

## **Offshore-Bürger-Windpark Butendiek**

### **Fachgutachten VOGELZUG**

Endbericht nach Abschluss des zweiten Untersuchungsjahres (2002-2003)



**Britta Stahl  
Dr. Georg Nehls**

Hockensbüll, im April 2004

Im Auftrag der Offshore-Bürger-Windpark-Butendiek GmbH & Co. KG

---

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

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE DER BISHERIGEN UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>7</b>
3.1	ERFASSUNGSMETHODEN DES VOGELZUGES .....	7
3.1.1	<i>Radar.....</i>	7
3.1.2	<i>Distanzkorrektur.....</i>	12
3.1.3	<i>Planzugbeobachtungen .....</i>	14
3.1.4	<i>Nachtzugverhör .....</i>	15
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>17</b>
4.1	VERTIKALRADAR.....	17
4.1.1	<i>Jahreszeitliches Auftreten und Zugintensitäten .....</i>	17
4.1.1.1	<i>Einfluss des Wetters auf die Zugintensität.....</i>	22
4.1.2	<i>Höhenverteilung.....</i>	25
4.1.2.1	<i>Einfluss des Wetters (Wind) auf die Zughöhen.....</i>	31
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE DER PLANZUGBEOBACHTUNGEN.....</b>	<b>33</b>
5.1	ARTENSPEKTRUM UND JAHRESZEITLICHES AUFTRETEN .....	33
5.2	VERGLEICH DER ERGEBNISSE DER PLANZUG- MIT DENEN DER RADARBEOBACHTUNG....	38
5.3	FLUGHÖHE.....	39
<b>6</b>	<b>ERGEBNISSE NACHTZUGVERHÖR.....</b>	<b>43</b>
6.1	VERGLEICH DER ERGEBNISSE VON NACHTZUGVERHÖR UND RADARBEOBACHTUNG.....	45
<b>7</b>	<b>METHODENKRITIK.....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>51</b>
8.1	ZUGINTENSITÄT UND ARTENSPEKTRUM.....	51
8.1.1	<i>Helligkeitsphase.....</i>	51
8.1.2	<i>Dunkelphase.....</i>	55
8.1.3	<i>Einfluss des Wetters auf die Zugintensität .....</i>	56
8.2	FLUGHÖHE.....	57
8.2.1	<i>Einfluss des Wetters auf die Zughöhe.....</i>	59
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>FAZIT.....</b>	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>65</b>

# 1 EINLEITUNG

Die Offshore-Bürger-Windpark (OSB) Butendiek GmbH & Co. KG plant in der Nordsee ca. 35 km westlich von Sylt die Errichtung von 80 Windenergieanlagen (je 3 MW). Das Planungsgebiet liegt in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ). Nach § 3 Seeanlagenverordnung ist die Errichtung von Windkraftanlagen in diesem Bereich nicht genehmigungsfähig, wenn der Vogelzug dadurch gefährdet wird. Daher wurden im Rahmen dieses Vorhabens nach Vorgaben der Genehmigungsbehörde, des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), ökologische Voruntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsjahr wurden in einer Umweltverträglichkeitsstudie im Mai 2002 vorgelegt. In dem darin enthaltenen Fachgutachten Vogelzug (GRUBER et al. 2002) werden die Bedeutung des Vogelzugs im Planungsgebiet Butendiek auf der Grundlage von Literaturdaten und der bis dahin gewonnenen Daten analysiert und mögliche Konflikte mit der Planung des Offshore-Windparks bewertet. Auf der Grundlage dieser Umweltverträglichkeitsstudie wurde die Baugenehmigung im Dezember 2002 vom BSH erteilt.

In einem Teil des hier vorliegenden Endberichtes werden die Ergebnisse der Untersuchungen zum Vogelzug aus dem zweiten Untersuchungsabschnitt zwischen Mai 2002 und September 2003 vorgestellt.

Wie im ersten Untersuchungsabschnitt untersuchten wir die Flugbewegungen im Untersuchungsgebiet unter besonderer Berücksichtigung ziehender Vögel mit den folgenden sich ergänzenden Methoden:

- Radar
- Planzugbeobachtungen
- Nachtzugverhör.

Radargeräte können unabhängig von Licht- und Sichtbedingungen sowohl tags als auch nachts eingesetzt werden, um Flugbewegungen von Vögeln in einem bestimmten Radius (bei uns: 1,5 nautische Meilen = 1.852 m) zu erfassen. Die Auswertung unserer Daten liefert Informationen zu Zugintensitäten im Tages- oder Jahresverlauf sowie zu Richtung und Höhe der im Bereich des Planungsgebietes über die Nordsee ziehenden Vögel.

Neu gegenüber dem Fachgutachten ist, dass alle Radardaten aus diesem Bericht distanzkorrigiert sind, wodurch die entfernungsabhängige Erfassungsgüte des Radars berücksichtigt wird.

Mit den zeitgleich zu den Radaruntersuchungen durchgeführten Nachtzugverhören erfassten wir das Spektrum der am nächtlichen Zug beteiligten Arten. Tagsüber ersetzen wir diese Methode durch Planzugbeobachtungen. Neben dem Spektrum und der Häufigkeit der tagsüber ziehenden Arten ermöglicht diese Methode die Erfassung der Flughöhe bis in tiefe Höhenschichten, die vom Radar nur teilweise erfasst werden.

In der Diskussion werden die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsabschnitten mit den Ergebnissen aktueller Studien zum Vogelzug über der Nordsee verglichen. Außerdem überprüfen wir, inwiefern sich bekannte Zusammenhänge zwischen ausgewählten Wetterparametern und der Zugintensität bzw. der Zughöhe anhand lokaler Wetterdaten nachvollziehen lassen.

## 2 ERGEBNISSE DER BISHERIGEN UNTERSUCHUNGEN

Die im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) durchgeführte Literaturrecherche ergab für den Vogelzug im Bereich der nordöstlichen Nordsee folgendes Bild:

Beim Tagzug der See- und Wasservögel besteht ein starker Gradient abnehmender Zugintensität vom küstennahen Zug zur offenen Nordsee. Innerhalb der Deutschen Bucht zeigt sich ein weiterer starker Gradient abnehmender Zugintensität zumindest bei ziehenden Wasservögeln nach Norden und Westen. Der Zug der Landvögel verläuft demgegenüber in der Deutschen Bucht überwiegend nachts und ist Teil eines großräumigen Breitfrontzuges, so dass abseits der Küsten kaum Unterschiede in der Zugintensität zu erwarten sind. Anhand von Kalkulationen an Helgoland vorbeiziehender Wasservögel wird für sechs Zugvogelarten eine hohe Bedeutung der offenen See der östlichen Deutschen Bucht auf dem Zug erwartet. Von diesen ziehen Ringelgans und Trauerente vor allem über das schleswig-holsteinische Festland in die Ostsee und sind daher im Planungsgebiet nicht in großer Anzahl vorhanden. Für Seetaucher und Zwergmöwe hat die Östliche Deutsche Bucht internationale Bedeutung als Rastgebiet und es wird daher auch mit dem Durchzug bedeutender Zahlen gerechnet. Von der Kurzschnabelgans zieht ein Großteil der Spitzbergen-Population durch die Östliche Deutsche Bucht und damit auch teilweise durch den Bereich des Planungsgebiets. Die Zahlen von Helgoland lassen zudem auf den Durchzug bedeutenden Zahlen Flussschwärme schließen.

Innerhalb des ersten Untersuchungsjahres wurden die anhand der Literaturdaten als möglicherweise häufig identifizierten Arten nur in geringer Zahl gesichtet, was auf einen küstennahen oder sehr verstreuten Zug durch die Deutsche Bucht hinweist. Dominierende Arten des Tagzuges waren diverse Möwenarten (bei diesen ließ sich nicht zwischen Zugaktivitäten und Nahrungsflügen differenzieren) und Wiesenpieper. Bei den Rastvogelzählungen hatten zusätzlich ziehende Individuen von Graugans, Feldlerche und Buchfink sowie während der Nachtzugverhöre Rotdrossel, Singdrossel, Amsel, Wiesenpieper und Lachmöwe die größten Anteile. Innerhalb des untersuchten Gebietes konnte kein Gradient in der Dichte tagsüber ziehender Vogelarten von Ost nach West festgestellt werden. Demnach scheint es keine speziellen Zugkorridore (Leitlinien) durch das Planungsgebiet zu geben.

Auf dem Wegzug zog das Gros der Landvögel in südliche bis westliche Richtungen. Aufgrund des tageszeitlichen Verlaufs der Intensität des Vogelzuges werden als Ausgangspunkte des nächtlichen Zuges der Landvögel Zwischenrastplätze im südlichen Skandinavien (Wegzug) bzw. den Benelux-Staaten (Heimzug) vermutet.

Die Auswertung der Vertikalradar-Daten zeigt, dass in allen Luftschichten bis mindestens 3.000 m Vogelzug stattfindet. Bei der Bewertung der Zughöhenverteilungen muss jedoch beachtet werden, dass es sich um die Darstellung nicht-distanzkorrigierter Daten handelt. Nach diesen unkorrigierten Daten lag die Zughöhe auf dem Wegzug deutlich über der des Heimzuges. Auf dem Wegzug wurde starker Vogelzug in Höhen bis 1.500 m, auf dem Heimzug bis 900 m registriert. Nach Regenereignissen war die Flughöhe deutlich niedriger. Der Vogelzug konzentriert sich dann weit überwiegend in Höhen unter 450 m.

Unter den nachts ziehenden Landvögeln konnten keine stark gefährdeten Vogelarten festgestellt werden, doch muss darauf hingewiesen werden, dass der Durchzug hoch ziehender oder auf dem Zug nicht oder selten rufender Vogelarten mit den eingesetzten Methoden nicht erfasst werden kann.

## 3 MATERIAL UND METHODEN

### 3.1 Erfassungsmethoden des Vogelzuges

Die Untersuchungen zum Zuggeschehen im Planungsgebiet führten wir wie im ersten Untersuchungsjahr mittels drei verschiedener Methoden durch:

- Radar (horizontal und vertikal),
- Planzugbeobachtung,
- Nachtzugverhör.

Auf eine detaillierte Beschreibung der angewandten Methoden wird hier verzichtet, da diese schon im Fachgutachten des ersten Untersuchungsjahres niedergeschrieben sind. Im Folgenden werden die Methoden nur kurz wiederholt und Änderungen im Vergleich zum ersten Untersuchungsjahr beschrieben.

#### 3.1.1 Radar

Im zweiten Untersuchungsjahr benutzten wir dieselben Radargeräte wie im ersten Untersuchungsjahr. Dabei handelte es sich um zwei baugleiche Geräte des Typs „Raytheon Radarsichtgerät RL 80C“. Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse innerhalb des Untersuchungsjahres und zwischen den Untersuchungsjahren behielten wir die Einstellungen an den Radargeräten bei (Tab. 1).

Tab. 1: Physikalische Charakteristik der verwendeten Radargeräte und Einstellungen während der Untersuchungen.

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

\*nm: nautische Meilen (= 1.852 m)

\*\* der Gain wurde stets so eingestellt, dass die Geräte im hochauflösenden Bereich arbeiteten

Für die Untersuchungen stand auch im zweiten Jahr wieder die MS Christoffer durchgehend zur Verfügung und konnte kurzfristig und flexibel eingesetzt werden. Die Ausfahrten wurden so geplant, dass nur an Tagen mit geringem Seegang und ohne Niederschlag Radaruntersuchungen durchgeführt wurden. Die Ausfahrthäufigkeit wurde dadurch maßgeblich beeinflusst. Einen Überblick über die Untersuchungstage, gibt Tabelle 2.

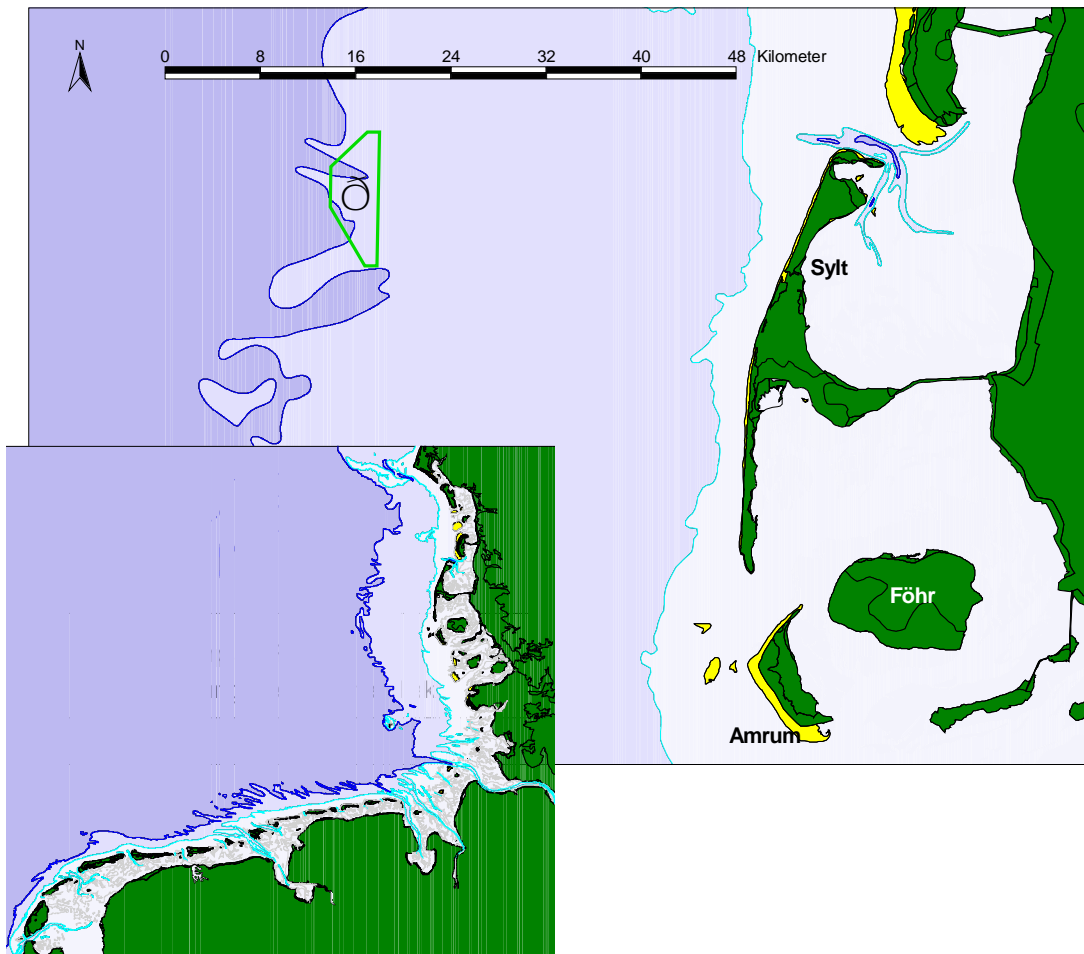
Tab. 2: Tage, an denen Vertikal- und Horizontalradar eingesetzt wurden. Die Start- und Endzeit der Radarerfassung ist in UTC angegeben.

2002				2003			
Datum	Start	Ende	Radar	Datum	Start	Ende	Radar
20.04.02	2:30	24:00	vertikal, horizontal <sup>1)</sup>	13.03.03	06:45	24:00	vertikal, horizontal
21.04.02	0:00	12:10	vertikal, horizontal	14.03.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
12.05.02	2:40	24:00	horizontal	15.03.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
13.05.02	0:00	4:30	horizontal	16.03.03	00:00	07:40	vertikal, horizontal
28.05.02	15:50	24:00	vertikal, horizontal	24.03.03	18:30	24:00	vertikal, horizontal
29.05.02	0:00	16:00	vertikal, horizontal	25.03.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
09.07.02	21:10	24:00	vertikal, horizontal	26.03.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
10.07.02	0:00	12:00	vertikal, horizontal	27.03.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
12.07.02	20:40	24:00	vertikal, horizontal	28.03.03	00:00	06:20	vertikal, horizontal
13.07.02	0:00	6:30	vertikal, horizontal	07.04.03	18:10	24:00	vertikal, horizontal
02.08.02	21:10	24:00	vertikal, horizontal	08.04.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
03.08.02	0:00	24:00	vertikal, horizontal	09.04.03	00:00	10:00	vertikal, horizontal
04.08.02	0:00	4:00	vertikal, horizontal	22.04.03	18:30	24:00	vertikal, horizontal
23.08.02	19:45	24:00	vertikal, horizontal	23.04.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
24.08.02	0:00	24:00	vertikal, horizontal	24.04.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
25.08.02	0:00	3:40	vertikal, horizontal	25.04.03	00:00	08:50	vertikal, horizontal
12.09.02	17:30	24:00	vertikal, horizontal	07.05.03	15:45	24:00	vertikal, horizontal
13.09.02	0:00	17:00	vertikal, horizontal	08.05.03	00:00	17:45	vertikal, horizontal
24.09.02	6:00	24:00	vertikal, horizontal	16.05.03	19:20	24:00	vertikal, horizontal
25.09.02	0:00	6:20	vertikal, horizontal	17.05.03	00:00	03:50	vertikal, horizontal
26.09.02	19:25	24:00	vertikal, horizontal	18.05.03	05:30	24:00	vertikal, horizontal
27.09.02	0:00	17:40	vertikal, horizontal	19.05.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
06.10.02	17:25	24:00	vertikal, horizontal	20.05.03	00:00	04:30	vertikal, horizontal
07.10.02	0:00	24:00	vertikal, horizontal <sup>2)</sup>	25.05.03	17:00	24:00	vertikal, horizontal
08.10.02	0:00	6:30	vertikal, horizontal	26.05.03	00:00	07:00	vertikal, horizontal
18.10.02	17:50	24:00	vertikal <sup>3)</sup> , horizontal	13.07.03	17:40	24:00	vertikal, horizontal
19.10.02	0:00	6:00	horizontal	14.07.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
04.11.02	19:15	24:00	vertikal, horizontal	15.07.03	00:00	12:45	vertikal, horizontal
05.11.02	0:00	19:10	vertikal, horizontal	28.07.03	18:00	24:00	vertikal, horizontal
09.11.02	19:45	24:00	vertikal, horizontal	29.07.03	00:00	15:10	vertikal, horizontal
10.11.02	0:00	17:00	vertikal, horizontal	02.08.03	18:00	24:00	vertikal, horizontal
18.11.02	4:45	24:00	vertikal, horizontal	03.08.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
19.11.02	0:00	24:00	vertikal, horizontal	04.08.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
20.11.02	0:00	6:30	vertikal, horizontal	05.08.03	00:00	04:30	vertikal, horizontal
<sup>1)</sup> von 5:20-15:45 Uhr Pause wegen SAS-Fahrt				03.09.03	17:50	24:00	vertikal, horizontal
<sup>2)</sup> von 5:50-16:30 Uhr Pause wegen SAS-Fahrt				04.09.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
<sup>3)</sup> Vertikalradar nach einer Stunde defekt				05.09.03	00:00	24:00	vertikal, horizontal
				06.09.03	00:00	15:00	vertikal, horizontal



Während der Radaruntersuchungen lagen wir in der Regel vor Anker mit Standort in der Mitte des Planungsgebietes (Abb. 1). Nur am 13.03.2003 erfolgte die Messung aufgrund des starken Seegangs bei langsamer Fahrt gegen die Welle.

Trotz der Flexibilität der Ausfahrtstermine gibt es vom Horizontalradar kaum auswertbare Bilder, da auch bei geringem Seegang potentielle Vogeleos durch Wellenreflexionen überschattet wurden. Dadurch ist nur ein stets wechselnder Anteil der Bildschirmfläche auswertbar und ein Vergleich der Zugintensitäten an verschiedenen Tagen kaum möglich. Auf die Auswertung der Zugrichtung anhand des Horizontalradars wird ebenfalls verzichtet, da aus den starken Zugnächten keine auswertbaren Bilder vorliegen. In Nächten mit geringem Zug ließ sich keine eindeutige Zugrichtung erkennen. Ursache dafür sind vermutlich die immer wieder um das Schiff kreisenden Möwen. Möglicherweise spiegelt dies aber auch eine Reaktion ziehender Vögel auf die Beleuchtung des Schiffes wider. Ergebnisse zu den im Gebiet vorherrschenden Flugrichtungen liegen aus dem ersten Untersuchungsjahr vor (s. Fachgutachten, GRUBER et al. 2002).



**Abb. 1:** Lage des Untersuchungsgebietes in der Deutschen Bucht. Der Ankerplatz für Radaruntersuchungen lag inmitten des Planungsgebietes (grün umrandet).

Das Vertikalradar lieferte recht zuverlässig auswertbare Bilder. Allerdings ging ein Gerät nach ca. 12 Betriebsmonaten kaputt. Ursache war laut Hersteller/Vertreiber die unsachgemäße vertikale Aufhängung, für welche die Radargeräte nicht konstruiert wurden. Als Ersatz diente uns in der Reparaturphase das baugleiche vorher als Horizontalradar genutzte Gerät. Daher liegen nach dem 08.10.2002 bis zum 04.11.2002 nur Daten von einem Radargerät vor.

Eine Verbesserung stellte die Änderung der Ausrichtung des Vertikalradars ab dem 17.05.2003 dar. Bis zu diesem Zeitpunkt rotierte die Radarantenne quer, danach längs zur Kiellinie. Dadurch wurden die durch die Schiffsbewegungen verursachten Störungssignale verringert, so dass flach über der Wasseroberfläche fliegende Vögel noch besser erfasst werden konnten.

Ein anderes Problem, das erstmals im Sommer 2003 auftrat, konnte nicht gelöst werden. An einigen Tagen und Nächten wurden Echos auf dem Bildschirm abgebildet, bei denen wir nicht unterscheiden konnten, ob es sich um Vögel, Insekten oder um eine Störung handelte. Am 14.07.2003 wurden tagsüber folgende Bilder vom Bildschirm abfotografiert (Abb. 2):

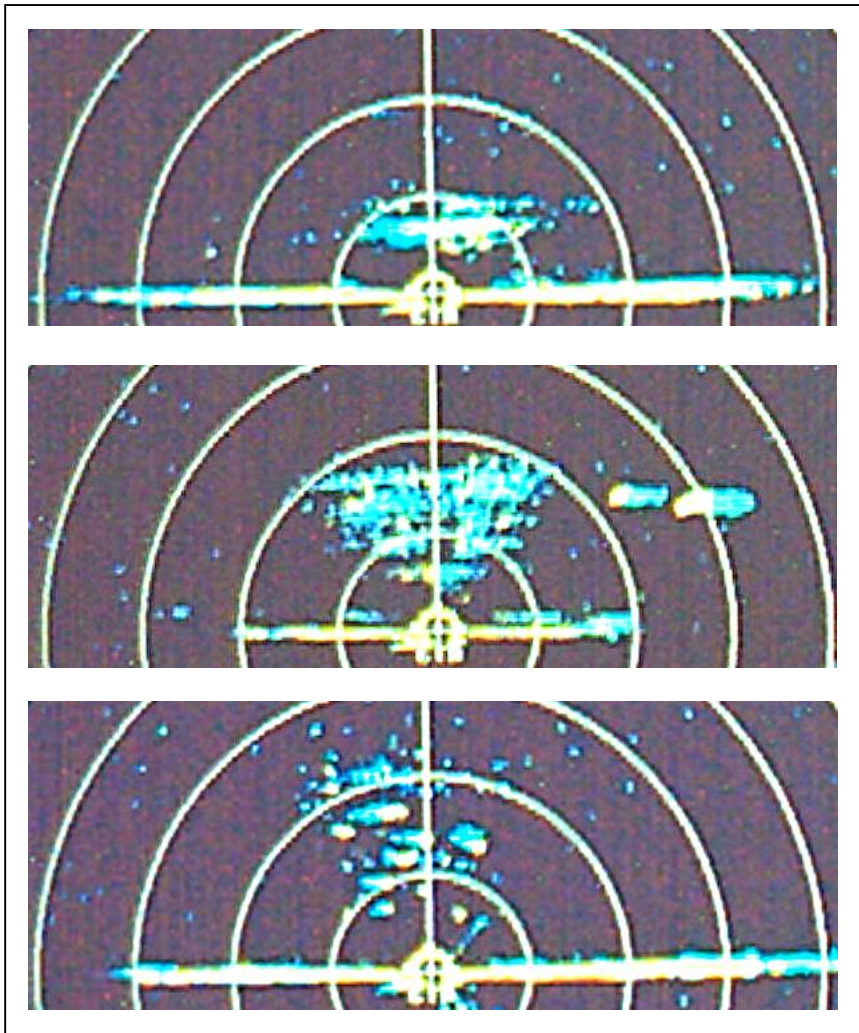


Abb. 2: Ausschnitte von Radarbilder vom 14.07.2003: oben 9:53 Uhr, Mitte 11:23 Uhr und unten 12:21 Uhr.

Während sich die einzelnen Echos gewöhnlich voneinander differenzieren lassen und sie sich über einen längeren Zeitraum über den Bildschirm bewegen, tauchte ein Großteil der Echos an diesem Tag nur für kurze Zeit und fast ausschließlich direkt über dem Schiff auf dem Bildschirm auf. Auch bei Einstellung einer geringeren Reichweite des Vertikalradars (0,5 nautische Meilen) ließ sich keine eindeutige Bewegungsrichtung eines Großteils der Echos bestimmen. Ein Zähler, der intensiv den Luftraum über dem Schiff absuchte, konnte weder Vögel noch Insekten erblicken, obwohl zum selben Zeitpunkt Echos mit Tracks in einer Entfernung von nur etwa 200 m auf dem Bildschirm abgebildet wurden. Auch im Rahmen der Planzugbeobachtungen beobachteten wir tagsüber kaum Vögel im Gebiet. Allerdings befanden sich an diesem Tag mit Ostwind überdurchschnittlich viele Insekten (Schwebfliegen, Schmetterlinge u.a.) auf dem Schiff. Wir gehen daher davon aus, dass es sich bei dem Großteil der Echos nicht um Vögel, sondern um Insekten oder eine Störung gehandelt hat. Während auf dem untersten Bildausschnitt einzelne Echos differenziert werden können, ähnelt der oberste Bildausschnitt eher der Reflexion einer Wolke. Zwischen diesen Extremen gab es an diesem Tag alle Übergänge. Diese Bilder werteten wir nicht aus.

Zur Erfassung der Radardaten fotografierten wir wie im ersten Untersuchungsjahr den Radarbildschirm mittels Webcam ab. Die Bearbeitung der Bilder (Ausmessen der Vogelsignale) erfolgte mit Hilfe des Programms „ImageTool“ und eines speziell entworfenen Auswertungsskriptes, das uns freundlicherweise von Dr. Hüppop, Vogelwarte Helgoland, zur Verfügung gestellt wurde (s.a. Fachgutachten Zugvögel des 1. Untersuchungsjahres, Kap. 3.2.1). Trotz höherer Aufnahme Frequenz ging nur ein Bild pro fünf Minuten in die weitere Auswertung ein. Außerdem blieben Bilder mit Störungen wie Wolken oder Regen unberücksichtigt. Dadurch war ein stets gleicher Anteil der Bildschirmfläche auswertbar und ein Vergleich der Zugintensitäten an verschiedenen Tagen möglich.

