

Cluster ‚Nördlich Borkum‘ Abschlussbericht StUK-Monitoring mit Ergebnisdarstellung des Jahres 2019

FACHGUTACHTEN Schutzgut Zugvögel

Ralf Aumüller
Dr. Christiane Weiner
Dr. Maren Rebke
Dr. Markus Molis
Reinhold Hill
Katrin Hill

Version 1.0
Osterholz-Scharmbeck, September 2020

Im Auftrag der Umweltuntersuchung Nördlich Borkum GmbH (UMBO)

Avitec Research GbR
Katrin und Reinhold Hill
Sachsenring 11
D-27711 Osterholz-Scharmbeck
Tel.: 04795/ 957 15 30
Fax: 04795/ 957 44 44
mail@avitec-research.de

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	V
TABELLENVERZEICHNIS.....	X
1 ZUSAMMENFASSUNG.....	13
2 EINLEITUNG.....	20
2.1 Zielsetzung und Fragestellung.....	25
3 MATERIAL & METHODEN	27
3.1 Allgemeines	27
3.1.1 Erfassungszeiten und -aufwand.....	27
3.1.2 Definitionen	29
3.1.3 Datenverarbeitung & -darstellung.....	29
3.2 Vertikalradarerfassung.....	32
3.3 Horizontalradarerfassung.....	42
3.4 Automatische Ruferfassung	49
3.5 Zugplanbeobachtungen	54
3.6 Methodische Unterschiede zur Basisaufnahme der Jahre 2001-2003 und Folgezeiträumen	62
4 ERGEBNISSE	65
4.1 Vertikalradarerfassung Frühjahr 2019	65
4.2 Horizontalradarerfassung 2019.....	70
4.2.1 Zugrichtungen Frühjahr	70
4.2.2 Zugrichtungen Herbst	73
4.3 Automatische Ruferfassung 2019	77
4.3.1 Frühjahr.....	77
4.3.1.1 Artenspektrum.....	77
4.3.1.2 Rufintensitäten	78
4.3.2 Herbst.....	79
4.3.2.1 Artenspektrum.....	79
4.3.2.2 Rufintensitäten	80
4.4 Zugplanbeobachtungen 2019.....	81
4.4.1 Frühjahr.....	81
4.4.1.1 Artenspektrum.....	81
4.4.1.2 Zugintensitäten.....	83
4.4.1.3 Zughöhen.....	85

4.4.2	Herbst.....	85
4.4.2.1	Artenspektrum.....	85
4.4.2.2	Zugintensitäten.....	87
4.4.2.3	Zughöhen.....	89
4.5	Zusammenfassende Artenliste am Standort FINO 1 registrierter Arten für 2019	90
5	KUMULIERTE VOGELZUGDARSTELLUNG DER JAHRE 2013-2019	95
5.1	Vogelzugintensität.....	95
5.1.1	Vertikalradarerfassung.....	95
5.1.1.1	Phänologie.....	95
5.1.1.2	Tageszeit.....	97
5.1.2	Automatische Ruferfassung	99
5.1.2.1	Phänologie.....	99
5.1.2.2	Tageszeit.....	100
5.1.3	Zugplanbeobachtung	102
5.1.3.1	Phänologie.....	102
5.1.3.2	Tageszeit.....	110
5.2	Zughöhen.....	112
5.2.1	Vertikalradar	112
5.2.2	Zugplanbeobachtungen	114
5.3	Zugrichtungen	115
5.4	Artenspektrum	116
5.4.1	Ruferfassung	116
5.4.2	Zugplanbeobachtung	118
6	EFFEKTMONITORING.....	121
6.1	Nächtlicher Wegzug (Vertikalradar).....	121
6.2	Nächtlicher Heimzug	124
6.4	Heimzug unter Tageslicht.....	129
6.5	Nächtlicher Wegzug (Ruferfassung).....	131
6.6	Vogelverhalten	135
6.6.1	Raumnutzung von Tagziehern im Zeitraum 2011-2019	135
6.6.2	Nächtliche Flugrichtungen im Windparkumfeld (Horizontalradarerfassung)	155
7	DISKUSSION	157
7.1	Nächtliche Vogelzugintensitäten	157
7.2	Vogelzug tagsüber	161
7.3	Vogelzug allgemein	167

8	LITERATUR	169
	ANHANG I – ERGÄNZENDE DATEN ZUM JAHR 2019.....	177
	ANHANG II – OFFSHORE-WINDPARKS IM CLUSTER ‚NÖRDLICH BORKUM‘	207
	ANHANG III – ERGÄNZUNGEN ZUR HÖHENDIFFERENZIIERTEN AUSWERTUNG	228

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des OWP-Clusters ‚Nördlich Borkum‘, der Windparkplanungsgebiete und Schutzgebiete in der deutschen AWZ (Stand: 2019) sowie der Plattform FINO 1 (schwarzes Kreuz).....	20
Abbildung 2: Übersicht über die sich im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ befindenden OWPs und Vorhaben mit Angabe des Status (Stand: 2019) sowie der Position der Plattform FINO 1 (schwarzes Kreuz):	23
Abbildung 3: Status der OWPs und Vorhaben des Clusters ‚Nördlich Borkum‘ im Untersuchungsjahr 2019.....	25
Abbildung 4: Methodenspezifische Übersicht zu Erfassungszeiträumen im Frühjahr 2019	28
Abbildung 5: Methodenspezifische Übersicht zu Erfassungszeiträumen im Herbst 2019	29
Abbildung 6: Position des vertikal rotierenden Radargerätes auf FINO 1.....	32
Abbildung 7: Schema des per Vertikalradar-erfassten Luftraums.....	34
Abbildung 8: Rangordnung von 7.905 nächtlichen Intensitätsmessungen auf Stundenbasis während der Wegzugperioden 2004-2012	37
Abbildung 9: Durchschnittliche (durchgezogene Linie), modellierte nächtliche Vogelzugintensität im Frühjahr zwischen 300 und 400 m über dem Meeresspiegel	41
Abbildung 10: Horizontalradar auf FINO 1.....	43
Abbildung 11: Modell des Aufbaus der Datenauswertung mit radR	44
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Datenanalyse mit radR – Teil 1.....	45
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Datenanalyse mit radR – Teil 2.....	46
Abbildung 14: Mikrofon mit Windschutzfell auf FINO 1.....	49
Abbildung 15: Übersicht zu räumlicher Lage und Orientierung der Blickrichtungssektoren um FINO 1.....	56
Abbildung 16: Sichtbeobachter während der Zugplanbeobachtungen auf FINO 1.....	57
Abbildung 17: Vogelzugintensität im Frühjahr 2019 in tagesscharfer Auflösung (Vertikalradarerfassung; Echos/h*km)	66
Abbildung 18: Vogelzugintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung (Vertikalradarerfassung)	68

Abbildung 19: Tageszeitliche Verteilung von Zugvögeln im Frühjahr 2019 (Vertikalradarerfassung)	69
Abbildung 20: Höhenschichtung von Vogelzug im Frühjahr 2019.....	70
Abbildung 21: Vogelzugintensität und -gerichtetheit sowie Wind im Frühjahr 2019	72
Abbildung 22: Richtungsverteilung aufgezeichneter Vogeltracks im Frühjahr 2019 während der Dunkelphase am Standort FINO 1.....	73
Abbildung 23: Richtungsverteilung aufgezeichneter Vogeltracks im Frühjahr 2019 während der Hellphase am Standort FINO 1.....	73
Abbildung 24: Vogelzugintensität und -gerichtetheit sowie Wind im Herbst 2019	75
Abbildung 25: Richtungsverteilung aufgezeichneter Vogeltracks während der Dunkelphase (oben) und der Hellphase (unten) im Herbst 2019 am Standort FINO 1.....	76
Abbildung 26: Relative Häufigkeit über Rufe registrierter Arten am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 37) im Frühjahr 2019.....	77
Abbildung 27: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in tagesscharfer Auflösung	78
Abbildung 28: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung.....	78
Abbildung 29: Relative Häufigkeit verschiedener Arten(gruppen) am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 1.004) im Herbst 2019.....	79
Abbildung 30: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in tagesscharfer Auflösung	80
Abbildung 31: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in stundenscharfer Auflösung.....	81
Abbildung 32: Relative Häufigkeit im Frühjahr 2019 während Zugplanbeobachtungen am Standort FINO 1 registrierter Arten(gruppen).	83
Abbildung 33: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Frühjahr 2019	84
Abbildung 34: Zugintensität im Frühjahr 2019 gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf.....	84
Abbildung 35: Höhenschichtung von Vogelzug im Frühjahr 2019.....	85
Abbildung 36: Relative Häufigkeit im Herbst 2019 während Zugplanbeobachtungen am Standort FINO 1 registrierter Arten(-gruppen).	87
Abbildung 37: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Herbst 2019	88
Abbildung 38: Zugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf im Herbst 2019	88

Abbildung 39: Höhenschichtung von Vogelzug im Herbst 2019.....	89
Abbildung 40: Kumulierte Zugintensität der Heimzugperioden 2013-2019.....	96
Abbildung 41: Kumulierte Zugintensität der Wegzugperioden 2013-2018.....	97
Abbildung 42: Tageszeitliche Verteilung mit Vertikalradar erfasster Zugvögel während der Jahre 2013-2019	98
Abbildung 43: Pentadenmittel vogelpositiver Audiodateien während der Jahre 2013-2019	100
Abbildung 44: Vogelrufintensität während der Jahre 2013-2019 am Standort FINO 1 in stundenscharfer Auflösung.	101
Abbildung 45: Tageszeitliche Verteilung von Zugvogelrufen während der Jahre 2013-2019	102
Abbildung 46: Halbmonatliche Vogelzugstärke nach Zugplanbeobachtungen 2013-2019.....	103
Abbildung 47: Halbmonatliche Zugstärke von Zugvogelarten nach Zugplanbeobachtungen 2013-2019 am Standort FINO 1.....	105
Abbildung 48: Tageszeitliche Verteilung beobachteter Zugvögel während der Jahre 2013-2019	110
Abbildung 49: Höhenschichtung von Vogelzug im Frühjahr	113
Abbildung 50: Höhenschichtung von Vogelzug im Herbst.....	113
Abbildung 51: Höhenschichtung von Vogelzug im Frühjahr	114
Abbildung 52: Höhenschichtung von Vogelzug im Herbst.....	115
Abbildung 53: Richtungsverteilung von Vogeltracks im Frühjahr (links) und im Herbst (rechts) der Jahre 2014-2019 am Standort FINO 1.	116
Abbildung 54: Relative Häufigkeit registrierter Arten(gruppen) am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 542) aus den Heimzugperioden 2013-2019.....	117
Abbildung 55: Relative Häufigkeit registrierter Arten(gruppen) am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 11.261) aus den Wegzugperioden 2013-2019.....	118
Abbildung 56: Relative Häufigkeit von Zugvogelarten(gruppen) während des Heimzugs der Jahre 2013-2019	119
Abbildung 57: Relative Häufigkeit von Zugvogelarten(gruppen) während des Wegzugs der Jahre 2013-2019	120
Abbildung 58: Anteile echopositiver Wegzugstunden im Jahresgang je Nacht	122

Abbildung 59: Nächtliche Vogelzug-Intensitäten (Echos/h*km) in echopositiven Wegzugstunden verschiedener Zeiträume:	122
Abbildung 60: Anteile echopositiver Heimzugstunden im Jahresgang je Nacht	125
Abbildung 61: Nächtliche Vogelzug-Intensitäten (Echos/h*km) in echopositiven Heimzugstunden verschiedener Zeiträume:.....	126
Abbildung 62: Anteile echopositiver Wegzugstunden im Jahresgang je Tag	128
Abbildung 63: Vogelzug-Intensitäten (Echos/h*km) in echopositiven Wegzugstunden unter Tageslicht verschiedener Zeiträume:.....	128
Abbildung 64: Anteile echopositiver Heimzugstunden im Jahresgang je Tag	130
Abbildung 65: Vogelzug-Intensität (Echos/h*km) in echopositiven Heimzugstunden unter Tageslicht verschiedener Zeiträume:.....	130
Abbildung 66: Singvögel, Herbstperioden 2004-2019: Modellierte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde.....	132
Abbildung 67: Rotdrossel, Herbstperioden 2004-2019: Modellierte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde.....	133
Abbildung 68: Amsel, Herbstperioden 2004-2019: Modellierte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde.....	133
Abbildung 69: Singdrossel, Herbstperioden 2004-2019: Modellierte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde.....	134
Abbildung 70: Singvögel: Jahrweise modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde	135
Abbildung 71: Vorhergesagte Zugereignisraten von Basstölpeln des jeweiligen bestangepassten Modells.....	146
Abbildung 72: Vorhergesagte Zugereignisraten von Dreizehenmöwen des jeweiligen bestangepassten Modells	147
Abbildung 73: Vorhergesagte Zugereignisraten von Brandseeschwalben des jeweiligen bestangepassten Modells	148
Abbildung 74: Vorhergesagte Zugereignisraten von Alken des jeweiligen bestangepassten Modells.....	149
Abbildung 75: Vorhergesagte Zugereignisraten von Entenvögeln des jeweiligen bestangepassten Modells	150

Abbildung 76: Vorhergesagte Zugereignisraten von Singvögeln des jeweiligen bestangepassten Modells.....	151
Abbildung 77: Vorhergesagte Zugereignisraten von Sturmmöwen	152
Abbildung 78: Vorhergesagte Zugereignisraten von Heringsmöwen des jeweiligen bestangepassten Modells	153
Abbildung 79: Vorhergesagte Zugereignisraten von Mantelmöwen des jeweiligen bestangepassten Modells	154
Abbildung 80: Richtungsverteilung von Vogeltracks in Frühjahrsnächten in 2019	155
Abbildung 81: Richtungsverteilung von Vogeltracks in Herbstnächten in 2019	156
Abbildung 82: Flächen in den Gebieten N-1, N-2 und N-3 nach dem Flächenentwicklungsplan 2019 (BSH 2019), die im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ liegen.	208
Abbildung 83: Modellerte durchschnittliche (= durchgezogene Linien) relative Häufigkeit des nächtlichen Wegzuges (= herbstlicher Vogelzug für Zeitraum entlang der Abszisse) in (A) den unteren 200 m und (B) zwischen 600 – 700 m des Luftraums	229
Abbildung 84: Modellerte Intensität des nächtlichen Wegzuges für ausgewählte Radar-erfasste Höhenbereiche des Luftraums um FINO 1.....	230
Abbildung 85: Modellerte relative Häufigkeit des Wegzuges am Tage in unterschiedlichen, vom Radar erfassten Höhen des Luftraums um FINO 1	231
Abbildung 86: Modellerte durchschnittliche (= Balkenhöhe) Intensität des Wegzuges (= herbstlicher Vogelzug) am Tage in unterschiedlichen vom Radar erfassten Lufträumen um FINO 1	232
Abbildung 87: Modellerte durchschnittliche Frequenz des nächtlichen Vogelzuges im Frühjahr in verschiedenen Höhen des radarerfassten Luftraums um FINO 1.....	233
Abbildung 88: Modellerte durchschnittliche Intensität des nächtlichen Vogelzuges im Frühjahr in verschiedenen Höhen des Radar-erfassten Luftraums um FINO 1.....	235
Abbildung 89: Modellerte durchschnittliche Frequenz des Vogelzuges am Tage im Frühjahr in verschiedenen Höhen des Radar-erfassten Luftraums um FINO 1	237
Abbildung 90: Modellerte durchschnittliche Intensität des Vogelzuges am Tage im Frühjahr in verschiedenen Höhen des Radar-erfassten Luftraums um FINO 1	238

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Status der OWPs und Vorhaben des Clusters ‚Nördlich Borkum‘ im Untersuchungsjahr 2019.....	24
Tabelle 2: Beobachtungstermine und Erfassungsdauer der Zugplanbeobachtung.....	55
Tabelle 3: Anzahl Vogelzugtage und -nächte aus der Radarerfassung und ihre Zuordnung zu den Vogelzugkategorien im Frühjahr 2019.....	65
Tabelle 4: Liste aller im Frühjahr 2019 erfassten Arten.....	91
Tabelle 5: Liste aller im Herbst 2019 erfassten Arten.....	93
Tabelle 6: Verhalten ziehend beobachteter Vogelarten/-gruppen in Relation zu OWP im Jahr 2019.....	94
Tabelle 7: Zusammenfassende Darstellung der Vogelzugdaten in den Erfassungsjahren 2013 bis 2019 je Methode.....	95
Tabelle 8: Taxaspezifische, tageszeitliche Verteilung während der Jahre 2013-2019	111
Tabelle 9: Nächtlicher Wegzug: Bewertungszahlen.....	124
Tabelle 10: Nächtlicher Heimzug: Bewertungszahlen	127
Tabelle 11: Wegzug am Tage: Bewertungszahlen.....	129
Tabelle 12: Heimzug am Tage: Bewertungszahlen	131
Tabelle 13: Taxaspezifische Häufigkeiten in Abhängigkeit der Blickrichtung	140
Tabelle 14: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zum Test auf Überdispersion.....	141
Tabelle 15: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der Blickrichtung relativ zum Windpark <i>alpha ventus</i> (WP).	142
Tabelle 16: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der Blickrichtung relativ zum Windpark <i>alpha ventus</i> (WP).	143
Tabelle 17: Übersicht zu art- bzw. gruppenspezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der sektorscharfen Blickrichtung.....	144
Tabelle 18: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der positionsscharfen sektoralen Blickrichtung.....	145
Tabelle 19: Übersicht zu auswertbaren und vogelpositiven Vertikalradarbildern im Frühjahr 2019.....	177
Tabelle 20: Vogelzugintensität je Zugnacht im Frühjahr 2019. Datentabelle zu Abbildung 17.	179

Tabelle 21: Vogelzugintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung (Vertikalradarerfassung)	181
Tabelle 22: Zugintensität je Höhenklasse im Frühjahr 2019.....	184
Tabelle 23: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in tagesscharfer Auflösung	187
Tabelle 24: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung	188
Tabelle 25: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in tagesscharfer Auflösung.....	189
Tabelle 26: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in stundenscharfer Auflösung	190
Tabelle 27: Über Zugplanbeobachtungen im Frühjahr 2019 registrierte Arten(-gruppen).....	192
Tabelle 28: Zufallsbeobachtungen im Frühjahr 2019 zu rastenden/stationären Vögeln und anderen Tiergruppen.	193
Tabelle 29: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Frühjahr 2019	194
Tabelle 30: Zugintensität im Frühjahr 2019 gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf	194
Tabelle 31: Vogelzugintensität je Höhenklasse im Frühjahr 2019	195
Tabelle 32: Über Zugplanbeobachtungen im Herbst 2019 registrierte Arten(-gruppen).....	196
Tabelle 33: Beobachtungen im Herbst 2019 zu rastenden/stationären Vögeln und anderen Tiergruppen.....	198
Tabelle 34: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Herbst 2019.....	199
Tabelle 35: Zugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf im Herbst 2019	200
Tabelle 36: Vogelzugintensität je Höhenklasse im Herbst 2019.....	200
Tabelle 37: Mittlere Zugintensität der Frühjahrsperioden 2013-2019 je Höhenklasse	201
Tabelle 38: Mittlere Zugintensität der Herbstzugperioden 2013-2018 je Höhenklasse	204
Tabelle 39: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Borkum Riffgrund West II‘	209
Tabelle 40: Koordinaten der Eckpunkte des Windparks ‚OWP West‘	210
Tabelle 41: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Borkum Riffgrund West I‘	211
Tabelle 42: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Trianel Windpark Borkum‘	212
Tabelle 43: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Merkur Offshore‘	214

Tabelle 44: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚ <i>alpha ventus</i> ‘	215
Tabelle 45: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Borkum Riffgrund 1‘	216
Tabelle 46: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Borkum Riffgrund 2‘	217
Tabelle 47: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Nordsee Two‘	218
Tabelle 48: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Delta Nordsee 1‘	219
Tabelle 49: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Delta Nordsee II‘	220
Tabelle 50: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Nordsee One‘	221
Tabelle 51: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Nordsee Three‘	222
Tabelle 52: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 01‘	223
Tabelle 53: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 02‘	224
Tabelle 54: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 03‘	225
Tabelle 55: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 04‘ vor Veröffentlichung des FEP 2019 (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).	226
Tabelle 56: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 04‘ nach Veröffentlichung des FEP 2019 (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).	226
Tabelle 57: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Riffgat‘	227

1 Zusammenfassung

Die UMBO (Umweltuntersuchung Nördlich Borkum) GmbH, ein Joint Venture aus Ørsted, Delta Nordsee GmbH und OWP West GmbH, hat ein Umweltmonitoring im Offshore-Windpark-Cluster ‚Nördlich Borkum‘ in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee beauftragt. Im vorliegenden Fachgutachten werden die von Avitec Research GbR erarbeiteten Ergebnisse des Umweltmonitorings zum Schutzgut „Zugvögel“ des siebten und letzten Untersuchungsjahres 2019 vorgestellt. Zugleich dient das Gutachten auch als Abschlussbericht des gesamten Untersuchungszeitraums. Ziel der vorliegenden Untersuchung war die quantitative und zeitlich-räumliche Erfassung des Schutzgutes „Zugvögel“ im Untersuchungsgebiet. Zusammen mit den zwischen 2013-2018 erhobenen Daten wurden die gewonnenen Informationen dazu verwendet, potenzielle Effekte des Baus und Betriebs von Offshore-Windparks (OWP) im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ auf das Schutzgut „Zugvögel“ zu untersuchen. Daten wurden per Radar, automatischer Ruferfassung und standardisierter Zugplanbeobachtung durch einen Sichtbeobachter von der Forschungsplattform FINO 1 aus erhoben. Methodisch wurde dabei jeweils den Anforderungen des aktuellen Standard-Untersuchungskonzept (StUK4; BSH 2013b) entsprochen.

Mit einem vertikal rotierenden Schiffsrادargerät wurden Vogelzugintensitäten und Flughöhen ziehender Vögel licht- und weitgehend wetterunabhängig im Tages- wie Jahresgang ermittelt. Über ein Radarsystem mit rotierender Parabolantenne wurden Informationen zu Flugrichtungen der erfassten Zugvögel generiert. Während Radarerfassungen keine Rückschlüsse auf die Artenzusammensetzung zulassen, gewährten Zugplanbeobachtungen am Tag und die automatische Zugruferdetektion bei Nacht Einblicke in das Artenspektrum.

Über die Vertikalradarerfassung wurden von Anfang März bis Ende Mai 2019 hochgerechnet 464.164 Vogelbewegungen bis in 1 km Höhe und Distanz zum Radar registriert (Vergleichswerte Vorjahre: 588.687¹ [2013], 531.935¹ [2014], 568.283¹ [2015], 407.804 [2016], 298.562 [2017], 349.452 [2018]). Die Echorate je Stunde*km (Migration Traffic Rate, „MTR“) war nachts im Mittel etwas mehr als dreifach höher als am Tag.

¹ Berechnete Zahlen weichen aufgrund geänderter Korrekturparameter von älteren Berichten ab. Details sind 3.2 zu entnehmen.

Der Herbst 2019 konnte aufgrund eines irreparablen Schadens am Gerät nicht erfasst werden. Ein Ersatzgerät hätte nur eingeschränkt vergleichbare Daten liefern können.

Im Mehrjahresvergleich von 2013 bis 2019 waren die Echozahlen im Frühjahr 2019 durchschnittlich und auf Basis ganzer Zugnächte bzw. Zugtage wurden erneut fast durchgängig Echos detektiert. Schwerpunkt des Vogelzuggeschehens war Mitte bis Ende April. Dabei kam es zu Vogelzugereignissen unterschiedlicher Stärke, in einigen Aprilnächten wurde sogar „Massenzug“ festgestellt. Kurzzeitig erhöhte Ausschläge in der Zugintensität konnten auch im März und Mai und somit in allen Untersuchungsmonaten registriert werden.

Vogelechos wurden im Frühjahr 2019 prinzipiell zu allen Tageszeiten aufgezeichnet, wobei im ersten Nachtviertel geringere Zugaktivität als in den übrigen Nachtvierteln festgestellt wurde. Tagsüber war das erste Tagesviertel von leicht höherer Zugaktivität gekennzeichnet als die übrigen Tagesviertel.

Bezüglich der gewählten Zughöhe wurden Unterschiede in Abhängigkeit von der Tageszeit im Frühjahr 2019 gefunden. Tagsüber ziehende Vögel wurden insgesamt stärker in den unteren Luftschichten nahe der Meeresoberfläche registriert als Nachtzieher: tagsüber wurden 28,3 % aller Echos in Höhen bis 100 m festgestellt, 54,4 % entfielen auf Höhen bis 300 m. Nachts wurden indes nur 14,8 % aller Echos bis in 100 m Höhe registriert, 40,0 % bis in 300 m Höhe. In der Dunkelheit entfielen 25,1 % aller Echos auf Höhen zwischen 700-1.000 m, tagsüber waren es in diesem Höhenbereich nur rund 15 %. Tage-/ bzw. nächteweise bestanden starke Unterschiede in der bevorzugten Höhe.

Im Mittel aller Tage und Nächte der Heimzugperiode dominierten bei den per Horizontalradar ermittelten Flugrichtungen wie erwartet östliche bis nördliche Richtungen. Zugleich war die Streuung meistens gering. Umgekehrt dominierten während der Wegzugperiode westliche bis südliche Richtungen. Die Variabilität der Flugrichtungen war während der Wegzugphase gegenüber der Heimzugphase geringfügig erhöht, insbesondere während der früheren Wegzugphase zwischen Juli bis September.

Für die mitunter ermittelten, tagweisen Abweichungen von den jahreszeitlichen Hauptrichtungen kommen neben Umkehrzug und lokalen Austauschbewegungen auch Anpassung der Flugrichtung an die herrschenden Windverhältnisse oder unterschiedliche Aufbruchsregionen der beteiligten Durchzügler als Erklärung infrage.

Insgesamt wurden im Jahr 2019 am Standort 74 Arten über die Ruferfassung und Zugplanbeobachtungen nachgewiesen; dies lag über dem Durchschnitt der Jahre seit Untersuchungsbeginn. In den stichprobenartig überprüften Zugnächten im Frühjahr wurde nächtliche Rufaktivität im nahen Umfeld der Plattform nur sehr selten festgestellt. Die geringe Rufaktivität im Frühjahr konzentrierte sich auf den März und die erste Aprilhälfte. Im Herbst, währenddessen eine Dauererfassung erfolgte, entfiel das Gros aufgezeichneter Rufe auf den Oktober. In allen diesen Nächten wurde das Rufgeschehen von Drosseln dominiert.

Über Zugplanerfassungen wurden tagsüber im Frühjahr 2019 insgesamt 1.392 Vögel erfasst, woraus sich ein Mittel von 22,8 Vögeln je Stunde errechnete. Wenngleich zumeist unbestimmt geblieben, dominierten erstmals seit drei Jahren wieder Anatiden das Zuggeschehen (517 Ind., 37,1 % aller beobachteten Zugvögel). Diese wurden zumeist in so großen Distanzen beobachtet, dass eine Artbestimmung nicht möglich war. Zu einem großen Teil wurden unbestimmte Gänse Ende Mai beobachtet, was nahelegt, dass es sich weit überwiegend um Ringelgänse, die zu dieser Zeit aus der Nordseeregion in das arktische Brutgebiet aufbrechen, gehandelt haben dürfte. Möwen – sonst oft die am Standort das Spektrum sichtbaren Tagzugs dominierende Artengruppe – standen demgegenüber in ihrer relativen Häufigkeit zurück. Bei rund einem Viertel der beobachteten Vögel handelte es sich um Möwen (358 Ind., 25,7 %). Seeschwalben erreichten vergleichsweise hohe Dominanzwerte (205 Ind., 14,7 %), was vor allem für Brandseeschwalben (167 Ind., 12 %) galt. Nach dem außergewöhnlich starken Frühjahrsvorkommen von Singvögeln im Jahr 2018, wurden Angehörige der Passeriformes 2019 wieder in anteilmäßig üblicher Häufigkeit beobachtet (85 Ind, 6,1 %).

Im Herbst 2019 wurden 1.357 Vögel erfasst, was im Mittel 17,1 Vögeln je Stunde entsprach.

Bei fast der Hälfte der ziehend beobachteten Vögeln handelte es sich um Möwen (640 Ind., 47,2 %). Darunter war mit der Heringsmöwe auch die am häufigsten notierte Art (412 Ind., 30,4 %). Singvögel waren mit 216 Ind. (15,9 %) nach den Möwen die nächsthäufigste Artengruppe. Die Beobachtungen verteilten sich auf mindestens 14 Arten, wobei Star (56 Ind., 4,1 %) und Wiesenpieper (35 Ind., 2,6 %) hervorgehobene, relative Häufigkeitswerte von > 2 % erreichten. Seeschwalben summierten sich auf 156 Ind. (11,5 %). Bei rund jedem zehnten Durchzügler handelte es sich um einen Angehörigen der Entenverwandten (124 Ind., 9,1 %). Besonders häufig wurden Trauerenten notiert (58 Ind., 4,3 %), während Zug von Gänsen der Gattung *Anser* oder *Branta* erstmals nicht festgestellt wurde. Regelmäßig und vergleichsweise

häufig erfasst wurden mit Basstölpel (60 Ind., 4,4 %) und Alken (78 Ind., 5,8 %) weitere Hochseevogelarten.

Die über Zugplanbeobachtungen erhaltenen Höhenprofile zeigten eine starke Konzentration auf Höhenbereiche bis 20 m. Im Frühjahr 2019 wurden rund Dreiviertel aller ziehenden Vögel in Höhenbereichen bis 50 m notiert, mehr als die Hälfte beflog Höhen bis 20 m. Die am stärksten frequentierte Einzelklasse betraf dabei den Höhenbereich zwischen 20 bis 50 m (5,7 Ind./h). Zu beachten ist dabei, dass Höhen über 200 m methodisch bedingt nur selten erfasst werden.

Im Herbst 2019 wurden Dreiviertel aller Zugvögel bereits in Höhen bis 20 m und somit unterhalb der Rotordrehebene registriert. Über alle Tagesmittel hinweg und für die bis 20 m Höhe zusammengefassten Höhenklassen errechneten sich 10,0 Ind./h. Die Ergebnisse des Jahres 2019 fügen sich gut in langjährige Untersuchungsergebnisse ein, wie im Vergleich zu früheren Untersuchungen am selben Standort ersichtlich wird.

Zur Untersuchung möglicher Effekte der Windparks auf den Vogelzug wurden die Radardaten des Vertikalradars über die Zeit analysiert. Die Vergleichszeiträume wurden so gewählt, dass sie verschiedenen charakteristischen Zeitabschnitten am Standort zuzuordnen waren:

1. 2004-2008 (vor dem Bau von *alpha ventus* [2007 keine Daten])
2. 2009-2012 (Bau und Betrieb von *alpha ventus*)
3. 2013-2019 (Betrieb von *alpha ventus* und Clusterausbau)

Seit Beginn des Clusterausbaus unterschieden sich im Herbst sowohl die Häufigkeit von nächtlichen Vogelzugereignissen als auch die Intensität solcher Ereignisse von den beiden Vergleichszeiträumen. Gegenüber 2009-2012 (*alpha ventus* einziger OWP am Standort) kam es in der Gesamtbetrachtung zu einem Rückgang in der Vogelzugaktivität. In Höhenbereichen oberhalb von 300 m wurde dabei auch das mittlere Niveau der Vogelzugaktivität von 2004-2008 (FINO 1 einziges Bauwerk am Standort), welches niedriger als im Zeitraum 2009-2012 gelegen hatte, über die gesamte Wegzugperiode hinweg unterschritten. Im Gegensatz dazu wurde im Höhenbereich bis 100 m während des Clusterausbaus zumindest zeitweise stärkere

Vogelzugaktivität als zwischen 2004-2009 gemessen. Dass beschriebene Muster oberhalb von 300 m wurde auch während des Wegzugs am Tage deutlich, im Höhenbereich bis 100 m ließ sich jedoch kein Unterschied erkennen.

Auch im Frühjahrszeitraum der Jahre 2013-2019 (Clusterausbau) verringerten sich sowohl die Häufigkeit von nächtlichen Vogelzugereignissen als auch die Intensität solcher Ereignisse gegenüber den Vergleichszeiträumen. Die nächtliche Vogelzugaktivität ließ zudem, seit Windparks am Standort errichtet wurden, eine stärkere Komprimierung auf untere Höhenbereiche erkennen, wie relative Höhenverteilungen zeigen. Es spricht somit nichts für ein vertikales Ausweichen der OWP-Bereiche durch Zugvögel.

Trotz dieser Komprimierung auf untere Höhenbereiche wurde nachts eine verringerte Präsenz von Zugvögeln im unmittelbaren Nahbereich der FINO 1 festgestellt, wie die Aufzeichnungen von Vogelrufen an FINO 1 zeigen. Sowohl die Zahl registrierter Annäherungsereignisse (definiert als ≥ 10 Minuten mit Vogelrufen je Nacht), als auch deren mittlere Stärke nahm über den Gesamtzeitraum hinweg stark ab (Vergleichszeiträume identisch zu den Radaranalysen). Der Verbleib der Vögel ist ungeklärt und es ist angesichts des begrenzten Messbereichs ungewiss, wie sich die Zugvogelzahlen über die gesamte Fläche des Clusters entwickelt haben und ob die Vögel etwa horizontal den Windparkbereichen ausweichen. Der verminderten Annäherungsfrequenz und -stärke an FINO 1 entsprechend, wurde eine Reduktion der Schlagopferzahl an der Plattform festgestellt.

