Im Herbst 2008 gab es zwar nicht derartige extrem markante Zusammenhänge mit Zugstaus und Massenzug, insgesamt zeigte sich aber auch hier der Wind als wichtigster Faktor für die Regulation der Zugphänologie. Am Tag mit dem stärksten Kranichzug im Herbst 2008 (an dem Ort innerhalb der Beobachtungsperiode) herrschte auf Rügen mit SE-Winden Gegenwind. Die Windverhältnisse in Schweden waren unterschiedlich (Quelle: <http://meteo.infospace.ru/main.htm>): während bei Falsterbo mit 140 ° ebenfalls SE-Wind herrschte (07.10.08, 6 m*s⁻¹ 13:00 Uhr), kam der Wind weiter östlich im Bereich der bekannten Rastplätze in Südschweden aus W (vgl. Abb. 57; 13:00: 260 °, 3 m*s⁻¹) und auf Bornholm ebenfalls aus westliche Richtung (13:00: 240 °, 4 m*s⁻¹). Mäßiger Westwind stellt für die Kraniche im Herbst schwachen Seitenwind dar, was bei hohen Sichtweiten (z. B. Rastplätze in S-Schweden: 50 km) und geringer Wolkenbedeckung (10% Wolkenbedeckung in 800 m Höhe) keine schlechten oder kritischen Zugbedingungen sind. Deshalb ist es nachvollziehbar, dass unter diesen Bedingungen Kraniche in größerer Anzahl starteten. Im Verlaufe des Zugweges über der Ostsee drehte der Wind das auf SE, so dass die Kraniche dann Gegenwind hatten.

Im Frühjahr 2006 kam neben dem Wind die Temperatur als wichtiger Parameter zu Erklärung der Zugphänologie hinzu. Trotz günstiger Winde brachen die Kraniche erst in den letzten Märztagen auf, da zuvor bei Minustemperaturen die Bedingungen für den Brutbeginn nicht gegeben waren.

Die Untersuchungen zeigten, dass vor allem der Wind für die Erklärung der Zugphänologie wichtig war, wobei der Großteil des Zuges bei Rückenwind stattfand. Durch das Ausnutzen von Rückenwind wird die Fluggeschwindigkeit erhöht, und es ist ein energiesparendes Vorkommen möglich. Dieses Verhalten wurde auch bei zahlreichen anderen Vogelarten nachgewiesen (z. B. BERTHOLD 2000).

5.1.3 Flugrichtung /-geschwindigkeit

Die gemessenen Flugrichtungen zeigten in beiden Jahren, dass die auf Rügen ankommenden Kraniche die Ostsee im Herbst in direkter Nord-Süd-Richtung überquerten (mit leichter SW-Ausrichtung). Bisher lagen konkrete Messungen von Kranich-Flugrichtungen über der Ostsee nur auf schwedischer Seite vor, wo eine entsprechende entgegengesetzte S-N-Richtung im Frühjahr vorherrschte (KARLSSON & ALERSTAM 1974, ALERSTAM 1990). Diese S-N-Ausrichtung bei der Ankunft in Schweden im Frühjahr wurde durch die Messungen auf Rügen bestätigt, wobei (genau entgegengesetzt zum Herbst) die Richtung leicht nach NE verschoben war. Damit entsprechen die Ergebnisse der in ALERSTAM (1990) grafisch dargestellte Vorstellung des Verlaufs des Frühjahrszuges von Mecklenburg Vorpommern nach Südschweden (Abb. 58).

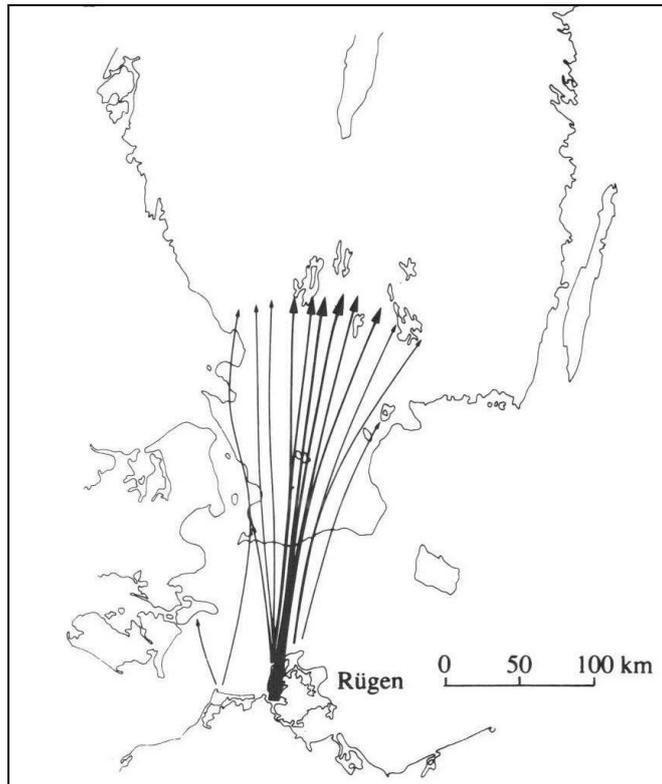


Abb. 58: Verlauf des Frühjahrszuges von den Rastplätzen der Rügen-Bock-Region in Richtung Schweden (nach Radaruntersuchungen; aus ALERSTAM 1990).

ALERSTAM (1975) vermutet, dass Kraniche über der offenen See nur unvollständig gegen Winddrift kompensieren, während über Land ein vollständiger Ausgleich gegen Winddrift durchgeführt wird. Es wird angenommen, dass Landmarken eine Kompensation gegen Winddrift erleichtern. Die nahezu exakt entgegengesetzten Flugrichtungen im Herbst und Frühjahr vor Rügen sind ein deutliches Zeichen dafür, dass die Kraniche über See gegen Winddrift kompensieren, d. h. ihre Körperachse so ausrichten, dass sie bei dem gegebenen Wind in die gewünschte Richtung fliegen. Bei Flughöhen von > 200 m sehen die ankommenden Kraniche die Küstenlinie Rügens bereits in einer Entfernung von > 30 km und können ihre Zugrichtung ggf. korrigieren.

Vor Südschweden wurden Fluggeschwindigkeiten von Kranichen über See von $67 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ gemessen (Eigengeschwindigkeit; Geradeausflug mit Flügelschlagen), wogegen über Land aufgrund der Nutzung von Thermikssäulen die Vögel langsamer vorankommen ($44 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, ALERSTAM 1975; als Mittel über eine lange Strecke). Warum die in dieser Studie gemessenen Eigengeschwindigkeiten über See um gut $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ niedriger liegen, kann derzeit nicht erklärt werden. Die Fluggeschwindigkeiten unterschieden sich stark zwischen den Jahren. Die sehr ähnlichen Eigengeschwindigkeiten zeigen, dass primär die unterschiedlichen Windunterstützungen in den verschiedenen Jahren die Unterschiede in den Fluggeschwindigkeiten erklären. Im Herbst 2005 und im Frühjahr 2006 konnten durch die Windunterstützung die Reisegeschwindigkeit deutlich erhöht werden (um 22 bzw. $16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$), während im Herbst 2008 bei deutlich häufigeren Flügen bei Gegenwind die mittlere Erhöhung der Geschwindigkeit nur $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ betrug. Entsprechend der unterschiedlichen Fluggeschwindigkeiten benötigten die Kraniche für eine

Strecke von 80 km (minimale Strecke über Wasser) 1 (2005), 1,2 (2006) bzw. 1,4 Stunden (2008). Die höhere Eigengeschwindigkeit im Frühjahr im Vergleich zum Herbst 2005 lässt vermuten, dass die Kraniche beim Start der Ostseeüberquerung bestrebt sind, diese Barriere möglichst schnell zu überwinden. Dafür spräche auch die höhere Fluggeschwindigkeit über Land als über See. Der Herbst 2008 liegt in den Eigengeschwindigkeiten zwischen den beiden anderen Jahren (Unterschied nicht signifikant), wodurch für eine generelle Aussage weiter Untersuchungen erforderlich wären.

5.1.4 Flughöhen

Flughöhen von Kranichen stammen v. a. vom Frühjahrszug über Südschweden - also über Land, nachdem die Vögel in Thermikssäulen bereits Höhe gewonnen hatten (KARLSSON & ALERSTAM 1974). Die Kraniche flogen meistens in einem Höhenbereich von ca. 200 – 700 m (max. 1.050 m), wobei sie sich immer unterhalb der gerade vorherrschenden Wolkendecke bewegten. Beträchtlich größere Flughöhen von über 4.000 m sind dagegen nach Zufallsbeobachtungen bei der Überquerung des Kanals zwischen Frankreich und England bekannt (ALERSTAM 1990). Erstmals konnten in der vorliegenden Untersuchung die Flughöhen von Kranichen nach bzw. vor dem Überqueren einer großen Wasserfläche gemessen werden. Die größeren Flughöhen im Frühjahr über Land im Vergleich zu den Herbstphasen deuten an, dass vor der Überquerung der Ostsee möglicherweise durch das Ausnutzen von Aufwinden über Land die „Starthöhe“ angehoben wird. Die Steigraten von weniger als 1 m pro Sekunde lagen jedoch deutlich unter den über Südschweden gemessenen durchschnittlichen Raten von 1,5 m pro Sekunde. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Aufwinde über Wittow eher gering waren. Die Unterschiede in der Flughöhe zwischen Frühjahr und Herbst war jedoch relativ gering (max. 74 m über Land im Frühjahr 2006 höher als im Herbst 2008). Die Vorstellung, dass Kraniche sich im Frühjahr über Rügen in große Höhen schrauben, wie z. B. auf > 1.000 m nach der Ostseeüberquerung beim Weiterflug in Südschweden (ALERSTAM 1990), entspricht nicht der Realität. Über Wasser unterschieden sich die mittleren Flughöhen zwischen den Messphasen nicht. Sie lagen mit einem Durchschnitt von etwa 300 m unter den über Südschweden gemessenen Flughöhen von Kranichen. Die regelmäßig beobachteten Höhenzunahmen durch kreisende Flugbewegungen auch über Wasser vor der Küste Rügens erschweren dabei die Beurteilung, wie die Flughöhen im Verlauf der gesamten Flugstrecke aussehen.

Es zeigte sich sehr deutlich, dass die Flughöhe in sehr hohem Maße von der Windrichtung bestimmt wurde: Tiefe Flughöhen waren nahezu ausschließlich bei Gegenwind zu beobachten. Die häufigeren Gegenwinde im Herbst 2008 waren somit auch mit niedrigen durchschnittlichen Flughöhen und einem hohen Anteil von Vögeln unterhalb von 200 m verbunden. Allgemein wählen Vögel bei Gegenwind tiefe Luftschichten, da die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt und somit der Windwiderstand in unteren Schichten gering ist (BERTHOLD 2000). Die großen Flughöhen bei Rückenwind (v. a. im Herbst 2005) zeigen, dass die Windunterstützung offensichtlich nicht nur ein energiesparendes Fliegen ermöglicht (z. B. LIECHTI & BRUDERER 1998, ÅKESSON & HEDESTRÖM 2000), sondern die Kraniche auch befähigt, über eine lange Zugstrecke durch aktives Fliegen eine relativ hohe Flughöhe zu halten. Rückenwind sichert damit nicht nur eine schnelle und sparsame Querung der Ostsee, sondern auch einen „sicheren“ Flug (ein Zwischenlanden auf Wasser ist nicht möglich). Da Höhenzunahmen durch kreisende Bewegungen auch bei Rückenwinden vorkamen,

ist jedoch nicht sicher zu beurteilen, ob die größeren Flughöhen durch aktives Fliegen über längere Strecken verursacht werden oder durch zwischenzeitliche Höhenzunahmen.

5.2 Seevogel- und Kleinvogelzug

5.2.1 Sichtbeobachtungen

Die von der Küste aus durchgeführten Sichtbeobachtungen umfassten den tagsüber stattfindenden Kleinvogelzug nur qualitativ, weil an dem Standort der größte Teil des sichtbaren Zuges küstenparallel und damit im Rücken der Beobachter stattfand. Bei küstenparallelem Zug ist nicht zu beurteilen, wo (und ob?) diese Vögel die Ostsee überquerten; außerdem kommt bei küstenparallelem Zug oft auch Umkehrzug vor, der die zahlenmäßige quantitative Erfassung erschwert. Da über See ankommende Kleinvögel während des „seawatching“ ebenfalls nur schwer und unvollständig erfasst werden können, wurde auf die quantitative Erfassung dieser Vogelgruppe verzichtet. Da von den registrierten Kleinvoegelarten auch lokale oder ostziehende Vögel enthalten sein könnten, die nicht über der Ostsee ziehen, wurden in Schweden „seltene“ Brutvögel (< 1.000 BP, arbiträr festgelegte Grenze) nicht als Zugvögel gewertet, die die Ostsee queren. Bei Berücksichtigung auch der „seltener“ Arten (d. h. „seltene“ Brutvögel in Schweden) würde die Artenzahl um ca. fünf bis zehn Arten steigen (s. Tab. 54 im Anhang), d. h. die Gesamtartenzahl läge auch dann noch innerhalb der Wertungsgrenzen für die Bewertungsstufen (s. Kap. 6.2). Beim Kleinvogelzug ist zu berücksichtigen, dass der sichtbare Anteil über der See nur einen Bruchteil des Gesamtzuges widerspiegelt. Radarmessungen in Südschweden (ALERSTAM & ULFSTRAND 1972) und auf Rügen (IfAÖ unpubl.) zeigten, dass im Herbst Massenzug von Kleinvögeln über See von Schweden aus in direkter Südrichtung in großen Höhen oberhalb des durch Sichtbeobachtungen erfassbaren Bereiches stattfindet, während tiefer Zug über See vor allem bei Gegenwind vorkam. Quantitative Aussagen über den Umfang des Kleinvogelzuges am Tage über der Ostsee sind deshalb kaum möglich. Der sichtbare Kleinvogelzug über der Ostsee in den unteren Höhenschichten wurde durch Sichtbeobachtungen vom Schiff aus dokumentiert. Sowohl im Frühjahr als auch im Herbst waren dabei typische Tagzieher wie Wiesenpieper, Bachstelze, Star und Buchfink die häufigsten Arten.

Die höheren Artenzahlen von Wat- und Wasservögeln im Herbst im Vergleich zum Frühjahr waren vor allem auf das Auftreten verschiedener Limikolenarten zurückzuführen. Generell wird angenommen, dass Limikolen sich vor allem nachts in großen Höhen im Breitfrontenzug fortbewegen (MELTOFTE 2008). Der küstennahe Tagzug in der südwestlichen Ostsee betrifft vor allem Jungvögel (KUBE & STRUWE 1994), weshalb im Herbst mehr Arten und bei fast allen Arten auch mehr Individuen gezählt wurden als im Frühjahr.

Vor allem für Trauerenten und Sterntaucher erwies sich das Seengebiet vor Rügen als konzentrierte Durchzugsschneise während des Frühjahrszuges. Zeitlich synchrone Beobachtungen vom Schiff aus (direkt am Vorhabensgebiet) bestätigten für diese Artengruppen, dass der küstenferne Zug im Bereich des Vorhabensgebietes im Frühjahr weitaus schwächer verläuft als küstennah. Vom Schiff aus wurden im Vergleich zu den Beobachtungen von Rügen aus nur 8 bis 28% der Seetaucher bzw. 14 bis 15% der Trauerenten gezählt. Im Herbst war der von der Küste aus beobachtete Trauerentenzug weitaus schwächer. Mit ca. 110.000 Ind. im Herbst 2008 lagen die Beobachtungswerte in dem Bereich von NEHLS & ZÖLLINCK (1990) festgestellten Zahlen von

50.000 bis 100.000 Ind. Im Gegensatz zum Frühjahr wurden Trauerenten jedoch im Bereich des Vorhabensgebietes in größeren Anzahlen beobachtet als vor der Küste (Seetaucher wurden an den synchronen Tagen im Herbst insgesamt wenige beobachtet). Hohe Anzahlen von Trauerenten und Seetauchern im Frühjahr und geringe Anzahlen im Herbst wurden auch an weiter westlich liegenden Beobachtungspunkten in der westlichen Ostsee berichtet (Hiddensee: GARTHE et al. 2003, Darßer Ort: IfAÖ 2003). Es wird deutlich, dass sich die Zugwege dieser Arten im Frühjahr und Herbst unterscheiden. Trauerenten haben Brutgebiete in der sibirischen Tundra und fliegen während des Herbstzuges durch den Golf von Finnland, entlang des Golfes von Riga und weiter küstennah entlang der baltischen und polnischen Küste bis zur Pommerschen Bucht in die westliche Ostsee (BERGMAN & DONNER 1964; eine zweite Zugroute verläuft entlang der schwedischen Küste) und dann weiter westlich in die Haupt-Überwinterungsgebiete in der Nordsee (SKOV et al. 1995). Ein Teil der Trauerenten mausert und übersommert jedoch auch in der Pommerschen Bucht (SONNTAG et al. 2004, 2006). Da ähnlich wie am Darßer Ort und vor Hiddensee auch vor Rügen ein weitaus geringerer Herbstzug beobachtet wurde als im Frühjahr, scheint sich der Zugverlauf westlich von Rügen im Herbst schon nördlich von Jasmund und Kap Arkona von dem Küstenbezug zu trennen und weiter auf der offenen See zu verlaufen und breiter zu streuen als im Frühjahr. Bei Sterntauchern sind die Flugwege vermutlich sehr ähnlich dem der Trauerente. Die meisten überwinternden Prachtaucher in der Pommerschen Bucht fliegen dagegen südlich in Richtung Schwarzes Meer und Mittelmeer, so dass die Anzahlen in Richtung W-E ziehender Vögel vergleichsweise gering sind (BERNDT & DRENCKHAHN 1990).

Eiderenten skandinavischer Herkunft überwintern hauptsächlich in der Ostsee vor der dänischen Küste (v. a. Skagerrak) sowie im Wattenmeer der Nordsee vor der schleswig-holsteinischen und dänischen Küste. Während des Frühjahrs findet der Heimzug entlang der südschwedischen Küste in einem relativ engen Korridor sehr küstennah statt (ALERSTAM et al. 1974b). Insgesamt bestätigen die Beobachtungen im Bereich vom Darßer Ort, Rügen und einigen Offshoregebieten (Kriegers Flak, Adlergrund, Vorhabensgebiet dieser Studie), dass nur vergleichsweise geringer Eiderentenzug in der südlichen Ostsee stattfindet (IfAÖ unpubl.).

Die Flughöhe von Seevögeln wird (wie auch bei anderen Artengruppen) in hohem Maße von den Windverhältnissen beeinflusst. Der tiefere Flug bei Gegenwind hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die Windstärke mit zunehmenden Höhen i. d. R. steigt. Durch die Anpassung der Flughöhe an die Windverhältnisse kann die Fluggeschwindigkeit erhöht und der Energieverbrauch entscheidend vermindert werden (LIECHTI et al. 2000, LIECHTI & BRUDERER 1998). Die Windabhängigkeit der Flughöhe ist auch bei Seevögeln sehr ausgeprägt (KRÜGER & GARTHE 2001). Bei Gegenwind fliegen Seetaucher und Meerestenten (Eiderente, Trauerente) oft ganz flach über dem Wasser (unter 1,5 m), bei Rückenwind steigen dagegen die Flughöhen. Diese Effekte werden mit zunehmenden Windgeschwindigkeiten noch deutlich verstärkt. Seeschwalben bevorzugen bei Gegenwind den Bereich bis 12 m, bei Rückenwind fliegen sie dagegen deutlich höher (bis 25 m; KRÜGER & GARTHE 2001).

Der Frühjahrszug von Greifvögeln, die von Rügen/Wittow aus die Ostsee in Richtung N überquerten, war bei den meisten Arten weitaus stärker als der Herbstzug. Vor allem Sperber, Mäusebussard, Rotmilan und Raufußbussard waren im Frühjahr um ein Vielfaches häufiger als im Herbst. Oft wurden sie in Thermiksäulen über Wittow beobachtet, in denen sie stark an Höhe gewannen, bevor sie in Richtung N abzogen. Ein ähnliches Ungleichgewicht zwischen Frühjahrs- und Herbstzug wurde auch am Darßer Ort beobachtet (IfAÖ unpubl.) und deutet darauf hin, dass

viele Greifvögel für den Herbst- und Frühjahrszug verschieden Routen wählen. Während des Herbstzuges ziehen die meisten skandinavischen Greifvögel über die sog. „Vogelfluglinie“ (d. h. von Südschweden über Falsterbo, Seeland, Møn, Falster, Lolland und Fehmarn nach Schleswig-Holstein), wogegen im Frühjahr offensichtlich viele Greifvögel der Ostseeküste Mecklenburg Vorpommerns folgen und weiter östlich im Bereich vom Darßer Ort oder Rügen die Ostsee überqueren.

Die Erfassung des Greifvogelzuges auf Rügen unterlag bestimmten Einschränkungen. Die möglichen Abflugstellen erstreckten sich in der Nähe von Arkona über einen weiten Bereich, der nicht komplett kontrolliert werden konnte. Weiterhin waren auf Arkona regelmäßig viele Vögel in Thermikssäulen zu sehen, und eine korrekte Feststellung von abfliegenden (dann oft in großer Höhe außerhalb Sichtweite) und neu hinzukommenden Vögeln war kaum möglich. Daher flogen über Rügen möglicherweise mehr Vögel in Richtung Schweden ab als bei den Beobachtungen registriert wurden. Generell ist die Sichtbarkeit des Greifvogelzuges durch oft sehr große Flughöhen eingeschränkt und quantitative Aussagen kaum möglich.

Bei Greifvögeln ist zu unterscheiden zwischen Arten, die sich vornehmlich im Segelflug fortbewegen (z. B. Mäusebussard, Wespenbussard, Rotmilan) und solchen Arten, die eher aktiv fliegen (z. B. Sperber, Falken, Fischadler). Bei segelnden Arten sind Zughöhen im Bereich von 300 bis 500 m häufig, im Verlaufe der Flugstrecke mit Phasen des Anstiegs und Sinkens wird jedoch generell ein Höhenbereich von Meereshöhe bis über 500 m abgedeckt (KAHLERT et al. 2006). Aktiv fliegende Greifvögel finden sich dagegen deutlich tiefer (< 100 m, KAHLERT et al. 2006), z. T. sogar im Bereich unterhalb von 5 m (ca. 25% der beobachteten Greifvögel, BLEW et al. 2008). Hierbei handelt es sich dann vor allem um Sperber, die am häufigsten ziehenden Greifvögel im Bereich Fehmarns.

In Tab. 60 ist das saisonale Auftreten aller Arten bei Falsterbo dargestellt – es kann als Orientierung für generelle Zugphänologien in der westlichen Ostsee dienen.

5.2.2 Radarbeobachtungen

Zugintensitäten und Zugrichtungen

Die über lange Zeiträume durchgeführten Radaruntersuchungen des Vogelzuges an der Nordspitze Rügens sollten dazu dienen, das Aufkommen des nächtlichen Vogelzuges im Vorhabensgebiet zu beschreiben. Grundsätzlich stellt sich an Küstenstandorten die Frage, inwieweit die Standorte an der Küste die Bedingungen im Offshore-Bereich widerspiegeln. Radarmessungen von Schiffen aus (z. B. direkt im Vorhabensgebiet) geben aus folgenden Gründen nur unzureichende Ergebnisse: 1. es werden keine kontinuierlichen Messungen durchgeführt, sondern sie beschränken sich auf die z. B. im StUK (BSH 2007) vorgegebene Anzahl an Untersuchungstagen (Massenzugnächte werden evtl. verpasst), 2. durch die pendelnde Bewegung des ankernden Schiffes ist ein Flächenbezug bei der Berechnung von Zugraten (Vögel pro Stunde und Kilometer) sehr ungenau bzw. fehlerhaft (Winkel zur Zugrichtung ändert sich). Deshalb wurde bei den vorliegenden Untersuchungen zur Beschreibung der Bedingungen im Offshore-Bereich Daten des vom IfAÖ betriebenen Radargerätes auf der Forschungsplattform FINO 2 verwendet. Es liefert kontinuierliche Daten bei korrekter und konstanter Ausrichtung des Radars. Während im Herbst 2008 ohne Unterbrechungen kontinuierlich gemessen werden konnte,

fehlen die Frühjahrsdaten für die Hauptzugmonate April und Mai, so dass eine abschließende Beurteilung für den Frühjahrszug nicht möglich ist.

Die mittlere Zugrate lag bei Rügen etwas über der von FINO (Unterschied 16% höher als bei FINO als Mittel über 76 Nächte). Wichtiger als die Betrachtung von Mittelwerten (hier werden schwache Zugnächte genauso gewichtet wie starke Zugnächte) sind jedoch die Bedingungen in starken Zugnächten, da in wenigen Nächten ein Großteil der Vögel zieht. In der stärksten Zugnacht lag die Zugraten bei Rügen nur 3% über der von FINO (06/07.10.2008), in der zweitstärksten Zugnacht wurden dagegen auf FINO 7% mehr Vögel gemessen als vor Rügen (17./18.10.2008). In weiteren Zugnächten mit „gutem“ Vogelzug gab es Phasen mit mehr Vögeln vor Rügen (z. B. Ende Oktober: ca. 35% mehr als bei FINO) aber auch Phasen mit mehr Vögel bei FINO (z. B. Mitte August: ca. 60% mehr als bei Rügen). Insgesamt waren die Zugraten an den beiden Standorten hochsignifikant korreliert und trotz der Abweichung in der mittleren Zugrate als Mittel über die Saison spiegeln die Werte vor Rügen die Offshore-Bedingungen sehr gut wieder und rechtfertigen den küstennahen Einsatz des Radars auf Rügen zur Beschreibung des Zugaufkommens im Vorhabensgebiet.

Bei dem Vergleich von Zugraten an verschiedenen Orten spielt die angenommene Zugrichtung (in diesem Fall 210° für den Herbstzug) eine wichtige Rolle, da sie für die korrekte Berechnung eines Flächenbezuges erforderlich ist. Allgemein wird davon ausgegangen, dass bei nachts ziehenden Kleinvögeln (v. a. Mittelstreckenzieher wie Drosseln und Rotkehlchen sowie Langstreckenzieher wie z. B. Fitis, Rohrsänger) aufgrund der weitgehend fehlenden optischen Orientierungsmöglichkeiten ein gleichmäßiger, ununterbrochener Breitfrontenzug herrscht (RICHARDSON 1978, ZEHNDER et al. 2001, BRUDERER & LIECHTI 1998a, BRUDERER & LIECHTI 2005). Die Vögel einzelner Teilpopulationen fliegen, entsprechend ihrer endogen festgelegten Zugrichtung in parallelen benachbarten Sektoren, so dass flächendeckende Zugmuster entstehen (z. B. BERTHOLD 2000). In Zentral- und Nordeuropa findet der Hauptzug im Herbst in Richtung SW statt (Hauptzugrichtung etwa um 210°, ALERSTAM 1990), im Frühjahr in Richtung NE. Eine Zusammenstellung von Zugrichtungen von verschiedenen nachts ziehenden Arten in Südschweden (verschiedene Regionen/Untersuchungsmethoden) ist in Tab. 36 dargestellt.

Tab. 36: Zugrichtungen verschiedener nachts ziehender Vogelarten (bzw. -gruppen) in Südschweden im Herbst. Codierungen: Methode: A: Beringung/Wiederfund, B: Infrarot-Kamera; C: Radiotelemetrie; Quelle: 1) SANDBERG & ÅKESSON 1999, 2) ZEHNDER et al. 2001, 3) ÅKESSON et al. 2001, 4) ÅKESSON 1999.

Art	Zugrichtung	n	Methode	Quelle
Trauerschnäpper (<i>Ficedula hypoleuca</i>)	222	31	A	1
Teichrohrsänger (<i>Acrocephalus scirpaceus</i>)	219/216	32/123	A	1 / 4
Teichrohrsänger (<i>A. scirpaceus</i>)	195	27	C	3
Schilfrohrsänger (<i>A. schoenobaenus</i>)	197	47	A	4
Singdrossel (<i>Turdus philomelos</i>)	220	130	A	1
Rohrhammer (<i>Emberiza schoeniclus</i>)	216/214	83/58	A	1 / 4
Rotkehlchen (<i>Erithacus rubecula</i>)	214	8	A	4
Rotdrossel (<i>Turdus iliacus</i>)	209	6	A	4
Fitis (<i>Phylloscopus trochilus</i>)	197	11	A	4
Singvögel allgemein	219	17411	B	2
Mittelstreckenzieher	213	74	A	4

Während der Messungen im Herbst 2005 auf Rügen mittels Zielfolgeradar (s. Kap. 4.1) konnten auch genauere Richtungsmessungen von Kleinvögeln in der Nacht bis in Höhen von > 2.000 m vorgenommen werden. Die mittlere Flugrichtung (Mittel über 9 Nächte vom 11. bis 19.10.2005; n = 712 Messungen) lag bei 218° (Vektorlänge: 0,73, Varianz: 46%, Median: 213°), die Eigenrichtung war etwas südlicher ausgerichtet (208°, Vektorlänge: 0,73, Varianz: 46%, Median: 207°, Analysen und zirkuläre Statistik mit Hilfe des Programms ORIANA 2.0, KOVACH 2004). Die Annahme der generellen Zugrichtung von 210° und der daraus folgernden Ausrichtung des Radars kann also anhand eigener Messungen und anhand von Literaturdaten nachvollzogen werden.

Bei einer angenommenen Zugrichtung von 210° sind die beiden Standorte um etwa 25 km seitlich versetzt (direkte Entfernung etwa 40 km). Die sehr ähnlichen Zugraten an beiden Orten vor allem bei Massenzugereignissen sind ein deutlicher Hinweis für einen Breitfrontenzug in der westlichen Ostsee. Auswertungen von großräumigen Militär-Überwachungsradars ergaben in West-Ost-Richtung in weiten Bereichen annähernd gleiche Zugintensitäten von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern bis nach Dänemark und Schweden (KNUST et al. 2003), was ebenfalls auf einen Breitfrontenzug schließen lässt. In gewissem Umfang können aber auch nachts Landmarken einen Einfluss auf den Verlauf des nächtlichen Zuges haben (ÅKESSON 1993), vermutlich ist das Restlicht auch in der Nacht ausreichend, um Wasserflächen (Reflexionen von Sternen-/Mondlicht) von Festland zu unterscheiden. Dadurch kann es auch bei Nachtziehern zu lokalen Konzentrationen kommen (z. B. Falsterbo im Herbst, ÅKESSON 1993). Die Unterschiede der Zugraten auf der Land- und Seeseite an der Küste Rügens im vorliegenden Bericht belegen ebenfalls kleinräumige Richtungsänderungen aufgrund von Leitlinien. Im Bereich der westlichen Ostsee weisen bei synchronen Messungen auf Fehmarn und Rügen höhere Zugraten auf Fehmarn (Faktor 2 bis 2,5) auf Zugkonzentrationen entlang der Vogelfluglinie auch in der Nacht hin (IfAÖ unpubl.). Östlich dieses Konzentrationspunktes ist jedoch von einem Breitfrontenzug mit großflächig vergleichbaren Zugraten auszugehen, was durch den Vergleich der Zugraten bei FINO und auf Rügen zumindest für den Herbstzug bestätigt wird. Ein quantitativer Vergleich der Zugintensität im Herbst vor Rügen (Daten der vorliegenden Untersuchung) mit Messungen in Falsterbo (Südschweden, „Vogelfluglinie“) zeigt, dass in Falsterbo etwa 2,5-fach höhere Zugraten herrschten als vor Rügen. Während auf Falsterbo mittlere Intensitäten von $1.081 \text{ Vögel} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ gemessen wurden (mittels Infrarot-Kamera, ZEHNDER et al. 2001), lagen die in dieser Studie gemessenen mittleren Raten vor Rügen bei $420 \text{ Echos} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (maximale Zugrate pro Nacht: Falsterbo, $6.618 \text{ Vögel} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; diese Studie: $4.070 \text{ Echos} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, d. h. etwa 1,6-fach höher).

Die Radarmessungen der saisonalen Zugintensität bestätigen das bekannte Phänomen, dass der Vogelzug nicht kontinuierlich verläuft, sondern sich auf wenige Nächte mit sehr guten Zugbedingungen konzentriert (z. B. ALERSTAM & ULFSTRAND 1972, 1974, ZEHNDER et al. 2001). Wenn die Zugbedingungen über längere Zeiträume ungünstig sind (z. B. Schlechtwetterperiode, starke Gegenwinde), kann es zu einem „Zugstau“ kommen. Viele Vögel warten dann vor ökologischen Barrieren (wie der offenen See) auf eine Verbesserung der Zugbedingungen. Werden diese erreicht, kommt es zu Massenzugereignissen, bei dem sich der „Zugstau“ oft schon innerhalb eines Tages auflöst, so dass über die Zugsaison der Großteil des Gesamtzuges an wenigen Tagen stattfinden kann (z. B. ALERSTAM & ULFSTRAND 1972, 1974). Solche Perioden werden dann oft gefolgt von Tagen mit sehr geringem Zug (ZEHNDER et al. 2001). Im Verlauf der Zugsaison kommt es somit typischerweise zu sehr starken Fluktuationen in den Zugintensitäten mit Massenzugtagen und Phasen mit sehr geringen Zugaktivitäten. DIERSCHKE (1989) stellte für die

Nordsee anhand von akustischen Aufnahmen die Hälfte des nächtlichen Vogelzuges innerhalb von fünf Tagen fest. In der vorliegenden Studie lag dieser Wert mit zwölf Tagen (Herbst) bzw. 13,5 Tagen (Frühjahr) höher. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass mittels akustischer Erfassung nicht quantitativ das gesamte Spektrum der ziehenden Vögel abgedeckt wird, da nicht alle Arten Zugrufe äußern.

Mit einer mittleren nächtlichen Zugrate im Frühjahr von 455 Vögeln pro Stunde und Kilometer und 420 Vögeln im Herbst liegen die Zugraten für Frühjahr und Herbst in vergleichbaren Größenordnungen, und eine Aufsummierung der Zugraten für das Jahr 2008 (kontinuierliche Messungen über die gesamte Saison) führte zu etwa 406.000 Vögeln pro Kilometer im Frühjahr und etwa 485.000 Vögeln im Herbst. Ähnliche Ergebnisse mit deutlich höheren Zugraten im Frühjahr im Vergleich zum Herbst wurden auch bei anderen Messungen entlang der Ostseeküste festgestellt (z. B. Darßer Ort, IfAÖ 2003). Die sehr ähnlichen Zugraten im Vergleich von Frühjahr und Herbst in der vorliegenden Studie widersprechen der allgemeinen Erkenntnis, dass der Herbstzug aufgrund des hohen Anteils von Jungvögeln generell stärker ausgeprägt ist als der Frühjahrszug (theoretisch etwa zweifach höhere Individuenzahlen). Die Fang- und Beobachtungszahlen von der Insel Christiansø (östlich Bornholm) bestätigen für die in Schweden häufigen Arten (wie z. B. Sing-/Rotdrossel, Rotkehlchen, Wintergoldhähnchen, Trauerschnäpper, Buch-/Bergfink) ein deutlich höheres Zugaufkommen im Herbst im Vergleich zum Frühjahr (LAUSTEN & LYNGS 2004). Unterschiedliche Zugwege im Frühjahr und Herbst könnten derartige ungleiche Verteilungsmuster erklären (wie z. B. bei Rohrsängern bekannt), für die häufigen Arten ist ein solches Verhalten jedoch nicht dokumentiert. Ein vornehmlich hoher Zug im Herbst außerhalb der Erfassbarkeit von Schiffsradargeräten ist unwahrscheinlich, da mittels Zielfolgeradar der Anteil oberhalb von 1.500 m auf etwa 12% geschätzt wurde. Die wahrscheinlichste Erklärung für die vergleichsweise hohen Zugraten im Frühjahr an der deutschen Ostseeküste sind Bündelungseffekte an exponierten Stellen (z. B. Rügen; in anderen Studien auch Darßer Ort und Fehmarn, IfAÖ 2003), während bei im Herbst ankommenden Vögeln eher ein typischer Breitfrontenzug ohne Bündelungseffekte zu erwarten ist. Diese Zugbündelung wäre vergleichbar mit der Bündelung des Herbstzuges bei Falsterbo in Südschweden.

Der tageszeitliche Verlauf der Zugintensität bei Nachtziehern (steiler Anstieg nach Sonnenuntergang, höchste Intensitäten vor Mitternacht, geringere Intensitäten im Verlaufe der Nacht und generell geringere Werte am Tage) deckt sich sehr gut mit bekannten Daten (z. B. ALERSTAM 1990, BRUDERER 1997b, FORTIN et al. 1999, ZEHNDER et al. 2001). Für die Überquerung der Ostsee werden bei einer angenommenen mittleren Fluggeschwindigkeit von etwa $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (BRUDERER & BOLDT 2001) und einer Flugstrecke von ca. 80 km (Südküste Schweden bis Rügen) knapp zwei Stunden benötigt. Der sehr steile Anstieg der Zugrate im Herbst 2008 lässt vermuten, dass die meisten Vögel in Südschweden in einem Umkreis von ca. 50 km von der Küstenlinie gestartet sind. Vor Massenzugnächten (z. B. 6./7.10.2008) kam es vermutlich wegen schlechter Witterungsbedingungen zu einem Zugstau in Südschweden, wobei sich dann viele Vögel in direkter Küstennähe aufhielten. Warum im Jahr 2005 die höchsten Zugraten weit später in der Nacht lagen und die Vögel somit vermutlich viel weiter im Landesinneren gestartet sind, lässt sich derzeit nicht abschließend erklären. Im Frühjahr wurde durch den sehr frühen Zugpeak (Stunde 1-2 nach Sonnenuntergang) deutlich, dass viele Vögel direkt in Küstennähe (d. h. von Rügen/Ostseeküste) gestartet waren, das Hauptaufbruchsgebiet in beiden Jahren (2006 und 2008) jedoch ca. 150 bis 200 km im Landesinnern lag (Hauptpeak erst 4-5 Stunden nach

Sonnenuntergang). Der zeitliche Verlauf des Zugesgeschehens wird auch im Vergleich von Zugruten bei Rügen und bei FINO 2 deutlich. Im Herbst kamen die Vögel bei FINO etwa eine Stunde früher an als bei Rügen, was in etwa der Flugzeit zwischen diesen Orten entspricht. Im Frühjahr war die Situation in einigen Nächten umgekehrt (d. h. Rügen eine Stunde vor FINO), in anderen Nächten war ein solcher Unterschied jedoch nicht vorhanden. Insgesamt beruhen die Frühjahrsdaten jedoch aufgrund der eingeschränkten Messdauer auf Nächten mit geringem Zugesgeschehen, so dass allgemeine Aussagen über die Verhältnisse im Frühjahr nicht abzuleiten sind.

Die Korrelationen einzelner Wetterfaktoren mit der Zugintensität unterstreichen einerseits den Grundsatz, dass Vogelzug vornehmlich bei „günstigen“ Wetterbedingungen stattfindet (hohe Sichtweite, geringe Wolkenbedeckung, kein Starkwind; Übersicht in RICHARDSON 1978, ALERSTAM 1978, 1990), andererseits machen die Unterschiede zwischen den Jahren aber auch deutlich, dass einzelne Wetterparameter keine verlässlichen Hinweise auf Zugaktivität geben können. Die Kombination aus Windrichtung und Windstärke („tail wind component“ TWC) bestimmte in der vorliegenden Studie die Zugintensität am stärksten, wobei Rückenwind-Situationen zum energiesparenden Zug bevorzugt wurden (vgl. BRUDERER & LIECHTI 1998a). Generell müssen neben den reinen Wetterparametern auch das Zusammenspiel von Wetterbedingungen und Zugbereitschaft berücksichtigt werden. Wenn bei günstigen Bedingungen keine zugbereiten Vögel vorhanden sind (ungünstige Jahreszeit wie z. B. im März 2008; Tage nach Massenzugereignissen), kann kein Zug stattfinden und rein mathematische Beziehungen können ein falsches Bild ergeben. Massenzugereignisse können auch bei suboptimalen Bedingungen stattfinden (z. B. Gegenwind), z. B. wenn aufgrund langer Schlechtwetterperioden sich ein Zugstau gebildet hat, der sich bei sich ändernden Verhältnissen auflöst (z.B. 06./07.10.2008).

Höhenverteilung

Größere Flughöhen im Frühjahr im Vergleich zum Herbst wurden nur für das Jahr 2008 festgestellt, im Frühjahr 2006 war die Höhenverteilung dagegen vergleichbar mit den Herbstwerten. Die Messungen im Jahr 2008 sind dabei höher zu gewichten, da in diesem Jahr die gesamte Saison abgedeckt wurden und kontinuierlich gemessen werden konnte. Größere Flughöhen im Frühjahr im Vergleich zum Herbst stimmen mit bisherigen Erkenntnissen überein (z. B. JELLMANN 1989, GREEN & ALERSTAM 2000). Es wird angenommen, dass während des Frühjahrs der Zug schneller, mit weniger Zwischenstopps und deshalb eher in größeren Höhen stattfindet als im Herbst (z. B. BERTHOLD 2000). Hinzu kommt, dass die in Nordeuropa häufig vorkommenden atlantischen Tiefdrucksysteme vorherrschende Windrichtungen aus W bis NW bedingen. Im Frühjahr kommen Rückenwindssituationen deshalb generell häufiger vor als im Herbst, was mit größeren Flughöhen verbunden sein kann (s. u.).