Als Herbst- bzw. Wegzug haben wir den Zeitraum zwischen dem 01.07. und dem 20.11. eines Jahres gewertet. Für den Frühjahrs- bzw. Heimzug werteten wir die Daten zwischen dem 01.03 und dem 15.06. eines Jahres aus.

Bei der Berechnung der Zugintensität und der Zughöhenverteilungen muss beachtet werden, dass die Rohdaten zunächst distanzkorrigiert werden müssen, da die Erfassbarkeit eines Vogels unter anderem (s.a. BRUDERER 1997) von seiner Entfernung vom Radargerät abhängt (s.u.). Im Ergebnisteil sind, wenn nicht ausdrücklich anders erwähnt, bereits distanzkorrigierte Daten dargestellt. Diese werden der Kürze wegen weiterhin z.B. als Anzahl Echos statt als distanzkorrigierte Anzahl Echos bezeichnet.

### 3.1.2 Distanzkorrektur

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

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

Verwendet wurde ein Half-normal-model mit Cosine series expansion (BUCKLAND et al. 2001) mit drei zu schätzenden Parametern.

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

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

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

$x$ : Entfernung vom Radar (in m)

$A_{1-3}$ : geschätzte Parameter

$w$ : Transektbreite (1.500 m)

Die graphische Darstellung zeigt Abbildung 3.

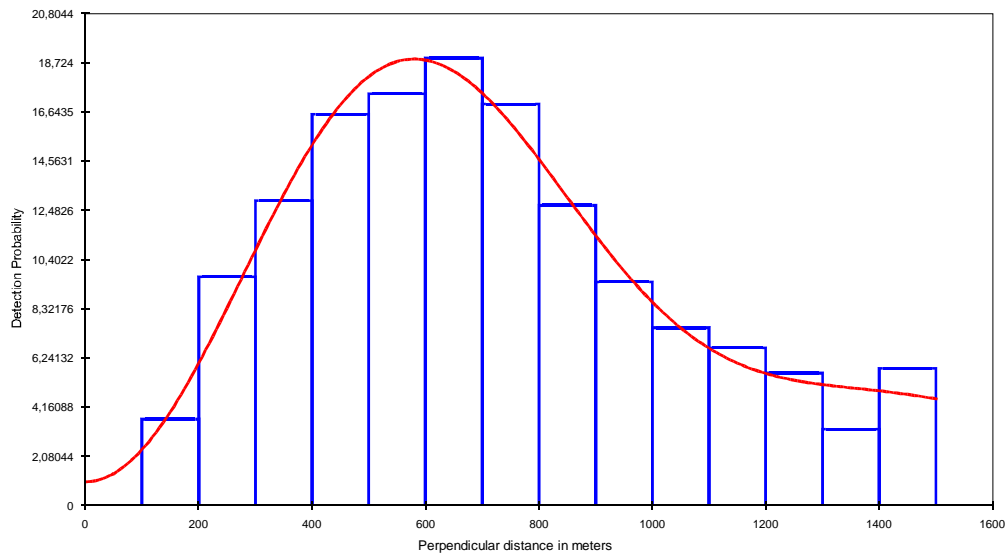


Abb. 3: Anpassungskurve nach Distance 3.5.

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

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

Für die Auswertungen bleiben die untersten 50 m über See unberücksichtigt, da in diesem Bereich regelmäßig Störungen durch reflektierte Wellen die Echos fliegender Vögel überdecken. Der Rest des Erfassungsraums wird in 100 m x 100 m-Felder eingeteilt und jedes Echo entsprechend seiner Bildschirmposition einem Feld zugeordnet. Für die weiteren Auswertungen werden nur Echos aus Feldern berücksichtigt, deren Mittelpunkt mehr als 50 m und weniger als 1.450 m vom Radar entfernt sind, da nur für diesen Bereich die Wertedichte zur Berechnung eines Korrekturfaktors ausreichend groß war. Für jedes Feld wird ein Korrekturfaktor bestimmt, indem die Strecke vom Radar zum Feldmittelpunkt wie oben beschrieben in die Formeln eingesetzt wird (siehe Anhang, Tab.1).

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

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

### 3.1.3 Planzugbeobachtungen

Zeitgleich zu den Radaruntersuchungen wurden zur Bestimmung des Artenspektrums der über das Gebiet ziehenden Vögel Planzugbeobachtungen durchgeführt. Die Beobachtungen fanden wenn möglich von einer Stunde vor Sonnenaufgang bis eine Stunde nach Sonnenuntergang statt. Eine Übersicht über die Beobachtungszeiten befindet sich in Tabelle 3. Standort für die Beobachtungen war das Achterdeck des ankernden Schiffes, da aufgrund der laufenden Radargeräte aus Sicherheitsgründen das Peildeck nicht benutzt werden konnte. Zwei Beobachter(-teams) suchen mit bloßem Auge oder Fernglas (7 bis 10-fache Vergrößerung) kontinuierlich auf der Steuerbord- und Backbordseite des Schiffes den Luftraum in einem möglichst großen Winkel (120°-180°) nach Vögeln ab und notieren alle in einem Umkreis von etwa 1.500 m fliegenden Vögel mit den folgenden Parametern: Zeit (minutengenau), Art, Alter, Kleid, Anzahl, Gruppe, Entfernung (Einteilung in Entfernungsklassen A-E wie bei SAS sowie >1000 m), Flugrichtung, Verhalten (insbesondere Assoziationen zum eigenen Schiff oder zu Kuttern) und Flughöhe. Letztere geben wir aufgrund fehlender vertikaler Strukturen im Untersuchungsraum nur in groben Klassen (1: 0-5 m, 2: 5-50 m, 3: >50 m) an. Mindestens einmal pro Minute wird der Horizont mit dem Fernglas abgesucht. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden nur auf das Schiff zufliegende oder parallel dazu fliegende Vögel notiert. Im Zweifelsfall ist eine Absprache mit dem Beobachter(-team) der anderen Seite erforderlich.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Sichtbarkeit von Vögeln sehr unterschiedlich sein kann. Neben Sichtbedingungen spielen die absolute Entfernung zum Schiff, die Flughöhe und die Größe des Vogels bzw. Vogeltrupps eine Rolle.

Eine Unterscheidung zwischen Flugbewegungen von Zug- und Rastvögeln ist in vielen Fällen nicht möglich. In die Auswertungen gingen alle registrierten Flugbewegungen ein. Alle Ergebnisse werden in Individuen pro Stunde angegeben. Das Artenspektrum wird absolut und prozentual angegeben und die Intensität mit den zeitgleichen Radaruntersuchungen verglichen. Zeitliches Auftreten sowie die Flughöhen der häufigsten Arten bzw. Artengruppen im Untersuchungsgebiet werden für Heim- und Wegzug getrennt dargestellt.



Tab. 3: Übersicht über die Tage und Zeiträume mit Planzugbeobachtungen. Die Start- und Endzeit der Planzugbeobachtungen ist in UTC angegeben.

Datum	Start	Ende	Datum	Start	Ende
20.04.2002	15:45	19:10	08.04.2003	04:30	06:30
21.04.2002	04:00	12:10	09.04.2003	04:30	10:00
12.05.2002	03:30	18:30	23.04.2003	04:00	19:00
13.05.2002	03:20	04:20	24.04.2003	04:10	19:00
29.05.2002	03:20	16:00	25.04.2003	04:00	08:50
10.07.2002	03:20	12:00	07.05.2003	15:30	19:15
13.07.2002	03:20	06:30	08.05.2003	03:40	17:40
03.08.2002	03:40	19:10	18.05.2003	05:40	19:30
24.08.2002	07:20	18:00	19.05.2003	03:30	19:30
13.09.2002	05:50	16:00	20.05.2003	03:30	04:15
24.09.2002	06:00	14:20	25.05.2003	17:10	19:50
27.09.2002	05:30	16:10	26.05.2003	03:00	06:00
05.11.2002	06:30	16:10	13.07.2003	19:00	20:00
10.11.2002	06:30	14:00	14.07.2003	03:00	19:40
18.11.2002	07:00	15:50	15.07.2003	03:10	12:30
19.11.2002	07:20	13:30	29.07.2003	03:00	15:10
13.03.2003	07:20	17:30	02.08.2003	18:50	19:30
14.03.2003	06:00	17:30	03.08.2003	03:00	19:30
15.03.2003	06:00	17:30	04.08.2003	03:40	19:30
16.03.2003	06:30	07:30	05.08.2003	03:20	04:30
25.03.2003	05:00	13:10	04.09.2003	04:20	18:20
26.03.2003	09:50	17:40	05.09.2003	04:15	18:10
27.03.2003	05:30	06:50	06.09.2003	05:10	14:00
28.03.2003	05:20	05:50			

### 3.1.4 Nachtzugverhör

In Nächten, in denen Radaruntersuchungen stattfinden, werden Zugrufe erfasst. Der Standort wird je nach Ausrichtung des Schiffes in Bezug zur Zugrichtung und je nach Wetterbedingung (Windstärke, Windrichtung u.a.) flexibel gewählt. Die Zugrufe werden in 20-Minuten-Blöcken summiert und nach Arten getrennt aufgeschrieben. Zu Beginn jeder Stunde wird mindestens zehn Minuten lang nach Zugrufen gelauscht. Wird in den zehn Minuten kein Vogel gehört, so werden erst in der nächsten Stunde wieder zehn Minuten verhört. Sobald mindestens ein Ruf in den ersten zehn Minuten einer Stunde gehört wird, wird der Block auf 20 Minuten erweitert und nach einer zehnminütigen Pause ein zweiter 20-Minuten-Block angehängt. Das Geschehen in den zehn bzw. 40 Verhörminuten pro Stunde gilt stellvertretend für die gesamte Stunde. Die Werte aus den Blöcken werden dementsprechend auf die Anzahl Vogelrufe je Stunde hochgerechnet. Es ist zu beachten, dass mit dieser Methode nur Vögel erfasst werden, die in hörbarer Entfernung rufen und damit nur ein Teil des Artenspektrums nachts ziehender Vögel erfasst wird. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Nächte, in denen wir Zugrufe verhörten.

Tab. 4: Übersicht über die Nächte und Zeiträume mit Nachtzugverhör. Die Start- und Endzeit des Nachtzugverhörs ist in UTC angegeben.

Datum	Start	Ende	Datum	Start	Ende
06./07.10.2002	18:30	04:00	23./24.04.2003	20:00	04:00
07./08.10.2002	18:00	01:30	24./25.04.2003	20:00	04:00
09./10.11.2002	20:30	06:00	07./08.05.2003	20:00	04:00
(17./)18.11.2002	05:00	07:00	16./17.05.2003	21:00	04:00
18./19.11.2002	20:00	07:00	18./19.05.2003	20:00	04:00
19./20.11.2002	18:00	07:00	19./20.05.2003	20:00	04:00
13./14.03.2003	18:00	06:00	25./26.05.2003	21:00	03:00
14./15.03.2003	18:00	06:00	13./14.07.2003	21:00	03:00
15./16.03.2003	18:00	06:00	14./15.07.2003	22:00	03:00
24./25.03.2003	19:00	05:30	28./29.07.2003	21:00	03:00
25./26.03.2003	18:00	10:00	02./03.08.2003	22:00	03:00
26./27.03.2003	19:00	05:00	03./04.08.2003	20:00	04:00
27./28.03.2003	17:30	05:00	04./05.08.2003	20:00	03:00
07./08.04.2003	19:00	05:00	03./04.09.2003	20:00	04:00
08./09.04.2003	20:00	05:00	04./05.09.2003	19:00	04:00
22./23.04.2003	20:00	03:30	05./06.09.2003	19:00	04:00



## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Vertikalradar

#### 4.1.1 Jahreszeitliches Auftreten und Zugintensitäten

Der jahreszeitliche Verlauf der zwischen Herbst 2001 und Herbst 2003 mit vertikalem Radar ermittelten Flug- bzw. Zugintensität während der Hell- und Dunkelphasen (im folgenden Tag und Nacht) ist in Abbildung 4 (oberes Diagramm) dargestellt. Das untere Diagramm in dieser Abbildung zeigt die Anzahl der auswertbaren Bilder. Es wird deutlich, dass ein Großteil der Echos zwischen 50 m und 1.450 m Höhe nachts erfasst wurden. Die nächtliche Zugintensität weist im Jahresverlauf eine ausgeprägte zweigipfelige Verteilung mit Zugmaxima im April und Oktober auf. Bis auf die Monate August und November waren die mittleren monatlichen Zugintensitäten in der Nacht deutlich höher als am Tag. Im Mai war der Unterschied in der Zugintensität zwischen Tag und Nacht am stärksten (nachts 5-fach höhere Intensität als am Tag). Der Monat mit der höchsten nächtlichen Zugintensität war der Oktober mit durchschnittlich 11,5 Echos/Bild (alle Daten distanzkorrigiert, s. Kap. 3.1.1 und 3.1.2). Sowohl im Jahr 2001 (10,6 Echos/Bild) als auch im Jahr 2002 (12,2 Echos/Bild) waren die mittleren Zugintensitäten in diesem Monat hoch. Bei den übrigen Monaten, für die aus mehr als einem Jahr Daten vorliegen, kam es v.a. im März zu erheblichen Unterschieden in der mittleren nächtlichen Zugintensität zwischen den Jahren. Während im Jahr 2002 im März eine mittlere Zugintensität von 11,4 Echos/Bild ermittelt wurde, lag sie im Jahr 2003 bei nur 0,8 Echos/Bild, obwohl die Messungen in beiden Jahren in den gleichen Zeiträumen stattfanden.

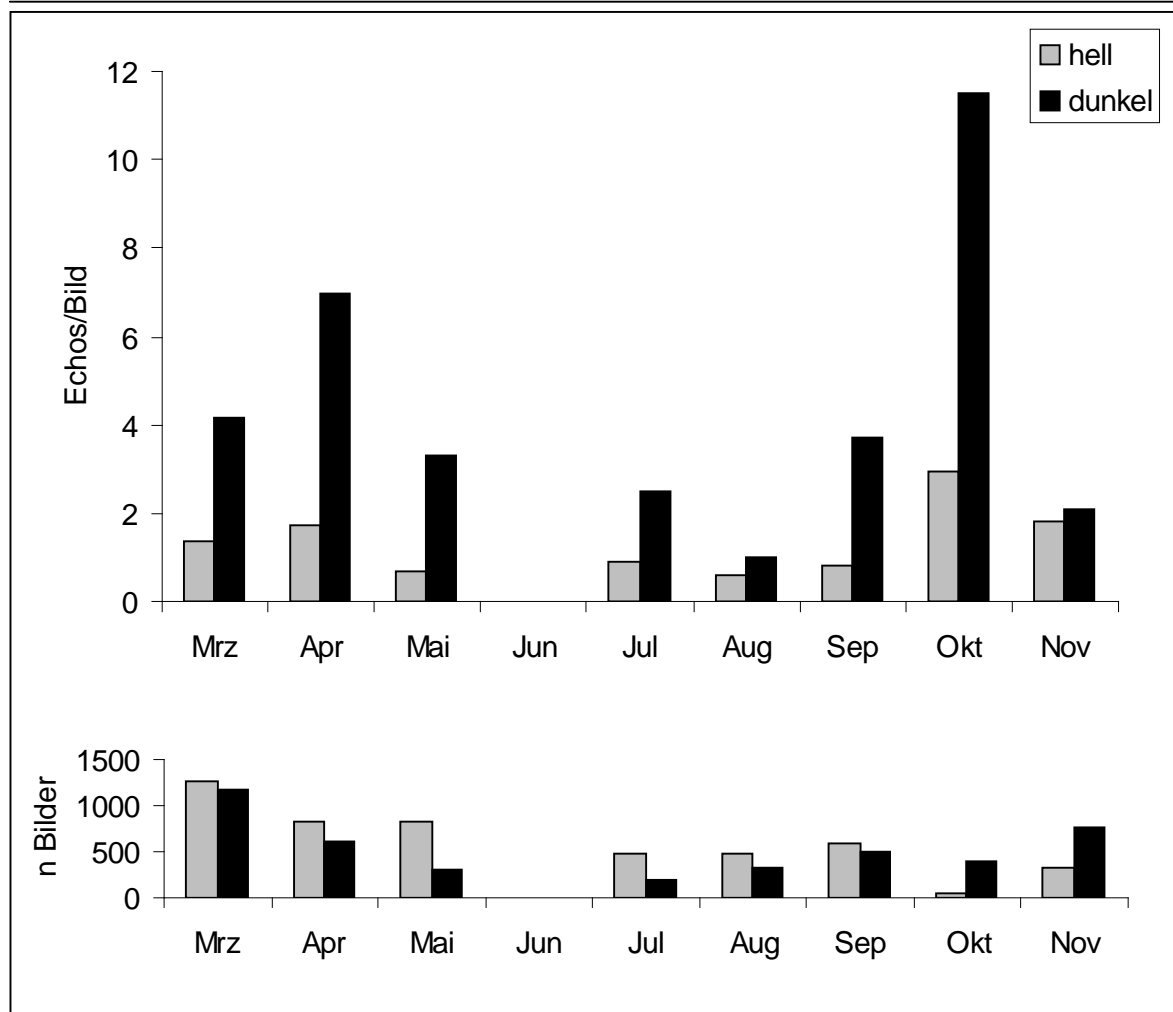


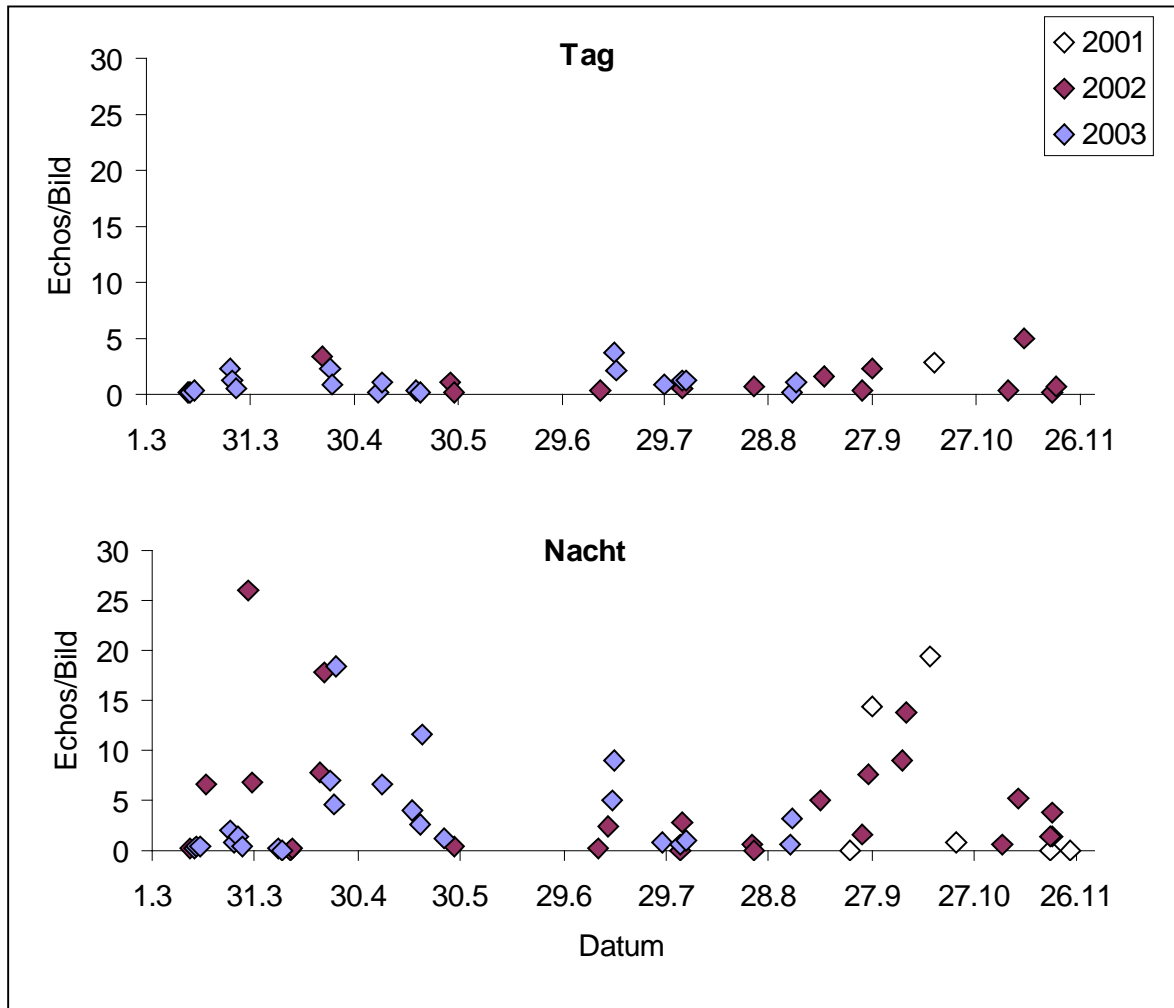
Abb. 4: Intensität (Echos je Bild) fliegender bzw. ziehender Vögel/Vogeltrupps im Jahresverlauf (oben) und Beobachtungsaufwand (unten, Anzahl auswertbarer Bilder je Monat) Die Intensität am Tag ist grau, die in der Nacht schwarz dargestellt. Datengrundlage sind alle Messwerte während der Zugzeiten von 2001 bis 2003.

Insgesamt haben wir nachts während des Heimzuges (01.03. bis 15.06.) mit 5,0 Echos/Bild eine höhere mittlere Zugintensität festgestellt als während des Wegzuges (01.07. bis 20.11.) mit 4,0 Echos/Bild. Die Intensität lag von März bis Mai über 3,3 Echos/Bild und variierte zwischen den Monaten weniger als während des Wegzuges.

Die Intensität der Flugbewegungen am Tag lag zwischen 0,6 Echos/Bild im August und 3,0 Echos/Bild im Oktober und variierte damit über die Monate nur gering.

Die Darstellung der Intensitäten einzelner Tage (Abb. 5 oben) und Nächte (Abb. 5 unten) verdeutlicht, dass die Intensität auch bei aufeinanderfolgenden Tagen bzw. Nächten eines Jahres starken Schwankungen unterlag und wir nur wenige Nächte mit extrem hoher Zugintensität registriert haben. Während des Wegzuges wurden die höchsten Intensitäten in folgenden Nächten ermittelt: 27./28.09.2001 (14,4 Echos/Bild), 14./15.10.2001 (19,4 Echos/Bild) und 07./08.10.2002 (13,8 Echos/Bild). Dabei stammen 39 % der Echos während des Wegzuges aus den beiden zuletzt genannten Oktobernächten. Die höchste Zugintensität während des Heimzuges wurde in den Nächten 29./30.03.2002

(26,0 Echos/Bild) und 24./25.04.2003 (18,4 Echos/Bild) ermittelt. In diesen beiden Nächten wurden 46 % aller Heimzugechos registriert.



**Abb. 5:** Intensität der Flugbewegungen (Echos je Bild) an den einzelnen Messtagen (oben) und Messnächten (unten). Die Werte aus dem Jahr 2001 sind weiß, aus dem Jahr 2002 sind rot und aus dem Jahr 2003 blau dargestellt.

Vor allem im Frühjahr lagen Nächte mit sehr hoher Zugintensität häufig in unmittelbarer zeitlicher Nähe zu Nächten, in denen quasi kein Vogelzug ermittelt wurde.

Neben der jahreszeitlichen unterliegt die Zugintensität im Untersuchungsgebiet auch einer starken tageszeitlichen Periodik. In den Abbildungen 6 und 7 ist der tageszeitliche Verlauf der Zugintensität am Beispiel von starken Zugnächten für den Heim- und Wegzug dargestellt.

Für beide Zugperioden (Herbst und Frühjahr) gilt, dass die Intensitäten der Flugbewegungen tagsüber gering waren und erst in den Abendstunden anstiegen.

Innerhalb der Dunkelphase unterscheidet sich der Verlauf der Zugintensitäten in den Beispielnächten jedoch sowohl zwischen den Zugperioden (1) als auch zwischen einzelnen Tagen einer Zugperiode (2).

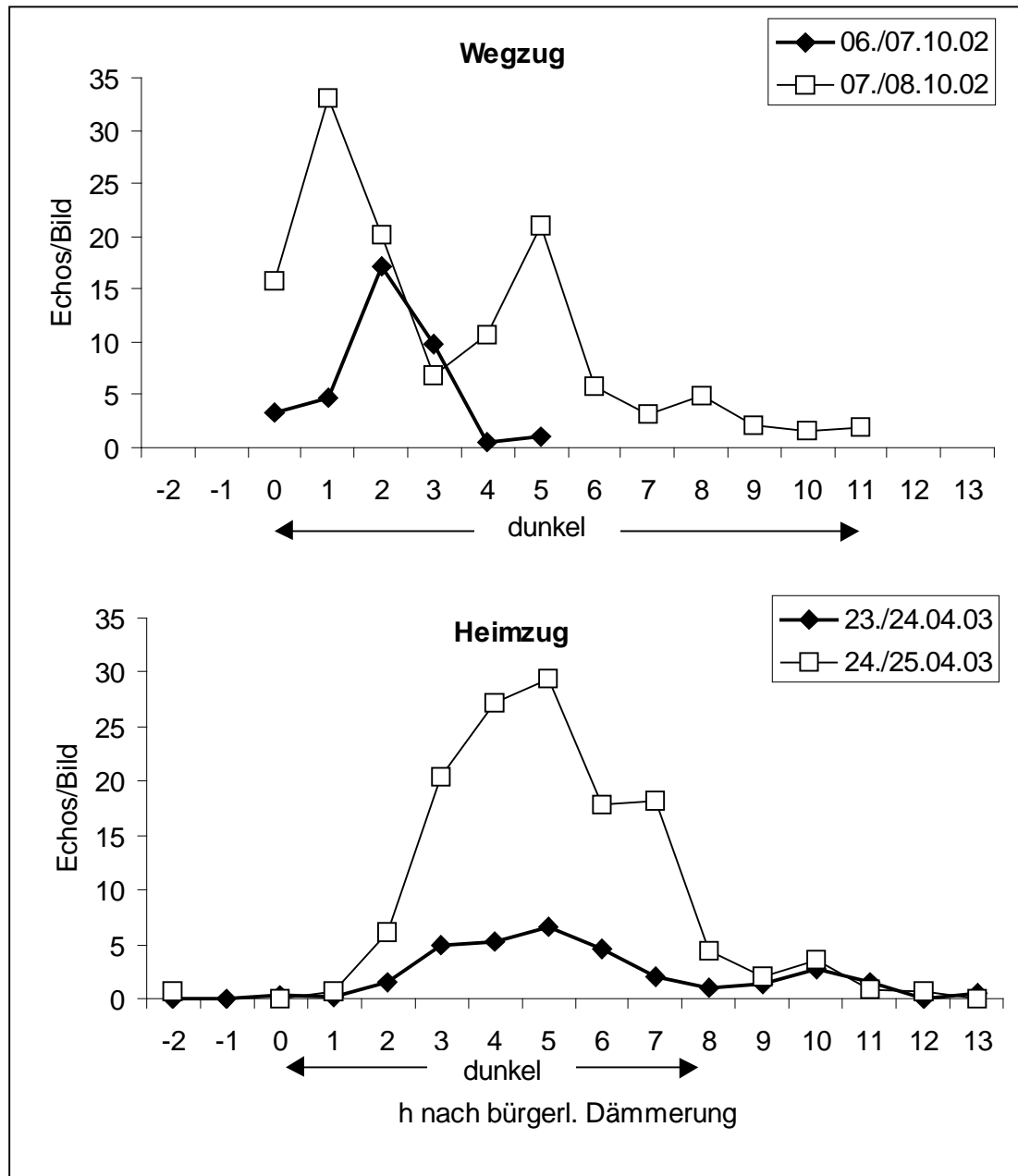


Abb. 6 (oben) und 7 (unten): Tageszeitliche Verlauf der Intensität (Echos je Bild) in aufeinanderfolgenden Nächten. Oben sind zwei Nächte während des Wegzuges (06./07.10.2002, n = 253 unkorrigiert; 07./08.10.2002, n = 786), unten während des Heimzuges (23./24.04.2003, n = 224; 24./25.04.2003, n = 901) dargestellt. Auf der x-Achse ist die Anzahl Stunden vor (minus) bzw. nach (positiv) bürgerlicher Dämmerung angegeben.