Die Analyse räumlicher Muster über Zugplanbeobachtungen erfasster Vögel (tagsüber) ergab für den Zeitraum 2014-2019 nur in wenigen Fällen Unterschiede in den Zugereignisraten zwischen verschiedenen Blickrichtungssektoren. In den Jahren 2011-2013 Jahren waren hingegen bei vielen Arten höhere Zugereignisraten in den damals noch windparkfreien, sich westlich von FINO 1 erstreckenden Sektoren festgestellt worden. Die östlichen Blickrichtungssektoren mit *alpha ventus* als einzigem Windpark am Standort wurden von mehreren Arten vermindert beflogen. Dies weist auf OWP meidendes Verhalten hin. Westlich von FINO 1 wurden erst ab 2014 Windparks errichtet und die Zugereignisrate hat sich hier in der Folge bei vielen Arten auf ein niedrigeres Niveau abgesenkt. Diese Absenkungen führten dazu, dass bei einigen Arten keine Unterschiede mehr zwischen den Blickrichtungen festzustellen waren. Bei anderen Arten kam es zu einer Umkehrung der ursprünglichen Situation, wobei seit 2014 in den östlichen Blickrichtungssektoren mehr Vögel je Zeiteinheit beobachtet wurden, als in den westlichen.

Ursächlich hierfür könnte sein, dass östlich von FINO 1 auch windparkfreie Bereiche hinter *alpha ventus* erfasst werden, während der westliche Erfassungsbereich nunmehr weitgehend auf Windparkflächen beschränkt ist. Beispiel für eine Zunahme in den östlichen Blickrichtungssektoren ist der über besonders große Entfernungen gut zu erfassende Basstölpel: Die Raten festgestellter Basstölpel sanken nach 2013 in den westlichen Blickrichtungssektoren, in denen 2014/2015 die Windparks ,Trianel Windpark Borkum I, Ausbauphase 1‘ und ,Borkum Riffgrund 1‘ in Betrieb genommen worden waren, ehe hier 2018 und 2019 die Windparks ,Borkum Riffgrund 2‘ und ,Merkur Offshore‘ folgten, deutlich. Parallel dazu blieben sie in den östlichen Blickrichtungssektoren – ohne Errichtung weiterer OWEA seit Inbetriebnahme von *alpha ventus* im Jahr 2010 – zwischen 2011-2019 stabil. Dies resultierte in einer Umkehrung der ursprünglichen Situation: Zwischen 2014-2019 wurden nun in den beiden östlichen Blickrichtungssektoren höhere Basstölpel-Zugereignisraten als in den westlichen Blickrichtungssektoren ermittelt. Zuvor dominierten zwischen 2011-2103 Beobachtungen von Basstölpeln in den westlichen Blickrichtungssektoren.

Über den Zeitraum 2014 bis 2019 wurde Meideverhalten bei einer Reihe weiterer tagziehender Arten festgestellt. Zugleich haben sich andere Aspekte wie Phänologie, Tageszeit oder Höhenverteilung des Zuges nicht systematisch verändert. Für Arten, die OWPs meiden, ist – zumindest im Falle vollständiger Meidung – nicht von einer gesteigerten Gefährdung durch Kollisionen auszugehen. Für nicht-meidende Arten (Makroebene; auf dem Skalenniveau von OWP) bleibt dies derzeit zwar ungeklärt, neue Studien deuten im Falle des Einflugs in Windparks aber auf ein gezieltes Vermeiden des Rotorbereichs einzelner OWEA (Mesoebene; auf dem Skalenniveau von OWEA). Zu solchen Arten zählt z. B. die Heringsmöwe, die im Zuge des Clusterausbaus keine Änderungen in der räumlichen Verteilung von Häufigkeitsmustern zeigte und somit OWPs nicht erkennbar mied. Seit Untersuchungsbeginn wurden über die verschiedenen Ausbaustufen hinweg für diese Arten keine blickrichtungsabhängigen Unterschiede erkannt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es sich aufgrund reduzierter nächtlicher Vogelpräsenz um FINO 1 parallel zum Clusterausbau um Meidung des Windparkareals handeln kann, aber dass eine Verteilung auf die einzelnen Lichtquellen des Clusters eine weitere plausible Erklärung dafür bietet: Nachtziehende Zugvögel werden durch Licht angezogen, insbesondere wenn die Vögel über See in schlechtes Zugwetter geraten. Dieser Effekt ist auch von FINO 1 gut dokumentiert.

Somit besteht die Möglichkeit, dass sich die Zugvögel auf die stark gewachsene Zahl am Standort vorhandener Lichtquellen aufteilen und angesichts der großen Clusterfläche aus dem Fokus der Messungen auf FINO 1 geraten sind. Fraglich bleibt derzeit mangels einer verlässlichen Erfassungsmethode, wie umfangreich etwaige Mortalität an den OWEA ist und ob sich daraus eine Gefährdung des Schutzgutes ableiten lässt. Vorstellbar ist einerseits eine höhere Kollisionsrate verglichen mit den niedrigen Kollisionsraten der letzten Jahre seit Clusterausbau an FINO 1 durch die drehenden Rotoren, andererseits aber auch eine geringere Kollisionsrate bedingt durch kleinräumiges Ausweichverhalten ausgelöst etwa durch die Geräusche drehender Rotoren. Zudem könnte sich die Kollisionsrate an den Außengrenzen des Clusters von der im Inneren eines Windparks oder Clusters unterscheiden.

Die laut StUK4 geforderten Methoden und Untersuchungsansätze können die Frage, ob eine Gefährdung von Zugvögeln durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks im Cluster Nördlich Borkum vorliegt, nicht abschließend beantworten. Dies muss spezielleren Forschungsansätzen vorbehalten bleiben, die die einzelnen OWEA in den Fokus nehmen.

Die größtenteils aus Nachtziehern bestehenden Totfunde auf den Forschungsplattformen legen nahe, dass das Kollisionsrisiko für Singvögel tagsüber gering ist. Nachts steigt das Risiko bei ungünstiger Witterung wie starkem Gegenwind oder schlechten Sichtbedingungen an. Im Herbst ist dieses Risiko aufgrund sich häufender ungünstiger Wetterlagen und längerer Nächte erhöht. Für das Kollisionsrisiko ist allerdings entscheidend, dass die meisten Vögel auch im Herbst unter Wetterbedingungen ziehen, die für sie günstig sind. Kritisch erscheinen aber Nächte, in denen Vögel über See auf schlechtes Wetter treffen und dann phototaktisch reagieren. Solche Konstellationen sind selten und betreffen allenfalls wenige Nächte im Jahr, wurden aber in den Jahren 2003 bis 2008 als ursächlich für das Gros der auf FINO 1 registrierten Totfunde identifiziert. In den Jahren 2009 bis 2012 mit einem Windpark am Standort wurde auf FINO 1 ein Ereignis mit einer größeren Zahl kollidierter Vögel verzeichnet, in den Jahren seit Beginn des Cluster-Ausbaus ab 2013 keines mehr.

Die Ergebnisse lassen somit für nächtlichen Vogelzug weder eine Gefährdung durch Kollisionen erkennen, noch lässt sich eine solche ausschließen. Anders ist dies für ziehende Seevögel und ganz allgemein für Vogelzug unter Tageslichtbedingungen: hier lässt sich eine Gefährdung ausschließen.

2 Einleitung

Die UMBO (Umweltuntersuchung Nördlich Borkum) GmbH, ein Joint Venture aus Ørsted, Delta Nordsee GmbH und OWP West GmbH, hat ein Umweltmonitoring im Offshore-Windpark-Cluster ‚Nördlich Borkum‘ in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee beauftragt. Das Cluster liegt nördlich der Ostfriesischen Inseln (Abbildung 1). Im Rahmen der Cluster-Untersuchung werden Erfassungen zu Rast- und Zugvögeln sowie marinen Säugetieren durchgeführt. Das Jahr 2019 ist das siebte und damit letzte von insgesamt sieben Untersuchungsjahren, in denen die Umweltdaten von einem Konsortium, bestehend aus dem Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH (IfAÖ), der BioConsult SH GmbH & Co. KG und der IBL Umweltplanung GmbH, erhoben und ausgewertet werden. Das Schutzgut Zugvögel wurde im Unterauftrag maßgeblich durch die Avitec Research GbR bearbeitet.

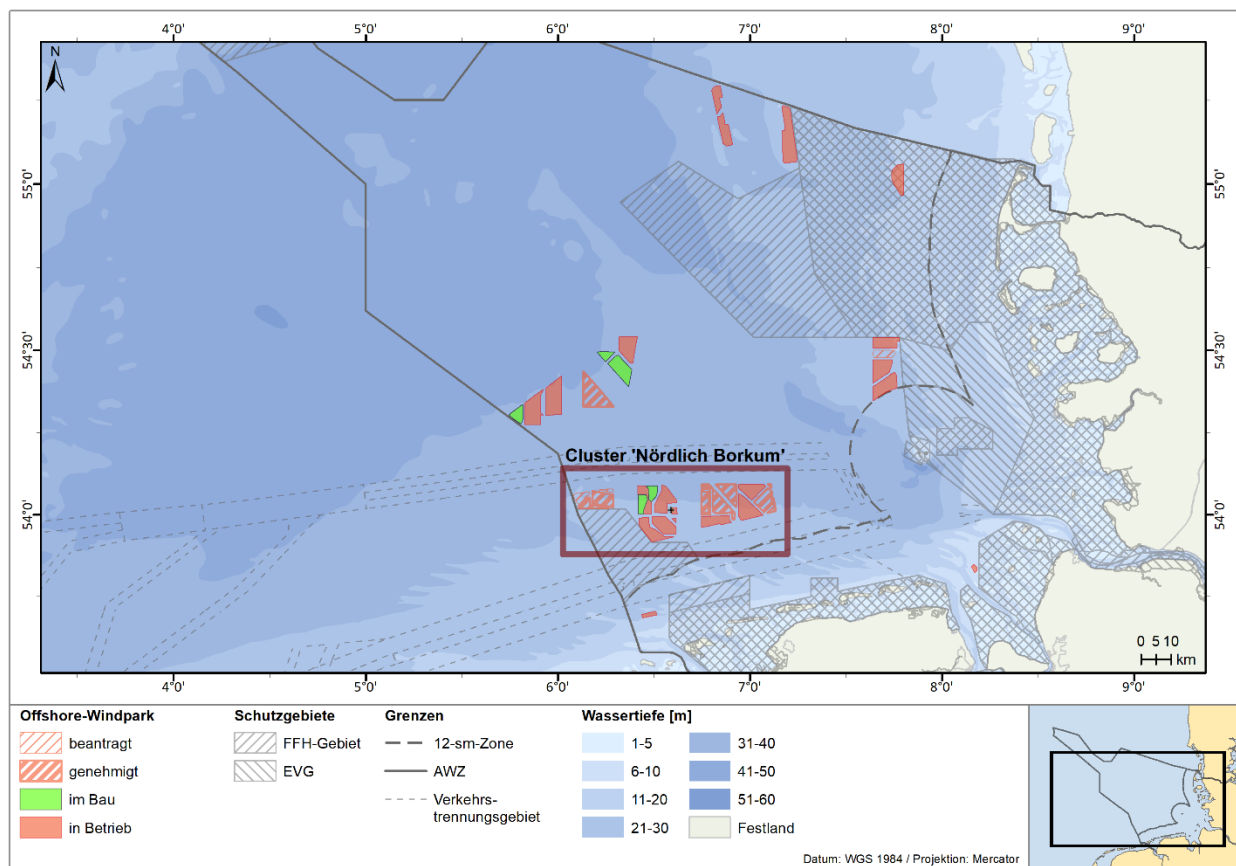


Abbildung 1: Lage des OWP-Clusters ‚Nördlich Borkum‘, der Windparkplanungsgebiete und Schutzgebiete in der deutschen AWZ (Stand: 2019) sowie der Plattform FINO 1 (schwarzes Kreuz).

Anlass

Die einzelnen Offshore-Windparkvorhaben im Vorranggebiet für Windenergie ‚Nördlich Borkum‘ befinden sich derzeit in unterschiedlichen Phasen der Realisierung (Abbildung 2). Aufgrund der teilweise geringen Abstände der jeweiligen Offshore-Windparks (OWP) im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ käme es bei den großflächigen Umweltuntersuchungen zu Überlappungen der windparkspezifischen Untersuchungsgebiete.

Seit 2013 sind Cluster-Untersuchungen für die Schutzgüter Rast- und Zugvögel sowie marine Säugetiere mehrerer benachbarter Windparkprojekte im Standarduntersuchungskonzept (StUK4, BSH 2013b) implementiert.

Ziele von Cluster-Untersuchungen sind:

- Reduzierung von Überschneidungen der Untersuchungsflächen von benachbarten Vorhaben bei gleichzeitiger Abdeckung der Vorhabensgebiete.
- Untersuchung einer möglichst großen Fläche, um Informationen über die großräumige Verbreitung von Vögeln und marinen Säugern zu erhalten.

Cluster ‚Nördlich Borkum‘

Das Cluster ‚Nördlich Borkum‘ liegt nordöstlich des FFH-Gebietes ‚Borkum Riffgrund‘ und wird im nordöstlichen Bereich durch die Rohrleitung ‚Europipe‘ begrenzt. Nach Süden, Norden und Osten ist es durch Vorbehaltsgebiete für Schifffahrt begrenzt. In dem Untersuchungsgebiet (schiffbasierte Untersuchungen) wurden für das Cluster ‚Nördlich Borkum‘ insgesamt 17 Offshore-Windparkvorhaben betrachtet (Tabelle 1). Während elf OWP-Projekte Teil der UMBO GmbH (Ørsted und E.ON) sind, werden sechs OWPs von anderen Trägern entwickelt bzw. betrieben (Tabelle 1). Im Jahr 2019 gab es einige Zusammenschlüsse von Windparks und neue Ausweisungen seitens des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), die in diesem Kapitel beschrieben werden, jedoch im Rahmen dieses Berichtes nicht weiter berücksichtigt werden, um eine Vergleichbarkeit mit den Vorjahren zu gewährleisten. Weitere Informationen

zu den einzelnen Projekten sowie ein Abgleich der Auswirkungsprognose aus dem jeweiligen Genehmigungsbescheid mit den Ergebnissen des aktuellen Cluster-Monitorings finden sich im Anhang (Anhang II).

Die Windparkprojekte 1-13 (vgl. Abbildung 2) liegen außerdem in einem Vorranggebiet für Windenergie (Vorranggebiet ‚Nördlich Borkum‘), welches im Jahr 2002 seitens der Bundesregierung als potentiell geeignetes Gebiet für Windenergie nach § 3a SeeanlV identifiziert wurde. Da auch auf Ebene der Raumordnung eine besondere Eignung dieser Fläche für die Nutzung für die Windenergieerzeugung festgestellt wurde, wurde das Vorranggebiet ‚Nördlich Borkum‘ 2009 in den Raumordnungsplan für die AWZ der Nordsee übernommen (https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Meeresraumplanung/Nationale_Raumplanung/_Anlagen/Downloads/Raumordnung_2009/Raumordnung_Umweltbericht.html?nn=1653364). Im Juni 2019 wurde die Fortschreibung und Aktualisierung der bestehenden Raumordnungspläne eingeleitet (https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Meeresraumplanung/Fortschreibung/fortschreibung-raumordnung_node.html). Mit dem im Juni 2019 veröffentlichten Flächenentwicklungsplan (FEP) 2019 (BSH 2019) existiert eine aktuelle Fachplanung zur Steuerung der Planung des Ausbaus der Windenergie auf See. Der FEP 2019 legt in der AWZ der Nordsee die im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ liegenden Gebiete N-1 bis N-3 fest. Das Gebiet N-1 beinhaltet die OWPs ‚Borkum Riffgrund West II‘, ‚OWP West‘ und ‚Borkum Riffgrund West I‘. Im Gebiet N-2 liegen die OWPs ‚Trianel Windpark Borkum I, Ausbauphase 1‘, ‚Trianel Windpark Borkum II, Ausbauphase 2‘, ‚Merkur Offshore‘, ‚*alpha ventus*‘, ‚Borkum Riffgrund 1‘ und ‚Borkum Riffgrund 2‘. Das Gebiet N-3 umfasst die OWPs ‚Nordsee One‘, ‚Gode Wind 01‘, ‚Gode Wind 02‘, ‚Gode Wind 03‘ und ‚Gode Wind 04‘. Im Gebiet N-3 werden mit dem FEP 2019 die Flächen N-3.5 bis N-3.8 (vorher ‚Nordsee Two‘, ‚OWP Delta Nordsee 1‘, ‚OWP Delta Nordsee 2‘, ‚Nordsee Three‘ und eine Teilfläche von ‚Gode Wind 04‘) ausgewiesen. Im September 2019 wurden die drei Windparks ‚Borkum Riffgrund West I und II‘ sowie ‚OWP West‘ von Ørsted unter dem gemeinsamen Namen ‚Borkum Riffgrund 3‘ zusammengefasst. Gleiches gilt für ‚Gode Wind 03 und 04‘, zukünftig ‚Gode Wind 03‘ genannt. In dem vorliegenden Abschlussbericht werden in den Abbildungen die zusammengefassten OWPs und vom BSH neu ausgewiesenen Flächen mit dem Stand vor Veröffentlichung des FEP 2019 dargestellt, um eine Vergleichbarkeit mit den Vorjahren

zu gewährleisten. Die Flächen und der Ausbaustatus der Windparks, die 2019 im Bau und Betrieb waren, entsprechen dem Stand vom 31.12.2019 (Abbildung 2).

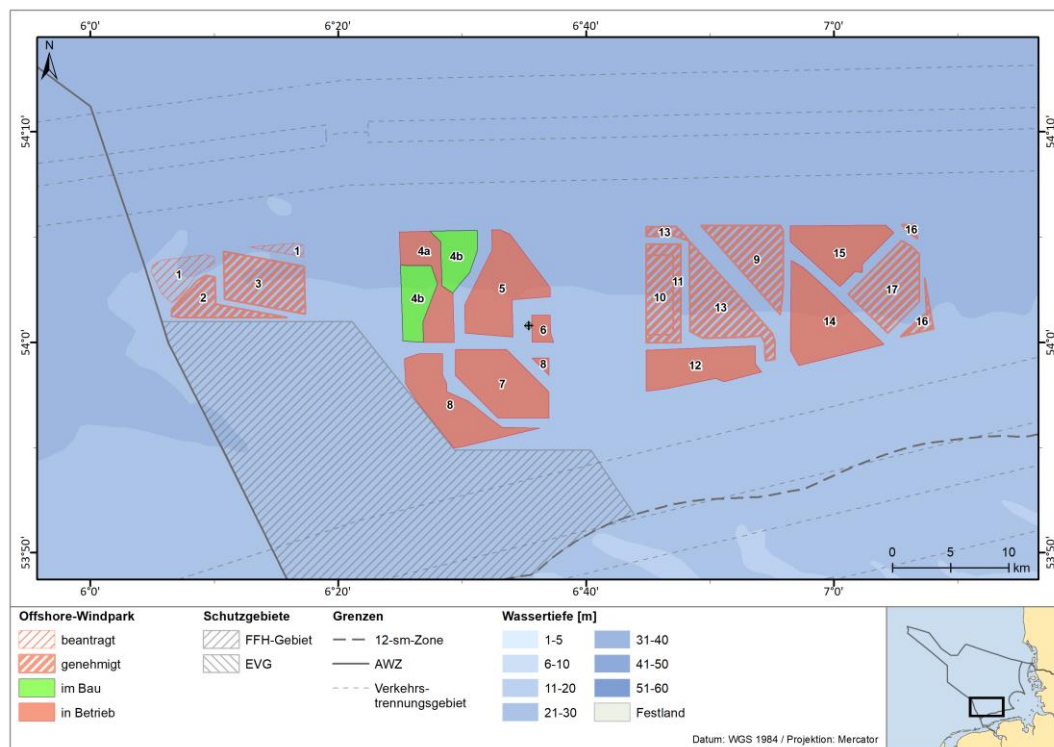


Abbildung 2: Übersicht über die sich im Cluster 'Nördlich Borkum' befindenden OWP's und Vorhaben mit Angabe des Status (Stand: 2019) sowie der Position der Plattform FINO 1 (schwarzes Kreuz): (1): Borkum Riffgrund West II, (2): OWP West, (3): Borkum Riffgrund West I, (4a): Trianel Windpark Borkum I, Ausbauphase 1, (4b): Trianel Windpark Borkum II, Ausbauphase 2, (5): Merkur Offshore, (6): *alpha ventus*, (7): Borkum Riffgrund 1, (8): Borkum Riffgrund 2, (9): Nordsee Two, (10): OWP Delta Nordsee 1, (11): OWP Delta Nordsee 2, (12): Nordsee One, (13): Nordsee Three, (14): Gode Wind 01, (15): Gode Wind 02, (16): Gode Wind 03, (17): Gode Wind 04.

Tabelle 1: Status der OWPs und Vorhaben des Clusters ‚Nördlich Borkum‘ im Untersuchungsjahr 2019.

Nr. aus Abb. 2	Projekt		Träger		UMBO Daten		Status 2019	
1	Borkum Riffgrund West II	Borkum Riffgrund 3*	Ørsted A/S	Ørsted A/S*	ja		in Planung	
2	OWP West		Ørsted A/S		ja		genehmigt	
3	Borkum Riffgrund West I		Ørsted A/S		ja		genehmigt	
4a	Trianel Windpark Borkum I, Ausbauphase 1		Trianel Windkraftwerk Borkum GmbH & Co.KG		ja		im Betrieb	
4b	Trianel Windpark Borkum II, Ausbauphase 2				ja		im Bau	
5	Merkur Offshore		Merkur Offshore GmbH		ja		im Betrieb	
6	alpha ventus		DOTI GmbH & Co.KG		nein		im Betrieb	
7	Borkum Riffgrund 1		Ørsted A/S		ja		im Betrieb	
8	Borkum Riffgrund 2		Ørsted A/S		ja		im Betrieb	
9	Nordsee Two	N-3.8**	Northland Power /Innogy SE	BSH**	nein		genehmigt	in Vorunter-suchung**
10	OWP Delta Nordsee 1	N-3.6**	E.ON Climate & Renewables GmbH	BSH**	ja	nein**	genehmigt	in Vorunter-suchung**
11	OWP Delta Nordsee 2		E.ON Climate & Renewables GmbH		ja	nein**	genehmigt	
12	Nordsee One		Northland Power / Innogy SE		ja		im Betrieb	
13	Nordsee Three	N-3.5**	Northland Power /Innogy SE	BSH**	nein		genehmigt	in Vorunter-suchung**
14	Gode Wind 01		Ørsted A/S		ja		im Betrieb	
15	Gode Wind 02		Ørsted A/S		ja		im Betrieb	
16	Gode Wind 03	Gode Wind 03*	Ørsted A/S	Ørsted A/S*	ja		genehmigt	
17	Gode Wind 04	N-3.7**	Ørsted A/S				BSH**	genehmigt
-	Riffgat		Offshore-Windpark Riffgat GmbH & Co.KG		nein		im Betrieb	

* seit September 2019 von Ørsted A/S zusammengefasst

** seit Juni 2019 mit dem FEP 2019 neu ausgewiesen und in Flächenvoruntersuchung

Die folgende Abbildung (Abbildung 3) zeigt den Status der sich im Untersuchungsjahr 2019 im Bau bzw. im Betrieb befindlichen OWPs zwischen Januar und Dezember 2019.

Nr. aus Abb. 1.2	Projekt	2019											
		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
4a	TWB, Ausbauphase 1												
4b	TWB, Ausbauphase 2												
5	Merkur Offshore								ab 29.07., vorher im Probebetrieb				
6	alpha ventus												
7	Borkum Riffgrund 1												
8	Borkum Riffgrund 2	ab 08.11.18 in Betrieb gem. EEG					ab 04.06. offiziell in Betrieb						
12	Nordsee One												
14	Gode Wind 01												
15	Gode Wind 02												
-	Riffgat												

BauBetrieb

Abbildung 3: Status der OWPs und Vorhaben des Clusters ‚Nördlich Borkum‘ im Untersuchungsjahr 2019. Die nicht genannten OWPs hatten 2019 den Status „in Planung“ oder „genehmigt“ (Stand 31.12.2019; TWB=Trianel Windpark Borkum).

Zwischen 2013 und 2019 erfolgte eine kontinuierliche Erfassung des Zugvogelbestandes im Cluster ‚Nördlich Borkum‘. Im vorliegenden Abschlussbericht werden zum einen die Ergebnisse der Rastvogelerfassungen für das Jahr 2019 beschrieben. Zum anderen erfolgt ein Vergleich der Untersuchungsjahre 2013 bis 2019.

2.1 Zielsetzung und Fragestellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Erfassung des Vogelzuges am Standort FINO 1 hinsichtlich räumlicher Verteilung, Zugintensität, Flughöhe und -richtung sowie des beteiligten Artenspektrums im Jahr 2019. Zusammen mit den 2013 bis 2018 erhobenen Daten wurden die gewonnenen Informationen dazu verwendet, potenzielle Effekte des Baus und Betriebs von Offshore-Windparks (OWP) im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ auch durch Vergleiche mit Voruntersuchungen auf das Schutzgut „Zugvögel“ festzustellen. Auf diese Weise können die Untersuchungen dabei helfen, ökologische Auswirkungen der im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ geplanten und durchgeführten OWP-Projekte auf ziehende Vögel abzuschätzen. Als notwendige Vergleichsgrundlage dienten einerseits eine zweijährige Basisuntersuchung während der Jahre 2001-2003 (BIOLA 2004) sowie eine Reihe seit 2003 begonnener Forschungs- und Umweltverträglichkeitsstudien (HILL et al. 2013), aus denen ein umfangreiches Datenmaterial zu

Vogelzug am Standort hervorgegangen ist. Darüber hinaus werden die im Rahmen des vorliegenden Fachgutachtens präsentierten Daten mit aktuellen Literaturdaten verglichen.

Der vorliegende Bericht stellt Phänologie, Artzusammensetzung, Höhenverteilung, Zugrichtungen und Verhaltensreaktionen ziehender Vögel dar. Gemäß StUK 4 ist für Cluster-Untersuchungen die Durchführung sämtlicher Messungen zum Vogelzug von festen Standorten aus vorgesehen (BSH 2013b). Alle hier präsentierten Daten wurden daher von der Forschungsplattform FINO 1 (54°0,86' N, 6°35,26' O) aus erhoben. Die Plattform befindet sich mehr als zwei Kilometer in die projektierte Clusterfläche eingerückt und in rund 400 m Entfernung westlich der nächstgelegenen Anlage des Offshore-Testfelds *alpha ventus*. In südwestlicher Richtung beträgt die minimale Entfernung zu Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) des Offshore-Windparks (OWP) „Borkum Riffgrund 1“ ca. 2,9 km, in nordwestlicher Richtung ca. 6,2 km zu Anlagen des OWP „Trianel Windpark Borkum“ (Abbildung 2). Diese bis in das Jahr 2017 hinein bestehende Lücke in nordwestlicher Richtung wurde im Jahr 2018 mit der Errichtung des OWPs „Merkur Offshore“ geschlossen. Die nächstgelegene Anlage dieses OWPs befindet sich in rund 1 km Entfernung von FINO 1.

3 Material & Methoden

3.1 Allgemeines

3.1.1 Erfassungszeiten und -aufwand

Die Datenerhebung erfolgte im Jahr 2019 per Radar, automatischer Ruferfassung und standardisierter Zugplanbeobachtung durch einen Sichtbeobachter. Mit einem vertikal rotierenden Schiffsradargerät wurden Vogelzugintensitäten und Flughöhen ziehender Vögel lichtunabhängig und – im Vergleich zu Alternativmethoden – wenig wetterabhängig (siehe hierzu z. B. BRUDERER 2003) ermittelt (Kap. 3.2). Über ein Horizontalradarsystem mit diagonal ausgerichteter Parabolantenne wurden Informationen zu Flugrichtungen der erfassten Zugvögel generiert (Kap. 3.3). Erfassungen mit den hier verwendeten Radarsystemen lassen grundsätzlich keine Rückschlüsse auf die Artenzusammensetzung zu. Einblicke in das Artenspektrum gewähren Zugplanbeobachtungen am Tag (Kap. 3.5) und die automatische Zugruferfassung bei Nacht (Kap. 3.4). Die methodenspezifische Vorgehensweise und Leistungsprofile sind den einzelnen Methodenkapiteln (Kap. 3.2 – Kap. 3.5) vorangestellt.

Alle Erfassungen erfolgten zwar grundsätzlich über beide Zugperioden hinweg, im Herbst konnte aber infolge eines Totalschadens am Vertikalradargerät keine Erfassung durchgeführt werden. Im Frühjahr erfolgte die Vertikalradarerfassung kontinuierlich im Dauerbetrieb, abgesehen von Systemausfällen in der ersten Märzhälfte und Mitte April (Abbildung 4). Die Ruferfassung zur Heimzugzeit sowie die Sichtbeobachtungen fanden über Stichproben an ausgewählten Tagen Anwendung. Daten zur Heimzugzeit wurden aus Nächten herangezogen, die die Zugplanbeobachtungstage flankierten. Wo dies infolge von Systemausfällen oder durch aufeinanderfolgende Zugplanbeobachtungstage nicht möglich war, wurden zufällig Nächte bestimmt und auf Rufaktivität ziehender Vögel hin überprüft. Auf diese Weise konnte sowohl die StUK-Auflage möglichst zeitnaher Anwendung beider Methoden bestmöglich erfüllt werden als auch die StUK-Anforderung zur Vogelzug-Erfassung mittels automatischer Zugruferfassung an mindestens sieben Terminen pro Monat (bzw. vier je Halbmonat im Juli und November) erreicht werden. Das herbstliche Rufgeschehen wurde abgesehen von Systemausfällen kontinuierlich erfasst (Abbildung 5).

Die Auswahl von Tagen zur stichprobenartigen Durchführung von Zugplanbeobachtungen erfolgte bedingt zufällig und orientierte sich an der Durchführbarkeit von Helikopterflügen zur FINO 1. Im Frühjahr bzw. Herbst wurden Sichtbeobachtungen an vier Terminen je Monat zwischen März und Mai bzw. August und Oktober durchgeführt. Im Herbst kamen zusätzlich je zwei Termine während der zweiten Julihälfte und während der ersten Novemberhälfte hinzu. Die Terminfindung erfolgte in enger Absprache mit dem verantwortlichen Plattformbetreiber (F & E-Zentrum der Fachhochschule Kiel GmbH). Je Sichtbeobachtungstermin war eine Mindesterfassungszeit von fünf Stunden vorgesehen. Ungünstiges Wetter konnte jedoch einen vorzeitigen Aufbruch von der Plattform erforderlich machen. Umgekehrt konnte im Rahmen von verlängerten Plattformaufenthalten die Erfassungszeit mehr als fünf Stunden betragen. Die Erfassungstermine sind Abbildung 4 und Abbildung 5 zu entnehmen. Da aus Sicherheitsgründen Unterbrechungen der Radarerfassung erfolgen mussten, sobald sich Personen auf der Plattform aufhielten, wurden Radarerfassungen und Zugplanbeobachtungen nicht parallel durchgeführt.

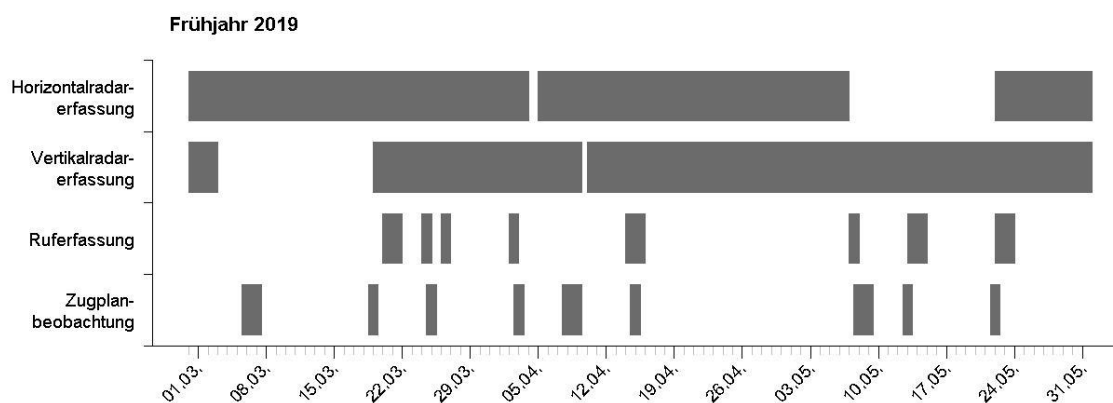


Abbildung 4: Methodenspezifische Übersicht zu Erfassungszeiträumen im Frühjahr 2019 von Horizontal- und Vertikalradar, automatischer Ruferfassung und Sichtbeobachtungen.