Die sehr ähnlichen Höhenverteilungen des Vogelzuges im Vergleich von FINO und Rügen sowohl im Frühjahr als auch im Herbst lassen darauf schließen, dass keine ausgeprägten Höhenänderungen bei der Annäherung an das Festland (Herbst) bzw. beim Verlassen des Festlandes (Frühjahr) stattfanden. Lediglich in einzelnen Nächten sind Verschiebungen in der Höhenverteilung zwischen den beiden Standorten erkennbar, die jedoch sowohl eine Zunahme als auch eine Abnahme des Anteils tief fliegender Vögel ausmachen. Aus anderen Studien sind dagegen geringere Flughöhen im Offshore-Bereich im Vergleich zu küstennahen oder Landstandorten bekannt (BERNDT & BUSCHE 1993, DIRKSEN et al. 1996, HÜPPOP et al. 2005,

OREJAS et al. 2005). Bei Messungen von Flughöhen am Mittelmeer zeigten über Wasser fliegende Vögel etwa 9% geringere Flughöhen als über Land, eine direkte Höhenänderung beim Überqueren der Küstenlinie konnte jedoch nicht festgestellt werden (BRUDERER & LIECHTI 1998b). Ein Grund für diese Differenzen zu anderen Studien ist derzeit nicht bekannt – die ähnlichen Höhenverteilungen zwischen Rügen und FINO bedeuten jedoch, dass die Daten von Rügen verlässliche Hinweise auch auf die Höhenverteilung auch im Vorhabensgebiet geben.

Flughöhen unterliegen auch artspezifischen Variationen. Der Frühjahrszug arktischer Watvogelarten findet in großen Höhen statt (GREEN 2004), während viele tagsüber ziehende Wasser- und Watvogelarten meist sehr tief zu fliegen scheinen (z. B. KRÜGER & GARTHE 2001, HÜPPOP et al. 2005). Weiterhin wird vermutet, dass Langstreckenzieher (die im Frühjahr spät und im Herbst früh ziehen) in größeren Höhen fliegen als Kurzstreckenzieher (BERTHOLD 2000). Weiterhin bevorzugen „große Singvögel“ deutlich höhere Schichten als Möwen, Seeschwalben und „große Wasservögel“ (VAN GASTEREN et al. 2002). In die Kategorie „große Singvögel“ fallen z. B. Drosseln, die einen hohen Anteil an den Nachtziehern einnehmen. Höhenverteilungen in einzelnen Nächten könnten somit auch von derartigen artspezifischen Unterschieden bestimmt werden. Bei der Betrachtung längerer Zeiträume (z. B. Zugsaison) haben sie jedoch wahrscheinlich einen geringen Einfluss und wetterbedingte Variationen der Flughöhe spielen mit großer Wahrscheinlichkeit eine größere Rolle als artspezifische Unterschiede.

Der Wind ist von entscheidender Bedeutung für die Wahl der Flughöhe. Rückenwinde werden dabei bevorzugt ausgewählt und da die Windstärke mit der Höhe i. d. R. zunimmt, sind Rückenwinde oft mit größeren Flughöhen verbunden (d. h. stärkerer Rückenwind in größeren Höhen; z. B. ALERSTAM 1978, 1979, 1990, BRUDERER 1997b, LIECHTI et al. 2000). Aus diesem Zusammenhang resultiert auch die Tatsache, dass bei hohem Zugaufkommen oft hohe mittlere Zughöhen erreicht werden (BLEW et al. 2008, IfAÖ unpubl.). Die Selektion von Rückenwind kann zu deutlichen Energie- und Zeiteinsparungen führen (BRUDERER & LIECHTI 1995, LIECHTI & BRUDERER 1998). Das aktuelle Windprofil (Windrichtung und Windstärke in verschiedenen Höhenschichten) sowie ebenfalls die Wolkenschichtung bestimmen daher in hohem Maße die aktuelle Höhenverteilung des Vogelzuges (JELLMANN 1989, BRUDERER et al. 1995, LIECHTI et al. 2000). In der vorliegenden Studie war der Zusammenhang „Rückenwind – große Flughöhe“ nicht in allen Jahren/Jahreszeiten zu erkennen. Obwohl der Wind generell als entscheidender Faktor für die Wahl der Zughöhe angesehen wird, sind folgende Punkte für die Interpretation der Werte von weiterer Bedeutung. Niederschläge werden oft mit geringen Zughöhen in Verbindung gebracht (HÜPPOP et al. 2005) – in den 13 Zugnächten mit Rückenwind im Herbst 2008 (große Zughöhe erwartet) waren mehrere Nächte mit Regen enthalten, die möglicherweise trotz Rückenwindes zu niedrigen Flughöhe geführt haben.

Als weiterer Faktor muss berücksichtigt werden, dass die Werte für Windrichtung und Windstärke vom Deutschen Wetterdienst von der Station Arkona in Bodennähe gemessen wurden. Diese Werte können in größeren Höhenschichten abweichen, wie einige Messung von Wind-Höhenprofilen im Zuge von Untersuchungen mit dem Zielfolgeradar „Superfledermaus“ auf Rügen zeigten (Abb. 59). Während dieser Messphasen wurden Wetterballons bis in Höhen von ca. 3.000 m verfolgt. In den dargestellten Nächten zeigten sich deutlich von den Bodenwerten

abweichende Windrichtungen in verschiedenen Höhen, die z. T. Einfluss auf die Höhenverteilung hatten.

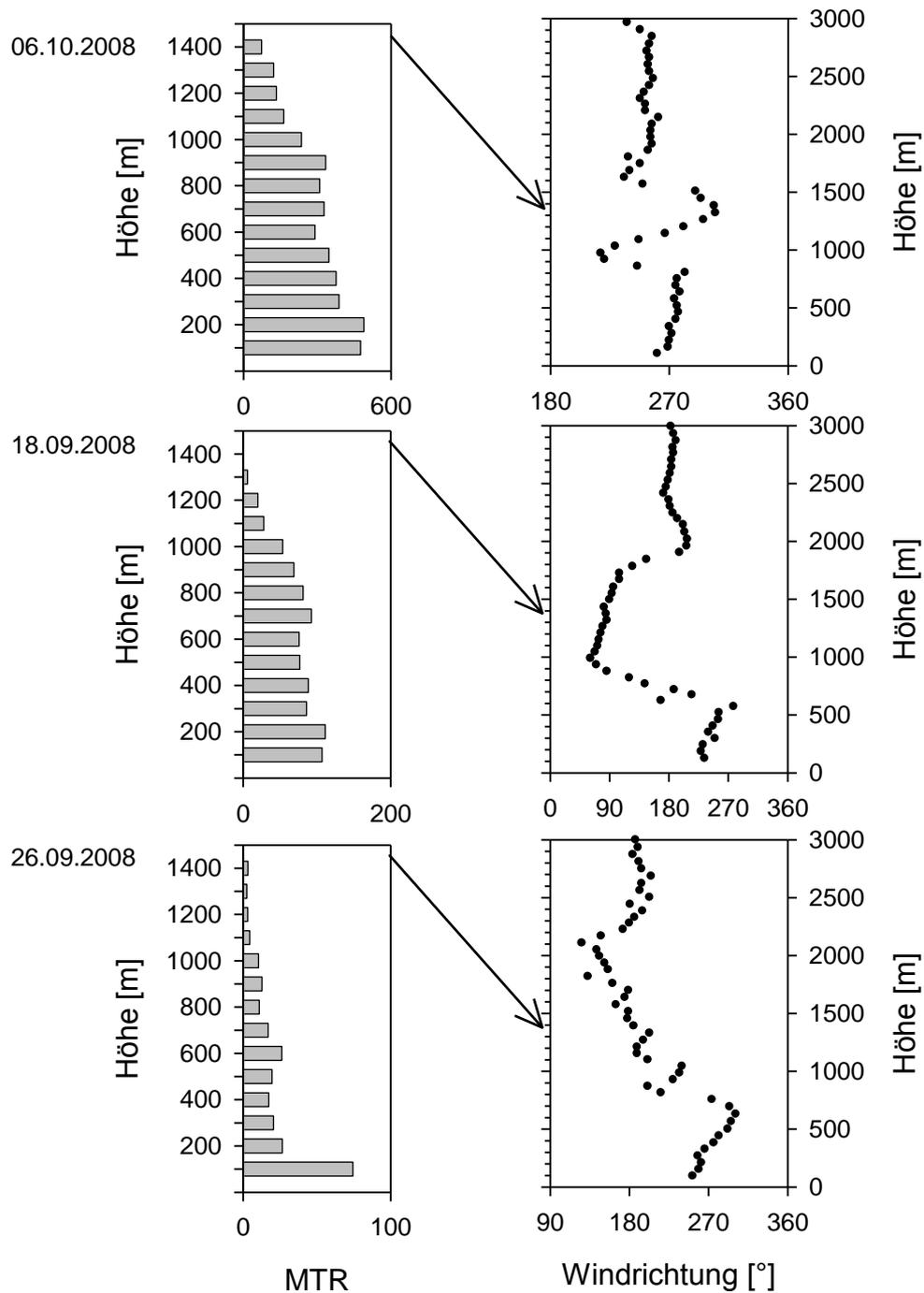


Abb. 59: Zusammenhang zwischen Flughöhen (links) und Windprofilen (rechts) in ausgewählten Nächten (Datum= Beginn der Nacht). Pfeile kennzeichnen die entsprechenden Höhenzuordnungen (d. h. unterschiedliche Höhen-Skalen).

6 Naturschutzfachliche Bewertung

6.1 Bewertungskriterien

Für die Zugvögel ist die Verwendung der bei Seevögeln (siehe IFAÖ 2009) relevanten Bewertungskriterien Gefährdung und Seltenheit, Eigenart und Vielfalt, regionale bzw. überregionale Bedeutung, Natürlichkeit nicht sinnvoll. Vielmehr werden bei dieser Artengruppe die Bewertungskriterien Leitlinien und Konzentrierungsbereiche, Intensität des Zugeschehens und Artenzahl verwandt.

Die Definition von Konzentrationsbereichen und Leitlinien für den Vogelzug ist in Offshore-Arealen aufgrund fehlender Strukturen nicht kleinräumig zu sehen, sondern eine Bewertung dieses Kriteriums muss den großräumigen Verlauf des Vogelzuges in der westlichen Ostsee berücksichtigen. Hierbei ist zunächst festzustellen, dass insbesondere der nächtliche Zug von Landvögeln zwischen Mitteleuropa und Südschweden grundsätzlich auf breiter Front stattfindet (z. B. BERTHOLD 2000). Auf die westliche Ostsee bezogen bedeutet dies, dass es (mit Ausnahme einer gewissen Zugkonzentration entlang der Vogelfluglinie auch in der Nacht) keinen signifikanten Gradienten in der Zugintensität in West-Ost-Richtung zwischen der Ostküste Schleswig-Holsteins und der schwedischen Insel Öland gibt. Auf Grund des Breitfrontenzuges dieser Vögel existiert auch kein großräumiger Gradient in Richtung „Land-See“. Hierin unterscheiden sich die Verhältnisse grundlegend von denen in der Nordsee, wo die Vögel die Deutsche Bucht „abschneiden“ und somit ein Gradient abnehmender Intensität von Land zum Meer hinaus entsteht (z. B. DIERSCHKE 2001).

Konzentrationsbereiche und Leitlinien des Vogelzuges sind in der westlichen Ostsee vor allem bei Tagziehern gegeben. Greifvögel und andere tagziehende Landvögel ziehen vorzugsweise entlang der „Vogelfluglinie“. Östlich dieser Hauptroute ziehen Vögel am Tage in wesentlich geringerer Dichte. Diese Aussagen treffen vor allem für den sichtbaren Zug in geringer Höhe (< 200 m) zu, der vor allem bei Gegenwind stattfindet und bezüglich möglicher Auswirkungen von Offshore-Windparks relevant sind. Kleinvogelzug am Tag findet aber auch weitgehend unabhängig von Leitlinien in großer Höhe und in breiter Front statt (vgl. Kap. 6.3.3).

Bei Wasser- und Watvögeln findet im Verlauf des Zugweges nordischer und sibirischer Populationen eine zunehmende Konzentration des Vogelzuges in der westlichen Ostsee statt, die letztlich in einen sehr stark gebündelten Zugkorridor im Bereich des Fehmarnbelts mündet (z. B. SKOV et al. 1998). Viele Wasser- und Watvogelarten folgen bei ihrem Zug dem Küstenverlauf entlang der Südküste der Ostsee (oder entlang der südschwedischen Küste), Limikolen ziehen aber vermutlich hauptsächlich in breiter Front und großer Höhe (MELTOFTE 2008). Großmöwen und Alken sind dagegen weniger an Küstenstrukturen gebunden und ziehen auch küstenfern, in geringer Höhe und in breiter Front.

Vor dem Hintergrund der möglichen unterschiedlichen Ausprägungen des Zugeschehens über der Ostsee werden nachfolgend drei Kategorien für die Bewertung von Seegebieten im Bereich der Deutschen Ostsee definiert. Neben den beschriebenen räumlich-quantitativen Aspekten kann als qualitatives Kriterium die Artenzahl der Vogelgemeinschaft ergänzend herangezogen werden, wobei der Gefährdungsstatus der beteiligten Arten mit einzubeziehen ist.

6.2 Bewertungsstufen

Hohe Bedeutung: Das Gebiet weist für das Zuggeschehen Leitlinien auf, es kommt dadurch zu hohen Konzentrationen bestimmter Taxa. Es findet regelmäßig Zuggeschehen statt, das sowohl für den Tageszug als auch für den Nachtzug durch hohe bis sehr hohe Intensitäten (Massenzug) gekennzeichnet ist. Zusätzlich kann die Zugvogelgemeinschaft eine hohe (mehr als 200 Arten) Artenzahl aufweisen.

Mittlere Bedeutung: Das Gebiet weist keine Leitlinien und Konzentrationsbereiche auf. Es findet regelmäßig Zuggeschehen statt, das für den Tageszug durch geringe Intensitäten und für den Nachtzug durch mittlere bis hohe Intensitäten (Massenzug) gekennzeichnet ist. Zusätzlich kann die Zugvogelgemeinschaft eine mittlere Artenzahl (100 bis 200 Arten) aufweisen.

Geringe Bedeutung: Das Gebiet weist keine Leitlinien und Konzentrationsbereiche auf. Es findet Zuggeschehen unregelmäßig sowie in geringer Intensität statt. Zusätzlich ist die Zugvogelgemeinschaft durch eine geringe Artenzahl (< 100 Arten) gekennzeichnet.

6.3 Bewertung des Zuggeschehens für Zugtypen

Im gesamten Beobachtungszeitraum wurden während des Frühjahrszuges 182 Arten und während des Herbstzuges 161 Zugvogelarten nachgewiesen, von denen insgesamt 43 Arten im Anhang I der EU-Vogelschutz-RL geführt werden (Arten, für deren Erhaltung besondere Schutzmaßnahmen in deren Verbreitungsgebiet erforderlich sind; BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004): Sterntaucher, Prachtaucher, Eistaucher, Ohrentaucher, Silberreiher, Weißstorch, Schwarzstorch, Singschwan, Zwergschwan, Weißwangengans, Scheckente, Zwergsäger, Seeadler, Fischadler, Steinadler, Schreiadler, Rohrweihe, Rotmilan, Schwarzmilan, Kornweihe, Wiesenweihe, Steppenweihe, Wespenbussard, Wanderfalke, Merlin, Kranich, Säbelschnäbler, Goldregenpfeifer, Bruchwasserläufer, Pfuhlschnepfe, Kampfläufer, Schwarzkopfmöwe, Zwergmöwe, Zwergseeschwalbe, Brandseeschwalbe, Flusseeschwalbe, Küstenseeschwalbe, Raubseeschwalbe, Trauerseeschwalbe, Sumpfhöhreule, Heidelerche, Halsbandschnäpper und Neuntöter (Tab. 58 im Anhang). Von einigen dieser Arten wurden jedoch nur wenige Individuen nachgewiesen. Da es für den Kleinvogelzug v. a. um die Ostseequerung in N-S-Richtung ging, wurden weiterhin eine Reihe von Arten nicht gewertet, die in Schweden nur geringe Brutpaarzahlen haben und das Zugaufkommen dieser Arten über der Ostsee als gering angenommen werden kann (oft nur wenige Individuen beobachtet, z. B. Bienenfresser, Wiedehopf). Steppenweihe (in Deutschland wie in Schweden eine Ausnahmerecheinung) und Seeadler werden in der SPEC-Kategorie 1 geführt, d. h. sie sind europäische Arten, die auf globaler Ebene gefährdet sind. Weiterhin wurden 18 Vogelarten der SPEC-Kategorie 2 festgestellt: Weißstorch, Schwarzstorch, Schreiadler, Rotmilan, Kranich, Kampfläufer, Brandseeschwalbe, Heidelerche, Tafelente, Kiebitz, Rotschenkel, Uferschnepfe, Großer Brachvogel, Sturmmöwe, Gryllsteiste, Gartenrotschwanz, Waldlaubsänger, Bluthänfling (Tab. 58). Für diese Arten, die mit > 50% ihres Weltbestandes in Europa auftreten und deren Erhaltungsstatus unbefriedigend ist, besteht eine besondere Verantwortlichkeit Europas (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004). Weitere 42 Arten gehören den Kategorien SPEC 3 und 4 an, für die eine geringere europäische Verantwortlichkeit besteht.

Neben den auf Europäischer Ebene geltenden Gefährdungskategorien sind für die Beurteilung des Gefährdungsgrades ebenfalls Trends in den Anzahlen ziehender Vögel zu berücksichtigen. Hierbei sind für die westliche Ostsee vor allem die langjährigen systematischen Zählungen ziehender Vögel bei Falsterbo (Südschweden) wichtig (Tab. 37). Hier wird nach standardisierter Methode seit 1973 der Vogelzug erfasst (Daten bis einschließlich 2008). Vor allem für Nachtzieher sind Trends in den Fangzahlen ein weiterer wichtiger Hinweis für Veränderungen in den Populationen. Vergleichende Fangzahlen von zwei Stationen in Südschweden (Falsterbo, Ottenby) sowie Punkt-Zählungen innerhalb des „Swedish Breeding Bird Census“ – Programms (KARLSSON et al. 2005) werden in Tab. 56 im Anhang dargestellt.

Tab. 37: Trends der Anzahlen ziehender Vögel nach Sichtbeobachtungen in Falsterbo für die Jahre 1993 bis 2008. P= Pearson's Rangkorrelationskoeffizient. *= $p < 0,001$, **= $p < 0,01$, *= $p < 0,05$, n.s.=nicht signifikant. Quelle: http://www.skof.se/fbo/index_e.html.**

Zunahme (44 Arten)			keine Änderung (52 Arten)			Abnahme (23 Arten)		
Art	P	Sig.	Art	P	Sig.	Art	P	Sig.
Rotmilan	0,98	***	Sanderling	0,32	n.s.	Bluthänfling	-0,33	*
Graugans	0,95	***	Samtente	0,31	n.s.	Mehlschwalbe	-0,34	*
Wanderfalke	0,94	***	Sandregenpfeifer	0,31	n.s.	Zwergseeschwalbe	-0,35	*
Weißwangengans	0,89	***	Fichtenkreuzschnabel	0,31	n.s.	Lachmöwe	-0,36	*
Graureiher	0,87	***	Knutt	0,29	n.s.	Feldsperling	-0,37	*
Rohrweihe	0,86	***	Sichelstrandläufer	0,28	n.s.	Uferschwalbe	-0,39	*
Seeadler	0,82	***	Wiesenweihe	0,27	n.s.	Bachstelze	-0,42	*
Trauerente	0,80	***	Höckerschwan	0,24	n.s.	Kiebitz	-0,43	**
Zwergschwan	0,76	***	Raubseeschwalbe	0,24	n.s.	Saatgans	-0,44	**
Zwergschwan	0,76	***	Kiefernkreuzschnabel	0,24	n.s.	Türkentaube	-0,44	**
Kranich	0,75	***	Großer Brachvogel	0,19	n.s.	Goldammer	-0,47	**
Kanadagans	0,72	***	Küstenseeschwalbe	0,19	n.s.	Strandpieper	-0,51	**
Ringeltaube	0,72	***	Bruchwasserläufer	0,18	n.s.	Bergente	-0,52	**
Stieglitz	0,72	***	Habicht	0,16	n.s.	Ohrenlerche	-0,52	**
Sperber	0,71	***	Baumfalke	0,14	n.s.	Ortolan	-0,54	***
Blässgans	0,69	***	Alpenstrandläufer	0,14	n.s.	Schellente	-0,55	***
Ringelgans	0,65	***	Regenbrachvogel	0,14	n.s.	Berghänfling	-0,57	***
Schnatterente	0,64	***	Gimpel	0,14	n.s.	Bekassine	-0,59	***
Löffelente	0,63	***	Eiderente	0,12	n.s.	Rotkehlpieper	-0,71	***
Misteldrossel	0,62	***	Gänsesäger	0,11	n.s.	Wespenbussard	-0,74	***
Grünfink	0,62	***	Mauersegler	0,11	n.s.	Star	-0,78	***
Singschwan	0,61	***	Grünschenkel	0,10	n.s.	Brachpieper	-0,82	***
Flussseeschwalbe	0,59	***	Baumpieper	0,10	n.s.	Nebelkrähe	-0,91	***
Girlitz	0,57	***	Rotschenkel	0,09	n.s.			
Spießente	0,55	***	Buch-/Bergfink	0,09	n.s.			
Fischadler	0,55	***	Brandgans	0,06	n.s.			
Heidelerche	0,54	***	Wiesenpieper	0,03	n.s.			
Gebirgsstelze	0,51	**	Feldlerche	0,01	n.s.			
Birkenzeisig	0,51	**	Kohlmeise	0,01	n.s.			
Merlin	0,49	**	Zwergstrandläufer	-0,01	n.s.			
Uferschnepfe	0,47	**	Karmingimpel	-0,02	n.s.			
Zwergmöwe	0,47	**	Austernfischer	-0,05	n.s.			
Kiebitzregenpfeifer	0,46	**	Kampfläufer	-0,05	n.s.			
Goldregenpfeifer	0,44	**	Spornammer	-0,05	n.s.			
Erlenzeisig	0,44	**	Mittelsäger	-0,08	n.s.			

Zunahme (44 Arten)			keine Änderung (52 Arten)			Abnahme (23 Arten)		
Art	P	Sig.	Art	P	Sig.	Art	P	Sig.
Ringeltaube	0,43	**	Wacholderdrossel	-0,12	n.s.			
Trauerseeschwalbe	0,42	*	Eisente	-0,13	n.s.			
Schwarzmilan	0,41	*	Dunkler Wasserläufer	-0,15	n.s.			
Blaumeise	0,41	*	Raubwürger	-0,15	n.s.			
Steinwälzer	0,37	*	Krickente	-0,19	n.s.			
Skua	0,37	*	Tafelente	-0,19	n.s.			
Turmfalke	0,34	*	Mäusebussard	-0,21	n.s.			
Flussuferläufer	0,34	*	Schafstelze	-0,22	n.s.			
Dohle	0,34	*	Hohltaube	-0,23	n.s.			
			Raufußbussard	-0,24	n.s.			
			Schneeammer	-0,25	n.s.			
			Reiherente	-0,27	n.s.			
			Stockente	-0,28	n.s.			
			Rohrhammer	-0,28	n.s.			
			Saatkrähe	-0,30	n.s.			
			Kornweihe	-0,31	n.s.			
			Rauchschwalbe	-0,32	n.s.			

Im Folgenden wird der Gefährdungsstatus einiger relevanter Arten genauer dargestellt sowie für die einzelnen Vogelgruppen die zu erwartende Häufigkeit des Auftretens im Vorhabensgebiet diskutiert. Für die Beurteilung des Vorkommens im Vorhabensgebiet ist zu berücksichtigen, dass bis auf zeitlich begrenzte Vergleichsuntersuchungen vom Schiff aus die Datenerfassung nicht direkt am Vorhabensgebiet auf See sondern von Land aus stattfand. Die relativ geringe Entfernung zwischen Vorhabensgebiet und dem Beobachtungsort bei Kap Arkona von ca. 19 km lässt aber in Verbindung mit den synchronen Vergleichsuntersuchungen Rückschlüsse auf das Vorkommen auch auf See zu.

Wichtige Vergleichszahlen für die Bewertung der Häufigkeit des Auftretens sind Beobachtungen des Vogelzuges bei Falsterbo. Diese finden jährlich von Anfang August bis Mitte November statt, so dass sich für den Herbst 2008 vergleichbare Beobachtungszeiten ergaben (Zählungen in Falsterbo bis 14:00 Uhr MEZ, Tab. 38).

Tab. 38: Vergleich der Anzahlen beobachteter Vögel während des Herbstzuges vor Rügen (Rue) und bei Falsterbo (Fbo) sowie das Verhältnis von Fbo zu Rue. Quelle Fbo: http://www.skof.se/fbo/index_e.html

Art	Rue	Fbo	Fbo/Rue	Art	Rue	Fbo	Fbo/Rue
Sterntaucher	116	323	2,8	Raufußbussard	6	885	147,5
Prachtaucher	503	120	0,2	Mäusebussard	150	10.261	68,4
Gelbschnabeltaucher	0	1		Wespenbussard	81	3.415	42,2
Eistaucher	1	4	4,0	Sperber	134	37.262	278,1
Ohrentaucher	8	1	0,1	Habicht	2	36	18,0
Schwarzhalstaucher	1		0,0	Turmfalke	35	1.009	28,8
Haubentaucher	105	20	0,2	Baumfalke	11	92	8,4
Rothalstaucher	118	59	0,5	Wanderfalke	7	74	10,6
Basstölpel	3	4	1,3	Merlin	16	279	17,4
Kormoran	1.923		0,0	Austernfischer	267	332	1,2
Silberreiher	2	5	2,5	Säbelschnäbler	0	65	

Art	Rue	Fbo	Fbo/Rue	Art	Rue	Fbo	Fbo/Rue
Graureiher	87	299	3,4	Sandregenpfeifer	4	2.864	716,0
Weißstorch	0	13		Flussregenpfeifer	0	7	
Schwarzstorch	0	2		Kiebitzregenpfeifer	152	680	4,5
Kranich	3.875	2.586	0,7	Goldregenpfeifer	6252	893	0,1
Höckerschwan	152	883	5,8	Kiebitz	11	319	29,0
Singschwan	0	166		Knutt	4	957	239,3
Zwergschwan	0	378		Sanderling	6	131	21,8
Blässgans	299	374	1,3	Steinwälzer	42	113	2,7
Saatgans	47	76	1,6	Alpenstrandläufer	247	8.075	32,7
Gaugans	395	8.574	21,7	Sichelstrandläufer	1	119	119,0
Kanadagans	459	132	0,3	Bruchwasserläufer	15	233	15,5
Weißwangengans	1.862	88.548	47,6	Flussuferläufer	14	81	5,8
Ringelgans	502	35.854	71,4	Waldwasserläufer	1	11	11,0
Brandgans	21	456	21,7	Dunkler Wasserläufer	2	54	27,0
Stockente	487	583	1,2	Rotschenkel	5	178	35,6
Schnatterente	20	15	0,8	Grünschenkel	15	161	10,7
Spießente	335	1.804	5,4	Pfuhlschnepfe	65	319	4,9
Löffelente	181	231	1,3	Uferschnepfe	9	1	0,1
Pfeifente	6.592	9.252	1,4	Großer Brachvogel	101	196	1,9
Krickente	1.192	1.250	1,0	Regenbrachvogel	51	54	1,1
Knäkente	13		0,0	Bekassine	22	147	6,7
Tafelente	30	21	0,7	Kampfläufer	7	237	33,9
Kolbenente	0			Skua	1	48	48,0
Reiherente	307	335	1,1	Spatelraubmöwe	0	1	
Bergente	525	35	0,1	Schmarotzerraubmöwe	28	48	1,7
Eiderente	22.111	96.650	4,4	Falkenraubmöwe	1	3	3,0
Prachteiderente	1		0,0	Lachmöwe	1.416	7.922	5,6
Scheckente	2		0,0	Sturmmöwe	384	5.539	14,4
Trauerente	112.800	11.135	0,1	Schwarzkopfmöwe	1		0,0
Samtente	1.247	436	0,3	Mittelmeermöwe	0		
Eisente	345	32	0,1	Steppenmöwe	0		
Schellente	56	205	3,7	Heringsmöwe	16	44	2,8
Spatelente	3		0,0	Mantelmöwe	1		0,0
Zwergsäger	0	1		Zwergmöwe	2.076	333	0,2
Mittelsäger	804	2.064	2,6	Dreizehenmöwe	2	1	0,5
Gänsesäger	82	56	0,7	Polarmöwe	0		
Seeadler	2	25	12,5	Zwergseeschwalbe	5	13	2,6
Fischadler	40	288	7,2	Brandseeschwalbe	1.102	0	0,0
Steinadler	2		0,0	Flussseeschwalbe	336	4.244	12,6
Schreiadler	0	1		Küstenseeschwalbe	238	425	1,8
Steppenadler	0	1		Raubseeschwalbe	9	7	0,8
Rohrweihe	18	825	45,8	Trauerseeschwalbe	47	44	0,9
Rotmilan	6	2.891	481,8	Krabbentaucher	0		
Schwarzmilan	0	17		Gryllteiste	17	3	0,2
Kornweihe	2	334	167,0	Trottellumme	34	15	0,4
Wiesenweihe	0	7		Tordalk	20	15	0,8
Steppenweihe	0	1					

6.3.1 Wasservögel

Weißwangengänse der baltisch-russischen Population sowie arktische **Ringelgänse** zeigen in den letzten Jahrzehnten stetig ansteigende Bestände und zunehmendes Anzahlen während des Zuges (Tab. 37). Der Gefährdungsgrad der Ringelgans wird auf europäischer Ebene in die Kategorie SPEC 3 (Winterbestand; ungünstiger Erhaltungszustand in Europa, jedoch nicht in Europa konzentriert) eingeordnet und ist jagdbares Wild in Mitgliedsstaaten (EU-Vogelschutzrichtlinie, Annex II/2), während die Weißwangengans im Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie steht. Beide Arten folgen grundsätzlich auf ihrem Wegzug im Herbst von den sibirischen Brutgebieten zu den Winterquartieren dem sich trichterförmig verengenden Verlauf der Ostsee und treten somit auch im Seegebiet nördlich Rügens auf. Für beide Arten gilt jedoch, dass die Hauptzugrouten im Herbst deutlich weiter nördlich verlaufen. Vor Südschweden wurden im Herbst 2008 (Falsterbo) beide Arten zu mehreren 10.000 Individuen gezählt, während vor Rügen zur gleichen Zeit nur etwa 500 (Ringelgans) bzw. 1.900 (Weißwangengans) Vögel gesehen wurden. In den Tagen der Beobachtungen im Vorhabensgebiet wurden die beiden Arten weder auf See noch von Land aus beobachtet. Grundsätzlich sind beide Arten während des Herbstzuges auch im Bereich des Vorhabensgebietes zu erwarten; die Gesamtzahlen sind im Verhältnis zu den relevanten Populationen (jeweils ca. 300.000 Individuen, MADSEN et al. 1999) jedoch als gering zu bewerten. Der Frühjahrszug verläuft konzentriert entlang der südschwedischen Küste bzw. bei der Ringelgans auch über das Festland (GREEN 1998), so dass weniger Vögel weiter südlich zu erwarten sind. Mit ca. 1.400 Individuen wurden Weißwangengänse jedoch auch im Frühjahr vor Rügen regelmäßig gesehen (auch hier: sehr geringer Anteil an Gesamtpopulation), Ringelgänse dagegen nur sehr selten.

Meeresenten sind in den Mitgliedsstaaten des EU-Vogelschutzabkommens als jagdbares Wild eingestuft (Trauer-, Eider-, Samt- und Eisente: Kategorie II/2) bzw. es kann mit ihnen Handel betrieben werden (Eider- und Trauerente: Kategorie III/2), wogegen nur die Samtente in der SPEC-Kategorie 3 eingestuft wird. Nur die Trauerente zeigte in den letzten 35 Jahren zunehmende Anzahlen ziehender Individuen vor Falsterbo (v. a. Anfang der 1990er Jahre mit starken jährlichen Schwankungen), während bei Samt-, Eider- und Eisente keine signifikanten Abnahmen zu erkennen waren (Tab. 37). Bei Eiderenten wurde jedoch eine starke Abnahme der Gesamtpopulation in der Nord- und Ostsee festgestellt (von ca. 1,2 Mio. im Jahr 1990 auf ca. 760.000 Ind. im Jahr 2000; DESHOLM et al. 2002). Für Meeresenten stellt die südliche und westliche Ostsee ein wichtiges Durchzugsgebiet zu den Überwinterungsplätzen in der Nordsee und dem nördlichen Kattegat dar (Trauer- und Eiderente; auch Mauserzug). Obwohl der größte Teil des Zuges eher in Küstennähe verläuft (z. B. fliegen Trauerenten meist in Sichtweite zu Landstrukturen), findet Meeresentenzug auch auf der offenen See statt.

Eiderenten zeigen im Frühjahr einen sehr konzentrierten Zug entlang der Küste Südschwedens (ALERSTAM et al. 1974a), während im Herbst die Zugrouten weiter streuen können. Vor Rügen wurden dementsprechend im Herbst auch etwa dreifach mehr Eiderenten beobachtet als im Frühjahr. Die Gesamtzahlen von ca. 7.000 Ind. im Frühjahr und ca. 22.000 Ind. im Herbst machen jedoch nur einen sehr geringen Anteil am Gesamt-Zugvolumen aus (0,9 bzw. 2,9% von 760.000). Vor Falsterbo wurden im gleichen Zeitraum (Herbst 2008) etwa 4,4-fach mehr Eiderenten gesehen als vor Rügen (Tab. 38). An synchronen Beobachtungstagen wurden im Vergleich zu Rügen sowohl im Herbst als auch im Frühjahr relativ viele Eiderenten auch in der Nähe des

Vorhabensgebietes beobachtet, wobei insgesamt jedoch geringer Eiderentenzug an den Tagen der Beobachtungen vom Schiff aus herrschte.

Für die **Trauerente** zeigte sich vor Rügen ein sehr starker Frühjahrszug – offensichtlich fliegen die meisten in der Nordsee überwinterten Trauerenten während des Heimzuges so weit südlich, dass sie auf den Weststrand des Darßes treffen und dann den Darßer Ort relativ nah umfliegen (IFAÖ 2003) und weiter östlich ebenfalls in geringer Entfernung vor Hiddensee (GARTHE et al. 2003) und vor Rügen auftauchen (NEHLS & ZÖLLINCK 1990). Im Frühjahr 2008 wurden mit ca. 240.000 Trauerenten (Richtung E ziehend) etwa 15% der biogeographischen Population (1,6 Mio. Ind., DELANY & SCOTT 2002) festgestellt. Bezogen auf den Winterbestand an der deutschen Ostseeküste westlich des Darßer Ortes und entlang der deutschen und niederländischen Nordseeküste (ca. 300.000 Ind., SKOV et al. 1995), der durch die südliche Ostsee zieht, entsprach die Anzahl der Frühjahrsdurchzügler ca. 80%. An den Tagen mit synchronen Beobachtungen im Vorhabensgebiet des Windparks „Arcadis Ost 1“ herrschte im Frühjahr „guter“ Trauerentenzug (ca. 23.000 Ind. vor Rügen in 16 Tagen), so dass eine Beurteilung des Vorkommens von Trauerenten auf einen guten Datensatz basiert. Mit ca. 15% Trauerenten am Vorhabensgebiet im Vergleich zu den von Land aus gezählten Individuen vor Rügen kann geschlossen werden, dass der Frühjahrszug sehr küstennah geschieht und der Anteil Individuen am Vorhabensgebiet im Vergleich zum gesamten Zugvolumen eher gering war (hochgerechnet etwa 35.000 Ind.). Für den Herbst ist die Beurteilung schwieriger, da insgesamt deutlich weniger Trauerenten gesehen wurden (etwa die Hälfte der Individuen vom Frühjahr), die dann aber weiter auf See zu einem hohen Anteil auch in der Nähe des Vorhabensgebietes vorbeiflogen.

Bei den **Samtenten** war der Frühjahrs- und Herbstzug etwa gleich stark ausgeprägt. Die Gesamtzahl von ca. 1.100 bzw. 1.200 Ind. macht dabei < 0,2% der Gesamtpopulation aus (DELANY & SCOTT 2002). Ähnlich der Trauerente sind Samtenten im Frühjahr küstenfern in geringeren Anzahlen zu finden als küstennah. Die Anteile beobachteter Samtenten in der Nähe des Vorhabensgebietes im Vergleich zu den Beobachtungen von Land aus lagen im Bereich von 10 bis 14%. Die Rastbestände im Kattegatt, die bis zu 150.000 Ind. im Herbst umfassen (SKOV et al. 1995), ziehen offenbar nicht durch die südliche Ostsee.

Eisenten wurden vor allem im Frühjahr in größerer Anzahl beobachtet (im Herbst nahezu kein Eisentenzug), wobei im Vergleich zu den Beobachtungen von Land aus im Bereich des Vorhabensgebietes etwa 5 bis 13% der Vögel gesehen wurden. Dies spricht, ähnlich wie bei der Trauerente und der Samtente, für eine Konzentration der Eisente küstennah nördlich von Kap Arkona während des Frühjahrszuges. Die Gesamtzahl von ca. 11.000 Ind. macht dabei nur etwa 0,2% der Gesamtpopulation von 4,6 Mio. Vögeln aus (DELANY & SCOTT 2002). Bezogen auf den Winterbestand in der Ostsee westlich des Darßer Ortes bis zum Kattegatt (ca. 200.000 Ind., DURINCK et al. 1994), wurden vor Rügen etwa 5% beobachtet.

Stern- und Prachttaucher gehören beide in die Kategorie SPEC 3 und stehen in Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie. Sie durchqueren bei ihrem Zug in die Nordsee (Sterntaucher) bzw. zum Schwarzen Meer (Prachttaucher) die südliche Ostsee und tangieren dabei auch das Vorhabensgebiet. Daten über genaue Zugrouten in diesem Bereich liegen jedoch bislang kaum vor.

Beim Sterntaucher war bemerkenswert, dass im Herbst kaum Zugbewegungen registriert wurden, der Frühjahrszug war dagegen sehr intensiv. Nicht artbestimmte Seetaucher zeigten eine sehr

ähnlich Zugphänologie wie Sterntaucher und können folglich größtenteils als Sterntauchern gewertet werden, so dass insgesamt im Frühjahr (2008) etwa 5.000 Individuen vor Rügen vorbeizogen. Ähnlich wie bei den Trauerenten war das Zugaufkommen im Frühjahr bei den synchronen Beobachtungen auf See am Vorhabensgebiet mit 8% (März 2008, „guter“ Zug an Beobachtungstagen) bzw. 28% (April 2008) der Seetaucher vor Rügen deutlich geringer. Hieraus kann geschlossen werden, dass der Großteil der Seetaucher im Frühjahr relativ küstennah vor Rügen vorbeifliegen. Das Vorhabensgebiet bildet damit zwar keine wichtige Zugschneise, ziehende Seetaucher sind hier im Frühjahr jedoch regelmäßig zu erwarten. Mit insgesamt ca. 750 Seetauchern im Herbst 2008 gegenüber ca. 5.600 Ind. im Frühjahr 2008 ist der Verlauf des Herbstzuges, derzeit nicht zu beurteilen (andere, weiter nördlich gelegene Zugroute, Nachtzug?). An den synchronen Beobachtungstagen im Herbst zogen nur wenige Seetaucher (insgesamt 24 Ind. an 19 Tagen), die meisten von ihnen küstennah. Das Verhältnis von Pracht- zu Sterntauchern lag im Frühjahr (2008) etwa zwischen 1:6 und 1:9 (unbestimmte Seetaucher aufgrund der ähnlichen Zugphänologie zu den Sterntaucher gerechnet), letztere Art ist dementsprechend häufiger zu erwarten.

Insgesamt wird dem Seegebiet vor Rügen für ziehende Wasservögel eine **hohe Bedeutung** zugeordnet. Diese begründet sich in der Kombination der vorhandenen Literaturdaten (westliche Ostsee liegt generell im Verlauf des Zugweges ziehender arktischer Wasservögel) und den eigenen Sichtbeobachtungen (Vorhabensgebiet liegt am Rande wichtiger Durchzugsschneisen für viele Arten). Bei den meisten Arten scheint ein Großteil des Frühjahrszuges küstennah abzulaufen.

6.3.2 Landvögel: aktive Ruderflieger/Nachtzieher

Die Bewertung des Vorhabensgebietes für nachts ziehende Landvögel kann vornehmlich anhand der Radardaten vorgenommen werden, wobei keine Arten direkt angesprochen werden können. Bei Nachtziehern handelt es sich jedoch vornehmlich um Langstreckenzieher, während tagsüber ziehende Arten meist Kurz- und Mittelstreckenzieher sind (z. B. BERTHOLD 2000, GATTER 2000). Innerhalb der Singvögel sind Nachtzieher den Tagziehern zahlenmäßig deutlich überlegen (a. Tab. 44). Die an den verschiedenen Fangstationen an der westlichen Ostsee festgestellten Bestandsabnahmen vor allem von Langstreckenziehern (s. Tab. 56, KARLSSON et al. 2005) stehen in Übereinstimmung mit einem generellen Trend in Europa, der mit der globalen Erwärmung der Erdatmosphäre in Zusammenhang gebracht wird (JENNI & KÉRY 2003, SUDFELDT et al. 2008).