(1) Während in den (beiden) Herbstnächten die höchste über eine Stunde gemittelte Zugintensität (36,5 Echos/Bild) bereits zwei Stunden nach Sonnenuntergang (bürgerl. Dämmerung) auftrat, kam es in den (beiden) Frühjahrsnächten erst etwa fünf Stunden nach Sonnenuntergang zur maximalen Zugintensität im Untersuchungsgebiet. Diese lag mit 35,2 Echos/Bild in der gleichen Größenordnung wie die maximale Zugintensität beim Wegzug (Abb. 6 und 7). Die Ergebnisse aus diesen Nächten deuten auf eine saisonale Abhängigkeit der tageszeitlichen Periodik hin, die möglicherweise auf unterschiedlich weit entfernte Abflugorte auf Heim- und Wegzug zurückzuführen sind.

Einen weiteren Unterschied zwischen den Nächten beider Zugperioden spiegelt die Form der Kurven wider, welche die Intensitätswerte im Tagesverlauf bilden. Während die Intensitätskurve im Frühjahr etwa glockenförmig verläuft mit recht hohen Werten über die ganze Nacht (Nachtdauer: ca. 9 h) und die Zugintensität erst in der Stunde nach Sonnenaufgang stark abnahm, kam es z.B. in der Herbstnacht auf den 08.10.2002 zu zwei ausgeprägten Durchzugsmaxima etwa zwei und sechs Stunden nach Sonnenuntergang (Nachtdauer: ca. 12 h). Danach nahm die Zugintensität ab und blieb in den letzten drei Stunden vor Sonnenaufgang unter 3 Echos/Bild.

(2) Dass der Verlauf der Zugintensität auch in aufeinander folgenden Nächten sehr unterschiedlich sein kann, wird besonders am Beispiel der Herbstnächte deutlich. In der Nacht vom 06. auf den 07.10.2002, in der es sechs Stunden nach Sonnenuntergang anfang zu regnen, wurde insgesamt eine geringere Intensität ermittelt als in der Folgenacht, in der es trocken blieb. Die Kurve zeigt nur einen Gipfel zwei bis drei Stunden nach Sonnenuntergang. Etwa zwei Stunden später konnte quasi kein Zug mehr festgestellt werden und weitere zwei Stunden später fing es an zu regnen, so dass keine auswertbaren Bilder für den Rest der Nacht zur Verfügung stehen.

Die Ergebnisse aus den Beispielnächten weisen sowohl auf Unterschiede im Verlauf der Zugintensität in einzelnen Nächten als auch auf Unterschiede zwischen den Zugperioden hin. Während die Unterschiede zwischen den Herbstnächten auf unterschiedliche Wetterbedingungen zurückzuführen sein können (mit und ohne Niederschlag), deuten die saisonalen Unterschiede in den Durchzugsmaxima möglicherweise auf unterschiedlich weit entfernte Abflugorte/Zwischenrastgebiete hin. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bisher zu wenig Daten aus aufeinanderfolgenden Nächten mit starken Zugereignissen vorliegen, um auf generelle Phänomene zu schließen.

Der Unterschied im tageszeitlichen Verlauf der Zugintensität zwischen Heim- und Wegzug wird auch aus Abbildung 8 ersichtlich. Hier sind die über sechs Stunden gemittelten Zugintensitäten aller auswertbaren Bilder von 2001 bis 2003 von Heim- und Wegzug gegenübergestellt. Obwohl der Sonnenuntergang im Frühjahr nur durchschnittlich 50 Minuten später erfolgt als im Herbst, unterscheiden sich die Durchzugs-Phänologien in beiden Zugperioden deutlich. Während des Wegzuges wird die höchste mittlere Zugintensität zwischen 18 und 24 Uhr (UTC) erreicht, beim Heimzug dagegen erst zwischen 0 und 6 Uhr (UTC). Im Frühjahr kam der Großteil der Vögel folglich später nach Sonnenuntergang im Untersuchungsgebiet an als im Herbst.

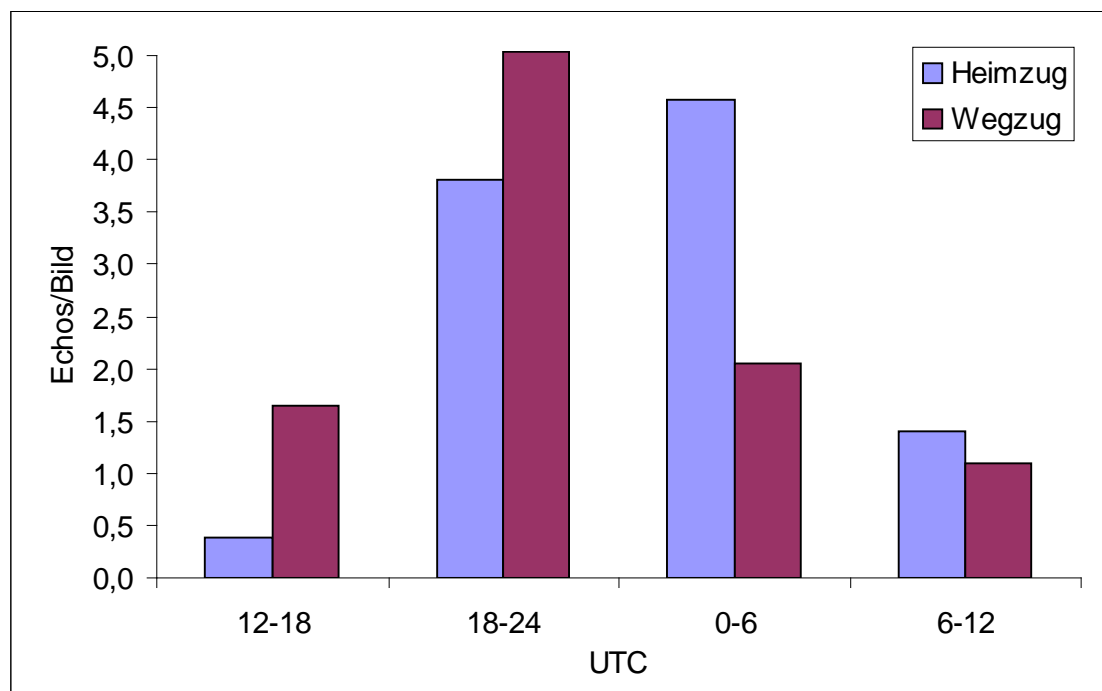


Abb. 8: Tageszeitlicher Verlauf der Intensität in Zeitblöcken. Ausgewertet wurden alle Daten von 2001 bis 2003. Für den Heimzug wurden 4.985 Bilder mit 7.697 Echos (unkorrigierte Anzahl), für den Wegzug 3.894 Bilder mit 5.507 Echos (unkorrigierte Anzahl) ausgewertet.

#### 4.1.1.1 Einfluss des Wetters auf die Zugintensität

Die Zugintensität wird in vielfältiger Weise von verschiedenen Wetterparametern beeinflusst (z.B. GATTER 2000). Nach BERTHOLD (2000) fällt der Hauptheimzug mit steigenden Temperaturen und fallendem Luftdruck überein. Bei Schlechtwetterlagen kann es zu Zugstau kommen. Ein Wetterumschwung kann dann zu sehr starkem Vogelzug führen, worauf oft Tage mit wenig Zug folgen (ZEHNDER et al. 2001). Auf dem Wegzug findet der Hauptzug mit fallenden Temperaturen und steigendem Luftdruck statt (BERTHOLD 2000). Verschiedene Beobachtungen zeigen ferner, dass die Zugintensität bei Regen geringer ist (GRUBER et al. 2002, KNUST ET AL. 2003). Rückenwind soll die Zugaktivität fördern (LIECHTI & BRUDERER 1998).

Im Rahmen unserer Studie untersuchen wir, inwieweit sich diese Phänomene anhand lokaler Wetterdaten nachvollziehen lassen, um zu überprüfen, ob anhand dieser Daten

Prognosen über die Zugintensität bei bestimmten Wetterbedingungen möglich sind. Wir beschränken uns dabei jedoch auf eine beispielhafte Darstellung der Wetterverhältnisse in starken Zugnächten.

Im März 2002 stellten wir in Übereinstimmung mit der oben genannten Theorie von BERTHOLD (2000) hohe Zugintensitäten bei steigenden Temperaturen und sinkendem Luftdruck fest (Abb. 9). In der Nacht 29./30.03.2002 ermittelten wir die höchste im Frühjahr gemessene Zugintensität (26 Echos/Bild). Der Luftdruck fiel von 1.029 hPa am 29.03.2002 auf 1.023 hPa am 30.03.2002. Die Temperatur stieg im selben Zeitraum um knapp 2°C. Der Wind der Stärke 3 Bft kam aus östlicher bis südöstlicher Richtung. Die Vögel hatten in dieser Nacht bei vorherrschender nordöstlicher Zugrichtung Seiten- bis Gegenwind. Nach den Erfahrungen von LIECHTI & BRUDERER (1998) hätten wir allein anhand der Winddaten mit keiner hohen Zugintensität in dieser Nacht gerechnet.

In der Folgenacht, in der die Wetterbedingungen ähnlich waren, betrug die Zugintensität durchschnittlich 6,8 Echos/Bild. Bei der zweitstärksten im Frühjahr 2002 festgestellten Zugnacht (20./21.04.2002, 17,8 Echos/Bild) drehte der Wind im Laufe der Nacht von Nord (20 Uhr) über Ost (23 Uhr) nach Süd (7 Uhr). Die stärkste Zugintensität ermittelten wir gegen 24 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Vögel leichten Gegenwind, die Windstärke schwankte zwischen 0-2 Bft. Bei sinkenden Temperaturen und steigendem Luftdruck am 12./13.03.2002 war die Zugintensität gering (0,1 Echos/Bild).

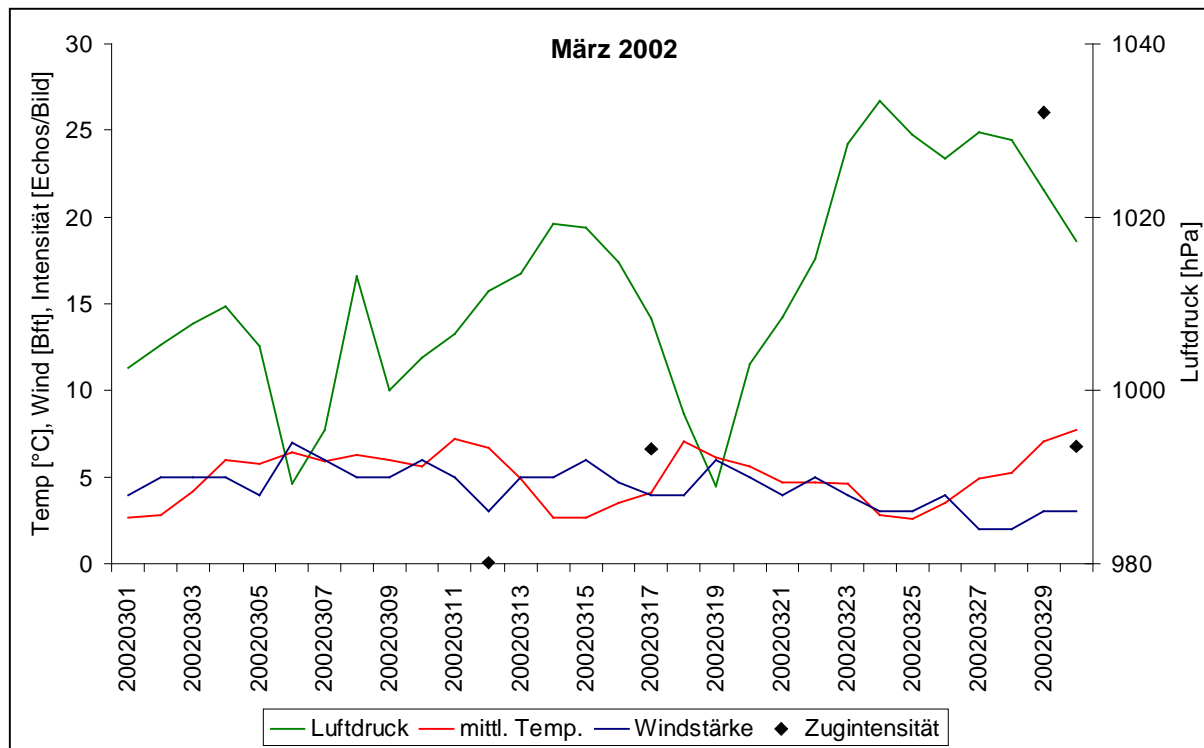
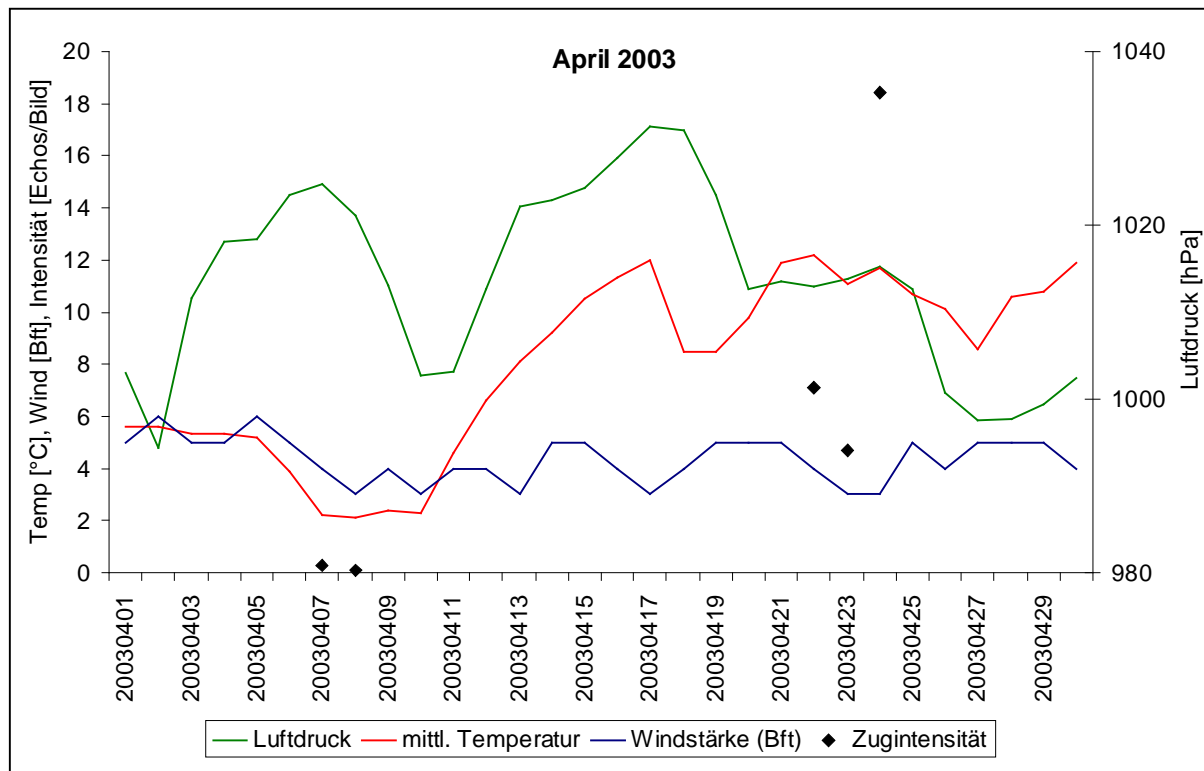


Abb. 9: Tagesmittelwerte von Luftdruck, Wind und Temperatur im Verlauf des März 2002 in List auf Sylt (ca. 40 km östlich unseres Untersuchungsgebietes). Quelle: Wetter-online und Deutscher Wetterdienst (DWD). Zusätzlich sind die mit Radar ermittelten Intensitäten (Echos je Bild) dargestellt.

In der ersten Aprildekade 2003 fand bei Temperaturen um 2°C fast kein nächtlicher Vogelzug ( $\leq 0,3$  Echos/Bild am 07./08.04.2003 und am 08./09.04.2003) im Untersuchungsgebiet statt (Abb. 10). Zwischen dem 10.04.2003 und 17.04.2003 stieg die Temperatur dann sprunghaft auf 12°C an. Leider liegen uns aus diesem Zeitraum keine

Daten über die Zugintensität vor. Die stärkste Zugsnacht im Frühjahr 2003 (18,4 Echos/Bild) stellten wir am 24./25.04.2003 bei relativ starkem Gegenwind (4 Bft aus Nordost) kurz vor fallendem Luftdruck und fallenden Temperaturen in den Folgetagen fest. In den Nächten vor der starken Zugsnacht betrug die Zugintensität 7 Echos/Bild am 22./23.04.2003 bzw. 5 Echos/Bild am 23./24.04.2003. Temperatur und Luftdruck waren zu diesem Zeitraum relativ konstant. Der Wind der Stärke 3-4 Bft kam aus östlicher Richtung. Anhand der lokalen Wetterdaten und der oben genannten Theorien lassen sich die hohen Zugintensitäten in dieser Nacht somit nicht erklären.



**Abb. 10:** Tagesmittelwerte von Luftdruck, Wind und Temperatur im Verlauf des Aprils 2003 von List auf Sylt (ca. 40 km östlich unseres Untersuchungsgebietes). Quelle: Wetter-online und Deutscher Wetterdienst (DWD). Zusätzlich sind die mit Radar ermittelten Intensitäten (Echos je Bild) dargestellt.

Auf dem Wegzug im Jahr 2002 war der Zug in Übereinstimmung mit den oben genannten Theorien bei fallenden Temperaturen und steigendem Luftdruck am 06./07.10.2002 und am 07./08.10.2002 (verhältnismäßig) stark (Abb. 11). Lag der Luftdruck am 05.10.2002 bei 1.009 hPa, ergaben die Messungen am 08.10.2002 Werte von 1.016 hPa. Die Temperatur fiel im gleichen Zeitraum um 7°C. In der Nacht 06./07.10.2002, in der es zeitweise regnete, war die Zugintensität deutlich niedriger (9 Echos/Bild) als in der Folgenacht (14 Echos/Bild), in der es trocken blieb.

In einigen Fällen konnten bekannte Phänomene des Wettereinflusses auf die Zugintensität anhand der Auswertung unserer Wetterdaten nachvollzogen werden. Eine zuverlässige Prognose über den Zeitpunkt starker Zugintensität im Untersuchungsgebiet ist anhand dieser Auswertung jedoch nicht möglich.



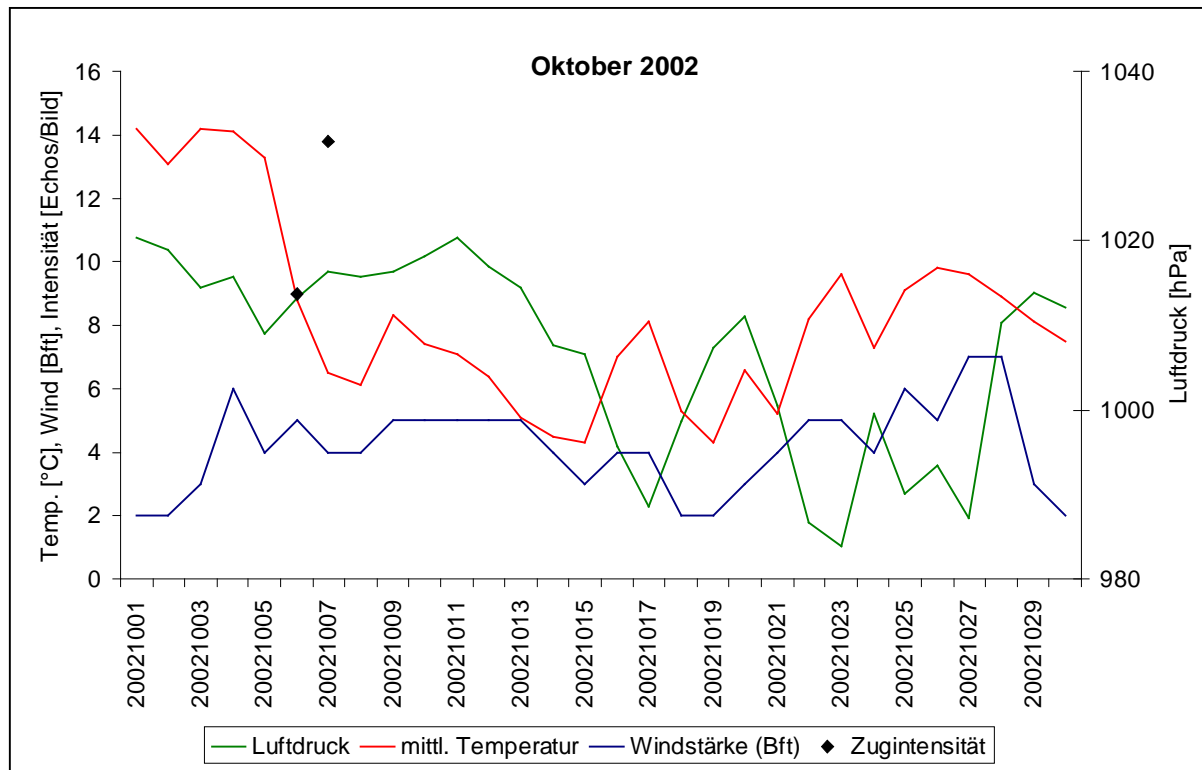


Abb. 11: Tagesmittelwerte von Luftdruck, Wind und Temperatur im Verlauf des Oktobers 2002 von List auf Sylt (ca. 40 km östlich unseres Untersuchungsgebietes). Quelle: Wetter-online und Deutscher Wetterdienst (DWD). Zusätzlich sind die mit Radar ermittelten Intensitäten (Echos je Bild) dargestellt.

#### 4.1.2 Höhenverteilung

In den Zughöhenverteilungen ist nur der Höhenbereich zwischen 50 m und 1.450 m dargestellt. In diesem Bereich lagen 88,2 % aller auf dem Bildschirm abgebildeten Echos (Rohdaten). Die untersten 50 Höhenmeter werden aufgrund der methodenbedingten Erfassungsschwächen des Vertikalradars in der Nähe der Wasseroberfläche nicht dargestellt. In diesem Bereich wurden 3,6 % aller Echos aufgezeichnet. Oberhalb von 1.450 m konnten 8,6 % der erfassten Echos nicht korrigiert werden und wurden daher in dieser Darstellung nicht berücksichtigt. In den folgenden Flughöhenverteilungen bilden die distanzkorrigierten Daten zwischen 50 m und 1.450 m die Datengrundlage, die als 100 % gewertet wird. Die maximal registrierte Flughöhe lag bei 3.339 m.

In Abbildung 12 (links) ist die Verteilung der Flughöhen während des Heim- und Wegzuges dargestellt. Es wurden alle Nächte mit auswertbaren Bildern aus den Untersuchungsjahren 2001 bis 2003 zugrundegelegt.

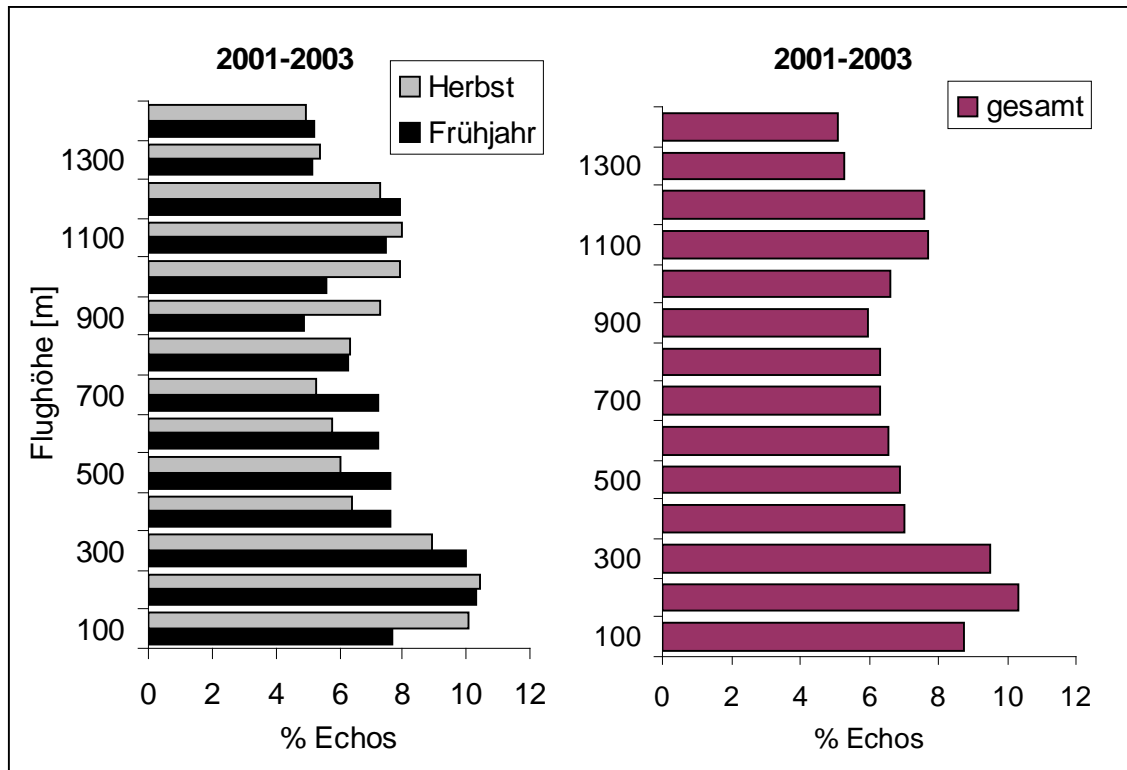


Abb. 12: Zughöhenverteilung (% Echos) je 100 m Intervall (angegeben sind die Intervallmitten) aller von 2001 bis 2003 während der Zugzeiten erfassten Echos. Links sind die Höhenverteilungen von Heim- ( $n = 5.510$ , unkorrigierte Anzahl) und Wegzug ( $n = 4.369$ , unkorrigierte Anzahl) dargestellt. Rechts sind die Daten von Heim- und Wegzug zusammengefasst dargestellt.