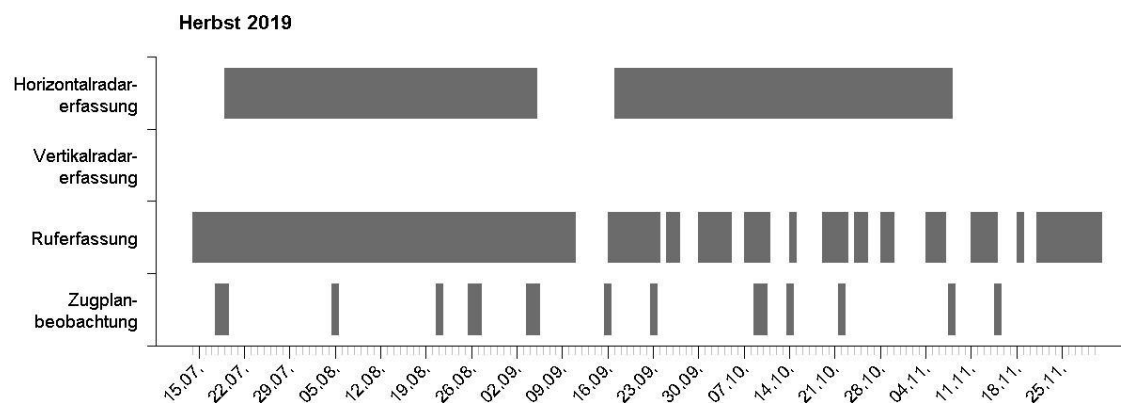


Abbildung 5: Methodenspezifische Übersicht zu Erfassungszeiträumen im Herbst 2019 von Horizontal- und Vertikalradar, automatischer Ruferfassung und Sichtbeobachtungen.

3.1.2 Definitionen

Der Begriff Vogelzugnacht wird als Synonym zur Dunkelphase, der Begriff Vogelzugtag als Synonym zur Tageslichtphase verwendet. Ein Vogelzugtag umfasst den Zeitraum vom Einsetzen der morgendlichen bürgerlichen Dämmerung am Standort bis zum Ende der abendlichen bürgerlichen Dämmerung eines Kalendertages (Sonnenstand jeweils 6° unter Horizont). Die Vogelzugnacht beginnt mit Ende der abendlichen bürgerlichen Dämmerung und endet mit Einsetzen der morgendlichen bürgerlichen Dämmerung des folgenden Kalendertages. Sofern nicht anders angegeben erfolgen alle Zeitangaben in diesem Bericht in UTC (Universal Time Coordinated).

3.1.3 Datenverarbeitung & -darstellung

Sämtliche Datenprozessierungen bzw. statistischen Analysen wurden mit dem Statistikpaket R in den Versionen 3.4.4 und 3.6.2 (R CORE TEAM 2018, 2019) durchgeführt. Wo methodenspezifisch zusätzliche Verfahren nötig waren, sind diese aufgeführt (Kap. 3.2 – Kap. 3.5). Aufgrund der hohen Variabilität in der quantitativen Ausprägung von Vogelzug, wurde in einigen Fällen die Darstellung von Zugintensitäten als Kreisfläche entsprechend angepasst. Damit die Darstellung besonders kleiner Messwerte nicht zu unscheinbar wurde bzw. besonders große Messwerte nicht andere Werte überdeckten, wurden die Messwerte in einigen Abbildungen wurzeltransformiert dargestellt. Ein Messwert von zwei entspricht dabei einer

Punktgröße/Kreisfläche von 1,4, ein Messwert von 20 einer Punktgröße/Kreisfläche von 4,5 und ein Messwert von 200 einer Punktgröße/Kreisfläche von 14,2. Hinweise auf die Darstellung wurzeltransformierter Messwerte finden sich unter den Grafiken.

Zur Darstellung tageszeitlicher Zugintensitätsverläufe wurde die Relation der Messwerte zu Nacht- und Tagesbeginn (definiert über die bürgerliche Dämmerung, s. o.) beibehalten. Die Zeiten um Sonnenauf- bzw. -untergang stellen den Fixpunkt zur Aufnahme von Nacht- bzw. Tagzug dar. Durch im Jahresgang wechselnde Tageslängen variieren feste Zeitstunden in ihrer Relation zu Nacht- bzw. Tagesbeginn. So fällt beispielsweise die Stunde 05:00-06:00 Uhr UTC (06:00-07:00 Uhr MEZ, 07:00-08:00 MESZ) zu Beginn der Heimzugperiode im März in die Dunkelheit, während die gleiche Zeitstunde gegen Ende der Heimzugperiode im Mai deutlich in die Tageslichtphase fällt.

Neben der StUK-konformen stundengenauen Zuordnung von Messwerten zur Dunkelheit bzw. zur Tageslichtphase erfolgt in diesem Bericht eine zusätzliche Auswertungsform, die für jeden Messwert relative tageszeitliche Bezüge erhält (Radarechos und Zugrufe wurden sekundengenau, Zugplanbeobachtungen auf Viertelstundenbasis genau erfasst) und eine Analyse zum Vogelzug im Sinne bevorzugter oder gemiedener Phasen im Tagesgang ermöglicht. Dazu wurden die Dunkelheit und die Tageslichtphase jeweils zugperiodenumfassend in Viertel aufgeteilt, für jeden Tag die dynamisch wechselnden Grenzen errechnet und schließlich die Messwerte entsprechend ihrer zeitlichen Lage zugewiesen. Auch der genaue zeitliche Erfassungsaufwand je Nacht- bzw. Tagesviertel wurde bestimmt. Unter Verwendung des Jacobs'schen Selektivitätsindex (JACOBS 1974) wurde der Tagesgang auf überproportional stark bzw. schwach beflogene Phasen hin untersucht. Dazu wurden Tageszeit und Zugrate im Sinne einer Angebots- (Erfassungsaufwand) und Nachfragesituation (Erfassungserfolg) aufgefasst. Die Formel zur Verschneidung von Erfassungsaufwand und Erfassungserfolg lautet:

$$D = \frac{r - p}{r + p - 2 * rp} \quad (\text{Formel 1})$$

(D = Selektivitätsindex, r = Anteil Messwert zum Vogelzug einer Zeiteinheit, p = anteiliger Erfassungsaufwand in einer Zeiteinheit.

Die relative Differenz D kann dabei Werte zwischen -1 (vollständige Absenz) und +1 (vollständige Präsenz) annehmen. Auf diese Weise kann Vogelpräsenz während einzelner Phasen im Tages- oder Nachtgang und in Relation zum Erfassungsaufwand als über- (Positivwerte) oder

unterrepräsentiert (Negativwerte) erkannt werden. Je weiter sich die Werte dabei vom Wert 0 (Vogelpräsenz = Erwartungswert) entfernen, umso stärker ist die positive oder negative Selektion ausgeprägt. Anhand der Werte wird Vogelpräsenz in einzelnen Tagesabschnitten z. B. als „überproportional“, „positiv vom Erwartungswert abweichend“ bzw. „unterproportional“, „negativ vom Erwartungswert abweichend“ o. ä. bezeichnet. Diese Form der Auswertung erfolgte, wo möglich, im Anschluss an die übliche Darstellung tageszeitlicher Muster.

Um Vogelzug möglichst verlässlich beschreiben zu können, sind kumulierte Gesamtschauen aus Mehrjahreszeiträumen besonders geeignet. Die von Jahr zu Jahr vorhandene Variabilität kann über eine steigende Zahl an berücksichtigten Untersuchungsjahren zunehmend „ausgeglichen“ werden. Dazu wurden an allen Kalendertagen die Messwerte aus den verschiedenen Jahren gemittelt. Die Mittelwertbildung erlaubt es mit zunehmender Langfristigkeit der Untersuchungen, wiederkehrend besonders vogelzugintensive Phasen im Jahresgang zu erkennen und minimiert den Einfluss einzelner Jahre. Dieses Verfahren ist weithin gebräuchlich und auch technisch bedingte Erfassungslücken sind auf diese Weise zu kompensieren (vgl. z. B. HÜPPOP et al. 2009a, 2010, 2012, HILL et al. 2014a). Die Auflösung kann beliebig gewählt werden und neben Tageschärfe ist eine Auflösung auf Pentadenbasis üblich, aber auch noch gröber oder feiner abgestufte Skalierungen sind wählbar.

Im konkreten Anwendungsfall konnten nunmehr über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg kumulierte Gesamtschauen aus den Jahren 2013-2019 für die Methoden der Vertikalradarerfassung (Heimzug bis einschließlich 2019, Wegzug bis einschließlich 2018, s. o.), der automatisierten Zugruferfassung und der Sichtbeobachtungen erstellt werden. Abgesehen von der Basisuntersuchung der Jahre 2001-2003 sind diese ohne Einschränkungen mit Analysen aus früheren Jahren zu vergleichen (s. Kap. 3.6).

3.2 Vertikalradarerfassung

Das vertikal rotierende Schiffsrادargerät auf der Forschungsplattform FINO 1 (Abbildung 6; Typ Furuno „FR-2115-B“, 8 ft-Balkenantenne, 12 kW Sendeleistung, 24 Umdrehungen/min.) zeichnet seit Oktober 2003 im Regelbetrieb rund um die Uhr Daten auf. Im Jahr 2019 fiel das Gerät im Juni mit einem irreparablen Schaden aus, so dass Daten aus der kompletten Frühjahrsperiode 2019 vorlagen, im Herbst 2019 aber keine Erfassungen erfolgen konnten. Das Gerät ist in Richtung WSW (Rotationsebene) ausgerichtet. Es erfasst Vögel theoretisch in einem halbkreisförmigen Bereich von der Wasseroberfläche bis senkrecht über dem Gerät. Durch Abschattung des Radarstrahls durch das plattformeigene Helikopterlandedeck wird tatsächlich ein Bereich in Form eines Viertelkreises in WNW-licher Richtung abgedeckt. Der eingestellte Range beträgt aus Konformitätsgründen 0,75 nautische Meilen (sm [Seemeile]; entspricht etwa 1.389 m), die auswertbare Erfassungsreichweite beträgt rund 1 sm. Gemäß StUK 4 ist eine Messweite von 1.000 m gefordert (BSH 2013b), so dass im Folgenden Radarechos bis in 1.000 m Entfernung berücksichtigt wurden (Abbildung 7).



Abbildung 6: Position des vertikal rotierenden Radargerätes auf FINO 1. Die Rotationsebene ist in Richtung WSW ausgerichtet.

Generell nimmt auf Basis aller Daten des Vertikalradars auf FINO 1 aus 15 Jahren Erfassungsdauer über alle Zugperioden hinweg die Zugintensität mit der Höhe deutlich ab (HILL et al. 2014a). Für das StUK-Monitoring wird die Datenauswahl bei 1.000 m Höhe begrenzt (BSH 2013b), da die Abnahme der Zugintensität mit der Höhe über See deutlich stärker ist als über Land, wo das Gros der Zugvögel bis in 1.500 m Höhe zieht (BRUDERER & LIECHTI 2004, HÜPPOP et al. 2006, BRUDERER et al. 2018). Es liegen zwar Daten bis in 1.500 m Höhe vor, diese sind aufgrund der durchgeführten

Korrekturen jedoch mit einer höheren Unsicherheit behaftet. Auch für Daten aus dem Höhenbereich zwischen 1.000-1.500 m ist eine deutliche Abnahme der Zugintensität mit zunehmender Höhe zu erkennen. Abhängig von der Zugperiode ist diese Abnahme geringer (Heimzug) oder stärker (Wegzug) ausgeprägt. Einzelne Zugnächte können sich, z. B. durch unterschiedliches Wetter, bezüglich der Höhenverteilung stark unterscheiden und die Fluktuationen von Zugnacht zu Zugnacht können enorm ausfallen. Betrachtungen auf Einzelnachtbasis mit Hilfe eines Fixbeam-Radargerätes am Standort von FINO 1 ergaben für Nächte hoher Zugintensität, dass sich 20 bis über 50 % der bis 3.400 m Höhe erfassten Vögel in Höhen bis 200 m konzentrierten (SCHULZ et al. 2014). Zugleich wurden in diesen Nächten im Mittel geschätzt 60 bis über 90 % der Vögel in Höhen bis 1.000 m registriert (SCHULZ et al. 2014). Deshalb ist davon auszugehen, dass vom eingesetzten Vertikalradarsystem mit dem betrachteten Höhenbereich bis 1.000 m Höhe im Mittel wenigstens 2/3 des gesamten Vogelzuges registriert werden. In Einzelfällen kann der erfasste Anteil bei starkem Vogelzug je nach vertikalem Windprofil auch deutlich darüber liegen. Umgekehrt werden in Nächten mit einer mit der Höhe nur langsam ab- oder sogar zunehmenden Höhenverteilung möglicherweise mehr als die Hälfte aller Zugvögel nicht erfasst. Es ist anzunehmen, dass dies jedoch nur in einer geringen Zahl der Nächte der Fall ist.

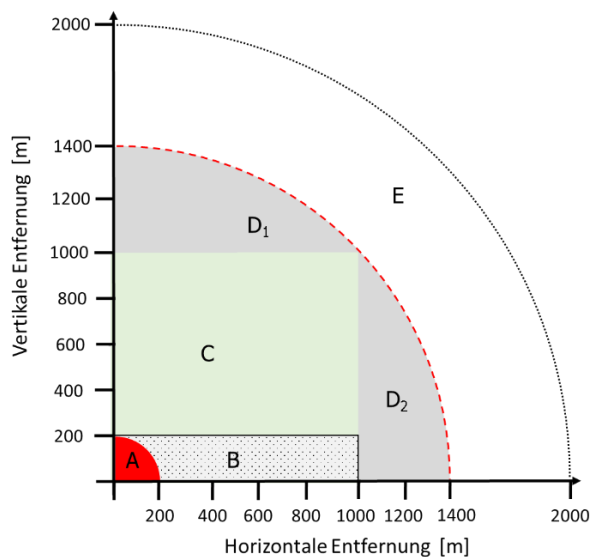


Abbildung 7: Schema des per Vertikalradar-erfassten Luftraums. Das Radargerät befindet sich im Ursprung des Koordinatensystems. Die gepunktete Fläche (B) umfasst den Messbereich der unteren 200 m, wobei die rote Fläche (A) den von Störechos besonders beeinflussten Nahbereich markiert. Die rot gestrichelte Linie markiert den Radius von 0,75 Seemeilen (= 1.389 m) Distanz zum Radargerät (= Erfassungsradius). Innerhalb dieses Bereichs wurden registrierte Vogeleos im Luftraum bis 1.000 m Höhe und bis 1.000 m in horizontaler Entfernung abzüglich des Nahbereichs (A) für die Analysen berücksichtigt (= Flächen B und C). Die Flächen D₁ und D₂ illustrieren den Luftraum innerhalb des Erfassungsradius, aus dem keine Vogeleos für die Analysen berücksichtigt wurden. Für die Fläche A wird eine der Flächengröße entsprechende Anzahl Vogeleos auf Grundlage von den in Fläche B gemessenen Vogeleos angenommen (Flächenkorrektur). Die Fläche E umfasst ca. den maximal vom Radar erfassten Luftraum.

Der horizontale Öffnungswinkel des Vertikalradars beträgt 20°, der vertikale 0,95°. Alle fünf Minuten wurde automatisch ein Radarbild abgespeichert und archiviert, auf dem die Echos aus der aktuellen und den letzten zehn Umdrehungen (entsprechend 27,5 Sekunden) der Radarantenne zu sehen sind (z. B. HÜPPOP et al. 2005, 2006). Sowohl aktuelle und nachleuchtende Echos als auch erkennbare Folgen zusammengehörender Einzeleos, sogenannte Tracks, wurden mit dem Bildbearbeitungsprogramm UTHSCSA Image Tool manuell digitalisiert. Bilder, von denen mehr als 20 % mit Niederschlag bedeckt waren, wurden grundsätzlich nicht ausgewertet. In solchen Fällen überlagern Echos von Wassertropfen Echos von Vögeln, so dass Vogeltracks nicht mehr von Regen zu unterscheiden sind. In Tabelle 19 (s. Anhang) sind die Anzahl aller aufgezeichneten Bilder und Anteile auswertbarer Bilder je Vogelzugnacht angegeben. Zusätzlich ist der Anteil von Bildern mit Vogeleos aufgeführt. Tracks gingen als ein Echo ein. Eine bestimmte Echoanzahl lässt nicht direkt auf die gleiche Anzahl von Vögeln schließen, da eng beisammen fliegende Vögel als ein einzelnes Echo wiedergegeben werden oder sich die Echos bei sehr starkem Vogelzug überlagern können.

Sämtlichen digitalisierten Echos wurde eine distanzabhängige Erfassungswahrscheinlichkeit zugeordnet, mit deren Hilfe die Echozahlen, wie im StUK4 gefordert, korrigiert wurden (s. BSH 2013b und HÜPPOP et al. 2002). Da es sich bei dem hier verwendeten Radargerät um dasselbe wie bei HÜPPOP et al. (2005) handelt, wurden bis einschließlich der Daten von 2015 die dort verwendeten Korrekturparameter direkt übernommen (a_1 603,7 +/- 10,76; a_2 -0,0656 +/- 0,0658; a_3 0,3242 +/- 0,0447; w 2.800 m). Für den Bericht zum Untersuchungsjahr 2016 wurden die Daten sämtlicher Jahrgänge ab 2004 bis 2016 bezüglich der Auswirkungen verschiedener Distanzkorrekturen umfangreich analysiert (AVITEC 2017). Verwendet wurde ein Half-normal-model mit Cosine series expansion. Dies stellt mit drei zu schätzenden Parametern (a_1 -3) einen guten Kompromiss zwischen guter Anpassung (beurteilt nach dem Akaike Information Criterion) und Handhabbarkeit des Modells dar (Hüppop et al. 2002).

Aufgrund leichter Änderungen bei der Verteilung der Radarechos im gesamten Erfassungsbereich, die durch den Clusterausbau im weiteren Umfeld von FINO 1 verursacht sein könnten (AVITEC 2017), wurde entschieden, neue Korrekturparameter aus dem Zeitraum 2014-2016 für das am Standort FINO 1 eingesetzte Radargerät zu ermitteln: a_1 526,3 ; a_2 -0,38 ; a_3 -0,03474 +/- 0,0447; w 1.600 m (AVITEC 2017). Diese fanden auch für die Jahre 2017-2019 Anwendung.

Wie üblich erfolgte zusätzlich eine Aufwandskorrektur, bei der die über eine erreichte Bildanzahl gemessenen Echozahlen einer Stunde an den theoretisch möglichen Maximal-Erfassungsaufwand von zwölf Bildern pro Stunde (= 12 * 27,5 Sekunden Erfassungsdauer = 330 mögliche Sekunden pro Stunde) angepasst wurden. Stunden, in denen weniger als sechs Bilder auswertbar waren, wurden von den Analysen ausgeschlossen.

Im Nahbereich des Radargerätes treten häufig Störechos auf, was die Gefahr irrtümlich berücksichtigter „Vogelechos“ in sich birgt. Um dies zu verhindern, wurden Daten unterhalb einer Distanz von 200 m zum Radargerät in allen Jahren von den Analysen ausgeschlossen. Die fehlenden Flächenanteile wurden berücksichtigt, in dem die korrigierten Echozahlen auf die volle zu erfassende Fläche hochgerechnet wurden. Zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Standorten und zur Einhaltung der StUK4-Vorgaben wurde eine weiterführende Hochrechnung der Echozahlen in Migration Traffic Rates (MTR = Echosignale/h*km) vorgenommen. Dazu wurden die berechneten Vogelzugintensitätswerte mit dem Faktor 10,909 multipliziert, womit vom maximal möglichen Erfassungsaufwand (330 Sekunden je Stunde) auf die 3.600 Sekunden

einer Zeitstunde extrapoliert wurde. Bei der MTR handelt es sich somit um eine aus einer Stichprobe hochgerechnete Anzahl Echos/h, die vom Standort aus bis in 1.000 m Distanz und Höhe erfasst wurden. Die hochgerechnete Echozahl wird als n_{korrr} angegeben.

Zusätzlich zu den durch StUK4 vorgegebenen Radarerfassungen an sieben Tagen je Monat (während einer Zugperiode), wurden für den vorliegenden Bericht alle im Zeitraum März bis Mai erhobenen Daten ausgewertet.

Zugstärkenkategorisierung

Um die quantitative Vergleichbarkeit des Vogelzuges zwischen verschiedenen Jahren zu gewährleisten, wurde ein auf den zwischen 2004-2012 auf FINO 1 gemessenen Radarintensitäten basierendes Referenzsystem herangezogen, anhand dessen eine relative, standortspezifische Kategorisierung der Vogelzugintensität jedes Vogelzugtages bzw. jeder Vogelzugnacht (z. B. „Massenzug“, „starker Vogelzug“ etc.) möglich ist (HILL et al. 2013). Diese Kategorien wurden nach Tag- und Nachtzug getrennt gebildet. Zur Kategorienbildung wurde auf ein Verfahren unter Wahrung einer logarithmischen Relation nach ENGELMANN (1978) zurückgegriffen, was unausgewogene Klassenbreiten verhindert. Es wurden sechs Kategorien definiert. Danach definieren die 0,32 % stärksten Vogelzugnächte bzw. -tage (gemessen als Nacht- bzw. Tagesmittel) der Dauererfassung seit 2004 „Massenzug“. Umgekehrt werden die schwächsten 68 % der Intensitätswerte jeweils als „kein Vogelzug“ interpretiert. Die in der Frühjahrsperiode 2019 gemessenen Intensitäten wurden anhand der Werte zur Vogelzugstärke aus den Jahren vor dem Cluster Ausbau von 2004 bis 2012 den Kategorien zugeordnet. Zusätzlich und analog dazu wurden die einzelnen Stundenwerte rangordiniert (Abbildung 8), um auch kurzzeitige, starke Zugereignisse berücksichtigen zu können. Über das Vorkommen der höchsten Vogelzugkategorie einer Einzelstunde wurde die gesamte Nacht als zu einer bestimmten Kategorie gehörig definiert. Eine bereits über das Nachtmittel als Massenzugnacht definierte Vogelzugnacht konnte nicht weiter hochgestuft werden. Auf diese Weise wurden Nächte zusammengetragen, für die über hohe Nachtmittel und/oder hohe Stundenwerte auf das Vorkommen starker, sehr starker usw. Vogelzugphänomene geschlossen werden konnte.

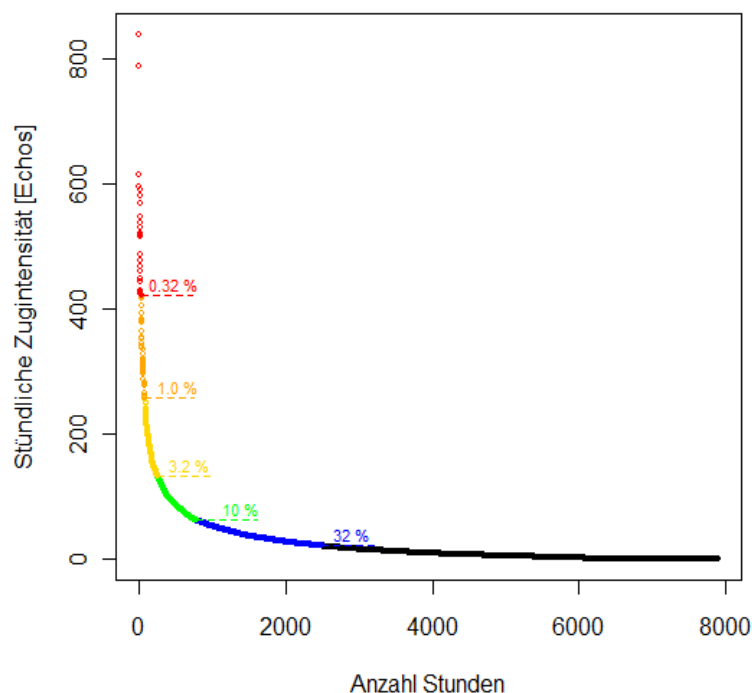


Abbildung 8: Rangordnung von 7.905 nächtlichen Intensitätsmessungen auf Stundenbasis während der Wegzugperioden 2004-2012 (von links nach rechts abnehmende Vogelzugintensität). Die zugintensivsten 0,32 % wurden als Schwellenwert für „Massenzug“ definiert. Weitere Kategorien sind „sehr starker Vogelzug“ (Werte mit Zugehörigkeit zu $\geq 0,32\%$ – $< 1,0\%$ Häufigkeitsrangfolge), „starker Vogelzug“ ($\geq 1,0\%$ – $< 3,2\%$), „moderater Vogelzug“ ($\geq 3,2\%$ – $< 10,0\%$), „leichter Vogelzug“ ($\geq 10\%$ – $< 32,0\%$) und „kein Vogelzug“ ($\geq 32\%$).

Analysen Effektmonitoring

Messungen zum Vogelzug über das eingesetzte Vertikalradar liegen seit 2004 vom Standort FINO 1 vor (HÜPPOP et al. 2009a, HILL et al. 2014a). In einer früheren Studie wurden Daten zur Quantität des Vogelzuges nach Bau des Windparks *alpha ventus* mit solchen aus der Zeit vor der Errichtung im Sinne eines Vorher-Nachher-Vergleichs (BAC, „Before-After-Comparison“) gegenübergestellt (HILL et al. 2014a). Einen weiteren zu analysierenden Abschnitt stellt der 2013 beginnende Clusterausbau dar, so dass in dieser Studie die über Radar gemessenen Werte zum Vogelzug der drei Zeiträume wie folgt unterteilt wurden:

1. 2004-2008 (vor Bau des Windparks *alpha ventus*)
2. 2009-2012 (Betrieb des ersten, 12 Turbinen-umfassenden Windparks *alpha ventus*)
3. 2013-2019 (Entstehung weiterer Windparks im Cluster ‚Nördlich Borkum‘)

Verglichen werden zum einen die Anteile vogelpositiver Stunden in beiden Zugperioden als Maß für die Häufigkeit von Vogelzugereignissen. Zum anderen wurde die mittlere Stärke (= Zugintensität) solcher Vogelzugereignisse in den verschiedenen Zeiträumen untersucht. Die Ermittlung und Verwendung neuer Distanz-Korrekturparameter für die Jahre ab 2013 machte es notwendig, vergleichbare Datensätze für die verschiedenen Vergleichszeiträume (Ausbauphasen) seit 2004 zu erstellen. Für den Vergleich wurden daher nur aufwands- und flächenkorrigierte Daten (s. Abbildung 7) verwendet, auf die Distanzkorrektur wurde verzichtet. Dadurch fallen die Radarwerte in Kap. 6.1 geringer aus als die angegebenen Werte zu identischen Zeiträumen an anderen Stellen in diesem Bericht (z. B. für die Jahre 2013-2019 in der kumulierten Darstellung in Kap. 5.1.1.).

Vogelechos bis 1.000 m (alle Höhen)

Zum Vergleich der Häufigkeit echopositiver Stunden je Zugnacht bzw. Zugtag über den gesamten Höhenbereich (bis 1.000 m) um FINO 1 wurden generalisierte lineare Binomial-Modelle verwendet. Zur Analyse der Zugintensitäten in den echopositiven Stunden wurden generalisierte lineare Poisson-Modelle herangezogen.

Die Auswertungen erfolgten getrennt für Zugtage und Zugnächte wie auch für Frühjahr und Herbst. Insgesamt lassen sich so drei Vergleiche zwischen je zwei Bauphasen heranziehen, um Windpark-Effekte zu beschreiben: (i) nach vs. vor Bau von *alpha ventus* (= *alpha ventus*-Effekt), (ii) nach Clusterausbau vs. vor Bau von *alpha ventus* (Gesamteffekt) und (iii) nach Clusterausbau vs. nach Bau von *alpha ventus* (Ausbau-Effekt). Zur Auswertung wurden aufwands- und volumenkorrigierte Echodaten verwendet.

Höhendifferenzierte Auswertung

Um die Frage zu klären, ob sich die Häufigkeit bzw. Intensität des Vogelzugs in verschiedenen Höhen und in Abhängigkeit der drei Ausbauphasen verändert hat, wurden die Vogelzugintensität und -häufigkeit für die Jahre 2004-2017 höhenspezifisch in zehn Intervallen von je 100 m Höhe (i: bis 100 m, ii: 101 - 200 m, usw. bis x: 901 – 1.000 m) untersucht. Zusätzlich wurde ein elftes Höhenintervall für Höhen bis 200 m betrachtet, welches den rotorüberstrichenen Luftraum umfasst (Fläche B in Abbildung 7). Damit sollte geklärt werden, ob Zugvögel OWEA durch Überfliegen ausweichen und inwieweit sich dieses Verhalten zwischen OWEA-Ausbaustufen

unterscheidet. Da die relativen Unterschiede in der Häufigkeit bzw. Intensität des Vogelzugs in den einzelnen Höhenintervallen für die Auswertung von Ausbau-Effekten genutzt werden, ermöglichen auch Daten ohne Distanzkorrektur diese Vergleiche. Die Analyse der höhenabhängigen OWP-Effekte auf die Vogelzug-Häufigkeit erfolgte ebenfalls mit einem generalisierten linearen Binomial-Modell.

Für die höhenstufenabhängige Auswertung von OWP-Effekten auf die Vogelzugintensität erwies sich ein Negativ-Binomiales Modell besser geeignet als ein Poission bzw. Quasi-Poission Model. Für die Modellvalidierung wurden sowohl die Normalverteilung der Residuen (Q-Q plot), die Homoskedastizität der Residuen (fitted vs. residuals plot), die besondere Einflussnahme von Werten auf das Model (Cook's distance) und das Maß der Paßgenauigkeit des Modells rechnerisch (dispersion d und dazugehöriger p-Wert) und graphisch (rootogram) getestet.

Sowohl zur Modellierung des Gesamthöhenbereichs (Poisson-Modell) wie auch für die höhendifferenzierte Auswertung (Negativ-Binomiales Modell) wurde zunächst die Zahl der Echos je Zugnacht bzw. Zugtag aufsummiert, und die Zahl der auswertbaren Bilder je Zugnacht bzw. Zugtag wurde als offset-Term genutzt. Dadurch wurde gewährleistet, dass gefundene Unterschiede zwischen den Ausbaustufen von möglichen Unterschieden im Untersuchungsaufwand unbeeinflusst sind. Das volle Modell beinhaltete die folgenden festen Effekte:

- Ausbauphase (mit drei Stufen: ohne Windpark, *alpha ventus*, Cluster)
- Julianischer Tag (um ein Muster über die Zugperiode zu erhalten)
- Julianischer Tag zum Quadrat (um eine Kurve über die Zugperiode mit einem Extremwert zu erhalten)
- Interaktion von Ausbauphase und Julianischer Tag
- Interaktion von Ausbauphase und Julianischer Tag zum Quadrat

Die Modellselektion erfolgte durch schrittweise Vereinfachung, wobei anhand von Likelihood-Ratio-Tests mit einem Signifikanzniveau von 0,05 entschieden wurde, welches Modell geeigneter war. In den Grafiken sind 95%-Kreditabilitätsintervalle (auf Grundlage simulierter Posteriorverteilungen mit 1.000 Iterationen) der Vorhersagen aufgetragen. Unterschiede zwischen einzelnen Ausbauphasen bestehen, sobald der mittlere modellierte Wert (= durchgezogene Linie) einer Ausbaustufe nicht mit dem Kreditabilitätsintervall einer anderen Ausbaustufe überlappt. Es wurden in dem Statistik-Programm R 3.4.4 (R CORE TEAM 2018) die

Funktionen glmer und lmer aus dem Paket lme4 Version 1.1-15 (BATES et al. 2015) sowie die Funktion sim aus dem Paket arm Version 1.9-3 (GELMAN & SU 2016) für die Simulationen verwendet.

Damit die 88 Einzelergebnisse der höhendifferenzierten Auswertung (11 Höhenintervalle x 2 Tageszeiten x 2 Zugperioden jeweils für Zugintensität und Zughäufigkeit) interpretiert werden können, wurde für jedes Einzelergebnis (bestehend aus drei zeitlichen Verläufen, siehe Abbildung 9) eine semi-quantitative Beurteilung vorgenommen. Dazu wurden in einem ersten Schritt Bewertungszahlen von 1 bis 5 nach den folgenden Kriterien vergeben:

5: die modellierte Vogelzugaktivität (z. B. für den unter iii [S.41] genannten Fall „Ausbau-Effekt“) nach Clusterausbau ist während des Beobachtungszeitraums (z. B. Wegzug) stets höher als im Zeitraum nach Bau von *alpha ventus* („nur AV“).

4: die modellierte Vogelzugaktivität nach Clusterausbau ist zeitweise höher, aber nie geringer als im Zeitraum nach Bau von *alpha ventus*.

3 (= neutral): die modellierten Vogelzugaktivitäten der zu vergleichenden Bauphasen sind stets gleich, bzw. sind zeitweise während des ersten und zeitweise während des zweiten Beobachtungszeitraums höher.