Bei der Beurteilung der Bedeutung des Vorhabensgebietes für nachts ziehende Landvögel sind in Bezug auf Individuenzahlen und Zugverhalten unterschiedliche Bedingungen während des Frühjahrs- und des Herbstzuges zu berücksichtigen. Im Herbst kann man davon ausgehen, dass aufgrund fehlender Leitlinien der Vogelzug im untersuchten Bereich als Breitfrontenzug stattfindet. Effekte von Leitlinien an der schwedischen Küste sind im Vorhabensgebiet oder vor Rügen nicht mehr zu erwarten. Die nahezu identischen Zugintensitäten bei der Forschungsplattform FINO 2 (am Kriegers Flak) und auf Rügen im Herbst unterstützen diese Annahme. Anhand der zu erwartenden Zugvolumen (Brutbestände in Skandinavien) und den Zugstrecken lässt sich für das Vorhabensgebiet das theoretische Zugaufkommen ableiten. Für diesen Ansatz wird davon ausgegangen, dass während des Herbstzuges alle ziehenden Arten regelmäßig und entsprechend

ihrer Populationsstärken in variierenden Anzahlen im Untersuchungsgebiet anzutreffen sind. Wenn man davon ausgeht, dass die relevanten Populationen generell in dem Bereich zwischen der schleswig-holsteinischen Ostseeküste und Bornholm die Ostsee im Breitfrontenzug überqueren (Strecke ca. 300 km), so entfallen auf das Vorhabensgebiet des Windparks „Arcadis Ost 1“ mit einer Ausdehnung von ca. 15 km senkrecht zur Hauptzugrichtung (210° im Herbst) etwa 5% der zu passierenden Strecke. Demnach müssten unter den angenommenen Voraussetzungen auch etwa 5% der Populationen aller nachts ziehenden Arten auf das Untersuchungsgebiet treffen. Bei einer angenommenen Individuenzahl von ca. 200 bis 250 Mio. nachts ziehender Landvögel im Herbst (vgl. Tab. 44) würden somit etwa 10 bis 12,5 Mio. Vögel das Vorhabensgebiet überfliegen. Durch eine Zugbündelung über der Vogelfluglinie würde das Zugvolumen weiter östlich ziehender Vögel geringer sein als es bei einem kompletten Breitfrontenzug angenommen wird. Bei einer bedeutenden Zugkonzentration über der Vogelfluglinie würden sich die hier dargestellten theoretisch berechneten Vogelzahlen im Seegebiet nördlich Rügen mindern. Hinweise für eine Bündelung des nächtlichen Vogelzuges im Bereich der Vogelfluglinie liegen vor: Synchrone Messungen des nächtlichen Vogelzuges zeigten Zugraten auf Fehmarn, die um einen Faktor 2 bis 2,5 über den Werten auf Rügen liegen (IfAÖ unpubl.). Auch die Messungen bei Falsterbo mittels Infrarotkamera ergaben im Vergleich ca. 2,5-fach höhere Raten als auf Rügen (allerdings unterschiedliche Methoden und Jahre). Im Jahr 2008 wurde im Herbst ohne Unterbrechungen während der gesamten Zugsaison gemessen. Hieraus ergab sich ein aufsummiertes Zugvolumen von 484.555 Vögeln je Kilometer. Bei einer angenommenen Breite des Windparks von 15 km senkrecht zur Zugrichtung ergeben sich ca. 7,3 Mio. Vögel, die das Vorhabensgebiet im Herbst überfliegen. Dieser Wert liegt um einen Faktor von 1,4 bis 1,7 unter den theoretisch berechneten Werten und spiegelt somit sehr gut den mittels Radar gemessenen Unterschied in den Zugraten von Fehmarn (=Vogelfluglinie) und Rügen wider. Der mittels Radar auf Rügen gemessene Wert (d. h. aufsummierte Zugvolumen über die komplette Herbstsaison 2008) kann demnach als realistisch eingestuft werden und stellt die Basis für die weiteren Berechnungen dar. Unabhängig vom Gesamtvolumen des Vogelzuges, lässt die Konzentration des Zuges auf wenige starke Zugnächte vermuten, dass auch im Vorhabensgebiet zeitweise sehr hohe Anzahlen von Vögeln vorhanden sind.

Im Herbst ist aufgrund des hohen Jungvogelanteils mit deutlich höherem Zugvolumen zu rechnen als im Frühjahr. Die mittleren Zugraten lagen im Vergleich von Frühjahr und Herbst jedoch im gleichen Größenbereich und auch das aufsummierte Zugaufkommen lag im Herbst „nur“ ca. 19% über dem Zugaufkommen im Frühjahr (aufgrund des hohen Jungvogelanteils wäre ein höherer Wert zu erwarten). Diese Messungen lassen auf eine Zugbündelung im Bereich Rügens im Frühjahr schließen. Insbesondere im Frühjahr ist deshalb mit einem höheren Aufkommen an Zugvögeln zu rechnen als es ein Breitfrontenzug vermuten ließe. Entsprechend den kontinuierlichen Messungen im Frühjahr 2008 ergaben sich je Kilometer 405.709 Vögel, was auf die Ausdehnung des geplanten Windparks einem jährlichen Zugaufkommen im Frühjahr von ca. 6,1 Mio. Individuen entspricht.

Die Bewertung des Vorhabensgebietes für nachts ziehende Landvögel wird aufgrund der hohen zu erwartenden Individuenzahlen und dem bedeutenden Anteil gefährdeter Arten als **hoch** eingestuft.

6.3.3 Landvögel: aktive Ruderflieger/Tagzieher

Mit wenigen Ausnahmen handelt es sich bei Tagziehern um Kurz- und Mittelstreckenzieher, die im Vergleich zu Langstreckenziehern generell weniger bestandsgefährdet sind (s. voriges Kapitel). Von den qualitativ erfassten tagziehenden Singvögeln gehört nur der Bluthänfling zur SPEC-Kategorie 2 (ungünstiger Erhaltungszustand in Europa, in Europa konzentriert), wogegen weitere fünf Arten (Feldlerche, Uferschwalbe, Rauchschwalbe, Saatkrähe und Star) der SPEC-Kategorie 3 zugeordnet werden (ungünstiger Erhaltungszustand in Europa, nicht in Europa konzentriert). Neun Arten werden in der EU-VRL im Anhang II/2 geführt und gehören somit in einigen Mitgliedsstaaten zu den jagdbaren Vogelarten (Ringeltaube, Feldlerche, Elster, Eichelhäher, Dohle, Saatkrähe, Nebelkrähe, Rabenkrähe, Star). Von den 32 tagziehenden Arten zeigten 17 Arten negative Bestandstrends in Schweden, sechs Arten zeigten Zunahmen und bei neun Arten waren die Bestände stabil (Grenzen: Abnahme: Bestandsänderung in den Jahren 1990-2000/2002 < -10%, Zunahme: Bestandsänderung > +10%, stabil: Werte dazwischen; Grobe Angabe mit eingeschränkter Aussagekraft, da auch eine geringe, aber kontinuierliche Bestandsabnahme von unter 10% bei einer großen Population ebenfalls starke Auswirkungen haben kann; nach BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004).

Bei Tagziehern spielen Leitlinien eine wichtige Rolle, weshalb bezogen auf den sichtbaren Teil des Zuges ein relativ hoher Anteil der relevanten Populationen über die „Vogelfluglinie“ zieht. Ein Vergleich der theoretischen Zugvolumen anhand von Vogelpopulationen in Skandinavien und dem sichtbaren Anteil (unter Einbeziehung der Vogelfluglinie, Beobachtungen in Falsterbo- und Zugruten auf See) lässt vermuten, dass nur etwa 5-10% des Zuges im sichtbaren Bereich stattfindet (KUBE et al. 2005.). Radarmessungen in Schweden (ALERSTAM & ULFSTRAND 1972) und auf Rügen (IFAÖ unpubl.) zeigten, dass am Tage vor allem bei Rückenwind starker Vogelzug über der Ostsee in großen Höhen stattfindet (bis > 1.000 m, visuell nicht erfassbar), während bei Gegenwind die Flughöhe deutlich niedriger lag. Auch bei Gegenwind sind viele Vögel visuell kaum zu erfassen, sofern sie sich in Höhen von über 100 bis 200 m bewegen. Diese Zugbewegungen verlaufen nicht in der generell für viele Arten angenommenen SW-Richtung, sondern direkt in Richtung Süd. Ein zahlenmäßiger Vergleich des Zugaufkommens mit anderen Beobachtungsstationen (z. B. Falsterbo) ist aufgrund der fehlenden quantitativen Angaben nicht möglich. Dass auch auf See im sichtbaren Bereich Vogelzug am Tage vorkommt, zeigen die Beobachtungen vom Schiff aus im Bereich des Vorhabensgebietes.

Für tagziehende Landvögel wird dem Vorhabensgebiet eine **mittlere Bedeutung** zugeordnet, da viele Vögel sich über der Vogelfluglinie bewegen, bzw. im Breitfrontenzug in großer Höhe ziehen.

6.3.4 Landvögel: Thermiksegler Greifvögel und Kraniche

Greifvögel

Die meisten Greifvögel zählen zu den Thermikseglern (Ausnahmen z. B. Sperber, Fischadler, Falken). Von den 20 beobachteten Greifvogelarten stehen 14 Arten im Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie (Arten, für deren Erhaltung besondere Schutzmaßnahmen in deren Verbreitungsgebiet erforderlich sind; BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004). Seeadler und Steppenweihe werden in der SPEC-Kategorie 1 geführt (globale Gefährdung), und für Schreiadler und Rotmilan besteht eine besondere Verantwortlichkeit Europas (SPEC 2: > 50% ihres Weltbestandes in

Europa mit unbefriedigendem Erhaltungsstatus, BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004). Seeadler zeigen in Schweden und Deutschland jedoch aufgrund erfolgreicher Schutzmaßnahmen deutliche Bestandszunahmen. Der Rotmilan ist in Schweden nach Sichtbeobachtungen bei Falsterbo die Art mit dem höchsten Populationsanstieg (s. Tab. 37). Insgesamt besitzen somit viele Greifvogelarten einen hohen Schutzstatus.

Systematische Herbst-Beobachtungen in Falsterbo (hier Vergleichsjahre 2007 und 2008) ermöglichen einen Vergleich der über der „Vogelfluglinie“ ziehenden Greifvögel mit den Beobachtungen auf Rügen (Tab. 39, Tab. 40). Der Vergleich mit dem Frühjahrszug zeigt, dass bei einigen Arten auf Rügen regelmäßig Anteile vorkommen, die über 10% des Herbst-Zugaufkommens von Falsterbo liegen (Tab. 39). Dies war vor allem bei Rotmilan, Rohrweihe, Raufußbussard, Fischadler und Baumfalke der Fall. Die relativ hohen Individuenzahlen von Sperber und Mäusebussard auf Rügen im Frühjahr standen dabei Beobachtungszahlen in Falsterbo von ca. 27.000 bzw. 37.000 gegenüber und bildeten somit trotz der hohen Individuenzahlen eher geringe Prozentsätze von etwa 3-5%. Beim Vergleich des Frühjahrszuges auf Rügen mit dem Herbstzug bei Falsterbo ist noch zu berücksichtigen, dass im Herbst durch einen hohen Jungvogelanteil das Zugaufkommen generell höher ist als im Frühjahr (hohe Jungvogelmortalität im ersten Jahr). Im Herbst waren die auf Rügen beobachteten Anteil am Zug auf Falsterbo bei allen Arten bis auf den Fischadler sehr gering (Tab. 40; meist < 5%; hohe Werte auch beim Baumfalken, von dem jedoch insgesamt nur wenige Vögel ziehen).

Tab. 39: Vergleich des Greifvogel-Herbstzuges in Falsterbo 2007 und 2008 mit dem Frühjahrszug 2007 und 2008 auf Rügen. Anzahlen beobachteter Individuen (hellgrau unterlegt: eigene Beobachtungen).

	Falsterbo Herbst 2007	Falsterbo Herbst 2008	Rügen Früh-jahr 2007	Rügen Frühjahr 2008	RÜ 2007/ in % Fbo 2007	RÜ 2008/ in % Fbo 2007	RÜ 2007/ in % Fbo 2008	RÜ 2008 in % Fbo 2008
Wespenbussard	2.745	3.415	0	30	0	1	0	1
Rotmilan	2.381	2.891	308	255	13	11	11	9
Rohrweihe	569	537	44	90	8	16	8	17
Sperber	27.193	37.262	1.258	1.462	5	5	3	4
Mäusebussard	18.872	10.261	743	970	4	5	7	9
Raufußbussard	1.165	885	95	372	8	32	11	42
Fischadler	232	288	19	33	8	14	7	11
Turmfalke	725	1.009	0	0	0	0	0	0
Merlin	367	279	12	25	3	7	4	9
Baumfalke	39	92	6	12	15	31	7	13

Tab. 40: Vergleich des Greifvogel-Herbstzuges in Falsterbo 2007 und 2008 mit dem Herbstzug 2008 auf Rügen. Anzahlen beobachteter Individuen (hellgrau unterlegt: eigene Beobachtungen).

	Falsterbo Herbst 2007	Falsterbo Herbst 2008	Rügen Herbst 2008	RÜ 2008/ in % Fbo 2007	RÜ 2008/ in % Fbo 2008
Wespenbussard	2.745	3.415	81	3	2
Rotmilan	2.381	2.891	6	0	0
Rohrweihe	569	537	18	3	3

	Falsterbo Herbst 2007	Falsterbo Herbst 2008	Rügen Herbst 2008	RÜ 2008/ in % Fbo 2007	RÜ 2008/ in % Fbo 2008
Sperber	27.193	37.262	134	0	0
Mäusebussard	18.872	10.261	150	1	1
Raufußbussard	1.165	885	6	1	1
Fischadler	232	288	40	17	14
Turmfalke	725	1.009	35	5	3
Merlin	367	279	16	4	6
Baumfalke	39	92	11	28	12

Bei einer nördlich ausgerichteten Abflugrichtung im Herbst von der Halbinsel Wittow würden die hier startenden Greifvögel westlich am Vorhabensgebiet vorbeifliegen. Synchrone Beobachtungen auf See und auf Rügen bestätigen diese Annahme: Es war deutlich zu erkennen, dass im Frühjahr die meisten der von Rügen von der Halbinsel Wittow abfliegenden Greifvögel nicht am Vorhabensgebiet gesehen wurden (höchste Anzahl beim Sperber), während im Herbst oft sogar mehr Greifvögel auf See beobachtet wurden als vor Rügen (s. Tab. 41; häufiger auf See: Fischadler, Merlin, Sperber, Wespenbussard). Als Grund ist der Einfluss von Wind zu vermuten, der im Herbst nach der langen Ostseeüberquerung für eine breitere Streuung der Zugwege verantwortlich ist. Im Frühjahr starten die Greifvögel dagegen konzentriert an einem Punkt und die eingeschlagene Flugrichtung kann während des Beginns der Ostseeüberquerung offensichtlich noch gut eingehalten werden.

Tab. 41: Vergleich des Greifvogelzuges (Anzahl Individuen) auf See am Vorhabensgebiet und auf Rügen für den Frühjahrs- und Herbstzug 2008 (synchrone Beobachtungszeiten).

Art	FRÜHJAHR 2008		HERBST 2008	
	Anzahl Vorhabensgebiet	Anzahl Rügen	Anzahl Vorhabensgebiet	Anzahl Rügen
Fischadler	1	4	7	4
Habicht	0	1	0	0
Kornweihe	0	4	2	
Mäusebussard	1	75	1	14
Merlin	1	3	3	2
Raufußbussard	1	28	5	
Rotmilan	3	47	0	2
Seeadler	0	6	0	0
Sperber	29	308	30	13
Turmfalke	1	11	5	3
Wanderfalke	0	1	0	1
Wespenbussard	0	0	43	31

Durch dieses Verhalten ist das gesamte Zugaufkommen im Frühjahr zwar höher als im Herbst, die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Greifvögeln auf See am Vorhabensgebiet ist jedoch im Herbst höher als im Frühjahr.

Kranich

Die europäische Population des Grauen Kranichs (*Grus grus*) zeigt seit vielen Jahren deutlich zunehmende Bestände (PRANGE 2001, BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004, s. auch Tab. 37). Die Schutzbemühungen aufgrund des hohen Schutzstatus' haben somit Erfolg gezeigt (SPEC-Kategorie 2; Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie; AEWK-Kategorie).

Ausgehend von den berechneten Flugrichtungen im Bezug zum Vorhabensgebiet und den Höhenverteilungen ergibt sich für 2 bis 3% der Kraniche die Situation, dass sie sich auf Kollisionskurs mit dem geplanten Windpark befanden (Tab. 42, d. h. Flughöhe unterhalb von 200 m; kritische Höhe aufgrund von Nachlaufströmungen über der maximalen Höhe der Windenergieanlagen). Durch seitliche Drift beim Kreisen oder durch Richtungsänderungen über See können die realen Anzahlen von Kranichen von diesen Werten abweichen (d. h. sich erhöhen oder vermindern). Weiterhin gelten diese Zahlen nur für die hier dargestellte Stichprobe des Kranichzuges. Generell weiter östlich ziehende Kraniche (z. B. im Frühjahr 2008 ca. 18% der vom Schiff aus beobachteten Kraniche im Bereich des Vorhabensgebietes) würden auch bei der gemessenen direkten N-S-Ausrichtung das Vorhabensgebiet kreuzen. Insgesamt deuten die Daten jedoch darauf hin, dass die Hauptzugschneise für den Kranichzug weiter westlich im Bereich der Halbinsel Wittow verläuft (entsprechend der Annahme in Abb. 58, im Herbst jedoch mit einer breiteren Streuung). Trotz weitestgehender Kompensation von Winddrift hängt der konkrete Verlauf des Zuges auch vom Wind ab. Insbesondere während der kreisenden Flugbewegungen findet Winddrift statt, so dass bei Westwind der Zug weiter östlich verläuft.

Tab. 42: Anteile des Kranichzuges, der auf Kollisionskurs mit geplantem Windpark liegt.

Jahr	2005	2006	2008
a n Individuen mit berechneter Flugrichtung (s. Tab. 19)	9.505	5.705	4.610
b % aus Richtung Vorhabensgebiet (s. Tab. 19)	6,3	9	5,8
c Individuen aus Richtung Vorhabensgebiet (% b von a)	599	513	267
d Höhenverteilung: % < 200 m bezogen auf Individuen (Tab. 11)	32	33	49
e Individuen aus Richtung Vorhabensgebiet und < 200 m Flughöhe („Kollisionskurs“); (% d von c)	192	169	131
f % Kollisionskurs von n Individuen (% e von a)	2,0	3,0	2,8

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass im Herbst ein nicht unbeträchtlicher Teil des Kranichzuges über der Ostsee auch in der Nacht stattfindet, wenn aufgrund eingeschränkter Sichtbeobachtungen ein erhöhtes Kollisionsrisiko besteht. Da der Nachtzug im Herbst 2005 jedoch ausschließlich in Höhen von über 200 m stattfand (mit deutlichem Schwerpunkt über 600 m), ist das Kollisionsrisiko in der Nacht als gering einzustufen. Der Vergleich mit den Zughöhen in der Hellphase am gleichen Tag (15. Oktober 2005) zeigt, dass diese großen Zughöhen nicht durch die Windbedingungen bedingt waren, sondern aktiv aufgesucht wurden. Nicht bekannt ist allerdings, wie Kraniche in der Nacht auf Beleuchtungen der Windparks reagieren und ob sich hieraus Konfliktsituationen ergeben können.

Nach vorliegenden Erkenntnissen kommt dem Vorhabensgebiet für den Greifvogel- und Kranichzug eine **mittlere Bedeutung** zu. Dies begründet sich aus dem generell hohen Schutzstatus von Greifvögeln und von Kranichen sowie der geringen bis mittleren Häufigkeit dieser Artengruppe am Vorhabensgebiet.

6.4 Zusammenfassende Bewertung

Der Bewertungskategorie „Leitlinien- und Konzentrationsbereiche“ wird eine **hohe Bedeutung** zugeordnet, da

- besonders nachts ziehende Landvögel die westliche Ostsee vornehmlich im Breitfrontenzug überqueren (mit gewisser Konzentration über der „Vogelfluglinie“). Hierbei fliegt ein Großteil der schwedischen und Teile der finnischen Zugvogelpopulationen innerhalb eines (ostseeweit betrachtet) begrenzten Bereiches von Schleswig-Holstein bis Bornholm über die Ostsee. Unter den nachts ziehenden Singvögeln befinden sich in hohem Maße auch Arten mit hohen Gefährdungsgraden (v. a. Langstreckenzieher).
- der Zug nordischer Meeresenten, Seetaucher (besonders Sterntaucher), Limikolen („East Atlantic Flyway“) sowie Weißwangens- und Ringelgänse im Bereich der westlichen Ostsee durch den „Trichtereffekt“ des Ostsee-Verlaufes von Ost nach West konzentriert wird. Dadurch kommt der westlichen Ostsee generell eine hohe Bedeutung zu. Das Vorhabensgebiet selber liegt am Rande einer konzentrierten Zugschneise v. a. von Trauerenten und Seetaucher während des Frühjahrszuges.

Das „Zugeschehen und dessen Intensität“ wird als **mittel bis hoch** eingestuft. Meeresenten und Seetaucher zeigten im Frühjahr hohe Intensitäten vor Rügen, im Herbst mittlere Intensitäten. Greifvögel und Kraniche sind in mittleren Intensitäten zu erwarten. Die nächtlichen Zugbewegungen erreichten in starken Zugnächten sehr hohe Werte (in Falsterbo, d. h. entlang der „Vogelfluglinie“, nur 1,6-fach höhere Maximalwerte). Die hohe Gesamtzahl ziehender Individuen begründet sich auf die hohen Zugpopulationen nächtlich ziehender skandinavischer Kleinvögel, die die Ostsee vornehmlich im Breitfrontenzug überqueren.

Der Bewertungskategorie „Artenzahl“ wird eine **hohe** Bedeutung beigemessen. Die bisherigen Beobachtungen ergaben im Untersuchungszeitraum insgesamt 196 Arten, so dass inklusiver einer Reihe von nächtlich ziehenden Arten, die visuell nicht erfasst werden können, aufgrund ihres Vorkommens in Skandinavien jedoch die Ostsee queren, insgesamt über 200 Arten das Vorhabensgebiet auf ihrem Zug durchqueren dürften. 46 Arten werden dabei im Anhang I der EU-Vogelschutz-RL geführt.

Zusammenfassend wird die Artengruppe Zugvögel mit **hoch** bewertet (vgl. Tab. 43).

Tab. 43: Bewertungsmatrix zur Bestandsbewertung der Artengruppe Zugvögel.

Kriterien der Bestandsbewertung → ↓ Bewertung des Bestandes	Leitlinien und Konzentrationsbereiche	Zuggeschehen und dessen Intensität	Artenzahl
geringe Bedeutung	nicht vorhanden	unregelmäßig in geringer Intensität	< 100 Arten
mittlere Bedeutung	nicht vorhanden	regelmäßig, Tagzug: geringe Intensität, Nachtzug: mittlere bis hohe Intensität	100 bis 200 Arten
hohe Bedeutung	vorhanden	regelmäßig, hohe bis sehr hohe Intensitäten	>200 Arten
Gesamtbewertung für OWP „Arcadis Ost 1“	hoch	mittel bis hoch	hoch

7 Auswirkungsprognose

7.1 Nullvariante

Ohne den Bau des geplanten OWP sind keine grundlegenden Änderungen der Bedingungen für den Vogelzug im Baugebiet zu erwarten. Das Zuggeschehen wird sich auch bei mittelfristiger Betrachtung, von jahrweisen Schwankungen abgesehen, nur soweit ändern, wie sich die wesentlichen Faktoren ändern, welche die Populationsentwicklung der durchziehenden Vogelarten bestimmen. Alljährlich ziehen gegenwärtig im Herbst ca. eine halbe Milliarde Vögel durch die westliche Ostsee (Tab. 44). Im Frühjahr sind es aufgrund der hohen Mortalität der Jungvögel in ihrem ersten Winter erheblich weniger.

Tab. 44: Bestandsschätzungen für Zugvögel verschiedenen Flugtyps im südlichen Ostseeraum (Angaben gelten nur für die Herbstsaison; nach BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004 und SKOV et al. 1998).

Zugtyp	Artengruppen	Herbstbestand
Wasservogel	Seetaucher, Lappentaucher, Ruderfüßer, Enten, Gänse, Säger, Watvögel, Möwen, Seeschwalben, Alken	10-20 Mio.
Landvögel: Thermiksegler	Greifvögel Kraniche	< 0,5 Mio. 60.000
Landvögel: Ruderflieger	Nachtzieher Tag/Nachtzieher, reine Tagzieher	200-250 Mio. 150-200 Mio.

7.2 Vorbelastungen

7.2.1 Anthropogen bedingte Mortalität bei Zugvögeln

Die beteiligten Vogelpopulationen unterliegen in ihrem Lebensraum einer Vielzahl anthropogener Belastungen. Diese betreffen einerseits Verluste von Brut-, Rast- und Überwinterungsgebieten durch unterschiedlichste menschliche Aktivitäten sowie langfristig auch Klimaveränderungen. Daneben kommt jährlich aber auch eine große Zahl von Vögeln unmittelbar durch menschliche Einflüsse zu Tode. Allein in Skandinavien und im Ostseegebiet sterben alljährlich mehr als 100 Mio. Vögel durch Kollisionen, Jagd, Fischerei oder Umweltverschmutzung (Tab. 45). Neben diesen Todesursachen (zusammengestellt nach KUBE 2002) kommen weitere Verluste hinzu, die auf Katzen, Stromschlag und Landwirtschaft zurückzuführen sind.

Tab. 45: Schätzung der jährlichen, anthropogen bedingten Vogelverluste in Skandinavien/im Ostseeraum (verändert nach KUBE 2002).

anthropogene Todesursache	betroffene Vögel	Todesrate (Ind. a ⁻¹)
Anflug an Glasscheiben	Landvögel	100.000
Anflug an Leuchttürmen, Sendemasten und Hochspannungsleitungen, etc.	Landvögel	100.000
Anflug an Kfz	Landvögel	10.000.000
Anflug an Eisenbahn und Flugzeugen	Landvögel	1.000
Anflug an Schiffen	Landvögel	100.000
Jagd (vgl. Tab. 46)	Wasservogel	1.000.000
Fischerei (Beifang)	Wasservogel	100.000
Ölverschmutzung	Wasservogel	10.000

Ringfundanalysen von auf Helgoland beringten Vögeln zeigen, dass im Laufe des letzten Jahrhunderts anthropogen bedingte Todesursachen deutlich anstiegen, insbesondere durch den Straßenverkehr und durch Anflüge an Gebäuden („passive Todesursache“, 14% aller Totfunde in den letzten zwei Jahrzehnten, 49% bei Greifvögeln und Eulen; HÜPPOP & HÜPPOP 2002).

7.2.1.1 Kollisionen

Für Todesfälle durch Anflug an Glasscheiben existiert nur eine nachvollziehbare Hochrechnung, nach der in den USA jährlich mindestens 97.600.000 Ind. durch Scheibenanflug zu Tode kommen (KLEM 1990). Besonders im Brutgebiet können Landvögel auch mit fahrenden Autos kollidieren. Allein in Dänemark und Schweden ist dabei mit ca. 1,1-3,5 Mio. bzw. 8,5 Mio. Kollisionsopfern pro Jahr zu rechnen (ERRITZØE 2002, SVENSSON 1998).

Während des nächtlichen Zuges stellen bei schlechten Witterungsbedingungen Schiffe eine gewisse Kollisionsgefahr dar (Tab. 45). Da sich das Schiffsaufkommen im relevanten Gebiet mittelfristig kaum bedeutend ändern wird, ist eine Änderung dieser Vorbelastung nicht zu erwarten. Vogelschlag an Flugzeugen dürfte für die betroffenen Vögel immer tödlich sein. In Deutschland liegt die Anzahl gemeldeter Vogelschläge in der Zivilluffahrt bei etwa 600-700 Ereignissen pro Jahr (MORGENROTH 2002), hinzu kommen etwa 400 Ereignisse bei der Bundeswehr (RUHE 2001). Dies lässt auf eine geringe Bedeutung als Mortalitätsfaktor schließen, es ist jedoch davon auszugehen, dass viele Kollisionen v. a. mit Kleinvögeln nicht wahrgenommen oder gemeldet werden. Darauf weist u. a. die Tatsache hin, dass in der Zivilluffahrt eher Kollisionen mit Möwen, Tauben und Wasservögel gemeldet werden, während bei der Bundeswehr Kleinvögel überwiegen (RUHE 2001).

7.2.1.2 Jagd

Insgesamt 60 der nachgewiesenen Arten sind in Anhang II/1 bzw. II/2 der EU-Vogelschutz-RL aufgeführt und unterliegen zumindest in einem Teil ihres Jahreslebensraums der Bejagung. Von der Jagd sind insbesondere nahezu alle ziehenden Entenvögel (Schwäne, Gänse, Enten) im Ostseeraum betroffen. Von 1996 bis 2001 wurden in Skandinavien jährlich 122.500 Eiderenten erlegt, davon alleine in Dänemark 92.820 (ASFERG 2002). Das entspricht bereits 16% des Winterbestandes von 760.000 Ind. (DESHOLM et al. 2002), denen noch Abschüsse in den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion hinzuzurechnen sind, über die keine Angaben vorliegen. Überwinternde Möwen aus dem Ostseeraum haben einen wesentlichen Anteil an Abschüssen in Deutschland und Dänemark. In Deutschland werden Waldschneppen auf dem Durchzug zu ca. 90% in Norddeutschland geschossen, hiervon sind ebenfalls größtenteils skandinavische Brutvögel betroffen.

Tab. 46: Mittlere jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel des Ostseeraumes.

Art	Dänemark	Norwegen	Schweden	Finnland	Litauen	Deutschland
Kormoran	3.520	10.400	6.000	–	k.A.	k.A.
Graureiher	1.833			–	k.A.	k.A.
Gänse	5.400	12.420	73.200	12.000	212	30.810
Enten	916.000	53.700	117.000	573.500	10.750	555.400
Waldschneppfe	28.440		10.000	3.800	2.950	8.100
Möwen	40.300	21.100	33.000	–	k.A.	21.305

Art	Dänemark	Norwegen	Schweden	Finnland	Litauen	Deutschland
Tauben	284.600	37.060	50.000	k.A.	k.A.	769.300
Stare	3.600			–		–

Dänemark: 1995/96-2000/01, nach ASFERG 2002

Norwegen: Nach Angaben von Statistics Norway (www.ssb.no)

Schweden: Geschätzt nach Angaben in www.jagareforbundet.se/forsk/viltrapporterungen/

Finnland: Nach www.rktl.fi und www.riista.fi

Litauen: 1997/98-2000/01, nach Statistics Lithuania in lit.

Deutschland: Nach www.jagd-online.de HIRSCHFELD & HEYD 2005.

Tab. 47: Offizielle jährliche Abschusszahlen ausgewählter Zugvögel im Mittelmeerraum (ohne Italien).

Art	Frankreich	Spanien	Malta
Vögel allgemein	25.700.000	14.208.360	76.000
Davon:			
Enten	2.207.900	k.A.	300
Watvögel	2.106.700	k.A.	1.000
Tauben	5.664.000	k.A.	25.800
Lerchen	637.600	k.A.	7.833
Drosseln	5.522.800	k.A.	13.600
Stare	k.A.	k.A.	4.580
Finken	k.A.	k.A.	10.200

Frankreich: 1998/99, nach Office National de la Chasse (www.oncfs.gouv.fr/events/point-faune/)

Spanien: 1996-98, nach Instituto Nacional de Estadística (www.ine.es/inebase/cgi/axi)

Malta: 1996, nach Angaben befragter Jäger (www.environment.gov.mt/publications/soer98/)

Im westlichen Mittelmeerraum, einem bedeutenden Winterquartier skandinavischer Mittelstreckenzieher (z. B. BERTHOLD 2000), werden nach wie vor jedes Jahr im Herbst > 100 Millionen durchziehender Singvögel geschossen bzw. gefangen (BERTHOLD 2000). Zu den regierungsamtlichen Angaben in Tab. 47 ist dabei noch eine nicht unerhebliche Dunkelziffer nicht gemeldeter Abschüsse und Fänge anzunehmen. Die von Frankreich und Spanien gemeldeten, offiziellen Abschusszahlen betreffen nur jene Vogelarten, die laut Anhang II/2 der EU-VRL in der EU oder in ausgewählten Ländern jagdbar sind.

7.2.1.3 Fischerei

In der Ostsee wird intensive Fischerei mit Stellnetzen betrieben, in denen v. a. Seetaucher und Meeresenten in größerer Zahl verenden. SCHIRMEISTER (2003) registrierte allein bei unsystematischen Kontrollen in vier seeseitigen Häfen auf der Insel Usedom jährlich über 1.000 verendete Vögel (u. a. 50-100 Seetaucher, 1.000-2.000 Meeresenten, 10-20 Alken). Im Seegebiet östlich von Rügen verenden in einem Winter schätzungsweise 10.000-50.000 Seevögel in Stellnetzen (LEIPE, KUBE & SKOV unpubl.). Für die Küste Litauens schätzte ŽYDELIS (2002) 5.000 in Stellnetzen ertrunkene Seevögel im Winter 2000/01, was 1% des dortigen Winterbestandes entspricht. Die stille Fischerei wirkt damit in erheblichem Umfang als anthropogene Todesursache für Meeresenten, deren Umfang in den 1990er Jahren kontinuierlich zugenommen hat (ŽYDELIS 2002).

7.2.1.4 Ölverschmutzung

Eine weitere Todesursache mit z. T. erheblichem Einfluss auf die Populationen von Meerestenten und Alkenvögeln ist Ölverschmutzung durch Schiffsverkehr und Havarien. Für die Ostsee wird von 20.000 bis 30.000 Ölopfen pro Jahr ausgegangen (Skov mündl. Mitt.). Jüngstes Beispiel für die Auswirkung von Ölunfällen in der Ostsee ist die Schiffskollision am 31.5.2003 vor Bornholm. Das ausgetretene Schweröl trieb direkt zur Insel Græsholm, der einzigen Seevogelkolonie der südlichen Ostsee. Bis Ende Juni 2003 verendeten dort ca. 1.500 Seevögel (darunter 250 Tordalken und 750 Trottellummen). Da es sich bei diesen um Brutvögel handelte, ist davon auszugehen, dass diese Schiffskatastrophe trotz der vergleichsweise geringen ausgetretenen Ölmenge langfristig extrem negative Auswirkungen auf das einzige Seevogelbrutgebiet in der südlichen Ostsee haben wird.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mittelfristig bei keiner der erwähnten anthropogenen Todesursachen mit einer Entlastung zu rechnen ist. Das Gegenteil ist wahrscheinlicher (HÜPPOP & HÜPPOP 2002).

7.3 Baubedingte Auswirkungen

Baubedingte Auswirkungen durch das Errichten von OWP sind zeitlich-räumlich begrenzt zu betrachten. Geräuschemissionen (Schiffe, Krane, Bautätigkeiten wie Rammen und Rütteln) sowie visuelle Unruhe durch Baugeräte und durch den Baubetrieb könnten artspezifisch unterschiedlich ausgeprägte Scheuchwirkungen (Barrierewirkung) auf ziehende Vögel ausüben.

Auswirkungen von Bauaktivitäten an OWP auf den Vogelzug konnten erstmals im Frühjahr 2003 am dänischen OWP „Nysted“ untersucht werden, wobei sich die Daten vornehmlich auf den Zug von Wasservögeln beschränkten (KAHLERT et al. 2004). Besondere Bedeutung in dem Gebiet hat dabei die Eiderente, die im Bereich des OWP sehr hohe Zugdichten. Da Scheuchwirkungen durch Bauaktivitäten wahrscheinlich artspezifisch unterschiedlich sind, ist die generelle Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen mit anderen Artenzusammensetzungen jedoch nicht gegeben. Tagsüber und auch nachts kam es zu erhöhtem Schiffsverkehr, zu Arbeiten an den Fundamentgründungen und dem Errichten der einzelnen OWA, was z. T. mit hoher Geräuschemission verbunden war. Nachts waren die Baustellen durch starke Scheinwerfer beleuchtet. Durch Vergleichsuntersuchungen in den Vorjahren war ein direkter Vorher-Nachher-Vergleich möglich (vornehmlich mit Hilfe von Radarmessungen). Die Bauaktivitäten führten nur in der Nacht zu reduzierten Echodichten im Vergleich zu den Vorjahren, während am Tage keine Abweichungen zu den Vergleichsjahren zu erkennen waren (insgesamt 11% der Echos im Park gegenüber 16 bis 25% in den Vorjahren). In Gebieten mit einem Vorkommen von störungsempfindlicheren Arten (wie z. B. Trauerente, Seetaucher) sind dagegen wahrscheinlich auch tagsüber Ausweichbewegungen zu erwarten. Insbesondere im Frühjahr findet zwischen dem Vorhabensgebiet und der Küste Rügens Massenzug von Trauerenten und Seetaucher statt, die beide als störungsempfindliche Arten einzustufen sind (z. B. CHRISTENSEN et al. 2004, BLEW et al. 2008). Bauarbeiten mit erhöhtem Aufkommen von Schiffsverkehr in diesem Seegebiet könnte für diese Arten eine Scheuchwirkung verursachen. Der Hauptzug verläuft im Frühjahr jedoch so küstennah, dass von den direkten Bauarbeiten vermutlich nur geringe Störungen ausgehen.

Während die starke nächtliche Beleuchtung der Baustelle bei guten Sichtbedingungen einerseits eine Scheuchwirkung ausüben kann, sind bei schlechten Witterungsbedingungen (Nebel, Regen) auch Attraktionswirkungen mit erhöhten Kollisionsrisiken denkbar (z. B. entsprechend bekannten Phänomenen von Leuchtturmanflügen bei schlechtem Wetter). Hiervon wären vor allem nachts ziehende Landvögel betroffen (HANSEN 1954). Die Tatsache, dass Bautätigkeiten auf der offenen See von stabilen „Schönwetterlagen“ abhängen, mindert die Wahrscheinlichkeit, dass während der Bauphase kritische Schlechtwetterbedingungen mit hohen Kollisionsrisiken für ziehende Vögel vorkommen. Insgesamt wurden die Auswirkungen im dänischen OWP während der Bauphase als gering angesehen, wobei keine Aussagen zum nächtlichen Zug von Kleinvögeln möglich waren und die Aussagen zu Wasservögeln vor allem „unempfindliche“ Arten wie Eiderente, Kormorane, Möwen und Seeschwalben betrafen. Dem Verbrauch von Flächen durch die Baustelle wird keine Bedeutung für den Vogelzug beigemessen.

Aufgrund der zeitlich-räumlichen Begrenzung der möglichen baubedingten Auswirkungen und den bisherigen Erfahrungen wird eine geringe Störintensität auf den Vogelzug erwartet.

7.4 Anlagebedingte Auswirkungen

Für Zugvögel sind generell zwei mögliche Auswirkungen von WEA relevant:

1. Gefahr der Kollision mit den WEA und
2. Wirkung als Barriere und damit Ablenkung und Veränderung des Zugweges.

7.4.1 Reaktionen von Vögeln gegenüber Offshore-Windparks

Zur Beurteilung des Kollisionsrisikos bzw. der Wirkung eines Offshore-Windparks als Barriere für verschiedene Artengruppen sind bisherige Kenntnisse über das Verhalten von Vögeln gegenüber Offshore-Windparks zu berücksichtigen. Deshalb werden im Folgenden die Ergebnisse aus Untersuchungen an bestehenden Offshore-Windparks zusammengestellt.

An den ersten Offshore-Windparks in der Nord- und Ostsee („Horns Rev“ in der Nordsee ca. 14 km vor der dänischen Küste und „Nysted“ in der Ostsee westlich der Halbinsel Gedser) wurden umfangreiche Untersuchungen zum Einfluss der Windparks auf die Avifauna durchgeführt. Von dänischer Seite wurden die Felduntersuchungen vom NERI (National Environmental Research Institute) in den Jahren 2002 und 2003 durchgeführt (CHRISTENSEN et al. 2004, KAHLERT et al. 2004 und PETERSEN et al. 2006). In den Jahren 2005 und 2006 führten BLEW et al. (2008) mit z. T. anderen Methoden Untersuchungen an den gleichen Windparks durch. Diese Studien beinhalten auch die Dokumentation von Verhaltensweise gegenüber Windparks (z. B. Meideverhalten), die für die Abschätzung von artspezifischen Gefährdungspotentialen wichtig sind (Kollisionsrisiko, Barrierewirkung). Zur Dokumentation von Verhaltensweisen wurden neben Sichtbeobachtungen horizontal rotierende Schiffsradargeräte eingesetzt, mit denen vor allem der Zug von Eiderenten dokumentiert wurde. Bei diesen Untersuchungen ist einschränkend zu berücksichtigen, dass Radargeräte im Horizontalbetrieb nur bei sehr geringen Windstärken (< 3-4 bft.) arbeiten, da sonst die Vogeleos von den Wellenreflexionen überlagert werden. Diese Daten spiegeln also in gewissem Umfang nur die „Schönwittersituation“ wider. Es ist nicht bekannt, ob die beobachteten Verhaltensweisen auch den Bedingungen bei Starkwind oder bei schlechter Sicht entsprechen, wo

	Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug	Vorhabensträger: 
---	---	--

die Wahrscheinlichkeit von Vogelkollisionen sehr wahrscheinlich höher einzuschätzen ist als bei „schönem“ Wetter. Außerdem sind bei einer Range von > 10 km aufgrund der geringen Auflösung keine Kleinvögel enthalten. Die ersten Einschätzungen von Verhaltensweisen nachts ziehender Kleinvögel gegenüber Offshore-Windparks geben Untersuchungen von BLEW et al. (2008), die am Windpark Nysted mittels Schiffsradar die Echoverteilungen innerhalb und außerhalb des Parks verglichen. Bei diesen Daten bleibt jedoch die Unsicherheit, dass möglicherweise ein Teil der Vögel im Park durch die Windenergieanlagen abgeschattet waren („versteckt“) bzw. der Effekt des „Aspektes“, d. h. die Flugrichtung des Vogel in Bezug zum Radar, eine unterschiedliche Detektion bewirkte.