Sowohl im Frühjahr als auch im Herbst wurde in allen Höhengschichten bis 1.450 m (und darüber hinaus) Vogelzug festgestellt. Deutliche Unterschiede in der Präferenz bestimmter Höhenbereiche zwischen den Zugperioden sind nicht zu erkennen. Die größte Differenz der Vogelzuganteile zwischen Heim- und Wegzug besteht im untersten Höhenband, das während des Herbstzuges stärker frequentiert war als während des Heimzuges. Während im Frühjahr nur 7,6 % der Vögel/Vogeltrupps in diesem Höhenband flogen, waren es im Herbst 10,1 %. Der Median lag im Herbst etwa 100 m höher (ca. 700 m) als im Frühjahr (ca. 600 m).

Fasst man die Ergebnisse aus beiden Zugperioden zusammen (Abb. 12, rechts), wurde der Bereich zwischen 50 m und 350 m mit 9 bis 10 % je Höhenband (100 m hoch) nahezu gleich stark frequentiert. Der Bereich zwischen 350 m und 1.250 m wurde mit 6 bis 8 % des Zugaufkommens je Höhenband auch relativ gleichmäßig und gegenüber den untersten Höhenbändern etwas weniger stark genutzt. In den beiden obersten Höhenbändern lag der Anteil bei je 5 %.

Ein Vergleich der Flughöhenverteilung aus dem Herbst 2001 (Abb. 13, links) mit dem Herbst 2002 (Abb. 13, rechts) verdeutlicht, wie variabel die Präferenz für bestimmte Höhenstufen auf dem Wegzug von Jahr zu Jahr sein kann. Während im Jahr 2001 ein großer Anteil der

Vögel/Vogeltrupps in dem Bereich um 1.100 m Höhe flogen (Median: ca. 1.000 m), lag ein Schwerpunkt im Jahr 2002 im Bereich um 200 m Höhe (Median: ca. 600 m).

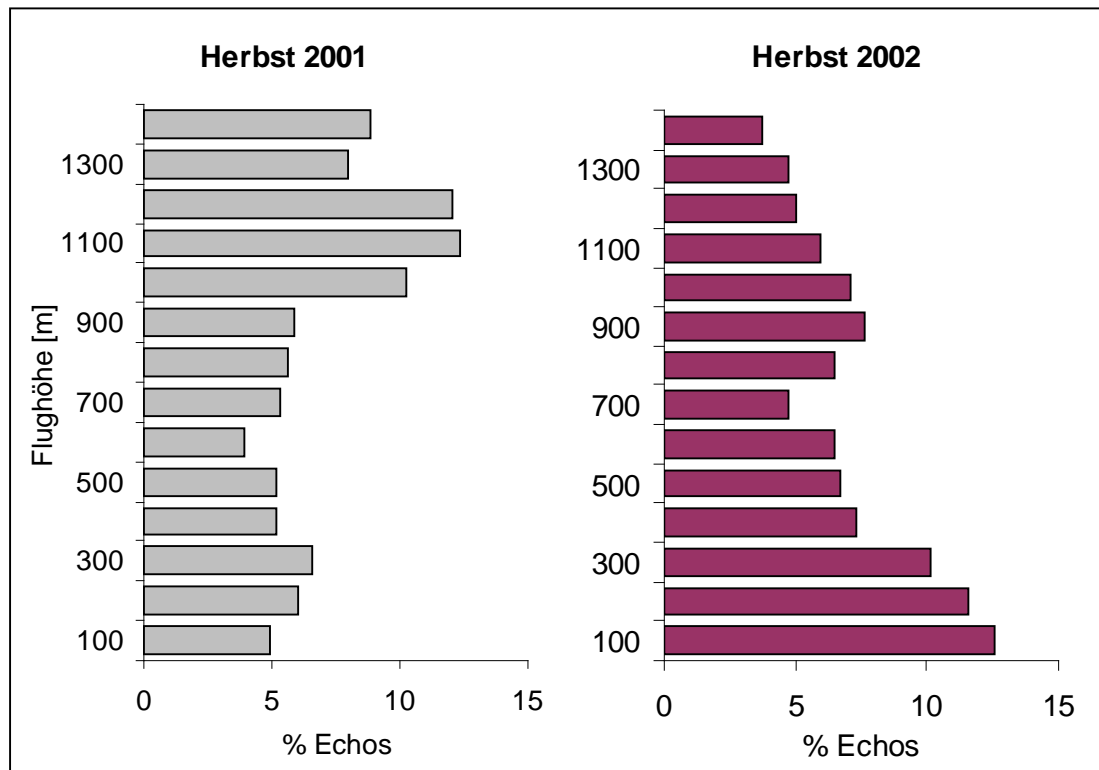


Abb. 13: Gegenüberstellung der Flughöhenverteilungen (% Echos je 100 m Intervall, angegeben sind die Intervallmitten) vom Herbst 2001 (links, n = 1.155; unkorrigierte Anzahl) und vom Herbst 2002 (rechts, n = 2.866; unkorrigierte Anzahl).

Demgegenüber waren die Höhenverteilungen in den beiden untersuchten Heimzugperioden vergleichsweise ähnlich (Abb. 14). Unterhalb von 350 m liegt der Anteil an der Gesamtzahl Echos in beiden Heimzugperioden bei knapp 30 %. Oberhalb von 350 m bis 1.050 m wurden in beiden Jahren 46 % der Echos detektiert. Die Höhenbänder in diesem Bereich wurden v.a. im Frühjahr 2002 recht gleichmäßig frequentiert. Auch oberhalb von 1.250 m (bis 1.450 m) wurden noch regelmäßig Vögel erfasst. Auf diesen Höhenbereich entfallen sowohl im Jahr 2002 als auch im Jahr 2003 sogar ca. 10 % der je Frühjahrsperiode aufgezeichneten Echos. Der Median liegt im Frühjahr 2002 bei 700 m, im Frühjahr 2003 bei 600 m.

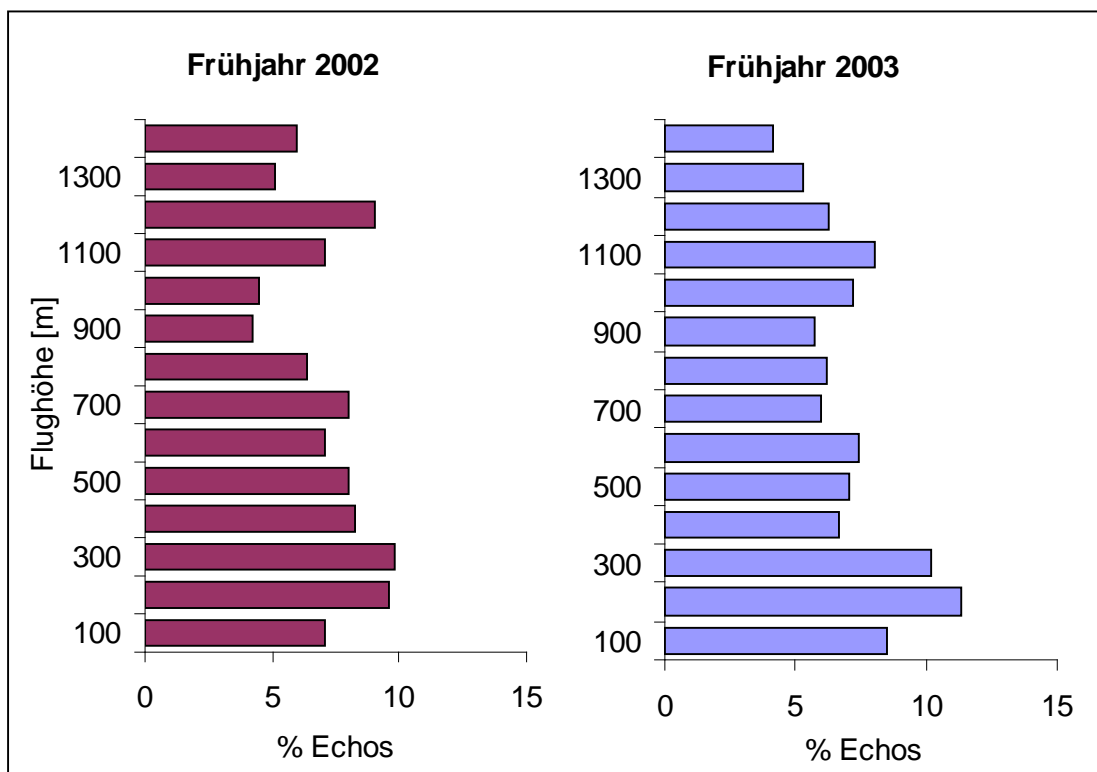
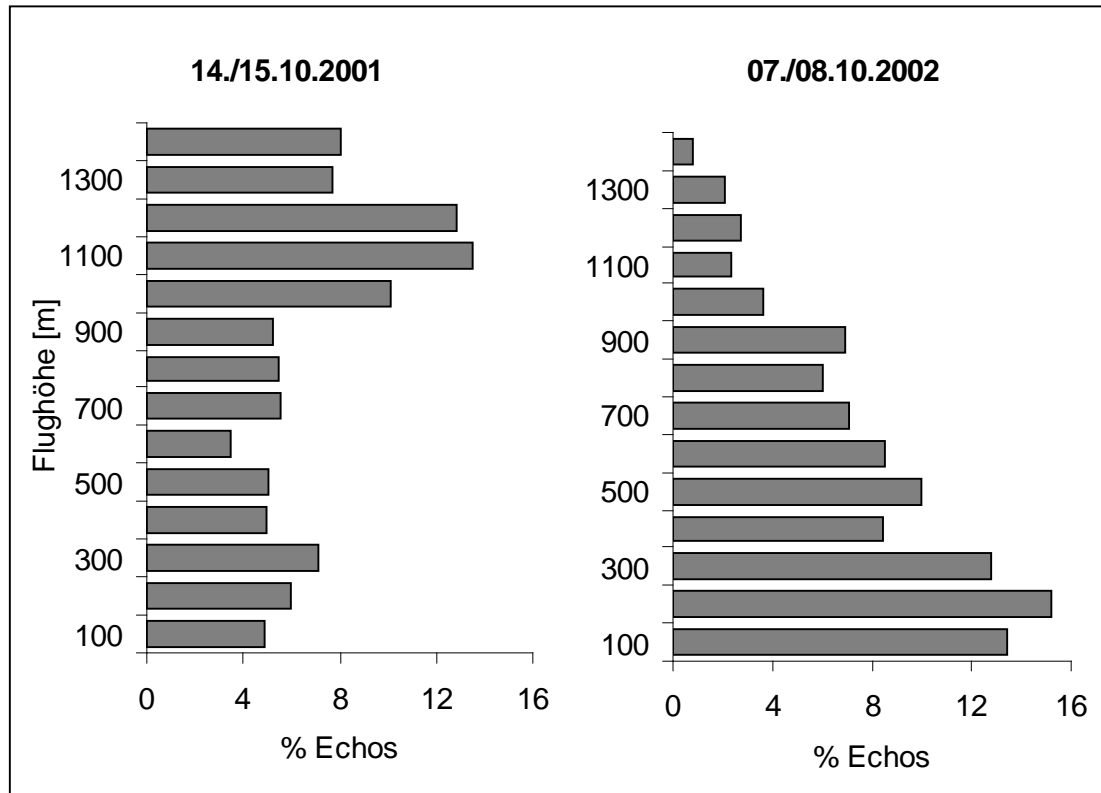


Abb. 14: Gegenüberstellung der Zughöhenverteilung (% Echos je 100 m Intervall; angegeben sind die Intervallmitten) vom Frühjahr 2002 (links, n = 3.328; unkorrigierte Anzahl) und vom Frühjahr 2003 (rechts, n = 2.188; unkorrigierte Anzahl).

Bei der Betrachtung der Zughöhenverteilungen während des Heim- und Wegzuges ist zu berücksichtigen, dass diese in hohem Maße von einzelnen starken Zugnächten beeinflusst werden. Wie bereits erwähnt, können allein zwei Nächte während des Weg- bzw. Heimzuges über 40 % aller in der jeweiligen Zugperiode erfassten Echos ausmachen. In Abbildung 15 sind die Höhenverteilungen von zwei starken Zugnächten während des Wegzuges dargestellt. In den Beispielnächten gab es eine sehr unterschiedliche Verteilung der Zughöhen. In der Nacht 07./08.10.2002 war der Anteil tief fliegender Vögel/Vogeltrupps hoch. 41 % flogen unterhalb von 350 m. Der Median lag in dieser Nacht bei 500 m. In der Vergleichsnacht des Jahres 2001 flogen die Vögel/Vogeltrupps bei einem Median von 1.000 m im Mittel deutlich höher. Das Höhenband 1.050-1.150 m hatte den höchsten Anteil. Unterhalb von 350 m lag der Anteil mit 18 % deutlich niedriger als im Folgejahr. Das Höhenband 50-150 m wurde von 5 % der Vögel/Vogeltrupps aufgesucht.



**Abb. 15:** Zughöhenverteilungen (% Echos je 100 m Intervall, angegeben sind die Intervallmitten) von zwei starken Zugnächten während des Wegzuges. Links: aus dem Herbst 2001, n = 998 (unkorrigierte Anzahl); rechts: aus dem Herbst 2002, n = 786 (unkorrigierte Anzahl).

Große Unterschiede zeigen auch die Höhenverteilungen von zwei starken Zugnächten aus dem Frühjahr (Abb. 16). Während der Zug am 24./25.04.2003 bei einem Median von 600 m v.a. zwischen 150 m und 750 m stattfand, wurden in der Nacht 20./21.04.2002 deutlich höhere Luftschichten bevorzugt (60 % der Echos zwischen 950-1.450 m). Der Median liegt bei 1.100 m. Der Anteil in dem untersten Höhenband (50-150 m) betrug jeweils 5 bis 7 %.

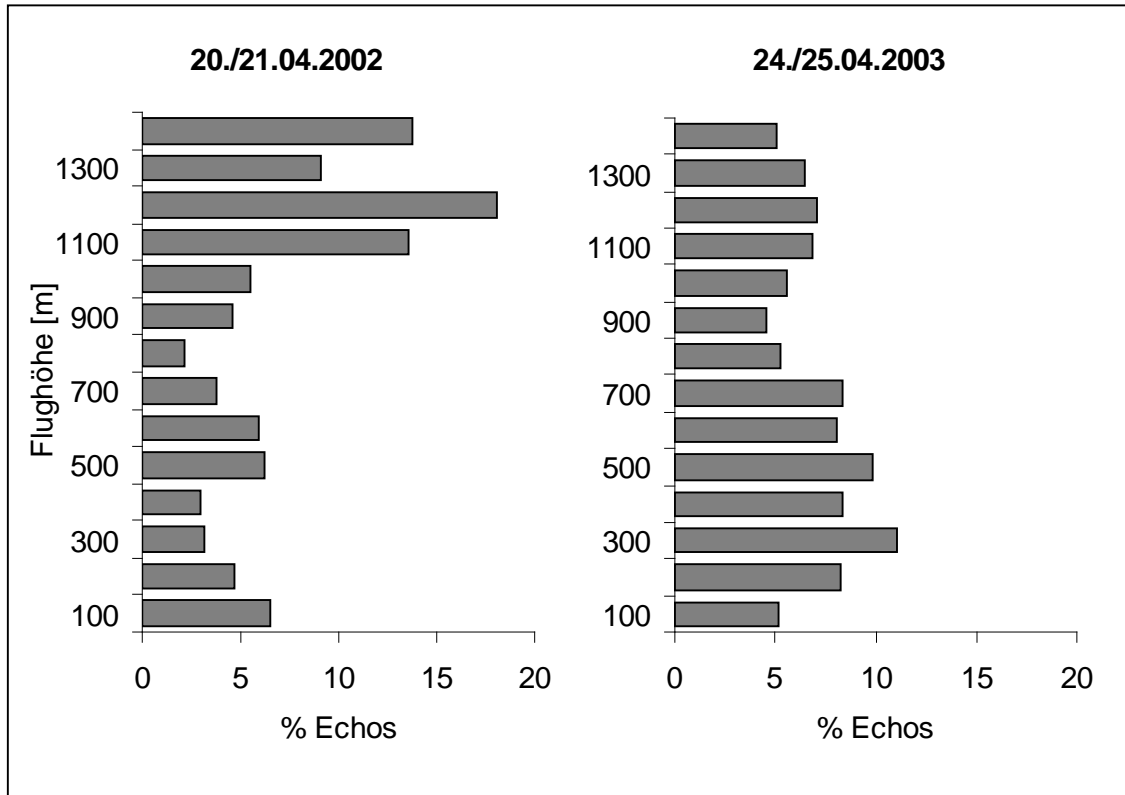


Abb. 16: Zughöhenverteilungen (% Echos je 100 m Intervall, angegeben sind die Intervallmitten) von zwei starken Zugnächten während des Heimzuges. Links: aus dem Frühjahr 2002, n = 867 (unkorrigierte Anzahl); rechts: aus dem Frühjahr 2003, n = 778 (unkorrigierte Anzahl).

In Abbildung 17 sind die Flughöhenverteilungen von Hell- und Dunkelphase gegenübergestellt. Datengrundlage bilden alle auswertbaren Bilder zwischen 2001 und 2003. Als Phasenwechsel galt der Zeitpunkt der bürgerlichen Dämmerung. Es wird deutlich, dass sich die Flugbewegungen der Vögel/Vogeltrupps tagsüber in niedrigeren Luftschichten konzentrierten als nachts. Unterhalb von 350 m flog tagsüber ein größerer Anteil (42 %) der Vögel/Vogeltrupps als in der Dunkelphase (29 %). Auch der Median liegt mit 500 m am Tag deutlich unter dem Nachtwert (700 m). In der Hellphase wurde der Bereich zwischen 50 und 150 m Höhe am stärksten frequentiert. Eine Ursache dieser Unterschiede in der Höhenverteilung ist sehr wahrscheinlich ein unterschiedliches Artenspektrum am Tag und in der Nacht (s. Kap. 5.1 und Kap. 6).

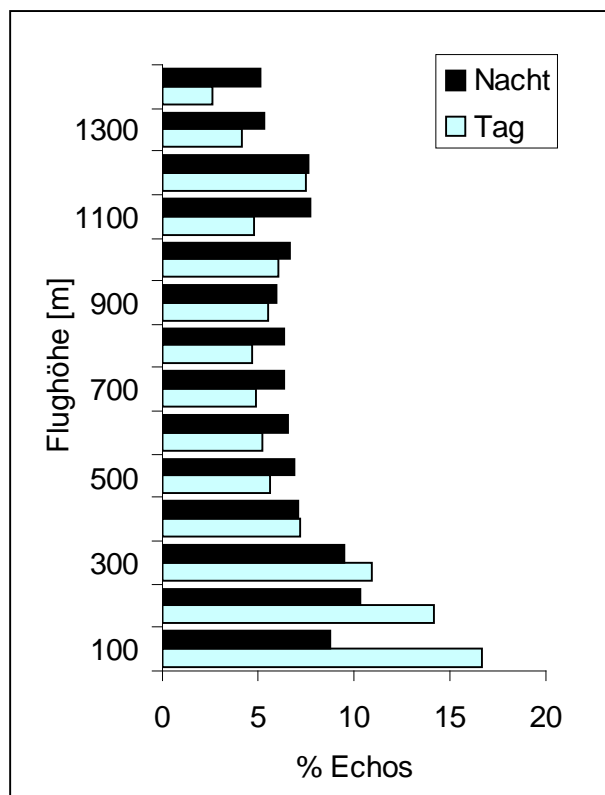


Abb. 17: Gegenüberstellung der Höhenverteilung (% Echos je 100 m Intervall, angegeben sind die Intervallmitten) in der Hell- (n = 2.435; unkorrigierte Anzahl) und Dunkelphase (n = 9.879, unkorrigierte Anzahl). Als Datengrundlage dienen die Daten von 2001 bis 2003.

#### 4.1.2.1 Einfluss des Wetters (Wind) auf die Zughöhen

In diesem Kapitel beschreiben wir exemplarisch, wie Windstärke, Windrichtung (jeweils eigene Messwerte) und Zughöhenverteilungen in starken Zugnächten waren. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass Vögel bei Gegenwind vornehmlich niedrige Luftschichten aufsuchen (z.B. ALERSTAM 1990). Wir konnten im Rahmen dieser Studie keinen Zusammenhang zwischen bestimmten Windbedingungen und Zughöhenverteilungen nachweisen.

In drei der vier in Kap. 4.1.2 genauer vorgestellten starken Zugnächte waren die Zusammenhänge sogar entgegengesetzt zu den Erwartungen. So flogen die Vögel in der

Zugnacht 14./15.10.2001 bei Gegen- bis Seitenwind überdurchschnittlich hoch. Der Median lag bei südöstlichen Winden der Stärke 3 Beaufort mit 1.000 m deutlich über der mittleren Flughöhe (Median aus allen Zugnächten: 700 m). Und auch vom 24. auf den 25.04.2003 fand bei Wind der Stärke 4 Beaufort aus Nordost (Gegenwind) nur ein relativ geringer Anteil des Vogelzuges in niedrigen Luftschichten statt (Median: 600 m; s. auch Abb. 16, rechts). Ergänzend zu diesen beiden Beispielen mit verhältnismäßig hohen Medianen bei Gegen- bis Seitenwind, flog, ebenfalls entgegengesetzt der Erwartungen, in der Nacht vom 07./08.10.2002 bei Rückenwind (Nordnordost) der Stärke 4 Beaufort ein Großteil der Vögel in niedrigen Luftschichten.

Auch die Ergebnisse aus der Nacht 20./21.04.2002 (s. Abb. 16, links) bestärken die oben genannte Theorie nicht, widersprechen ihr aber auch nicht. In dieser Nacht wehte nur ein schwacher Wind, der von Nord (20 Uhr) auf Ost (23 Uhr) und später auf Süd (7 Uhr) drehte. Beim Durchzugsmaximum um Mitternacht war der Wind fast völlig eingeschlafen und die mittlere Flughöhe war mit 1.100 m verhältnismäßig hoch.



## 5 ERGEBNISSE DER PLANZUGBEOBACHTUNGEN

### 5.1 Artenspektrum und jahreszeitliches Auftreten

In diesem Kapitel bilden die zwischen Mai 2002 und September 2003 im Rahmen der Planzugbeobachtungen erhobenen Daten die Auswertungsgrundlage. Es handelt sich dabei ausschließlich um Sichtungen fliegender Vögel. Eine Unterscheidung zwischen Flugbewegungen von Zug- und Rastvögeln war bei Seevogelarten, wie den Möwen, nicht möglich.

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag in der Erfassung des Herbstzuges 2002 und des Frühjahrszuges 2003. Die Ergebnisse von September 2001 bis April 2002 sind im Fachgutachten Vogelzug der UVS (GRUBER et al. 2001) enthalten.

Im Untersuchungszeitraum stellten wir an 45 Tagen in 342 Beobachtungsstunden etwa 23.000 Vögel in 94 verschiedenen Arten fest (Abb. 18). Diese traten in artspezifisch unterschiedlichen Zeiträumen im Untersuchungsgebiet auf. Eine Auflistung der Häufigkeiten aller Arten bzw. Artengruppen befindet sich im Anhang (Tab. 2).

Möwen (46 %) waren die häufigsten gesichteten Vögel im Untersuchungsgebiet. Dabei entfiel der weitaus größte Anteil (21 %) der auf Artniveau bestimmten Möwen auf die Heringsmöwe, die wir von April bis September in mehr als zehn Individuen pro Stunde im Untersuchungsgebiet beobachteten (Abb. 19). Im Juli war die Flugintensität dieser Art am höchsten ( $\emptyset$  29 Ind./h). Auf Silber-, Sturm- und Dreizehenmöwen entfielen je drei bis fünf Prozent der Sichtungen. Alle drei Arten waren im Winter am häufigsten (Abb. 19). Silber- und Dreizehenmöwe traten am zahlreichsten im November auf ( $\emptyset$  12 bzw. 14 Ind./h), wobei die Dreizehenmöwe anders als die Silbermöwe ganzjährig im Untersuchungsgebiet angetroffen wurde. Sturmmöwen sahen wir am zahlreichsten im März (12 Ind./h). Flugbewegungen anderer auf Artniveau bestimmter Möwenarten machten je 1 % (Mantelmöwe) oder weniger als 1 % der Flugbewegungen aus (Zwerg- und Lachmöwe).

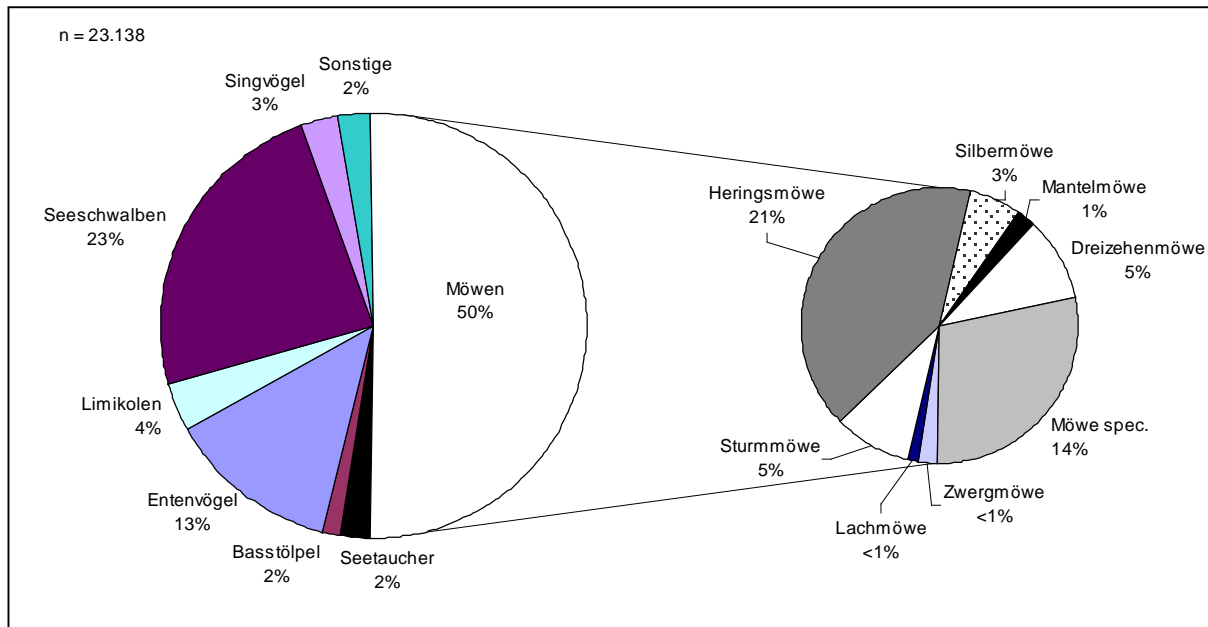


Abb. 18: Häufigkeitsverteilung der beobachteten Artengruppen während der Zugzeiten Herbst 2002, Frühjahr 2003 und Herbst 2003.