2: die modellierte Vogelzugaktivität nach Clusterausbau ist zeitweise niedriger, aber nie höher als nach Bau von *alpha ventus*.

1: die modellierte Vogelzugaktivität nach Clusterausbau ist stets niedriger als nach Bau von *alpha ventus*.

Beispielsweise lauten für die in Abbildung 9 modellierten Vogelzugintensitäten die Bewertungszahlen des (i) *alpha ventus*-Effekts (blaue vs. gelbe Kurve) „1“, (ii) Ausbau-Effekt (rote vs. blaue Kurve) „3“ und für den (i) + (ii) Gesamteffekt (rote vs. gelbe Kurve) „1“.

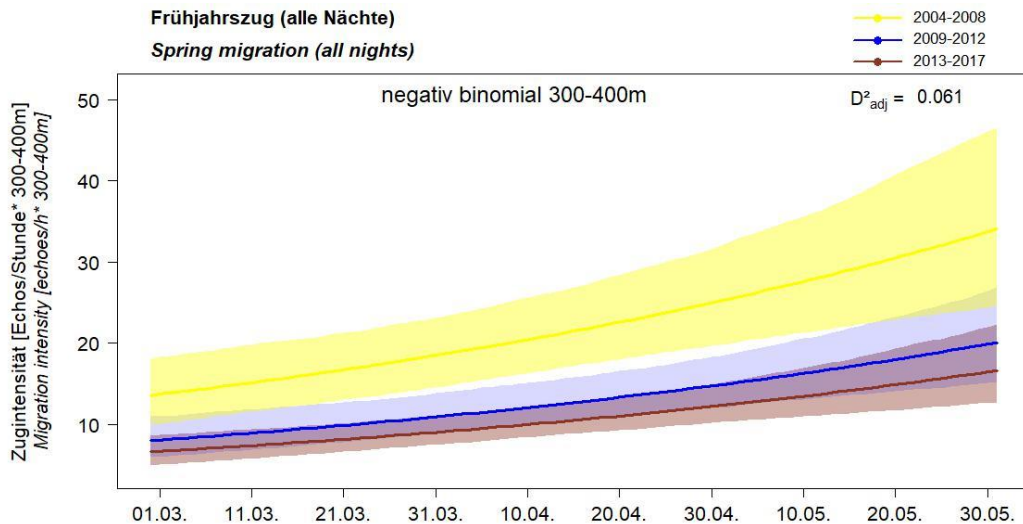


Abbildung 9: Durchschnittliche (durchgezogene Linie), modellierte nächtliche Vogelzugintensität im Frühjahr zwischen 300 und 400 m über dem Meeresspiegel vor (= gelb) und nach (= blau) Bau von *alpha ventus* und nach Clusterausbau (= rot). Farblich markierte Flächen illustrieren das 95 %-ige Kredititätsintervall. D^2_{adj} ist ein relatives Maß der durch das Modell erklärten Varianz.

Für die semi-quantitative Erfassung der Gesamtstärke von Windpark-Effekten wurden für jede Höhenstufe, Zugperiode und Tageszeit getrennt die Bewertungszahlen zur Häufigkeit und Intensität multipliziert und anschließend die Wurzel aus dem Produkt gezogen, damit die resultierende Gesamtstärkenzahl die gleiche Größenordnung wie die ursprünglichen Bewertungszahlen erhält. Abschließend wurde die Gesamtstärkenzahl auf eine ganze Zahl gerundet. Lauteten beispielsweise die Bewertungszahlen von Intensität und Frequenz für den Ausbau-Effekt im Höhenband 0 – 100 m während des nächtlichen Wegzugs 2 bzw. 4, errechnete sich der Gesamteffekt über:

$$\sqrt{2 * 4} = 2,83 \approx 3 \quad (\text{Formel 2})$$

womit die Gesamtstärke des Ausbaueffekts in diesem Höhenband und Zeitraum als neutral quantifiziert wurde.

3.3 Horizontalradarerfassung

Als Horizontalradar wurde ein Furuno-Schiffsradargerät, Typ FAR 2127-BB, mit einer Parabolantenne („Parabolradar“) und einer Sendeleistung von 25 kW eingesetzt (Abbildung 10). Dieses zu Forschungszwecken im Jahr 2010 installierte Gerät wurde im Rahmen des StUKplus-Projektes stetig weiterentwickelt (HILL et al. 2014a). Ergebnisse aus den Jahren 2010 bis 2012 sind ebenda veröffentlicht. 2013 war das Gerät defekt, weshalb für das Berichtsjahr behelfsmäßig Daten vom Standort um FINO 3 herangezogen worden waren (AVITEC 2014). Zur standortspezifischen, kumulativen Betrachtung in Kap. 5.3 wurden diese Daten nicht berücksichtigt.

Die Antenne, mit in einem Labor für Hochfrequenztechnik vermessener Charakteristik, wurde zum Schutz vor Witterungseinflüssen in ein Radom eingekapselt. Bei der Auswertung des kreisförmigen Erfassungsbereichs wurde ein 60° umfassendes Segment mit dem Bereich des Helikopterdecks zwischen 350° und 50° ausgespart. Wegen 2016-2019 aufgetretener Störsignale durch vier OWEA mussten außerdem weitere kleine Messbereiche aus der Analyse herausgenommen werden. Dies betraf die Messbereiche mit Distanzen zwischen 425 und 550 m zum Radar im horizontalen Winkelbereich zwischen 74° und 104° sowie Distanzen zwischen 1.000-1.060 m, 1.160-1.250 m und 1.440-1.550 m bei Winkeln zwischen 75° und 100°.

Je Minute wurden 24 Antennenumdrehungen erreicht. Der Winkel des diagonal nach oben verlaufenden Radarstrahls betrug 15° zur Wasseroberfläche, wodurch Reflektionen an Wellen weitgehend vermieden werden konnten. Der Öffnungswinkel (horizontal und vertikal) der eingesetzten Parabolantenne betrug 3,3°; die Sendefrequenz 9,4 GHz. Der Gain wurde auf 65 gesetzt. Als Pulslänge wurden 0,15 μ s und als Pulswiederholrate 3.000 (entsprechend einem Rangewert von 0,75 sm) gewählt. Es fanden keine Geräte-Filter Verwendung. Die Reichweite (direkte Entfernung zwischen Radargerät und Echo) wurde für diese Auswertung auf 1.600 m begrenzt, wodurch der Erfassungsbereich unter Berücksichtigung des ausgesparten Bereiches rund 3,5 km² umfasste.

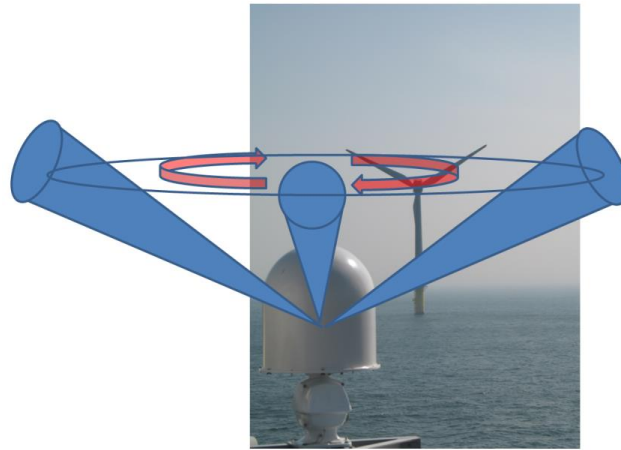


Abbildung 10: Horizontalradar auf FINO 1 und schematische Darstellung des Radarstrahls. Die Antenne befindet sich innerhalb des schützenden Radoms (aus HILL et al. 2014a).

Die Datenaufzeichnung erfolgte digital mittels PC über eine A/D-Wandlerkarte ohne Beschränkung auf ein durch den Rangewert vorgegebenes Monitorbild. Alle notwendigen Signale wie Heading (Nordimpuls) und Intensität der reflektierten Radarsignale wurden erfasst und in Binärdateien gespeichert. Alle 15 Minuten wurde eine Aufzeichnung mit einer Dauer von rund 4:20 Minuten durchgeführt. Die erhaltenen Binärdateien wurden zur weiteren Analyse in ein neues Datenformat überführt, welches von der verwendeten Auswertungssoftware radR (TAYLOR et al. 2010) gelesen werden konnte. Basierend auf der Statistiksoftware R wurden die Radardaten mittels radR auf vorhandene Echos untersucht (Abbildung 11). Zu deren Identifikation musste zunächst getestet werden, wie stark sich ein Echozeichen erhöhter Dichte vom Grundrauschen unterscheidet. Je nach eingestellten Werten wurden diese Echozeichen als „hot“, „cold“ oder „blip“ erkannt. Hierzu wurden Score-Werte von 4,5 für hot und cold gewählt. Die identifizierten „blips“ dienten dann der Erstellung von Flugspuren. Die Rekonstruktion solcher Tracks über zusammengehörige Echos erfolgte über den zeitlichen Ablauf der einzelnen Antennenumdrehungen alle 2,5 Sekunden und im „Multiframe correspondence tracker model“. Die zeitliche Zusammengehörigkeit von Einzelechos wurde vom verwendeten Modell beurteilt (Details hierzu siehe TAYLOR et al. 2010; Schemata siehe Abbildung 12Abbildung 13). Eine Echospur musste mindestens drei Signaturen umfassen, um als Track in die Analysen eingehen zu können.

Da Wasser die Radarstrahlen ebenso gut reflektiert wie ein Vogelkörper, führt auch Regen zu Radarechos und über die anschließende Prozessierung zu Tracks. Zum Ausschluss von Regen

wurde der in radR implementierte Rainfilter genutzt, der Antennenumdrehungen verwarf, sobald eine bestimmte einstellbare Anzahl von „blips“ (hier 95) übertroffen wurde. Zusammen mit flächigem Dauerregen, der ohnehin nicht als Ziel erkannt wird, konnte so das Gros an Niederschlägen herausgefiltert werden.

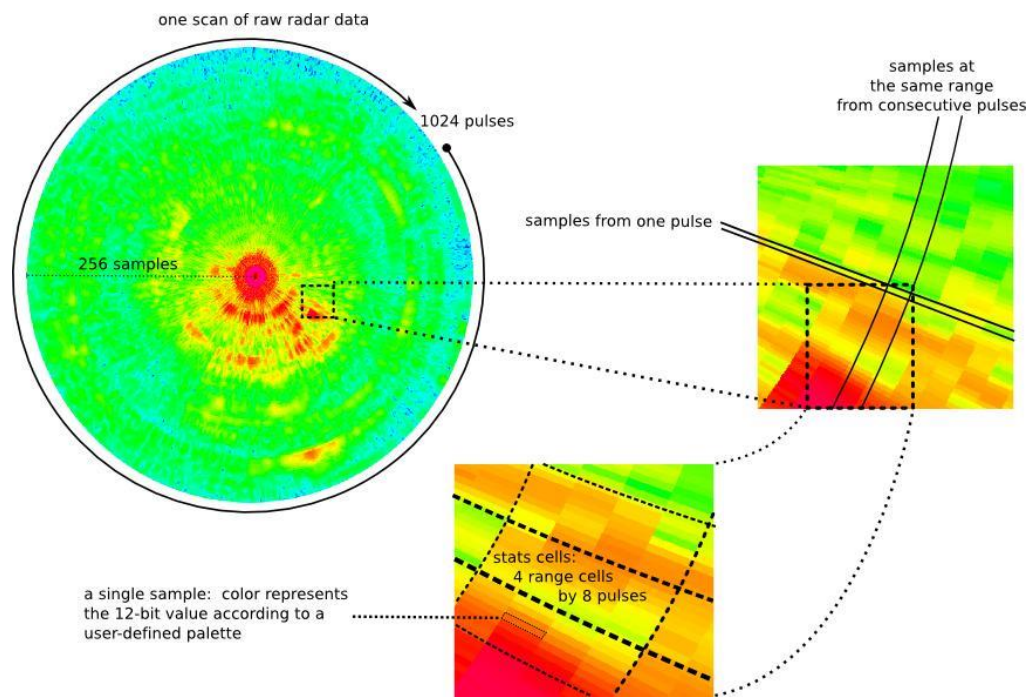
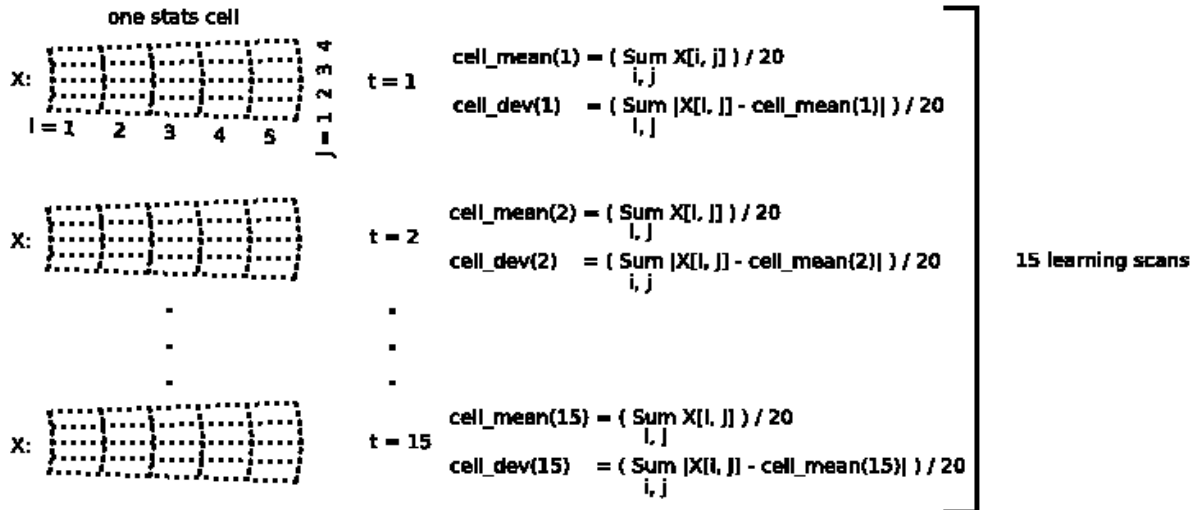


Abbildung 11: Modell des Aufbaus der Datenauswertung mit radR (aus TAYLOR et al. 2010).

The radR Statistical Model for Blip Finding (all numbers in these examples are parameters you can modify)

The Learning Phase

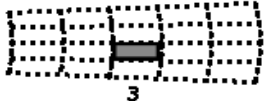


Completing the Learning Phase

$$\text{running_cell_mean}(15) = \left(\sum_{t=1..15} \text{cell_mean}(t) \right) / 15$$

$$\text{running_cell_dev}(15) = \left(\sum_{t=1..15} \text{cell_dev}(t) \right) / 15$$

After the Learning Phase (I): Calculating Sample Scores

X:  t = 16

$$\text{sample_score}[3, 2] = \frac{X[3, 2] - \text{running_cell_mean}(15)}{\text{running_cell_dev}(15)}$$

After the Learning Phase (II): Classifying Samples

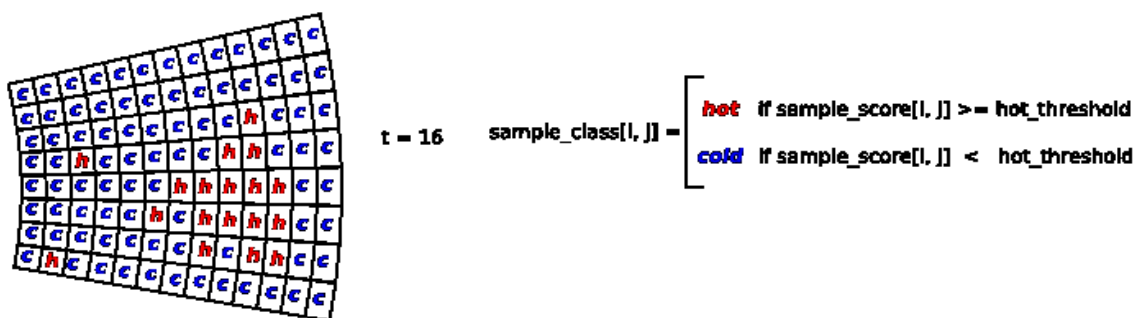
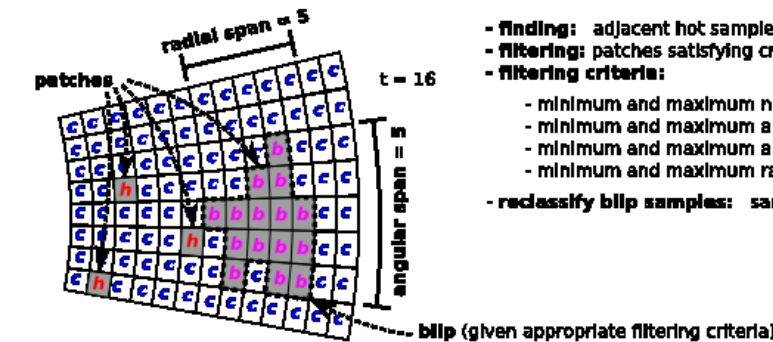


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Datenanalyse mit radR – Teil 1 (<https://www.radR-project.org/@api/deki/files/31/=radRstatsmodel.png>).

After the Learning Phase (III): Finding and Filtering Patches

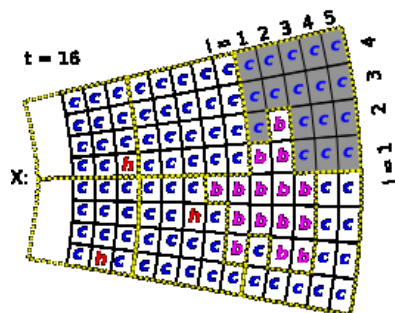


- **finding:** adjacent hot samples are joined together into patches
- **filtering:** patches satisfying criteria are called blips
- **filtering criteria:**
 - minimum and maximum numbers of samples in the patch
 - minimum and maximum apparent patch area
 - minimum and maximum angular span of patch
 - minimum and maximum radial span of patch
- **reclassify blip samples:** $\text{sample_class}[i, j] = \text{blip}$

not using diagonals:
4 patches:
3 x 1-sample
1 x 15-samples

using diagonals:
3 patches:
2 x 1-sample
1 x 16-samples

After the Learning Phase (IV): Estimating Current Cell Stats



- a mean and deviance is calculated for each cell from current sample values, but excluding samples in blips
- e.g. for the shaded cell:

$$\text{cell_mean}(16) = \left(\sum_{i^*, j^*} X[i^*, j^*] \right) / (20 - 3)$$

$$\text{cell_dev}(16) = \left(\sum_{i^*, j^*} |X[i^*, j^*] - \text{cell_mean}(16)| \right) / (20 - 3)$$

the index pairs (i^*, j^*) exclude blip samples:
 $\text{sample_class}[i^*, j^*] \neq \text{blip}$
i.e. the samples $X[1, 1]$, $X[2, 1]$, and $X[2, 2]$ are excluded from the calculations

- if a cell has only blip samples, then don't calculate cell_mean or cell_dev

After the Learning Phase (V): Updating Running Cell Stats

For each cell, we update its running stats using the current stats estimates. The running stats characterize the background of each cell, averaged over time. Sample scores in the next scan are calculated using the updated running stats from the current scan (see above).

$$\text{running_cell_mean}(16) = k * \text{running_cell_mean}(15) + (1 - k) * \text{cell_mean}(16)$$

$$\text{running_cell_dev}(16) = k * \text{running_cell_dev}(15) + (1 - k) * \text{cell_dev}(16)$$

t = 16

long-term estimates single-scan estimates

k is the stats update decay constant, between 0 and 1

- the extreme value $k=0$ represents no memory: samples scores are calculated using cell means and deviances estimate purely from the previous scan

- the extreme value $k=1$ represents no further learning: samples scores are always compared against the cell means and deviances calculated during the learning phase. This is equivalent to turning off the "update stats every scan" option in radR.

- intermediate values of k represent weightings between past and current estimates of background means and deviances; using a smaller k will cause radR to adapt more quickly to changing background conditions, but may lead to less stable blip finding.

Note: if all the samples in a cell belong to blips, then the running stats for that cell remain unchanged:

$$\text{running_cell_mean}(16) = \text{running_cell_mean}(15)$$

$$\text{running_cell_dev}(16) = \text{running_cell_dev}(15)$$

Abbildung 13: Schematische Darstellung der Datenanalyse mit radR – Teil 2 (<https://www.radR-project.org/@api/deki/files/31/=radRstatsmodel.png>).

Für alle automatisch prozessierten Echos erfolgte die Berechnung von Entfernung und Höhe zum Radarstandort, für Tracks die Berechnung der Richtung. Daran schloss sich eine Plausibilitätsprüfung nach eigens entwickelten Algorithmen in der Software R an. Während einer ersten Filterung wurden all jene Tracks verworfen, in denen Einzelechos eine Geschwindigkeit von $< 9 \text{ m/s}$ ($32,4 \text{ km/h}$) unter- oder das detektierte Objekt eine Maximalgeschwindigkeit von 150 km/h überschritt. Für ziehende Singvögel sind typischerweise Eigengeschwindigkeiten zwischen $40\text{-}60 \text{ km/h}$ anzunehmen (BRUDERER & BOLDT 2001). Auf diese Weise wurden Vögel sowohl gegenüber Regen, der am Rande durchziehender Schauer von der automatischen Erkennung (s. o.) gelegentlich nicht als solcher identifiziert wurde, aber auch anderen echoerzeugenden Phänomenen wie Insekten abgegrenzt. Weiterhin reduziert diese Form der Filterung fehlerhaft angenommene Zusammenhänge zweier Echos im Raum während der vorgeschalteten automatischen Datenprozessierung. Um fälschlicherweise diagnostizierte Tracks noch weiter zu eliminieren, wurden solche Tracks verworfen, deren Teilstrecken hinsichtlich der mittleren Flugrichtung einen Varianzkoeffizienten von > 25 aufwiesen. Trotz der diagonal ausgerichteten Antenne traten in einem geringen Maß und nur bei sehr hohem Wellengang im Zusammenspiel mit Antennenöffnungswinkel, Nebenkeulen und des sehr hohen Radarrückstreuwerths reflektierter Wellenkämme und/oder Gischt Störechos auf. Über die Geschwindigkeit und Richtung der Tracks im Abgleich mit Wind- und Seegangsdaten von FINO 1 (s. <http://fino.bsh.de>) konnten solche Daten ausgeschlossen werden. Dabei fiel in der Vergangenheit auf, dass solche Störungen generell mit einer gesteigerten Zahl identifizierter Tracks einhergingen, so dass Dateien mit > 8 Tracks standardisiert einer manuellen Überprüfung unterzogen wurden (AUMÜLLER et al. 2015).

Neben diesen „Verhaltensmerkmalen“ registrierter Echos wurden optische Charakteristika der aufgezeichneten Echos herangezogen, um einen maximal bereinigten Vogelescho- bzw. Vogeltrack-Datensatz zu erhalten. Technisch bedingte Störquellen wie Interferenzen durch den Betrieb weiterer Radargeräte im Umfeld oder von Schiffen und Hubschraubern verursachte Echos ließen sich leicht über typische, konzentrisch verlaufende Muster zusammengehöriger Radarsignale erkennen. Die Aussortierung erfolgte durch eine manuelle Durchsicht nach erfolgter Visualisierung der Radardaten. Plattformeneigene Störechos akkumulieren in einem Umfeld bis zu 360 m zwischen Radargerät und Echos, so dass dieser Entfernungsbereich

grundsätzlich von den Analysen ausgeschlossen wurde. Der Informationsverlust ist angesichts des kleinen Strahlvolumens beim Öffnungswinkel von $3,3^\circ$ gering.

Vereinzelt können durch den Ausschluss von Dateien auch Vogeltracks ausgeschlossen werden. Dieser Fehler ist jedoch in jedem Fall als kleiner einzuschätzen, als die Beibehaltung von Echos, die möglicherweise nicht auf Vögel zurückgehen.

Die Ausrichtung des Radarstrahles verläuft über die betrachtete Reichweite (1.600 m Entfernung zwischen Radargerät und Echo) hinweg diagonal, so dass in Abhängigkeit der Entfernung unterschiedliche Höhenbereiche abgedeckt wurden. Höhen bis 100 m (bis 360 m Entfernung zwischen Radargerät und Echo) wurden angesichts geringen Strahlvolumens einhergehend mit geringer Erfassungswahrscheinlichkeit von Echos und gleichzeitiger Akkumulation von Störechos (s. o.) nur sehr begrenzt auf Vogelvorkommen hin untersucht. Oberhalb von 400 m Höhe (1.600 m Entfernung zwischen Radargerät und Echo) unterblieb dies ganz, denn dann sinkt die Zahl der Vogeleschos durch allmähliches Erreichen der maximalen Erfassungsreichweite für Vögel so stark ab, dass kaum noch verlässliche Tracks identifiziert werden können (AUMÜLLER et al. 2015).

Zusätzlich ist die Detektionsweite vom Erfassungswinkel (aspect) – also dem Winkel zwischen der Körperachse eines fliegenden Vogels und dem Radarstrahl – abhängig. Die Reichweite direkt auf das Radargerät zu- oder davon wegfliegender Vögel halbiert sich ungefähr gegenüber einer seitlichen Erfassung (AUMÜLLER et al. 2015).

Der Einsatz des Parabolradars ist zur Erfassung der Flugrichtungen von Vögeln optimiert und weniger zur Messung der Vogelzugstärke (AUMÜLLER et al. 2015). Im Folgenden wird sich auf Darstellungen zur Richtungswahl der Zugvögel beschränkt. Mit dem parallel eingesetzten Vertikalradar war ein zur Messung von quantitativen Aspekten des Vogelzuges optimiertes System im Einsatz (Kap. 3.2). Neben der mittleren Zugrichtung je Zugnacht ist rho als ein Maß für die Gerichtetheit der Tracks einer Nacht enthalten. Rho kann Werte zwischen 0 (keine Richtungsbevorzugung) und 1 (absolute Richtungsbevorzugung) annehmen. Details zur Kreisstatistik sind JAMMALAMADAKA & SENGUPTA (2001) zu entnehmen. Zur Berechnung der mittleren Flugrichtung wurde das R package *CircStats* in der Version 0.2-4 genutzt (LUND & AGOSTINELLI 2012).

3.4 Automatische Ruferfassung

Die Erfassung der Rufe erfolgte mit einem Richtmikrofon (Sennheiser ME67) ca. 25 m über Seekartennull (SKN) auf dem Plattformdeck. Zur Minimierung von Windgeräuschen wurde das Mikrofon in einem Windschutzkorb mit Windschutzfell untergebracht (Abbildung 14). Das System war autonom rund um die Uhr in Betrieb. Darüber hinaus wurde eine technische Überwachungsroutine implementiert, die software- oder betriebssystembedingte Fehler weitgehend durch automatische Neustarts des Rechners abging. Darüber hinaus konnte der Rechner per Internet kontrolliert und Fehler ggf. behoben werden. Insgesamt ergab sich eine hohe Systemstabilität (s. Kap. 3.1.1). Die erhaltenen Audiodateien wurden lokal gespeichert und von dort regelmäßig auf einen Datenserver übertragen.



Abbildung 14: Mikrofon mit Windschutzfell auf FINO 1.

Die verwendete Methode zur Erfassung von Vogelrufen folgte HÜPPOP et al. (2012): Die in der Skriptsprache Tcl/Tk entwickelte Software zur automatischen Erkennung von Vogelrufen AROMA (Automatic Recording of Migrating Aves) untersucht dazu auf der Basis des Audio-Processing-Toolkits „Snack“ das eingehende Audio-Signal kontinuierlich auf Gipfel, also sich steil im Leistungsspektrum vom Grundrauschen abhebende Geräusche oberhalb einer einstellbaren Frequenzuntergrenze (verwendet wurden 1.500 Hz; HILL & HÜPPOP 2008, HILL et al. 2014a). Nur die anhand der Gipfel erkannten Rufe wurden dadurch automatisch als Audio-Dateien

abgespeichert, direkt durch Wind und Wellenschlag erzeugte Störgeräusche hingegen weitgehend herausgefiltert. Ein solches System reduziert durch seine Filterwirkung im Vergleich zu einer allein durch den Pegel getriggerten Aufnahmetechnik (vgl. FROMMOLT et al. 2012) das auszuwertende Datenvolumen erheblich (HILL & HÜPPOP 2008).

Die so generierten Dateien wurden im wav-Format (16 bit, mono) gespeichert. Die möglichst bis auf Artniveau erfolgte Zuordnung der registrierten Vogelrufe führten qualifizierte Auswerter unter Nutzung geeigneter Software (RAVEN Pro 1.4; <https://ravensoundsoftware.com/>) und eines gut abschirmenden Kopfhörers durch. Die entscheidenden Funktionen einer geeigneten Software bestehen in der Sichtbarmachung der Rufe, aber auch anderer Geräusche, in Form eines Spektrogramms und gleichzeitig möglicher Generierung von Soundstreams aus chronologisch aufeinander folgenden Audiodateien (HILL et al. 2014a). So können akustische und visuelle Bearbeitung der Dateien synchron erfolgen. Dadurch wurde eine effiziente Bearbeitung der Dateien in großen Blöcken ermöglicht. Störgeräusche – trotz vorheriger starker Filterung (s. o.) immer noch zahlreich – ließen sich ebenso wie Vogelrufe „auf einen Blick“ und über (lange) Phasen hinweg erkennen und entsprechend zuordnen. Dies ist besonders wichtig, denn das System kann etliche jeweils nur wenige Sekunden lange Dateien pro Minute aufzeichnen, wenn entsprechende Rufaktivität (oder Störgeräusche) zu verzeichnen ist. Auf diese Weise ließ sich auch das zumindest früher regelmäßig bestehende Problem zu bestimmten Jahreszeiten auf der Plattform rastender und währenddessen ständig rufender Groß- (*Larus spec.*) und Dreizehenmöwen minimieren (vgl. HÜPPOP et al. 2012). Im Gegensatz zu anderen Methoden, die zur Erforschung des Vogelzugs im Offshore-Bereich eingesetzt werden (visuelle Zugplanbeobachtung), ist es mit der automatisierten Zugruferfassung nicht möglich, die auf der Plattform rastenden von ziehenden Vögeln zu unterscheiden, weshalb Groß- aber auch Dreizehenmöwen von der Auswertung ausgeschlossen wurden.

Sobald starke Vogelrufaktivität herrscht, besteht die Möglichkeit, dass einzelne Vögel bzw. Vogeltrupps auf mehreren Dateien in Folge gespeichert wurden. Neue Dateien wurden generiert, sobald Pausen zwischen den detektierten Rufen länger als 1,5 s waren oder die maximale Dateigröße von 5 s erreicht wurde (voreingestellt in AROMA). Im Falle kontinuierlicher Vogelrufaktivität konnten maximal 12 Dateien je Minute generiert werden, was eine lückenlose Erfassung auch bei starker Vogelrufaktivität gewährleistete. Jede vogelrufpositive Datei wurde als ein Datensatz behandelt und mit Angaben zu Datum, Tageszeit und Art versehen. Sobald

mehrere Arten auf einer Datei identifiziert werden konnten, wurden der enthaltenen Artenzahl entsprechend viele Datensätze angelegt. Erfolgt Auswertungen über mehrere Arten hinweg als „vogelpositiv“, mussten Datensätze mit identischen Zeitangaben auf einen Datensatz reduziert werden, was auch bei gruppenspezifischen Betrachtungen zu bedenken war (z. B. Drosseln *Turdus spec.*). Dateien mit Rufen (in seltenen Fällen auch Gesängen) von Individuen oder auch Trupps, die die Plattform zu zwischenzeitlicher Rast nutzten – erkennbar z. B. über die zeitliche Akkumulation von Dateien mit Rufen aus mutmaßlich gleichen Distanzen (u. a. erkennbar anhand der Lautstärke oder aber individuellen Charakteristika wie z. B. Gesangsstrophen) – wurden als zusammengehörig und mit der Bemerkung „Rast“ gekennzeichnet. Das Prozedere entspricht somit dem aktuellen Stand des StUK (StUK 4, BSH 2013a, b).