BLEW et al. (2008) stellten am Windpark Nysted einen grundsätzlichen Unterschied in den Verhaltensweisen von residenten und ziehenden Vögeln auch innerhalb von Arten fest (v. a. Enten, Möwen, Seeschwalben und Kormorane). Während residente Vögel auch in den Windpark hinein flogen (z. B. Kormorane zur Nahrungssuche), wurde der Park von ziehenden Vögeln in weit größerem Maße gemieden und umflogen. Hier spielten offensichtlich Gewöhnungseffekte eine große Rolle. Schlussfolgerungen des Meideverhaltens anhand von vertikal rotierenden Schiffsradargeräten direkt in Parknähe (tag- und nachtziehende Kleinvögel) sind kritisch zu beurteilen, da es hierbei methodische Einschränkungen gibt (v. a. Abschattung durch Windenergieanlagen; s. genauere Ausführungen bei entsprechenden Artengruppen).

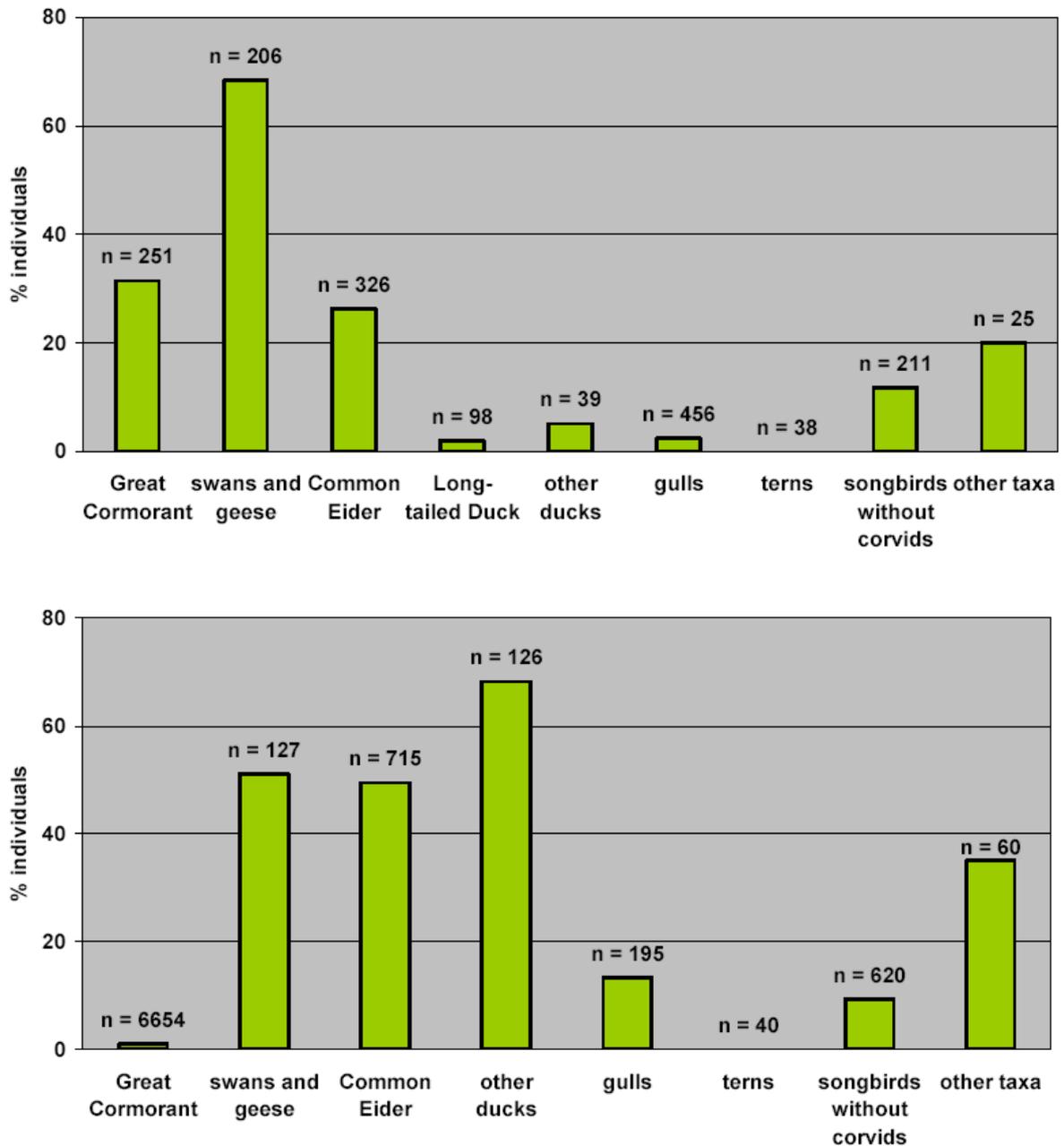


Abb. 60: Prozente der Vogelgruppen, die nach Radarmessungen Reaktionen auf Windenergieanlagen im Windpark Nysted zeigten (oben: Frühjahr, unten Herbst; aus: BLEW et al. 2008).

In Abb. 60 ist das Meideverhalten verschiedener Arten (-gruppen) am Windpark Nysted nach Untersuchungen von BLEW et al. (2008) zusammengefasst. Im Folgenden werden die Verhaltensweisen gegenüber Offshore-Windparks beschrieben.

- **Seevögel allgemein.** Bei den Untersuchungen vom NERI bewegten sich nur 14 bis 22% der Vogelechos in den Offshore-Windpark Horns Rev hinein. Dabei änderten sie ihre Flugrichtung so, dass sie genau zwischen den Turbinen-Korridoren flogen und die Kollisionsgefahr damit minimierten. Die Anpassung der Richtungsänderung an den Verlauf der Turbinenreihen war am Tage genauer als in der Nacht, vermutlich aufgrund der besseren Erkennbarkeit in der Hellphase. Während vor dem Errichten des Offshore-Windparks Nysted 16 bis 48% der Wasservogel-Echos im Bereich des Parks registriert wurden, sank die Echodichte auf 9% danach. Die Abnahme der Echodichte war dabei am Tage stärker als in der Nacht (4-7% Tag, 11-24% Nacht), was auf eine größere Scheuchwirkung bei guten Sichtverhältnissen schließen lässt. Auch im Offshore-Windpark Nysted änderten die in den Park hinein fliegenden Vögel ihre Richtung entsprechend der Ausrichtung der Turbinen-Reihen.

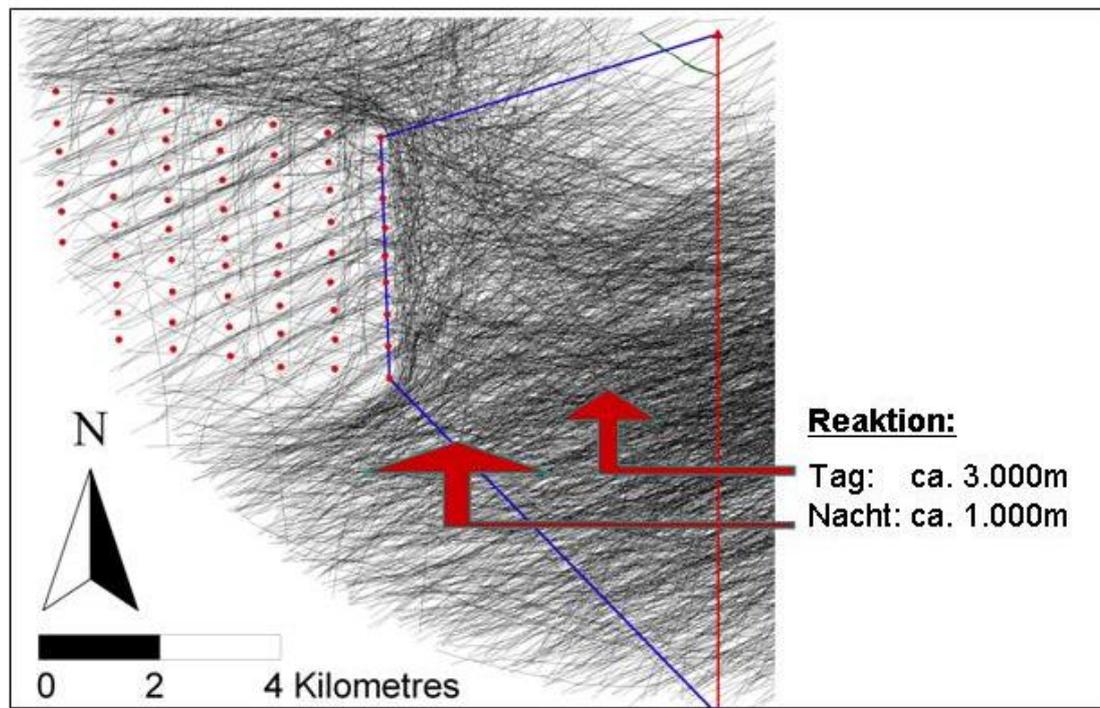


Abb. 61: Radarechos von Wasservögeln am Offshore-Windpark Nysted (nach: DESHOLM & KAHLERT 2005).

In beiden Parks war die vorherrschende Reaktion eine Änderung der Flugrichtung und ein Umfliegen der Parks. Die Richtungsänderung geschah im Offshore-Windpark Horns Rev in einem Abstand von 400 bis 1.000 m. Das Verschwinden von Vogelechos nach der Richtungsänderung wird dabei entweder mit einer geringeren Radarerfassung erklärt (reduzierte Reflexionsfläche des Vogels), oder die Vögel landen auf dem Wasser (wird als weniger wahrscheinlich eingeschätzt). Im Offshore-Windpark Nysted wurde die Richtungsänderung vor allem durch eine Erhöhung der Streuung der Zugrichtungen (Standardabweichung) bei der Annäherung an den Park deutlich. Tagsüber erhöhte sich die Variation deutlich ab einer Entfernung von 3 km, nachts dagegen erst ab 1 km (d. h.,

Vögel kamen nachts näher an den Park als tagsüber, Abb. 61). Erst ab 5-6 km waren keine Reaktionen mehr zu erkennen. Durch die Richtungsänderung wurde der Park südlich oder nördlich umflogen; extreme Reaktionen wie z. B. Umkehrzug als Folge des Auftreffens auf den Park wurden nicht beobachtet.

BLEW et al. (2008) schließen aus Vergleichen von Höhenverteilungen innerhalb und außerhalb des Windparks Nysted, dass tagaktive Vögel (v. a. Enten, Kormorane, Möwen und Seeschwalben) den Windpark meiden (d. h. außerhalb fliegen, bzw. im Bereich des Parks oberhalb der Rotorhöhe, > 110 m). Untersuchungen mit einem horizontal drehenden Schiffsradar (auch hier bei nur sehr geringen Windstärken) zeigten zwar ebenfalls laterale Ausweichbewegungen, jedoch herrschte eine hohe Variation und eindeutige Aussagen waren nicht möglich.

- **Seetaucher.** NERI: Seetaucher kamen nur am Offshore-Windpark Horns Rev vor. *Radar:* Alle 13 sich dem Windpark nähernden Seetaucher änderten ihre Flugrichtung und umflogen den Windpark. *Visuell:* Von 70 Seetauchern flog keiner in den Windpark.

BLEW et al. (2008) zählten bei Horns Rev 36 Seetaucher, von denen vier in den Park hinein flogen (2 in 5-30 m Höhe, 3 in Rotorhöhe). Mit Hilfe eines Radargerätes wurde einer dieser vier Individuen verfolgt – er zeigte deutliche Reaktionen, flog jedoch trotzdem in den Park hinein. Die meisten Seetaucher flogen in einer Höhe unterhalb der Rotorebene. In Nysted wurden 25 Seetaucher gezählt, von denen fünf Vögel im/über dem Windpark flogen. Drei mittels Radargeräte verfolgte Seetaucher, die in den Park hinein flogen bzw. heraus kamen, zeigten keine Reaktionen auf die Turbinen. Die Seetaucher flogen im gesamten Höhenbereich bis 110 m.

- **Kormorane.** NERI: Kormorane kamen im Bereich des Rødsand in großer Anzahl vor (Herbst 2003: 13.520 Ind.). Nach dem Errichten des Offshore-Windparks Nysted änderten die Vögel ihr Nahrungssuche- und Rastverhalten nicht, da sie auch in den Park hinein flogen. Am Offshore-Windpark Horns Rev konnten folgende Reaktionen beobachtet werden. *Radar:* Das Verhalten von sechs Trupps war sehr unterschiedlich. Ein Trupp flog über den Anlagen, ein weiterer bewegte sich durch den Park auf Höhe der Rotoren ohne jegliche Verhaltensänderungen. Zwei weitere Trupps flogen erst nach Zögern und Ausweichflügen in ca. 200-300 m Entfernung in den Park. *Visuell:* von 18 Trupps wurden sieben Trupps im Park beobachtet. Kormorane wurden auch rastend auf den Fundamentsockeln der Anlagen beobachtet.

Während der Untersuchungen von BLEW et al. (2008) im Windpark Nysted waren Kormorane die häufigste Art überhaupt und im Windpark (11.154 innerhalb/5.883 außerhalb des Parks). Somit waren Kormorane die einzige Art, die im Windpark häufiger vorkam als außerhalb. Hier spielten allerdings wenige Ereignisse eine große Rolle, bei denen Kormorane in sehr großen Ansammlungen nach Nahrung suchten.

- **Gänse:** NERI: Von 16 verfolgten Gänse-Echos am Offshore-Windpark Nysted führte nur ein Signal in den Park hinein, die generelle Zugrichtung führte jedoch SW am Park vorbei. Von elf Trupps am Park Horns Rev flog ebenfalls nur ein Trupp in den Park hinein. Nach einem stetigen Anstieg der Flughöhe vor dem Eintreten in den Park flogen sie dann in Höhe der Rotoren. Der Zusammenhalt des Trupps im Park war geringer als zuvor.

Gänse (und Schwäne) kamen in Nysted auch in der Untersuchung von BLEW et al. (2008) im Windpark vor (409 innerhalb/1.788 außerhalb), die Flughöhe insgesamt war mit ca. 70% oberhalb von 110 m oberhalb der Turbinen.

- **Eiderenten.** NERI: Eiderenten kamen am Park Nysted in großer Zahl vor. Die beschriebenen Ausweichflüge für die Gruppe „Seevögel allgemein“ (s. o.) bzw. der Anteil von Echos, die sich in den Park bewegten, gehen zu einem großen Teil auf Eiderenten zurück. Radarmessungen am Offshore-Windpark „Yttre Stengrund“ nahe dem Offshore-Windpark „Utgrunden“ im Kalmarsund zeigten, dass Eiderenten deutlichen Abstand zum Park einhielten (Sichtbeobachtungen: nur wenige näher als 500 m) bzw. in wenigen Fällen überflogen (PETTERSSON & STALIN 2003). Ein Vorher-Nachher-Vergleich in diesem Park zeigte, dass die meisten Vögel nach Errichten des Parks diesen östlich umflogen und ihre Zugroute damit um maximal 10 km nach Osten verlagerten.

Auch BLEW et al. (2008) stellten am Windpark Nysted deutliche Ausweichflüge von Eiderenten fest. Von 13.498 Eiderenten flogen nur 1.280 in den Windpark hinein. Innerhalb des Windparks wurden dabei höhere Flughöhen festgestellt als außerhalb.

- **Trauerenten.** NERI: Trauerenten kamen nur am Park Horns Rev vor. *Radar:* Alle 28 Trupps, die sich dem Windpark näherten, änderten die Flugrichtung in Entfernungen von 300 bis 1.000 m und umflogen den Park. *Visuell:* von insgesamt 35.780 Ind. wurden lediglich zehn Vögel im Windpark beobachtet.

BLEW et al. (2008) zählten am Windpark Horns Rev insgesamt 2.300 Trauerenten, von denen 349 Vögel im Windpark flogen. Trauerenten mieden den Windpark demnach im Allgemeinen (signifikanter Unterschied im Vorkommen innerhalb und außerhalb des Parks), im Vergleich zu den Studien von NERI drei Jahre zuvor befanden sich jedoch deutlich mehr Vögel im Park. Möglicherweise ist demnach einen Gewöhnungseffekt eingetreten. Die Flughöhe lag fast ausschließlich unterhalb von 30 m und unterschied sich nicht zwischen innerhalb und außerhalb des Parks.

- **„Übrige Enten“.** NERI: Diese Gruppe zeigte ähnlich wie Eiderenten deutliche Ausweichflüge bei der Annäherung an den Offshore-Windpark Nysted.
- **Möwen und Seeschwalben.** NERI: Im Offshore-Windpark Horns Rev wurden Möwen und Seeschwalben regelmäßig im Park beobachtet. Oft flogen sie unterhalb der Rotorenhöhe (Silber- und Mantelmöwen auch in Höhe der Rotoren). Während Brandseeschwalben keine Reaktionen beim Hineinfliegen in den Park zeigten, drehten Fluss- und Küstenseeschwalben oft ca. 100 bis 200 m nach der ersten Turbinenreihe ab und flogen wieder hinaus. Die Zugintensität innerhalb des Parks war geringer als in den angrenzenden Gebieten. Obwohl bei den meisten Arten keine sichtlichen Reaktionen auf den Park vorhanden waren (bis auf Fluss- und Küstenseeschwalbe), scheint der Park eine geringere Attraktivität als Nahrungs- oder Rastgebiet zu haben als die umliegenden Bereiche. Unterschiede in den Flughöhen in Bezug zur Entfernung zum Park konnten nicht festgestellt werden. Möwen und Seeschwalben nutzten auch den Fundamentsockel der Turbinen als Rastplatz.

Auch Zwergmöwen wurden im Windpark Horns Rev beobachtet (BLEW et al. 2008), zeigten jedoch eine geringere Häufigkeit im Vergleich zu außerhalb des Parks. Alle übrigen Möwen

bildeten die größte Gruppe innerhalb des Parks Horns Rev (2.106 außerhalb/984 innerhalb). Seeschwalben gehörten ebenfalls zu der Gruppe, die regelmäßig in den Park hinein flogen (Transektzählungen: 648 außerhalb/207 innerhalb), die Unterschiede wiesen aber (wie bei den Möwen) auf ein Meideverhalten hin. Seeschwalben wie Möwen wurden fast ausschließlich in der Höhenschicht unterhalb von 30 m beobachtet.

Auch im Windpark Nysted waren Möwen die Gruppe mit einem geringen Unterschied zwischen innerhalb (1.126 Ind.) und außerhalb des Parks (1.726 Ind.). Auch die Höhenverteilungen waren vergleichbar (bevorzugte Höhe: 5-110 m). Seeschwalben zeigten dagegen ein deutlicheres Meideverhalten als Möwen (vergleichbar mit Horns Rev).

- **Limikolen.** NERI: Am Offshore-Windpark Horns Rev wurden verschiedene Limikolenarten beobachtet. Austernfischer und Goldregenpfeifer flogen über den Park hinweg. Ein Trupp Großer Brachvögel stockte beim Auftreffen auf den Park und erhöhte unter sichtbarer Erhöhung der Flügelschlagfrequenz ihre Flughöhe, um dann den Park zu überfliegen. Ein Regenbrachvogel flog auf der Höhe der Rotoren in den Park hinein.

BLEW et al. (2008) beobachteten am Windpark Horns Rev, dass Limikolen auch in den Windpark hinein flogen. Keine der 15 mittels Radar verfolgten Trupps zeigte Reaktionen bei der Annäherung an den Windpark.

- **Landvögel, Tagzug:** NERI: Am Offshore-Windpark Nysted konnten 20 Radarechos Landvögeln zugeordnet werden. Sie bewegten sich in Richtung S durch den Park hindurch bzw. darüber hinweg. Diese Unterscheidung konnte anhand der Radaraufzeichnungen nicht vorgenommen werden. Am Offshore-Windpark Horns Rev flogen Ringeltauben über den Park hinweg. Bei einem Trupp konnte eine deutliche Höhenzunahme bei Annäherung an den Park beobachtet werden, der dann in ca. 300 m Höhe überflogen wurde. Ein großer Drosseltrupp teilte sich ca. 300 m vor dem Park in zwei einzelne Trupps, von denen einer in den Park hinein flog, während der zweite die Flughöhe deutlich erhöhte und über den Park hinweg flog. Auf den Fundamentsockeln der Anlagen wurden rastende Sperber beobachtet.

Nach BLEW et al. (2008) lassen Unterschiede in den mittels Radargeräten festgestellten Höhenverteilungen im Vergleich außerhalb/innerhalb des Parks auf ein Meideverhalten von Landvögeln am Tage schließen. Methodische Einschränkungen erfordern jedoch eine Absicherung dieser Ergebnisse. Durch Sichtbeobachtungen wurden sie nicht bestätigt, da die Vogelzahlen auf beiden Seiten (Park abgewandte Seite / Bereich zwischen Schiff und Windpark) in vergleichbaren Größenordnungen lagen. Auch hier gibt es jedoch methodische Bedenken (Erfassbarkeit gegen freien Himmel / Windpark vermutlich unterschiedlich).

Im Windpark Nysted wurden auch regelmäßig Greifvögel beobachtet. Die häufigste Art war der Sperber, der gegenüber Windrädern nur selten Reaktionen im Flugverhalten zeigte. Die Vögel bewegten sich relativ gleichmäßig im überwachten Höhenbereich von 0 bis 110 m.

- **Landvögel, Nachtzug:** BLEW et al. (2008) stellten in unmittelbarer Nähe des Windparks Nysted keine vertikalen Richtungsänderungen von Vogeleos fest (vertikal rotierendes Schiffsradar), d. h. ein Meideverhalten in Form von Über- oder Unterfliegen der Rotoren

wurde nicht beobachtet. Während es am Tage Hinweise auf Meideverhalten von Kleinvögeln gibt (s. o.), ergaben Radarmessungen in der Nacht keinen Unterschied zwischen innerhalb und außerhalb des Parks. Insgesamt waren die Daten und die Ergebnisse jedoch sehr variabel und Vergleiche zwischen Windparks, Jahreszeiten und Radarauflösungen waren nicht konsistent. Die hohe Variabilität zusammen mit methodischen Einschränkungen mindern die Aussagekraft dieser Untersuchungen.

7.4.2 Kollisionsgefahr

7.4.2.1 Generelle Kenntnisse zu Kollisionen an Windenergieanlagen und anthropogenen Strukturen

An Landstandorten sind für tagsüber ziehende Vögel verschiedenster Arten vielfältige Reaktionen beim Auftreffen auf einen Windpark dokumentiert. Die häufigsten Reaktionen sind Ausweichbewegungen, wie das Umfliegen des Parks oder eine steile Zunahme der Flughöhe gefolgt von einem Überfliegen der Anlagen (Überblick in HORCH & KELLER 2005, HÖTKER et al. 2005). Aufgrund geringerer Fluggeschwindigkeiten und entsprechend längerer Reaktionszeiten sind stärkere Reaktionen bei Gegenwind zu beobachten (z. B. WINKELMAN 1992b). Über das Verhalten während der Nacht ist weniger bekannt. Durch die Beleuchtung der Anlagen oder auch durch nächtliche Lichtquellen wie z. B. Mondschein kann aber auch nachts von einer Wahrnehmung von Hindernissen ausgegangen werden, die zu Meidungsreaktionen führen können (z. B. Tauchenten und Watvögel, VAN DER WINDEN et al. 1999). Eiderenten zeigten am Windpark „Nysted“ auch nachts Meideverhalten gegenüber Windparks (in kürzerer Entfernung als am Tage) bzw. passten auch nachts ihre Flugrichtung dem Verlauf der Reihen an (s. Kap. 7.4.1, CHRISTENSEN et al. 2004). Entsprechende Hinweise gibt es auch vom nächtlichen Vogelzug über Land (RODTS 1999). In einem holländischen Windpark an Land wurden in der Nacht insgesamt mehr Vögel im unmittelbaren Rotorbereich festgestellt als am Tage (WINKELMAN 1992b). Das Meideverhalten war dabei von den Sichtbedingungen abhängig und war bei Nebel, Regen und auch nachts am geringsten (WINKELMAN 1992a). Andererseits können Vögel durch Licht angezogen werden (vor allem bei schlechtem Wetter), wodurch die Kollisionsgefahr steigt (Attraktion, GAUTHREAUX & BELSER 1999, MANVILLE 2000). Bei beleuchteten Funkmasten findet eine Attraktion von Vögeln bei schlechter Sicht und niedriger Wolkendecke statt – die Attraktion bewirkt dabei, dass vorbeiziehende Vögel durch das Licht zu einem längeren Aufenthalt im Bereich der Türme bewegt werden, der dann umflogen wird (COCHRAN & GRABER 1958, GRABER 1968, LARKIN & FRASE. 1988). Obwohl derartige Verhaltensweisen beschrieben wurden, sind die genaue Funktionsweise und der genaue Umfang der Verhaltensweisen nicht bekannt.

Entsprechend einer Literaturstudie lagen die Opferraten bei etwa der Hälfte der Untersuchungen unter einem Vogel pro Turbine und Jahr (Median 1,7 Opfer, HÖTKER et al. 2005). Die maximalen Fundzahlen von kollidierten Vögeln lagen bei 43 Vögel (beleuchtete Windenergieanlage in Schweden, KARLSSON 1983) bzw. 14 Vögel je Nacht (USA, ERICKSON et al. 2001). Nach EXO et al. (2002) wurden in den meisten Studien zu Windenergieanlagen Kollisionsraten von 0-40 Vögeln pro Windenergieanlage und Jahr ermittelt. Bei einer Auswertung von europäischen Studien, die Sucheffizienz und Abtrag durch Aasfresser berücksichtigen, lagen die berechneten Kollisionsraten an Küstenstandorten zwischen 1,34 und 58 Vögel pro Turbine und Jahr (WITTE & VAN LIESHOUT 2005), eine weitere Studie auf globaler Ebene kommt auf Werte von 0 bis 64 Vögel (Mittel 6,9; Median 1,8) pro Windenergieanlage und Jahr (HÖTKER 2006). Maximale Kollisionsraten von bis zu

125 Vögel pro Anlage und Jahr wurden dagegen für verschiedene Anlagen und Standorte einer Küstenregion in Belgien berechnet (EVERAERT et al. 2002). An einer küstennahen Anlage mit neun in einer Reihe stehenden Turbinen) in Nordost-England (2 an Land und 7 im Wasser; kleine Turbinen mit maximaler Höhe von 42,5 m und 25 m Rotordurchmesser) verunglückten pro Jahr zwischen 17 und 22 Vögel (vornehmlich große Möwen, NEWTON & LITTLE 2009).

An modernen, hohen Offshore-Plattformen verunglückten mehrere Hundert Vögel pro Jahr (MÜLLER 1981, OREJAS et al. 2005). Sendemasten stellen aufgrund ihrer Höhe, ihrer Beleuchtung und ihrer vielfältigen Drahtverspannungen eine besonders große Kollisionsgefahr für Zugvögel dar. An Funksendemasten mit einer Höhe von > 200 m kollidieren mitunter mehr als 1.000 Vögel pro Jahr (<http://www.towerkill.com/>). Brücken über ausgedehnte Wasserflächen können ebenfalls eine Gefahr für Zugvögel darstellen. Nach der Fertigstellung der Öresundbrücke, die über dem Öresund südlich von Malmö Schweden und Dänemark verbindet, kam es im Herbst 2000 aufgrund der starken Beleuchtung der Brücke bei eingeschränkter Sicht zu Massenkollisionen, die an wenigen Tagen 1.000-5.000 Opfer forderte (über 1.000 Opfer allein in einer Nacht). Durch dieses Ereignis initiierte Untersuchungen im Folgejahr ergaben bei nun deutlich reduzierter Beleuchtung 295 tote Vögel, wobei Rotkehlchen, Singdrosseln und Wintergoldhähnchen dominierten (BENGTSSON mdl. Mitt.). Diese Untersuchungen machen erneut die hohe Gefährdung nachts ziehender Singvögel deutlich. Die Anzahl von Kollisionen hängt dabei in hohem Maße vom nächtlichen Zugaufkommen ab. Singvögel sind dabei die mit Abstand häufigste Artengruppe (> 90% des gesamten nächtlichen Zugaufkommens; IfAÖ unpubl. Messungen mittels Zielfolgeradar auf Rügen). Massenzugereignisse kommen v. a. bei günstigen Windverhältnissen vor (z. B. RICHARDSON 1978; allgemein: Großwetterlage; speziell: Rückenwind). Nach lange anhaltenden ungünstigen Wetterlagen kann der Zug dann aber auch unter suboptimalen Bedingungen starten. Bei starkem Wind oder Regen nimmt die Zugaktivität generell ab oder kommt zum Erliegen (BRUDERER et al. 1995, ÅKESSON & HEDENSTRÖM 2000, ZEHNDER et al. 2001, KRÜGER & GARTHE 2001, SCHAUB et al. 2004, HÜPPOP et al. 2005, LIECHTI 2005). In diesem Zusammenhang kann eine Kombination von günstigen Wetterbedingungen im Aufbruchgebiet und im Verlaufe des Zuges über der See eintretender Starkwind oder Regen zu besonders kritischen Situationen führen, in denen ein sehr hohes Kollisionsrisiko besteht (MÜLLER 1981, NILSSON & GREEN 2002). Es kann jedoch auch unabhängig von Kollisionen mit anthropogenen Strukturen bei Schlechtwetterbedingungen zu Massensterben von Zugvögeln kommen (z. B. Sturm, Schneesturm, dichter Nebel und Regen, Kälte, Starkwind, NEWTON 2007).

7.4.2.2 Kollisionen an Offshore-Windparks

Zahlreiche Kollisionsopfer an Leuchttürmen und Offshore-Plattformen zeigen, dass Zugvögel über der offenen See einer Kollisionsgefahr mit anthropogenen Strukturen ausgesetzt sind (BLASIUS 1890, 1891a, b, 1895, 1899, 1904, HANSEN 1954, MÜLLER 1981, LAMMEN & HARTFIELD 1994, SCHMIEDL 2001). Kollisionen wurden ebenfalls an den Forschungsplattformen FINO 1 (Nordsee, mindestens 442 Kollisionsopfer in 14 Monaten, OREJAS et al. 2005) und FINO 2 (Ostsee, ca. 30-40 Kollisionsopfer in ca. 5 Monaten, eigene Daten IfAÖ) festgestellt. Untersuchungen an Offshore-Parks konzentrierten sich bisher jedoch vornehmlich auf den Tagzug von Meeresenten und Seevögeln an dänischen Windparks (Ausnahme: BLEW et al. 2008; s. Kap. 7.4.1).

Bisher sind keine Kollisionen an Offshore-Windparks gemessen worden. Zumindest für nachts ziehende Kleinvögel sind bisher keine geeigneten Erfassungsmethoden vorhanden. Die für

Landstandorte beschriebenen Kollisionsraten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht einfach auf Offshore-Bedingungen zu übertragen, da auf See:

- häufiger Starkwind-Situationen vorkommen (höheres Kollisionsrisiko),
- die geplanten Windenergieanlagen höher (höheres Kollisionsrisiko, HÖTKER et al. 2005) und die Parks wesentlich größer dimensioniert sind,
- die Lichtattraktion vermutlich stärker ist. Beleuchtete WEA stellen auf See die einzigen Lichtquellen dar (neben Seezeichen und Schiffsverkehr). Daher ist die Attraktionswirkung wahrscheinlich höher als an Land (an Land: zusätzliches Licht neben vielen anderen Lichtquellen wie Straßenbeleuchtung, Gebäude, Straßenverkehr...),
- keine anderen Landemöglichkeiten bestehen und Landvögel den Zug fortsetzen müssen, bzw. von Licht angezogen werden.

Die Anziehung durch Licht spielt insbesondere bei Offshore-Anlagen eine große Rolle (s. o.). Jede Anlage in Offshore-Windparks wird zur Gewährleistung der Flugsicherheit mit einem gedoppelten Feuer W, rot (Blinklicht) gekennzeichnet sein, während für die Schiffssicherheit die WEA in der Peripherielinie mit dem IALA 5-Seemeilenfeuer ausgestattet werden (gelbes getaktetes Feuer; Nenntagweite mindestens fünf Seemeilen; horizontale Abstrahlung 360° oder vom Windpark nach draußen) und zusätzlich ein gelbes Festfeuer zur Nahbereichskennzeichnung dient (Tragweite rundum 1.000 m, Gebot zur Minimierung von Streulicht).

Aus den aufgeführten Punkten lassen sich mit großer Wahrscheinlichkeit generell höhere Kollisionsrisiken über See ableiten. Entsprechende Hinweise geben auch die Auswertungen von Leuchtturmanflügen (96.000 Anflüge in 54 Jahren an 50 dänischen Leuchttürmen; HANSEN 1954). Etwa die Hälfte aller Leuchtturmanflüge stammte von nur zwölf Feuerschiffen (zusätzlich geringere Auffinde-Rate auf See, da viele Vögel ins Wasser fallen und nicht gefunden werden). Die jährlichen Kollisionsraten an Feuerschiffen lagen in der Nord- und Ostsee im Bereich von 100 bis 200 Kollisionen pro Jahr. Bei Leuchttürmen am Wasser sind die realen Zahlen vermutlich viel höher, da viele Vögel ins Wasser fallen und nicht gefunden werden. Die Auswertungen von Leuchtturmanflügen zeigen sehr hohe artspezifische Unterschiede in den Kollisionsraten (vgl. Tab. 59, HANSEN 1954). 75% aller Anflüge werden von nur fünf Arten gestellt: Feldlerche (24,3%), Singdrossel (15,2%), Rotdrossel (15,0%), Star (12,9%), Rotkehlchen (6,2%; weitere Arten: Wacholderdrossel 3,7%, Amsel 2,6%, Gartenrotschwanz 1,9%, Fitis 1,7%, Bergfink 1,7%, Steinschmätzer 1,4%, Wintergoldhähnchen 1,4%, Trauerschnäpper 1,3%, Gartengrasmücke 1,0%). Bei allen fünf Arten handelt es sich um Nachtzieher (Feldlerche und Star sind z. T. auch Tagzieher). Von den 14 Arten, die mehr als 1% aller Kollisionen ausmachen, wird eine Art in der SPEC-Kategorie 2 (Gartenrotschwanz; ungünstiger Erhaltungszustand, in Europa konzentriert) und drei Arten in SPEC-Kategorie 3 geführt (Feldlerche, Star, Steinschmätzer). Zehn Arten haben keine SPEC-Zuordnung. Bei den meisten kollisionsgefährdeten Arten handelt es sich um Mittelstreckenzieher. Fünf Arten sind ausgesprochene Langstreckenzieher. Fünf Arten zeigen europaweit abnehmende Bestände (Feldlerche, Fitis, Star, Steinschmätzer, Trauerschnäpper), bei zwei Arten nehmen die Bestände zu (Amsel, Rotkehlchen), bei allen anderen ist keine Bestandsänderung zu erkennen. Aus diesen Daten geht hervor, dass stark kollisionsgefährdete Arten z. T. auch hohe Gefährdungskategorien bzw. abnehmende Bestandstrends aufweisen. Zugleich sind die Arten mit der höchsten Kollisionsrate (Feldlerche, Drosselarten) auch in Anhang

II/2 der EU-VRL aufgeführt und unterliegen einem sehr hohen Jagddruck im Mittelmeerraum (Tab. 47).

7.4.2.3 Kollisionen am Windpark „Arcadis Ost 1“

Der Offshore-Windpark „Arcadis Ost 1“ wird mit 58 Anlagen mit einer Nennleistung von je 6 MW (Gesamtleistung 348 MW) eine Fläche einnehmen, die bezogen auf die Hauptzugrichtung nachts ziehender skandinavischer Kleinvögel im Herbst (210 °, s. Kap. 5.2.2), die zahlenmäßig die weitaus größte Gruppe der Zugvögel darstellen, eine Strecke von ca. 15 km ausmacht. Die Einzelanlagen mit einer Nabenhöhe von 100 m ü. d. Meeresspiegel und Rotordurchmessern von 150 m haben eine Gesamthöhe von max. 175 m ü. d. Meeresspiegel, wobei der minimale Abstand des Rotors (bzw. Rotorblatts) von der Wasseroberfläche 26,5 m beträgt.

Von entscheidender Bedeutung für die Abschätzung von Kollisionsraten ist die Frage, in welchem Maße Vögel in der Nacht auf Windenergieanlagen reagieren, d. h. einerseits Meideverhalten zeigen, andererseits jedoch auch vom Licht angezogen werden können. Solange diese Verhaltensweisen von Vögeln im Bereich von Windenergieanlagen nicht berücksichtigt werden können, unterliegen theoretische Modellrechnungen von Kollisionsraten einer nicht näher bekannten Ungenauigkeit und spiegeln möglicherweise nicht die realistischen Bedingungen wider (CHAMBERLAIN et al. 2006). Deshalb muss die Abschätzung von Kollisionsraten derzeit noch von Analogieschlüssen ausgehen. Das Kollisionsrisiko an den Offshore-Windenergieanlagen wird möglicherweise dem an Feuerschiffen (100-200 Kollisionen pro Jahr) entsprechen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die Kollisionswahrscheinlichkeit an den Anlagen des Windparks „Arcadis Ost 1“ über der von unbeleuchteten Windenergieanlagen an Land (< 100 m Höhe) und unter der von beleuchteten Funksendemasten (> 200 m Höhe) liegen. Das Vogelschlagrisiko an peripheren Windenergieanlagen wird größer sein als das an zentral im Park gelegenen Anlagen (nicht kollidierte Vögel können reagieren; Verschattung: Anzahl der Vögel im innern des Parks nimmt ab, da ein Teil der Vögel bereits an äußeren WEA bereits kollidiert sind). Die einfache Multiplikation des Vogelschlagrisikos an einer einzelnen OWEA mit der Gesamtzahl der geplanten OWEA ist daher nicht sinnvoll. Die Zahl der jährlich anfliegenden Vögel wird sehr stark in Abhängigkeit vom Zusammentreffen der dafür wesentlichen Voraussetzungen variieren, wobei besondere Bedeutung dem Auftreten von nächtlichem Massenzug in geringer Höhe verbunden mit schlechten Witterungsbedingungen zukommt.

Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Zugvogel mit einer beleuchteten anthropogenen Struktur auf See kollidiert, ist artspezifisch verschieden. HANSEN (1954) wies unter den dänischen Leuchtturmpfern insgesamt 190 Arten nach, wobei ganze fünf Arten ca. 75% aller Opfer ausmachten: Feldlerche, Singdrossel, Rotdrossel, Star und Rotkehlchen. Etwa 90% aller Anflugopfer betrafen insgesamt 14 Arten, bei denen es sich fast ausnahmslos um Nachtzieher handelte (Tab. 59 im Anhang). Auch im OWP „Arcadis Ost 1“ werden vermutlich 90% aller Vogelschlagopfer nachts ziehende Singvögel sein, da sie > 90% des nächtlichen Zugaufkommens stellen (IfAÖ unpubl. Messungen mittels Zielfolgeradar auf Rügen).

Wasservögel

Gänse und Schwäne kamen vor Rügen nur in geringer Zahl vor (sichtbarer Zug am Tage, Zugaufkommen in der Nacht kann nicht beurteilt werden). Die Flughöhen lagen bei Gänsen mit

etwa 80% unterhalb von 50 m sehr niedrig. Ringelgänse fliegen entlang ihrer Hauptzugroute südlich Schwedens (bzw. über das Festland Südschwedens) im Herbst im Mittel etwa 210 m hoch (ca. 32% unterhalb von 200 m), im Frühjahr etwas höher (GREEN et al. 2002). In Abhängigkeit von Jahreszeiten und Windverhältnissen kann es zeitweise zu einem hohen Anteil im Höhenbereich von WEA kommen. Bei Weißwangengänsen liegt der Zuggipfel in der westlichen Ostsee schon im April, und sie sind somit eher Schlechtwetterperioden ausgesetzt als Ringelgänse (Zuggipfel Ende Mai). Tagsüber sind Kollisionen aufgrund ihrer sehr guten visuellen Fähigkeiten nicht wahrscheinlich. Unter den dänischen Leuchtturmpopfern fanden sich innerhalb von 54 Jahren insgesamt nur 37 Ringelgänse und eine Kurzschnabelgans *Anser brachyrhynchus* (HANSEN 1954, Tab. 59). Trotz eines Gefährdungspotenzials durch niedrige Flughöhen wird aufgrund des geringen Vorkommens von Gänsen in den Gewässern vor Rügen, der visuellen Fähigkeiten am Tage und den Erfahrungen aus Leuchtturmanflügen das Kollisionsrisiko als gering eingeschätzt.