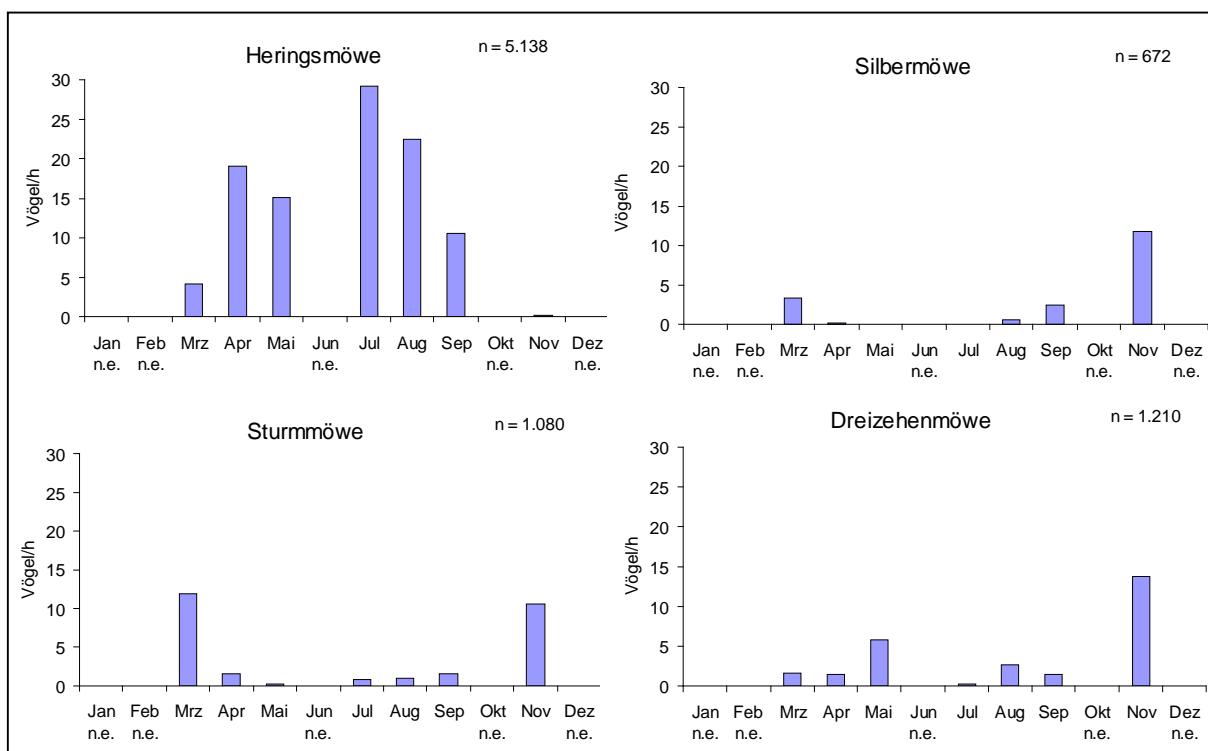


Abb. 19: Intensität der Sichtungen (Vögel je Stunde) von Heringsmöwe, Silbermöwe, Sturmmöwe und Dreizehenmöwe im Jahresverlauf nach Planzugbeobachtungen. Aus den Monaten mit dem Kürzel n.e. („nicht erfasst“) liegen keine Sichtbeobachtungen vor.

Neben den Möwen entfiel ein Großteil der Sichtungen auf Seeschwalben (23 %), obwohl diese nur im Sommerhalbjahr (Anfang April bis Ende September) im Gebiet auftraten. Von diesen Sichtungen entfielen 81 % auf rotfüßige Seeschwalben (Fluss- und Küstenseeschwalben) mit Schwerpunkt der Sichtungen im August.

Brandseeschwalben (19 %) traten v.a. im Frühjahr im Gebiet auf. Fasst man die Flugintensitäten aller Seeschwalben zusammen, war der August der Monat mit der höchsten Flugintensität (65 Ind./h), wobei am 03.08.2002 mit 227 Ind./h die mit Abstand höchsten Intensitäten erreicht wurden. Auf diesen Tag entfallen 48 % aller Seeschwalben-Sichtungen.

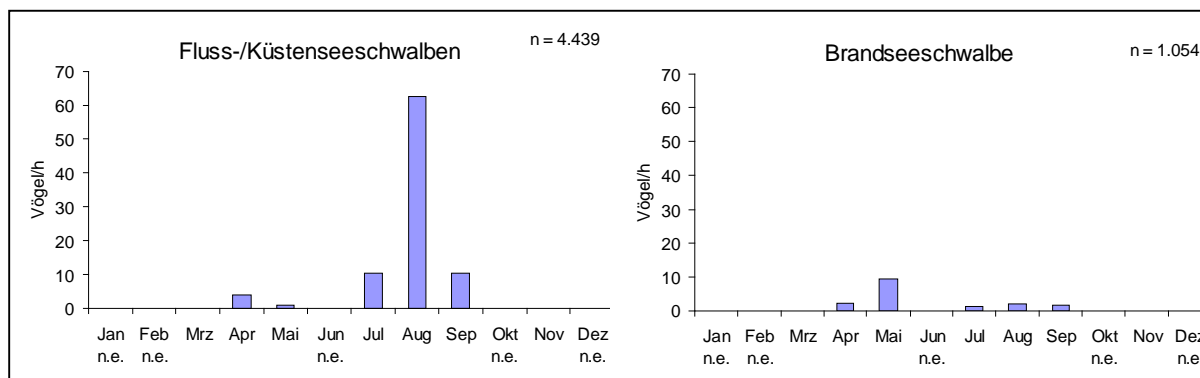


Abb. 20: Intensität der Sichtungen (Vögel je Stunde) von rotfüßigen Seeschwalben (links) und Brandseeschwalben (rechts) im Jahresverlauf nach Planzugbeobachtungen. Aus den Monaten mit dem Kürzel n.e. („nicht erfasst“) liegen keine Sichtbeobachtungen vor.

Die dritthäufigste Artengruppe, die wir während der Planzugbeobachtungen erfassten, ist die der Entenvögel (Enten, Gänse, Schwäne; 13 % aller Sichtungen), wobei 90 % der Sichtungen auf den Herbst entfielen. Dominierend waren Flugbewegungen von Gänsen (67 % der Sichtungen von Entenvögeln). Der Anteil der Enten betrug 31 % und der Anteil Schwäne 2 %.

Auf Artniveau konnten bei den Gänsen aufgrund der meist großen Entfernungen nur 31 % bestimmt werden. Bis auf eine Ringelgans handelte es sich dabei um Graugänse. Im September 2002 war der Gänsezug mit einer Intensität von 26 Ind./h am ausgeprägtesten. Stärkster Zugtag der Gänse war der 27.09.2002 mit einer Intensität von 97 Ind./h. An diesem Tag, an dem wir 46 % aller Gänse sichteten, beobachteten wir 9 Trupps mit durchschnittlich 101 Vögeln. Aber auch im November zogen mit durchschnittlich 18 Ind./h noch relativ viele Gänse.

Bei den Enten entfiel ein Großteil der Sichtungen auf Meereseenten mit der Trauerente als dominierender Art (77 % der Entensichtungen). Trauerenten sahen wir ganzjährig im Untersuchungsgebiet (UG), jedoch war die Flugintensität im März, Mai, August und September sehr gering (< 1 Ind./h). Im November war die Flugintensität mit 11 Ind./h am höchsten. Darüber hinaus beobachteten wir von den auf Artniveau bestimmten Enten (90 % der Entensichtungen) nur Krickente (56 Ind.) und Eiderente (40 Ind.) in mehr als 20 Individuen.

Auf die Limikolen entfielen 4 % aller Sichtungen. 85 % der Vögel konnten auf Artniveau bestimmt werden, wovon wiederum 85 % Goldregenpfeifer waren. In allen Monaten flogen Limikolen durch das Gebiet, jedoch war die Intensität in sechs von sieben erfassten Monaten im Mittel sehr gering ( $\leq 1$  Ind./h). Nur im Mai zogen mehr Limikolen durch das Untersuchungsgebiet (10 Ind./h). Stärkster Zugtag, an dem 80 % aller Limikolen gesichtet

wurden, war der 08.05.2003. Insgesamt wurden an diesem Tag nur 3 Trupps mit durchschnittlich 240 Vögeln gesichtet. Neben Goldregenpfeifer sahen wir nur Alpenstrandläufer und Großen Brachvogel in mehr als 20 Exemplaren.

Singvögel zogen tagsüber nur in geringer Anzahl durch das Gebiet. An allen Tagen zusammen beobachteten wir nur 551 Vögel. Den höchsten Anteil erzielten Pieper (73 %, v.a. Wiesenpieper). Auf Drosseln entfielen 16 % und auf Schwalben 6 %. Die drei Hauptzugtage waren der 27.09.2002, an dem immer wieder kleinere Trupps von Wiesenpiepern am Schiff vorbeiflogen, der 10.11.2002, an dem zwei Trupps von Drosseln (40 und 15 Ind.) maßgeblich die Höhe der Singvogelzugintensität beeinflussten, und der 25.04.2003, an dem Rauchschwalben und Wiesenpieper den Singvogelzug dominierten.

Auf die Gruppen Basstöpel, Seetaucher und Sonstige entfielen je 2 % der Sichtungen. Basstöpel wurden zwischen März und September regelmäßig mit geringer Flugintensität (zwischen 0,5 und 2 Ind./h) im Untersuchungsgebiet gesichtet. Im November fehlte diese Art.

Seetaucher wurden v.a. in den Wintermonaten gesichtet. Im März wurde die höchste Flugintensität erreicht (6 Ind./h, Abb. 21, links). Maßgeblichen Einfluss auf die hohen März-Intensitäten hatten Beobachtungen vom 16.03.2003. An diesem Tag flogen in den Morgenstunden 150 Seetaucher (30 % aller Sichtungen) in Sichtweite am Schiff vorbei. Bemerkenswert ist, dass an diesem Tag eine westliche Flugrichtung vorherrschte (Abb. 21, rechts), was ein Hinweis darauf ist, dass es sich nicht um ziehende Vögel, sondern um Ausgleichsbewegungen verdrifteter Rastvögel handelte (s. Kap. 8.1).

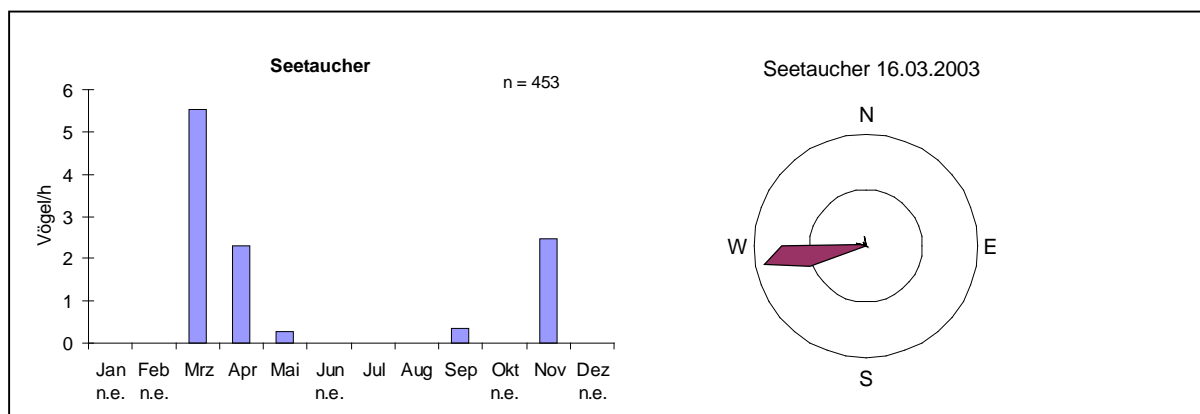


Abb. 21: Intensität der Sichtungen (Vögel je Stunde) von Seetauchern im Jahresverlauf nach Planzugbeobachtungen (links). Aus den Monaten mit dem Kürzel n.e. („nicht erfasst“) liegen keine Sichtbeobachtungen vor. Rechts: Flugrichtung der Seetaucher (n = 150) am 16.03.2003.

In der Gruppe Sonstige (566 Ind.) hatten Alke (33 %), Eissturmvögel (28 %), Raubmöwen (18 %) und Kormorane (15 %) wesentliche Anteile.

Über das ganze Jahr beobachteten wir Alke meist in wenigen Exemplaren im Gebiet. Von den auf Artniveau bestimmten Alken (51 %) hatten Trottellummen einen Anteil von 65 %, Tordalke einen Anteil von 35 %. Andere Arten sahen wir nicht. Der Monat mit der höchsten Sichtungsrate war mit Abstand der November ( $\bar{x}$  5 Ind./h). Die Flugintensität lag an allen vier Beobachtungstagen bei drei Vögeln pro Stunde oder darüber.

Eissturmvögel waren das ganze Jahr über anwesend, wobei die Flugintensität in den Sommermonaten höher war als im Winter.

Bei den Raubmöwen hatten Schmarotzerraubmöwen den größten Anteil an den Flugbewegungen (81 % der auf Artniveau bestimmten Raubmöwen). Sie traten vor allem im Spätsommer im Gebiet auf.

Kormorane sahen wir ganzjährig, schwerpunktmäßig aber im Herbst, im Untersuchungsgebiet. Die höchste Flugintensität fiel auf den September (Ø 1 Ind./h). Am 13.09.2002 sahen wir in acht Beobachtungsstunden 32 Exemplare.

## 5.2 Vergleich der Ergebnisse der Planzug- mit denen der Radarbeobachtung

Vergleicht man die Phänologie der anhand von Sichtbeobachtungen gewonnenen Intensitäten mit den Ergebnissen vom Radar, so werden sowohl auf Tages- als auch auf Monatsbasis (Abb. 22) Unterschiede deutlich. Nach Planzugbeobachtungen war die Intensität fliegender Vögel im August ( $\bar{x}$  113 Ind./h) am höchsten, während Radardaten auf eine relativ niedrige Intensität in diesem Monat hindeuten. Wie bei den Radardaten kann auch bei Sichtbeobachtungen die mittlere Intensität eines Monats maßgeblich von der Flugaktivität an einem Tag beeinflusst werden. Im Falle des Monats August war dies der 03.08.2002, an dem die höchste Intensität ermittelt wurde (nach Planzugbeobachtungen). Auf diesen Tag, an dem v.a. Seeschwalben gesichtet wurden (77 % der Vögel), entfallen 61 % der Augustsichtungen. Die mit Radar gemessene Intensität lag an diesem Tag mit 0,5 Echos/Bild jedoch sogar unter dem Durchschnittswert von 1,0 Echos/Bild. Neben diesem Tag wurden die höchsten Intensitäten nach Planzugbeobachtungen am 16.03.2003 und am 08.04.2003 erreicht (Tab. 5). Am 16.03.2003 sahen wir v.a. Möwen (46 %) und Seetaucher (45 %), am 08.04.2003 dominierten Sichtungen von Möwen (69 %) und Enten (25 %), v.a. Trauerenten. Sowohl am 16.03.2003 (1,0 Echos/Bild) als auch am 08.04.2003 (0,3 Echos/Bild) war die mit Radar ermittelte Intensität gering.

Ein Vergleich der Ergebnisse beider Methoden zeigt, dass in den meisten Fällen eine hohe Sichtungszahl nicht gleich einer hohen Anzahl Echos auf dem Bildschirm entsprach und umgekehrt. Die auf Grundlage von Planzugbeobachtungen ermittelten Tagzugintensitäten korrelieren nicht mit den anhand von Radarbeobachtung ermittelten Intensitäten ( $R^2 = 0,007$ ). Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass tagsüber ein großer Anteil der Flugbewegungen auf niedrige Höhenschichten konzentriert ist (s. Kap. 4.1.2) und diese mit dem Radar nur unzureichend erfasst werden können (s. Kap. 3.1.2).

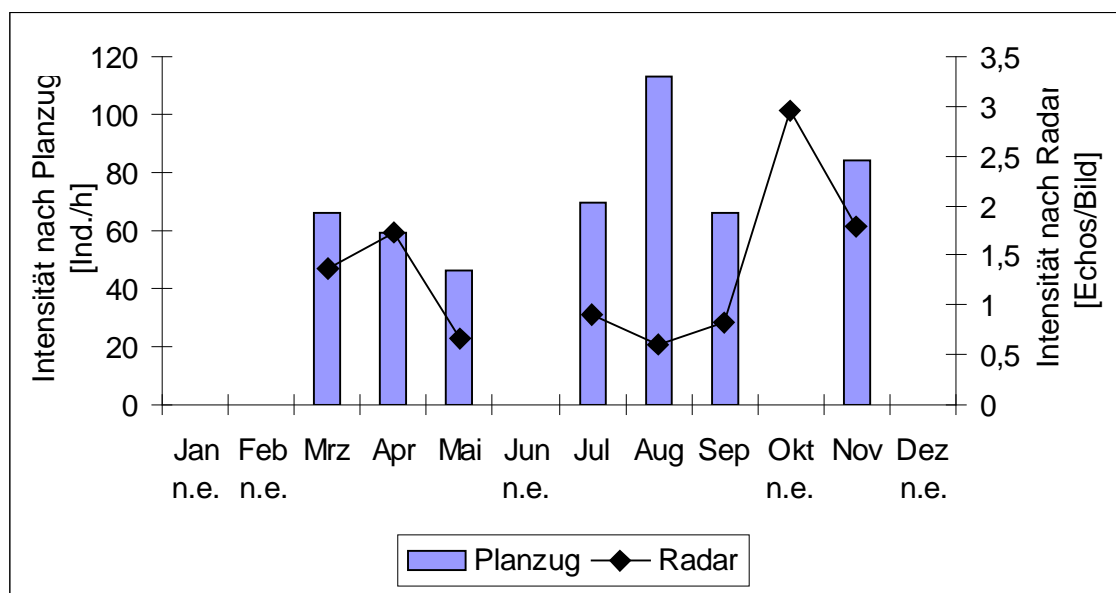


Abb. 22: Tagzugintensität (Vögel je Stunde) im Jahresverlauf nach Planzugbeobachtungen (blaue Balken; n = 23.138 Sichtungen) und Radardaten (schwarze Linie; n = 2.435 Echos, unkorrigierte Anzahl).

Tab. 5: Intensität der Sichtungen (Vögel pro Stunde) an den einzelnen Planzugbeobachtungstagen. Angegeben ist die Intensität der Sichtungen von Möwen, von Sonstigen und die Intensität unter Berücksichtigung aller Sichtungen.

Datum	nMöwen/h	nSonstige/h	ngesamt/h	Datum	nMöwen/h	nSonstige/h	ngesamt/h
12.05.2002	27	14	41	28.03.2003	18	2	20
13.05.2002	10	12	22	08.04.2003	117	87	204
29.05.2002	16	1	17	09.04.2003	42	18	60
10.07.2002	33	40	73	23.04.2003	23	34	57
13.07.2002	26	41	67	24.04.2003	17	12	29
03.08.2002	62	232	294	25.04.2003	60	42	102
24.08.2002	22	29	52	07.05.2003	33	23	56
06.09.2002	28	19	47	08.05.2003	16	87	104
13.09.2002	9	69	78	18.05.2003	26	4	31
24.09.2002	13	28	41	19.05.2003	22	15	37
27.09.2002	14	124	138	20.05.2003	23	4	27
05.11.2002	33	30	63	25.05.2003	21	2	24
10.11.2002	56	75	131	26.05.2003	38	4	42
18.11.2002	48	28	76	13.07.2003	56	8	64
19.11.2002	12	47	58	14.07.2003	20	9	29
				15.07.2003	19	16	35
13.03.2003	24	5	29	29.07.2003	129	17	146
14.03.2003	33	5	38	02.08.2003	30	5	35
15.03.2003	129	7	136	03.08.2003	57	26	82
16.03.2003	155	166	321	04.08.2003	29	10	39
25.03.2003	32	8	40	05.08.2003	29	16	44
26.03.2003	14	4	18	04.09.2003	14	20	33
27.03.2003	105	24	129	05.09.2003	37	30	66

Zusammenfassend zeigt der Vergleich der Ergebnisse beider Methoden, dass Planzugbeobachtungen besonders vor dem Hintergrund, dass ein hoher Anteil an Flugbewegungen tagsüber unterhalb von 50 m zu erwarten ist (Kap. 4.1.2), aus folgenden Gründen eine geeignete Ergänzung zu den Radaruntersuchungen darstellen: 1. Ein Teil des Artenspektrums tags ziehender Vögel kann bestimmt werden. 2. Durchzugsphänologien von überwiegend flach ziehenden Arten können ermittelt werden. 3. Flugaktivitäten unterhalb von 50 m können abgeschätzt, wenn auch nicht direkt mit Ergebnissen vom Radar verglichen werden (s. Kap. 7). Und 4. Verhaltensbeobachtungen können bei der Unterscheidung von Flugbewegungen ziehender und im Gebiet rastender Vögel in einigen Fällen helfen. Ein Nachteil der Planzugbeobachtung ist, dass sie 1. nur tagsüber Ergebnisse liefert und nicht direkt mit den nachts eingesetzten Methoden verglichen werden können; 2. Singvögel und andere kleine Arten oberhalb von 50 m wenn überhaupt nur zufällig erfasst werden.

### 5.3 Flughöhe

Bei der Betrachtung der Flughöhenverteilungen sei noch einmal daran erinnert, dass die Sichtbarkeit von Vögeln stark von ihrer Größe und damit von der Vogelart abhängt. Große Vögel können noch in großen Höhen wahrgenommen werden, während kleinere, einzeln ziehende Vögel wie z.B. Pieper in der zweiten Höhenklasse (5-50 m) kaum noch

wahrnehmbar sind (s.a. KRÜGER 2001). Da die während der Planzugbeobachtungen festgestellten Flughöhen in der UVS noch nicht dargestellt wurden, werteten wir alle Daten von September 2001 bis Ende September 2003 aus.

Insgesamt haben wir die Flughöhe von 20.933 Vögeln registriert. Der größte Anteil der Vögel flog mittelhoch (60 % zwischen 5 m und 50 m). Als flach fliegend (< 5 m) haben wir 30 % notiert und nur 10 % der Vögel als hoch fliegend (> 50 m). In Tabelle 6 sind die Höhenverteilungen aller Arten bzw. Artengruppen getrennt nach Zugperiode aufgelistet.

Tab. 6: Anzahl der Sichtungen während des Frühjahres und Herbstes pro Artengruppe und Verteilung der Flughöhen auf die drei Höhenklassen (0-5 m, 5-50 m und >50 m).

Artengruppe	Frühjahr				Herbst			
	gesamt	0-5 m	5-50 m	>50 m	gesamt	0-5 m	5-50 m	>50 m
	n	%	%	%	n	%	%	%
Seetaucher	444	75,2	23,9	0,9	97	38,1	59,8	2,1
Lappentaucher	1	0,0	100,0	0,0	1	100,0	0,0	0,0
Röhrennasen	146	93,8	6,2	0,0	77	90,9	1,3	7,8
Basstölpel	226	35,0	61,9	3,1	158	24,7	70,9	4,4
Kormorane	25	64,0	36,0	0,0	67	19,4	80,6	0,0
Reiher	0	0,0	0,0	0,0	9	11,1	88,9	0,0
Schwäne	0	0,0	0,0	0,0	53	79,2	20,8	0,0
Gänse	71	16,9	83,1	0,0	935	26,3	17,6	56,0
Schwimmenten	75	92,0	8,0	0,0	2	50,0	50,0	0,0
Meeresenten	205	64,4	32,2	3,4	608	73,2	24,3	2,5
Enten Rest	57	70,2	29,8	0,0	42	19,0	0,0	81,0
Säger	0	0,0	0,0	0,0	2	100,0	0,0	0,0
Greifvögel	6	50,0	50,0	0,0	6	66,7	33,3	0,0
Limikolen	793	5,5	1,9	92,6	109	51,4	40,4	8,3
Raubmöwen	19	47,4	52,6	0,0	80	48,8	45,0	6,3
Möwen	5.082	20,7	75,1	4,2	4.839	23,8	69,1	7,1
Seeschwalbe	1.115	8,3	91,6	0,1	4.381	33,5	63,8	2,7
Alke	18	100,0	0,0	0,0	348	96,8	3,2	0,0
Tauben	0	0,0	0,0	0,0	1	0,0	100,0	0,0
Segler	1	0,0	100,0	0,0	11	0,0	81,8	18,2
Lerchen	10	30,0	70,0	0,0	13	46,2	53,8	0,0
Schwalben	35	68,6	31,4	0,0	1	100,0	0,0	0,0
Pieper & Stelzen	274	29,2	69,7	1,1	221	53,8	45,2	0,9
Drosseln	26	53,8	46,2	0,0	70	67,1	32,9	0,0
Rabenvögel	5	40,0	60,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Star	51	33,3	66,7	0,0	20	20,0	80,0	0,0
Finken	44	22,7	68,2	9,1	12	8,3	91,7	0,0
Ammern	1	0,0	100,0	0,0	8	50,0	50,0	0,0
Singvogel Rest	27	55,6	25,9	18,5	5	80,0	20,0	0,0
<b>Gesamt</b>	<b>8.757</b>				<b>12.176</b>			



Für bestimmte Arten sind Trends in der Höhenverteilung erkennbar. Im Folgenden wird ein Überblick über die bevorzugte Flughöhe der sechs häufigsten Arten bzw. Artengruppen gegeben (Abb. 23). Überwiegend mittelhoch flogen Möwen (72 % der Möwen) und Seeschwalben (69 %). Gänse (52 %) und Limikolen (82 %) flogen überwiegend oberhalb von 50 m, wobei sich Unterschiede bei den Höhenverteilungen beider Artengruppen in den Zugperioden andeuten. Während Gänse im Herbst höher flogen als im Frühjahr, war die Situation bei den Limikolen umgekehrt. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass 85 % der während des Heimzugs beobachteten Gänse an einem Tag gesichtet wurden. Die Beobachtungen der Limikolen verteilten sich auf mehrere Tage.

Meeresenten flogen überwiegend flach über der Wasseroberfläche (71 % der Sichtungen). Auch bei Seetauchern überwog insgesamt der Anteil flach fliegender Vögel (69 %). Jedoch unterschied sich die Flughöhe zwischen Heim- und Wegzug. Während auf dem Heimzug 75 % der Vögel flach flogen, waren es auf dem Wegzug nur 38 %.

Darüber hinaus sind die Höhenverteilungen der Röhrennasen (v.a. Eissturmvogel) und Alke erwähnenswert, da beide Gruppen als einzige eine deutliche Bevorzugung für eine Höhenklasse zeigten. Beide Gruppen flogen in beiden Zugperioden fast ausschließlich unterhalb von 5 m.