Eine echte Quantifizierung beteiligter Vögel ist bei der Methode weder möglich noch nötig. Einerseits ist die Detektionsweite des Mikrofons von der Art, vom Wetter aber auch vielen weiteren Faktoren abhängig (Diskussion dazu s. HÜPPOP et al. 2012). Andererseits erfolgen Messungen zur Intensität des Vogelzugs über das parallel zur Zugruferfassung betriebene Vertikalradarsystem (vgl. Kap. 3.2). Die Zugruferfassung ist wiederum die einzige (und begrenzte, s. u.) Möglichkeit zur Einsichtnahme in das nächtliche Artenspektrum, was die Methode zu einem unverzichtbaren Bestandteil von Vogelzugerfassungen auf hoher See macht. Sie kann in vielen Fällen Vorstellungen davon vermitteln, welche Arten in zeitgleich erfassten Radarechos enthalten sind. Dies ist angesichts von Radarmesswerten, wonach etwa zwei Drittel des Vogelzugs über die Nordsee nachts vonstattengehen (HÜPPOP et al. 2009a), umso wichtiger. Trotz fehlender echter Quantifizierungsmöglichkeiten erlaubt die Analyse der Daten aus der Zugruferfassung über das relative Maß „rufpositive Dateien je Stunde“ hinreichende Informationen zu Konzentrationen von Zugvögeln im direkten Plattformbereich, sowohl im Jahres- wie auch im Tagesgang. Die Kenntnis beider Größen ist für eine Gefahrenabschätzung von WEAs im Offshore-Bereich auf das Schutzgut „Zugvögel“ eine wichtige Voraussetzung. Die geringe Reichweite des Mikrofons (mindestens ca. 50 m im Falle der besonders häufigen Drosseln, maximal bis zu wenigen hundert Metern Umkreis im Falle von Gänsen [HÜPPOP & HILGERLOH 2012]; artspezifisch und wetterbedingt variabel) ist insofern von Vorteil, als dass fast ausschließlich nur von solchen Individuen Lautäußerungen erfasst werden, die sich konkret im kollisionsgefährdeten Umfeld plattformeigener Strukturen befanden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen weitere methodische Einschränkungen Berücksichtigung finden. So besteht die Einschränkung, dass einige Vogelarten während des Zuges keine Rufe äußern (FARNSWORTH 2005) oder diese nicht bekannt sind (vgl. hierzu ROBB 2019). Das gilt unter den europäischen Singvögeln vor allem für nachts ziehende Langstreckenzieher gilt (DORKA 1979). Aber auch unter den rufenden Arten ist immer von einer Beteiligung schweigsamer Individuen auszugehen. Andere Vogelarten können im Nebel, unter anderen schlechten Sichtbedingungen oder bei Attraktion durch Licht ihre Rufaktivität steigern (ALERSTAM 1990). Besonders bei schlechten Zugbedingungen fliegen Vögel in der Regel niedriger (z. B. ALERSTAM 1990, GRUBER & NEHLS 2003, HÜPPOP et al. 2009a, AUMÜLLER et al. 2011) und gelangen damit eher in die Reichweite des Mikrofons. Außerdem üben nachts beleuchtete Strukturen – insbesondere auf dem offenen Meer – unter schlechten Sichtbedingungen eine hohe Anziehungskraft aus, so dass bei diesen Bedingungen besonders viele Individuen registriert werden. An der beleuchteten Forschungsplattform FINO 1 wurden vor allem bei ungünstigen Flugbedingungen zahlreiche Vogelrufe registriert (AUMÜLLER et al. 2011, HÜPPOP & HILGERLOH 2012), zumindest in den Jahren bis 2012 mit FINO 1 als singulärer Struktur am Standort bzw. nur mit dem benachbarten, kleinen Windpark *alpha ventus*. Unter günstigen Zugbedingungen fliegen die meisten Vögel höher und somit außerhalb des Erfassungsbereichs des Mikrofons. Fehlende Registrierungen von Vogelrufen sind somit nicht zwangsläufig gleichzusetzen mit fehlendem Vogelzug. Trotz aller Einschränkungen bietet die Methode den Vorteil, dass sie rufende Arten v. a. unter solchen Wetterbedingungen erfasst, bei denen es zu (Massen-)Kollisionen kommen kann (geringe Flughöhe, schlechte Sichtbedingungen, Anlockung durch die Sicherheitsbeleuchtung). Hohen Zahlen von Zugrufen kommt somit eine Indikatorfunktion für die Kollisionsgefährdung zu (HÜPPOP & HILGERLOH 2012).

Analysen Effektmonitoring

Daten aus der Ruferfassung liegen seit 2004 vom Standort FINO 1 vor (HÜPPOP et al. 2009a, HILL et al. 2014a). Ebenso wie bei den Analysen von Vertikalradardaten wurden Daten der Ruferfassung aus verschiedenen distinkten Phasen der Jahre 2004-2019 einander gegenübergestellt. Da Kollisionen an FINO 1 weit überwiegend im Herbst auftraten (z. B. HÜPPOP et al. 2016, AUMÜLLER et al. 2019), erfolgte eine Beschränkung auf die Daten zum Herbstzug (s.o.), der alljährlich – mit Ausnahme technisch bedingter Lücken – komplett zwischen

15.07.-30.11. abgedeckt wurde. Akustische Aufzeichnungen herbstlicher Vogelrufe an FINO 1 wurden hinsichtlich (i) der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten und (ii) der Annäherungsintensität in diesen Nächten während drei verschiedenen Ausbauphasen von Windparks um FINO 1 ausgewertet. Als Maß für die Annäherungsintensität wurde die Zahl rufpositiver Minuten je h*Nacht quantifiziert, während der Zugvögel im unmittelbaren Umfeld der FINO 1 festgestellt wurden. Die Ergebnisse zu (i) und (ii) wurden jeweils für drei Phasen miteinander verglichen:

1. 2004-2008 (vor Bau des Windparks *alpha ventus*)
2. 2009-2012 (Betrieb des ersten, 12 Turbinen-umfassenden Windparks *alpha ventus*)
3. 2013-2019 (Entstehung weiterer Windparks im „Cluster Nördlich Borkum“)

Es wurden sowohl Singvögel insgesamt als auch die drei häufigsten Arten Rotdrossel, Amsel und Singdrossel separat betrachtet.

In die Analyse (i) zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten floss die Information ein, ob es sich bei einer Zugnacht um eine Annäherungsnacht handelte oder nicht. Eine Annäherungsnacht wurde definiert als eine Zugnacht mit mindestens 10 art(-gruppen)spezifischen rufpositiven Minuten. In der Analyse (ii) zur Annäherungsintensität wurden nur die Annäherungsnächte betrachtet, bei allen anderen Nächten wurde davon ausgegangen, dass im unmittelbaren Nahbereich der Forschungsplattform kein nennenswerter Vogelzug stattfand.

Zur Auswertung wurden verallgemeinerte lineare Modelle (GLM: generalized linear model) verwendet. Zur Analyse (i) der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten handelte es sich um ein Binomial-Modell (mit logit-Link) und bei (ii) der Annäherungsintensität um Poisson-Modelle (mit log-Link). Als erklärende Variable ging jeweils als fester kategorialer Faktor die Ausbauphase (1-3, s. o.) ein. Die minutengenaue Anzahl der Stunden pro Zugnacht (Anzahl Minuten/60) ging als ein „Offset“-Term in die Modelle (ii) zur Annäherungsintensität ein, um die gemessenen Daten in Relation zum Aufwand zu setzen.

Zur Extraktion des am besten zu den Daten passenden Modells, wurde das volle Modell mittels eines Likelihood-Ratio-Tests gegen das Nullmodell getestet. Sofern das komplexere Modell bei

einem Signifikanzlevel von 0,05 besser zu den Daten passte, wurde es beibehalten. Als Maß der Variabilität wurden 95%-Kredibilitätsintervalle (credible interval) für die Parameter auf der Grundlage simulierter Posteriorverteilungen mit Hilfe von Posthoc MCMC-Verfahren (Markov Chain Monte Carlo) berechnet. In der Simulation wurden für die Modelle 10.000 Iterationen verwendet. In den Grafiken sind 95%-Kredibilitätsintervalle der Vorhersagen als Fehlerbalken aufgetragen, wodurch sich Unterschiede über fehlende Überlappungen zwischen Fehlerbalken der jeweiligen Säule mit der Höhe der anderen Säulen direkt ablesen lassen.

Sämtliche Analysen und Abbildungen wurden mit dem Statistik-Programm R (Version 3.6.2; R CORE TEAM 2019) durchgeführt. Für die Analyse der verallgemeinerten linearen Modelle wurde die Funktion „glm“ aus dem Paket „lme4“ (Version 1.1-21; BATES et al. 2015) verwendet. Für die Simulationen zur Berechnung der Kredibilitätsintervalle wurde die Funktion „sim“ des Paketes „arm“ (Version 1.10-1; GELMAN & SU 2018) genutzt.

3.5 Zugplanbeobachtungen

3.5.1 Allgemeines

Zur Untersuchung von Auswirkungen auf das Schutzgut „Zugvögel“ durch den Bau und Betrieb von Offshore-Windparks sieht das derzeit gültige StUK 4 (BSH 2013a, b) Zugplanbeobachtungen mit einem Umfang von sieben Tagen pro Monat innerhalb beider Zugperioden im Frühjahr und im Herbst vor. Davon abweichend wurde der Umfang für den Clusterbereich mit dem Standort der Plattform FINO 1 auf vier Erfassungstermine je Monat (Juli und November als „halbe“ Monate mit je zwei Terminen) festgelegt. Die zum Aufsuchen des Untersuchungsstandortes notwendigen Helikoptereinsätze wurden in enger Abstimmung mit dem koordinierenden F & E-Zentrum der Fachhochschule Kiel GmbH durchgeführt, sobald Wetter und Sicherheitsbestimmungen diese zuließen. Da die Flüge den Bestimmungen für Sichtflugbedingungen unterlagen und zusätzlich durch Öffnungszeiten von Flughäfen begrenzt waren, erfolgte die Aufnahme der Zugplanbeobachtungen erst nach Sonnenaufgang (in der Regel nach 06:30 Uhr UTC). Dadurch wurde Vogelzugaktivität in den frühen Morgenstunden vergleichsweise wenig untersucht (vgl. HILL et al. 2014a). Dies gilt auch für das letzte Tagesviertel, denn die Plattform muss vor Sonnenuntergang wieder verlassen werden (in der Regel bis spätestens 16:00 Uhr UTC). Die

Aufenthaltsdauer auf der Plattform lag im Allgemeinen bei mindestens 6 h je Termin, die Beobachtungszeit betrug im Regelfall mindestens fünf Stunden je Beobachtungstag. Sicherheitsrelevante Wetteränderungen nötigten in einigen Fällen zu frühzeitigem Abbruch und Unterschreiten der hier angegebenen Mindestzeiten. Datum und Dauer der Zugplanbeobachtungen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Beobachtungstermine und Erfassungsdauer der Zugplanbeobachtung auf FINO 1 im Frühjahr und Herbst 2019. Angegeben ist jeweils der Startzeitpunkt des ersten und letzten Viertelstundenintervalls.

	Datum	Beginn	Ende
Frühjahr 2019	06.03.	09:45	14:45
	07.03.	10:00	14:45
	19.03.	09:30	15:15
	25.03.	09:30	15:15
	03.04.	07:30	13:45
	08.04.	08:15	14:00
	09.04.	07:00	14:15
	15.04.	07:45	13:45
	08.05.	07:30	13:45
	09.05.	06:45	12:45
	13.05.	08:30	14:15
	22.05.	07:00	13:00
Herbst 2019	18.07.	07:15	13:15
	19.07.	06:45	12:45
	05.08.	07:30	13:15
	21.08.	08:30	14:30
	26.08.	08:30	14:15
	27.08.	08:15	14:15
	04.09.	06:30	12:45
	05.09.	07:15	13:15
	16.09.	08:45	14:45
	23.09.	09:00	14:45
	09.10.	07:30	13:30
	10.10.	07:00	13:30
	14.10.	08:00	14:45
	22.10.	09:15	14:00
	08.11.	08:00	13:45
	15.11.	07:45	13:30

3.5.2 Datenaufnahme

Es wurden vier Blickrichtungen à 90° (= Sektoren) festgelegt, die derart voneinander abgegrenzt waren, dass die zwei nach Westen gerichteten Blickrichtungen vom Windpark *alpha ventus* weg führten in Richtung der in größerer Entfernung liegenden Windparks „Borkum Riffgrund 1“ [nächste OWEA in ca. 2,9 km Entfernung von der FINO 1], „Trianel Windpark Borkum – Ausbauphase 1“ [nächste OWEA in ca. 6,2 km Entfernung von der FINO 1] und ab 2018 „Merkur Offshore“ [nächste OWEA in ca. 900 m Entfernung von der FINO 1]; vgl. Abbildung 2).

Die beiden mit östlicher Richtung erlaubten hingegen den Blick auf die Windparkfläche von *alpha ventus* (nächste OWEA in 400 m von der FINO 1): Von N bis W, von W bis S, von S bis O und O bis N (Sektoren NW, SW, SO und NO, Abbildung 15). Innerhalb einer Beobachtungsstunde wurden für jeweils 15 Minuten Zugplanbeobachtungen in allen vier Blickrichtungen durchgeführt. Die Reihenfolge der Beprobung der Sektoren erfolgte zufällig. Der Horizont des jeweiligen Erfassungsbereichs wurde während eines Viertelstundenintervalls zwei- bis dreimal mit einem Spektiv unter Verwendung eines Weitwinkelokulars und 30-facher Vergrößerung langsam abgeschwenkt (Abbildung 16). Vor, zwischen und nach den Schwenks wurde der Nahbereich mit einem Fernglas mit 8- bis 10-facher Vergrößerung auf ziehende Vögel hin kontrolliert. Die Sichtweite gab den Erfassungsbereich vor. Bei Sichtweiten unterhalb von 3 km wurde die Erfassung ab- bzw. unterbrochen.

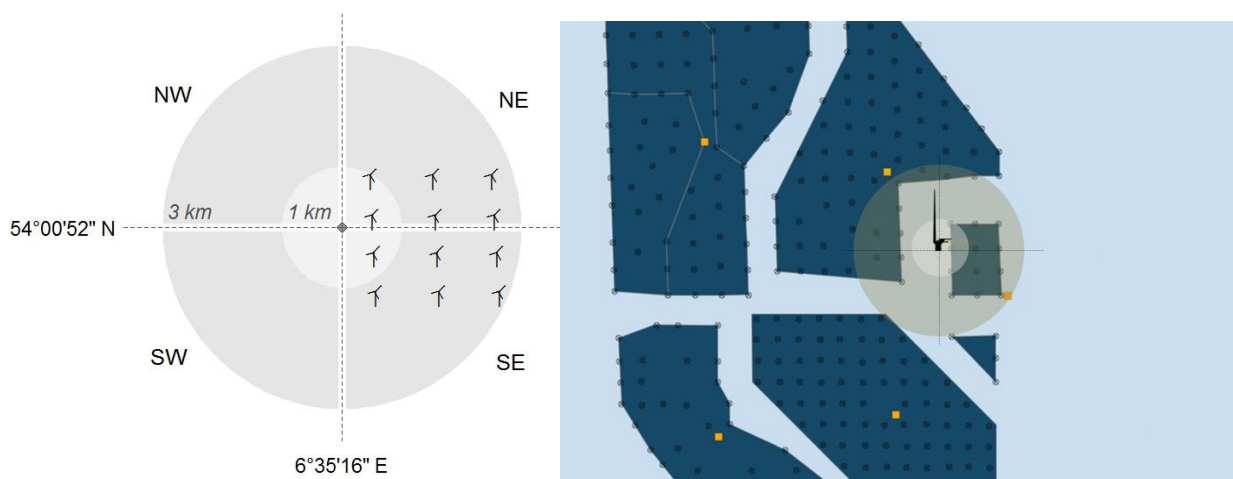


Abbildung 15: Übersicht zu räumlicher Lage und Orientierung der Blickrichtungssektoren um FINO 1 (jeweils im Kreis zentriert) und dem Windpark *alpha ventus* zwischen 2011 und 2013 (links), sowie Lage der Windenergieanlagen im Clusterausbauzustand 2019 (rechts; Karte: <https://www.4coffshore.com/offshorewind/> verändert).



Abbildung 16: Sichtbeobachter während der Zugplanbeobachtungen auf FINO 1.

Zu ziehenden Vögeln wurden alle von DIERSCHKE et al. (2005) empfohlenen Parameter erhoben. Für jedes Zugereignis (ein einzelner Vogel oder ein Vogeltrupp, welcher durch den Beobachter aufgrund seines gerichteten Streckenfluges als „ziehend“ gewertet wurden) wurde, zusätzlich zur Art-, Alters- und Geschlechtsbestimmung, die Reaktion der Vögel auf den Windpark (StUK4-Kodierungen), der beprobte Blickrichtungssektor, die Flugrichtung und die Entfernung protokolliert. Dies geschah bis 4 km auf 500 m, darüber auf 1.000 m genau. Angesichts einer Vielzahl von Bojen, Schiffen und errichteter OWEA mit bekannter Entfernung zum Standort standen feste Orientierungsmarken zur Entfernungskalibrierung hinreichend zur Verfügung. Früher vorgenommene testweise Entfernungsmessungen einzelner Vögel mit einem Laser-Entfernungsmesser hatten eine hohe Übereinstimmung zwischen geschätzten und gemessenen Werten ergeben (AUMÜLLER et al. 2013, HILL et al. 2014a). Zusätzlich wurde die Position der Vögel relativ zur Sektorenhalbierenden vermerkt (rechts oder links) und notiert, ob ein Zugereignis innerhalb oder außerhalb von Windparkflächen registriert wurde. Maßgeblich war für alle erfassten Lageparameter der Ort initialer Wahrnehmung eines Vogels bzw. eines Vogeltrupps. Unmittelbar an den äußeren Grenzen zu Windparks wurde im Rahmen der Protokollierung darauf geachtet, ob ein Vogel in einen Windpark einflog oder über eine Richtungskorrektur einen Einflug vermied. In solchen Fällen wurde die korrigierte Richtung vermerkt. Flugrichtungsangaben erfolgten auf 45° genau, den acht Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen entsprechend. Der bei visuellen Erfassungen vorhandene Parallaxenfehler bei der Richtungseinschätzung ziehender Vögel ist vernachlässigbar gering (GRÖNROSS et al. 2012).

Flughöhen wurden in Klassen erfasst (0 bis 5 m, > 5 bis 10 m, > 10 bis 20 m, > 20 bis 50 m, > 50 bis 100 m, > 100 bis 200 m, > 200 m), wobei durch die vorhandenen OWEA gute Möglichkeiten zur Höhenabschätzung vorhanden waren. Da die im Beobachtungsraum vorhandenen OWEA unterschiedliche Rotordurchmesser besitzen, wurde auf eine Auswertung der Flughöhen mit konkretem Rotorbezug verzichtet. Allgemein darf hier jedoch davon ausgegangen werden, dass Flughöhen bis 20 m sowie über 180 m außerhalb der von Rotoren überstrichenen Bereiche liegen und somit eine Kollisionsgefahr mit OWEA in diesen Höhenbändern gering bzw. nicht gegeben ist. Jedes Zugereignis wurde durch die Vergabe einer Zugereignisnummer als eigenständige Zugbeobachtung markiert, was die spätere Differenzierung einzelner Zugereignisse derselben Art auch innerhalb eines Viertelstundenintervalls gewährleistete und die Zusammengehörigkeit im Falle artübergreifender Trupps indizierte.

Ließen die Beobachtungsbedingungen (Gegenlicht, Windrichtung und -stärke) die Beprobung eines Blickrichtungssektors während eines Sektorenumlaufs nicht zu, wurde eine Ersatzzählung in dem ihm ähnlichen Sektor durchgeführt. Ähnlichkeit wurde dabei über die Blickrichtung definiert (*alpha ventus* zu- oder -abgewandt), so dass sich Ersatzsektoren im konkreten Fall innerhalb der Paarungen SW/NW (beide mit windparkabgewandter Sicht in Bezug auf *alpha ventus*) und SE/NE (beide mit windparkzugewandter Sicht in Bezug auf *alpha ventus*) rekrutieren mussten. Sektorenumläufe, die von solchen Ersatzzählungen betroffen waren, wurden von den nachstehenden Analysen zu Reaktionen gegenüber einem Windpark durch Zugvögel (Kap. 3.5.3) ausgeschlossen. Für standortbezogene Auswertungen zu Zugintensitäten (Kap. 4.4.1.2, 4.4.2.2) konnten die Daten aus solchen Beobachtungsstunden jedoch berücksichtigt werden.

Erfasst wurden grundsätzlich alle Arten. War eine Artbestimmung z. B. wegen großer Entfernung nicht möglich, so wurde das Taxon angegeben, welches noch sicher erkannt werden konnte (z. B. Seetaucher *Gavia spec.*). Für die Auswertung räumlicher Muster wurden tage- oder stundenweise solche Arten ausgeschlossen, von denen im Plattformumfeld nennenswerte Konzentrationen rastender und/oder nahrungssuchender Individuen vorhanden waren (z. B. Großmöwen). Solche Ansammlungen lassen eine Unterscheidung von ziehenden Individuen nicht mehr mit der angestrebten Zuverlässigkeit zu (vgl. DIERSCHKE et al. 2005). Beobachtungen von stationären Vögeln auf oder um die Forschungsplattform FINO 1 herum wurden nicht systematisch analysiert, aber notiert (Tabelle 28 und Tabelle 33 im Anhang). In seltenen Fällen

zogen einzelne Arten in so großer Häufung durch, dass eine Abgrenzung einzelner Zugereignisse nicht mehr möglich war. Während solcher Situationen wurde für die betroffene Art lediglich eine Summe durchziehender Individuen je Viertelstundenintervall angegeben. Solche Ereignisse blieben für die Analysen der Reaktionen von Zugvögeln gegenüber Offshore-Windparks unberücksichtigt. Zur Ermittlung von Zugintensitäten fanden solche Situationen hingegen Eingang in die Auswertungen.

3.5.3 Auswertungsverfahren

Mit den Zugplanbeobachtungen lassen sich zwei Hauptziele verwirklichen, die unterschiedliche Anforderungen an Analysedesign und Datenzuschnitt stellen:

- (1) Untersuchung von Reaktionen gegenüber einem Offshore-Windpark durch ziehende Vögel über die vergleichende Analyse von Zugereignisraten in verschiedenen Sektoren und über verschiedene Ausbaustufen hinweg.
- (2) Ermittlung von standortbezogenen „herkömmlichen“ Zugintensitäten (Ind./h).

Zu (1): „Sektorenanalyse“

Um Toleranz, Meidung oder Attraktion gegenüber OWPs auf Art- bzw. Gruppenniveau aufzeigen zu können, wurden in einem ersten Auswertungsverfahren art- bzw. gruppenspezifische Zugraten je Sektor ermittelt. Hierzu wurden für jedes Taxon und über beide Zugperioden hinweg diejenigen Sektorenumläufe (= Beobachtungsstunden) herangezogen, in denen mindestens eine Sichtung der Art(gruppe) erfolgte. Für jeden Einzelsektor konnte so eine Zugrate, ausgedrückt als Zugereignisse/Viertelstundenintervall, über alle taxonpositiven Beobachtungsstunden hinweg gebildet werden. Vergleiche der Zugereignisraten in windparkzugewandten und -abgewandten (Bezug: nahegelegener Windpark *alpha ventus*) Sektoren erlauben es, Reaktionen wie z. B. Ausweichbewegungen zu erkennen (AUMÜLLER et al. 2013, HILL et al. 2014a). Diese Form der Analyse operiert ganz bewusst nicht auf Basis individuenbasierter Zugraten (Ind./h). Auf diese Weise wird berücksichtigt, dass die einzelnen Individuen innerhalb eines Trupps hinsichtlich der Flugrouten- wie Richtungswahl nicht unabhängig voneinander agieren.

Um den Einfluss der Blickrichtung auf die art- bzw. gruppenspezifischen Zugereignisraten zu testen (poissonverteilte Zählraten), wurde unter Berücksichtigung des Datums als Faktor mit zufälligen Effekten ein verallgemeinertes, lineares, gemischtes Modell (GLMM) gerechnet. In zwei getrennten Analysen wurde als Blickrichtung (1) die Ausrichtung zum nächstgelegenen Windpark *alpha ventus* (zu- bzw. -abgewandt; Einheit: Zugereignisse/30 Min.) und (2) die sektorenscharfe Blickrichtung (SW, NW, NO und SO) untersucht (Einheit: Zugereignisse/15 Min.). Das volle Modell beinhaltet jeweils die Blickrichtung, die Zugperiode (Heimzug oder Wegzug), die Windparkausbauphase als Faktoren mit festen Effekten sowie deren Interaktionen. Für die Windparkausbauphase wurde zum einen Datenmaterial aus der Wegzugperiode 2011 sowie allen Zugperioden der Jahre 2012 und 2013 als Zeitraum vor Clusterausbau berücksichtigt. Zum anderen wurden die Daten der Jahre 2014-2019 als Zeitraum seit dem Clusterausbau definiert. Die westlichen Blickrichtungen sind seit 2014 nur noch bezüglich *alpha ventus* als „windparkabgewandt“ zu bezeichnen, da es seitdem in allen vier Blickrichtungssektoren Windparkfelder gibt. Dafür sind die Ausmaße der Windparks im Westen deutlich größer als diejenigen von *alpha ventus* im Osten.

Als Maß der Variabilität wurden 95 %-Kreditintervalle (credible interval) für die Parameter auf der Grundlage simulierter Posteriorverteilungen mit Hilfe von Posthoc MCMC-Verfahren (Markov Chain Monte Carlo) mit 2.000 Iterationen berechnet. Es wurde eine schrittweise Vereinfachung der Modelle vorgenommen, wobei ein Signifikanzlevel von 0,05 im Likelihood-Ratio-Test als Entscheidungskriterium zur Annahme des vereinfachten Modells herangezogen wurde. Die Daten wurden jeweils auf eine Überdispersion („overdispersion“) hin untersucht. Hierzu wurde jeweils das volle Modell gegen ein Modell getestet, das zusätzlich einen Faktor mit zufälligen Effekten in das Modell einschließt, der ebenso viele Faktorstufen enthält wie es Beobachtungen gibt. Wenn dieses auf Überdispersion kontrollierende Modell den BIC-Wert (Bayesian Information Criterion) um mindestens zwei senkte, wäre das Modell mit dem zusätzlichen zufälligen Effekt verwendet worden. In allen vorliegenden Fällen konnte eine Überdispersion ausgeschlossen werden. Sämtliche Berechnungen erfolgten mit der Statistiksoftware R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2016), wobei für die GLMMs die Funktion `glmer` aus dem package `lme4` (BATES et al. 2015) verwendet wurde.

Diese Form der Auswertung wurde nur für solche Arten(gruppen) durchgeführt, die während beider Zugperioden und zugleich beiden Zeiträumen in mindestens 30 Beobachtungsstunden

(= Sektorenumläufen) notiert wurden. In den Ergebnisgrafiken sind nur signifikante Modellergebnisse dargestellt. Im Falle der Analysen zur Sturmmöwe konvergierten einige der Modelle bei der schrittweisen Vereinfachung nicht. Deshalb wurden bei dieser Art die Daten der Heimzug- und der Wegzugperiode getrennt ausgewertet.

Über die taxonspezifische Beschränkung auf Präsenzstunden wird eine Begrenzung auf solche Wettersituationen erreicht, die taxonspezifisch zum Auftreten am Standort führen. Beispielsweise wählen Gänse sehr deutlich Wetterlagen mit Rückenwind und guten Sichtbedingungen für Offshore-Überflüge und ziehen an wenigen Tagen mit solchen Bedingungen über die offene Nordsee (z. B. HÜPPOP et al. 2009b). Werden die wenigen Zugtage im Offshore-Bereich durch die zufällige Wahl von Beprobungstagen abgedeckt, ergeben sich hohe Zugereignisraten, sobald die Zugereignisse dem allgemeinen Beprobungsaufwand gegenübergestellt werden. Zufällig hätten, z. B. vor oder nach Clusterausbau, besonders häufig Tage mit hoher Eignung für Gänsezug abgedeckt werden können, was dann zu erhöhten Zugereignisraten von Gänsen während verschiedener Ausbaustufen hätte führen können. Werden indes nur Gänsezugtage der verschiedenen Ausbaustufen bezüglich Zugereignisraten miteinander verglichen, sind die Ergebnisse ungleich weniger wetterbeeinflusst.

Zu (2): „Zugintensitäten“

Unter Einschluss aller Aufwandsstunden wurden über alle Jahre kumulativ artspezifische Zugintensitäten errechnet (Ind./h). Zusätzlich wurden Zugintensitäten eigenständig für das Berichtsjahr 2019 dargestellt.

Während der Zugplanbeobachtungen werden Zeitstunden oftmals nicht komplett untersucht, je nach Startzeitpunkt des ersten Viertelstundenintervalls. Das StUK4 sieht die Angabe von Zugintensitäten in der Einheit „Ind./h“ vor. Um diese Vorgabe zu erfüllen, wurden einerseits die Zahl der auswertbaren 15 Minuten-Intervalle je Zeitstunde und andererseits der Korrekturfaktor zur Hochrechnung bestimmt. Wurden in einer Zeitstunde beispielsweise nur zwei Beobachtungsintervalle verwirklicht, ergab sich ein Korrekturfaktor von zwei, mit dem die Anzahl beobachteter Vögel multipliziert wurde, um eine korrigierte Zugrate je Stunde angeben zu können. Werden im Bericht tatsächlich beobachtete Vogelzahlen genannt, ist dies ausdrücklich als nicht korrigierte Zugrate vermerkt.

3.6 Methodische Unterschiede zur Basisaufnahme der Jahre 2001-2003 und Folgezeiträumen

Die Basisaufnahme fiel in eine Zeit, in der eine Standardisierung der Offshore Begleitforschung in Form eines StUK gerade im Entstehen war. Auch wenn die Datenaufnahme in den Jahren 2001 bis 2003 weitgehend den Anforderungen des derzeit gültigen StUK4 entspricht, existieren Unterschiede zu der Datenerhebung ab 2013.

Die Basisaufnahme in den Jahren 2001 bis 2003 erfolgte von einem ankernden oder langsam fahrenden Schiff aus. Radarerfassungen, Zugruferfassung und Sichtbeobachtungen fanden somit von Standorten in ca. 6-8 m Höhe über dem Meeresspiegel statt (BIOLA 2004). Das Deck der Forschungsplattform FINO 1, auf dem Vertikalradarerkennung und automatisierte Zugruferfassung seit dem Herbst 2004 mit gleichbleibender Methodik erhoben wurden, liegt in rund 20 m Höhe. Während der Basisaufnahme erfolgte die nächtliche Erfassung von Zugrufen durch Beobachter und nicht durch ein automatisiertes System. Seit dieser Umstellung sind Reproduzier- und Überprüfbarkeit gegeben, der Einfluss weiterer Größen – wie z. B. Schwankungen der Aufmerksamkeit der Erfasser – konnte minimiert werden. Sichtbeobachtungen von der Plattform aus (Zugplanbeobachtungen) wurden seit dem Jahr 2008 durchgeführt und sind seit dem Juli 2011 hinsichtlich der Blickrichtung dahingehend standardisiert, dass innerhalb einer Stunde vier Blickrichtungssektoren mit feststehenden Himmelsrichtungen beprobt wurden (Details s.o.). Dies gewährleistete weiterhin die Ermittlung standort- sowie artspezifischer Zugraten, ermöglichte aber u. a. die zusätzliche Berücksichtigung räumlicher Verteilungsmuster zu Zugereignisraten ziehender Vögel, was Kausalbezüge zu errichteten OWPs ermöglichte. Für Untersuchungen vor dem Herbst 2011 war nur die Ermittlung standort- und artspezifischer Zugraten möglich. Mit Aufnahme plattformbasierter Zugplanbeobachtungen kam zusätzlich zum Fernglas ein Spektiv zum Einsatz, was die Reichweite der Erfassungen erhöhte. Die für Zugplanbeobachtungen vorgenommenen Vergleiche verschiedener Zeiträume beschränken sich auf die ab dem Herbst 2011 erhobenen Daten. Abgesehen von sechs bis zum Jahresende 2013 errichteten OWEA nordwestlich der FINO 1 wurden die Windparks „Trianel Windpark Borkum, Ausbauphase 1“ und „Borkum Riffgrund 1“ im Jahr 2014 gebaut und die Anlagen 2015 in Betrieb genommen. Tagsüber ziehende Vögel scheinen bereits gegenüber installierten und noch nicht betriebenen Anlagen sensibel zu reagieren zu

können (PLONZKIER & SIMMS 2012), so dass artspezifisches Datenmaterial folgenden Zeiträumen zugeordnet und den vorgenannten Ergebnissen gegenübergestellt wurde:

1. 2011-2013 (vor Clusterausbau)
2. 2014-2019 (seit Clusterausbau)

Neben dieser fachlich gebotenen zeitlichen Einteilung für Analysen zum Meideverhalten wurden artspezifische Zugraten für die Hellphase kumuliert aus Daten der Jahre 2013-2019 (UMBO-Zeitraum) ermittelt und dargestellt.

StUK4-konform wurden für die Radardaten ab 2013 die Auswertungen bis in eine Distanz von 1 km durchgeführt. Ergebnisse der Untersuchungen von 2001 bis 2003 basierten auf Daten in bis zu 1,5 km Entfernung.

Die während mehrerer Forschungsprojekte erfassten Daten des Vertikalradars wurden seit Herbst 2003 aufwands- und distanzkorrigiert bezogen auf 12 Erfassungsintervalle je Stunde und Kilometer dargestellt (HÜPPOP et al. 2005). Um die Daten der Folgejahre damit besser vergleichen zu können, wurde auf diese Weise auch für das Monitoring nach StUK seit 2008 verfahren. Zur besseren Vergleichbarkeit mit Untersuchungen von anderen Standorten werden ab 2015 die korrigierten Echozahlen ausgehend von den 12 Erfassungsintervallen auf eine volle Stunde hochgerechnet (Migration Traffic Rate – MTR). Dieses Verfahren wurde rückwirkend auch auf die Daten seit 2004 angewendet.