Das Vorhabensgebiet liegt am Rande von wichtigen Zugwegen von Meereseenten und Seetauchern (vor allem im Frühjahr). Im Vorhabensgebiet selber wird deshalb nur ein relativ geringer Anteil der Zugpopulationen anzutreffen sein, aufgrund der hohen Individuenzahlen vor allem von Trauerenten sind jedoch regelmäßig Trauerenten (v. a. im Herbst) und Seetaucher im Seegebiet des Vorhabensgebietes zu erwarten. Meereseenten und Seetaucher zeigen generell niedrige Flughöhen, die zu einem hohen Anteil unterhalb des Rotorbereichs liegen (< 25 m), Kollisionen wären deshalb eher mit den Pylonen zu erwarten. Beide Artengruppen zeigen generell ein hohes Meideverhalten gegenüber Offshore-Windparks (bei der Trauerente scheint sich möglicherweise ein Gewöhnungseffekt eingestuft; vgl. Kap. 7.4.1), die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen wird deshalb als gering einzustufen. Für beide Artengruppen konnten bei Untersuchungen an bestehenden Offshore-Windparks keine Kollisionen nachgewiesen werden. Eiderenten erkennen Hindernisse in Form von Offshore-Windparks auch nachts (Anpassung der Flugrichtung entsprechend der Reihen, jedoch nicht so exakt wie am Tage, CHRISTENSEN et al. 2004), so dass kritische Situationen nur bei Schlechtwetterbedingungen zu erwarten sind. Nach HANSEN (1954) beliefen sich die Kollisionsraten von Meereseenten mit Leuchttürmen/Feuerschiffen auf folgende Werte: Eisente: 1,2; Eiderente: 1,6; Trauerente: 2,4; Samtente: 0,2 Vögel pro Jahr. Bei Seetauchern konnten nur zwölf Leuchtturmanflüge von Sterntauchern (0,2 Vögel pro Jahr) und zwei Anflüge von Prachttauchern innerhalb von 54 Jahren registriert werden.

Möwen und Seeschwalben sind potenzielle Kollisionsopfer (v. a. ufernahe Parks an der Küste: WINKELMAN 1989, EVEREART et al. 2002, NEWTON & LITTLE 2009), die auch in Offshore-Parks hinein fliegen (außer Fluss- und Küstenseeschwalben, CHRISTENSEN et al. 2004). Seeschwalben zeigen dabei ein höheres Meideverhalten als Möwen (BLEW et al. 2008), beide Arten bewegen sich vornehmlich in Höhen von unterhalb von 50 m. Vor allem im Frühjahr wurden ziehende Lachmöwen größtenteils küstennah beobachtet, während Fluss- und Küstenseeschwalben auch auf der offenen See im Bereich des Vorhabensgebietes in größerer Zahl gesehen wurden (v. a. Herbst). Als Nahrungs- oder Rastgebiet scheinen Offshore-Windparks eine geringere Attraktivität zu haben als umliegende Gebiete (CHRISTENSEN et al. 2004). An Leuchttürmen kollidierten innerhalb von 54 Jahren 19 Fluss-, und 11 Küstenseeschwalben sowie insgesamt 19 Möwen (8 Lach-, 5 Mantel-, 5 Silber- und eine Sturmmöwe; HANSEN 1954). Aufgrund der vornehmlichen Tagaktivität von Möwen und Seeschwalben (zumindest während des Zuges), der sehr guten Manövrierfähigkeit und den geringen Anflugzahlen an Leuchttürmen sind Kollisionen nur in geringen Anzahlen zu erwarten.

Insgesamt ist zu erwarten, dass Wasservögel nur gelegentlich kollidieren werden.

Landvögel: aktive Ruderflieger/Nachtzieher

Bei nachts ziehenden Kleinvögeln wurde keine Ausweichverhalten gegenüber Offshore-Windparks festgestellt, so dass davon ausgegangen wird, dass sie in großer Zahl den Park durchfliegen (BLEW et al. 2008). Innerhalb der angenommenen Fläche des Windparks von 15 km in Bezug zur Hauptzugrichtung dieser Vogelgruppe bewegen sich von den angenommenen 7,3 Mio. Vögeln im Herbst und 6,1 Mio. Vögeln im Frühjahr, die das Vorhabensgebiet überfliegen (anteiliges Zugaufkommen im Park am Gesamt-Zugaufkommen: s. Kap. 6.3.2), im Herbst 39% unterhalb von 200 m, im Frühjahr ca. 27% (s. Kap. 4.2.2.3). Diese Prozentwerte sind als Minimalwerte anzusehen, da der Anteil tief fliegender Vögel aus methodischen Gründen mittels Schiffsradar unterschätzt wird. Die 200 m-Grenze als Gefahrenbereich liegt über der maximalen Höhe der Windenergieanlagen und begründet sich auf die Gefährdungen durch Turbulenzen in den Nachlaufströmungen. Ausgehend von diesen Annahmen befänden sich im Verlaufe des Herbstzuges ca. 2,8 Mio. Vögel im direkten Gefahrenbereich (39% von 7,3 Mio.), im Frühjahr wären es mit ca. 1,6 Mio. (27% von 6,1 Mio.) Vögeln deutlich weniger. Wie bereits in der allgemeinen Auflistung möglicher Kollisionsraten beschrieben, gestaltet sich eine Ableitung der möglichen Kollisionsopfer vor allem dadurch schwierig, dass derzeit nicht abgeschätzt werden kann, ob und in welchem Umfang Kleinvögel in der Nacht bei der Annäherung an Windenergieanlagen Ausweichbewegungen durchführen. Durch Ausweichbewegungen würde die Anzahl von Kollisionen gemindert, andererseits kann durch die Beleuchtung der Anlagen insbesondere bei schlechter Witterung (Nebel, Regen...) eine Attraktionswirkung ausgehen, so dass sich viel mehr Vögel im Gefahrenbereich befänden, als es theoretisch der Fall wäre. Deshalb beruhen die folgenden Schätzungen auf Analogieschlüsse (s. o.), und es wird eine breite Spanne möglicher Kollisionsopfer diskutiert.

Entsprechend den Vergleichen von Kollisionen mit anderen anthropogenen Strukturen (Leuchttürme, Offshore-Plattformen, Sendemasten, Brücken, s. o.) werden möglicherweise in den meisten Jahren im OWP „Arcadis Ost 1“ ca. 1.000 bis 10.000 Kollisionen pro Jahr auftreten, in manchen Jahren möglicherweise mehr. Eine Variation der Kollisionsraten nach oben erscheint durch die beschriebenen, unregelmäßig auftretende sehr ungünstige Konstellationen (hohe Zugaktivität bei schlechtem Wetter) wahrscheinlicher als eine Variation nach unten. Bei angenommenen 10.000 Vögeln pro Jahr würden je Anlage im Mittel 172 Vögel kollidieren, der Anteil kollidierter Vögel an den insgesamt im Herbst und Frühjahr über die Ostsee ziehenden Individuen läge dann bei ca. 0,003% (bzw. 0,075% der im Bereich des Windparks durchziehenden Vögel und 0,227% der unterhalb von 200 m fliegenden Vögel; Tab. 48). Bei den Szenarien mit 1.000 bzw. 100.000 kollidierten Vögeln verschieben sich die Prozentsätze jeweils um eine Zehnerpotenz.

Tab. 48: Anteile an Zugpopulation und Anzahl kollidierter Vögel je Anlage und Jahr bei unterschiedlichen Annahmen von Kollisionen im Park pro Jahr.

angenommene Kollisionen im Park pro Jahr	1.000	10.000	100.000
% vom am Park < 200 m ziehenden Vögel (2,8+1,6 Mio.)	0,0227	0,2272	2,2727
% vom am Park durchziehenden Vögel (7,3+6,1 Mio.)	0,0075	0,0746	0,7462
% der gesamten Zugpopulation (250+125 Mio.)	0,0003	0,0027	0,0267
kollidierte Vögel je Anlage und Jahr	14	172	1.429

Die Verlustrate bezogen auf die Zugvögel der skandinavischen Populationen wird sich demnach auch bei der Annahme hoher Verluste (hier das Szenario mit 100.000 Opfern, entsprechend 0,027% der Zugpopulation) angesichts der bestehenden Vorbelastungen (vgl. Tab. 45) nur geringfügig erhöhen.

Aufgrund der sehr hohen zu erwartenden Individuenzahlen nachts ziehender Singvögel über der westlichen Ostsee (und damit auch im Bereich des Vorhabensgebietes), des relativ hohen Anteils tief fliegender Vögel und der eingeschränkten Wahrnehmung von Hindernissen in der Nacht (bzw. einer möglichen Attraktionswirkung durch die Beleuchtung) wird das Kollisionsrisiko für dieser Vogelgruppe im Vergleich zu den anderen Vogelgruppen als vergleichsweise hoch eingeschätzt. Populationsgefährdende Größenordnungen werden aber nicht erwartet.

Landvögel: aktive Ruderflieger/Tagzieher

Tagziehende Landvögel sind über der offenen See in weit geringerem Umfang zu erwarten als nachts ziehende Landvögel, die Beobachtungen im Vorhabensgebiet machen jedoch ein regelmäßiges Vorkommen im Vorhabensgebiet deutlich. Der Anteil am gesamten Zugvolumen dieser Gruppe im Höhenbereich des Offshore-Windparks wird jedoch eher gering sein (hoher Anteil hoch ziehender Vögel am Tage). Außerdem sind die Sichtverhältnisse tagsüber i. d. R. ausreichend, um Hindernisse zu erkennen. Die allgemein sehr guten Manövrierfähigkeiten von Kleinvögeln lassen weiterhin das Kollisionsrisiko von tagziehenden Landvögeln eher als gering erscheinen. Die Beobachtungen am OWP „Horns Rev“ zeigen, dass tagsüber ziehende Landvögel den Park als Hindernis erkennen und größtenteils überfliegen (Ringeltauben, z. T. Drosseln), auch am Windpark „Nysted“ gibt es erste Hinweise auf Meidverhalten am Tage (s. Kap. 7.4.1). Sofern sie am Tage hinein fliegen, sind Kollisionen aufgrund der guten visuellen Fähigkeiten nicht zu erwarten (STÜBING 2001). Gute Flieger, wie z. B. Schwalben, zeigten an Landstandorten dabei geringere Ausweichbewegungen als schlechte Flieger. Die Einschätzung einer geringen Kollisionswahrscheinlichkeit bei tagsüber ziehenden Landvögeln wird auch durch Auswertungen von Leuchtturmanflügen bestätigt (Tab. 59, HANSEN 1954). Bei den typischen Tagziehern Erlenzeisig, Bachstelze, Rauchschwalbe, Schafstelze und Grünfink lag die Kollisionsrate unter einem Vogel pro Jahr. Beim Buchfink und Wiesenpieper verunglückten ca. zehn bzw. elf Vögel pro Jahr; sie machten jedoch nur 0,6 bzw. 0,7% der insgesamt kollidierten Vögel aus. Höhere Kollisionsraten zeigten Feldlerche, die aber auch nachts in größerem Umfang zieht. Bei viele Tagziehern handelt es sich um Kurz- und Mittelstreckenziehern (Ausnahme: Schwalben), die saisonale Zugphänologien mit sehr frühem Heimzug (Ende Februar bis Mai) und sehr spätem Wegzug (bis November; HÜPPOP & HÜPPOP 2004). Damit steigt die Wahrscheinlichkeit von negativen Wettereinflüssen, die generell genauso wirken wie nachts. Regen, Nebel und Gegenwind lässt die Vögel tiefer fliegen, wodurch das Kollisionsrisiko steigt.

Insgesamt wird das Kollisionsrisiko von tagziehenden Landvögeln mit OWEA aufgrund der beschriebenen Gegebenheiten als gering eingestuft.

Landvögel: Thermiksegler – Greifvögel und Kraniche

Greifvögel

Zwar waren im Frühjahr die Individuenzahlen von Greifvögeln bei Rügen bei fast allen Arten weitaus höher als im Herbst, die meisten Vögel flogen jedoch westlich vorbei, so dass im Vorhabensgebiet vergleichsweise wenige Greifvögel gesehen wurden. Der Sperber war im Frühjahr die häufigste Art. Er ist jedoch kein typischer „Segelflieger“, sondern bewegt sich i. d. R. tief über dem Wasser und nutzt auch die Sockel-Fundamente der OWEA als Rastplätze (CHRISTENSEN et al. 2004). Die Kollisionswahrscheinlichkeit bei dieser Art ist aufgrund seines Flugverhaltens und seiner sehr guten visuellen Fähigkeiten als gering einzuschätzen. Thermiksegelnde Greife fliegen dagegen oft sehr hoch (z. B. bei der Überquerung Gibraltars selten unter 400 m, MEYER et al. 2000) und damit außerhalb des Gefahrenbereichs der WEA. Insbesondere im Frühjahr konnte beobachtet werden, dass sich Greifvögel über Wittow in Thermiksäulen befanden und dann in großer Höhe abflogen. Diese Vögel konnten beim Abfliegen selten verfolgt werden, eine genaue Höhenschätzung ohne Messgeräte war nicht möglich. Die über See vor Rügen beobachteten Mäusebussarde flogen im Frühjahr zu 64% über 50 m, im Herbst zu 81%. Dieser Höhenbereich ist nicht weiter differenziert, so dass eine Aussage des Vorkommens im Gefahrenbereich nur eingeschränkt möglich ist. Beschriebene hohe Verluste an WEA an Land kommen zustande, wenn die WEA im Bereich aufsteigender Thermik gebaut werden, z. B. an Berghängen. Eine Übertragung auf Seeverhältnisse ist deshalb nicht gegeben. Als reine Tagzieher mit sehr gutem Sehvermögen und Manövrierfähigkeiten bestehen für diese Vogelgruppe geringe Kollisionsgefahren. Von den in dieser Untersuchung registrierten segelfliegenden Greifen kollidierten an Leuchttürmen innerhalb von 54 Jahren nur zwei Wespenbussarde und ein Raufußbussard (vgl. Tab. 59, HANSEN 1954).

Kranich

Von Landstandorten sind Kollisionen von Kranichen mit anthropogenen Strukturen nur von Hochspannungsleitungen bekannt (NOWALD 2003). An allen Tagen mit starkem Kranichzug herrschten gute Sichtbedingungen (Sichtweiten nicht unter 20 km), so dass davon auszugehen ist, dass über der Ostsee ziehende Kraniche einen Windpark aus weiter Entfernung erkennen und die Möglichkeit haben, ihr Verhalten in beschriebener Weise anpassen. Da kreisende Flugbewegungen über Wasser mit Höhengewinn offensichtlich zum normalen Verhalten gehört, kann vermutet werden, dass sie dieses Verhalten auch zeigen, wenn sie auf ein Hindernis treffen.

Für den Herbstzug 2005 galt, dass die meisten Vögel bei Rückenwind die Ostsee in großen Höhen überquerten, die in Bezug auf Kollisionen nicht als kritisch angesehen werden können. Es ist zu vermuten, dass generell Massenzugereignisse bei günstigen Windbedingungen verbunden mit großen Flughöhen stattfinden. Hierbei ist zu bedenken, dass die Windbedingungen im Aufbruchsgebiet (im Herbst im südlichen Schweden) für den Zugbeginn entscheidend sind, sich diese Bedingungen aber im Verlauf der Ostseeüberquerung ändern können. Dies war z. B. im Herbst 2008 der Fall, als an dem Tag mit stärkstem Kranichzug (innerhalb der Erfassungsperiode) im Aufbruchsgebiet gute Zugbedingungen herrschten, der Wind über der Ostsee dann aber auf Süd drehte, und sehr viele Vögel bei Gegenwind unterhalb von 200 m flogen. Weiterhin kann der zeitliche Verlauf bestimmter Wetterbedingungen dazu führen, dass Kraniche auch bei suboptimalen Bedingungen mit dem Zug beginnen (verbunden mit geringen Zughöhen). Ein

Beispiel dafür sind die Verhältnisse in der zweiten Septemberhälfte 2005. Nach dem 17. September herrschte über Nordeuropa für fast zwei Wochen ein stabiles Hochdruckgebiet mit sehr warmen Temperaturen und z. T. starken Winden aus Süd bis Südost. Diese Wetterbedingungen waren für Kranichzug extrem ungünstig, so dass in dieser Zeit kein Zug stattfand. Eine „Wetterverbesserung“ (im Sinne der Kraniche) mit „neutralem“ Wind bzw. weniger starkem Gegenwind am 3. Oktober nutzten dann relativ viele Kraniche, um bei suboptimalen Bedingungen z. T. bei Gegenwind die Ostsee zu überqueren. Die sehr tiefen Zughöhen im Herbst 2005 stammen demnach auch fast ausschließlich aus der Periode ab dem 3. Oktober. Am kritischsten ist ein Szenario einzuordnen, bei dem bei guten Zugbedingungen am Abflugort viele Kraniche aufbrechen, dann aber auf See plötzlich in Nebel mit geringen Sichtweiten geraten, wodurch die Reaktionszeit verkürzt wird. Auch einsetzender Starkregen in Verbindung mit starkem Gegenwind würde vermutlich zu kritischen Situationen im Bereich von Windparks führen.

Fazit Greifvögel: Ein großer Teil des Greifvogelzuges findet so hoch statt, dass sie sich nicht im Gefährdungsbereich von WEA bewegen. Aufgrund ihres guten Sehvermögens und Flugfähigkeiten sind sie außerdem wahrscheinlich in der Lage, Kollisionen frühzeitig auszuweichen. Tieffliegende Segelflieger sind gegenüber den von WEA verursachten Turbulenzen und Nachlaufströmungen sehr anfällig.

Fazit Kranich: Kranichzug fand ausschließlich bei guten Sichtbedingungen statt, so dass man davon ausgehen kann, dass ein Hindernis aus großer Entfernung erkannt wird. Trotz Bevorzugung von Rückenwind fand unter bestimmten Bedingungen ein nicht unbedeutender Teil des Zuges auch bei Gegenwind und entsprechend geringen Flughöhen statt. Es konnte gezeigt werden, dass Kraniche als natürliches Verhalten durch kreisende Flugbewegungen auch über See an Höhe gewinnen können, so dass sie möglicherweise auch entsprechend auf einen Windpark auf See reagieren. Deshalb kann vermutet werden, dass Kollisionen von Kranichen mit dem geplanten Windpark eher unwahrscheinlich sind. Wie bei anderen Vogelgruppen sind auch bei Kranichen kritische Situationen bei Schlechtwetter, v. a. bei Seenebel oder Starkregen zu erwarten.

7.4.3 Barrierewirkung

Untersuchungen zu Störeffekten von WEA an Land weisen generell Störwirkungen und abnehmende Anzahlen rastender und brütender Individuen im Umkreis von WEA auf – die Intensität der Scheuchwirkungen sind dabei artspezifisch unterschiedlich und kann bis zu 800 m weit reichen (z. B. WINKELMAN 1992 a-d, SCHREIBER 1994, CLAUSAGER & NOER 1995, KRUCKENBERG & JAENE 1999, GARNIEL et al. 2007). Im Vergleich zu Brutvögeln wird dabei der Einfluss auf durchziehende Vögel als höher eingeschätzt, da Gewöhnungseffekte fehlen. Als direkte Reaktion beim Auftreffen auf WEA wurden entweder sehr kurzfristige Richtungsänderungen beobachtet oder der Park wurde durchflogen (WINKELMAN 1992 b, c). Ausweichbewegungen zeigten sich vor allem bei Gegenwind, während bei Rückenwind (vermutlich aufgrund des schnelleren Fluges und der begrenzten Möglichkeiten, kurzfristig zu manövrieren) weniger Richtungsänderungen vorkamen und der Park durchflogen wurde. Besonders bei Gegenwind und bei großen Vogelarten (Enten, Gänse, Möwen) wurden deutliche Zeichen von Irritation bei Auftreffen auf den Windpark beobachtet (stark flatternder Flug). Bei schlechten Sichtbedingungen war der Abstand fliegender Enten (Schwimm- und Tauchenten) am IJsselmeer (NL) zu WEA am geringsten (DIRKSEN et al.

1998), wogegen VAN DER WINDEN et al. (1999) zeigten, dass Enten selbst in dunklen Nächten Windenergieanlagen frühzeitig erkennen und umfliegen können.

Eine Barrierewirkung und damit eine Ablenkung des Zugweges (Umfliegen des Parks) ist vornehmlich bei tagziehenden Arten zu erwarten. Bei den möglichen Auswirkungen des geplanten Windparks „Arcadis Ost 1“ ist zu bedenken, dass es sich mit 58 Anlagen und einer Ausdehnung von ca. 3,5 x 15 km um einen relativ großflächigen Park handelt. Die in Kap. 7.4.1 beschriebenen Reaktionen der verschiedenen Vogelgruppen auf Offshore-Windparks zur Abschätzung von Kollisionsrisiken zeigen auch deutlich die Barrierewirkungen von groß dimensionierten Windparks auf. Dabei waren artspezifische Unterschiede zu erkennen. Für **Trauerenten** und **Seetaucher** stellen Offshore-Windparks ausgeprägte Barrieren dar, die umflogen werden (CHRISTENSEN et al. 2004), während Eiderenten zwar größtenteils Ausweichflüge zeigten, jedoch teilweise diesen auch durchfliegen (vgl. Kap. 7.4.1, KAHLERT et al. 2004). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass dieses Verhalten vor allem bei Eiderenten beobachtet wurde (dies ist in den dänischen Parks die mit Abstand häufigste Art), die im Bereich des Vorhabensgebietes des Windparks „Arcadis Ost 1“ jedoch zahlenmäßig eine untergeordnete Rolle spielen. Trauerenten und Seetaucher gelten dagegen als weitaus störungsempfindlichere Arten. Sie ziehen im Frühjahr konzentriert entlang der Küste vor Wittow, gelangen aber auch in den Bereich des geplanten Windparks (jedoch vergleichsweise geringer Anteil). Für die meisten Vögel wäre der Park dann etwa 5-10 km entfernt (Entfernung des Parks von der Küste ca. 19 km), so dass er wahrscheinlich nicht als Hindernis erkannt wird und den Zug nicht beeinflusst. Die weiter nördlich fliegenden Trauerenten und Seetaucher, die in dieser Untersuchung im Bereich des Vorhabensgebietes gesehen wurden, werden dem Park wahrscheinlich ausweichen, indem sie weiter südlich fliegen, d. h. ihre Zugroute der Hauptzugroute der meisten Artgenossen anpassen. Für den Herbstzug gestaltet sich die Situation anders. Der genaue Verlauf der Zugwege von Trauerenten und Seetauchern im Herbst ist nicht bekannt. Möglicherweise verläuft er weiter draußen auf See und der Windpark würde damit eine größere Barriere darstellen als im Frühjahr. Dies ist jedoch rein spekulativ, da möglicherweise auch viel weiter nördlich geflogen wird (eher im auf schwedischer Seite) oder auch nachts (?). Eine Beurteilung der Situation während des Herbstzuges ist deshalb nicht möglich.

Sofern bei Ausweichflügen der Park großräumig umflogen wird, stellt sich die Frage, inwieweit mit diesem Verhalten relevante Erhöhungen des Energieverbrauches verbunden sind. Während des Zuges macht das Fliegen *an sich* oft nur einen geringen Anteil am Gesamtverhalten aus. Z. B. minimieren Ringelgänse während des Frühjahrszuges nicht ihre Zugstrecke – sie verbringen nur 7% der Zeit in aktivem Flug, die meiste Zeit wird zur Rast und Nahrungsaufnahme genutzt (GREEN et al. 2002). Eine verlängerte Zugstrecke durch Ausweichflüge hätte demnach nur geringe energetische Folgen. Für Trauerenten und Seetaucher sind ebenfalls wichtige Herbst- und Frühjahrs-Rastgebiete in der Ostsee bekannt, wo sie zwischen den eigentlichen Zugstrecken viel Zeit zur Nahrungssuche verbringen (z. B. DURINCK et al. 1994). Die Zugwege unterliegen weiterhin hohen wetterbedingten Schwankungen (vor allem Windeinflüsse), so dass in einem gewissen Umfang variierende Zugrouten auch natürliche Ursachen haben können. Mit einer maximalen Nord-Süd-Ausdehnung von etwa 3,7 km (relevant für Vögel, die generell in Richtung W-E ziehen) lägen die Ausweichflüge vermutlich in einem Bereich einer natürlichen Variation der Zugwege. Die zusätzlichen energetischen Belastungen sind deshalb mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht als kritisch einzustufen. Für **tagziehende Kleinvögel** mit geringeren Energiereserven könnten größere Ausweichflüge jedoch höhere Energiebelastungen darstellen. Diese Vogelgruppe

zeigte Reaktionen auf Offshore-Windparks und es gibt Hinweise auf ein Meideverhalten (weniger Vögel im Park als außerhalb, BLEW et al. 2008). Für **Möwen und Seeschwalben** stellen Offshore-Windparks dagegen keine Barriere dar, nur Fluss- und Küstenseeschwalben mieden Windparks (CHRISTENSEN et al. 2004).

Bei **nachts ziehenden Landvögeln** wurden keine Hinweise auf Ausweichbewegungen gefunden, die Vogeldichte innerhalb und außerhalb des Parks unterschied sich nicht (BLEW et al. 2008). Die Barrierewirkung bei dieser Artengruppe ist also als gering einzuschätzen (entsprechend hoch ist das Kollisionsrisiko). Die großen artspezifischen Unterschiede in den Kollisionsraten vornehmlich nächtlich ziehender Landvögel (HANSEN 1954) lassen jedoch vermuten, dass möglicherweise auch artspezifische Unterschiede in den Barrierewirkungen bestehen. Thermiksegler fliegen oft so hoch, dass ein Windpark keine Barriere darstellt. Tiefer fliegende Vögel könnten den OWP jedoch als Barriere ansehen und Ausweichbewegungen zeigen.

Über das Verhalten von **Kranichen** gegenüber Windparks auf hoher See ist bisher nichts bekannt. An Landstandorten halten Kraniche 300 (BRAUNEIS 2000) bis 700 m (KAATZ 1999) Abstand von Windenergieanlagen, lösen z. T. ihre Flugformation auf, steigern ihre Flughöhe, um die Anlagen zu überfliegen, bzw. sie umfliegen den Park in Abständen von bis zu 1.500 m, um dann in ihre ursprüngliche Richtung weiter zu fliegen. Ein entsprechendes Verhalten wäre auch bei Offshore-Windparks denkbar. Der zusätzliche Energieaufwand für dieses Verhalten ist schwer abzuschätzen. Der regelmäßig beobachtete Höhengewinn über See durch kreisende Flugbewegungen deutet darauf hin, dass dieses Verhalten als natürliche Verhaltensweise der Vögel angesehen werden kann. Demzufolge wären Kraniche, die auf See auf eine Barriere in Form eines Windparks stoßen, vermutlich in der Lage, durch das beschriebene Verhalten so viel an Höhe zu gewinnen, dass das Hindernis überflogen werden kann. Alternativ könnte das Hindernis auch umflogen werden. Eine dadurch verursachte Verlängerung des Zugweges würde zusätzliche energetische Kosten mit sich bringen. Das gleiche gilt, vermutlich in geringerem Umfang, durch einen Höhengewinn, der auf ein Flügelschlagen gegen den Wind bei kreisenden Flugbewegungen beruht. Inwieweit sich diese zusätzlichen Kosten auf den weiteren Verlauf des Zugweges auswirken würden, ist schwer zu beurteilen. Die Tatsache, dass alle Kraniche im Herbst nach Erreichen der Küstenlinie ihren Zug fortsetzten und nicht „entkräftet“ auf der Halbinsel Wittow zwischenlandeten, zeigt jedoch, dass die Überquerung der Ostsee (auch bei ungünstigen Gegenwind-Situationen) die Vögel nicht an den Rand ihrer energetischen Möglichkeiten bringt. Zudem ermöglicht es der natürlicherweise von der überwiegenden Zahl der Individuen eingelegte längere Zwischenstopp in den großen Rastgebieten der Rügen-Bock-Region den Kranichen, ihre Reserven schnell wieder aufzufüllen.

Bei der Beurteilung von Barrierewirkungen ist zu berücksichtigen, dass im Gegensatz zu möglichen Auswirkungen auf Rastvögel kaum Gewöhnungseffekte auftreten werden. Aussagen über zusätzliche energetische Belastungen sind derzeit nur spekulativ. Angesichts hoher natürlicher Variationen von Zugwegen und im Kontext der gesamten zurückzulegenden Zugstrecke sind den zusätzlichen Belastungen eher eine geringe Bedeutung zuzumessen (Ausnahme möglicherweise bei Kleinvögeln). Diese Annahme ist jedoch durch entsprechenden Messungen und Modellrechnungen zu verifizieren.

7.5 Betriebsbedingte Auswirkungen

An Landstandorten wurde festgestellt, dass je schneller sich die Rotoren drehen und je senkrechter die Ausrichtung der Rotoren zur Hauptzugrichtung war, desto größer fielen die Ausweichbewegungen aus (STÜBING 2001). Bei Untersuchungen an den erste Offshore-Windparks wurden dagegen nicht differenziert zwischen Auswirkungen bei unterschiedlichen Betriebsstadien (z. B. stehende und drehende Rotoren), so dass Aussagen zu betriebsbedingten Auswirkungen derzeit nicht auf konkrete Daten gestützt werden können. Deshalb muss man analog zu Landstandorten von der Annahme ausgehen, dass für drehende Rotoren grundsätzlich die gleichen Risiken und Auswirkungen wie bei den „anlagebedingten Auswirkungen“ beschriebenen gelten, wobei sowohl für die Barrierewirkung als auch für das Kollisionsrisiko mit einer Erhöhung der Auswirkungen zu rechnen ist. Die Überlegungen zu erhöhten Kollisionsrisiken gründen sich auf mathematische Berechnungen, die noch mit geeigneten Methoden zu verifizieren sind (z. B. mit Hilfe von Infrarotkameras).

7.6 Rückbaubedingte Auswirkungen

Während der Rückbauphase werden ähnliche Auswirkungen wie für die Bauphase prognostiziert erwartet.

7.7 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen

Während der Bauphase sind alle Geräusch- und Lichtemissionen auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren. In Schlechtwetterperioden mit Starkwindereignissen, in denen die Bauarbeiten voraussichtlich ruhen, sollte nur die erforderliche Notbeleuchtung auf Arbeitsplattformen und ankernden Schiffen betrieben werden, um das Vogelschlagrisiko zu reduzieren.

Die entscheidende Möglichkeit zur Reduktion des Kollisionsrisikos für Vögel an Offshore-Windparks besteht in verschiedenen Aspekten der Farbgebung und der Beleuchtung. Möglichen Minderungsmaßnahmen stehen dabei z. T. die Vorgaben der Richtlinie für die Gestaltung, Kennzeichnung und Betrieb von Offshore-Windparks zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs (WSD/Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, Stand 4/2002) sowie zur Gewährleistung der Sicherheit des Luftverkehrs entgegen. Derzeit laufen intensive Bemühungen, alle Belange zu harmonisieren (z. B. HIWUS-Projekt des BWE, gefördert durch die DBU, Expertengespräche in verschiedenen aktuellen Projekten).

Die wichtigsten Farbgebungs- und Beleuchtungsaspekte aus ornithologischer Sicht sind:

- Auffällige farbliche Kennzeichnung von Türmen und Rotoren (Diese kann in einer für Menschen unsichtbaren Farbe geschehen, denn Vögel sind im Gegensatz zu uns in der Lage, im UV-Bereich zu sehen. So könnten die Rotorblätter z. B. mit UV-Licht reflektierenden Mustern gekennzeichnet werden).
- Reduktion der erforderlichen Beleuchtung auf ein absolutes Mindestmaß.
- Beleuchtung der Türme nur indirekt von oben (Vermeidung der direkten Abstrahlung in den Himmel).

	<p style="text-align: center;">Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug</p>	<p style="text-align: center;">Vorhabensträger: </p>
---	---	---

- Verzicht auf Blendlichter mit großer Reichweite.
- Kurzwelliges Licht mit kurzen Blinkfrequenzen

Eine weitere Möglichkeit, den Vogelschlag an den Anlagen zu reduzieren, ist ein Abschalten der Anlagen beim Auftreten von Massenzugnächten. Durch ein ständiges Überwachungssystem mit Hilfe von Radargeräten sollte in starken Zugnächten der Offshore-Windpark stundenweise abgeschaltet werden. Dieses Überwachungssystem muss nicht innerhalb des Parks installiert werden, sondern kann landgestützt betrieben werden (eine Anlage an der Küste in Südschweden während der Herbstmonate, eine Anlage an der Küste von Mecklenburg-Vorpommern während der Frühjahrsmonate). Dies würde vermutlich nur wenige Nächte im Jahr betreffen, an denen die OEWA stundenweise abgeschaltet werden müssten (ca. 10-20 Nächte). An diesen Hauptzugtagen ziehen schätzungsweise über 75% aller Nachtzieher.

8 Zusammenfassung

Für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung für den Offshore-Windpark „Arcadis Ost 1“, der sich in der 12 sm-Zone ca. 19 km nordöstlich von Kap Arkona auf Rügen befinden wird, und in dem 58 OWEA geplant sind, wurden in verschiedenen Messperioden im Zeitraum Juli 2005 bis November 2008 Untersuchungen zum Vogelzug durchgeführt. Neben Sichtbeobachtungen und Schiffsradargeräten zur Erfassung des sichtbaren und nächtlichen Vogelzuges wurde der Kranichzug mit Hilfe des Zielfolgeradars „Superfledermaus“ untersucht (Herbst 2005 und 2008 sowie Frühjahr 2006). Die Datenerhebung fand auf der Halbinsel Wittow auf Rügen statt. Es wurden an etwa 300 Tagen Radar- und Sichtbeobachtungen durchgeführt (jeweils ca. 3.000 Erfassungstunden). Sichtbeobachtungen des Vogelzuges direkt am Vorhabensgebiet vom Schiff aus wurden im Jahr 2008 in ausgewählten zeitlichen Perioden durchgeführt. Als Referenzdaten für die Situation des nächtlichen Vogelzuges im Offshore-Bereich wurden die Radardaten von der Forschungsplattform FINO 2 verwendet. Bei den Untersuchungen standen neben der Erfassung des beteiligten Artenspektrums vor allem saisonale und tageszeitliche Variationen von Zugintensitäten und Flughöhen im Vordergrund. Mit dem Zielfolgeradar konnten konkrete Messungen des Flugverhaltens von Kranichen durchgeführt werden.

Insgesamt wurden im Verlaufe aller Jahre 196 Arten registriert. Kleinvogelarten wurden dabei nur qualitativ erfasst. Der Frühjahrszug von Wasser- und Watvögel im Jahr 2008, in dem die kompletten Zugperioden abgedeckt wurden, fiel für viele Arten etwa doppelt so stark aus wie der Herbstzug. Ein auffällig intensiverer Frühjahrszug war vor allem für Seetaucher, Trauerenten (mit 264.058 Individuen im Frühjahr 2008 die häufigste Art), Eisenten und Greifvögel zu verzeichnen. Einen stärkeren Herbstzug zeigten dagegen viele Limikolen, Zwergmöwen und Seeschwalben. Im Bereich des Vorhabensgebietes konnten durch Sichtbeobachtungen 43 (Frühjahr) bzw. 59 (Herbst) Arten registriert werden (deutlich kürzere Erfassungszeit). Die häufigste Art war auch hier die Trauerente. Im Frühjahr konnten bei zeitgleichen Beobachtungen (Rügen, Vorhabensgebiet) im Vorhabensgebiet nur geringe Anteile der von Rügen aus beobachteten Trauerenten und Seetaucher gezählt werden, im Herbst waren die Anteile dagegen höher (insgesamt aber geringerer Zug im Herbst). In den verschiedenen Zugperioden konnten mit ca. 9.400 bis 17.500 Kranichen zwischen 20 und 35% aller Kraniche dieses Zugweges beobachtet werden.

Der saisonale Verlauf des Tagzuges zeichnete sich bei den meisten Arten (-gruppen) durch eine Konzentration auf die Hauptzugmonate März/April und September/Oktober aus. Hierbei waren jedoch artspezifische Unterschiede in den Zugphänologien zu erkennen. Insbesondere bei Kranichen gab es Massenzugtage, an denen über 50% des gesamten Zuges stattfand. Die tageszeitliche Zugintensität zeigte bei vielen Arten früh morgens die höchsten Werte; Greifvögel erreichten dagegen erst um die Mittagszeit ihre maximalen Intensitäten. Während Trauerenten im Frühjahr früh morgens zogen, lag der Zugpeak im Herbst dagegen in den Stunden vor Sonnenuntergang. Kraniche starteten im Frühjahr am späten Vormittag, wogegen im Herbst die meisten Vögel in den Stunden vor Sonnenuntergang auf Rügen ankamen. Nach Sichtbeobachtungen stellten für Wasservögel die untersten 10 m die am häufigste genutzte Höhenschicht dar. Dies galt vor allem für Meerestenten, Alken und Seetaucher. Die mittleren Flughöhen von Kranichen über See lagen im Bereich von ca. 300 bis 340 m (bezogen auf Trupps; kein signifikanter Unterschied zwischen Zugperioden) bzw. 260 bis 310 m (bezogen auf Individuen). Im Herbst 2008 wurden dabei die niedrigsten Flughöhen gemessen. Es flogen 32%

(Herbst 2005) bis 49% (Herbst 2008) der Kraniche unterhalb von 200 m. Viele Arten flogen im Frühjahr höher als im Herbst (z. B. Sterntaucher, Trauerente, Eiderente, Sperber); bei Gegenwind waren die Flughöhen oft deutlich niedriger als bei Rückenwind. Insbesondere Kraniche zeigten auch windabhängige Flughöhen. Die Zugphänologie konnte bei vielen Arten mit den Windverhältnissen erklärt werden (Zug vor allem bei Rückenwind).

Neben exakten Flughöhen konnten bei Kranichen auch Flugrichtungen und –geschwindigkeiten gemessen sowie Verhaltensbeobachtungen durchgeführt werden. Dabei wurde regelmäßig ein Höhengewinn durch kreisende Flugbewegungen auch über der Ostsee beobachtet.

Nach Radarmessungen des nächtlichen Vogelzuges zeigten sich starke saisonale Fluktuationen in den Zugintensitäten. 50% des gesamten Zugeschehens fand dabei in 12 (Herbst 2008) bzw. 13,5 Nächten (Frühjahr 2008) statt. Im Frühjahr wurden im April die höchsten Zugraten erreicht, im Herbst war der Oktober der Monat mit dem stärksten Zug (einheitlich in allen Untersuchungsjahren). Sowohl als Mittel über alle Frühjahrs- und Herbstwerte als auch bezogen auf das Jahr 2008 (beide Saisons komplett abgedeckt) zeigten sich im Frühjahr etwas höhere mittlere Zugraten als im Herbst (2008: Frühjahr $437 \text{ Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$, Herbst $410 \text{ Echos} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$). Für das Jahr 2008 konnten die auf Stundenbasis erfassten Zugraten über die gesamte Saison aufsummiert werden. Dies ergab für das Frühjahr 405.709 Vögel pro Kilometer, für den Herbst zeigte sich mit 484.555 Vögeln pro Kilometer ein etwas höheres Zugvolumen. Die auf Rügen gemessenen Zugraten im Herbst waren vergleichbar mit den zeitgleich auf FINO 2 gemessenen Raten, was auf einen Breitfrontenzug im Herbst schließen lässt.

Der zeitliche Verlauf des nächtlichen Zuges folgte einem deutlichen Muster. In den Stunden nach Sonnenuntergang setzte starker Vogelzug ein, wobei im Frühjahr schon in der zweiten Stunde nach Sonnenuntergang hohe Werte erreicht wurden (Vögel starten in unmittelbarer Umgebung), im Herbst setzte der Zug dagegen erst eine Stunde später ein (nach Ostsee-Überquerung). Der zeitliche Verlauf des Zuges konnte durch einen Vergleich der Standorte Rügen und FINO 2 für viele Nächte deutlich gemacht werden. Vor allem im Herbst wurde ein großer Anteil der Echos in den unteren 200 m registriert (2008: 39%). Im Frühjahr flogen die Vögel im Jahr 2008 dagegen tiefer (26,5%), wobei ein deutlicher Unterschied zum Jahr 2006 bestand (39,4% unterhalb von 200 m, jedoch kürzere Messphase). Durch Erfassungsschwächen von Schiffsradargeräten bei sehr tief fliegenden Vögeln liegen die realen Werte vermutlich deutlich höher. Messungen mit dem Zielfolgeradar „Superfledermaus“ ergaben eine Unterschätzung des Höhenintervalls 0-100 m um ca. 10 bis 15%. Die Höhenverteilungen auf Rügen waren vergleichbar mit den Werten auf FINO 2.

Für die Bewertung der Zugvögel werden folgende Kriterien verwandt: Leitlinien und Konzentrierungsbereiche, Intensität des Zugeschehens und Artenzahl. *Leitlinien und Konzentrationsbereiche* werden eine **hohe** Bedeutung zugeordnet, da nachts ziehende Landvögel skandinavischer Populationen in sehr hoher Anzahl im Breitfrontenzug die Ostsee überqueren und auf das Untersuchungsgebiet treffen. Deshalb ist zeitweise mit hohen Dichten dieser Vogelgruppe zu rechnen. Hierbei sind auch Arten beteiligt, die abnehmende Bestandstrends bzw. einen hohen Gefährdungsgrad zeigen (v. a. Langstreckenzieher). Eine Konzentration des Vogelzuges in der westlichen Ostsee ist auch für Meerestenten, Seetaucher (besonders Sterntaucher) und Limikolen aufgrund des „Trichtereffektes“ des Ostsee-Verlaufes von Ost nach West zu erwarten. Im Frühjahr kommt es nördlich Rügens zu sehr hohen Zugkonzentrationen von Trauerenten und Sterntauchern, die in einem relativ engen Korridor größtenteils zwischen dem Vorhabensgebiet

und der Küste entlang flogen. Im Vorhabensgebiet selber wurde im Frühjahr nur ein geringer Teil des Zuges von Trauerenten und Seetaucher festgestellt. Im Herbst waren dagegen bei weitaus geringeren Gesamtzahlen auch verhältnismäßig viele Vögel im Bereich des Vorhabensgebietes vorhanden.