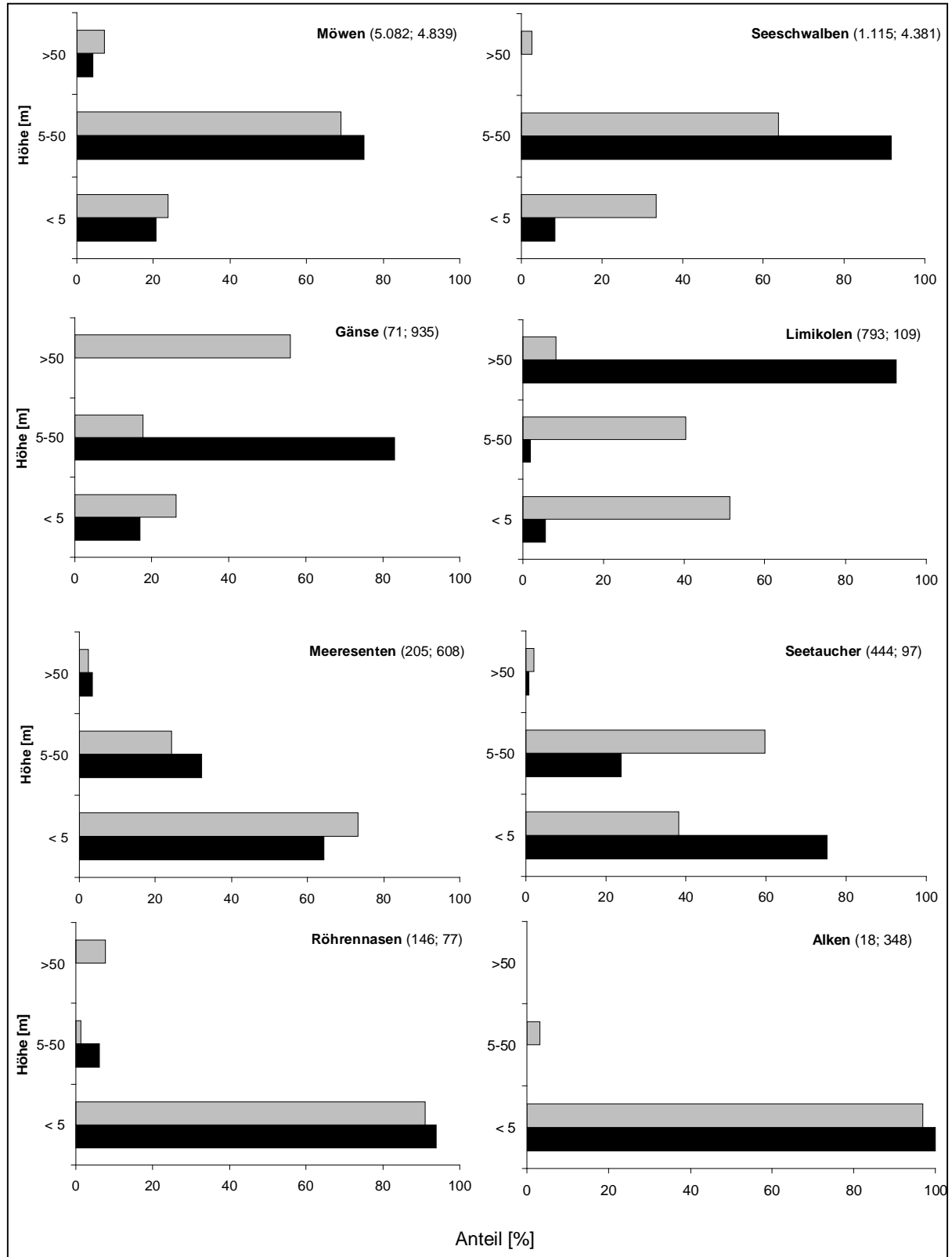


Abb. 23: Höhenverteilung der sechs häufigsten Arten bzw. Artengruppen auf dem Heim- (schwarz) und Wegzug (grau) nach Planzugbeobachtung. Die erste Zahl in der Klammer gibt die Sichtungszahl während des Heim-, die zweite die Sichtungszahl auf dem Wegzug an.

## 6 ERGEBNISSE NACHTZUGVERHÖR

Während 279 Stunden Nachtzugverhör erfassten wir 2.150 Vogelrufe von 38 Arten bzw. Artengruppen. In Tabelle 7 sind die Häufigkeiten der Vogelarten bzw. Artengruppen dargestellt, die während des Zuges verhört wurden.

Tab. 7: Anzahl und relative Häufigkeit der während Nachtzugverhörs erfassten Vogelrufe je Art bzw. Artengruppe, getrennt nach Heim- und Wegzug.

Art	Frühjahr		Herbst		Gesamt	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Graureiher	1	0,2	0	0,0	1	0,0
Schnatterente	0	0,0	1	0,1	1	0,0
Stockente	0	0,0	2	0,1	2	0,1
Ente spec.	0	0,0	5	0,3	5	0,2
Trauerente	0	0,0	6	0,4	6	0,3
Austernfischer	1	0,2	0	0,0	1	0,0
Säbelschnäbler	2	0,3	0	0,0	2	0,1
Kiebitzregenpfeifer	0	0,0	1	0,1	1	0,0
Alpenstrandläufer	0	0,0	65	4,3	65	3,0
Uferschnepfe	1	0,2	0	0,0	1	0,0
Pfuhschnepfe	5	0,8	0	0,0	5	0,2
Regenbrachvogel	0	0,0	12	0,8	12	0,6
Rotschenkel	0	0,0	8	0,5	8	0,4
Waldwasserläufer	0	0,0	3	0,2	3	0,1
Flussuferläufer	0	0,0	28	1,8	28	1,3
Steinwälzer	2	0,3	1	0,1	3	0,1
Limikole spec.	0	0,0	1	0,1	1	0,0
Lachmöwe	2	0,3	4	0,3	6	0,3
Sturmmöwe	3	0,5	8	0,5	11	0,5
Silbermöwe	1	0,2	2	0,1	3	0,1
Großmöwe spec.	6	1,0	12	0,8	18	0,8
Möwe spec.	0	0,0	4	0,3	4	0,2
Dreizehenmöwe	0	0,0	1	0,1	1	0,0
Brandseeschwalbe	0	0,0	2	0,1	2	0,1
Singvogel spec.	0	0,0	6	0,4	6	0,3
Feldlerche	1	0,2	1	0,1	2	0,1
Baumpieper	0	0,0	7	0,5	7	0,3
Wiesenpieper	4	0,6	6	0,4	10	0,5
Strandpieper	0	0,0	1	0,1	1	0,0
Heckenbraunelle	0	0,0	130	8,5	130	6,0
Rotkehlchen	0	0,0	126	8,3	126	5,9
Amsel	479	76,3	189	12,4	668	31,1
Wacholderdrossel	5	0,8	29	1,9	34	1,6
Singdrossel	90	14,3	634	41,7	724	33,7
Rotdrossel	23	3,7	202	13,3	225	10,5
Star	1	0,2	0	0,0	1	0,0
Buchfink	1	0,2	0	0,0	1	0,0
Rohrhammer	0	0,0	25	1,6	25	1,2
	<b>628</b>		<b>1.522</b>		<b>2.150</b>	

Häufigste Artengruppen waren die Drosseln (83 %). Allein auf die Singdrossel entfielen 34 % aller Rufe. Und auch Amseln hatten einen hohen Anteil an der Gesamtzahl der registrierten Vogelrufe (31 %). Die Rufe von Rotdrosseln machten einen Anteil von 11 % aus. Alle drei Arten waren in beiden Zugperioden zu hören. Sing- und Rotdrosseln hörten wir jedoch v.a. auf dem Wegzug, Amseln hingegen schwerpunktmäßig auf dem Heimzug (Tab. 7).

Weitere Arten mit einem Rufanteil von mehr als einem Prozent an der Gesamtzahl Vogelrufe waren Heckenbraunelle (6 %), Alpenstrandläufer (3 %), Flussuferläufer (1 %) und Rohrammer (1 %). Bis auf die Rufe der Flussuferläufer stammen alle Rufe der anderen zuletzt aufgezählten Arten aus einer Nacht (06./07.10.2002). In dieser Nacht scheinen die Zugbedingungen für viele Arten günstig gewesen zu sein. Wir hörten insgesamt 19 Vogelarten und 48 % aller zwischen Anfang Mai 2002 und Ende September 2003 registrierten Vogelrufe.

Insgesamt gab es bis auf die Nacht 06./07.10.2002 nur drei weitere Nächten mit hoher festgestellter Zugrufintensität (Abb. 24). Dies war am 07./08.10.2002 die Folgenacht der bereits erwähnten starken Zugnacht (Kap. 4.1.1). Darüber hinaus gab es im Herbst nur noch den 17./18.11.2002 mit einer hohen Zugrufintensität. In dieser Nacht trafen wir jedoch erst gegen fünf Uhr (UTC) im Untersuchungsgebiet ein, so dass wir nur noch das Ende der offenbar starken Zugnacht erfassen konnten. Im Frühjahr waren die erfassten Zugrufintensitäten nur in der Nacht 24./25.03.2003 hoch.

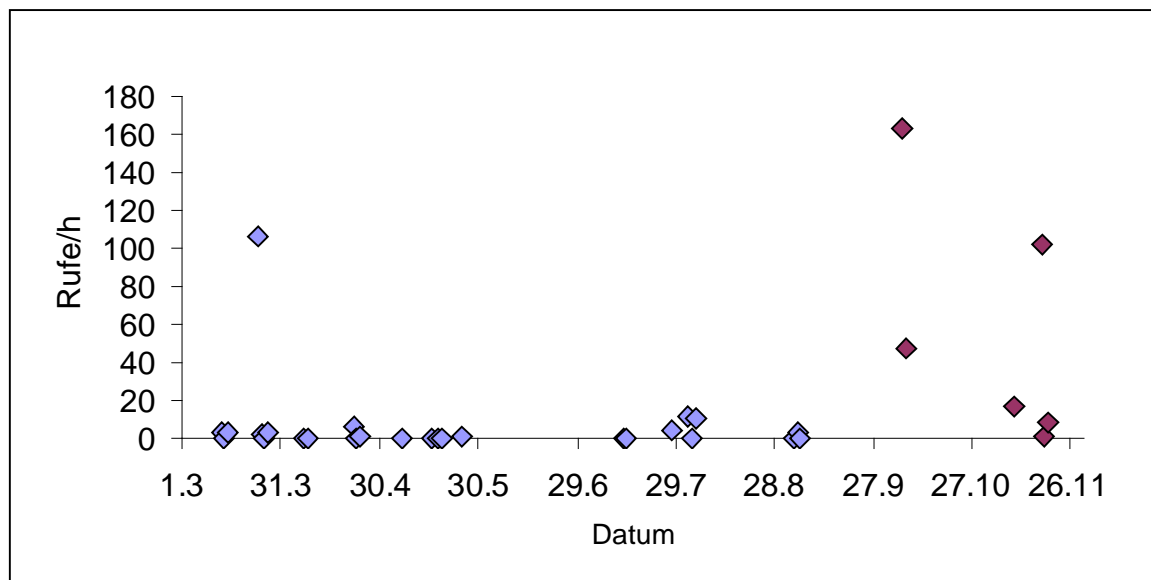


Abb. 24: Intensität der Vogelrufe (Rufe pro Stunde) in den Nächten zwischen Mai 2002 und September 2003, an denen wir Nachtzugverhöre durchführten. Die Werte aus dem Jahr 2002 sind rot und aus dem Jahr 2003 blau dargestellt.

## 6.1 Vergleich der Ergebnisse von Nachtzugverhör und Radarbeobachtung

Vergleicht man die nach Vertikalradar ermittelte Zugintensität (Abb. 5, unten) mit den Ergebnissen vom Nachtzugverhör (Abb. 24) zeigt sich Folgendes: Während mit dem Vertikalradar an mehreren Tagen im Frühjahr 2003 eine relativ starke Zugintensität erfasst werden konnte, registrierten wir bei der Verhörmethode nur eine starke Zugnacht. Am 24./25.03.2003 hörten wir durchschnittlich 107 Rufe/h, obwohl die Zugintensität nach den Ergebnissen vom Vertikalradar mit durchschnittlich 2,1 Echos/Bild vergleichsweise gering war.

Diese Unterschiede können verschiedene Ursachen haben: Für den Fall, dass in dieser Nacht tatsächlich viele Vögel über das Gebiet gezogen sind, gibt es drei Erklärungsmöglichkeiten für die mit beiden Methoden ermittelten unterschiedlichen Zugintensitäten. 1. Ein Großteil der Vögel flog so flach, dass sie nicht vom Radar erfasst wurden. 2. Die Vögel flogen in dichten Schwärmen, so dass ein Echo nicht einem einzelnen Vogel, sondern einem ganzen Vogeltrupp entsprach. 3. Ein Großteil der Echos wurde von den wenigen Wolkenstörnsignalen überlagert. Für den Fall, dass die Radarergebnisse ein realistischeres Bild des tatsächlichen Vogelzugintensität widerspiegeln als die Verhörergebnisse, wäre es möglich, dass ein Teil der Vögel ums Schiff kreiste und die Rufe eines Individuums vielfach gehört wurden. Wodurch die Unterschiede tatsächlich hervorgerufen wurden und ob es in dieser Nacht zu verhältnismäßig starkem oder nur durchschnittlicher Zugintensität kam, kann nicht abschließend beurteilt werden.

Der tageszeitliche Verlauf der Rufintensität ist in Abbildung 25 dargestellt. In dieser Nacht gab es nach den Ergebnissen der Verhörmethode zwei Durchzugsmaxima.

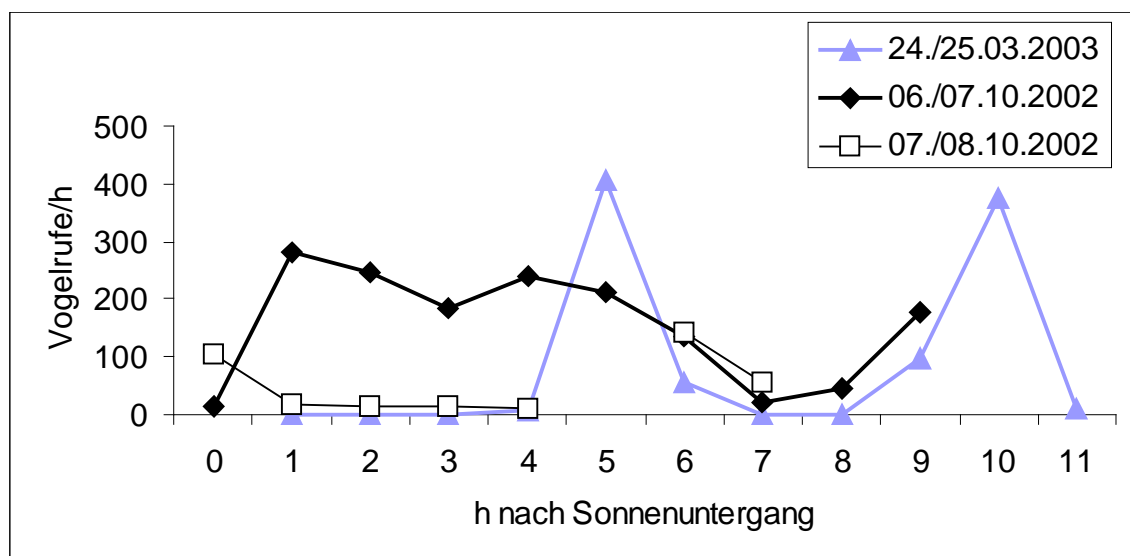


Abb. 25: Tageszeitliche Phänologie der Zugintensität nach Verhörmethode. Tageszeitlicher Verlauf der Intensität (Rufe pro Stunde) in drei Nächten, in denen verhältnismäßig viele Rufe gehört wurden. Auf der x-Achse ist die Anzahl der Stunden nach bürgerlicher Dämmerung angegeben.

Etwa fünf Stunden nach Sonnenuntergang hörten wir das erste Mal viele Vogelrufe. Zu diesem Zeitpunkt waren auch auf dem Radarbildschirm viele Vögel abgebildet (v.a. relativ kleine Echos), die unterhalb eines Wolkenbandes flogen. Da die Echos jedoch kaum von den ebenfalls abgebildeten Wolken zu unterscheiden waren, blieben die Bilder unausgewertet. Erst etwa zehn Stunden nach Sonnenuntergang hörten wir erneut viele Vogelrufe in Folge. Für diesen Zeitraum liegen mehr auswertbare Bilder vor. Die Anzahl Echos war relativ gering, jedoch war der Anteil größerer Echos verhältnismäßig hoch. Während bei der Verhörmethode mehrere Individuen eines Trupps erfasst wurden, wurde dieser auf dem Bildschirm eventuell nur als ein Echo abgebildet.

Ein Vergleich der Ergebnisse von Vertikalradar und Verhör zeigt Folgendes: In der Nacht auf den 07.10.2002 ermittelten wir die höchste Zugintensität nach der Verhörmethode, und auch nach den Ergebnissen vom Vertikalradar war es eine Nacht mit hoher Zugintensität. Nach beiden Methoden stieg die Zugintensität ein bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang (bürgerl. Dämmerung) deutlich an. Von dem Vertikalradar standen jedoch schon vier Stunden nach Sonnenuntergang aufgrund einsetzenden Regens kaum und nach weiteren zwei Stunden überhaupt keine auswertbaren Bilder mehr zur Verfügung. Die Ergebnisse vom Verhör deuten aber darauf hin, dass der Vogelzug auch nach Einsetzen des Regens nicht zum Erliegen kam. Erst sieben Stunden nach Sonnenuntergang war die Rufintensität geringer, stieg später aber noch einmal an. Aufgrund der rein akustischen Erfassung kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass es sich bei den gehörten Vögeln um von der Schiffsbeleuchtung angelockte Tiere handelte, die um das Schiff kreisten.

In der Folgenacht, in der es nicht regnete, war die Zugintensität nach Ergebnissen vom Vertikalradar noch stärker als in der Nacht zuvor und es wurden auch viele Zugrufe gehört. Die tageszeitlichen Phänologien unterscheiden sich allerdings bei beiden Methoden. Während mit dem Radar schon zwei Stunden nach Sonnenuntergang ein Durchzugsmaximum erreicht wurde, hörten wir zu diesem Zeitpunkt noch keine Zugrufe. Aus der Stunde, in der die Zugintensität nach Ergebnissen vom Vertikalradar abermals anstieg, liegen keine Verhördaten vor. Die Verhördaten aus der Stunde danach deuten aber ebenfalls auf ein zweites Durchzugsmaximum hin.

Darüber hinaus bekräftigen die nach Verhör ermittelten tageszeitlichen Phänologien der Zugrufintensitäten das nach Ergebnissen vom Vertikalradar aufgezeigte Muster. Im Frühjahr scheinen die Vögel später nach Sonnenuntergang im Gebiet anzukommen als im Herbst.

Als Fazit dieses Methodenvergleichs kann festgehalten werden, dass der einzige gesicherte Vorteil der Verhörmethode darin liegt, einen Teil des Artenspektrums nachts ziehender Vögel zu ermitteln, der anhand der Radaruntersuchungen nicht bestimmt werden kann. Die Methode ist jedoch nicht geeignet, Aussagen über tages- oder jahreszeitliche Unterschiede in der Zugintensität zu treffen. In Ausnahmefällen kann sie lediglich Ergebnisse anderer Methoden bekräftigen (z.B. zeitlich unterschiedliche Durchzugsmaxima im Herbst und Frühjahr) oder in Frage stellen (geringe Echodichte = geringe Zugintensität in bestimmten Nächten). Gerade um die Zugintensität bei Schlechtwetterbedingungen wie Regen, wenn

das Radar keine Daten liefert, einschätzen zu können, ist diese Methode jedoch nicht geeignet, da Vögel dann besonders stark auf Lichtquellen reagieren und anhand der Rufintensität in der Nähe von Schiffen nicht die Zugintensität abzuschätzen ist.

## 7 METHODENKRITIK

Ziel unserer Untersuchungen ist es, den Vogelzug im Untersuchungsgebiet anhand der gewonnenen Daten zu beschreiben und die Bedeutung des Gebietes im Vergleich zu anderen Standorten darzustellen. Im Folgenden wird diskutiert, inwieweit die eingesetzten Methoden geeignet sind, Daten zu liefern, die solche Aussagen zulassen.

Die von uns eingesetzten Radargeräte bieten grundsätzlich die Möglichkeit einer standardisierten Erfassung fliegender Vögel, sofern dasselbe Radargerät und dieselben Einstellungen benutzt werden. Ein Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sie unabhängig von Licht- und Sichtbedingungen sowohl tags als auch nachts eingesetzt werden kann. Die Erfassungswahrscheinlichkeit eines Vogels hängt dabei u.a. von dessen Größe, des Winkels zwischen den Radarstrahlen und der Flugrichtung der Vögel, vom Wetter und der Entfernung des Vogels zum Radargerät ab. Letzteres macht für Angaben z.B. zur Höhenverteilung eine Korrektur der Rohdaten (= abgebildete Echos) erforderlich. Wir haben dafür eine Distanzkorrektur nach Standarduntersuchungskonzept (BSH 2003) durchgeführt (s. Kap. 3.1.2). Generell gilt jedoch, dass exakte quantitative Aussagen über die Flugaktivität in einem bestimmten Gebiet mit den von uns eingesetzten Geräten (Schiffradargeräte) nicht möglich sind. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass ein einzelner Vogel und ein Schwarm von 1.000 Vögeln ein gleich großes Echo auf dem Radarbildschirm liefern können (GATTER 2000). Des Weiteren ist unbekannt, welcher Anteil der durch den Radarstrahl fliegenden Vögel tatsächlich erfasst wird. Auch eine Verschneidung der Radardaten mit Sichtbeobachtungen konnte dabei nicht weiterhelfen, da es fast keinen Überlappungsbereich zwischen Sicht- und Radarbeobachtung gab, denn auf den Radarbildern waren die untersten 50 m aufgrund von Wellenreflexionen nicht auswertbar und bei den Planzugbeobachtungen sahen wir nur 7 % aller Vögel oberhalb von 50 m. Es konnte daher nicht überprüft werden, welcher Anteil der Vögel in einer bestimmten Entfernung überhaupt erfasst wird und bei welchem Abstand zueinander Vögel noch als einzelne Echos auf dem Bildschirm erscheinen.

Auch wenn quantitative Angaben anhand unserer Radardaten nicht möglich sind, liefern die distanzkorrigierten Daten wertvolle Ergebnisse bei qualitativen Vergleichen.

Mit den distanzkorrigierten Rohdaten kann man z.B. die relative Verteilung der Flughöhen von Vögeln/Vogeltrupps berechnen. Aufgrund der Eigenschaften der Radargeräte, des Einsatzes auf See und der von uns gewählten Einstellungen (s. Kap 3.1.1) sind jedoch nur Aussagen für den Bereich zwischen 50 m und 1.450 m Höhe möglich. Da bisherige Studien gezeigt haben, dass ein Großteil des Vogelzuges in diesen Höhen stattfindet, sind die Radardaten sehr gut geeignet, um z.B. die Zughöhenverteilung in verschiedenen Nächten zu vergleichen.

Es sollte nicht vergessen werden, dass auch außerhalb dieses Höhenbereiches Vogelzug bis in eine Höhe von mindestens 3.000 m nachgewiesen wurde und auch in den untersten 50 Höhenmetern über See Vogelzug stattfindet. Da Vögel tagsüber generell niedriger ziehen



als während der Nacht (z.B. EASTWOOD & RIDER 1965, unsere Ergebnisse), ist davon auszugehen, dass tagsüber ein größerer Anteil Vögel/Vogeltrupps unterhalb des auswertbaren Bereichs unserer Radarbilder fliegt als nachts.

Anhand der distanzkorrigierten Radardaten können auch Aussagen über die zeitliche Verteilung des Vogelzuges an einem Standort getroffen werden, sofern mit dem gleichen Radargerät und den gleichen Einstellungen gemessen wurde. Versuche, an denen das Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, das Bureau Waardenburg (Niederlande), die niederländische Luftwaffe und unser Büro beteiligt waren, haben gezeigt, dass die Entdeckungswahrscheinlichkeit von Vögeln bzw. Vogeltrupps maßgeblich von der Leistung der Radargeräte und den Filtereinstellungen beeinflusst wird (GRUBER et al. 2002). Damit die Ergebnisse zur Zugintensität auch mit denen aus anderen Gebieten vergleichbar werden, müssen die eingesetzten Radargeräte geeicht werden.

Ein Nachteil der Radarbeobachtung ist, dass Regen, Wolken und Nebel Störchos auf dem Bildschirm verursachen können, welche die Echos von Vögeln überlagern. Für die Berechnung der Zugintensität anhand der Vertikalradardaten werteten wir nur Bilder ohne Störsignale aus, auch wenn nur ein Teil des Bildschirms davon betroffen war. Andernfalls könnten Unterschiede in der Anzahl Echos pro Bild auf eine unterschiedlich große auswertbare Fläche (im Falle des zweidimensionalen Bildschirms) zurückzuführen sein, obwohl evtl. gleich viele Vögel im Erfassungsbereich des Radargerätes flogen. Ein großes Problem beim Horizontalradar stellten die Wellenreflexionen selbst bei geringen Wellenhöhen dar. Da ein stets wechselnder Anteil des Bildschirms von Wellenechos überlagert wird, ist ein quantitativer Vergleich verschiedener Nächte anhand der Horizontalradarbilder kaum möglich. In den starken Zugnächten des zweiten Untersuchungsjahres war beinahe der ganze Bildschirm des Horizontalradars nicht auswertbar. Auch an anderen Tagen bzw. Nächten bildeten sie kaum gerichteten Zug ab, so dass sich Angaben zu den Flugrichtungen auf die Daten aus dem ersten Untersuchungsjahr beziehen. Inwieweit die Beleuchtung des Schiffs zu diesen ungerichteten Flugbewegungen beiträgt, kann nicht abgeschätzt werden. Zwar bieten die Radargeräte die Möglichkeit, Regen und Wellen herauszufiltern, jedoch können dadurch auch Vogeleos unterdrückt werden, so dass wir diese Einstellungsmöglichkeit nicht nutzten.

Dass auch Insekten oder andere Störsignale die Erfassung von Vögeln erschweren kann, ist bereits in Kapitel 3.1.1 beschrieben worden.

Ein weiterer Nachteil der eingesetzten Radargeräte ist, dass sie kaum Hinweise auf das am Zug beteiligte Artenspektrum liefern (z.B. GRUBER et al. 2002). Zwar weisen unterschiedliche Artengruppen unterschiedliche Zuggeschwindigkeiten auf (z.B. BRUDERER & BOLDT 2001), der Artbestimmung über die Zuggeschwindigkeit sind aber enge Grenzen gesetzt. Dies liegt unter anderem daran, dass beim Vertikalradar die als Maß der Fluggeschwindigkeit dienende Echolänge (Trail) stark vom Winkel der Flugrichtung des Vogels zum Radarstrahl abhängt. Beim Horizontalradar hat man dieses Problem meist nicht, jedoch erfasst man mit dem Horizontalradar nur die unteren Höhenschichten.