Die Erfassung per Horizontalradar war 2001 bis 2003 bis zu einer Wellenhöhe von 0,5 m möglich, da bei stärkerem Wellengang die Radarbilder durch von Wasser verursachte Echos überdeckt waren. Dieser sogenannte „sea clutter“ konnte für die Untersuchungen ab 2013 durch den Einsatz einer Parabolantenne mit einem geringen Öffnungswinkel von 3,3° vermieden werden. Somit konnte die Erfassung durchgehend erfolgen, durch den sehr kleinen Öffnungswinkel werden aber auch weniger Echos registriert. Das Vertikalradar konnte zu Zeiten der Basisaufnahme, da vom Schiff aus betrieben, nur bis 7 Bft betrieben werden. Seit Verwendung des Standortes FINO 1 für die StUK-Untersuchungen wurde ein Betrieb auch bei stärkerem Wind möglich.

Für vergleichende Datenanalysen der Methoden Radar- und Ruferfassung zwischen unterschiedlichen Ausbaustufen der OWPs wurden folgende Zeiträume definiert:

- 1) 2004-2008 (vor dem Bau von *alpha ventus*)
- 2) 2009-2012 (Bau und Betrieb von *alpha ventus*)
- 3) 2013-2019 (Betrieb von *alpha ventus* und Clusterausbau)

Gegenüber den Analysen der Sichtbeobachtungen (s. o.) wurde das Jahr 2013 somit anders zugeordnet. Im Gegensatz zu den Bedingungen in der Hellphase, während der vor allem die Anlagen selbst als Stimulus für meidendes Umfliegen wirken dürften (s. o.), ist für nächtliches Zugvogelaufkommen die mögliche Lockwirkung von Licht an Offshore-Strukturen zu berücksichtigen (vgl. z. B. BALLASUS et al. 2009, REBKE et al. 2019). Im Herbst 2013 war die Präsenz von beleuchteten Schiffen zur Errichtung der Gründungsstrukturen dem Baufortschritt entsprechend hoch. Zusätzlich sind alle fertiggestellten Gründungsstrukturen mit Beleuchtung zur Hinderniskennzeichnung ausgestattet, was die Menge emittierten Lichts weiter erhöhte. Somit wurden nächtliche Messwerte zum Vogelzug ab 2013 dem Zeitraum „seit Clusterausbau“ zugeordnet.

Unterschiede bestehen auch hinsichtlich der Zuordnung der Daten zur Dunkelheit oder zum Tageslicht: Von BIOLA (2004) wurde die Zeit von 30 Minuten vor Sonnenuntergang bis 30 Minuten nach Sonnenaufgang als Nacht definiert. Für diesen Bericht wurde die Nacht StUK-konform als die Zeit zwischen abendlicher und morgendlicher bürgerlicher Dämmerung definiert. Zu Zeiten der Tagundnachtgleiche endet die bürgerliche Dämmerung in Mitteleuropa ca. 35 Minuten nach Sonnenuntergang bzw. beginnt ca. 35 Minuten vor Sonnenaufgang.

4 Ergebnisse

4.1 Vertikalradarerfassung Frühjahr 2019

Einen Überblick über die Häufigkeit der im Frühjahr 2019 erreichten Zugstärke-Kategorien aller Nächte gibt Tabelle 3. Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, dass die Ableitung und Verwendung quantitativer Begrifflichkeiten wie „Massenzug“ oder „kein Vogelzug“ rein standortspezifisch aufzufassen sind und sich nur auf die registrierte Zugstärke am Standort beziehen.

Tabelle 3: Anzahl Vogelzugtage und -nächte aus der Radarerfassung und ihre Zuordnung zu den Vogelzugkategorien im Frühjahr 2019. Als Referenz dienen die Radarwerte der Jahre 2004-2012. Unterschieden wurde zwischen Tag und Nacht.

Kategorie	Frühjahr	
	Tag	Nacht
kein Zug	4	22
schwacher Zug	20	15
moderater Zug	22	16
starker Zug	12	9
sehr starker Zug	12	9
Massenzug	4	5
n	74	76

4.1.1 Zugintensitäten

Die Radarerfassung generierte zwischen dem 28.02. und dem 31.05.2019 Daten zu 74 Tagen und zu 76 Nächten mit zusammen 1.647 Messstunden. D.h. rund drei Viertel der 92-tägigen Heimzugperiode wurden abgedeckt (Abbildung 17). In den 1.647 Messstunden wurden 19.385 auswertbare Bilder generiert, das entspricht mit 98,1 % fast dem theoretischen Maximum (Tabelle 19 im Anhang).

Auf etwa jedem vierten Bild (4.698 Bilder, 24,2 %) wurden Echos (im Folgenden verwendete Synonyme: Vogelbewegungen, Vogelsignatur, Vogeleos) erkannt, die sich insgesamt auf 10.405 Echos summierten. Dies entspricht aufwands- und distanzkorrigiert (für 1.000 m Höhe und Entfernung) 42.547 Echos, woraus sich hochgerechnet 464.146 Echos für das Frühjahr 2019 ergaben (Tage ohne Messungen blieben unberücksichtigt).

Während der Vorjahre hatten sich für 2013 588.687, 2014 531.935, 2015 568.283, 2016 407.804, 2017 298.562 und 2018 349.492 Vogelbewegungen errechnet. Nicht abgedeckte Zeiträume waren in den Vorjahren selten und betrugen maximal 14 Tage im Jahr 2017.

Der Anteil von Bildern mit Vogelsignaturen je 24-h-Aufnahmeintervall erreichte 2019 den Maximalwert von 71,2 % am 19.03. Im Mittel erwiesen sich 24,3 % der auswertbaren Bilder je 24-h-Aufnahmeintervall als echopositiv (Median 18,1 %; Tabelle 19 im Anhang).

Während der Heimzugperiode wurden von Anfang März bis Ende Mai durchgehend Vogeleos registriert, sofern von Zeiträumen ohne Radarerfassung abgesehen wird (Abbildung 17, Tabelle 20 im Anhang). Nachtzug überwog im Frühjahr sehr deutlich (Abbildung 17, Tabelle 20 im Anhang), die Zugintensität war nachts im Schnitt mehr als dreimal so hoch wie tagsüber.

MTRs von im Mittel über 1.000 Echos/h*km wurden im Frühjahr 2019 in zwölf Nächten ermittelt, dreimal im März, achtmal in der zweiten Aprilhälfte sowie in einer Nacht in der ersten Maihälfte.

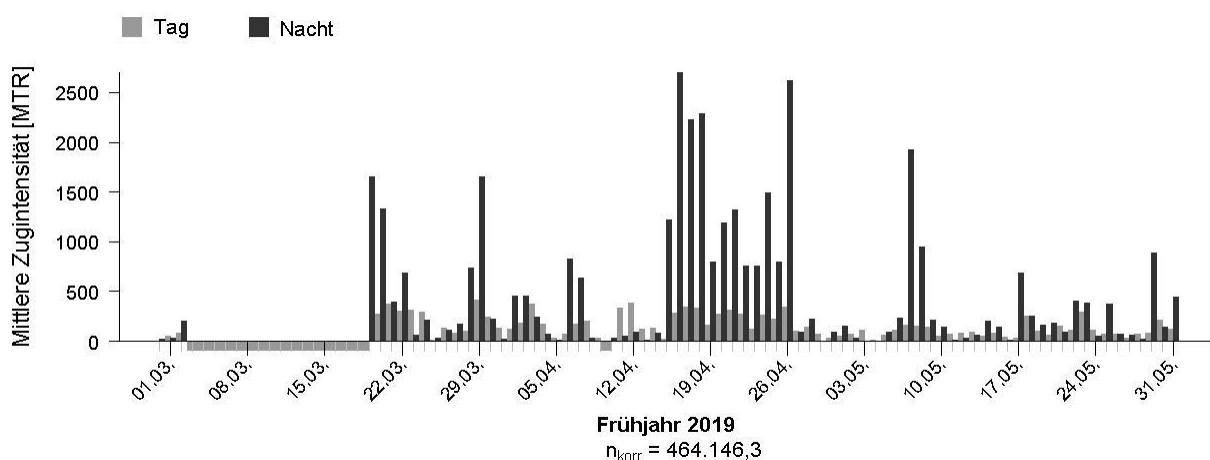


Abbildung 17: Vogelzugintensität im Frühjahr 2019 in tagesscharfer Auflösung (Vertikalradarerkennung; Echos/h*km) am Standort FINO 1. Die Daten sind nach Hell- und Dunkelphase aufgeschlüsselt. Unterhalb der x-Achse grau unterlegte Bereiche kennzeichnen nicht erfasste Zeiträume. n_{korr} gibt die Echoanzahl nach Distanz- und Aufwandskorrektur sowie Hochrechnung auf MTR an. Datenbasis s. Tabelle 20 im Anhang.

Phasen stärkerer und schwächerer Zugvogel-Passage wechselten sich über die gesamte Heimzugperiode hinweg ab (Abbildung 17, Tabelle 20 im Anhang). Eine Phase besonders starken Vogelzugs lässt sich zwischen Mitte bis Ende April abgrenzen, während derer fünf Massenzugnächte registriert wurden. Die Zugnacht 16./17.04. wies im langjährigen, lokalen Maßstab ein besonders hohes Nachtmittel mit 2.698 Vogelbewegungen/h*km auf. Die folgenden

Massenzugnächte 17./18.04., 18./19.04. sowie 24./25.04. und 26./27.04. waren über einzelne besonders hoher Stundenwerte von bis zu 7.640 Echos/h*km charakterisiert, die jeweils kurzzeitige, besonders starke Vogelzugereignisse belegen. Für neun Nächte konnte auf „sehr starken“ Vogelzug geschlossen werden. Es handelte sich um drei März- (19./20.03., 20./21.03., 29./30.03.), vier April- (15./16.04., 20./21.04., 21./22.04., 25./26.04.) und zwei Mainächte (07./08.05., 29./30.05.). In die Kategorie „starke Vogelzugnacht“ fielen neun Vogelzugnächte (zwei Märznächte, fünf Aprilnächte, zwei Mainächte). In 16 Nächten konnte auf „moderaten Vogelzug“ geschlossen werden, in 15 Nächten auf schwachen Vogelzug. „Kein Vogelzug“ wurde in den 22 übrigen Nächten der Zugperiode registriert.

Tagsüber übertrafen die Zugintensitäten im Frühjahr 2019 an keinem Tag die Marke von 500 Echos/h*km, womit maximale Ausschläge vergleichsweise niedrig blieben (AVITEC 2014-2019) und nach standortspezifischen Maßstäben moderatem Vogelzug entsprachen. Maximale Tagesmittel wurden am 29.03. (410,5 Echos/h*km) und 12.04. (385,9 410,5 Echos/h*km) registriert. Das Mittel aller Tageswerte des Frühjahrs war indes höher als in einigen Vorjahren und betrug 155,8 Echos/h*km (Median 119,4 Echos/h*km). An vier Tagen wurden einzelne sehr hohe Stundenwerte verzeichnet, die oberhalb von 2.000 Echos/h*km lagen und die Zugtage damit nach lokalen Maßstäben als Massenzugtage charakterisierten, wenngleich die Zugereignisse auf kurze zeitliche Abschnitte beschränkt blieben: 29.03., 11.04., 18.04. und 22.04. Der höchste Stundenwert unter Tageslicht wurde dabei am 11.04. mit 2.606,6 Echos/h*km gemessen. Tage sehr starken Zuggeschehens wurden ebenfalls nur über das Kriterium einzelner hoher Stundenwerte identifiziert und wurden je zweimal im März und Mai sowie achtmal im April registriert. 22-mal wurde auf „moderaten“, 20-mal auf „schwachen“ Vogelzug und 4-mal auf „kein Vogelzug“ geschlossen.

Bei stundenscharfer Darstellung wird deutlich, dass Vogelzug im Frühjahr 2019 abends oft zögerlich einsetzte und die ersten Stunden nach Sonnenuntergang zumeist von geringer oder fehlender Vogelzugaktivität gekennzeichnet waren (Abbildung 18). Entsprechend negative Selektivitätswerte nach JACOBS (1974) von -0,62 ergeben sich für das 1. Nachtviertel (Abbildung 19). Die übrigen Nachtviertel wurden proportional stärker beflogen, vor allem die zentrale Nachthälfte (2. Nachtviertel: 0,22; 3. Nachtviertel: 0,17; 4. Nachtviertel: 0,08).

Nicht jede Vogelzugnacht entsprach im Frühjahr 2019 dem geschilderten Muster zum zeitlichen Verlauf. Gipfel nächtlicher Vogelzugintensität konnten auch bereits in der ersten Nachthälfte

liegen, wie z. B. in der Massenzugnacht 26./27.04. als Vogelzug frühzeitig zwischen 21:00-22:00 Uhr (7.640 Echos/h*km) höchste Intensitäten erreichte, um dann bis in die frühen Stunden des Folgemorgens abzunehmen. Stärkerer nächtlicher Vogelzug erstreckte sich auch im Frühjahr 2019 hin und wieder bis in die Tageslichtphase hinein (Abbildung 18). Entsprechend konnte für das erste Tagesviertel überproportional starke Vogelzugaktivität aufgezeigt werden (Abbildung 19; Indexwert zur Selektivität: 0,52). Die drei übrigen Tagesviertel wurden in geringerem Ausmaß beflogen, vor allem das abendliche Tagesviertel (Indexwerte zur Selektivität: 2. Tagesviertel: -0,18; 3. Tagesviertel: -0,24, 4. Tagesviertel: -0,42).

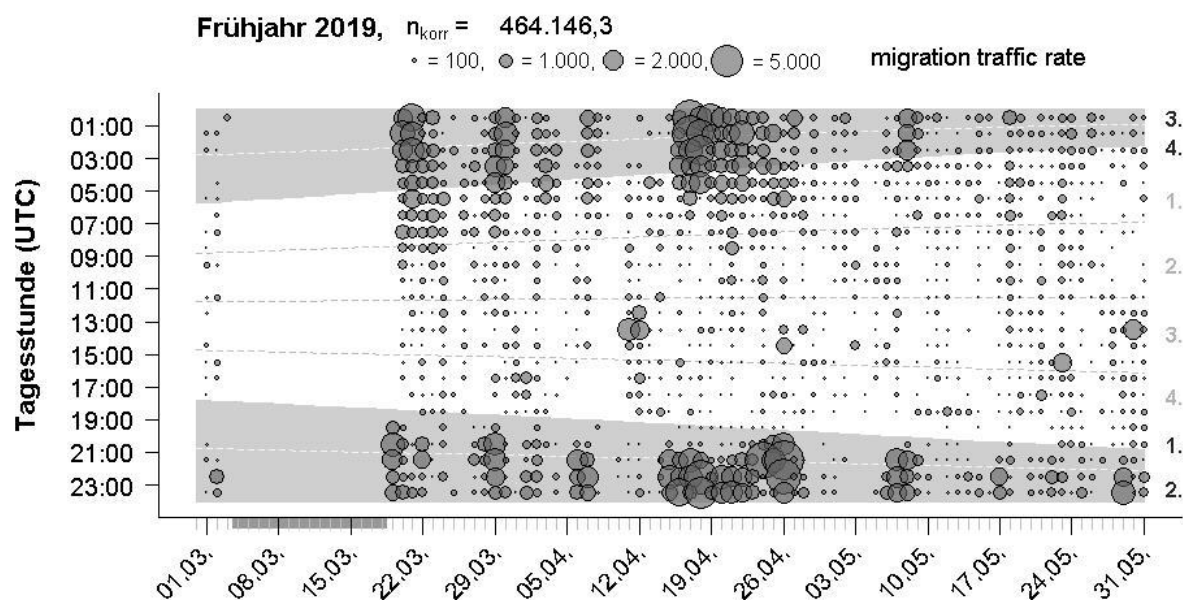


Abbildung 18: Vogelzugintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung (Vertikalradarerfassung) am Standort FINO 1. Graue Felder kennzeichnen die Dunkelfase (Sonnenstand $\leq 6^\circ$). Für jeden Stundenwert ist eine Zuweisung zu einer Tages- bzw. Nachtphase (in Vierteln; gestrichelte Linien) möglich. Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 21 im Anhang.

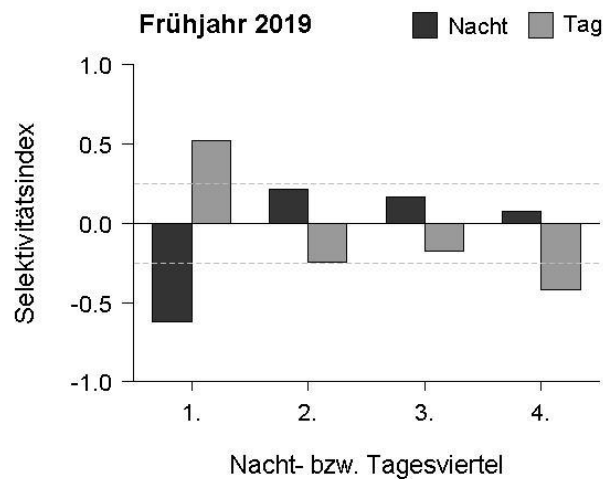


Abbildung 19: Tageszeitliche Verteilung von Zugvögeln im Frühjahr 2019 (Vertikalradarerfassung) am Standort FINO 1. Dargestellt sind Indexwerte zur Selektivität nach JACOBS (1974).

4.1.2 Zughöhen

88.788 (19,1 %) aller Flugbewegungen, die für die Heimzugperiode 2019 berechnet wurden, entfielen auf geringe Höhen bis 100 m. Damit wurde hier im Schnitt die höchste Zugaktivität je 100-m-Höhenschicht ermittelt. Allerdings bestanden in Abhängigkeit der Tageszeit Unterschiede in der Höhenverteilung: Tagsüber konzentrierte sich Vogelzug besonders auf untere Höhenschichten. Mehr als ein Viertel der Flugbewegungen am Tag entfiel auf Höhen bis 100 m (33.852 Echos; 28,3 %), auf Höhen bis 300 m entfiel mehr als die Hälfte (65.125 Echos; 54,4 % Abbildung 20). Weniger als jede sechste Flugbewegung wurde in Höhen oberhalb von 700 m bis 1.000 m registriert (18.907 Echos; 15,8 %). Während der Dunkelphase wurde nur jede siebte Flugbewegung in Höhen bis 100 m registriert (33.985 Echos; 14,8 %), deutlich weniger als die Hälfte entfiel auf Höhen bis 300 m (92.024 Echos; 40,1 %). In Höhen zwischen 700 bis 1.000 m wurde rund ein Viertel aller nächtlichen Flugbewegungen registriert (57.681 Echos; 25,1 %). Die Höhenprofile einzelner Zugtage bzw. Zugnächte konnten vom jeweiligen Schema abweichen (Abbildung 20).

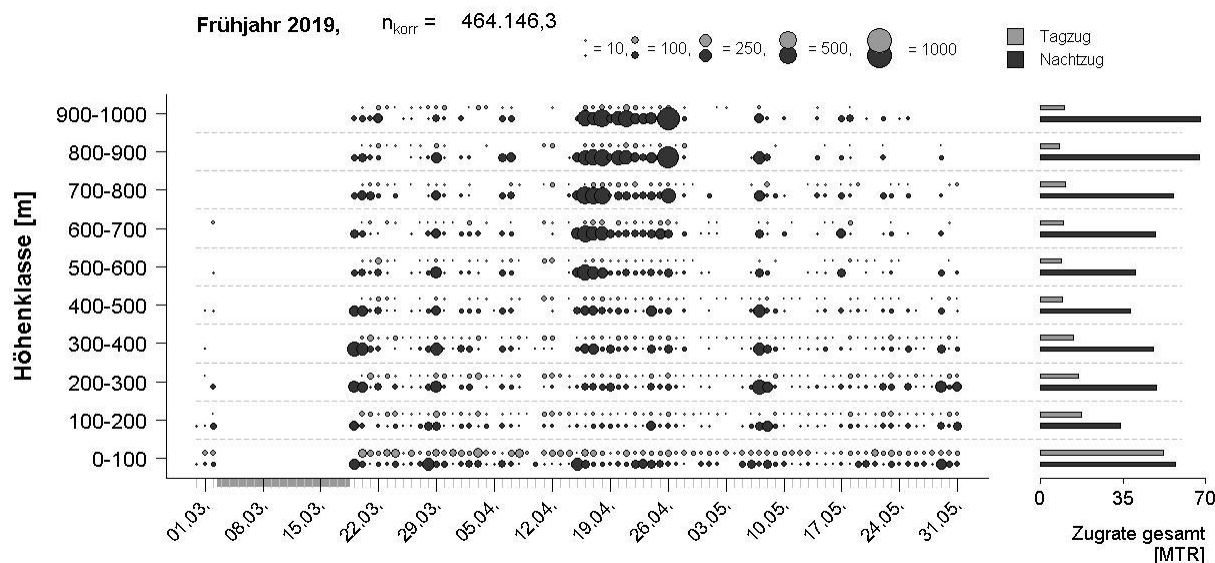


Abbildung 20: Höhenschichtung von Vogelzug im Frühjahr 2019 am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung (Vertikalradarerkennung). Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 22 im Anhang.

4.2 Horizontalradarerkennung 2019

4.2.1 Zugrichtungen Frühjahr

Nachfolgend werden die nächtlichen Zugrichtungen für das Frühjahr dargestellt (Abbildung 21). Zusätzlich zu Richtungsinformationen sind für jede Zugnacht die mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit angegeben. Zur Orientierung ist darüberhinaus die über die Vertikalradarerkennung ermittelte Zugintensität (Kap. 4.1.1) in die Darstellung integriert.

Über die gesamte Heimzugperiode hinweg dominierten Nächte mit östlichen bis nördlichen Richtungen (Abbildung 21, Abbildung 22). Die Streuung war während der meisten Nächte gering und das Mittel der nächtlichen rho-Werte betrug über die Heimzugperiode hinweg 0,69.

Während einzelner Nächte konnten auch westliche bis südliche Richtungsbevorzugungen beobachtet werden, vor allem während der zweiten Hälfte der Heimzugperiode ab Mitte April. Auch vereinzelt vorliegende hohe Streuwerte, mit minimalen rho-Werten von 0,16 (Abbildung 21), lassen auf einen situativ erhöhten Anteil west- oder südwärts orientierter Vögel schließen. Im Allgemeinen steigt die Gerichtetheit mit der Trackhäufigkeit (AVITEC 2015-2018). Erhöhte Streuwerte bzw. Bevorzugungen von westlichen bis südlichen Richtungen sind im Frühjahr also generell vor allem in Nächten mit geringer Flugaktivität zu beobachten.

Die tagsüber aufgezeichneten Vogelbewegungen waren weniger einheitlich gerichtet als nachts (Abbildung 22 und Abbildung 23). Entsprechend betrug das Mittel der rho-Werte über die Heimzugperiode hinweg nur 0,48 (nicht dargestellt). Im April und Mai war die Streuung höher als zu Beginn der Zugperiode im März (Abbildung 23). Diese erhöhte Streuung korrespondiert mit dem spätestens im Mai verstärkten Offshore-Vorkommen von Brutvögeln umliegender Küstenabschnitte (s. o.). Tagsüber ist der Anteil solcher Vögel an den registrierten Flugbewegungen mit Sicherheit größer als nachts, wenn der Großteil der zahlenmäßig dominierenden Singvögel (v. a. gerichtet) über die Nordsee zieht.

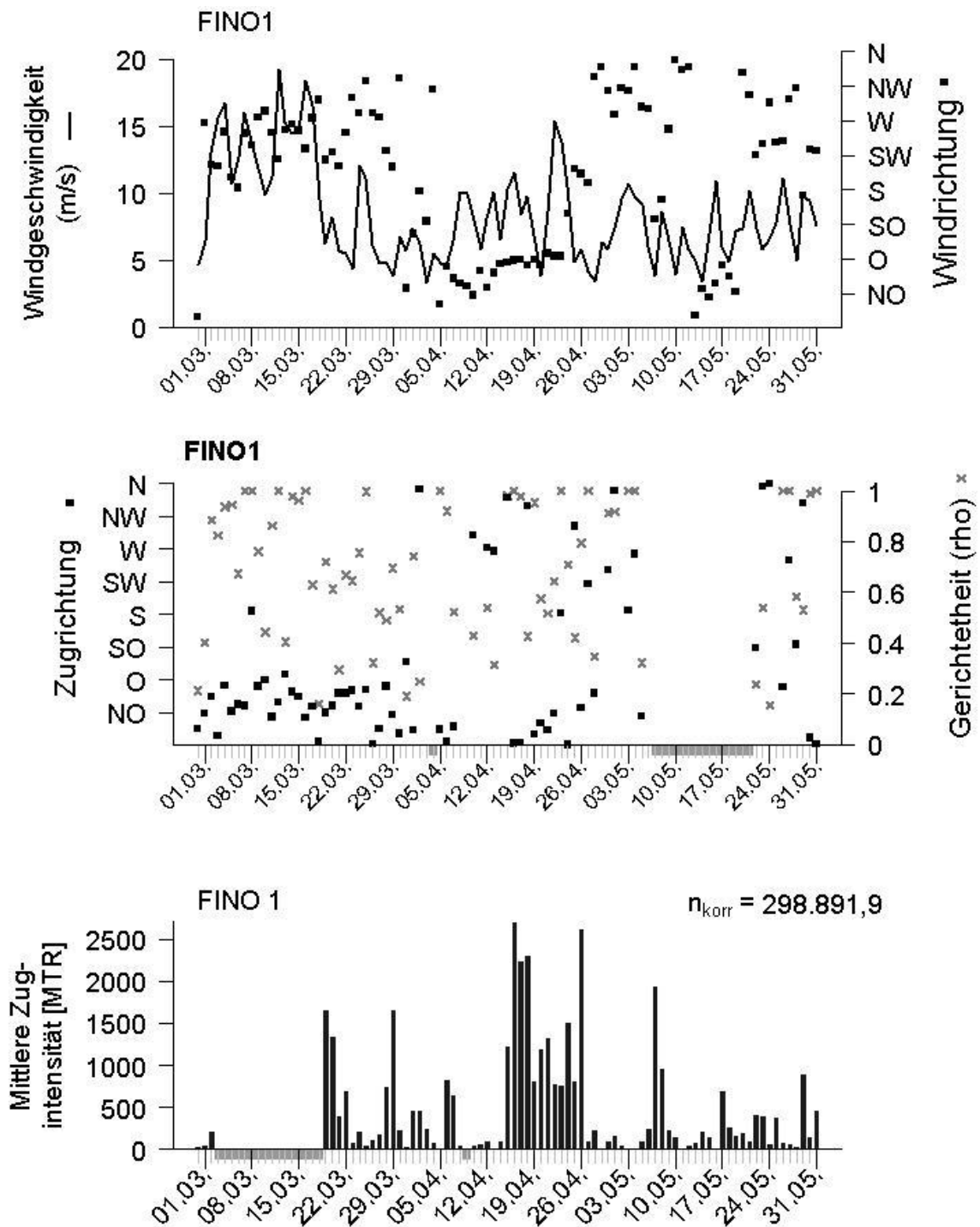


Abbildung 21: Vogelzugintensität und -gerichtetheit sowie Wind im Frühjahr 2019 am Standort FINO 1. Dargestellt sind mittlere Windgeschwindigkeit und -stärke (oben, Daten: <http://fino.bsh.de>), die mittlere nächtliche Zugrichtung (Mitte, Parabolradar) und mittlere nächtliche Zugintensität (unten, Vertikalradar) je Vogelzugnacht. Rho ist als statistisches Maß für die Gerichtetheit der Tracks angegeben.

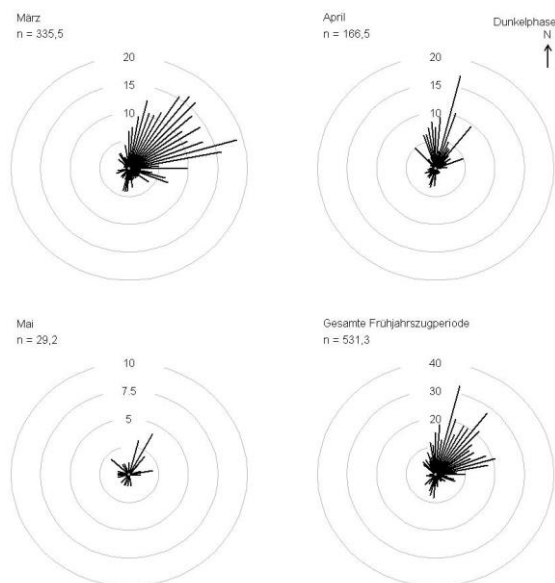


Abbildung 22: Richtungsverteilung aufgezeichneter Vogeltracks im Frühjahr 2019 während der Dunkelphase am Standort FINO 1.

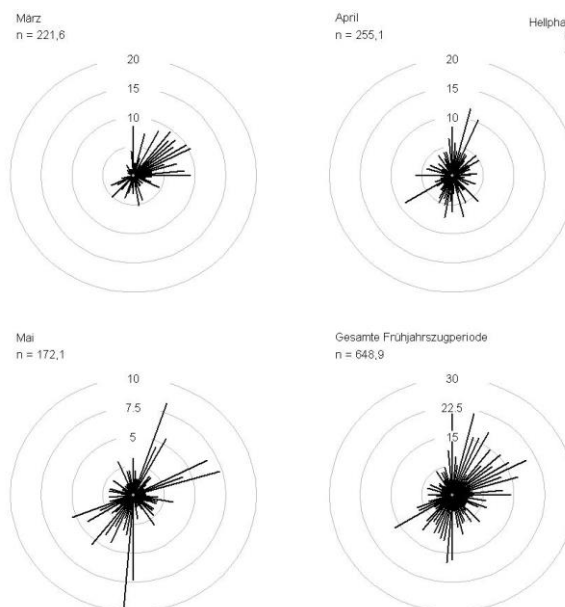


Abbildung 23: Richtungsverteilung aufgezeichneter Vogeltracks im Frühjahr 2019 während der Hellphase am Standort FINO 1.

4.2.2 Zugrichtungen Herbst

Während der Wegzugperiode dominierten Nächte mit im Mittel westlichen bis südlichen Flugrichtungen (Abbildung 24, Abbildung 25). Das Mittel der rho-Werte aus den Zugnächten betrug zugperiodenumfassend 0,64. Die Streuung war – ähnlich wie im Frühjahr – während der

meisten Nächte gering (Abbildung 24). Im Allgemeinen steigt die Gerichtetheit nächtlicher Wegzugtracks mit der Trackhäufigkeit (AVITEC 2015-2018). Vor allem während der späten Wegzughälfte im Oktober und November, dem Zeitraum mit den meisten registrierten Tracks, wurden nur selten Vogeltracks aufgezeichnet, die nicht gen Überwinterungsgebiete nach Süd bis West führten (Abbildung 25).

Während der frühen (und zugleich weniger trackreichen) Wegzugphase war dies anders. Nächte zwischen Juli bis September waren des Öfteren von erhöhter Streuung hinsichtlich der gewählten Richtung gekennzeichnet (Abbildung 24, Abbildung 25). Die mittleren nachts eingeschlagenen Zugrichtungen ergaben im Vergleich zur späteren Wegzugphase häufiger Orientierungen in nördliche oder östliche Richtungen (Abbildung 24). Sowohl innerhalb einzelner Nächte als auch zwischen verschiedenen Nächten war die Variabilität in der Richtungswahl zu diesen Zeiten erhöht. Als Erklärung hierfür infrage kommen verschiedene Phänomene wie z. B. ungerichtete Dismigration im Anschluss an die Brutzeit, oder lokale Bewegungen von Seevögeln wie z. B. von Möwen.

Tagsüber war die Gerichtetheit im Herbst aufgezeichneter Vogeltracks (wie schon im Frühjahr) gegenüber der Dunkelheit verringert (Abbildung 25; Mittel der rho-Tageswerte zur Gerichtetheit = 0,48; rho-Tageswerte nicht grafisch dargestellt). Selbst in der Gesamtschau ist ein Dominieren von Flugrichtungen gen Süd bis West kaum zu erkennen (Abbildung 25). Möglicherweise kommen Pendelflüge von Rastvögeln zwischen verschiedenen Nahrungsplätzen für einen Teil der erhöhten Richtungsstreuung der aufgezeichneten Tracks in Betracht. Wie im Frühjahr ist auch für den Herbst anzunehmen, dass der Singvogelanteil nachts erhöht ist (s. o.).