Der *Intensität des Zuggeschehens* wird insgesamt eine **mittlere** (Herbstzug, Tagzieher; Greifvögel, Kraniche) bis **hohe** (Frühjahrszug, Nachtzieher) Bedeutung zugeordnet. Mit insgesamt 196 beobachteten Vogelarten (und weiterer, nachts ziehender Arten, die visuell nicht zu erfassen sind) wird der Bewertungskategorie *Artenzahl* eine **hohe** Bedeutung beigemessen. Viele Arten besitzen einen hohen Schutz- bzw. Gefährdungsstatus.

Insgesamt wird die Artengruppe Zugvögel mit **hoch** bewertet.

Die zu erwartenden Auswirkungen des geplanten Windparks betreffen das Risiko von Kollisionen sowie Barrierewirkungen. Kollisionsraten mit vergleichbaren anthropogenen Strukturen (Windparks an Land, Leuchttürmen, Sendemasten, Brücken) lassen vermuten, dass jährlich Zugvögel in einer Größenordnung von 1.000 bis 10.000 Vögeln am Windpark „Arcadis Ost 1“ verunglücken, wobei vor allem nachts ziehende Vögel betroffen sein werden. Die Anteile an den Zugpopulationen werden dabei vergleichsweise gering sein und angesichts bestehender Vorbelastungen wird sich die artspezifische Mortalität nur geringfügig erhöhen. Kritische Situationen entstehen dabei vor allem beim Zusammentreffen von hohem Zugaufkommen (d. h. bei guten Zugbedingungen im Aufbruchgebiet) und im Verlaufe des Zugweges einsetzende schlechte Witterungsbedingungen (Regen, Nebel, Starkwind). Dies kann zu einer Attraktion vieler Zugvögel und zu deutlich höheren Kollisionszahlen führen. Für Tagzieher, Greifvögel und Kraniche wird die Kollisionsgefahr als gering eingeschätzt, da sie Hindernisse am Tage erkennen und reagieren können.

Barrierewirkungen durch den relativ großflächigen Windpark werden vornehmlich für Tagzieher erwartet, wobei diese artspezifisch unterschiedlich ausgeprägt sein werden. Trauerenten und Seetaucher werden generell als störungsempfindlich eingestuft. Während des Frühjahrszuges wird deren Zugroute vermutlich noch konzentrierter zwischen dem Windpark und der Küste verlaufen (d. h. der Park wird südlich umflogen), während im Herbst das Ausmaß möglicher Ausweichflüge aufgrund der Unsicherheiten im generellen Zugverlauf unklar ist. Der von Rügen startende Greifvogel- und Kranichzug im Frühjahr verläuft größtenteils westlich des Vorhabensgebietes, so dass nur für einen geringen Anteil der Zugpopulation Barrierewirkungen erwartet werden. Kraniche zeigten vor Rügen als „natürliches“ Verhalten kreisende Flugbewegungen mit Höhengewinn über der Ostsee. Dieses Flugverhalten könnte auch im Zusammenhang mit Ausweichbewegungen gegenüber dem geplanten Windpark ein Überfliegen des Parks ermöglichen. Für größere Arten, wie Gänse, Enten, Seetaucher und Kraniche werden die zusätzlichen energetischen Aufwendungen für das Umfliegen bzw. Überfliegen des Parks als gering eingeschätzt. Sie liegen wahrscheinlich im Rahmen der natürlichen Variation der Zugwege (z. B. bedingt durch Wind). Für tagziehende Kleinvögel mit geringeren Energiereserven könnten größere Ausweichflüge jedoch höhere Energiebelastungen darstellen. Für die meiste Möwen und Seeschwalben stellen Offshore-Windparks dagegen keine Barriere dar.

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

- ÅKESSON, S. & A. HEDENSTRÖM** 2000. Wind selectivity of migratory flight departures in birds. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 47: 140-144.
- ÅKESSON, S.** 1993. Coastal migration and wind drift compensation in nocturnal passerine migrants. *Ornis Scand.* 24: 87-94.
- ÅKESSON, S.** 1999. Do passerine migrants captured at an inland site perform temporary reverse migration in autumn? *Ardea* 87: 129-137.
- ÅKESSON, S. A. HEDESTRÖM** 2000. Wind selectivity of migratory flight departures in birds. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 47: 140-144.
- ÅKESSON, S., WALINDER, G., KARLSSON, L. & S. EHNBOOM** 2001. Reed warbler orientation: initiation of nocturnal migratory flights in relation to visibility of celestial cues at dusk. *Animal Behaviour* 61: 181-189.
- ALERSTAM, T.** 1975b. Crane *Grus grus* migration over sea and land. *Ibis* 117: 489-495.
- ALERSTAM, T.** 1978. Analysis and a theory of visible bird migration. *Oikos* 30: 273-349.
- ALERSTAM, T.** 1979. Wind as selective agent in bird migration. *Ornis Scand.* 10: 76-93.
- ALERSTAM, T.** 1990. Bird migration. Cambridge University Press.
- ALERSTAM, T. & S. ULFSTRAND.** 1972. Radar and field observation of diurnal bird migration in South Sweden, Autumn 1971. *Ornis Scand.* 3: 99-139.
- ALERSTAM, T. & S. ULFSTRAND** 1974. A radar study of the autumn migration of wood pigeons *Columba palumbus* in southern scandinavia. *Ibis* 116: 522-542.
- ALERSTAM, T., BAUER, C.A. & G. ROOS** 1974a. Spring migration of eiders *Somateria mollissima* in southern Scandinavia. *Ibis* 116: 194-210.
- ALERSTAM, T., BAUER, C.-A. & G. ROOS** 1974b. Fält- och radarstudier av östersjöejdrarnas *Somateria mollissima* vårsträck. *Vår Fågelvärld* 33: 15-27.
- ASFERG, T.** 2002. Vildtudbyttet i Danmark i jagdsæsonen 2000/2001. Faglig rapport fra DMU nr. 393.
- BERNDT, R.K. & D. DRENCKHAHN** 1990. Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Band 1 – Seetaucher bis Flamingo. Karl Wachholtz-Verlag Neumünster.
- BERNDT, R.K. & G. BUSCHE** 1993. Vogelwelt Schleswig-Holsteins – Bd. 4: Entenvögel II. Karl Wachholtz Verlag Neumünster.
- BERTHOLD, P.** 2000. Vogelzug – Eine aktuelle Gesamtübersicht. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL** 2004. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, UK.
- BLASIUS, R.** 1890. Vogelleben an den deutschen Leuchttürmen. I. 1885. *Ornis VI*: 547-590.

- BLASIUS, R.** 1891a. Vogelleben an den deutschen Leuchttürmen. II und III. 1886-1887. Ornith. VII: 1-112.
- BLASIUS, R.** 1891b. Vogelleben an den deutschen Leuchttürmen. IV, V und VI. 1888, 1889, 1890. Ornith. VII: 189-280.
- BLASIUS, R.** 1895. Vogelleben an den deutschen Leuchttürmen. 1891, 1892, 1893. Ornith. VI/VIII: 33-138.
- BLASIUS, R.** 1899. Vogelleben an den deutschen Leuchttürmen. 1895, 1896, 1897, 1898 und 1899. Ornith. X: 293-476.
- BLASIUS, R.** 1904. Vogelleben an den deutschen Leuchttürmen. 1900, 1901, 1902 und 1903. Ornith. XII: 257-380.
- BLEW, J., HOFFMANN, M., NEHLS, H. & V. HENNING** 2008. Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Part I: Birds. Final Report 2008.. http://www.bioconsult-sh.de/en/projekte/e_offshore.html
- BRAUNEIS, S.** 2000. Der Einfluß von Windkraftanlagen (WKA) auf die Avifauna, dargestellt insb. am Beispiel des Kranichs *Grus grus*. Ornithologische Mitteilungen 52: 410-415.
- BRUDERER, B. & A. BOLDT** 2001. Flight characteristics of birds: I. radar measurements of speed. Ibis 143: 178-204.
- BRUDERER, B. & F. LIECHTI** 1998a. Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst über Südwestdeutschland. Ornithol. Beob. 95: 113-128.
- BRUDERER, B. & F. LIECHTI** 1998b. Flight behaviour of nocturnally migrating birds in coastal areas – crossing or coasting. Journal of Avian Biology 29: 499-507.
- BRUDERER, B.** 1971. Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im schweizerischen Mittelland. Ornithol. Beob. 68: 89-158.
- BRUDERER, B.** 1997a. The study of bird migration by radar. Part 1: The Technical Basis. Naturwissenschaften 84:1-8.
- BRUDERER, B.** 1997b. The study of bird migration by radar. Part 2: Major Achievements. Naturwissenschaften 84: 45-54.
- BRUDERER, B. & F. LIECHTI** 1995. Variation in density and height distribution of nocturnal migration in the south of Israel. Isr. J. Zool. 41: 447-487.
- BRUDERER, B., F. LIECHTI** 1998a. Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst über Südwestdeutschland. Ornithol. Beob. 95: 113-128.
- BRUDERER, B. & F. LIECHTI** 1998b. Flight behaviour of nocturnally migrating birds in coastal areas – crossing or coasting. J. Avian Biol. 29: 499-507.
- BRUDERER, B. & F. LIECHTI** 2005. Do nocturnal passerine migrants react as expected? – Autumn flight directions along the western Palearctic flyway. European Science Foundation, Scientific Programme on Optimality in Bird Migration. Final conference “Migration in the life-history of birds”. Wilhelmshaven, Germany 16-20 February 2005.

- BRUDERER, B., T. STEURI & M. BAUMGARTNER** 1995. Short-range high-precision surveillance of nocturnal migration and tracking of single targets. *Isr. J. Zool.* 41: 207-220.
- BSH** 2007. Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 3) Stand Februar 2007. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock.
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.L., BORCHERS, D.L. & L. THOMAS** 2001. Introduction to Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford.
- CAMPHUYSEN, C.J. & J. VAN DIJK** 1983. Zee-en kustvogels langs de Nederlandse kust, 1974-79. *Limose* 56: 83-211.
- CHAMBERLAIN, D.E., REHFISCH, M.R., FOX, A.D., DESHOLM, M. & S.A. ANTHONY** 2006. The effect of avoidance rates on bird mortality predictions made by wind turbine collision risk models. *Ibis* 148: 198-202.
- CHRISTENSEN, T.K., HOUNISEN J.P., CLAUSAGER I. & 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. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment.
- CLAUSAGER, I. & H. NØHR** 1995. Vindmøller indvirkning på fugle. Status over viden. – Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, Nr. 147.
- COCHRAN, W. & R. GRABER** 1958. Attraction of nocturnal migrants by lights on a television tower. *Wilson Bull.* 70: 378-380. <http://elibrary.unm.edu/sora/Wilson/v070n04/p0378-p0380.pdf>
- DELANY, S. & S. SCOTT** 2002. Waterbird Population 21 Taylor, Estimates – Third Edition. Wetlands International Global Series No. 12, Wageningen, The Netherlands. Pp: 121.
- DESHOLM, M. & J. KAHLERT** 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biol. Lett.* 1 (3): 296-298.
- DESHOLM, M., CHRISTENSEN, T.K., SCHEIFFARTH, G., HARIO, M., ANDERSSON, Å., ENS, B., CAMPHUYSEN, C.J., NILSSON, L., WALTHO, C.M., LORENTSEN, S.-H., KURESOO, A., KATS, R.K.H., FLEET, D.M. & A.D. FOX** 2002. Status of the Baltic/Wadden Sea population of the Common Eider *Somateria m. mollissima*. *Wildfowl* 53: 167-203.
- DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V. & T. KRÜGER** 2005. Anleitung zur Planbeobachtung des Vogelzuges über dem Meer („Seawatching“). *Seevögel* 26: 2-13.
- DIERSCHKE, V.** 1989. Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987. *Vogelwarte* 35: 115-131.
- DIERSCHKE, V.** 2001. Vogelzug und Hochseevögel in den Außenbereichen der Deutschen Bucht (südöstliche Nordsee) in den Monaten Mai bis August. *Corax* 18: 281-290.
- DIRKSEN, S., SPAANS, A.L. & J. VAN DER WINDEN** 1996. Nachtelijke trek en vlieghoogtes van steltlopers in het voorjaar over de noordelijke havendam van IJmuiden. *Sula* 10: 129-142.
- DIRKSEN, S., SPAANS, A., VAN DER WINDEN, J. & M.J. VAN DEN BERG** 1998. Nachtelijke vliegpatronen en vlieghoogtes van duikeenden in het IJsselmeergebied. *Limosa* 71: 57-68.

- DURINCK, J., SKOV, H., JENSEN, F.P. & S. PIHL** 1994. Important marine areas for wintering birds in the Baltic Sea. Copenhagen.
- EASTWOOD, E.** 1967. Radar ornithology. Methuen, London.
- ERICKSON, W.P., JOHNSON, G.D., STRICKLAND, M.D., YOUNG, D.P. JR., SERKA, K.J. & 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.
- ERRITZØE, J.** 2002: Bird Traffic casualties and road quality for breeding birds. A summary of existing papers with a bibliography. <http://www.birdresearch.dk/>
- EVERAERT, J., DEVOS, K. & E. KUIJKEN** 2002 Wind turbines and birds in Flanders: Preliminary study results in an European context. Institute of Nature Conservation, Brussels.
- EXO, K.-M., HÜPPOP, O. & S. GARTHE** 2002. Offshore-Windenergieanlagen und Vogelschutz. In: Schriftenreihe der Schutzgemeinschaft Deutsche Nordseeküste „Offshore-Windkraft - Zu Lasten oder zum Schutz der Natur“. www.vogelwarte-helgoland.de/EXO-SDN.PDF/
- FLORE, B.O. & O. HÜPPOP** 1997. Bestandsentwicklung, Durchzug und Herkunft des Kormorans *Phalacrocorax carbo* an einem Winterrastplatz auf Helgoland. J. Ornithol. 138: 253-270.
- FORTIN, D., LIECHTI, F. & B. BRUDERER** 1999. Variation in the nocturnal flight behaviour of migratory birds along the northwest coast of the Mediterranean Sea. Ibis 141: 480-488.
- FRANSSON, T.** 1998. Patterns of migratory fuelling in Whitethroats *Sylvia communis* in relation to departure. J. Avian Biol. 29: 569-573.
- GARNIEL, A., DAUNICHT, W.D., MIERWALD, U. & U. OJOWSKI** 2007. Vögel und Verkehrslärm. Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna. Schlussbericht November 2007: Langfassung. F+EVorhaben 02.237/2003/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. 273 S. – Bonn, Kiel.
- GARTHE, S., ULLRICH, N., WEICHLER, T., DIERSCHKE, V., KUBETZKI, U., KOTZERKA, J., KRÜGER, T., SONNTAG, N. & A.J. HELBIG** 2003. See- und Wasservögel der deutschen Ostsee. Verbreitung, Gefährdung und Schutz. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- GAUTHREAU, S.A. & C.G. BELSER** 1999. The behavioral responses of migrating birds to different lighting systems on tall towers. In: **EVANS, W.R. & A.M. MANVILLE, II.** (eds) Avian mortality at communication towers. Transcripts of Proceedings of the workshop on Avian Mortality at Communication Towers, August 11, 1999, Cornell University, Ithaca, NY. <http://www.towerkill.com/science/workshop/pdf/pan4.pdf>
- GATTER, W.** 2000. Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. Aula Verlag Wiebelsheim.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U.N., BAUER, K.M. & E. BEZZEL** 1994. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 5. AULA-Verlag, Wiesbaden.
- GRABER, R.** 1968. Nocturnal migration in Illinois – different points of view. Wilson Bull. 80: 36-71. <http://elibrary.unm.edu/sora/Wilson/v080n01/p0036-p0071.pdf>

- GRANT, P.J., MULLARNEY, K., SVENSSON, L. & D. ZETTERSTRÖM** 2000. Vögel Europas. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart.
- GREEN, M.** 1998. Spring migration of Barnacle Goose *Branta leucopsis* and Dark-bellied Brent Goose *B. bernicla bernicla* over Sweden. *Ornis Svecica* 8:103-123.
- GREEN, M.** 2004. Flying with the wind – spring migration of Arctic-breeding waders and geese over South Sweden. *Ardea* 92 (2): 145-160. <http://ardeajournal.natuurinfo.nl/ardeapdf/a92-145-159.pdf>
- GREEN, M. & T. ALERSTAM** 2000. Flight speeds and climb rates of Brent Geese: mass-dependent differences between spring and autumn migration. *Journal of Avian Biology* 31: 215-225.
- GREEN, M., ALERSTAM, T., CLAUSEN, P., DRENT, R. & B.S. EBBINGE** 2002. Dark-bellied Brent Geese *Branta bernicla bernicla*, as recorded by satellite telemetry, do not minimize flight distance during spring migration. *Ibis* 144: 106-121.
- HANSEN, L.** 1954. Birds killed at lights in Denmark 1886-1939. *Vidensk. Medd. Naturh. Foren. Kopenhagen* 116: 269-368.
- HARMATA, A.R., PODRUZNY, K.M., ZELENAK, J.R. & M.L. MORRISON** 1999. Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment. *Wildlife Soc. Bull.* 27: 44-52.
- HILL, R. & O. HÜPPOP** 2008. Birds and bats: automatic recording of flight calls and their value for the study of migration. In: **Frommolt, K.-H., Bardeli, R. & M. Clausen.** (eds) *Computational bioacoustics for assessing biodiversity.* Federal Agency for Natur Conservation, Germany, Bonn: pp 135-141.
- HIRSCHFELD, A. & A. HEYD** 2005. Jagdbedingte Mortalität von Zugvögeln in Europa: Streckenzahlen und Forderungen aus sicht des Vogel- und Tierschutzes. *Ber. Vogelschutz* 42: 47-74.
- HORCH, P. & V. KELLER** 2005. Windkraftanlagen und Vögel – ein Konflikt? Eine Literaturrecherche. Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach. http://www.vogelwarte.ch/pdf/projekte-upload/ksj_horch_et_al_2005_svw_literaturrecherche_windkraft_voegel.pdf.
- HÖTKER, H.** 2006. Auswirkungen des „Repowering“ von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse. Michael-Otto-Institut, Bergenhusen. <http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/wind/2.pdf>
- HÖTKER, H., THOMSEN, K.-M. & H. KÖSTER** 2005. Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen. Michael-Otto-Institut, Bergenhusen und Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg. <http://bergenhusen.nabu.de/bericht/VoegelRegEnergien.pdf>
- HÜPPOP, K. & O. HÜPPOP** 2002. Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil I: Zeitliche und regionale Veränderungen der Wiederfundraten und Todesursachen auf Helgoland beringter Vögel (1909 bis 1998). *Die Vogelwarte* 41: 161-181.
- HÜPPOP, K. & O. HÜPPOP** 2004. Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 2: Phänologie im Fanggarten von 1961 bis 2000. *Die Vogelwarte* 42: 284-343-181.

- HÜPPOP, O., DIERSCHKE, J. & H. WENDELN** 2005. Zugvögel und Offshore-Windkraftanlagen: Konflikte und Lösungen. Ber. Vogelschutz 41: 127-218.
- IFAÖ** 2003. Fachgutachten Vogelzug zum Offshore-Windparkprojekt „Baltic I“. Projektträger: Offshore Wind AG, Betrachtungszeitraum: August 2002 bis September 2003, Institut für angewandte Ökologie, Forschungsgesellschaft mbH Neu Broderstorf.
- IFAÖ** 2009. Fachgutachten Seevögel zum Offshore-Windparkprojekt „Arcadis Ost 1“. Institut für angewandte Ökologie, Forschungsgesellschaft mbH Neu Broderstorf.
- JELLMANN, J.** 1989. Radarmessungen zur Höhe des nächtlichen Vogelzuges über Nordwestdeutschland im Frühjahr und Hochsommer. Vogelwarte 35: 59-63.
- JENNI, L. & M. KÉRY** 2003. Timing of autumn migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. Royal Soc. UK Proc. B 358.
- KAATZ, J.** 1999. Einfluß von Windenergieanlagen auf das Verhalten der Vögel im Binnenland. – In: IHDE, S. & E. VAUK-HENTZELT (Hrsg., 1999): Vogelschutz und Windenergie – Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. – Bundesverband WindEnergie e.V.
- KAHLERT, J., DESHOLM, M., PETERSEN, I. & T. FOX, T.** 2006. Data on bird numbers, distribution and flight patterns at the Nysted offshore wind farm 1999-2005. Annual report 2005.
- KAHLERT, J., PETERSEN, I.K., FOX, A.D., DESHOLM, M. & I. CLAUSAGER.** 2004. Investigations of birds during construction and operation of Nysted offshore wind farm at Rødsand. Annual status report 2003. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment.
- KARLSSON, J., T. ALERSTAM** 1974. Flyghöjden hos flyttande tranor *Grus grus* over sydligaste Skåne - bestämning med hjälp av radar. Vår Fågelvärld 33: 265-269.
- KARLSSON, J.** 1983. Birds and windpower. Report 1977-82. Report No. 84. United States Government.
- KARLSSON, L., EHNBOOM, S. & G. WALINDER** 2005. A comparison between ringing totals at Falsterbo, SW Sweden, ringing totals at Ottenby, SE Sweden, and point counts from the Swedish Breeding Bird Census during 20 years (1980-1999). Ornis Svec. 15: 183-205.
- KLEM, D. JR.** 1990. Collisions between birds and windows: mortality and prevention. J. Field Ornithol. 61: 120-128.
- KNUST, R., DAHLHOFF, P., GABRIEL, J., HEUERS, J., HÜPPOP, O. & H. WENDELN** 2003. Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee. Umweltbundesamt, Berlin.
- KOVACH, W.L.** 2004. Oriana – Circular Statistics für Windows, ver. 2. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- KRUCKENBERG, H. & J. JAENE** 1999. Zum Einfluss eines Windparks auf die Verteilung weidender Blässgänse im Rheiderland (Landkreis Leer, Niedersachsen). Natur und Landschaft 74: 420-427
- KRÜGER, T. & S. GARTHE** 2001. Flight altitude of coastal birds in relation to wind direction and speed. Atlantic Seabirds 3: 203-216.

- KUBE, J. & B. STRUWE** 1994. Die Ergebnisse der Limikolenzählungen an der südwestlichen Ostseeküste 1991. Corax 15, Sonderheft 2: 4-56.
- KUBE, J.** 2002. Vogelschutz: Kollisionen von Zugvögeln mit anthropogenen Strukturen. Vogelwelt 123: 165-167.
- KUBE, J., N. KJELLÉN, J. BELLEBAUM, R. KLEIN, H. & H. WENDELN** 2005. How many diurnal migrants cross the Baltic Sea at night? Final Conference "Migration in the life-history of birds", Wilhelmshaven, Germany 16-20 February 2005.
http://www.ifv.terramare.de/ESF/ESF_final/final_conference_poster.htm
- LAMMEN, C. & E. HARTFIELD** 1994. Vogelschlag an einem Sendemast auf Sylt: Ein Vergleich zu Windkraftanlagen. Seevögel 15: 1-3.
- LARKIN, R.P. & B.A. FRASE.** 1988. Circular paths of birds flying near a broadcasting tower in cloud. J. Comp. Psychol. 102: 90-93.
- LAUSTEN, M. & P. LYNDS.** 2004. Trækfugle på Christiansø 1976-2001. Narayana Press, Gylling.
- LIECHTI, F.** 2005. Birds flying with the wind – benefit or burden? – A review. European Science Foundation, Scientific Programme on Optimality in Bird Migration. Final conference "Migration in the life-history of birds". Wilhelmshaven, Germany 16-20 February 2005.
- LIECHTI, F. & B. BRUDERER** 1998. The relevance of wind for optimal migration theory. J. Avian Biol. 29: 561-568.
- LIECHTI, F., KLAASSEN, M. & B. BRUDERER** 2000. Predicting migratory flight altitudes by physiological migration models. The Auk 117: 205-214.
- LUNDGREN, S. & G. LUNDIN.** 2003. Status of the Common Crane (*Grus grus*) in Sweden at the end of the 20th century. In: SALVI, A. [ed.]: Proceedings 4th European Crane Workshop, Fenetrange. (50.000-60.000 Kraniche).
- MADSEN, J., CRACKNELL, G. & T. FOX** 1999. Goose Populations of the Western Palearctic. A review of status and distribution. Wetlands International Publication No. 48. National Environmental Research Institute, Denmark.
- MALMHAGEN, B.** 2003. Bird species found on the Falsterbo headland.
http://www.skof.se/fbo/index_e.html
- MANVILLE, A.M.** 2000. The ABCs of avoiding bird collisions at communication towers: the next steps. Proceedings of the Avian Interactions Workshop, December 2, 1999. Charleston, Electric Power Research Institute.
<http://www.fws.gov/migratorybirds/issues/towers/abcs.html>
- MELTOFTE, H.** 2008. A personal view on how waders migrate using the autumn passage of Northern Dunlins as an example. Wader Study Group Bull. 115 (1): 29-32.
- MEYER, S.K., SPAAR, R. & B. BRUDERER** 2000. To cross or to follow the coast? Flight directions and behaviour of migrating raptors approaching the Mediterranean sea in autumn. Behaviour 137: 379-399.
- MORGENROTH, C.** 2002. Die ungewöhnliche Vogelschlagstatistik 1999 und ihre Ursachen. Vogel und Luftverkehr 22: 11-17.

- MÜLLER, H. H.** 1981. Vogelschlag in einer starken Zugnacht auf der Offshore-Forschungsplattform „Nordsee“ im Oktober 1979. *Seevögel* 2: 33-37.
- NEHLS, H.W. & Z. ZÖLLICK** 1990. The moult migration of the Common Scoter (*Melanitta nigra*) off the coast of the GDR. *Baltic Birds* 5 (Proceedings) Vol. 2: 36-46.
- NEWTON, I.** 2007. Weather-related mass-mortality events in migrants. *Ibis* 149: 453-467.
- NEWTON, I. & B. LITTLE** 2009. Assessment of wind-farm and other bird casualties from carcasses found on a Northumbrian beach over an 11-year period. *Bird Study* 56: 158-167.
- NILSSON, L. & M. GREEN** 2002. Fågelkollisioner med Öresundsbron. Lund University.
- NOWALD, G.** 2003. Bedingungen für den Fortpflanzungserfolg: Zur Öko-Ethologie des Graukranichs *Grus grus* während der Jungenaufzucht. Dissertation Universität Osnabrück. (http://elib.ub.uni-osnabrueck.de/publications/diss/E-Diss292_thesis.pdf).
- OREJAS, C., JOSCHKO, T., SCHRÖDER, A., DIERSCHKE, J., EXO, M., FRIEDRICH, E., HILL, R., HÜPPOP, O., POLLEHNE, F., ZETTLER, M.L. & R. BOCHERT** 2005. Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO). Endbericht (FKZ BMU 327526).
- PETERSEN, I.K., CHRISTENSEN, T.K., KAHLERT, J., DESHOLM, M. & A.D. FOX** 2006. Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. National Environmental Research Institute.
- PETTERSSON, J. & T. STALIN.** 2003. The influence of offshore windmills on migration birds in southeast coast of Sweden. GE Wind Energy.
- PRANGE, H.** 2001. Kranichzug, - rast und -schutz 2000. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- RICHARDSON, W.J.** 1978. Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos* 30: 224-274.
- RODTS, J.** 1999. Eoliennes et protection des oiseaux: un dilemme! *L'homme et l'oiseau* 37: 110-123.
- RUHE, W.** 2001. Die Vogelschlagstatistik der Bundeswehr 1999-2000. *Vogel und Luftverkehr* 21: 17-24.
- SANDBERG, R. & S. ÅKESSON** 1999. Behavioural ecology of migratory orientation. In: Adams, N.J. & Slotow, R.H. (eds) *Proc. 22 Int. Ornithol. Congr.*, Durban: 1005-1016. Johannesburg BirdLife South Africa.
- SCHAUB, M., LIECHTI, L. & L. JENNI** 2004. Departure of migrating European Robins, *Erithacus rubecula*, from a stop-over site in relation to wind and rain. *Anim. Behav.* 67: 229-237.
- SCHIRMEISTER, B.** 2003. Verluste von Wasservögeln in Stellnetzen der Küstenfischerei – das Beispiel der Insel Usedom. *Meer und Museum* 17: 160-166.
- SCHMIEDL, J.** 2001. Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf die Tierwelt – ein Überblick. *Schr.reihe Landsch.pfl. Nat.sch.* 67: 19-51.
- SCHREIBER, M.** 1994. Lösungsansätze für innerfachliche Zielkonflikte im Natur- und Umweltschutz am Beispiel der Nutzung der Windenergie. – *Mitt. NNA* 1: 1-9.

- SKOV, H., CHRISTENSEN, K.D., JACOBSEN, E.M., MEISSNER, J. & J. DURINCK** 1998. Fehmarn Belt Fehmarn Belt Feasibility Study, Investigation of Environmental Impact. Birds and Marine Mammals, Baseline Investigation. COWI-Lahmeyer.
- SKOV, H., DURINCK, J., LEOPOLD, M.F. & M.L. TASKER** 1995. Important Bird Areas for seabirds in the North Sea. BirdLife International, Cambridge.
- SONNTAG, N., ENGELHARD, O. & S. GARTHE** 2004. Sommer- und Mauservorkommen von Trauerenten *Melanitta nigra* und Samtenten *M. fusca* auf der Oderbank (südliche Ostsee). Vogelwelt 125: 77-82.
- SONNTAG, N., MENDEL, B. & S. GARTHE** 2006. Die Verbreitung von See- und Wasservögeln in der deutschen Ostsee im Jahresverlauf. Vogelwarte 44 (2): 81-112.
- STÜBING, S.** 2001. Untersuchungen zum Einfluß von Windenergieanlagen auf Herbstdurchzügler und Brutvögel am Beispiel des Vogelberges (Mittelhessen). Diplomarbeit Univ. Marburg. Marburg.
- SUDFELDT, C., DRÖSCHMEISTER, R., GRÜNEBERG, C., JAEHNE, S., MITSCHKE, A. & J. WAHL** 2008. Vögel in Deutschland – 2008. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- SVENSSON, S.** 1998. Bird kills on roads: is this mortality factor seriously underestimated? Ornis Svecica 8: 183-187.
- VAN DER WINDEN, J., SPAANS, A. & S. DIRKSEN** 1999. Nocturnal collision risk of local wintering birds with wind turbines in wetlands. Bremer Beiträge Naturk. Natursch. 4: 33-38.
- VAN GASTEREN, H., VAN BELLE, J. & L. BUURMA** 2002. Kwantificering van vogelbewegingen langs de kust bij IJmuiden: een radarstudie. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Noordzee.
- WENDELN, H., LIECHTI, F., HILL, R., HÜPPPOP, O. & J. KUBE** 2007. Sind Schiffsradargeräte für quantitative Vogelzuguntersuchungen geeignet? – Ein Vergleich mit dem Zielfolgeradar „Superfledermaus“. Vogelwarte 45: 336-337.
- WENDELN, H., BELLEBAUM, J., KUBE, J., LIECHTI, F. & H. STARK** 2008. Zugverhalten von Kranichen *Grus grus* über der Ostsee. Vogelwarte 46, 359-360.
- WINKELMAN, J.E.** 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringslachtoffers en verstoring van pleisterende, eenden, ganzen en zwanen. – Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Rin rapport 89/15, Arnhem.
- WINKELMAN, J.E.** 1992a. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels: 1: aanvaringslachtoffers. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-rapport 92/2, Arnhem.
- WINKELMAN, J.E.** 1992b. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels: 2: nachtelijke aanvaringskansen. - DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-rapport 92/3, Arnhem.
- WINKELMAN, J.E.** 1992c. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels: 3: aanvliegedrag overdag. - DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-rapport 92/4, Arnhem.

	<p style="text-align: center;">Genehmigungsantrag nach BImSchG OWP „ARCADIS Ost 1“ Fachgutachten Vogelzug</p>	<p style="text-align: center;">Vorhabensträger: </p>
---	---	---

WINKELMAN, J.E. 1992d. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels: 4: verstoringsonderzoek. - DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-rapport 92/5, Arnhem.

WITTE, R.H. & S.M.J. VAN LIESHOUT 2003. Effecten van windturbines op vogels. (Eenoverzicht van bestaande literatuur). Bureau Waardenburg, Culemborg. Rapport Nr. 03-046.

ZEHNDER, S., ÅKESSON, S., LIECHTI, F. & B. BRUDERER, B. 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. J. Avian Biol. 32: 239-248.

ŽYDELIS, R. 2002. Habitat selection of waterbirds wintering in Lithuanian coastal zone of the Baltic sea. PhD thesis, Vilnius University.

10 Glossar

µs	Mikrosekunde (1/1000 Millisekunden)
anthropogen	vom Menschen beeinflusst oder verursacht
AEWA	Abkommen über afrikanisch-eurasisch wandernde Wasservögel
Beob.	Beobachtungen
bft	Beaufort
BP	Brutpaare
ca.	zirka
cm	Centimeter
DWD	Deutscher Wetterdienst
E	East = Ost
EU	Europäische Union
EU-VRL	EU-Vogelschutzrichtlinie
Ex.	Exemplare
F	Frühjahr
FINO 2	Forschungsplattform in der Ostsee (F orschung in N ord und O stsee)
h	Stunde
H	Herbst
Hz	Hertz
i. d. R.	in der Regel
IfAÖ	Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH
IfV	Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“
Ind.	Individuen
k.A.	keine Angabe ³
k.D.	keine Daten
Kap.	Kapitel
km	Kilometer
K-S-Test	Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung
kW	Kilowatt
Limikolen	Watvögel
m	Meter
max.	maximal
mdl. Mitt.	mündliche Mitteilung
MEZ	Mitteuropäische Zeit (UTC +1)
MESZ	Mitteuropäische Sommerzeit (UTC +2)
MHz	Megahertz – Bezeichnung für Sendefrequenz (=1.000 Hz)
Min.	Minute
Mio.	Millionen
MTR	migration traffic rate=Zugrate (Vögel pro Kilometer und Stunde)
mw	Mittelwert
N	North = Nord
n	Stichprobenumfang
NE	Nordost
NL	Niederlande, Holland

Nr.	Nummer
ns	nicht signifikant
NVA	Nationale Volksarmee
NW	Nordwest
OWEA	Offshore-Windenergieanlage
OWP	Offshore-Windpark
Phänologie	jahreszeitlicher Verlauf des Zugeschehens
p	Signifikanzwahrscheinlichkeit
PRF	pulse repetition frequency (Anzahl der vom Radar pro Sekunde gesendeten Impulse)
RL	Richtlinie
r_s	Korrelationskoeffizient nach Spearman
RPM	Drehungen pro Minute (Radarbalken)
s.	siehe
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
sec.	Sekunde
sm	Seemeile
s.o.	siehe oben
sog.	Sogenannt
SFM	Zielfolgeradar „Superfledermaus“ der Schweizerischen Vogelwarte Sempach
SPA	Special Protection Area - EU-Vogelschutzgebiet
SPEC	Species of European Concern (Internationale Schutzkategorie)
Spezies	Art
s.u.	siehe unten
Std.	Stunde
StUK	Standarduntersuchungskonzept
SW	Südwest
TWC	Tail Wind Component=Rückenwindkomponente
unpubl.	unpubliziert
UTC	koordinierte Weltzeit (Coordinated Universal Time; Zeit in Bezug zum Nullmeridian)
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie
v. a.	vor allem
VGA	Video Graphics Array
vgl.	vergleiche
Vogelschutz-RL	Vogelschutzrichtlinie
WEA	Windenergieanlage
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion
WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
z. T.	zum Teil

Anhang

Liste der beteiligten Beobachter

Dr. Jochen Bellebaum	Nick Netzler
Christoph Bock	Roland Neumann
Axel Bräunlich	Andreas Nick
Andreas Buchheim	Mathias Putze
Dr. Jochen Dierschke	Konrad Schleicher
Martin Grimm	Benjamin Steffen
Benjamin Herold	Dr. Axel Schulz
Thomas Kellner	Felix Weiss
Dr. Ronald Klein	Dr. Helmut Wendeln
Ulf Kraatz	Dr. Herbert Stark
Dr. Jan Kube	

Tab. 49: Koordinaten der Standorte für Sichtbeobachtungen und Radaruntersuchungen (vgl. Abb. 1)

Standort	° Nord	° Ost
Rügen, Lancken	54°39'	13°15'
Rügen, Nordstrand	54°40'	13°24'
FINO 2	55°00'	13°09'
Falsterbo	55°24'	12°51'
Ankerposition	54°48'	13°37'

Tab. 50: Ausfahrttage in der Arkonasee zur Kranichzugerfassung

Frühjahr	Herbst
11.-12. 03.2008	09.-13.08.2008
15.-16. 03.2008	28.-30.08.2008
19.-20.03.2008	10.-11.09.2008
28.-30.03.2008	06.-09-10-2008
11.-15.04.2008	
27.-28.04.2008	

Tab. 51: Anpassungsfunktionen für Distanzkorrektur.

Radartyp	Anpassungsfunktion
Bridgemaster 25 kW Bridgemaster 10 kW	$g(y) = e^{(-x^2/2*a_1^2)} * \left(1 + \sum_{j=2}^m b_j * \left(\cos \frac{j*\pi*x}{w}\right)\right)$

g (y) :	Erfassungswahrscheinlichkeit
x :	Distanz zum Radar
a _j /b _j :	Detektionsparameter
m :	Anzahl Detektionsparameter
w :	Transectweite
j :	Nummerierung der Anpassungsfunktionen

Tab. 52: Detektionsparameter (\pm SE) für die Anpassungsfunktionen der beiden Bridgemaster-Modelle.

	10 kW	25 kW
model, key function	half-normal	half normal
model, adjustment terms	cosine	cosine
key function a_1	430,7 \pm 17,58	1196 \pm 96,44
series expansion b_1	-0,2829 \pm 0,099	-0,1249 \pm 0,0544
n echoes	672	1.172

Tab. 53: Zuordnung der Tracknummer der Flughöhen aus Abb. 20 zu einzelnen Tagen (nr=fortlaufende Nummer in Abb. 20).