Die Planzugbeobachtungen liefern in der Regel gute Ergebnisse über flach ziehende Vögel, wobei Artenspektrum, Anzahl, Zugrichtung, ggf. Alter und Geschlecht, sowie weniger exakt auch die Flughöhe bestimmt werden kann. Da tagsüber ein verhältnismäßig hoher Anteil an Flugbewegungen auf niedrige Höhenschichten entfällt und Vögel unterhalb von 50 m mit unseren Radargeräten nur unzureichend erfasst werden, liefern Planzugbeobachtungen wichtige zusätzliche Informationen über die Flugbewegungen in diesem Höhenbereich. Bei der Beurteilung der Ergebnisse von Planzugbeobachtungen ist jedoch zu beachten, dass die Sichtbarkeit von Vögeln sehr unterschiedlich sein kann. Neben Sichtbedingungen spielen die absolute Entfernung zum Schiff, die Flughöhe und die Größe des Vogels bzw. Vogeltrupps eine Rolle. Die Flughöhe ist aufgrund fehlender vertikaler Strukturen im Untersuchungsraum schwer abzuschätzen und kann daher nur in groben Klassen angegeben werden (KRÜGER & GARTHE 2001). Bei der Angabe von Höhenverteilungen anhand von Planzugbeobachtungsdaten muss berücksichtigt werden, dass sie nur einen Ausschnitt der Flugbewegungen über einem bestimmten Gebiet erfassen. Welcher Anteil einer Art z.B. oberhalb des sichtbaren Bereichs über das Untersuchungsgebiet fliegt oder ob andere Arten in diesem Bereich fliegen, kann anhand der von uns angewendeten Methoden nicht beurteilt werden.

Eine Unterscheidung zwischen Flugbewegungen von Zug- und Rastvögeln ist in vielen Fällen nicht möglich.

Beim Nachtzugverhör können die im hörbaren Bereich rufenden Arten bestimmt werden. Die Anzahl der Vögel ist nicht zu ermitteln (vergl. DIERSCHKE 1994). Von manchen Arten sind die Rufe auf große Distanz, von anderen jedoch nur aus der Nähe hörbar. Sehr viele Arten wiederum rufen gar nicht, so dass Angaben über das beteiligte Artenspektrum unvollständig sind. Zusätzlich schränken Störgeräusche (z.B. Wind und Wellengeräusche) die Anwendung dieser Methode auf dem Schiff ein. Auch kann oft nicht entschieden werden, ob es sich um immer neue oder um das Schiff kreisende Vögel handelt. Angaben über die Zugintensität können daher mit dieser Methode nicht ermittelt werden (s. Kap. 6.1).

Die Konsequenz der obigen Ausführungen ist, dass keine der o.a. Methoden für sich alleine geeignet ist, den Vogelzug in einem Gebiet zu charakterisieren. Erst eine ergänzende Auswertung der Daten aller Beobachtungsmethoden erscheint hierfür sinnvoll. Die Daten des Vertikalradars ermöglichen dabei bisher nur qualitative Angaben, anhand derer aber sowohl Zughöhenverteilungen und Zugintensitäten in verschiedenen Nächten bzw. an verschiedenen Tagen verglichen werden können. Ein bisher ungelöstes Problem stellt die Erfassungsschwäche der Radargeräte in den untersten 50 Höhenmetern dar. Da eine Verschneidung mit Sichtbeobachtungen nicht möglich war, konnten wir nicht beurteilen, welcher Anteil der Vögel in diesem Bereich fliegt. Für die Beurteilung der Bedeutung eines Gebietes im Vergleich zu anderen Gebieten der Nordsee ist eine Eichung der Radargeräte sowie eine Standardisierung der Datenerhebung und Auswertung dringend erforderlich. Die eingesetzten Methoden sind nur begrenzt geeignet, um Reaktionen (z.B. Änderung der Flughöhe) ziehender Vögel auf Schlechtwetterereignisse, insbesondere Regen, zu bestimmen. Hinweise dazu stammen vor allem aus Regenspauzen.

## 8 DISKUSSION

Ziel dieses Berichtes ist es, Ergebnisse zum Vogelzuggeschehen im Untersuchungsgebiet aus dem zweiten Untersuchungsjahr vorzustellen. Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus dem ersten Untersuchungsjahr und mit aktuellen Literaturdaten soll zeigen, ob dadurch neue Erkenntnisse über den Vogelzug im Untersuchungsgebiet gewonnen werden konnten, die hinsichtlich des Baus des geplanten Offshore-Windparks von Bedeutung sein könnten.

### 8.1 Zugintensität und Artenspektrum

In diesem Kapitel sollen die im Rahmen der Voruntersuchungen ermittelten Ergebnisse bezüglich der Zugintensität und des Artenspektrums im Untersuchungsgebiet (getrennt für die Helligkeits- und Dunkelphase) mit Daten aus anderen Studien verglichen werden. Dabei sollen folgende Fragen diskutiert werden:

1. Welche Arten sind im Untersuchungsgebiet zu erwarten und welche haben wir tatsächlich erfasst?
2. Inwieweit lassen sich das jahreszeitliche Auftreten von Vogelarten und die ermittelten Zugintensitäten mit denen aus anderen Gebieten vergleichen?
3. Welche Ursachen gibt es für Unterschiede?

#### 8.1.1 Helligkeitsphase

Aussagen zum Artenspektrum und zur Zugintensität tags ziehender Arten bzw. Artengruppen beziehen sich vor allem auf Ergebnisse der Radar- und Planzugbeobachtungen aus dem zweiten Untersuchungsjahr. Aus dem ersten Untersuchungsjahr liegen nur wenige Daten aus der Helligkeitsphase vor.

Tagsüber ermittelten wir mit den Radargeräten generell eine deutlich geringere Flugaktivität zwischen 50 m und 1.450 m Höhe (zur Reichweite der Radargeräte s. Kap. 3.1.2) als nachts. Auch KNUST ET AL. (2003) zeigen diese tageszeitlichen Unterschiede. Die Maximalwerte am Tag lagen in unserem Gebiet bei 5 Echos/Bild (nachts bei 24 Echos/Bild). Ein direkter Vergleich mit den Daten von KNUST ET AL. (2003) oder mit Daten aus anderen Seegebieten ist bisher nicht möglich, da die Radargeräte nicht gegeneinander geeicht wurden und so ein quantitativer Vergleich nicht möglich ist. Anhand dieser Daten kann daher die Bedeutung des Planungsgebietes für tagziehende Vögel gegenüber anderen Gebieten nicht eingestuft werden.

Da ein großer Anteil der Flugbewegungen tagsüber auf die unteren Höhenschichten entfällt (s. Kap. 4.1.2), kann davon ausgegangen werden, dass bei den Planzugbeobachtungen ein nicht unwesentlicher Anteil an Flugbewegungen erfasst wurde, so dass diese Daten wichtige Informationen zu Artenspektrum und Intensität tags ziehender Vögel liefern können. Wie groß der Anteil am gesamten Vogelzuggeschehen tatsächlich ist, kann jedoch nicht abgeschätzt werden (s. Kap. 7). Außerdem ist auch hier ein direkter Vergleich mit den

Intensitätswerten aus anderen Gebieten bisher nicht möglich, da noch keine Veröffentlichungen über Studien vorliegen, in denen die Daten mit vergleichbarer Methode erhoben wurden. Die wohl umfangreichsten Sichtbeobachtungen des Tagvogelzuges im Bereich der Deutschen Bucht stammen von Helgoland. Allerdings wurden dort ziehende Vögel mit einem Spektiv bis in eine Entfernung von etwa 10 km erfasst, während wir mit dem Fernglas einen Bereich von etwa 1,5 km absuchten und in vielen Fällen nicht unterscheiden konnten, ob es sich um ziehende Vögel oder Flugbewegungen von Rastvögeln handelte. Qualitativ vergleichen lässt sich jedoch das im Rahmen der Planzugbeobachtungen ermittelte Artenspektrum in unserem Gebiet mit den Daten von Helgoland (KNUST ET AL. 2003, DIERSCHKE 2003). Das Artenspektrum ähnelt sich in beiden Gebieten sehr. Möwen, Seeschwalben und Entenvögel waren sowohl vor Helgoland als auch im Planungsgebiet die häufigsten Arten.

Einen wichtigen Hinweis, welche Arten nicht nur zahlenmäßig häufig, sondern mit erheblichen Anteilen ihrer biogeographischen Population im Planungsgebiet zu erwarten sind, liefern Daten von Helgoland. DIERSCHKE (2003) konnte anhand einer Hochrechnung von Sichtbeobachtungen zeigen, dass fünf Arten von See- bzw. Küstenvögeln das Seegebiet um Helgoland mit erheblichen Anteilen (mehr als 10 %) ihrer biogeographischen Population passieren. Bei diesen Arten handelt es sich um Kurzschnabelgans, Zwergmöwe, Sterntaucher, Graugans und Ringelgans. Abgesehen von der Graugans wurde auch schon im Fachgutachten Vogelzug (GRUBER et al. 2002) der Umweltverträglichkeitsstudie anhand einer Literaturrecherche angenommen, dass ein relativ hoher Anteil der biogeographischen Population dieser Arten auf ihrem Zug durch die Östliche Deutsche Bucht in den Bereich des Planungsgebietes gelangt. Im Gegensatz zum ersten Untersuchungsjahr, in dem kaum Planzugbeobachtungen durchgeführt wurden, konnten wir im zweiten Untersuchungsjahr bei den vier Arten **Zwergmöwe, Sterntaucher, Graugans und Ringelgans** höhere Anzahlen im Gebiet beobachten als in der ersten Untersuchungskampagne. **Kurzschnabelgänse** sahen wir im ersten Jahr in 80 Exemplaren, im zweiten Untersuchungsjahr dagegen überhaupt nicht im Untersuchungsgebiet.

Ein Vergleich des jahreszeitlichen Auftretens dieser Arten im Planungsgebiet und vor Helgoland hilft, die Bedeutung des Gebietes insofern einzuschätzen, ob in beiden Gebieten die gleichen Zugphänomene auftreten. Aus Ermangelung besseren Datenmaterials werden im Folgenden die Zugintensitäten trotz unterschiedlicher Erfassungsmethoden (s.o.) für eine erste Einschätzung der Bedeutung des Planungsgebietes für den Tagvogelzug gegenübergestellt.

Während **Seetaucher** im ersten Untersuchungsjahr in nur wenigen Exemplaren gesichtet wurden, entfielen im zweiten Untersuchungsjahr ca. 2 % der Sichtungen auf Seetaucher. Am 16.03.2003 sahen wir in den frühen Morgenstunden 150 Seetaucher in westliche Richtung fliegen. Da nach DIERSCHKE (2002) bei Helgoland im März östliche bis nordöstliche Zugrichtungen von Seetauchern überwiegen, ist zu vermuten, dass es sich an diesem Tag, an dem 30 % aller Seetaucher gesichtet wurden, um Ausgleichsbewegungen von verdrifteten Rastvögeln handelte. Da unser Untersuchungsgebiet innerhalb eines wichtigen

Rastgebietes von Seetauchern liegt (SKOV et al. 1995, CAMPHUYSEN 2000, DIEDERICHS et al. 2002), kann oft nicht zwischen den Flugbewegungen von Zug- und Rastvögeln unterschieden werden. Dies erschwert zusätzlich zu den Unterschieden in der Erfassungsmethode die Angabe der Zugintensität dieser Art und damit die Einschätzung der Bedeutung des Planungsgebietes im Vergleich zu anderen Gebieten. Für einen ersten Eindruck werden die Werte aus unserem Gebiet denen von Helgoland gegenübergestellt. Wir beobachteten die höchsten monatlichen Intensitäten (Flugbewegungen von Zug- und Rastvögeln) im März bei durchschnittlich sechs Seetauchern pro Stunde. DIERSCHKE (2003) gibt maximale monatliche Zugintensitäten von elf bis zwölf Seetauchern pro Stunde im März und Dezember an. Die Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsjahr liefern keine Hinweise darauf, dass sich die Einschätzung bezüglich der Bedeutung des Gebietes für den Seetaucherzug gegenüber dem Fachgutachten von GRUBER et al. (2002) geändert hat.

Unter den Möwen dominierten bei uns Sichtungen von Heringsmöwen. Bei diesen gilt ähnlich wie bei den Seetauchern, dass wegen der Anwesenheit zahlreicher Brutvögel, Wintergäste oder Übersommerer die Zugintensität nicht erfasst werden kann. **Zwerg-** und **Lachmöwen** machten bei unseren Untersuchungen nur einen Anteil von weniger als 1 % der Sichtungen aus, obwohl sie vor Helgoland zwischen 1990 und 2001 zahlreich gesichtet wurden. Nach GARTHE (1993) gibt es klare Hinweise dafür, dass die Zugwege dieser Art vermutlich von Helgoland aus über das schleswig-holsteinische Festland im nördlichen Dithmarschen bzw. südlichen Nordfriesland in die Ostsee führen und, dass sich Zwergmöwen auf dem Zug demnach auf die küstennahen und zentralen Bereiche der Deutschen Bucht konzentrieren. Zugleich ziehen nach Schätzungen von OUGE & STOUGIE (1990) am nördlichen Ende des Wattenmeeres, vor Blåvands Huk, jedoch bis zu 30.000 Zwergmöwen (40 % der Population) während des Frühjahrszuges durch. Und auch im Rahmen der Rastvogelzählungen wurden während der Hauptzugzeit dieser Art im April knapp 650 Zwergmöwen am 10.04.2002 im Untersuchungsgebiet gesichtet (DIEDERICHS et al. 2002). Da die Art auch auf dem Zug nach Nahrung sucht und dabei ungerichtete Flugbewegungen durchführt, ist davon auszugehen, dass es sich bei einem Teil der während der Rastvogelzählungen gesichteten Zwergmöwen um ziehende Vögel handelte (DIEDERICHS et al. 2002). Wie stark der Durchzug dieser Art im Vergleich zu anderen Gebieten in der Deutschen Bucht ist, kann daher nicht weiter als im Fachgutachten von GRUBER et al. (2002) abgeschätzt werden. Für einen ersten Eindruck werden wieder die Werte aus unserem Gebiet denen von Helgoland gegenübergestellt. In unserem Gebiet entfällt der Großteil der Zwergmövensichtungen auf den April. Die im Rahmen der Planzugbeobachtungen ermittelte Intensität in diesem Monat lag im zweiten Untersuchungsjahr bei durchschnittlich 3 Vögeln pro Stunde. Auch im Bereich vor Helgoland findet der Hauptdurchzug der Zwergmöwe im April, jedoch bei durchschnittlich 79 Vögeln pro Stunde statt.

Während vor Helgoland Ringelgans und Kurzschnabelgans in größerer Zahl gesichtet wurden, war bei uns im zweiten Untersuchungsjahr die **Graugans** die häufigste auf Artniveau bestimmte Gänseart, obwohl im ersten Untersuchungsabschnitt nur 10 Vögel dieser Art gesichtet wurden. Da wir jedoch einen Großteil der Gänse nur in großer



Entfernung sahen, konnte nur ein Anteil von 31 % auf Artniveau bestimmt werden. Fasst man die Sichtungen aller in unserem Untersuchungsgebiet gesichteten Gänse zusammen, war der September der Monat mit dem stärksten festgestellten Durchzug von Gänsen mit durchschnittlich 26 Vögeln pro Stunde. Im Bereich von Helgoland lag die maximale monatliche Zugstärke allein der Graugans bei 12 Vögeln pro Stunde (September). Die Ringelgans erreichte dort maximale monatliche Durchzugsraten von 62 Vögeln pro Stunde (Oktober), bei der Kurzschnabelgans betrug der Wert dort über 80 Vögel pro Stunde (Februar). Da ein Großteil der Kurzschnabelgänse innerhalb weniger Tage das Gebiet um Helgoland überfliegt (Jahresberichte der OAG Helgoland), ist unklar, ob tatsächlich wenig Kurzschnabelgänse über das Planungsgebiet zogen oder wir an unseren Ausfahrtsterminen keine Durchzugstage dieser Art antrafen. Wie im Fachgutachten von GRUBER et al. (2002) beschrieben, ist aufgrund der Lage der Rastplätze dieser Art in Dänemark und in den Niederlanden davon auszugehen, dass ein hoher Anteil ihrer Population bzw. des in der Nordsee überwinternden Bestandes auf dem Zug durch die Östliche Deutsche Bucht im Bereich des Planungsgebietes gelangt.

Häufigste Entenart im Untersuchungsgebiet war die Trauerente. Sie erreichte ihre maximale monatliche Intensität mit 11 Vögeln pro Stunde im November. Da sich die Hauptrastgebiete dieser Art im küstennahen Bereich (bis maximal 20 km westlich von Sylt) befinden, und bekannte Zugwege dieser Art von der südlichen Deutschen Bucht über das schleswig-holsteinische Festland im nördlichen Dithmarschen bzw. südlichen Nordfriesland in die Ostsee führen (BERNDT & BUSCHE 1991), lassen sich die recht geringen Sichtungszahlen dieser Art im Untersuchungsgebiet erklären. Dies deutet auf eine gegenüber Helgoland verhältnismäßig geringere Bedeutung des Gebietes für diese Art hin (s. auch Fachgutachten GRUBER et al. 2002). Für Eiderente, Nonnengans und Ringelgans, die nur vereinzelt im Untersuchungsgebiet gesichtet wurden, gilt im Prinzip das gleiche.

Im Gegensatz zu den Planzuguntersuchungen im ersten Jahr, erfassten wir im zweiten Untersuchungsjahr auch Tage mit vielen Sichtungen von **rotfüßigen Seeschwalben**. Am 03.08.2002 stellten wir mit 227 Vögeln pro Stunde starken Zug von Seeschwalben fest. Auf diesen Tag entfallen 48 % aller Seeschwalben-Sichtungen. Auch vor Helgoland gehören rotfüßige Seeschwalben zu den häufigsten zwischen 1990 und 2001 gesichteten Arten. Nach der Passage von Helgoland sind weiterführende Zugwege über die deutsche Nordsee weitgehend unbekannt. Da auch schon im ersten Untersuchungsjahr bei einer Rastvogelzählung am 31.08.2001 eine große Anzahl (n = 828) von Seeschwalben, die fast ausschließlich in südliche Richtung flogen, gesehen wurden (DIEDERICHS et al. 2002), bestätigen die Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsjahr die Einschätzung der Bedeutung des Planungsgebietes, die im ersten Fachgutachten (GRUBER et al. 2002) aufgrund der damaligen Datenlage noch als potentiell eingestuft worden war. Als Vergleich der Zugintensität rotfüßiger Seeschwalben im Untersuchungsgebiet zum Bereich um Helgoland werden wieder die maximalen monatlichen Durchzugsintensitäten aus beiden Gebieten gegenübergestellt; wohl wissend, dass unterschiedliche Erfassungsmethoden angewendet wurden (s.o.). Im Bereich um Helgoland fand der Hauptdurchzug dieser beiden

Arten im August statt mit durchschnittlich 83 Vögeln pro Stunde, in unserem Untersuchungsgebiet im gleichen Monat mit durchschnittliche 67 Vögeln pro Stunde.

Das jahreszeitliche Auftreten der verschiedenen tagsüber gesichteten Arten deckt sich auch bei den Arten, die wegen ihrer geringen Anteile an der Gesamtzahl der Sichtungen nicht oben aufgeführt sind, mit den bekannten Beobachtungen aus dem Bereich der Nordsee (CAMPHUYSEN & VAN DIJK 1983, PLATTEEUW et al. 1994, DIERSCHKE et al. 2001, DIEDERICHS et al. 2002).

Die bisher vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf Beobachtungen während der Helligkeitsphase. Über die Hälfte der Zugvogelarten sind jedoch ausgeprägte Nachtzieher (BERTHOLD 2000). Auch unsere Radardaten zeigen, dass der Nachtzug in dem Höhenbereich zwischen 50 m und 1.450 m stärker ist als am Tag (Kap. 4.1.2). Im Folgenden werden Artenspektrum und Zugintensitäten in verschiedenen Nächten qualitativ verglichen.

### 8.1.2 Dunkelphase

Wie im ersten Untersuchungsjahr unterschied sich auch im zweiten Untersuchungsjahr das Artenspektrum von Tag- und Nachtzug deutlich. Während nachts in beiden Jahren Zugrufe von Drosseln (in beiden Jahren etwa 85 % der Zugrufe) dominierten, wurden diese tagsüber nur in geringer Zahl im Untersuchungsgebiet gesichtet (s. Kap. 5.1). Im ersten Untersuchungsjahr war die Rotdrossel die dominierende Art (38 % aller Zugrufe der ersten Untersuchungskampagne), im zweiten Untersuchungsjahr hörten wir vor allem Singdrosseln (34 % aller Zugrufe der zweiten Untersuchungskampagne). Abgesehen von den Singvögeln wurden nachts nur Limikolen (Alpenstrandläufer, Regenbrachvogel und Flussuferläufer) und Möwen mehr als zehnmals rufend gehört. Die Ergebnisse zum nächtlichen Artenspektrum decken sich auch mit anderen Beobachtungen aus der Nordsee (s. GRUBER et al. 2002).

Insgesamt zeichneten sich im Rahmen unserer Untersuchungen nur wenige Nächte mit vergleichsweise starkem Vogelzug ab. Auch KNUST ET AL. (2003) stellten anhand der Auswertung von Vertikalradardaten mit baugleichen Radargeräten fest, dass sich der Zug über Helgoland durch wenige Tage mit extrem hoher Zugintensität auszeichnet. Sie ermittelten maximale mittlere Tagesintensitäten von 20-25 Echos/Bild (korrigierte Daten). Dabei werteten sie alle Echos eines Tages bis in eine Entfernung von 1.800 m aus, während wir nur den Bereich zwischen 50 m und 1.450 m berücksichtigen und zwischen Tag- und Nachtbildern unterscheiden. Trotzdem liegt unsere maximale mittlere Nachtzugintensität mit 24 Echos/Bild in der gleichen Größenordnung. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich die Zugintensitäten in der Nacht in beiden Gebieten ähneln und der nächtliche Vogelzug über die Nordsee im Breitfrontzug stattfindet (s.a. GRUBER et al. 2002). Dass ein Großteil des Vogelzuges an nur ganz wenigen Tagen stattfindet, deckt sich laut KNUST ET AL. (2003) mit den Ergebnissen vom Fanggarten der Inselstation des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ und den Ergebnissen der akustischen Wahrnehmung von Zugrufen nach DIERSCHKE (1989).

Der jahreszeitliche Verlauf der mit Vertikalradar ermittelten nächtlichen Zugintensität im Untersuchungsgebiet weist eine deutlich zweigipfelige Phänologie mit Zugmaxima im April und Oktober auf. Dieses Zugmuster ist v.a. auf endogene Faktoren, welche die Zugaktivität der am Zug beteiligten Arten oder Populationen steuern, zurückzuführen (z.B. BERTHOLD 2000). Die Feinabstimmung des tatsächlichen Abzuges aus den Brut- oder Überwinterungsgebieten wird von exogenen Faktoren, wie dem Wetter, gesteuert (z.B. GATTER 2000).

### 8.1.3 Einfluss des Wetters auf die Zugintensität

Obwohl schon lange bekannt ist, dass das Wetter eine der wichtigsten Einflussgrößen beim Vogelzug ist (z.B. GÄTKE 1891), weiß man auch heute noch recht wenig über die Zusammenhänge zwischen Zugintensität, den verschiedenen Wetterparametern und den Großwetterlagen (GATTER 2000). Aufgrund der Komplexität beschränken wir uns auf eine exemplarische Beschreibung des Wettereinflusses auf die Zugintensität im Untersuchungsgebiet. Im Rahmen unserer Studie war es uns nur möglich, lokale Wetterdaten aus der Region unseres Untersuchungsgebietes auszuwerten. Einige bekannte Phänomene des Wettereinflusses auf den Vogelzug sind anhand dieser Daten nachvollziehbar.

Nach BERTHOLD (2000) fällt der Hauptheimzug mit steigenden Temperaturen und fallendem Luftdruck überein. Auch in unserem Gebiet ermittelten wir die höchste von uns im März 2002 gemessene Zugintensität (23 Echos/Bild) bei einer solchen Wetterkonstellation (29./30.03.2002). In der Folgenacht ermittelten wir nur eine mittlere Intensität von 6 Echos pro Bild. Diese Schwankungen sind oft auf lokale Wetterphänomene zurückzuführen (BRUDERER & LIECHTI 1998, GATTER 2000, BERTHOLD 2000). Bei Schlechtwetterlagen kann es zu Zugstau kommen. Ein Wetterumschwung kann dann zu sehr starkem Vogelzug führen, worauf oft Tage mit wenig Zug folgen (ZEHNDER et al. 2001). Ob die von uns festgestellten Intensitätsunterschiede tatsächlich auf schlechte Wetterbedingungen an den Abflugorten zurückzuführen ist, die zu Zugstau führten, kann anhand der Wetterbedingungen in unserem Untersuchungsgebiet nicht nachvollzogen werden.

Auf dem Wegzug findet der Hauptzug mit fallenden Temperaturen und steigendem Luftdruck statt (BERTHOLD 2000). Auch wir ermittelten die stärksten Zugintensitäten beim Wegzug im Jahr 2002 (06./07.10.2002 und 08./09.10.2002) bei diesen Wetterverhältnissen. Im Gegensatz zum Heimzug im Jahr 2002 war beim Wegzug im selben Jahr die Zugintensität am zweiten der beiden Messtage in dieser Periode höher. Zumindest eine Ursache dafür ist wohl die Tatsache, dass es in der Nacht auf den 07.10.2002 regnete. Verschiedene Beobachtungen zeigen, dass die Zugintensität bei Regen geringer ist (GRUBER et al. 2002, KNUST ET AL. 2003).

In vielen Studien wurde der Einfluss der Windrichtung auf die Zugintensität nachgewiesen (z.B. BRUDERER et al. 1995, ALERSTAM 1979a, HILGERLOH 1981, KRÜGER & GARTHE 2002). Es konnte gezeigt werden, dass Rückenwind die Zugaktivität fördert, da er eine energiesparende Fortbewegung ermöglicht (z.B. LIECHTI & BRUDERER. 1998). Diesen



Zusammenhang konnten wir z.B. an den starken Zugtagen anhand der Winddaten von List auf Sylt (ca. 40 km östliche unseres Gebietes) nicht eindeutig feststellen. Während des Heimzuges ermittelten wir in der Nacht auf den 25.04.2003 trotz Gegenwind der Stärke 4 Bft den stärksten im Jahr 2003 festgestellten Vogelzug (18,5 Echos/Bild). Auch in der Nacht auf den 21.04.2002, in der die Zugintensität (12,4 Echos/Bild) bei wechselnden Winden hoch war, wurde die stärkste Zugintensität im Untersuchungsgebiet gegen 24 Uhr bei schwachem Gegenwind erreicht. Gegenüber den Frühjahrsbeobachtungen stellten wir im Herbst in Übereinstimmung mit der oben genannten Theorie in der Nacht auf den 08.10.2002 bei Rückenwind der Stärke 4 Bft starken Vogelzug fest. Am 14./15.10.2001 ermittelten wir jedoch hohe Zugintensitäten (14,1 Echos/Bild) bei Gegen- bis Seitenwind der Stärke 3 Bft. Einige Phänomene des Wettereinflusses auf die Zugintensität lassen sich anhand der Auswertung unserer Wetterdaten nachvollziehen. Eine zuverlässige Prognose über den Zeitpunkt starker Zugintensität im Untersuchungsgebiet, die es ermöglichen würde, bestimmte Maßnahmen z.B. zur Verminderung der Anziehungswirkung der Windenergieanlagenbeleuchtung auf Vögel gezielt einzusetzen, ist aufgrund der Komplexität anhand von Wetterfaktoren nach bisherigem Kenntnisstand nicht möglich.