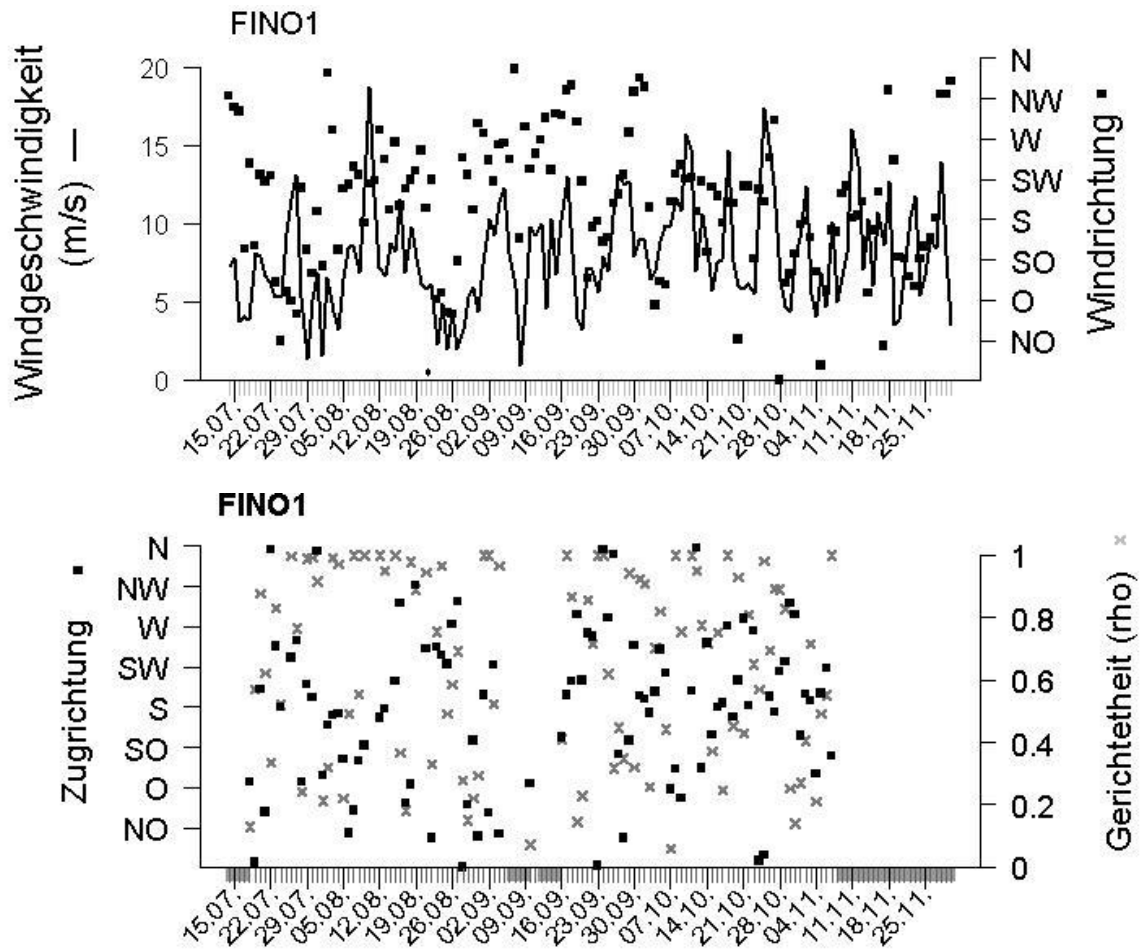


Abbildung 24: Vogelzugintensität und -gerichtetheit sowie Wind im Herbst 2019 am Standort FINO 1. Dargestellt sind mittlere Windgeschwindigkeit und -stärke (oben, Daten: <http://fino.bsh.de>), die mittlere nächtliche Zugrichtung und rho als statistisches Maß für die Gerichtetheit der Tracks (Mitte, Parabolradar).

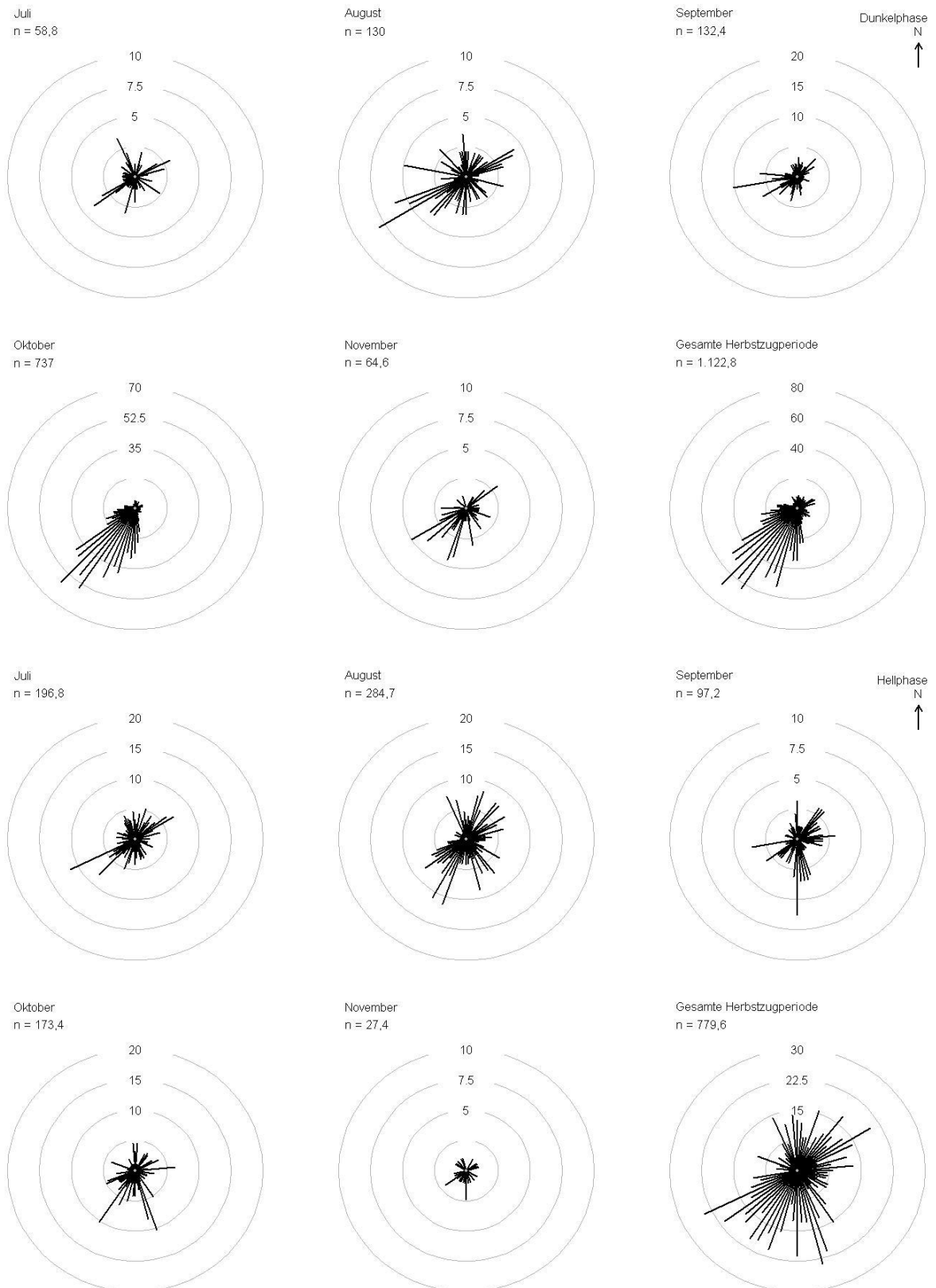


Abbildung 25: Richtungsverteilung aufgezeichneter Vogeltracks während der Dunkelphase (oben) und der Hellphase (unten) im Herbst 2019 am Standort FINO 1.

4.3 Automatische Ruferfassung 2019

4.3.1 Frühjahr

4.3.1.1 Artenspektrum

Im Frühjahr 2019 lag die Zahl der in den 21 Untersuchungs Nächten erfassten zugrufpositiven Dateien bei 37 und damit ähnlich niedrig wie in den Vorjahren (AVITEC 2016-2019). Faktisch ist für die zufällig gewählten Beprobungsnächte von fehlender Vogelrufaktivität im nahen Plattformumfeld auszugehen. Die aufgezeichneten Zugrufe konnten insgesamt sieben verschiedenen Arten zugeordnet werden. Rufe von Drosseln waren dabei am häufigsten (Rotdrossel elf rufpositive Dateien, Amsel und Singdrossel je vier). Als einzige weitere Singvogelart wurde das Rotkehlchen festgestellt. Neben den Singvögeln wurden wenige Rufe von Limikolen (Großer Brachvogel [n = 2], Limikole spec. [n = 1]), Graureiher und vor allem Sturmmöwe (n = 11) erkannt (Abbildung 26).

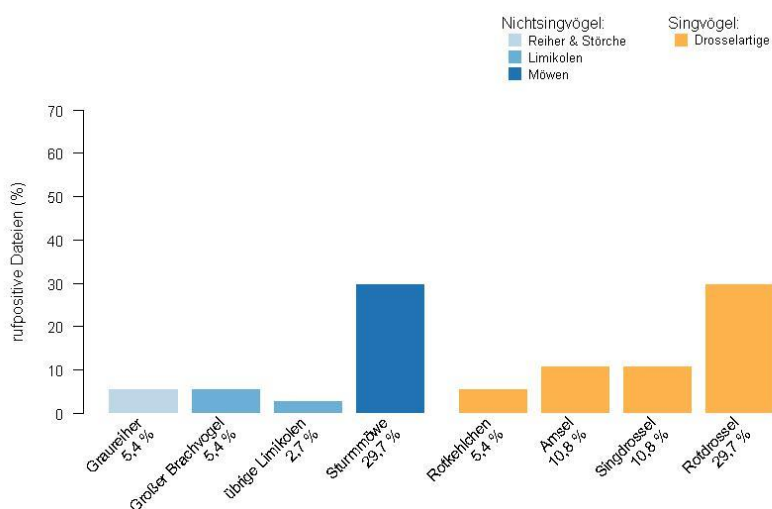


Abbildung 26: Relative Häufigkeit über Rufe registrierter Arten am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 37) im Frühjahr 2019 am Standort FINO 1. Beachte: Auf einer Datei können mehrere Arten vorhanden sein.

Eine Übersicht zu allen während der Zugruferfassung im Frühjahr 2019 nachgewiesenen Arten unter zusätzlicher Angabe ihres jeweiligen Schutzstatus ist in Tabelle 4 gegeben.

4.3.1.2 Rufintensitäten

Die Vogelrufintensität im direkten Plattformumfeld war dem geringen Rufaufkommen entsprechend gering. Rufe wurden lediglich in der zweiten März bzw. ersten Aprilhälfte festgestellt. In der Nacht vom 20./21.03. wurden 1,0 rufpositive Dateien pro Stunde, in der Nacht 02./03.04. 1,27 rufpositive Dateien je Stunde ermittelt (Abbildung 27). Die wenigen im Frühjahr 2019 registrierten Vogelrufe verteilten sich auf alle Nachtphasen, ein Schwerpunkt ist für das letzte Nachtviertel zu erkennen (Abbildung 28, Tabelle 24 im Anhang).

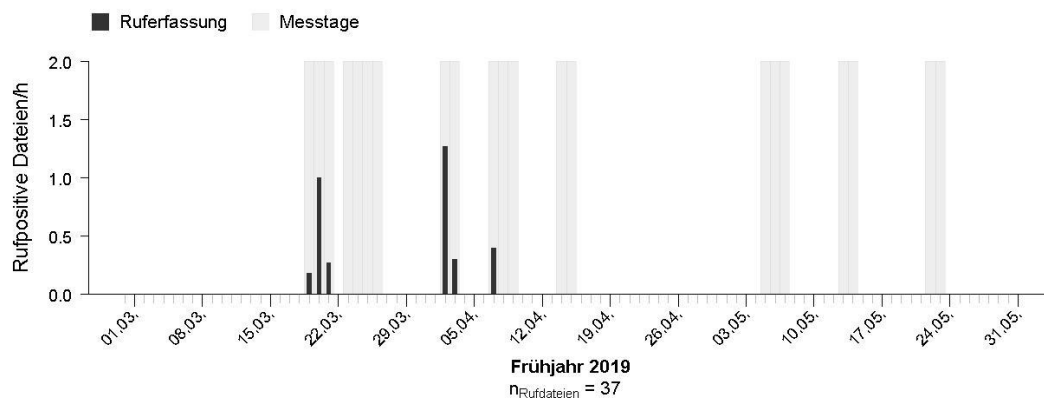


Abbildung 27: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in tagesscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Beachte: Die Ruferfassung fand nur während der Nacht Anwendung. Datenbasis s. Tabelle 23 im Anhang.

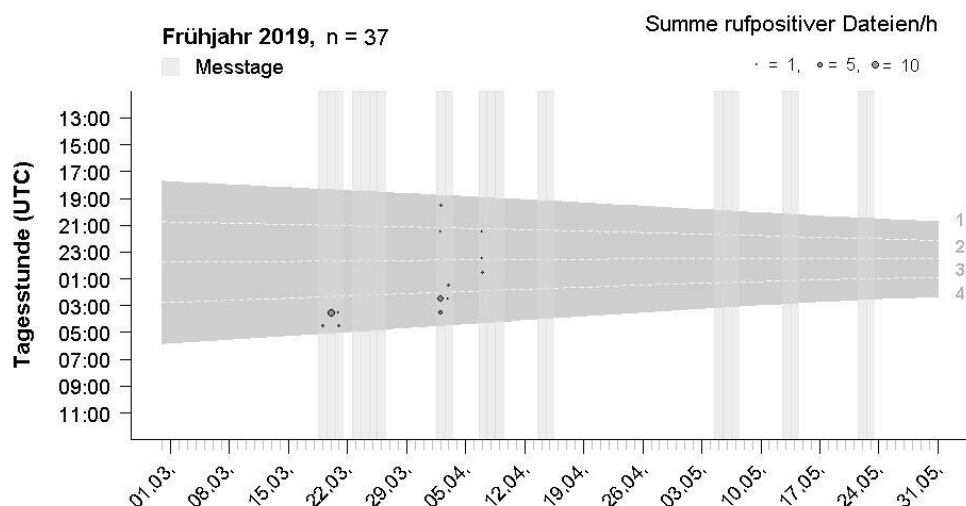


Abbildung 28: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Das graue, horizontal ausgerichtete Feld kennzeichnet die Nacht. Rufe wurden nur nachts erfasst. Für jeden Stundenwert ist eine Zuweisung zu einer Nachtphase (in Vierteln; gestrichelte Linien) möglich. Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 24 im Anhang.

4.3.2 Herbst

4.3.2.1 Artenspektrum

Im Herbst 2019 konnten unter Nichtberücksichtigung von Groß- und Dreizehenmöwenrufen 1.004 rufpositive Dateien aufgezeichnet werden. Bis auf sieben Rufe konnten alle aufgezeichneten Rufe bis auf Artniveau bestimmt werden. Insgesamt wurden Vorkommen von 26 Arten belegt.

Wie gewohnt dominierten Singvogelrufe (n-rufpositive Dateien mit Singvogelrufen = 913 [90,9 %]; Abbildung 29). Das Gros der Singvögel betraf wiederum Drosseln. Innerhalb der Drosseln war die Amsel (395 Dateien) häufiger als Rot- (288 Dateien), Sing- (125 Dateien), Wacholder- (fünf Dateien), Ring- und Misteldrossel (je eine Datei). Daneben erfolgten Feststellungen des zu den Drosselartigen zählenden Rotkehlchens (65 Dateien). Einzelfeststellungen gelangen von Strandpieper, Kohlmeise, Star, Bluthänfling und Rohrammer. Etwas häufiger war das Wintergoldhähnchen (21 Dateien).

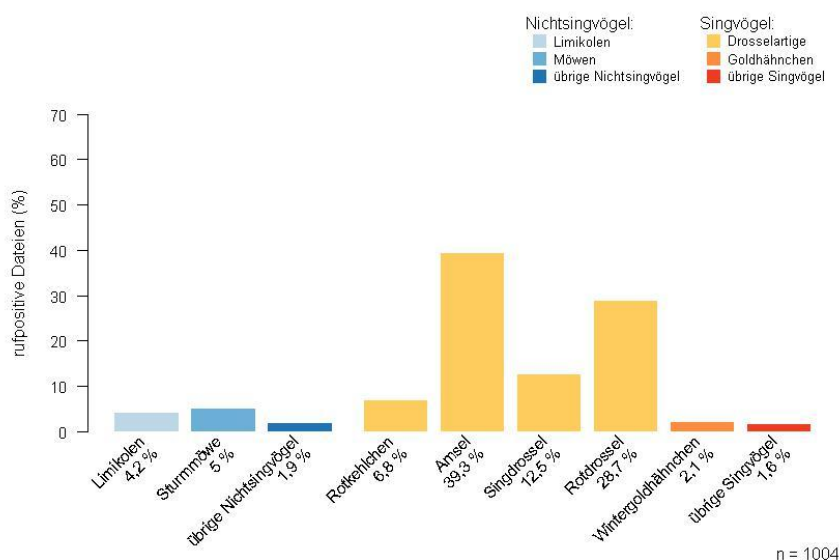


Abbildung 29: Relative Häufigkeit verschiedener Arten(gruppen) am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 1.004) im Herbst 2019 am Standort FINO 1. Beachte: Auf einer Datei können mehrere Arten(gruppen) vorhanden sein.

Nicht-Singvögel betrafen vor allem Sturmmöwen (50 Dateien) sowie acht Limikolen-Arten (Austernfischer, Sandregenpfeifer, Goldregenpfeifer, Bekassine, Großer Brachvogel,

Waldwasserläufer, Flusssuferläufer, Steinwälzer) mit zusammengefasst 42 Dateien. Vereinzelt Nachweise erfolgten von Graugans, Kormoran, Lachmöwe und Brandseeschwalbe. Eine Übersicht zu allen während der Zugruferfassung im Herbst 2019 nachgewiesenen Arten unter zusätzlicher Berücksichtigung ihres jeweiligen Schutzstatus ist in Tabelle 5 gegeben.

4.3.2.2 Rufintensitäten

Über alle 1.124 Messstunden hinweg betrachtet, belief sich die Zugrufaktivität während des Wegzugs 2019 auf durchschnittlich 0,9 rufpositive Dateien/h.

In 52 von 154 Messnächten wurden Rufe mutmaßlich ziehender Vögel festgestellt. Lediglich in einigen Nächten zwischen Ende September und Ende Oktober (30.09./01.10., 20./21.10., 21./22.10., 28./29.10.) wurden nennenswerte Rufzahlen registriert, aus denen sich Nachtmittel von 6,9; 9,2; 12,3 und 20,4 rufpositiven Dateien/h errechneten (Abbildung 30).

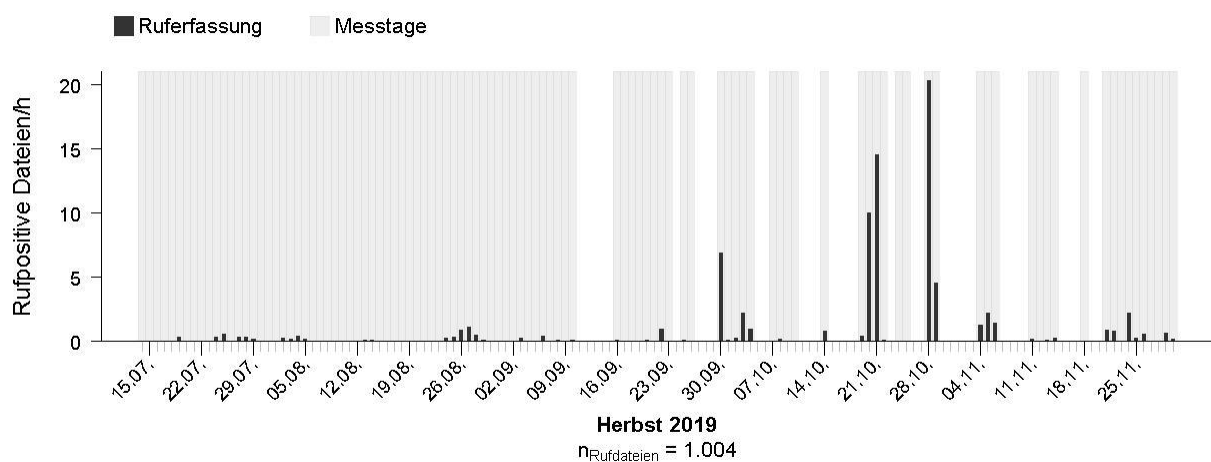


Abbildung 30: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in tagesscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Beachte: Die Ruferfassung fand nur während der Nacht Anwendung. Datenbasis s. Tabelle 25 im Anhang.

Die im Herbst 2019 registrierten Vogelrufe verteilten sich auf alle Nachtphasen. Nächtliche Rufaktivität war aber im letzten Nachtviertel besonders stark ausgeprägt und wurde zu Beginn der Nacht nur selten registriert (Abbildung 31, Tabelle 26 im Anhang). Eine solche Zweiteilung ist nach den Erkenntnissen aus den Vorjahren und unter Berücksichtigung des Artenspektrums als typisch einzustufen.

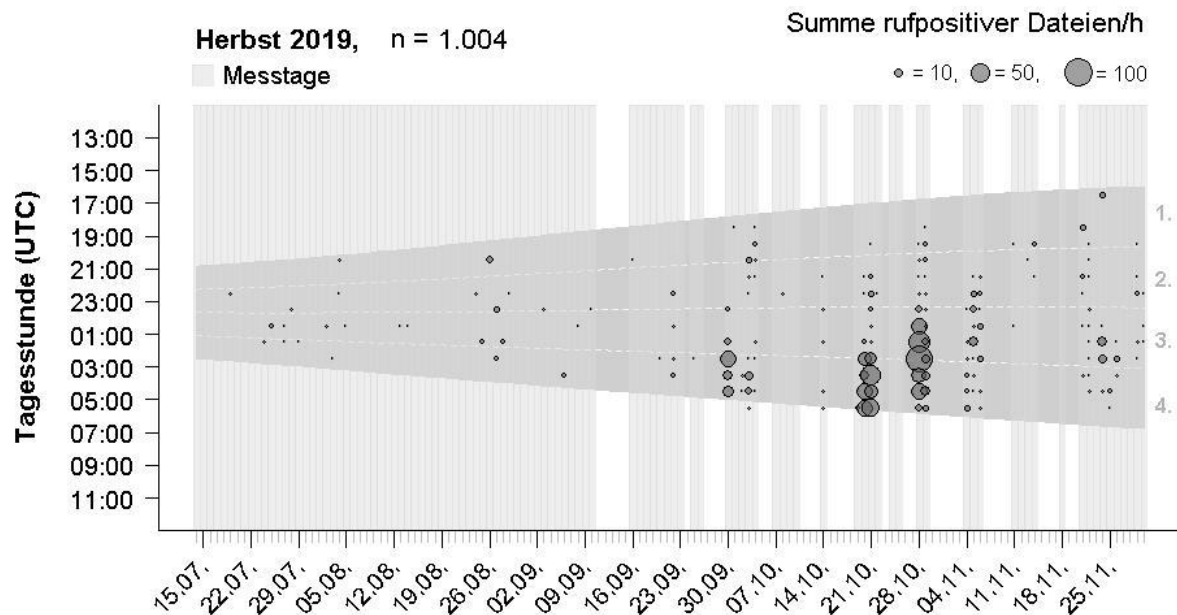


Abbildung 31: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in stundenscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Das graue, horizontal ausgerichtete Feld kennzeichnet die Nacht. Rufe wurden nur nachts erfasst. Für jeden Stundenwert ist eine Zuweisung zu einer Nachtphase (in Vierteln; gestrichelte Linien) möglich. Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 26 im Anhang.

4.4 Zugplanbeobachtungen 2019

4.4.1 Frühjahr

4.4.1.1 Artenspektrum

Im Frühjahr wurden im Rahmen von Zugplanerfassungen insgesamt 1.392 Vögel erfasst. Davon konnten 863 Individuen (Ind.) artspezifisch zugeordnet werden. Insgesamt wurden 35 Arten erkannt (Abbildung 32, Tabelle 27 im Anhang). Unbestimmt gebliebene Vögel gehörten vor allem zu in großen Distanzen beobachteten Gänsen (453 Ind.) sowie zu schwierig zu differenzierenden Artenpaaren wie Fluss-/Küstenseeschwalbe (37 Ind.) und Trottellumme/Tordalk (22 Ind.).

Wenngleich zumeist unbestimmt geblieben, dominierten erstmals seit drei Jahren wieder Anatiden das Zuggeschehen (517 Ind., 37,1 %). Diese wurden zumeist in so großen Distanzen beobachtet, dass eine Artbestimmung unterbleiben musste. Zu einem großen Teil wurden unbestimmte Gänse am 22.05. beobachtet, was nahelegt, dass es sich weit überwiegend um Ringelgänse, die zu dieser Zeit aus der Nordseeregion in das arktische Brutgebiet aufbrechen, gehandelt haben dürfte.

Möwen – sonst zumeist die am Standort das Spektrum des sichtbaren Tagzugs dominierende Artengruppe – standen demgegenüber in ihrer relativen Häufigkeit zurück. Bei rund einem Viertel der beobachteten Vögel handelte es sich um Möwen (358 Ind., 25,7 %). Unter den Möwen wurden vor allem Herings- (200 Ind., 14,4 %) und Sturmmöwen (50 Ind., 3,6 %) notiert. Die Vorkommen von Lach- (26 Ind., 1,9 %), Zwerg- (33 Ind., 2,4 %) und Dreizehenmöwe (32 Ind., 2,3 %) blieben indes vergleichsweise schwach. Einige Mantel- (10 Ind.), Silber- (2 Ind.), unbestimmte Großmöwen (4 Ind.) sowie eine Eismöwe komplettierten die Möwenbeobachtungen im Frühjahr 2019.

Seeschwalben erreichten vergleichsweise hohe Dominanzwerte (205 Ind., 14,7 %), was vor allem für Brandseeschwalben (167 Ind., 12 %), jedoch weniger für Fluss- und Küstenseeschwalben (38 Ind., 2,7 %) galt.

Im Vergleich zum Vorjahr in gesteigerter Häufigkeit beobachtet wurden Basstölpel (78 Ind., 5,6 %), Kormoran (73 Ind., 5,2 %) und Alken (46 Ind., 3,3 %).

Sporadisch festgestellte weitere Nonpasseriformes mit Häufigkeitsanteilen von jeweils $\leq 2\%$ summierten sich auf 30 Ind. (2,2 %) aus elf Arten verschiedener Familien wie Seetauchern, Röhrennasen, Limikolen, Raubmöwen und Eulen.

Nach dem außergewöhnlich starken Frühjahrsvorkommen von Singvögeln im Jahr 2018, wurden Angehörige der Passeriformes 2019 wieder anteilmäßig in üblicher Häufigkeit beobachtet (85 Ind., 6,1 %). Besonders häufig waren Stare (59 Ind., 4,2 %).

Eine Übersicht aller während der Zugplanbeobachtung im Frühjahr 2019 nachgewiesenen Arten und unter zusätzlicher Berücksichtigung ihres jeweiligen Schutzstatus ist in Tabelle 4 gegeben.

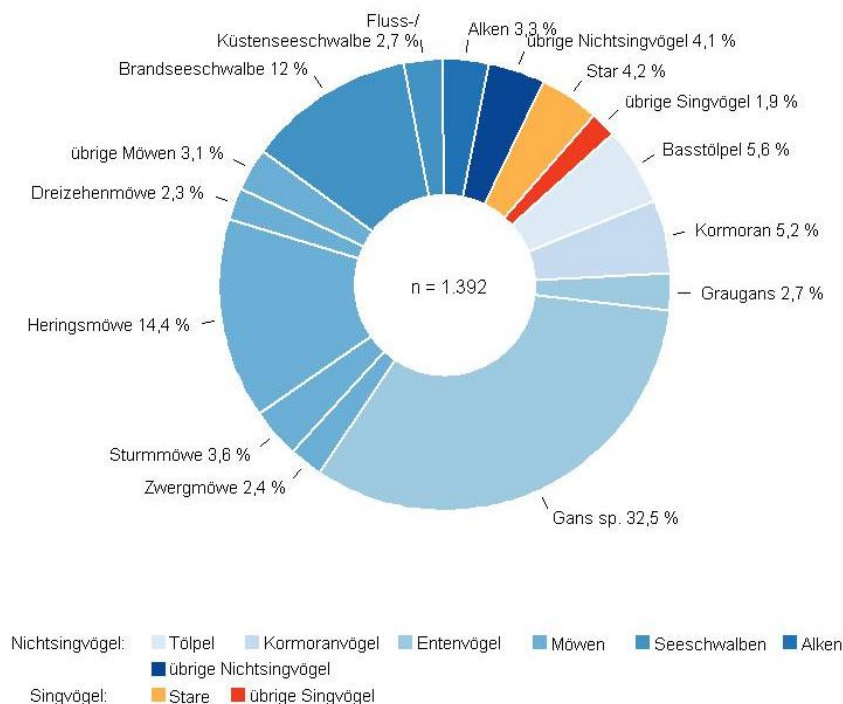


Abbildung 32: Relative Häufigkeit im Frühjahr 2019 während Zugplanbeobachtungen am Standort FINO 1 registrierter Arten(gruppen).

4.4.1.2 Zugintensitäten

Innerhalb von 61,0 Stunden registrierte 1.392 Zugvögel ergeben eine zugperiodenübergreifende Zugrate von 22,8 Ind./h. Vogelzug wurde im Frühjahr 2019 an allen Erfassungsterminen registriert. Maximale Vogelzugintensität wurde mit 118,2 Ind./h am 22.05. erreicht (Abbildung 33, Tabelle 29 im Anhang). An diesem Tag wurden 597 Ind. beobachtet, mehr als 40 % aller Zugvögel der Zugsaison. Neben mutmaßlichem Ringelganszug (die beobachteten Gänse mussten zumeist unbestimmt bleiben, s.o.), wurden an diesem Tag weitere saisonale Maximalwerte bei Herings- und Dreizehenmöwe verzeichnet.

Die geringste Zugaktivität wurde früh zu Beginn der Zugperiode am 07.03. mit 6,7 Ind./h ermittelt. Der Median aller Tagesmittel betrug 13,0 Ind./h. Über Sichtbeobachtungen erfasster Vogelzug erwies sich somit zwischen den einzelnen Beprobungstagen als sehr unausgeglichen in der erfassten Stärke.

Tageweise wurden zwischen sechs und zwölf Arten ziehend beobachtet, im Mittel gelangen Beobachtungen von 9,2 Arten je Termin (Median: neun Arten).

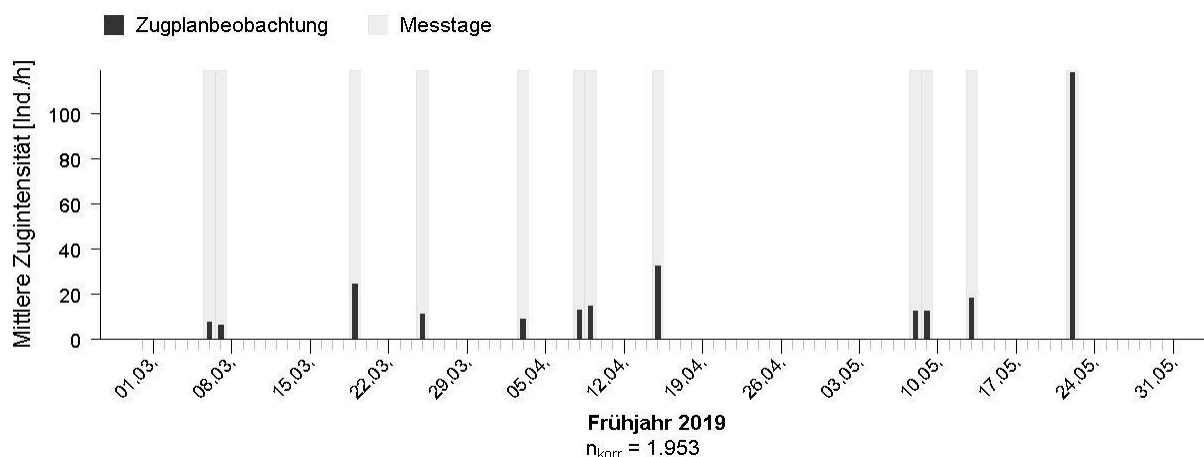


Abbildung 33: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Frühjahr 2019 am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung. Grau hinterlegte Bereiche kennzeichnen Erfassungstage. n_{korr} gibt die aufwandskorrigierte Individuenzahl an. Datenbasis s. Tabelle 29 im Anhang.

Vogelzug wurde zu jeder Tageszeitstunde festgestellt (Abbildung 34, Tabelle 30 im Anhang). Die tageszeitlichen Verlaufsmuster konnten dabei von Tag zu Tag erheblich variieren, waren aber zumeist von sukzessiver, über die Tageslichtphase hinweg abnehmender Stärke gekennzeichnet.