Herbst 2005							
nr	Tag	nr	Tag	nr	Tag	nr	Tag
1	16-SEP-2005	39	06-OCT-2005	77	15-OCT-2005	115	15-OCT-2005
2	16-SEP-2005	40	06-OCT-2005	78	15-OCT-2005	116	15-OCT-2005
3	16-SEP-2005	41	06-OCT-2005	79	15-OCT-2005	117	15-OCT-2005
4	16-SEP-2005	42	06-OCT-2005	80	15-OCT-2005	118	15-OCT-2005
5	16-SEP-2005	43	07-OCT-2005	81	15-OCT-2005	119	15-OCT-2005
6	16-SEP-2005	44	07-OCT-2005	82	15-OCT-2005	120	15-OCT-2005
7	16-SEP-2005	45	07-OCT-2005	83	15-OCT-2005	121	15-OCT-2005
8	16-SEP-2005	46	07-OCT-2005	84	15-OCT-2005	122	15-OCT-2005
9	16-SEP-2005	47	07-OCT-2005	85	15-OCT-2005	123	15-OCT-2005
10	17-SEP-2005	48	07-OCT-2005	86	15-OCT-2005	124	15-OCT-2005
11	17-SEP-2005	49	07-OCT-2005	87	15-OCT-2005	125	15-OCT-2005
12	17-SEP-2005	50	07-OCT-2005	88	15-OCT-2005	126	15-OCT-2005
13	17-SEP-2005	51	07-OCT-2005	89	15-OCT-2005	127	15-OCT-2005
14	17-SEP-2005	52	07-OCT-2005	90	15-OCT-2005	128	15-OCT-2005
15	17-SEP-2005	53	07-OCT-2005	91	15-OCT-2005	129	16-OCT-2005
16	03-OCT-2005	54	07-OCT-2005	92	15-OCT-2005	130	16-OCT-2005
17	03-OCT-2005	55	10-OCT-2005	93	15-OCT-2005	131	16-OCT-2005
18	03-OCT-2005	56	13-OCT-2005	94	15-OCT-2005	132	16-OCT-2005
19	04-OCT-2005	57	13-OCT-2005	95	15-OCT-2005	133	16-OCT-2005
20	04-OCT-2005	58	13-OCT-2005	96	15-OCT-2005	134	16-OCT-2005
21	04-OCT-2005	59	13-OCT-2005	97	15-OCT-2005	135	16-OCT-2005
22	04-OCT-2005	60	13-OCT-2005	98	15-OCT-2005	136	16-OCT-2005
23	04-OCT-2005	61	15-OCT-2005	99	15-OCT-2005	137	16-OCT-2005
24	05-OCT-2005	62	15-OCT-2005	100	15-OCT-2005	138	16-OCT-2005
25	05-OCT-2005	63	15-OCT-2005	101	15-OCT-2005	139	16-OCT-2005
26	05-OCT-2005	64	15-OCT-2005	102	15-OCT-2005	140	16-OCT-2005
27	05-OCT-2005	65	15-OCT-2005	103	15-OCT-2005	141	16-OCT-2005
28	05-OCT-2005	66	15-OCT-2005	104	15-OCT-2005	142	16-OCT-2005
29	05-OCT-2005	67	15-OCT-2005	105	15-OCT-2005	143	16-OCT-2005
30	06-OCT-2005	68	15-OCT-2005	106	15-OCT-2005	144	16-OCT-2005
31	06-OCT-2005	69	15-OCT-2005	107	15-OCT-2005	145	16-OCT-2005
32	06-OCT-2005	70	15-OCT-2005	108	15-OCT-2005	146	17-OCT-2005
33	06-OCT-2005	71	15-OCT-2005	109	15-OCT-2005	147	17-OCT-2005
34	06-OCT-2005	72	15-OCT-2005	110	15-OCT-2005	148	17-OCT-2005
35	06-OCT-2005	73	15-OCT-2005	111	15-OCT-2005		
36	06-OCT-2005	74	15-OCT-2005	112	15-OCT-2005		



Genehmigungsantrag nach BImSchG
OWP „ARCADIS Ost 1“
Fachgutachten Vogelzug



37	06-OCT-2005	75	15-OCT-2005	113	15-OCT-2005		
38	06-OCT-2005	76	15-OCT-2005	114	15-OCT-2005		
	Frühjahr 2006						
nr	Tag	nr	Tag	nr	Tag	nr	Tag
1	21-MAR-2006	56	28-MAR-2006	111	06-APR-2006	166	08-APR-2006
2	21-MAR-2006	57	28-MAR-2006	112	06-APR-2006	167	08-APR-2006
3	21-MAR-2006	58	28-MAR-2006	113	06-APR-2006	168	08-APR-2006
4	21-MAR-2006	59	28-MAR-2006	114	06-APR-2006	169	08-APR-2006
5	21-MAR-2006	60	28-MAR-2006	115	06-APR-2006	170	08-APR-2006
6	21-MAR-2006	61	28-MAR-2006	116	06-APR-2006	171	08-APR-2006
7	22-MAR-2006	62	28-MAR-2006	117	06-APR-2006	172	08-APR-2006
8	23-MAR-2006	63	28-MAR-2006	118	06-APR-2006	173	08-APR-2006
9	23-MAR-2006	64	28-MAR-2006	119	06-APR-2006	174	08-APR-2006
10	23-MAR-2006	65	28-MAR-2006	120	06-APR-2006	175	08-APR-2006
11	23-MAR-2006	66	28-MAR-2006	121	06-APR-2006	176	08-APR-2006
12	23-MAR-2006	67	28-MAR-2006	122	06-APR-2006	177	09-APR-2006
13	24-MAR-2006	68	28-MAR-2006	123	06-APR-2006	178	09-APR-2006
14	24-MAR-2006	69	29-MAR-2006	124	06-APR-2006	179	09-APR-2006
15	24-MAR-2006	70	29-MAR-2006	125	06-APR-2006	180	09-APR-2006
16	24-MAR-2006	71	29-MAR-2006	126	06-APR-2006	181	09-APR-2006
17	27-MAR-2006	72	29-MAR-2006	127	06-APR-2006	182	09-APR-2006
18	27-MAR-2006	73	29-MAR-2006	128	06-APR-2006	183	09-APR-2006
19	27-MAR-2006	74	29-MAR-2006	129	06-APR-2006	184	09-APR-2006
20	27-MAR-2006	75	29-MAR-2006	130	07-APR-2006	185	09-APR-2006
21	27-MAR-2006	76	29-MAR-2006	131	07-APR-2006	186	09-APR-2006
22	27-MAR-2006	77	29-MAR-2006	132	07-APR-2006		
23	27-MAR-2006	78	29-MAR-2006	133	07-APR-2006		
24	27-MAR-2006	79	30-MAR-2006	134	07-APR-2006		
25	27-MAR-2006	80	30-MAR-2006	135	07-APR-2006		
26	27-MAR-2006	81	30-MAR-2006	136	07-APR-2006		
27	27-MAR-2006	82	01-APR-2006	137	07-APR-2006		
28	27-MAR-2006	83	01-APR-2006	138	07-APR-2006		
29	27-MAR-2006	84	01-APR-2006	139	07-APR-2006		
30	27-MAR-2006	85	01-APR-2006	140	07-APR-2006		
31	28-MAR-2006	86	01-APR-2006	141	07-APR-2006		
32	28-MAR-2006	87	01-APR-2006	142	07-APR-2006		
33	28-MAR-2006	88	01-APR-2006	143	07-APR-2006		
34	28-MAR-2006	89	01-APR-2006	144	08-APR-2006		
35	28-MAR-2006	90	02-APR-2006	145	08-APR-2006		
36	28-MAR-2006	91	02-APR-2006	146	08-APR-2006		
37	28-MAR-2006	92	02-APR-2006	147	08-APR-2006		
38	28-MAR-2006	93	02-APR-2006	148	08-APR-2006		
39	28-MAR-2006	94	02-APR-2006	149	08-APR-2006		
40	28-MAR-2006	95	02-APR-2006	150	08-APR-2006		
41	28-MAR-2006	96	02-APR-2006	151	08-APR-2006		
42	28-MAR-2006	97	02-APR-2006	152	08-APR-2006		
43	28-MAR-2006	98	04-APR-2006	153	08-APR-2006		
44	28-MAR-2006	99	04-APR-2006	154	08-APR-2006		
45	28-MAR-2006	100	04-APR-2006	155	08-APR-2006		

46	28-MAR-2006	101	04-APR-2006	156	08-APR-2006		
47	28-MAR-2006	102	04-APR-2006	157	08-APR-2006		
48	28-MAR-2006	103	04-APR-2006	158	08-APR-2006		
49	28-MAR-2006	104	04-APR-2006	159	08-APR-2006		
50	28-MAR-2006	105	04-APR-2006	160	08-APR-2006		
51	28-MAR-2006	106	06-APR-2006	161	08-APR-2006		
52	28-MAR-2006	107	06-APR-2006	162	08-APR-2006		
53	28-MAR-2006	108	06-APR-2006	163	08-APR-2006		
54	28-MAR-2006	109	06-APR-2006	164	08-APR-2006		
55	28-MAR-2006	110	06-APR-2006	165	08-APR-2006		
	Herbst 2008						
nr	Tag		nr	Tag			
1	13-SEP-2008	38	19-SEP-2008	75	24-SEP-2008		
2	13-SEP-2008	39	19-SEP-2008	76	24-SEP-2008		
3	13-SEP-2008	40	19-SEP-2008	77	24-SEP-2008		
4	13-SEP-2008	41	19-SEP-2008	78	24-SEP-2008		
5	13-SEP-2008	42	21-SEP-2008	79	24-SEP-2008		
6	13-SEP-2008	43	21-SEP-2008	80	24-SEP-2008		
7	13-SEP-2008	44	21-SEP-2008	81	24-SEP-2008		
8	13-SEP-2008	45	21-SEP-2008	82	24-SEP-2008		
9	13-SEP-2008	46	21-SEP-2008	83	24-SEP-2008		
10	13-SEP-2008	47	21-SEP-2008	84	24-SEP-2008		
11	13-SEP-2008	48	21-SEP-2008	85	26-SEP-2008		
12	13-SEP-2008	49	21-SEP-2008	86	28-SEP-2008		
13	13-SEP-2008	50	21-SEP-2008	87	07-OCT-2008		
14	13-SEP-2008	51	21-SEP-2008	88	07-OCT-2008		
15	13-SEP-2008	52	21-SEP-2008	89	07-OCT-2008		
16	14-SEP-2008	53	21-SEP-2008	90	07-OCT-2008		
17	14-SEP-2008	54	23-SEP-2008	91	07-OCT-2008		
18	14-SEP-2008	55	23-SEP-2008	92	07-OCT-2008		
19	14-SEP-2008	56	23-SEP-2008	93	07-OCT-2008		
20	14-SEP-2008	57	23-SEP-2008	94	07-OCT-2008		
21	14-SEP-2008	58	23-SEP-2008	95	07-OCT-2008		
22	14-SEP-2008	59	23-SEP-2008	96	07-OCT-2008		
23	14-SEP-2008	60	24-SEP-2008	97	07-OCT-2008		
24	14-SEP-2008	61	24-SEP-2008	98	07-OCT-2008		
25	14-SEP-2008	62	24-SEP-2008	99	07-OCT-2008		
26	14-SEP-2008	63	24-SEP-2008	100	07-OCT-2008		
27	15-SEP-2008	64	24-SEP-2008	101	07-OCT-2008		
28	15-SEP-2008	65	24-SEP-2008	102	07-OCT-2008		
29	15-SEP-2008	66	24-SEP-2008	103	08-OCT-2008		
30	16-SEP-2008	67	24-SEP-2008	104	08-OCT-2008		
31	17-SEP-2008	68	24-SEP-2008	105	08-OCT-2008		
32	18-SEP-2008	69	24-SEP-2008	106	08-OCT-2008		
33	19-SEP-2008	70	24-SEP-2008	107	08-OCT-2008		
34	19-SEP-2008	71	24-SEP-2008	108	08-OCT-2008		
35	19-SEP-2008	72	24-SEP-2008	109	13-OCT-2008		
36	19-SEP-2008	73	24-SEP-2008	110	13-OCT-2008		
37	19-SEP-2008	74	24-SEP-2008				

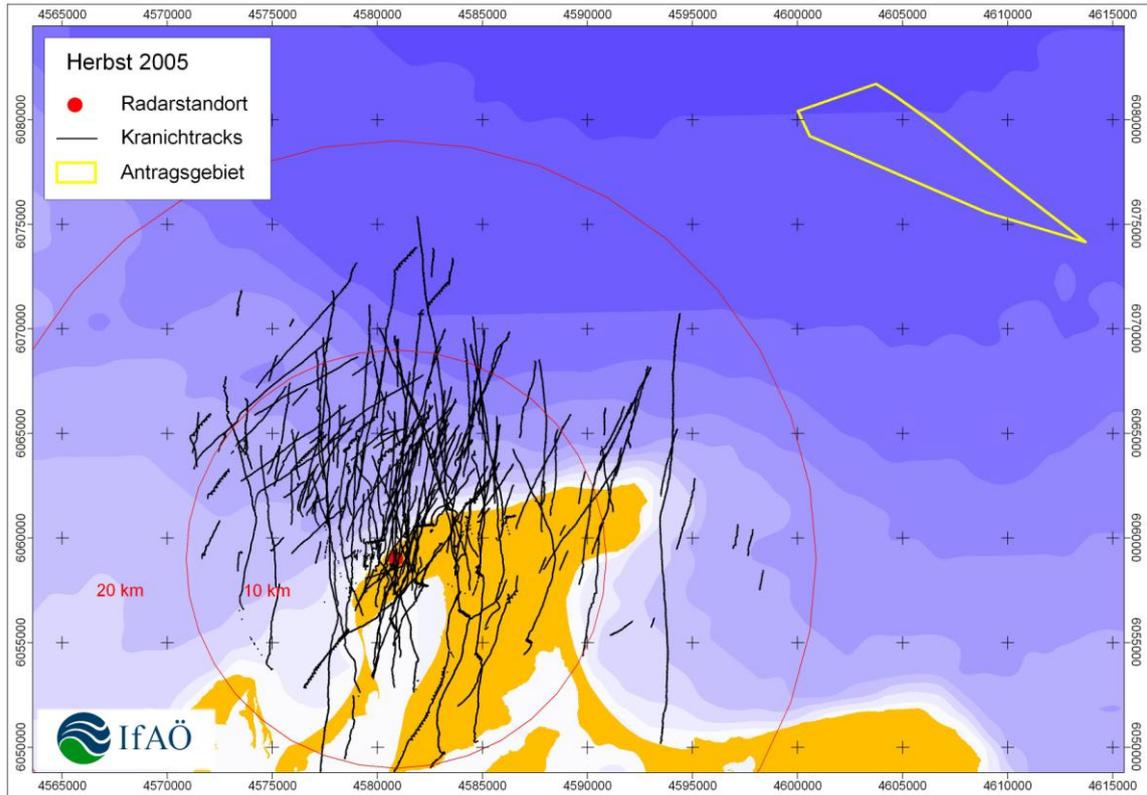


Abb. 62: Darstellung aller gemessenen Flugwege im Herbst 2005.

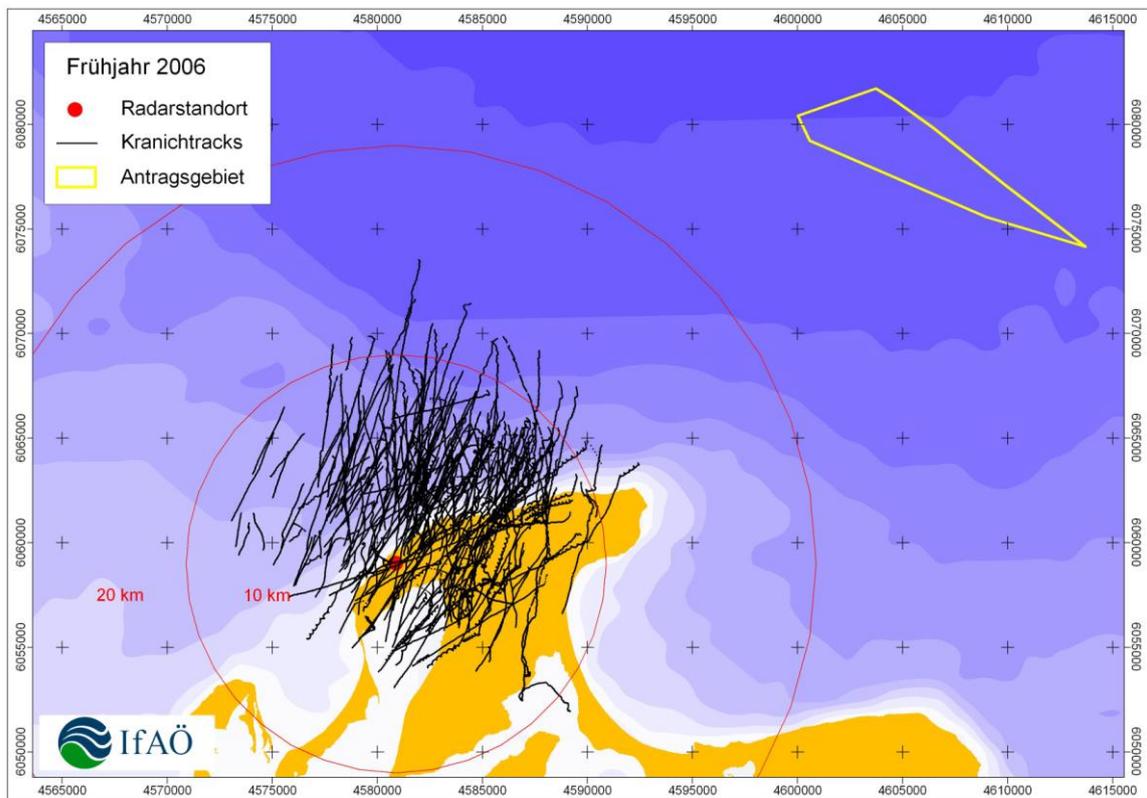


Abb. 63: Darstellung aller gemessenen Flugwege im Frühjahr 2006.

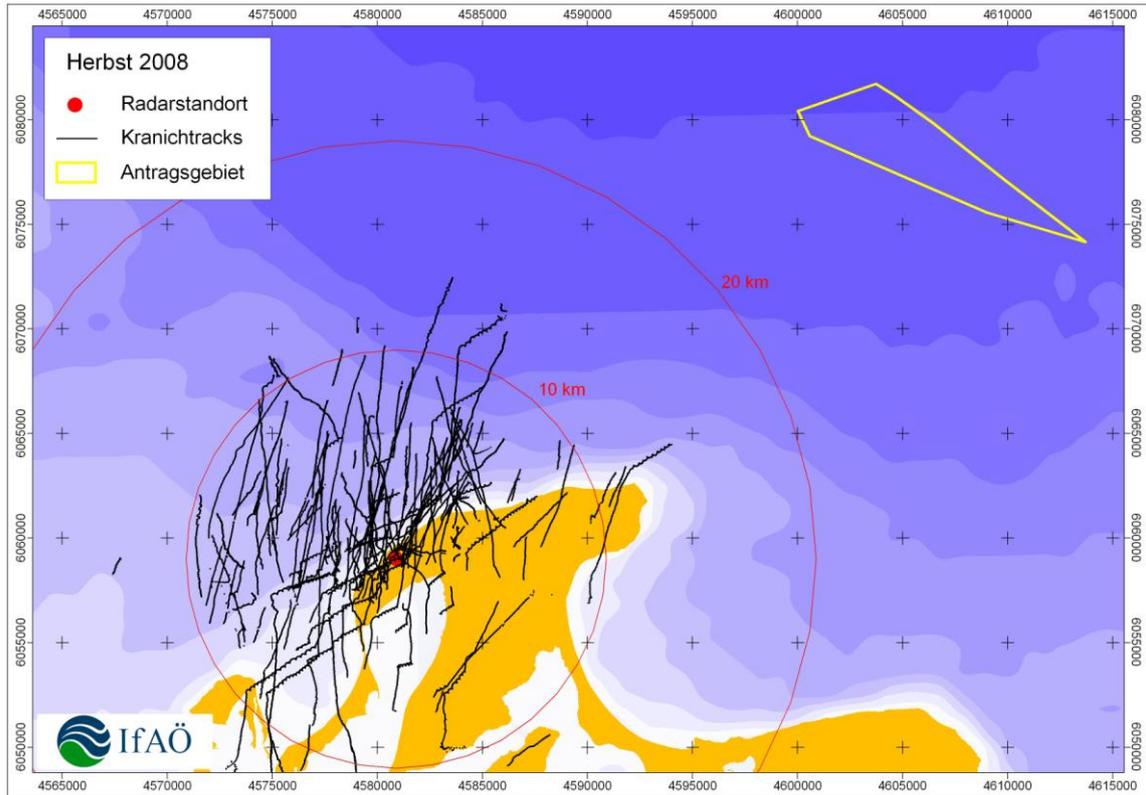


Abb. 64: Darstellung aller gemessenen Flugwege im Herbst 2008.

Tab. 54: Liste beobachteter Singvögel im Frühjahr und Herbst 2008 am Beobachtungspunkt Nordstrand (nur qualitativ). Die Variable „Wert“ kennzeichnet Arten, von denen in Schweden >1.000 BP vorkommen (nur diese fließen in der Summe Artenzahl ein).

Frühjahr 2008		Herbst 2008					
Art	Wert	Art	Wert	Art	Wert	Art	Wert
Haustaube	1	Blaumeise	1	Ringeltaube	1	Raubwürger	1
Hohltaube	1	Sumpfmeise	1	Turteltaube	.	Elster	1
Ringeltaube	1	Schwanzmeise	1	Kuckuck	1	Eichelhäher	1
Türkentaube	1	Kleiber	1	Mauersegler	1	Tannenhäher	1
Turteltaube	.	Gartenbaumläufer	.	Buntspecht	1	Nebelkrähe	1
Kuckuck	1	Neuntöter	1	Kleinspecht	1	Rabenkrähe	1
Sumpfohreule	1	Raubwürger	1	Feldlerche	1	Kolkrabe	1
Mauersegler	1	Elster	1	Heidelerche	1	Star	1
Wiedehopf	.	Eichelhäher	1	Uferschwalbe	1	Hausperling	1
Bienenfresser	.	Dohle	1	Rauchschwalbe	1	Feldsperling	1
Buntspecht	1	Saatkrähe	1	Mehlschwalbe	1	Buchfink	1
Wendehals	1	Nebelkrähe	1	Wiesenpieper	1	Bluthänfling	1
Feldlerche	1	Rabenkrähe	1	Baumpieper	1	Berghänfling	.
Heidelerche	1	Kolkrabe	1	Bachstelze	1	Birkenzeisig	1
Uferschwalbe	1	Star	1	Schafstelze	1	Stieglitz	1
Rauchschwalbe	1	Pirol	.	Gebirgsstelze	1	Erlenzeisig	1
Mehlschwalbe	1	Feldsperling	1	Zaunkönig	1	Gimpel	1
Wiesenpieper	1	Buchfink	1	Seidenschwanz	1	Kernbeißer	1
Baumpieper	1	Birkenzeisig	1	Heckenbraunelle	1	Karmingimpel	1
Bachstelze	1	Stieglitz	1	Rotkehlchen	1	Rohrhammer	1
Schafstelze	1	Grünfink	1	Gartenrotschwanz	1	Graumammer	.

Gebirgsstelze	1	Erlenzeisig	1	Steinschmätzer	1	
Zaunkönig	1	Girlitz	.	Braunkehlchen	1	
Heckenbraunelle	1	Gimpel	1	Singdrossel	1	Artenzahl
Rotkehlchen	1	Kernbeißer	1	Rotdrossel	1	Singvögel
Sprosser	1	Fichtenkreuzschnabel	1	Wacholderdrossel	1	66
Hausrotschwanz	.	Karmingimpel	1	Amsel	1	
Steinschmätzer	1	Rohrammer	1	Ringdrossel	1	
Braunkehlchen	1	Schneeammer	1	Gartengrasmücke	1	
Singdrossel	1	Goldammer	1	Mönchsgrasmücke	1	
Rotdrossel	1	Grauammer	.	Klappergrasmücke	1	
Misteldrossel	1			Dorngrasmücke	1	
Wacholderdrossel	1			Sumpfrohrsänger	1	
Amsel	1	Artenzahl Singvögel	72	Gelbspötter	1	
Ringdrossel	1			Fitis	1	
Gartengrasmücke	1			Zilpzalp	1	
Mönchsgrasmücke	1			Sommergoldhähnchen	.	
Klappergrasmücke	1			Wintergoldhähnchen	1	
Dorngrasmücke	1			Grauschnäpper	1	
Feldschwirl	1			Zwergschnäpper	.	
Schlagschwirl	.			Trauerschnäpper	1	
Teichrohrsänger	1			Halsbandschnäpper	1	
Sumpfrohrsänger	1			Kohlmeise	1	
Gelbspötter	1			Tannenmeise	1	
Fitis	1			Blaumeise	1	
Waldlaubsänger	1			Sumpfmehse	1	
Sommergoldhähnchen	.			Schwanzmeise	1	
Wintergoldhähnchen	1			Kleiber	1	
Trauerschnäpper	1			Waldbaumläufer	1	
Kohlmeise	1			Neuntöter	1	
Tannenmeise	1					

Tab. 55: Anzahl beobachteter Nicht-Singvögel während synchroner Beobachtungszeiten auf der Arkonasee und auf Rügen (Entfernungen bis 5 km berücksichtigt); Frühjahr 2008: 16 Tage; Herbst 2008: 19 Tage.

Art	FRÜHJAHR 2008		HERBST 2008	
	Anzahl Arkonasee	Anzahl Rügen	Anzahl Arkonasee	Anzahl Rügen
Austernfischer		3	16	20
Bergente	75	18	1	1
Blässgans		47	4	2
Brandgans		16	15	13
Brandseeschwalbe	3	27	12	12
Bruchwasserläufer		5	1	1
Eiderente	575	763	1	66
Eisente	273	2.616		1
Eissturmvogel	1		347	300
Fischadler	1	4	3	6
Flussregenpfeifer		1	1	
Flussseeschwalbe	7		7	4
Gänsesäger	35	20	40	40
Goldregenpfeifer		37		2
Graugans	5	13		2
Großer Brachvogel	205	81	12	36
Grünschenkel		1	202	29
Gryllteiste	2	7	10	2
Alpenstrandläufer				
Austernfischer				
Bekassine				
Bergente				
Blässgans				
Brandgans				
Brandseeschwalbe				
Dreizehenmöwe				
Eiderente				
Eisente				
Falkenraubmöwe				
Fischadler				
Flussseeschwalbe				
Flussuferläufer				
Gänsesäger				
Goldregenpfeifer				
Graugans				
Großer Brachvogel				

FRÜHJAHR 2008			HERBST 2008		
Art	Anzahl Arkonasee	Anzahl Rügen	Art	Anzahl Arkonasee	Anzahl Rügen
Habicht		1	Grünschenkel	1	
Haubentaucher		10	Haubentaucher		6
Heringsmöwe	17		Heringsmöwe	38	1
Höckerschwan	20	20	Höckerschwan	19	31
Kampfläufer		2	Kanadagans	171	34
Kanadagans	25		Kiebitzregenpfeifer	22	14
Kiebitz		11	Knutt	7	
Kormoran	953	499	Kormoran	763	173
Kornweihe		4	Kornweihe	2	
Krickente	2	3	Krickente	98	74
Küstenseeschwalbe		2	Küstenseeschwalbe	8	11
Lachmöwe	43	549	Lachmöwe	25	7
Löffelente	6	13	Löffelente	72	1
Mantelmöwe	43		Mantelmöwe	3	
Mäusebussard	1	75	Mäusebussard	1	14
Merlin	1	3	Merlin	3	2
Mittelsäger	68	224	Mittelmeermöwe	2	
Ohrentaucher		2	Mittelsäger	25	42
Pfeifente	33	40	Mornellregenpfeifer	1	
Prachtaucher	30	41	Ohrentaucher	1	1
Raufußbussard	1	28	Pfeifente	1.384	205
Regenbrachvogel		7	Pfuhlschnepfe	15	3
Reiherente	4	5	Prachtaucher	12	29
Ringelgans		5	Raufußbussard	5	
Rohrweihe		6	Regenbrachvogel	7	
Rothalstaucher		22	Reiherente	30	19
Rotmilan	3	47	Ringelgans	1	1
Rotschenkel		1	Rohrweihe	8	1
Saatgans	96		Rothalstaucher	1	7
Samtente	27	152	Rotmilan		2
Schellente		5	Saatgans	20	2
Schmarotzerraubmöwe	3		Samtente	48	19
Schwarzmilan		2	Schellente		1
Seeadler		6	Schmarotzerraubmöwe	15	3
Singschwan	22	14	Schwalbenmöwe	1	
Sperber	29	308	Sichelstrandläufer	8	
Spießente	1	1	Sperber	30	13
Steppenmöwe		1	Spießente	32	4
Sterntaucher	60	637	Steppenmöwe	1	
Stockente	9	16	Sterntaucher		4
Sturmmöwe	89	01	Stockente	38	11
Tafelente		32	Sturmmöwe	25	4
Tordalk	44	16	Tafelente	9	
Trauerente	4.603	28.107	Tordalk	11	1
Trottellumme	16		Trauerente	3.921	3.651
Turmfalke	1	11	Trauerseeschwalbe	14	7
Uferschnepfe	1		Trottellumme	10	3
Waldwasserläufer		2	Turmfalke	5	3
Wanderfalke		1	Wanderfalke		1
Weißwangengans		4	Wespenbussard	43	31
Wiesenweihe		2	Zwergmöwe	80	49

FRÜHJAHR 2008			HERBST 2008		
Art	Anzahl Arkonasee	Anzahl Rügen	Art	Anzahl Arkonasee	Anzahl Rügen
Zwergmöwe	26	35			
Zwergsäger		1			
Zwergschwan	7	5			
ARTENGRUPPEN					
Alk	21	20	Alk	14	6
Fluss- /Küstenseeschwalbe		1	Fluss- /Küstenseeschwalbe	25	22
Graue Gans		2	Limikole	33	2
Gründelente		20	Raubmöwe	8	1
Lappentaucher		1	Schwimmente	271	5
Schwan	53	1	Seetaucher	5	2
Seetaucher	85	211	Strandläufer		8

Tab. 56: Korrelationskoeffizient (Spearman's Rank Korrelation, R_s) zwischen Beringungszahlen (saisonale Summen) und Jahr in 37 Arten zwischen 1980-1999. FBO=Beringung in Falsterbo (Leuchtturm-Garten ohne mit FR=Flommen gekennzeichnete Arten). OBY=Beringung in Ottenby. PTX=Punkt-Zählungen im „Swedish Breeding Bird Census“. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$. aus: KARLSSON et al. 2005.**

	FBO	OBY	PTX
Long-distance migrants <i>Långflyttare</i>			
Wryneck <i>Jynx torquilla</i>	-0.787***	-0.576**	-0.697***
Tree Pipit <i>Anthus trivialis</i>	-0.701***	-0.667**	-0.859***
Yellow Wagtail <i>Motacilla flava</i> FR	-0.438	-0.648**	-0.373
Thrush Nightingale <i>Luscinia luscinia</i>	-0.760***	-0.498*	-0.746***
Redstart <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	-0.427	-0.336	-0.396
Whinchat <i>Saxicola rubetra</i> FR	-0.730***	-0.308	-0.155
Wheatear <i>Oenanthe oenanthe</i>	-0.904***	-0.499*	-0.929***
Sedge Warbler <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> FR	+0.234	+0.211	+0.030
Reed Warbler <i>Acrocephalus scirpaceus</i> FR	-0.009	-0.280	+0.821***
Icterine Warbler <i>Hippolais icterina</i>	-0.722***	-0.270	+0.033
Lesser Whitethroat <i>Sylvia curruca</i>	-0.291	+0.223	+0.067
Whitethroat <i>Sylvia communis</i>	+0.170	+0.071	+0.607**
Garden Warbler <i>Sylvia borin</i>	-0.506*	-0.394	-0.412
Blackcap <i>Sylvia atricapilla</i>	+0.544*	-0.638**	+0.732***
Wood Warbler <i>Phylloscopus sibilatrix</i>	-0.372	-0.383	+0.674**
Willow Warbler <i>Phylloscopus trochilus</i>	-0.678**	-0.038	-0.068
Spotted Flycatcher <i>Muscicapa striata</i>	-0.650**	-0.382	-0.096
Pied Flycatcher <i>Ficedula hypoleuca</i>	-0.749***	-0.544*	+0.017
Red-backed Shrike <i>Lanius collurio</i>	-0.840***	-0.412	-0.755***
No. of species with significant negative trends	11	7	5
No. of species with significant positive trends	1	0	4
No. of species with non-significant trends	7	12	10
Medium/short distance migrants <i>Medel/kortdistansflyttare</i>			
White Wagtail <i>Motacilla alba</i> FR	-0.471*	-0.475*	-0.744***
Wren <i>Troglodytes troglodytes</i>	+0.707***	+0.644**	+0.728***
Duncock <i>Prunella modularis</i>	-0.541*	-0.226	-0.787***
Robin <i>Erithacus rubecula</i>	+0.035	-0.185	-0.137
Blackbird <i>Turdus merula</i>	+0.529*	+0.081	+0.808***
Song Thrush <i>Turdus philomelos</i>	-0.056	-0.602**	-0.494*
Redwing <i>Turdus iliacus</i>	-0.153	-0.264	-0.182
Chiffchaff <i>Phylloscopus collybita</i>	+0.527*	-0.015	-0.298
Goldcrest <i>Regulus regulus</i>	+0.122	-0.168	+0.553*
Chaffinch <i>Fringilla coelebs</i>	+0.041	-0.278	-0.100
Reed Bunting <i>Emberiza schoeniclus</i>	-0.889***	-0.848***	-0.133
No. of species with significant negative trends	3	3	3
No. of species with significant positive trends	3	1	3
No. of species with non-significant trends	5	7	5
Partial migrants <i>Partiella flyttare</i>			
Blue Tit <i>Parus caeruleus</i>	+0.209	-0.017	+0.818***
Great Tit <i>Parus major</i>	-0.205	-0.699***	-0.346
Treecreeper <i>Certhia familiaris</i>	-0.025	+0.335	+0.698***
Tree Sparrow <i>Passer montanus</i>	-0.416	-0.085	+0.186
Greenfinch <i>Carduelis chloris</i>	-0.114	-0.207	+0.617**
Siskin <i>Carduelis spinus</i>	+0.447*	+0.258	+0.195
Yellowhammer <i>Emberiza citrinella</i>	-0.502*	-0.534*	-0.726***
No. of species with significant negative trends	1	2	1
No. of species with significant positive trends	1	0	3
No. of species with non-significant trends	5	5	3

Tab. 57: Anzahl beobachteter Singvögel auf der Arkonasee im Frühjahr 2008 (16 Tage) und Herbst 2008 (19 Tage).

FRÜHJAHR 2008	n	HERBST 2008	n
Ringeltaube	135	Mauersegler	55
Feldlerche	52	Feldlerche	190
Uferschwalbe	1	Uferschwalbe	3
Rauchschwalbe	7	Rauchschwalbe	358
Wiesenpieper	60	Mehlschwalbe	14
Bachstelze	27	Wiesenpieper	172
Zaunkönig	10	Baumpieper	22
Rotkehlchen	6	Bachstelze	89
Hausrotschwanz	1	Schafstelze	10
Rotdrossel	1	Zaunkönig	13
Misteldrossel	3	Rotkehlchen	8
Amsel	11	Singdrossel	2
Zilpzalp	2	Fitis	1
Kohlmeise	8	Zilpzalp	7
Blaumeise	11	Wintergoldhähnchen	34
Dohle	14	Kohlmeise	4
Saatkrähe	7	Blaumeise	27
Nebelkrähe	2	Neuntöter	2
Star	59	Star	96
Haussperling	1	Buchfink	216
Feldsperling	1	Bergfink	13
Buchfink	22	Stieglitz	7
Bluthänfling	3	Goldammer	1
Stieglitz	1	Heckenbraunelle	2
Grünfink	5	Gartenrotschwanz	5
Erlenzeisig	3	Gartengrasmücke	1
Rohrhammer	2	Waldlaubsänger	1
Goldammer	1	Trauerschnäpper	1
Sommersgoldhähnchen	1		
Wintergoldhähnchen	3		
ARTENGRUPPEN			
Singvogel	8	Drossel	1
Stelze	2	Haus-/Felsentaube	5
Pieper	8	Schwalbe	1
Drossel	2	Singvogel	538
Meise	1	Pieper	4
Finkenvogel	21		
Haus-/Felsentaube	2		
Summe Arten	30		28
Summe Artengruppen	7		5

Tab. 58: Schutzkategorien der beobachteten Arten (nach BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004).

	Anhang EU- Vogelschutz-RL	SPEC- Kategorie	AEWA
Sternaucher <i>Gavia stellata</i>	I	3	X
Prachtaucher <i>Gavia arctica</i>	I	3	X
Gelbschnabeltaucher <i>Gavia adamsii</i>			X

	Anhang EU- Vogelschutz-RL	SPEC- Kategorie	AEWA
Eistaucher <i>Gavia immer</i>	I		X
Ohrentaucher <i>Podiceps auritus</i>	I	3	X
Schwarzhalstaucher <i>Podiceps nigricollis</i>			
Haubentaucher <i>Podiceps cristatus</i>			
Rothalstaucher <i>Podiceps grisegena</i>			X
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>			
Kormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>			
Graureiher <i>Ardea cinerea</i>			
Silberreiher <i>Egretta alba</i>	I		X
Weißstorch <i>Ciconia ciconia</i>	I	2	X
Schwarzstorch <i>Ciconia nigra</i>	I	2	X
Höckerschwan <i>Cygnus olor</i>	II/2		X
Singschwan <i>Cygnus cygnus</i>	I		X
Zwergschwan <i>Cygnus bewickii</i>	I	3W	X
Graugans <i>Anser anser</i>	II/1; III/2		X
Blässgans <i>Anser albifrons</i>	I ¹⁾ - II/2 - III/1 ²⁾		X
Saatgans <i>Anser fabilis</i>	II/1		X
Kanadagans <i>Branta canadensis</i>	II/1		
Weisswangengans <i>Branta leucopsis</i>	I		X
Ringelgans <i>Branta bernicla</i>	II/2	3W	X
Brandgans <i>Tadorna tadorna</i>			X
Stockente <i>Anas platyrhynchos</i>	II/1; III/1		X
Schnatterente <i>Anas strepera</i>	II/1	3	X
Spießente <i>Anas acuta</i>	II/1; III/2	3	X
Löffelente <i>Anas clypeata</i>	II/1 - III/2	3	X
Pfeifente <i>Anas penelope</i>	II/1 - III/2		X
Krickente <i>Anas crecca</i>	II/1 - III/2		X
Knäkente <i>Anas querquedula</i>	II/1	3	X
Tafelente <i>Aythya ferina</i>	II/1 - III/2	2	X
Kolbenente <i>Netta rufina</i>	II/2		X
Reiherente <i>Aythya fuligula</i>	II/1 - III/2		X
Bergente <i>Aythya marila</i>	II/2 - III/2	3W	X
Eiderente <i>Somateria mollissima</i>	II/2 - III/2		X
Prachteiderente <i>Somateria spectabilis</i>			X
Scheckente <i>Polysticta stelleri</i>	I	3W	X
Trauerente <i>Melanitta nigra</i>	II/2 - III/2		X
Samtente <i>Melanitta fusca</i>	II/2	3	X
Eisente <i>Clangula hyemalis</i>	II/2		X
Schellente <i>Bucephala clangula</i>	II/2		X
Spatelente <i>Bucephala islandica</i>		3	
Zwergsäger <i>Mergus albellus</i>	I	3	X
Mittelsäger <i>Mergus serrator</i>	II/2		X
Gänsesäger <i>Mergus merganser</i>	II/2		X
Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>	I	1	
Fischadler <i>Pandion haliaetus</i>	I	3	
Steinadler <i>Aquila chrysaetos</i>	I	3	
Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>	I	2	
Steppenadler <i>Aquila nipalensis</i>		3	
Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>	I		
Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	I	2	
Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>	I	3	
Kornweihe <i>Circus cyaneus</i>	I	3	
Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>	I		
Steppenweihe <i>Circus macrourus</i>	I	1	
Raufußbussard <i>Buteo lagopus</i>			
Mäusebussard <i>Buteo buteo</i>			
Wespenbussard <i>Pernis apivorus</i>	I		
Sperber <i>Accipiter nisus</i>			

	Anhang EU- Vogelschutz-RL	SPEC- Kategorie	AEWA
Habicht <i>Accipiter gentilis</i>			
Turmfalke <i>Falco tinnunculus</i>		3	
Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>			
Wanderfalke <i>Falco peregrinus</i>	I		
Merlin <i>Falco columbarius</i>	I		
Kranich <i>Grus grus</i>	I	2	X
Austernfischer <i>Haematopus ostralegus</i>	II/2		
Säbelschnäbler <i>Recurvirostra avosetta</i>	I		X
Sandregenpfeifer <i>Charadrius hiaticula</i>			X
Flussregenpfeifer <i>Charadrius dubius</i>			X
Kiebitzregenpfeifer <i>Pluvialis squatarola</i>	II/2		X
Goldregenpfeifer <i>Pluvialis apricaria</i>	I, II/2, III/2		X
Kiebitz <i>Vanellus vanellus</i>	II/2	2	X
Knutt <i>Calidris canutus</i>	II/2	3W	X
Sanderling <i>Calidris alba</i>			X
Steinwälzer <i>Arenaria interpres</i>			X
Alpenstrandläufer <i>Calidris alpina</i>	I* <i>C.a. schinzii</i>	3	X
Sichelstrandläufer <i>Calidris ferruginea</i>			X
Bruchwasserläufer <i>Tringa glareola</i>	I	3	X
Flussuferläufer <i>Actitis hypoleucos</i>		3	X
Waldwasserläufer <i>Tringa ochropus</i>			X
Rotschenkel <i>Tringa totanus</i>	II/2	2	X
Dunkler Wasserläufer <i>Tringa erythropus</i>	II/2	3	X
Grünschenkel <i>Tringa nebularia</i>	II/2	-	X
Pfuhschnepfe <i>Limosa lapponica</i>	I, II/2		X
Uferschnepfe <i>Limosa limosa</i>	II/2	2	X
Großer Brachvogel <i>Numenius arquata</i>	II/2	2	X
Regenbrachvogel <i>Numenius phaeopus</i>	II/2		X
Bekassine <i>Gallinago gallinago</i>	II/1, III/2	3	X
Kampfläufer <i>Philomachus pugnax</i>	I, II/2	2	X
Skua <i>Stercorarius skua</i>			
Spatelraubmöwe <i>Stercorarius pomarinus</i>			
Schmarotzerraubmöwe <i>Stercorarius parasiticus</i>			
Falkenraubmöwe <i>Stercorarius longicaudus</i>			
Lachmöwe <i>Larus ridibundus</i>	II/2		
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	II/2	2	
Schwarzkopfmöwe <i>Larus melanocephalus</i>	I		X
Mittelmeermöwe <i>Larus michahellis</i>	II/2		
Steppenmöwe <i>Larus cachinnans</i>	II/2		
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	II/2		
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	II/2		
Zwergmöwe <i>Larus minutus</i>	I	3	
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>			
Polarmöwe <i>Larus glaucoides</i>			
Zwergseeschwalbe <i>Sterna albifrons</i>	I	3	X
Brandseeschwalbe <i>Sterna sandvicensis</i>	I	2	X
Flussseeschwalbe <i>Sterna hirundo</i>	I	-	X
Küstenseeschwalbe <i>Sterna paradisaea</i>	I	-	X
Raubseeschwalbe <i>Sterna caspia</i>	I	3	X
Trauerseeschwalbe <i>Chlidonias niger</i>	I	3	X
Krabbentaucher <i>Alle alle</i>			
Gryllteiste <i>Cephus grylle</i>		2	
Trottellumme <i>Uria aalge</i>			
Tordalk <i>Alca torda</i>			
Hohltaube <i>Columba oenas</i>	II/2		
Ringeltaube <i>Columba palumbus</i>	II/1, III/1		
Türkentaube <i>Streptopelia decaocto</i>	II/2		

	Anhang EU- Vogelschutz-RL	SPEC- Kategorie	AEWA
Kuckuck <i>Cuculus canorus</i>			
Sumpfohreule <i>Asio flammeus</i>	I	3	
Mauersegler <i>Apus apus</i>			
Buntspecht <i>Dendrocopos major</i>			
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>			
Wendehals <i>Jynx torquilla</i>		3	
Feldlerche <i>Alauda arvensis</i>	II/2	3	
Heidelerche <i>Lulula arborea</i>	I	2	
Uferschwalbe <i>Riparia riparia</i>		3	
Rauchschwalbe <i>Hirundo rustica</i>		3	
Mehlschwalbe <i>Delichon urbica</i>			
Wiesenpieper <i>Anthus pratensis</i>			
Baumpieper <i>Anthus trivialis</i>			
Bachstelze <i>Motacilla alba</i>			
Schafstelze <i>Motacilla flava</i>			
Gebirgsstelze <i>Motacilla cinerea</i>			
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>			
Seidenschwanz <i>Bombycilla garrulus</i>			
Heckenbraunelle <i>Prunella modularis</i>			
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>			
Sprosser <i>Luscinia luscinia</i>			
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i>		2	
Steinschmätzer <i>Oenanthe oenanthe</i>		3	
Braunkehlchen <i>Saxicola rubetra</i>			
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	II/2		
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	II/2		
Misteldrossel <i>Turdus viscivorus</i>	II/2		
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	II/2		
Amsel <i>Turdus merula</i>	II/2		
Ringdrossel <i>Turdus torquatus</i>			
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>			
Dorngrasmücke <i>Sylvia communis</i>			
Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>			
Feldschwirl <i>Locustella naevia</i>			
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>			
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>			
Gelbspötter <i>Hippolais icterina</i>			
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>			
Waldlaubsänger <i>Phylloscopus sibilatrix</i>		2	
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>			
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>			
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>		3	
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>			
Halsbandschnäpper <i>Ficedula albicollis</i>	I		
Kohlmeise <i>Parus major</i>			
Tannenmeise <i>Parus ater</i>			
Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>			
Sumpfmeise <i>Parus palustris</i>		3	
Schwanzmeise <i>Aegithalos caudatus</i>			
Kleiber <i>Sitta europaea</i>			
Waldbaumläufer <i>Certia familiaris</i>			
Gartenbaumläufer <i>Certia brachydactyla</i>			
Neuntöter <i>Lanius collurio</i>	I	3	
Raubwürger <i>Lanius excubitor</i>		3	
Elster <i>Pica pica</i>	II/2		
Eichelhäher <i>Garrulus glandarius</i>	II/2		
Tannenhäher <i>Nucifraga caryocatactes</i>			
Dohle <i>Corvus monedula</i>	II/2		

	Anhang EU- Vogelschutz-RL	SPEC- Kategorie	AEWA
Saatkrähe <i>Corvus frugilegus</i>	II/2	4	
Nebelkrähe <i>Corvus c. coronex</i>	II/2		
Rabenkrähe <i>Corvus c. cornix</i>	II/2		
Kolkrabe <i>Corvus corax</i>			
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	II/2	3	
Haussperling <i>Passer domesticus</i>		3	
Feldsperling <i>Passer montanus</i>		3	
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>			
Bluthänfling <i>Carduelis cannabina</i>		2	
Birkenzeisig <i>Carduelis flammea</i>			
Stieglitz <i>Carduelis carduelis</i>			
Grünfink <i>Carduelis chloris</i>			
Erlenzeisig <i>Carduelis spinus</i>			
Gimpel <i>Pyrrhula pyrrhula</i>			
Kernbeißer <i>Coccothraustes coccothraustes</i>			
Fichtenkreuzschnabel <i>Loxia curvirostra</i>			
Karmingimpel <i>Carpodacus erythrinus</i>			
Rohrammer <i>Emberiza schoeniclus</i>			
Schneeammer <i>Plectrophenax nivalis</i>			
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>			

Anhänge der EU-Vogelschutz-RL

I: Art, für die besonderen Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind

II/1 und II/2: Art unterliegt in der gesamten EU oder einzelnen Mitgliedsstaaten der Bejagung

III/1 und III/2: Verbot des Handels in Mitgliedstaaten bzw. Handel erlaubt

Species of European Concern (SPEC; nach BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004) geben die Gefährdung und die Verantwortlichkeit für den Schutz einer Art bezogen auf Europa an. Abhängig vom Gefährdungsstatus und dem Anteil Europas am Weltbestand einer Art gibt es vier Kategorien:

SPEC 1 Weltweit gefährdete bzw. schutzbedürftige Arten (einschließlich Arten mit unsicherer Datenlage)

SPEC 2 Ungünstiger Erhaltungszustand in Europa (europaweit gefährdete Arten einschließlich Arten mit kleinen Populationen oder unsicherer Datenlage), mit mehr als 50% des Weltbestandes in Europa konzentriert

SPEC 3 Ungünstiger Erhaltungszustand in Europa, nicht in Europa konzentriert

SPEC 4 Günstiger Erhaltungszustand in Europa, mit mehr als 50% des Weltbestandes in Europa konzentriert

Tab. 59: Kollisionsraten an Leuchttürmen in Dänemark (nach HANSEN et al. 1954) sowie Zugtypen.