## 8.2 Flughöhe

Mit den von uns eingesetzten Radargeräten konnten wir fliegende Vögel bis in eine Höhe von maximal 3.339 m feststellen. Aus den in Kapitel 3.1.2 und Kapitel 7 aufgeführten Gründen beschränken sich die mit Radar ermittelten Höhenangaben in unserem Bericht jedoch auf einen Bereich von 50 m bis 1.450 m Höhe. Es ist aber davon auszugehen, dass auch in größeren Höhen Vogelzug stattfindet (z.B. ALERSTAM 1979b), so dass unsere Ergebnisse nur einen Ausschnitt aus der Zughöhenverteilung zeigen können. Innerhalb dieses Bereichs wurden in allen Höhenschichten regelmäßig Vögel/Vogeltrupps abgebildet.

Tagsüber (Median: 300 m) stellten wir insgesamt geringere Flughöhen fest als in der Nacht (Median: 500 m). Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (z.B. EASTWOOD & RIDER 1965, JELLMANN 1979, BRUDERER 1997, BRUDERER & LIECHTI 1998, BERTHOLD 2000, ZEHNDER et al. 2001, KNUST ET AL. 2003). KNUST ET AL. (2003) vermuten, dass dieser Tag-Nacht-Unterschied primär auf das unterschiedliche Spektrum der am Tag- bzw. am Nachtzug beteiligten Arten zurückzuführen ist. Einen Überblick über typische Tag- und Nachtzieher in Mitteleuropa gibt GATTER (2000): Tagsüber ziehen vor allen Dingen Kurz- und Mittelstreckenzieher (z.B. Lerchen, Finken, Ammern, Pieper, Stelzen), von denen viele Arten außerhalb der Brutzeit Körner- und Beerenfresser sind. Aber auch Langstreckenzieher wie Schwalben, Baum-, Brach-, Rotkehlpieper und Schafstelzen sowie Großvögel (Störche und Greifvögel) ziehen am Tage. Klare Tag- und Nachtzieher sind Gänse- und Entenvögel. Primär nachts ziehen Grasmücken, Rohrsänger, die meisten Laubsänger und andere überwiegend insektenfressende Langstreckenzieher.

Auch die in unserem Gebiet gemessenen Unterschiede z.B. in der Höhenverteilung zwischen Tag und Nacht können auf die Präferenz verschiedener Arten oder Artengruppen

für bestimmte Flughöhen zurückzuführen ist, da sich das Artenspektrum der Tag- und Nachtuntersuchungen deutlich voneinander unterscheiden. Da die eingesetzten Methoden allerdings nur einen Ausschnitt aus dem jeweiligen Artenspektrum liefern und die von uns eingesetzten Radargeräte keine Artidentifikation der abgebildeten Vögel erlauben, sind die vorliegenden Ergebnisse nur Hinweise darauf, dass das Artenspektrum die unterschiedlichen Höhenverteilungen am Tag und in der Nacht erklären. Inwieweit auch anderen Faktoren Einfluss auf die Höhenverteilung haben, kann anhand unserer Daten nicht beurteilt werden. Insgesamt sind die Kenntnisse über Flughöhen im Offshore-Bereich noch lückenhaft (KNUST ET AL. 2003). Und auch über bevorzugte Flughöhen verschiedener Arten über Meer, die nicht nur Art-abhängig sondern auch von äußeren Faktoren wie Wetter abhängig sein können, ist bisher wenig bekannt. Dies macht die Beurteilung, welche Arten sich in welchen Anteilen im Einflussbereich der Windenergieanlagen und damit im potentiellen Gefahrenbereich aufhalten, schwierig. Im Folgenden werden daher nur die bevorzugten Flughöhen der häufigsten in unserem Gebiet festgestellten Artengruppen nach eigenen Sichtbeobachtungen und Literaturdaten vorgestellt.

In unserem Gebiet sahen wir tagsüber v.a. **Möwen** (46 % aller Sichtungen), die überwiegend (72 % der Möwen) zwischen 5 m und 50 m Höhe flogen. Auch der Großteil der **Seeschwalb**sichtungen (69 %) entfiel auf diesen Bereich, der auch nach Beobachtungen von KNUST ET AL. (2003) für beide Artengruppen als bevorzugt angegeben wird. Zumindest im Fall unserer Möwensichtungen ist zu beachten, dass es sich bei mindestens einem Viertel der Sichtungen um Flugbewegungen von mit dem eigenen Schiff assoziierten Vögeln handelte, die sich natürlicherweise vermutlich nicht in diesen Mengen im Gebiet aufgehalten hätten. **Gänse und Limikolen** flogen nach unseren Untersuchungen überwiegend über 50 m hoch. Eine Radarstudie an der ostfriesischen Küste ergab für Limikolen und Drosseln mittlere Flughöhen von 910 m im April (Heimzug) und 430 m im August (JELLMANN 1989). Die Untersuchungen von JELLMANN (1989) wurden jedoch mit Radargeräten durchgeführt, die unter 300 m Flughöhe kaum Vögel erfassen konnten. COOPER et al. (1991) stellten bei Radarmessungen in Alaska eine mittlere Flughöhe bei Limikolen von 310 m fest. BERGMANN (1977) gibt unter Verwendung eines Radargeräts für Gänse Flughöhen von unter 200 m über Wasser an. KNUST ET AL. (2003) stellen nach Sichtbeobachtungen für diese Artengruppen sogar überwiegend Flughöhen von nur 5 -50 m fest. **Meeresenten** sahen wir ebenso wie Alke und Eisturmvögel überwiegend flach über der Wasseroberfläche fliegend. Planzugbeobachtungen von KNUST ET AL. (2003) stimmen mit unseren Ergebnissen überein. Radaruntersuchungen von BERGMANN (1977) ergeben für Meeresenten Flughöhen von unter 200 m. Auch bei **Seetauchern** überwog insgesamt der Anteil flach (< 5 m) fliegender Vögel (69 %). Jedoch sahen wir sie im Herbst größtenteils (75 %) zwischen 5 m und 50 m, im Frühjahr (38 %) unterhalb von 5 m. Genau entgegengesetzte Ergebnisse ergaben die Untersuchungen von KNUST ET AL. (2003). Während im Frühjahr etwa 15 % der in dieser Zugperiode gesichteten Seetaucher unterhalb von 5 m flogen, waren es im Herbst knapp 40 %. **Singvögel** sahen wir tagsüber nur in relativ geringer Zahl (3 % aller Sichtungen). 98 % der Singvögel sahen wir unterhalb von 50 m. Die geringe Sichtbarkeit dieser Artengruppe in größeren Höhen dürfte dabei für den sehr geringen Anteil oberhalb von 50 m gesichteter Vögel verantwortlich sein. Allerdings stellten auch BRUDERER & LIECHTI (1998)

bei einem Artenspektrum, das zu über 90 % Singvögel beinhaltet, tagsüber eine relativ geringe mittlere Flughöhe von 175 m und nachts von 450 m fest. Ihre Untersuchung ermöglichte mit Hilfe eines Zielfolgeradars und eines sorgfältig gewählten Standorts bei Stuttgart, auch die Zugintensität in den unteren Luftschichten hinreichend zu erfassen. Die Flughöhen nahmen dabei im Verlauf der Nacht kontinuierlich ab. Zu Beginn der Nacht wurden weniger als 10 % der Flugbewegungen bis 200 m Höhe verzeichnet, am Ende der Nacht waren es dagegen fast 50 %. Ähnliche tageszeitliche Verteilungen der Flughöhe stellten auch KNUST ET AL. (2003) fest. An einem Küstenstandort in Südschweden wurden mit Hilfe von Radaruntersuchungen 30-45 % des nächtlichen Singvogelzuges in Höhen bis 300 m festgestellt (ZEHNDER et al. 2001).

Neben tageszeitlichen Unterschieden in der Zughöhe weisen verschiedene Studien auch auf saisonale Unterschiede in der Zughöhenverteilung hin. Im Bereich der Nordsee stellten verschiedene Autoren im Frühjahr größere Flughöhen fest als im Herbst (EASTWOOD & RIDER 1965, JELLMANN 1989, KNUST ET AL. 2003). Eine Übersicht über mögliche Ursachen geben KNUST ET AL. (2003). Im Rahmen unserer Untersuchungen konnten wir diese saisonalen Unterschiede jedoch nicht feststellen. Nach dem ersten Untersuchungsjahr ergab sich sogar ein entgegengesetzter Trend mit größeren Zughöhen im Herbst. Fasst man die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsjahren zusammen, sind keine deutlichen Unterschiede in der Zughöhenverteilung von Frühjahr (Median: 500 m) und Herbst (Median: 550 m) zu erkennen.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass man nicht generell von größeren Zughöhen während des Frühjahrszuges ausgehen kann. Vielmehr scheinen solche die Flughöhenverteilung beeinflussenden Rahmenbedingungen von Jahr zu Jahr sehr variabel zu sein. So lag der Median bei der Flughöhenverteilung im Herbst 2001 mit 800 m deutlich höher als im Herbst 2002 (500 m). Diese Unterschiede kommen dadurch zustande, dass die Höhenverteilungen während einer Zugperiode von nur wenigen starken Zugnächten maßgeblich beeinflusst werden. Ob Nächte mit großen Zughöhen überwiegen oder nicht, scheint von Jahr zu Jahr verschieden und entscheidend vom Wetter beeinflusst zu sein.

### **8.2.1 Einfluss des Wetters auf die Zughöhe**

Die Ergebnisse unserer und anderer Studien zeigen, dass Regen zu einer Verminderung der mittleren Flughöhe führt (z.B. GRUBER et al. 2002, KNUST ET AL. 2003). Auch Wind scheint eine entscheidende Rolle zu spielen. BRUDERER et al. (1995) zeigten, dass Vögel die Flughöhe aufsuchen, welche die beste Windunterstützung bietet. Dadurch kann die Fluggeschwindigkeit verdoppelt und der Energieverbrauch halbiert werden (BRUDERER & LIECHTI 1998). Da die Windstärke in der Regel mit zunehmender Höhe steigt, suchen Vögel bei Gegenwind vornehmlich niedrige Luftschichten auf (ALERSTAM 1990). Auch KNUST ET AL. (2003) konnten nachweisen, dass sich bei Gegenwind mehr Vögel in den unteren 100 m aufhalten als bei Rückenwind. Anhand unserer Ergebnisse von starken Zugtagen lässt sich dieser Zusammenhang zwischen Windrichtung und Flughöhe nur begrenzt nachvollziehen. Zwar gab es Nächte mit verhältnismäßig niedrigen mittleren Flughöhen (24./25.04.2003:

Median: 300 m) bei Gegenwind. Es gab aber auch eine starke Zugnacht mit Gegen- bis Seitenwind, in der die Vögel überdurchschnittlich hoch flogen (14./15.10.2001). Sehr hohe mittlere Flughöhen wurden bei schwachen Seit- bis Rückenwinden festgestellt (20./21.04.2002). In der Nacht auf den 08.10.2002 waren die Flughöhen trotz Rückenwind verhältnismäßig niedrig.

Zusammenfassend lässt sich das Zuggeschehen im Untersuchungsgebiet als für die Deutsche Bucht typisch charakterisieren. Gegenüber dem ersten Untersuchungsjahr (GRUBER et al. 2002) ergeben sich somit aus den Ergebnissen des zweiten Untersuchungsjahres keine Änderungen hinsichtlich der Einschätzung der Bedeutung des Gebietes für den Vogelzug.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG

Als Teil der ökologischen Begleituntersuchungen zum geplanten Offshore-Bürger-Windpark Butendiek, etwa 35 km westlich der Nordseeinsel Sylt, hat *BioConsult SH* im Auftrag der *Butendiek GmbH & Co. KG* den Vogelzug in diesem Bereich der Nordsee untersucht. In dem hier vorgelegten Endbericht werden die Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsjahr vorgestellt. Diese Ergebnisse werden mit denen des Vorjahres sowie mit Ergebnissen aktueller Studien zum Vogelzug über der Nordsee verglichen.

Zur Charakterisierung des Vogelzuges wurden drei Methoden angewendet: Radaruntersuchungen, Planzugbeobachtungen und das nächtliche Verhören von Zugrufen. Tagsüber ermittelten wir mit den Radargeräten generell eine deutlich geringere Flugaktivität zwischen 50 m und 1.450 m Höhe als in der Nacht. Die Maximalwerte am Tag lagen bei 5 Echos/Bild, nachts bei 24 Echos/Bild.

Häufigste am Tag beobachtete Arten waren ähnlich wie bei Helgoland Möwen, Seeschwalben und Entenvögel. Vor allem bei Limikolen und Gänsen entfielen größere Anteile der Sichtungen auf den Höhenbereich oberhalb von 50 m über der Meeresoberfläche. Von den fünf Arten, die nach DIERSCHKE (2003) mit erheblichen Anteilen (mehr als 10 %) ihrer biogeographischen Population das Gebiet um Helgoland passieren, hatten Zwergmöwe, Sterntaucher, Graugans und Ringelgans im zweiten Untersuchungsjahr einen relativ hohen Anteil der Sichtungen im Untersuchungsgebiet. Kurzschnabelgänse sahen wir im Gegensatz zum ersten Untersuchungsjahr und den Beobachtungen von Helgoland nicht.

Das jahreszeitliche Auftreten der verschiedenen tagsüber gesichteten Arten deckt sich mit den bekannten artspezifischen Phänologien der Nordsee. Auch der Nachtzug weist eine typische zweigipfelige Phänologie mit Zugmaxima im April und Oktober auf. Wie andere Studien belegen (z.B. KNUST ET AL. 2003), zeichneten sich auch im Rahmen unserer Untersuchungen nur wenige Nächte mit vergleichsweise starkem Vogelzug ab.

Die Zughöhe kann in diesen starken Zugnächten sehr variabel sein. Saisonale Unterschiede in der Zughöhe konnten wir im Vergleich zu anderen Studien und dem ersten Untersuchungsjahr jedoch nicht feststellen. Im Durchschnitt flogen 23 % der mit Radar (Reichweite: 50-1.450 m) erfassten Vögel/Vogeltrupps zwischen 50 m und 250 m. Darüber hinaus zeigte sich wie auch in anderen Studien beschrieben ein tageszeitlicher Unterschied in der mittleren Flughöhe. Tagsüber waren die mittleren Flughöhen (Median: 300 m) insgesamt geringer als in der Nacht (Median: 500 m).

Gegenüber dem ersten Untersuchungsjahr (GRUBER et al. 2002) haben sich aus den Ergebnissen des zweiten Untersuchungsjahres keine Änderungen hinsichtlich der Einschätzung der Bedeutung des Gebietes für den Vogelzug ergeben.

## 10 FAZIT

Die Ergebnisse aus zwei Untersuchungsjahren haben gezeigt, dass die angewendeten Methoden sehr gut geeignet sind, um den Vogelzug in einem Gebiet zu charakterisieren und die Intensität des Vogelzuges und die Flughöhenverteilung im Untersuchungsgebiet an verschiedenen Tagen bzw. Nächten qualitativ zu vergleichen.

Die Methoden sind jedoch nicht geeignet, um quantitative Angaben über die Gesamtheit des im Gebiet stattfindenden Vogelzuges und die Gesamtheit der daran beteiligten Arten zu machen. Aufgrund mangelnder Eichung der im Rahmen ornithologischer Untersuchungen nordseewert eingesetzten Radargeräte und der begrenzten Menge veröffentlichter Vergleichsdaten konnte die Anzahl ziehender Vögel bzw. Vogeltrupps nicht in Relation zu anderen Gebieten gesetzt werden. Auch durch weitere Radaruntersuchungen in der jetzigen Form wird dies vermutlich nicht möglich sein. Da der Großteil der Zugvögel die Deutsche Bucht in nur wenigen Nächten konzentriert überfliegt, ist für die Beurteilung der Bedeutung einzelner Gebiete ein wirklicher Wissenszuwachs vermutlich nur dann möglich, wenn die Erfassungen an mehreren Standorten parallel stattfinden.

Die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsjahren stellen ferner keine geeignete Grundlage dar, um den Status des Vogelzuggeschehens im Gebiet vor Bau des Windparks mit dem Status während der Bau- und Betriebsphase zu vergleichen. Aufgrund der hohen Variabilität der Zugintensität und Zughöhe in einzelnen Nächten können mögliche Vorher-Nachher-Unterschiede voraussichtlich kaum als solche erkannt und abgesichert werden. Während der Bau- und Betriebsphase sollte daher ein Schwerpunkt auf der Erfassung direkter Reaktionen ziehender Vögel auf den Windpark liegen. Da das Horizontalradar schon bei geringem Wellengang keine auswertbaren Bilder liefert, sollte dafür vor allem ein Vertikalradar eingesetzt werden.

Allgemeingültige Theorien über den Einfluss des Wetters auf Zugintensität und Zughöhe konnten anhand unserer Daten nur teilweise nachvollzogen werden. Zuverlässige Vorhersagen, wann mit starken Zugnächten zu rechnen ist und wie hoch die Vögel bei bestimmten Wetterbedingungen fliegen, sind aufgrund der Komplexität der zusammenwirkenden Parameter nach bisherigem Kenntnisstand nicht möglich.

# 11 ANHANG

Tab. 1: Korrekturfaktoren für das im Rahmen unserer Untersuchungen eingesetzte Vertikalradar.

Höheband \ x-Achse	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1300-1400	1400-1500
50-150 m	<b>7,0</b>	<b>3,7</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2,5</b>	<b>3,2</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>
150-250 m	<b>3,0</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>2,6</b>	<b>3,2</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>4,1</b>
250-350 m	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>2,2</b>	<b>2,8</b>	<b>3,3</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>
350-450 m	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	
450-550 m	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>	<b>3,2</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>	
550-650 m	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>2,0</b>	<b>2,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,4</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	
650-750 m	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>	<b>2,0</b>	<b>2,4</b>	<b>2,9</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>		
750-850 m	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>		
850-950 m	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,3</b>	<b>2,6</b>	<b>2,9</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>			
950-1050 m	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>3,1</b>	<b>3,4</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,0</b>				
1050-1150 m	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>4,0</b>					
1150-1250 m	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>3,5</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>						
1250-1350 m	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>4,0</b>								
1350-1450 m	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>										

Tab. 2: Häufigkeitsverteilung der im Rahmen der Planzugbeobachtung je Zugperiode gesichteten Arten.

Artengruppe	Wegzug 2002		Heimzug 2003		Wegzug 2003	
	n	%	n	%	n	%
Seetaucher	91	0,9	404	4,9	1	0,0
Lappentaucher	1	0,0	1	0,0	0	0,0
Röhrennasen	36	0,4	93	1,1	33	0,6
Basstölpel	77	0,8	220	2,7	73	1,4
Kormorane	49	0,5	16	0,2	18	0,3
Reiher	4	0,0	0	0,0	5	0,1
Schwäne	53	0,6	0	0,0	0	0,0
Gänse	1.975	20,5	1	0,0	0	0,0
Schwimmenten	1	0,0	67	0,8	0	0,0
Meeresenten	507	5,3	166	2,0	80	1,5
Enten Rest	32	0,3	59	0,7	10	0,2
Säger	2	0,0	0	0,0	0	0,0
Greifvögel	4	0,0	5	0,1	0	0,0
Limikolen	77	0,8	769	9,4	33	0,6
Raubmöwen	53	0,6	19	0,2	32	0,6
Möwen	2.905	30,2	5.014	61,1	3.761	71,1
Seeschwalbe	3.277	34,0	1.005	12,3	1.208	22,8
Alke	161	1,7	17	0,2	10	0,2
Tauben	1	0,0	0	0,0	0	0,0
Segler	4	0,0	0	0,0	7	0,1
Lerchen	10	0,1	7	0,1	0	0,0
Schwalben	1	0,0	30	0,4	0	0,0
Pieper & Stelzen	191	2,0	209	2,5	12	0,2
Drosseln	68	0,7	14	0,2	6	0,1
Rabenvögel	0	0,0	3	0,0	0	0,0
Star	22	0,2	26	0,3	0	0,0
Finken	10	0,1	30	0,4	1	0,0
Ammern	7	0,1	0	0,0	0	0,0
Singvögel Rest	11	0,1	27	0,3	1	0,0
<b>Summe</b>	<b>9.630</b>	<b>100,0</b>	<b>8.202</b>	<b>100,0</b>	<b>5.291</b>	<b>100,0</b>



## 12 LITERATURVERZEICHNIS

- ALERSTAM, T. 1976. Nocturnal migration of thrushes (*Turdus* spp.) in southern Sweden. *Oikos* 27: 457-475.
- ALERSTAM, T. 1979a. Wind as a selective agent in bird migration. *Ornis Scand.* 10: S. 76-93.
- ALERSTAM, T. 1979b. Optimal use of wind by migrating birds: Combined drift and overcompensation. *J. theor. Biol.* 79: 341-353.
- ALERSTAM, T. 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge, 420 S.
- BERNDT, R. K. & G. BUSCHE (1991): Vogelwelt Schleswig-Holsteins, Band 3: Entenvögel I, Karl Wachholtz Verlag Neumünster, 210 S.
- BERTHOLD, P. 2000. Vogelzug - Eine aktuelle Übersicht. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.
- BERGMANN, G. 1977. Finnish radar investigations on migration of waterfowl between the Baltic and the White Sea. XXIV Congresso per l'Electronica, Rom.
- BRUDERER, B. 1971. Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland. Ein Beitrag zum Problem der Witterungsabhängigkeit des Vogelzugs. *Ornithol. Beob.* 68: S. 89-158.
- BRUDERER, B. 1997. The study of bird migration by radar. Part 2: Major achievements. *Naturwissenschaften* 84: S. 45-54.
- BRUDERER, B., L. UNDERHILL, F. LIECHTI. 1995. Altitude choice of night migrants in a desert area predicted by meteorological factors. *Ibis* 137: S. 44-55.
- BRUDERER, B., F. LIECHTI. 1998. Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst in Südwestdeutschland. *Ornithologischer Beobachter* 95: 113-128.
- BSH-Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. 2003. Standarduntersuchungskonzept (StUK) für die Untersuchung und Überwachung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt. 1. Fortschreibung, Stand 25. Februar 2003.
- Buckland, S.T, D.R. Anderson, K.P. Burnham & J.L. Laake. 1993. Distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London.
- CAMPHUYSEN, C.J., J. VAN DIJK. 1983. Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust, 1974-79. *Limosa* 56: S. 83-230.
- CAMPHUYSEN, C.J. 2000. Häufigkeit und räumliche Verteilung der Vögel und Meeressäuger nach Planbeobachtungen im Bereich der Nordseeinseln Sylt (Deutschland) und Römö/Dänemark. Unveröffentl. Vorstudie im Auftrag von Offshore-Bürger-Windpark Butendiek, 39 S.
- COOPER, B.A., R.H. DAY, R.J. RITCHIE & C.L. CRANOR 1991. An improved marine radar system for studies of bird migration. *J. Field Ornithol.* 62: 367-377.
- DIERSCHKE, V. 1989. Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987. *Die Vogelwarte* 35: S. 115-131.
- DIERSCHKE, V. 2001. Vogelzug und Hochseevögel in den Außenbereichen der Deutschen Bucht (südöstliche Nordsee) in den Monaten Mai bis August. *Corax* 18: S. 281-290.
- DIERSCHKE, J., V. DIERSCHKE, F. JACHMANN, F. STÜHMER. 2001. Ornithologischer Jahresbericht 2000 für Helgoland. *Ornithol. Jber. Helgoland* 11: S. 1-70.

- DIERSCHKE, V. 2002. Durchzug von Sterntaucher *Gavia stellata* und Prachtauchern *G. arctica* in der Deutschen Bucht bei Helgoland.
- DIERSCHKE, V. 2003. Quantitative Erfassung des Vogelzugs während der Hellphase bei Helgoland. Corax 19, Sonderheft 2: S. 27-34.
- DIEDERICHS, A., S. GRUBER, T. GRÜNKORN & G. NEHLS. 2002. Fachgutachten Rastvögel im Rahmen der UVS und Verträglichkeitsprüfung für potenzielle NATURA-2000-Gebiete für den Offshorebürgerwindpark Butendiek westlich Sylt. – Unveröff. Gutachten im Auftrag der OSB –Offshore-Bürger-Windpark- Butendiek GmbH & Co KG.
- EASTWOOD, E. & G. RIDER 1965. Some radar measurements of the altitude of bird flight. British Birds 58: 393-426.
- Garthe, S. 1993. Durchzug und Wintervorkommen der Zwergmöwe (*Larus minutus*) bei Helgoland in den Jahren 1977 bis 1991. Vogelwarte 37:118-129.
- GATTER, W. 2000. Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. 30 Jahre Beobachtung des Tagzugs am Randecker Maar. Wiebelsheim: 656 S.
- GÄTKE, H. 1891. Die Vogelwarte Helgoland. R. Blasius, Braunschweig: 654 S.
- Gruber, S., J. Dierschke, A. Diederichs, T. Grünkorn & G. Nehls, 2002. Fachgutachten Zugvögel im Rahmen der UVS und Verträglichkeitsprüfung für potenzielle NATURA-2000-Gebiete für den Offshorebürgerwindpark Butendiek westlich Sylt. – Unveröff. Gutachten im Auftrag der OSB –Offshore-Bürger-Windpark- Butendiek GmbH & Co KG.
- HILGERLOH, G. 1981. Die Wetterabhängigkeit von Zugintensität, Zughöhe und Richtungsstreuung bei tagziehenden Vögeln im Schweizerischen Mittelland. Ornith. Beob.: S. 245-263.
- JELLMANN, J. 1979. Radarbeobachtungen zum Heimzug von Wildgänsen (*Anser*, *Branta*) im Raum der Deutschen Bucht. Abh. Geb. Vogelk. 6: S. 269-288.
- JELLMANN, J. 1989. Radarmessungen zur Höhe des nächtlichen Vogelzuges über Nordwestdeutschland im Frühjahr und im Hochsommer. Vogelwarte 35: 59-63.
- Knust R., P. Dahlhoff, J. Gabriel, J. Heuers, O. Hüppop & H. Wendeln. 2003. Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore-Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee - Offshore WEA -. 603 S. i. A. des BMU, Bremerhaven.
- KRÜGER, T., S. GARTHE. 2002. Flight altitude of coastal birds in relation to wind direction and speed. Atlantic Seabirds 3:S. 203-216.
- Liechti, F. & B. Bruderer. 1998. The relevance of wind for optimal migration theory. J. Avian Biol. 29: 561-568.
- Ouden, J.E. den & L. Stougie. 1990. Voorjaarstrek van Dwergmeeuwen *Larus minutus* langs de Noordzeekust. Sula 4: 90-98.
- PLATTEEUW, M., N.F. VAN DER HAM, J.E. DEN OUDEN. 1994. Zeetrektingen in Nederland in de jaren tachtig. Sula 8: S. 1-203.
- SKOV, H., J. DURINCK, M. F. LEOPOLD & M. TASKER. 1995. Important Bird Areas for Seabirds in the North Sea. BirdLife International. Cambridge.
- ZEHNDER, S., S. KESSON, F. LIECHTI & B. BRUDERER 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. Journal of Avian Biology 32: 239-248.