Art	Anzahl (54 Jahre)	Anteil (%)	Kollisions-rate (Ind. a ⁻¹)	Zugtyp
Sterntaucher	12	0,0	0,2	Tagzieher
Prachtaucher	2	0,0	0,0	Tagzieher
Eistaucher	1	0,0	0,0	Tagzieher
Haubentaucher	5	0,0	0,1	Tag/Nachtzieher
Rothalstaucher	12	0,0	0,2	Tag/Nachtzieher
Schwarzhalstaucher	19	0,0	0,4	Nachtzieher
Zwergtaucher	15	0,0	0,3	Nachtzieher
Kormoran	9	0,0	0,2	Tagzieher
Graureiher	2	0,0	0,0	Tagzieher
Rohrdommel	2	0,0	0,0	Nachtzieher
Ringelgans	37	0,0	0,7	Tagzieher
Brandgans	3	0,0	0,1	Tagzieher
Stockente	60	0,1	1,1	Tagzieher
Krickente	58	0,1	1,1	Tagzieher
Knäkente	2	0,0	0,0	Tagzieher
Spießente	7	0,0	0,1	Tagzieher
Pfeifente	57	0,1	1,1	Tagzieher
Löffelente	13	0,0	0,2	Tagzieher
Tafelente	6	0,0	0,1	Nachtzieher
Reiherente	26	0,0	0,5	Nachtzieher
Bergente	27	0,0	0,5	Nachtzieher
Schellente	9	0,0	0,2	Tagzieher
Eisente	63	0,1	1,2	Tag/(Nacht)zieher
Eiderente	87	0,1	1,6	Tag/(Nacht)zieher
Trauerente	129	0,1	2,4	Tag/(Nacht)zieher
Samtente	10	0,0	0,2	Tag/(Nacht)zieher
Mittelsäger	20	0,0	0,4	Tagzieher
Wespenbussard	2	0,0	0,0	Thermiksegler
Rauhfußbussard	1	0,0	0,0	Thermiksegler
Sperber	9	0,0	0,2	Tagzieher
Wanderfalke	2	0,0	0,0	Tagzieher
Baumfalke	1	0,0	0,0	Tagzieher
Merlin	5	0,0	0,1	Tagzieher
Turmfalke	22	0,0	0,4	Tag/Nachtzieher
Rebhuhn	4	0,0	0,1	Standvogel
Wachtel	5	0,0	0,1	Nachtzieher
Wachtelkönig	10	0,0	0,2	Nachtzieher
Teichhuhn	115	0,1	2,1	Nachtzieher
Wasserralle	297	0,3	5,5	Nachtzieher

Art	Anzahl (54 Jahre)	Anteil (%)	Kollisions-rate (Ind. a ⁻¹)	Zugtyp
Tüpfelralle	28	0,0	0,5	Nachtzieher
Blessralle	56	0,1	1,0	Nachtzieher
Austernfischer	29	0,0	0,5	Tag/Nachtzieher
Kiebitz	264	0,3	4,9	Tagzieher
Kiebitzregenpfeifer	46	0,0	0,9	Tag/Nachtzieher
Goldregenpfeifer	107	0,1	2,0	Tag/Nachtzieher
Sandregenpfeifer	52	0,1	1,0	Tag/Nachtzieher
Großer Brachvogel	51	0,1	0,9	Tag/Nachtzieher
Pfuhschnepfe	22	0,0	0,4	Tag/Nachtzieher
Zwergschnepfe	547	0,6	10,1	Nachtzieher
Bekassine	139	0,1	2,6	Nachtzieher
Waldschnepfe	267	0,3	4,9	Nachtzieher
Rotschenkel	30	0,0	0,6	Nachtzieher
Waldwasserläufer	5	0,0	0,1	Nachtzieher
Bruchwasserläufer	7	0,0	0,1	Nachtzieher
Grünschenkel	2	0,0	0,0	Nachtzieher
Dunkler Wasserläufer	1	0,0	0,0	Nachtzieher
Flußuferläufer	82	0,1	1,5	Nachtzieher
Alpenstrandläufer	312	0,3	5,8	Tag/Nachtzieher
Knutt	111	0,1	2,1	Tag/Nachtzieher
Kampfläufer	6	0,0	0,1	Tag/Nachtzieher
Sturmmöwe	1	0,0	0,0	Tagzieher
Silbermöwe	5	0,0	0,1	Tagzieher
Mantelmöwe	5	0,0	0,1	Tagzieher
Lachmöwe	8	0,0	0,1	Tagzieher
Trauerseeschwalbe	1	0,0	0,0	Tag/Nachtzieher
Flusseeschwalbe	19	0,0	0,4	Tag/Nachtzieher
Küstenseeschwalbe	11	0,0	0,2	Tag/Nachtzieher
Trottellumme	30	0,0	0,6	Tagzieher
Tordalk	26	0,0	0,5	Tagzieher
Gryllteiste	4	0,0	0,1	Tagzieher
Ringeltaube	67	0,1	1,2	Tagzieher
Hohлтаube	3	0,0	0,1	Tagzieher
Kuckuck	37	0,0	0,7	Nachtzieher
Sumpfohreule	5	0,0	0,1	Nachtzieher
Waldohreule	5	0,0	0,1	Nachtzieher
Ziegenmelker	8	0,0	0,1	Nachtzieher
Mauersegler	123	0,1	2,3	Tag/Nachtzieher
Buntspecht	7	0,0	0,1	Tagzieher
Wendehals	184	0,2	3,4	Nachtzieher
Feldlerche	22.718	24,3	420,7	Tag/Nachtzieher
Heidelerche	23	0,0	0,4	Tag/Nachtzieher

Art	Anzahl (54 Jahre)	Anteil (%)	Kollisions-rate (Ind. a ⁻¹)	Zugtyp
Rauchschwalbe	30	0,0	0,6	Tagzieher
Mehlschwalbe	9	0,0	0,2	Tagzieher
Uferschwalbe	6	0,0	0,1	Tagzieher
Blaumeise	9	0,0	0,2	Tagzieher
Tannenmeise	4	0,0	0,1	Tagzieher
Schwanzmeise	2	0,0	0,0	Tagzieher
Gartenbaumläufer	8	0,0	0,1	Nachtzieher
Wasseramsel	10	0,0	0,2	Nachtzieher
Zaunkönig	201	0,2	3,7	Nachtzieher
Wacholderdrossel	3.505	3,7	64,9	Nachtzieher
Misteldrossel	94	0,1	1,7	Nachtzieher
Singdrossel	13.998	15,0	259,2	Nachtzieher
Rotdrossel	14.210	15,2	263,1	Nachtzieher
Ringdrossel	317	0,3	5,9	Nachtzieher
Amsel	2446	2,6	45,3	Nachtzieher
Steinschmätzer	1.293	1,4	23,9	Nachtzieher
Braunkehlchen	227	0,2	4,2	Nachtzieher
Gartenrotschwanz	1.763	1,9	32,6	Nachtzieher
Hausrotschwanz	8	0,0	0,1	Nachtzieher
Sprosser	12	0,0	0,2	Nachtzieher
Blaukehlchen	20	0,0	0,4	Nachtzieher
Rotkehlchen	5.796	6,2	107,3	Nachtzieher
Sperbergrasmücke	18	0,0	0,3	Nachtzieher
Gartengrasmücke	907	1,0	16,8	Nachtzieher
Mönchsgrasmücke	330	0,4	6,1	Nachtzieher
Klappergrasmücke	103	0,1	1,9	Nachtzieher
Dorngrasmücke	299	0,3	5,5	Nachtzieher
Gelbspötter	74	0,1	1,4	Nachtzieher
Fitis	1.569	1,7	29,1	Nachtzieher
Zilpzalp	241	0,3	4,5	Nachtzieher
Waldlaubsänger	1	0,0	0,0	Nachtzieher
Rohrschwirl	2	0,0	0,0	Nachtzieher
Feldschwirl	18	0,0	0,3	Nachtzieher
Drosselrohrsänger	1	0,0	0,0	Nachtzieher
Teichrohrsänger	71	0,1	1,3	Nachtzieher
Sumpfrohrsänger	8	0,0	0,1	Nachtzieher
Schilfrohrsänger	304	0,3	5,6	Nachtzieher
Wintergoldhähnchen	1.316	1,4	24,4	Nachtzieher
Sommergoldhähnchen	1	0,0	0,0	Nachtzieher
Grauschnäpper	36	0,0	0,7	Nachtzieher
Trauerfliegenschnäpper	1.195	1,3	22,1	Nachtzieher
Zwergschnäpper	4	0,0	0,1	Nachtzieher
Heckenbraunelle	18	0,0	0,3	Nachtzieher

Art	Anzahl (54 Jahre)	Anteil (%)	Kollisions-rate (Ind. a ⁻¹)	Zugtyp
Wiesenpieper	609	0,7	11,3	Tagzieher
Strandpieper	79	0,1	1,5	Tagzieher
Baumpieper	209	0,2	3,9	Tag/Nachtzieher
Bachstelze	36	0,0	0,7	Tagzieher
Schafstelze	35	0,0	0,6	Tagzieher
Neuntöter	31	0,0	0,6	Nachtzieher
Star	12.089	12,9	223,9	Tag/Nachtzieher
Grünfink	20	0,0	0,4	Tagzieher
Kernbeißer	22	0,0	0,4	Tagzieher
Buchfink	532	0,6	9,9	Tag/Nachtzieher
Bergfink	1.568	1,7	29,0	Tag/Nachtzieher
Stieglitz	2	0,0	0,0	Tag/Nachtzieher
Erlenzeisig	23	0,0	0,4	Tag/Nachtzieher
Birkenzeisig	65	0,1	1,2	Tag/Nachtzieher
Hänfling	42	0,0	0,8	Tag/Nachtzieher
Berghänfling	31	0,0	0,6	Tag/Nachtzieher
Gimpel	2	0,0	0,0	Tag/Nachtzieher
Grauammer	17	0,0	0,3	Tag/Nachtzieher
Goldammer	56	0,1	1,0	Tag/Nachtzieher
Ortolan	41	0,0	0,8	Tag/Nachtzieher
Rohrammer	573	0,6	10,6	Tag/Nachtzieher
Spornammer	5	0,0	0,1	Tag/Nachtzieher
Schneeammer	345	0,4	6,4	Tag/Nachtzieher
Feldsperling	19	0,0	0,4	Tag/Nachtzieher
Dohle	6	0,0	0,1	Tagzieher
Nebelkrähe	7	0,0	0,1	Tagzieher
Saatkrähe	32	0,0	0,6	Tagzieher

Grau hervorgehoben sind die Arten, die mindestens 1% Anteil an den Gesamtkollisionen zeigen.

Tab. 60: Saisonales Auftreten von Vogelarten in Falsterbo. Nach: MALMHAGEN 2003.

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sterntaucher <i>Gavia stellata</i>	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
Prachtaucher <i>Gavia arctica</i>	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2
Gelbschnabeltaucher <i>Gavia adamsii</i>		1							1	2		
Eistaucher <i>Gavia immer</i>	1							1		1	1	
Zwergtaucher <i>Tachybaptus ruficollis</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Haubentaucher <i>Podiceps cristatus</i>	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3
Rothalstaucher <i>Podiceps grisegena</i>	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3
Ohrentaucher <i>Podiceps auritus</i>	2	2	2	2	1		1	1	2	2	2	2
Schwarzhalstaucher <i>Podiceps nigricollis</i>	1	1		1	1		1	1	1			
Eissturmvogel <i>Fulmarus glacialis</i>	1	1		1		1		1	2	2	1	
Gelbschnabelsturmtaucher <i>Calonectris diomedea</i>									1			
Dunkler Sturmtaucher <i>Puffinus griseus</i>									1	1	1	1
Schwarzschnabelsturmtaucher <i>Puffinus puffinus</i>									1	1		
Sturmschwalbe <i>Hydrobates pelagicus</i>									1		1	
Wellenläufer <i>Oceanodroma leucorhoa</i>									1	1	1	
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>			1				1	1	1	1	1	
Kormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rohrdommel <i>Botaurus stellaris</i>	1		1	1	1		1	2	2	2	1	1
Seidenreiher <i>Egretta garzetta</i>					1	1						
Silberreiher <i>Egretta alba</i>				1			1	1	1	1		
Graureiher <i>Ardea cinerea</i>	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3
Purpureiher <i>Ardea purpurea</i>				1				1				
Schwarzstorch <i>Ciconia nigra</i>				1	1	1	1	2	2			
Weißstorch <i>Ciconia ciconia</i>	1		1	2	1	2	1	2	2	1		1
Sichler <i>Plegadis falcinellus</i>									1			
Löffler <i>Platalea leucorodia</i>					1	1	1			1		
Höckerschwan <i>Cygnus olor</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Zwergschwan <i>Cygnus bewickii</i>	2	2	2	2	1		1	1	2	3	3	2
Singschwan <i>Cygnus cygnus</i>	3	3	3	2	1	1			2	3	3	3
Saatgans <i>Anser fabilis</i>	3	2	2	2	2		1	1	3	3	3	3
Kurzschnabelgans <i>Anser brachyrhynchus</i>	1		1			1			1	1	1	1
Bläßgans <i>Anser albifrons</i>	1	1	2	2	2		1		3	3	3	2
Zwerggans <i>Anser erythropus</i>		1	1							1	1	1
Graugans <i>Anser anser</i>	3	4	4	3	3	5	5	5	5	5	5	4
Kanadagans <i>Branta canadensis</i>	5	5	5	3	3	2	2	3	3	4	5	5
Weisswangengans <i>Branta leucopsis</i>	2	2	2	4	3	2	2	2	3	4	3	2
Ringelgans <i>Branta bernicla</i>	1	1	1	1	4	2	2	2	4	4	3	2
Rothalsgans <i>Branta ruficollis</i>									1	1	1	
Rostgans <i>Tadorna ferruginea</i>		1		1	1	1	1	1		1		
Brandgans <i>Tadorna tadorna</i>	3	3	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3
Pfeifente <i>Anas penelope</i>	3	3	4	4	3	3	3	4	5	5	4	3
Schnatterente <i>Anas strepera</i>	1	1	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2
Krickente <i>Anas crecca</i>	2	2	4	4	3	3	3	5	5	5	4	3
Stockente <i>Anas platyrhynchos</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Spießente <i>Anas acuta</i>	2	2	4	4	3	2	2	3	4	4	4	3
Knäkente <i>Anas querquedula</i>			2	3	3	2	2	3	3	2		
Löffelente <i>Anas clypeata</i>	2	2	3	3	3	2	3	3	4	4	3	2
Kolbenente <i>Netta rufina</i>	1					1		1	1			1

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tafelente <i>Aythya ferina</i>	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3
Reiherente <i>Aythya fuligula</i>	5	5	5	5	4	3	3	3	4	5	5	5
Bergente <i>Aythya marila</i>	3	3	3	3	2	1	1	2	2	3	3	3
Eiderente <i>Somateria mollissima</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prachteiderente <i>Somateria spectabilis</i>	1	1	1	1	1	1			1	2	1	1
Scheckente <i>Polysticta stelleri</i>	1	1	1	1	1		1	1		1		
Eisente <i>Clangula hyemalis</i>	4	4	4	4	3	1	1		2	3	4	4
Trauerente <i>Melanitta nigra</i>	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3
Brillenente <i>Melanitta perspicillata</i>									1			
Samtente <i>Melanitta fusca</i>	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3
Schellente <i>Bucephala clangula</i>	5	5	5	4	3	3	3	3	4	5	5	5
Zwergsäger <i>Mergus albellus</i>	3	3	3	2	2	1				2	3	3
Mittelsäger <i>Mergus serrator</i>	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4
Gänsesäger <i>Mergus merganser</i>	4	4	4	3	2	1	1	1	2	3	3	4
Wespenbussard <i>Pernis apivorus</i>				1	3	2	2	4	4	2	1	
Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>			1	1	2	1	1	2	2	2		
Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3	2
Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>	2	2	2	2	1	1	1	2	3	3	3	2
Schmutzgeier <i>Neophron percnopterus</i>							1	1				
Gänsegeier <i>Gyps fulvus</i>									1			
Schlangenadler <i>Circaetus gallicus</i>					1			1	1	1		
Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>			2	3	3	3	3	4	4	3	2	
Kornweihe <i>Circus cyaneus</i>	3	3	3	3	2	1	2	3	4	4	4	3
Steppenweihe <i>Circus macrourus</i>	1				1		1	1	2	1		1
Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>				2	2	1	2	3	2	1		
Habicht <i>Accipiter gentilis</i>	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	3	2
Sperber <i>Accipiter nisus</i>	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	3
Mäusebussard <i>Buteo buteo</i>	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4	3
Adlerbussard <i>Buteo rufinus</i>									1	1		
Rauhfußbussard <i>Buteo lagopus</i>	3	3	3	3	2	1	1	1	2	4	3	3
Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>						1	1	2	2	1		
Schelladler <i>Aquila clanga</i>	1						1	1	2	2	2	1
Steppenadler <i>Aquila nipalensis</i>								1	1	1	1	
Kaiseradler <i>Aquila heliaca</i>								1	1	1		
Steinadler <i>Aquila crysaetos</i>	1	1	1					1	2	2	2	1
Zwergadler <i>Hieraaetus pennatus</i>								1	1	1		
Fischadler <i>Pandion haliaetus</i>			3	3	3	2	2	3	3	3	1	
Rötelfalke <i>Falco naumanni</i>									1			
Turmfalk <i>Falco tinnunculus</i>	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
Rotfußfalk <i>Falco vespertinus</i>					2	2	1	2	2	1		
Merlin <i>Falco columbarius</i>	2	2	2	2	2	1	1	3	4	4	3	2
Baumfalk <i>Falco subbuteo</i>				2	2	2	2	3	3	2	1	
Eleonorenfalk <i>Falco eleonorae</i>								1	1			
Gerfalke <i>Falco rusticolus</i>	1	1	1	1					1	1	1	1
Wanderfalk <i>Falco peregrinus</i>	2	2	2	2	2	1	1	3	3	3	2	2
Rebhuhn <i>Perdix perdix</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Wachtel <i>Coturnix coturnix</i>							1	1	1	1		
Fasan <i>Phasianus colchicus</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Wasserläufer <i>Rallus aquaticus</i>	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Tüpfelralle <i>Porzana porzana</i>				1	2	2	2	2	2	1	1	

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Wachtelkönig <i>Crex crex</i>								1				
Teichhuhn <i>Gallinula chloropus</i>	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Blässhuhn <i>Fulica atra</i>	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5
Kranich <i>Grus grus</i>	1		3	3	3	2	2	3	4	4	2	1
Jungfernkranich <i>Anthropoides virgo</i>									1			
Großtrappe <i>Otis tarda</i>				1								
Austernfischer <i>Haematopus ostralegus</i>	2	2	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2
Stelzenläufer <i>Himantopus himantopus</i>					1	1						
Säbelschnäbler <i>Recurvirostra avosetta</i>		2	4	4	4	4	4	4	3	2	1	1
Orientbrachschwalbe <i>Glareola maledivarum</i>							1	1	1	1		
Flussregenpfeifer <i>Charadrius dubius</i>				2	2	2	3	3	3	1		
Sandregenpfeifer <i>Charadrius hiaticula</i>	1	2	4	4	4	4	5	5	4	3	2	1
Seeregenpfeifer <i>Charadrius alexandrinus</i>			2	2	2	2	2	2	2	1		
Wüstenregenpfeifer <i>Charadrius leschenaultii</i>							1					
Mornellregenpfeifer <i>Charadrius morinellus</i>					1			2	2	1		
Am. Goldregenpfeifer <i>Pluvialis dominicanus</i>							1		1			
Pazifischer Goldregenpfeifer <i>Pluvialis fulva</i>						1		1	1			
Goldregenpfeifer <i>Pluvialis apricaria</i>	2	2	3	3	3	2	3	3	4	4	3	2
Kiebitzregenpfeifer <i>Pluvialis squatarola</i>	2	2	2	2	3	2	3	4	4	3	2	2
Kiebitz <i>Vanellus vanellus</i>	2	3	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2
Knutt <i>Calidris canutus</i>	2	2	2	2	3	2	4	4	4	3	2	2
Sanderling <i>Calidris alba</i>	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2
Zwergstrandläufer <i>Calidris minuta</i>			1	1	2	2	3	4	4	3	1	
Temminckstrandläufer <i>Calidris temminckii</i>					2	1	3	3	2			
Graubruststrandläufer <i>Calidris melanotos</i>							1	1	1			
Sichelstrandläufer <i>Calidris ferruginea</i>					2	2	3	4	3	2	1	1
Meerstrandläufer <i>Calidris maritima</i>	2	2	1	1	1				2	2	2	2
Alpenstrandläufer <i>Calidris alpina</i>	3	2	3	3	4	3	5	5	5	5	4	3
Sumpfläufer <i>Limicola falcinellus</i>					2	1	2	3	2			
Kampfläufer <i>Philomachus pugnax</i>			2	3	3	3	4	4	3	2	1	
Zwergschnepfe <i>Lymnocyptes minimus</i>	1		1	2	1			2	3	3	2	1
Bekassine <i>Gallinago gallinago</i>	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	3	2
Doppelschnepfe <i>Gallinago media</i>					1			1	1	1		
Waldschnepfe <i>Scolopax rusticola</i>	2	2	2	2	2	1	1	1	2	3	2	2
Uferschnepfe <i>Limosa limosa</i>	1	1	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1
Pfuhlschnepfe <i>Limosa lapponica</i>	1	1	2	3	3	2	4	4	3	3	2	1
Regenbrachvogel <i>Numenius phaeopus</i>				3	3	3	4	3	3	2	1	
Gr. Brachvogel <i>Numenius arquata</i>	2	2	3	4	3	4	4	4	4	3	3	2
Dunkler Wasserläufer <i>Tringa erythropus</i>				3	3	3	4	4	3	3	2	
Rotschenkel <i>Tringa totanus</i>	2	2	4	5	5	5	5	5	4	3	3	2
Teichwasserläufer <i>Tringa stagnatilis</i>				1	1	1	1	1				
Grünschenkel <i>Tringa nebularia</i>				3	3	3	5	4	4	3	2	
Waldwasserläufer <i>Tringa ochropus</i>		1	2	3	2	3	3	3	3	2	1	
Bruchwasserläufer <i>Tringa glareola</i>				2	3	3	4	4	3	2		
Terekwasserläufer <i>Xenus cinereus</i>						1	1	1	1			
Flussuferläufer <i>Actitis hypoleucos</i>				3	3	3	4	4	3	2		
Steinwälzer <i>Arenaria interpres</i>	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2	1
Odinshühnchen <i>Phalaropus lobatus</i>					1	1	2	3	2	1		
Thorshühnchen <i>Phalaropus fulicarius</i>			1					1		1	1	
Spatelraubmöwe <i>Stercorarius pomarinus</i>	1				1		1	1	2	2	2	1

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Schmarotzerraubmöwe <i>Stercorarius parasiticus</i>				2	2	2	2	3	3	3	1	
Falkenraubmöwe <i>Stercorarius longicaudus</i>					1		1	2	2	1		
Skua <i>Stercorarius skua</i>	1			1			1	1	1	1		
Fischimöwe <i>Larus ichthyaetus</i>									1			
Schwarzkopfmöwe <i>Larus melanocephalus</i>					1	1	1	2	1	1		
Zwergmöwe <i>Larus minutus</i>	2	1	2	3	3	2	2	3	3	3	3	2
Schwalbenmöwe <i>Larus sabini</i>							1		1	1		
Lachmöwe <i>Larus ridibundus</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>			2	3	3	3	3	3	3	3	2	
Silbermöwe <i>Larus argentatus</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Polarmöwe <i>Larus glaucooides</i>									1			
Eismöwe <i>Larus hyperboreus</i>	1	1	1	1	1			1	1	1		
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1
Lachseeschwalbe <i>Gelochelidon nilotica</i>				1			1	1				
Raubseeschwalbe <i>Sterna caspia</i>				2	2	2	3	3	2			
Brandseeschwalbe <i>Sterna sandvicensis</i>			3	3	3	4	5	5	4	2	1	
Flussseeschwalbe <i>Sterna hirundo</i>				3	3	3	3	4	4	2		
Küstenseeschwalbe <i>Sterna paradisaea</i>				4	4	4	4	4	3	2		
Zwergseeschwalbe <i>Sterna albifrons</i>				3	3	3	4	4	2			
Weißbartseeschwalbe <i>Chlidonias hybridus</i>					1							
Trauerseeschwalbe <i>Chlidonias niger</i>				1	2	2	3	3	3	1		
Weißflügelseeschw. <i>Chlidonias leucopterus</i>					1			2	1			
Trottellumme <i>Uria aalge</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2
Tordalk <i>Alca torda</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
Gryllteiste <i>Cephus grylle</i>	2	2	2	1	1			1	2	2	2	2
Krabbentaucher <i>Alle alle</i>	1		1							1	2	1
Papageitaucher <i>Fratercula arctica</i>										1	1	
Haustaube <i>Columba livia f. domestica</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Hohltaube <i>Columba oenas</i>	2	2	3	3	2	2	2	3	4	4	3	2
Ringeltaube <i>Columba palumbus</i>	3	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	3
Türkentaube <i>Streptopelia decaocto</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Turteltaube <i>Streptopelia turtur</i>					2	2	2	2	2	2	1	
Kuckuck <i>Cuculus canorus</i>				2	3	3	3	3	3	2		
Schleiereule <i>Tyto alba</i>					1		1	1	1	1		1
Uhu <i>Bubo bubo</i>			1									
Sperbereule <i>Surnia ulula</i>	1	1	1						1	1	1	1
Sperlingskauz <i>Glaucidium passerinum</i>			1	1					1	1	1	1
Waldkauz <i>Strix aluco</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Waldohreule <i>Asio otus</i>	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Sumpfohreule <i>Asio flammeus</i>	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2
Rauhfußkauz <i>Aegolius funereus</i>	1	1	1						1	2	2	1
Ziegenmelker <i>Caprimulgus europaeus</i>					2	2	1	2	2	1		
Mauersegler <i>Apus apus</i>				1	5	5	5	5	4	2		
Fahlsegler <i>Apus pallidus</i>							1					
Alpensegler <i>Apus melba</i>							1		1	1		
Eisvogel <i>Alcedo atthis</i>				1	1		1	2	1	1		
Bienenfresser <i>Merops apiaster</i>					1	1	1	1				
Blauracke <i>Coracias garrulus</i>					1	1	1	1	1			

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Wiedehopf <i>Upupa epops</i>				2	2	1	1	1	1	1	1	
Wendehals <i>Jynx torquilla</i>				2	3	2	2	3	2	1		
Grünspecht <i>Picus viridis</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Schwarzspecht <i>Dryocopus martius</i>	2	2	2	2	2	1	1	2	3	3	2	2
Buntspecht <i>Dendrocopos major</i>	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3
Mittelspecht <i>Dendrocopos medius</i>					1				1	1		
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2
Stummellerche <i>Calandrella rufescens</i>				1								
Kurzzehenlerche <i>Calandrella brachydactyla</i>					1				1			
Haubenlerche <i>Galerida cristata</i>					1	1	1		1			
Heidelerche <i>Lulula arborea</i>	2	2	2	2	1	1	1	1	3	4	3	2
Feldlerche <i>Alauda arvensis</i>	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3
Ohrenlerche <i>Eremophila alpestris</i>	2	2	2	2	1				1	2	2	2
Uferschwalbe <i>Riparia riparia</i>				4	4	3	3	4	4	3	1	
Felsenschwalbe <i>Ptyonoprogne rupestris</i>										1		
Rauchschwalbe <i>Hirundo rustica</i>				4	5	5	5	5	5	4	2	
Rötelschwalbe <i>Hirundo daurica</i>							1					
Mehlschwalbe <i>Delichon urbica</i>				4	5	5	5	5	4	3	2	
Spornpieper <i>Anthus richardi</i>									2	2	1	
Brachpieper <i>Anthus campestris</i>				2	2	2	2	3	2	1		
Baumpieper <i>Anthus trivialis</i>			1	3	4	3	3	5	4	3	2	1
Wiesenpieper <i>Anthus pratensis</i>	2	2	3	5	5	5	5	5	5	5	3	2
Rotkehlpieper <i>Anthus cervinus</i>					2			2	3	2		
Strandpieper <i>Anthus petrosus</i>	2	2	2	2	1			1	3	3	3	2
Bergpieper <i>Anthus spinoletta</i>											1	
Schafstelze <i>Motacilla cinerea</i>				3	4	3	3	5	5	3	1	
Zitronenstelze <i>Motacilla citreola</i>								1	2	1		
Gebirgsstelze <i>Motacilla cinerea</i>	1	1	2	2	1	2	2	3	3	3	3	2
Bachstelze <i>Motacilla alba</i>	1	1	3	5	5	5	5	5	5	4	2	1
Seidenschwanz <i>Bombycilla garrulus</i>	3	3	3	2	1					3	3	3
Wasseramsel <i>Cinclus cinclus</i>										1	1	
Zaunkönig <i>Troglodytes troglodytes</i>	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	3	3
Heckenbraunelle <i>Prunella modularis</i>	2	2	3	4	4	4	4	4	5	4	3	2
Alpenbraunelle <i>Prunella collaris</i>				1	1					1		
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	3	3	4	5	5	4	4	4	5	5	3	3
Sprosser <i>Luscinia luscinia</i>				1	3	3	3	3	2			
Nachtigall <i>Luscinia megarhynchos</i>									1			
Blaukehlchen <i>Luscinia svecica</i>					2	1		2	2	2	1	
Hausrotschwanz <i>Phoenicurus ochruros</i>	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i>				3	4	3	3	4	5	3	1	
Braunkehlchen <i>Saxicola rubetra</i>				3	4	3	2	4	4	2	1	
Schwarzkehlchen <i>Saxicola torquata</i>			1	1	1	1			1	1	1	
Steinschmätzer <i>Oenanthe oenanthe</i>			1	3	4	3	3	4	4	3	2	1
Wüstensteinschmätzer <i>Oenanthe deserti</i>									1			
Erdrossel <i>Zoothera dauma</i>										1		
Ringdrossel <i>Turdus torquatus</i>				3	3				2	2	1	
Amsel <i>Turdus merula</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bechsteindrossel <i>Turdus ruficollis</i>		1	1									
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	2	1	3	5	4	3	3	3	5	5	3	2

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	2	2	3	4	3	1		1	3	5	4	2
Misteldrossel <i>Turdus viscivorus</i>	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2
Cistensänger <i>Cisticola juncidis</i>								1				
Feldschwirl <i>Locustella naevia</i>				1	2	1	2	3	2	1		
Schlagschwirl <i>Locustella fluviatilis</i>					1	1			1			
Rohrschwirl <i>Locustella luscinioides</i>				1	1	1	1	1	1			
Seggenrohrsänger <i>Acrocephalus paludicola</i>					1		1	1	1			
Schilfrohrsänger <i>Acrocephalus schoenobaenus</i>				2	3	2	4	5	4	2	1	
Feldrohrsänger <i>Acrocephalus agricola</i>								1	1			
Buschrohrsänger <i>Acrocephalus dumetorum</i>					1							
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>					3	3	3	3	3	1		
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>				1	4	4	4	5	5	2		
Drosselrohrsänger <i>Acrocephalus arundinaceus</i>					1		1	2	1			
Gelbspötter <i>Hippolais icterina</i>					4	3	3	4	2			
Weißbartgrasmücke <i>Sylvia cantillans</i>					1							
Sperbergrasmücke <i>Sylvia nisoria</i>					2	1	1	2	1	1		
Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>				3	4	3	3	4	3	2	1	1
Dorngrasmücke <i>Sylvia communis</i>				2	4	4	4	4	3	2		
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>				1	4	4	3	4	3	2		
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>	1	1	1	3	4	4	4	4	4	3	2	2
Grünlaubsänger <i>Phylloscopus trochiloides</i>					2	2	1	1	1	1		
Goldhähnchenlaubs. <i>Phylloscopus proregulus</i>									1	2	1	
Gelbbrauenlaubsänger <i>Phylloscopus inornatus</i>					1				2	2		
Berglaubsänger <i>Phylloscopus bonelli</i>						1			1			
Waldlaubsänger <i>Phylloscopus sibilatrix</i>				3	3	3	3	3	2			
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	1	1	2	4	4	3	3	3	4	4	3	2
Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>				3	5	5	5	5	4	2		
Wintergoldhähnchen <i>Regulus regulus</i>	3	3	4	4	3	2	2	2	4	5	4	3
Sommergoldhähnchen <i>Regulus ignicapillus</i>			2	2	2	1			2	2	2	
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>				1	4	3	2	4	4	2		
Zwergschnäpper <i>Ficedula parva</i>					2	2	2	2	2	2		
Halsbandschnäpper <i>Ficedula albicollis</i>					2							
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>				3	4	4	4	5	3	2		
Bartmeise <i>Panurus biarmicus</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Schwanzmeise <i>Aegithalos caudatus</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sumpfmeise <i>Parus palustris</i>	1					1	1	1	2	2	1	1
Weidenmeise <i>Parus montanus</i>				1					1	2		
Haubenmeise <i>Parus cristatus</i>			1	1	1	1	2	1	2	1		
Tannenmeise <i>Parus ater</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kohlmeise <i>Parus major</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kleiber <i>Sitta europaea</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Waldbaumläufer <i>Certhia familiaris</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Gartenbaumläufer <i>Certhia brachydactyla</i>			1	1	1	1		1	1	1		
Beutelmeise <i>Remiz pendulinus</i>				2	2	1	2	3	3	3	1	
Pirol <i>Oriolus oriolus</i>					2	2	2	2	1			
Isabellwürger <i>Lanius isabellinus</i>											1	
Neuntöter <i>Lanius collurio</i>				1	3	3	3	3	3	2	1	
Schwarzstirnwürger <i>Lanius minor</i>					1							
Raubwürger <i>Lanius excubitor</i>	2	2	2	2	1				2	3	3	2

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rotkopfwürger <i>Lanius senator</i>										1		
Eichelhäher <i>Garrulus glandarius</i>	2	2	2	2	2	1	1	2	3	3	3	2
Elster <i>Pica pica</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tannenhäher <i>Nucifraga caryocatactes</i>	2	2	2	2	1	1	1	2	3	3	3	2
Dohle <i>Corvus monedula</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Saatkrähe <i>Corvus frugilegus</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	3
Raben/Nebelkrähe <i>Corvus c. corone/cornix</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kolkrabe <i>Corvus corax</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3
Rosenstar <i>Sturnus roseus</i>						1	1	1	1	1		
Haussperling <i>Passer domesticus</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Feldsperling <i>Passer montanus</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3
Bergfink <i>Fringilla montifringilla</i>	4	4	4	3	2	1		1	3	5	4	4
Girlitz <i>Serinus serinus</i>	1	1	1	3	3	2	2	3	3	3	2	
Grünfink <i>Carduelis chloris</i>	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4
Stieglitz <i>Carduelis carduelis</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3
Erlenzeisig <i>Carduelis spinus</i>	3	3	3	4	3	2	2	4	5	5	4	3
Hänfling <i>Carduelis cannabina</i>	2	2	3	4	4	4	4	4	5	5	4	2
Berghänfling <i>Carduelis flavirostris</i>	3	3	3	2	2			1	2	4	4	3
Birkenzeisig <i>Carduelis flammea</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3
Polarbirkenzeisig <i>Carduelis hornemanni</i>	1	1	1							2	2	1
Bindenkreuzschnabel <i>Loxia leucoptera</i>	1							2	2	2	1	1
Fichtenkreuzschnabel <i>Loxia curvirostra</i>	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2
Kiefernkreuzschnabel <i>Loxia pytyopsittacus</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
Karmingimpel <i>Carpodacus erythrinus</i>					3	3	2	3	3	1	1	
Hakengimpel <i>Pinicola enucleator</i>	1		1								1	1
Gimpel <i>Pyrrhula pyrrhula</i>	4	4	4	3	2	1		1	2	4	4	4
Kernbeißer <i>Coccothraustes coccothraustes</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Spornammer <i>Calcarius lapponicus</i>	1	1	2	2				2	3	3	2	2
Schneeammer <i>Plectrophenax nivalis</i>	3	3	3	2					1	3	3	3
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Ortolan <i>Emberiza hortulana</i>				2	3			3	3	1		
Waldammer <i>Emberiza rustica</i>									1	1	1	
Zwergammer <i>Emberiza pusilla</i>					1			1	1	1		
Rohrammer <i>Emberiza schoeniclus</i>	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Graumammer <i>Miliaria calandra</i>	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1

Zahlen geben das Vorkommen in geeigneten Lebensräumen an:

- 1 – sehr selten
- 2 – selten, aber jährlich auftretend
- 3 – regelmäßig in geringer Anzahl
- 4 – mäßig häufig
- 5 – häufig