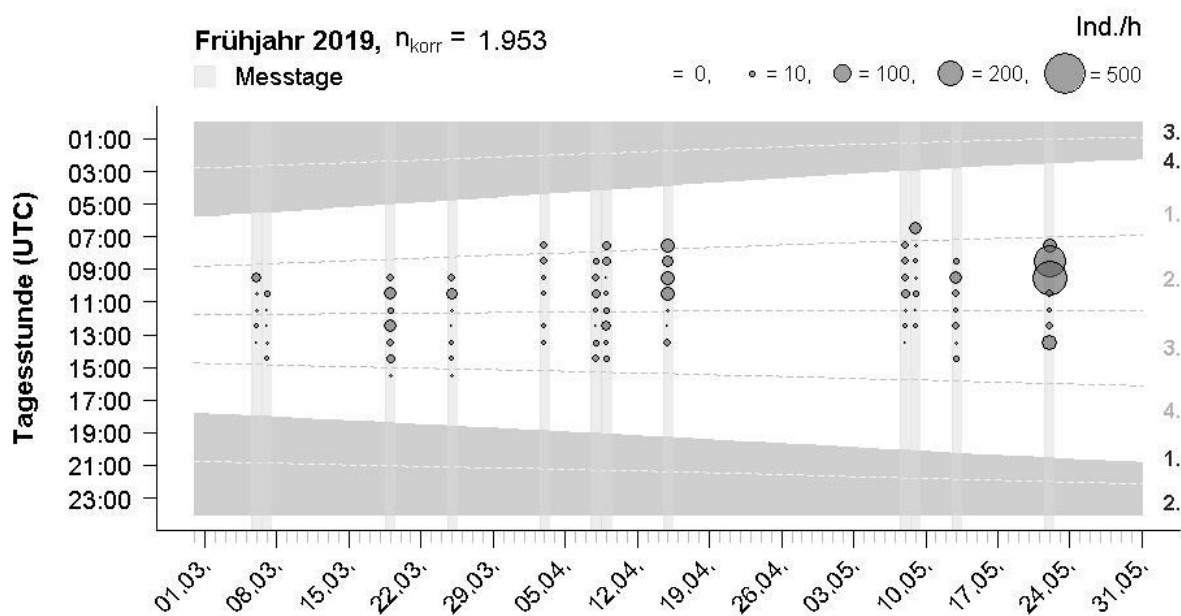


Abbildung 34: Zugintensität im Frühjahr 2019 gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf am Standort FINO 1. Beachte: Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. n_{korr} gibt die aufwandskorrigierte Individuenzahl an. Datenbasis s. Tabelle 30 im Anhang.

4.4.1.3 Zughöhen

Beobachtungen von Zugvögeln im Rahmen der Zugplanbeobachtungen gelangen nicht oberhalb von 200 m Höhe (Abbildung 35). Passagen in über 100 m Höhe waren selten und wurden nur an jedem zweiten Beobachtungstag festgestellt. Insgesamt wurden im Frühjahr 2019 für 76,7 % (1.067) aller ziehenden Vögel Höhenbereiche bis 50 m notiert, mehr als die Hälfte beflog Höhen bis 20 m (737 Ind., 52,9 %). Entsprechend errechneten sich für das Frühjahr die höchsten Vogelzugraten für niedrige Höhenbereiche: Über alle Tagesmittel hinweg sowie für die bis 20 m Höhe zusammengefassten Höhenklassen errechneten sich 11,5 Ind./h und für Bereiche oberhalb von 20 m 11,3 Ind./h. Die am stärksten frequentierte Einzelklasse betraf dabei den Höhenbereich zwischen 20 bis 50 m (5,7 Ind./h; Abbildung 35, Tabelle 31 im Anhang).

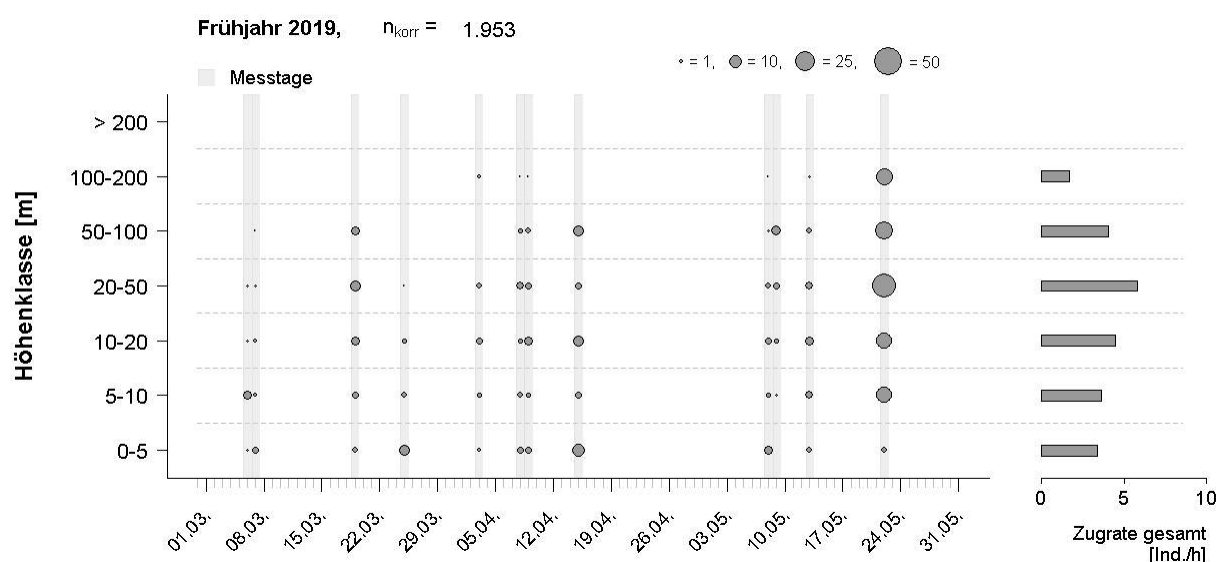


Abbildung 35: Höhengschichtung von Vogelzug im Frühjahr 2019 gemäß Zugplanbeobachtung am Standort FINO 1 in tagescharfer Auflösung (links) bzw. über die gesamte Heimzugperiode hinweg (rechts). Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 31 im Anhang.

4.4.2 Herbst

4.4.2.1 Artenspektrum

Im Rahmen der Zugplanbeobachtungen wurden an 16 Terminen im Herbst 2019 insgesamt 1.357 Vögel erfasst. Davon konnten 1.110 Ind. insgesamt 49 Arten zugeordnet werden (Abbildung 36, Tabelle 32 im Anhang). Die übrigen Individuen wurden zumeist bis auf

Gattungsniveau angesprochen (z B. Fluss-/Küstenseeschwalben) oder auf so große Distanzen entdeckt, dass eine nähere Bestimmung nicht möglich war (z. B. unbestimmte Singvögel).

Bei fast der Hälfte der ziehend beobachteten Vögel handelte es sich um Möwen (640 Ind., 47,2 %). Darunter war mit der Heringsmöwe auch die am häufigsten notierte Art (412 Ind., 30,4 %). Hohe Dominanzwerte entfielen zusätzlich auf Lach- (112 Ind., 8,3 %), Mantel- (52 Ind., 3,8 %) und Sturmmöwe (42 Ind., 3,1 %). Silber- (8 Ind.), Zwerg- (7 Ind.) und Dreizehenmöwen (7 Ind.) vervollständigten das Spektrum beobachteter Möwen. Dabei ist die Seltenheit der Dreizehenmöwe hervorzuheben, denn die Art hatte während der beiden zurückliegenden Herbstperioden jeweils sehr hohe Dominanzwerte erreicht.

Singvögel waren mit 216 Ind. (15,9 %) nach den Möwen die nächsthäufigste Artengruppe. Die Beobachtungen verteilten sich auf mindestens 14 Arten (bei 31 unbestimmten Singvögeln). Mit Star (56 Ind., 4,1 %) und Wiesenpieper (35 Ind., 2,6 %) erreichten zwei Singvogelarten hervorgehobene, relative Häufigkeitswerte von > 2 %.

Seeschwalben summierten sich auf 156 Ind. (11,5 %). Überwiegend wurden Fluss-/Küstenseeschwalben beobachtet (127 Ind., 9,4 %), seltener hingegen Brandseeschwalben (25 Ind., 1,8 %).

Bei rund jedem zehnten Durchzügler handelte es sich um einen Angehörigen der Entenverwandten (124 Ind., 9,1 %). Besonders häufig wurden Trauerenten notiert (58 Ind., 4,3 %). Zug von Gänsen der Gattungen *Anser* oder *Branta* wurde erstmals nicht festgestellt, dafür wurden erstmalig um FINO 1 am 19.07. zehn Brandgänse beobachtet, die angesichts des Julidatums dem Mauserzug zuzurechnen sind.

Regelmäßig und vergleichsweise häufig erfasst wurden mit Basstölpel (60 Ind., 4,4 %) und Alken (78 Ind., 5,7 %) weitere Hochseevogelarten. Die auf Distanz schwierige artliche Differenzierung von Alken gelang im Falle von 45 Trottellummen und drei Tordalken.

Alle weiteren Arten(gruppen) blieben unterhalb der 2 %-Marke relativer Häufigkeit und wurden nicht als eigenständiges Taxon ausgewiesen (Abbildung 36). Die sehr diverse Gruppe der 'übrigen Nonpasseriformes' summierte sich auf 33 beobachtete Vögel aus neun Arten aus den Familien der Kormorane, Falken, Greifvögel, Raubmöwen, Segler, Tauben und Eulen.

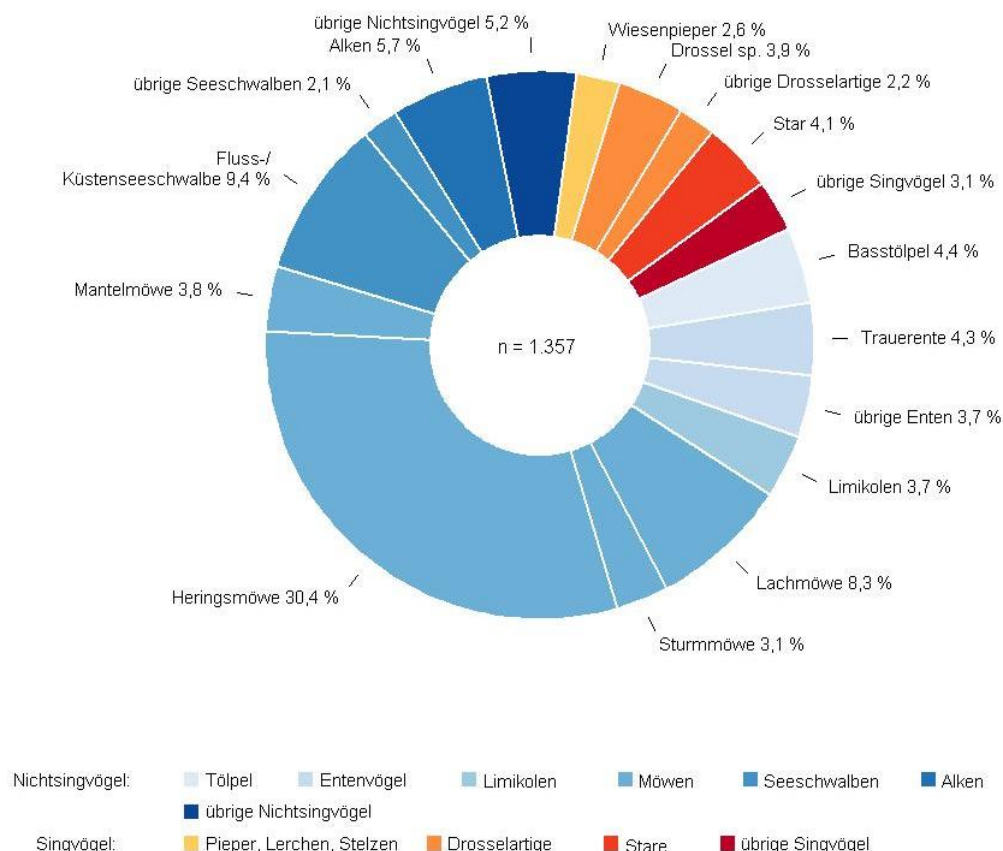


Abbildung 36: Relative Häufigkeit im Herbst 2019 während Zugplanbeobachtungen am Standort FINO 1 registrierter Arten(-gruppen).

Eine Übersicht aller während der Zugplanbeobachtung im Herbst 2019 nachgewiesenen Arten unter Berücksichtigung ihres jeweiligen Schutzstatus ist in Tabelle 5 gegeben.

4.4.2.2 Zugintensitäten

Während 79,25 Stunden Zugplanbeobachtungen registrierte 1.357 Vögel ergeben eine zugperiodenübergreifende Vogelzugrate von 17,1 Ind./h. Vogelzug wurde im Herbst 2019 an allen Erfassungsterminen registriert. Die Tagesmittel schwankten zwischen 1,2 Ind./h am 15.11. und 98,6 Ind./h am 21.08. (Abbildung 37, Tabelle 34 im Anhang). Am 21.08. wurden saisonale Maxima von Heringsmöwe (Tagessumme 270 Ind.), Fluss-/Küstenseeschwalben (93 Ind.), Brandseeschwalbe (19 Ind.) und Lachmöwe (33 Ind.) registriert. Weiterhin wurde lediglich am 22.10. (20,8 Ind./h) ein Tagesmittel von 20 Ind./h überschritten. An diesem Tag wurden vor allem Singvögel (86 Ind.) beobachtet. An allen weiteren 13 Zugtagen wurden geringere Tagesmittel registriert, was den Median der Tagesmittel auf 13,5 Ind./h drückte.

Je Beobachtungstag wurden im Mittel 8,9 Arten festgestellt. Die minimale Tagessumme betrug drei Arten (05.08.), die maximale Tagessumme 17 Arten (22.10.).

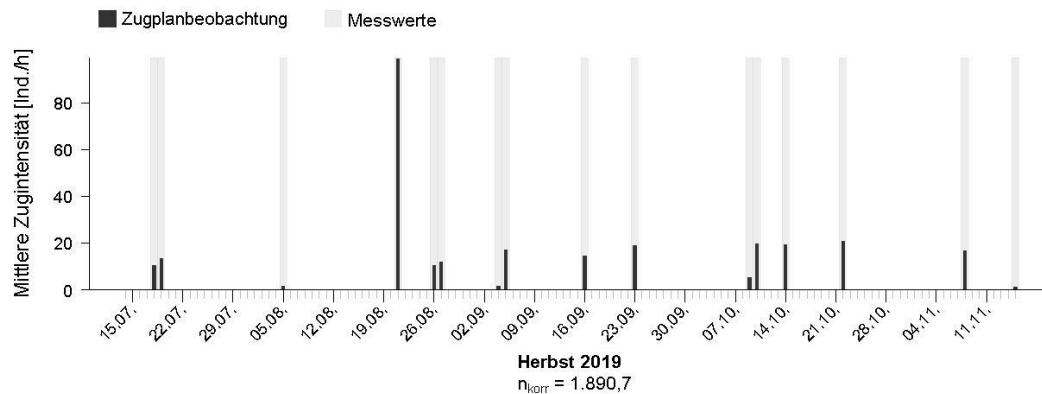


Abbildung 37: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Herbst 2019 am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung. Grau hinterlegte Bereiche kennzeichnen Erfassungstage. n_{korr} gibt die aufwandskorrigierte Individuenzahl an. Datenbasis s. Tabelle 34 im Anhang.

Auch im Herbst 2019 wurden ziehende Vögel während aller Tageszeitstunden, in denen beobachtet wurde, registriert. Die tageszeitlichen Muster zum Vogelzug konnten von Tag zu Tag stark variieren. Auf den Morgen konzentrierte Vogelzugaktivität wurde ebenso registriert wie konstant über die gesamte Beprobungsdauer hinweg (z. B. Juli-Termine) anhaltende Zugaktivität.

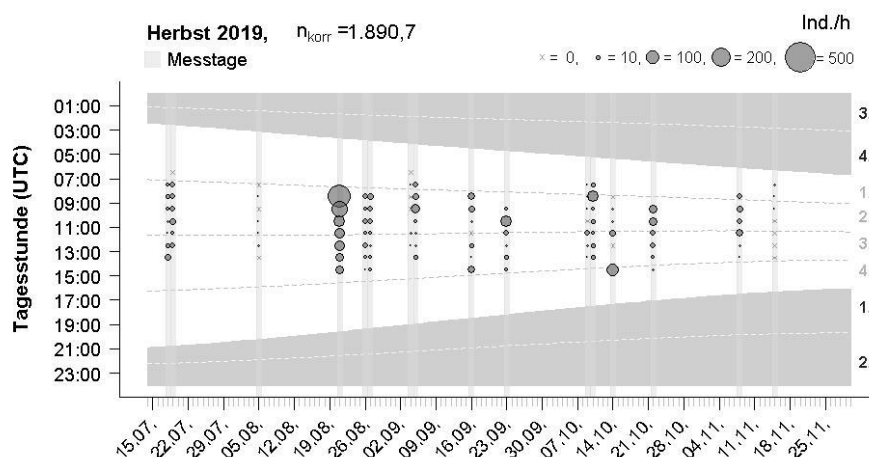


Abbildung 38: Zugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf im Herbst 2019 am Standort FINO 1. Beachte: Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. N_{korr} gibt die aufwandskorrigierte Individuenzahl an. Datenbasis s. Tabelle 35 im Anhang.

4.4.2.3 Zughöhen

Zugvögel wurden im Herbst 2019 nicht in Höhenbereichen von über 200 m registriert. Bereits oberhalb von 100 m wurden ziehende Vögel nur selten entdeckt (Abbildung 39). Von insgesamt 1.087 Zugvögeln mit Angaben zur Flughöhe befliegen 786 Ind. (72,3 %) und damit rund Dreiviertel Höhen bis 20 m. Über alle Tagesmittel hinweg und für die bis 20 m Höhe zusammengefassten Höhenklassen errechneten sich 10,0 Ind./h, für Bereiche oberhalb von 20 m 4,0 Ind./h (Abbildung 39, Tabelle 36 im Anhang).

Nicht an allen Tagen war Vogelzug auf Höhenbereiche bis 20 m konzentriert. So waren z.B. einige Septembertage von sehr ähnlichen Zugraten in den unterschiedlichen Höhenklassen bis in Höhenbereiche von 100 m gekennzeichnet (Abbildung 39).

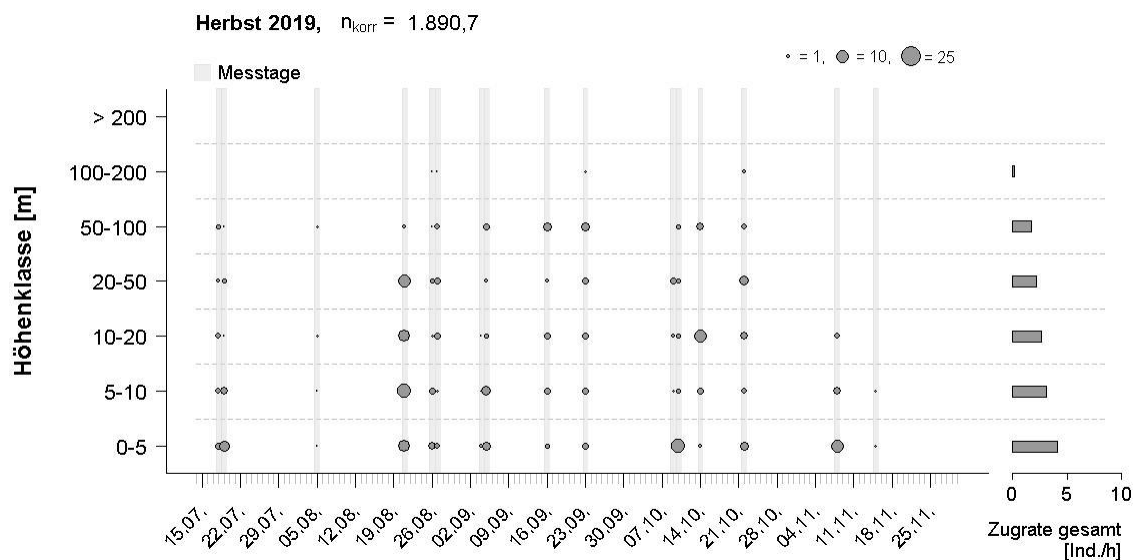


Abbildung 39: Höenschichtung von Vogelzug im Herbst 2019 am Standort FINO 1 gemäß Zugplanbeobachtung in tagesscharfer Auflösung (links) bzw. über die gesamte Heimzugperiode hinweg (rechts). Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 36 im Anhang.

4.5 Zusammenfassende Artenliste am Standort FINO 1 registrierter Arten für 2019

Während der Sichtbeobachtungen und der Zugrufverhöre auf der Plattform FINO 1 wurden im Jahr 2019 insgesamt 74 Arten nachgewiesen (2013: 87 Arten; 2014: 64; 2015: 62; 2016: 63; 2017: 53; 2018: 59; Tabelle 4, Tabelle 5). 30 Arten wurden in beiden Zugperioden registriert (2013: 34; 2014: 22; 2015: 25; 2016: 28; 2017: 30; 2018: 29; Tabelle 4, Tabelle 5).

Zehn Arten wurden ausschließlich im Frühjahr beobachtet, so dass sich die Gesamtsumme im Frühjahr 2019 registrierter Arten auf 40 beläuft (2013: 55; 2014: 36; 2015: 39; 2016: 39; 2017: 42; 2018: 43). Von 34 Arten gelangen Registrierungen nur im Herbst, womit während des Zugzugs 64 Arten bestimmt werden konnten (2013: 66; 2014: 49; 2015: 48; 2016: 52; 2017: 42; 2018: 45).

Die Listen in Tabelle 4 und Tabelle 5 geben zu allen in dieser Untersuchung nachgewiesenen Arten Auskunft über den jeweiligen Schutzstatus gemäß der Vogelschutz-Richtlinie (V-RL Anhang I), dem Abkommen zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen wandernden Wasservögel (AEWA), der Roten Liste nach BIRDLIFE INTERNATIONAL (2015), der Roten Liste wandernder Vogelarten (RLW, HÜPPOP et al. 2013) sowie darüber, ob es sich um eine SPEC-Art (Species of European Conservation Concern) nach BIRDLIFE INTERNATIONAL (2004) handelt.

Gemäß globaler Einstufung nach BIRDLIFE INTERNATIONAL (2015) wurde 2019 mit dem Eissturmvogel aus der zweithöchsten Kategorie EN eine „stark gefährdete“ Art festgestellt, aus der Kategorie VU („gefährdet“) Austernfischer, Großer Brachvogel, Kiebitz und Dreizehenmöwe sowie aus der Kategorie NT („potenziell gefährdet“) Mittelsäger, Zwerg- und Silbermöwe, Trottellumme, Tordalk, Wiesenpieper und Rotdrossel.

Nach der RLW wurden im Jahr 2019 mit Sumpfohreule und Brandgans zwei Vogelarten mit Status I_w („Wandernde, regelmäßig auftretende Vogelart [in Deutschland]“) in der Kategorie 1_w („vom Erlöschen bedroht“) am Standort nachgewiesen. Aus der Kategorie 2_w („stark gefährdet“) wurden Sterntaucher und Trauerseeschwalbe festgestellt, aus der Kategorie 3_w („gefährdet“) Krickente, Merlin und Flusseeeschwalbe. Auf der Vorwarnliste (Kategorie V_w) stehen die beobachteten Arten Ringelgans, Spießente, Wanderfalke, Kiebitz, Knutt, Flusssuferläufer, Bekassine, Küstenseeschwalbe, Strandpieper, Steinschmätzer und Bluthänfling.

Tabelle 4: Liste aller im Frühjahr 2019 erfassten Arten (Ruferfassung und Zugplanbeobachtung) inklusive ihrer Schutzstati und Euring-Kennzeichnung (European Union for Bird Ringing, www.euring.org, letzter Zugriff: 03.12.2015). ZR = (Zug-)Ruferfassung, ZPB = Zugplanbeobachtung, V-RL Anh. I* = Vogelschutz Richtlinie Anhang I, AEWA* = Abkommen zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen wandernden Wasservögel (UNEP/AEWA 2008), SPEC* = Species of European Concern (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004), IUCN Red List: <http://datazone.birdlife.org/info/euroredlist>, RLwD* = Rote Liste wandernder Arten (HÜPPOP et al. 2013).

Frühjahr 2019									
EURING	Deutsch	Wissenschaftlich	ZR	ZPB	V-RL Anh. I	AEWA	SPEC	IUCN Red List	RLwD
00020	Sternaucher	Gavia stellata	1		x	B 2c	3	LC	2
00059	Seetaucher sp.	Gavia sp.	6						
00220	Eissturmvogel	Fulmarus glacialis	1					EN	*
00710	Basstölpel	Morus bassanus	78				2	LC	*
00720	Kormoran	Phalacrocorax carbo	73					LC	*
01220	Graureiher	Ardea cinerea	2					LC	*
01610	Gaugans	Anser anser	37			C 1		LC	*
01680	Ringelgans	Branta bernicla	21			B 2b	3	LC	V
01709	Gans sp.	Anserinae	453						
02130	Trauerente	Melanitta nigra	6			B 2a		LC	*
02690	Sperber	Accipiter nisus	2					LC	*
03090	Merlin	Falco columbarius	4		x			LC	3
03200	Wanderfalke	Falco peregrinus	1		x		3	LC	V
04500	Austernfischer	Haematopus ostralegus	2					VU	*
05380	Regenbrachvogel	Numenius phaeopus	1			C 1	4	LC	*
05410	Großer Brachvogel	Numenius arquata	2	7		C 1	3w	VU	*
05659	Limikole sp.	Limicolae	1	1					
05670	Schmarotzerraubmöwe	Stercorarius parasiticus	1					LC	*
05690	Skua	Stercorarius skua	1				4	LC	*
05780	Zwergmöwe	Hydrocoloeus minutus	33				3	NT	*
05820	Lachmöwe	Chroicocephalus ridibundus	26					LC	*
05900	Sturmmöwe	Larus canus	11	50			2	LC	*
05910	Heringsmöwe	Larus fuscus	200				4	LC	*
05920	Silbermöwe	Larus argentatus	2					NT	*
05990	Eismöwe	Larus hyperboreus	1					LC	II
06000	Mantelmöwe	Larus marinus	10				4	LC	*
06007	Großmöwe sp.	Larus ssp.	4						
06020	Dreizehenmöwe	Rissa tridactyla	32					VU	*
06110	Brandseeschwalbe	Thalasseus sandvicensis	167		x	B 2a	2	LC	*
06150	Flussseeschwalbe	Sterna hirundo	1		x	C 1		LC	3
06169	Fluss-/Küstenseeschwalbe	Sterna hirundo/paradisaea	37						
06340	Trottellumme	Uria aalge	15					NT	*
06360	Tordalk	Alca torda	9				4	NT	*
06569	Alk sp.	Alcidae	22						
07680	Sumpfohreule	Asio flammeus	2		x		3	LC	1
09760	Feldlerche	Alauda arvensis	2				3	LC	*
09920	Rauchschwalbe	Hirundo rustica	7				3	LC	*
10110	Wiesenpieper	Anthus pratensis	2				4	NT	*
10170	Schafstelze	Motacilla flava	1					LC	*
10200	Bachstelze	Motacilla alba	1					LC	*
10990	Rotkehlchen	Erithacus rubecula	2				4	LC	*
11870	Amsel	Turdus merula	4				4	LC	*
12000	Singdrossel	Turdus philomelos	4				4	LC	*
12010	Rotdrossel	Turdus iliacus	11				4w	NT	*
15820	Star	Sturnus vulgaris	59					LC	*
16360	Buchfink	Fringilla coelebs	7				4	LC	*
19999	Singvogel sp.	Passeriformes	6						

*Erläuterungen zu verwendeten Kategorien in Tabelle 4 und Tabelle 5:

EU-VRL: Listung in Europäischer Vogelschutzrichtlinie:

I: Im Anhang I der Vogelschutzrichtlinie der EU (Richtlinie 2009/147/EG vom 30. November 2009) sind alle europäischen Vogelarten aufgeführt, für deren Schutz besondere Maßnahmen ergriffen werden müssen. Für sie werden spezielle Schutzgebiete ausgewählt

II/1: Die in Anhang II, Teil A aufgeführten Arten dürfen in dem geografischen Meeres- und Landgebiet, in dem diese Richtlinie Anwendung findet, bejagt werden

II/2: Die in Anhang II, Teil B aufgeführten Arten dürfen nur in den Mitgliedstaaten, in denen sie angegeben sind, bejagt werden

SPEC-Kategorien:

SPEC 1: Europäische Art mit globaler Schutzwürdigkeit, d. h. eingestuft als Critically Endangered, Endangered, Vulnerable, Near Threatened oder Data Deficient nach IUCN Red List Criteria auf globalem Level (BirdLife International 2004; IUCN 2004).

SPEC 2: Arten, deren Weltbestand in Europa konzentriert ist und die in Europa einen ungünstigen Schutzstatus besitzen

SPEC 3: Arten deren Weltbestand nicht in Europa konzentriert ist, die aber einen ungünstigen Schutzstatus in Europa besitzen

SPEC 4: Arten deren Weltbestand in Europa konzentriert ist, die aber einen günstigen Schutzstatus in Europa besitzen

C: nicht-autochtone Arten; Populationen mit Ursprung in Gefangenschaft

Der Zusatz „w“ betrifft die in Europa überwinternde Population.

* Angegebener Status gilt nur für bestimmte Unterarten, die im Vorhabensgebiet voraussichtlich keine Rolle spielen

AEWA: Abkommen zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen wandernden Wasservögel

*1 EU-25-Gefährdungskategorien:

S = Secure – Bestand gesichert

DEC = Declining – abnehmend

DEP = Depleted – Bestand niedrig

R = Rare – Geographische Restriktion (extrem selten)

V = Vulnerable – gefährdet

EN = Endangered - stark gefährdet

IUCN Red List:

LC = Least concern – nicht gefährdet

NT = near threatened – potenziell gefährdet

VU = vulnerable – gefährdet

EN = endangered – stark gefährdet

Kategorien Rote Liste wandernder Vogelarten Deutschlands (nach HÜPPOP et al. 2013):

1^w = CR (Critically endangered) – vom Erlöschen bedroht

2^w = EN (Endangered) – stark gefährdet

3^w = V (Vulnerable) – gefährdet

R^w = Rare – Geographische Restriktion (extrem selten)

V^w = NT (Near threatened) – Vorwarnliste

Tabelle 5: Liste aller im Herbst 2019 erfassten Arten (Ruferfassung und Zugplanbeobachtung) inklusive ihrer Schutzstati und Euring-Kennzeichnung (European Union for Bird Ringing, www.euring.org, letzter Zugriff: 03.12.2015). ZR = (Zug-) Ruferfassung, ZPB = Zugplanbeobachtung, V-RL Anh. I* = Vogelschutz Richtlinie Anhang I, AEWA* = Abkommen zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen wandernden Wasservögel (UNEP/AEWA 2008), SPEC* = Species of European Concern (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004), IUCN Red List: <http://datazone.birdlife.org/info/euroredlist> RLwD* = Rote Liste wandernder Arten (HÜPPOP et al. 2013).

Herbst 2019										
EURING	Deutsch	Wissenschaftlich	ZR	ZPB	V-RL Anh. I	AEWA	SPEC	IUCN Red List	RLwD	
00020	Sterntaucher	<i>Gavia stellata</i>		2	x	B 2c	3	LC	2	
00059	Seetaucher sp.	<i>Gavia sp.</i>		2						
00710	Basstölpel	<i>Morus bassanus</i>		60			2	LC	*	
00720	Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	1	15				LC	*	
01220	Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>		4				LC	*	
01610	Graugans	<i>Anser anser</i>	2			C 1		LC	*	
01730	Brandgans	<i>Tadorna tadorna</i>		10		B 2a		LC	1	
01790	Pfeifente	<i>Mareca penelope</i>		20		C 1		LC	*	
01840	Krickente	<i>Anas crecca</i>		6		C 1		LC	3	
01890	Spießente	<i>Anas acuta</i>		9		B 1	3	LC	V	
02130	Trauerente	<i>Melanitta nigra</i>		58		B 2a		LC	*	
02189	Ente sp.	Anatinae		16						
02210	Mittelsäger	<i>Mergus serrator</i>		5		C 1		NT	*	
02690	Sperber	<i>Accipiter nisus</i>		2				LC	*	
03040	Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>		1			3	LC	*	
04500	Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	1	14				VU	*	
04700	Sandregenpfeifer	<i>Charadrius hiaticula</i>		5		B 1		LC	*	
04850	Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>		5				LC	*	
04930	Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>		1		B 2c		VU	V	
04960	Knutt	<i>Calidris canutus</i>		5		B 2a	3w	LC	V	
05120	Alpenstrandläufer	<i>Calidris alpina</i>		1		B 2c	3w	LC	*	
05190	Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	1			B 2c		LC	V	
05340	Pfuhlschnepfe	<i>Limosa lapponica</i>		7				LC	*	
05410	Großer Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	8			C 1	3w	VU	*	
05530	Waldwasserläufer	<i>Tringa ochropus</i>		8		C 1		LC	*	
05560	Flussuferläufer	<i>Actitis hypoleucos</i>	11			C 1		LC	V	
05610	Steinwälzer	<i>Arenaria interpres</i>	2	6		B 1		LC	*	
05659	Limikole sp.	Limicolae	1	16						
05690	Skua	<i>Stercorarius skua</i>		2			4	LC	*	
05780	Zwergmöwe	<i>Hydrocoloeus minutus</i>		7			3	NT	*	
05820	Lachmöwe	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	7	112				LC	*	
05900	Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	50	42			2	LC	*	
05910	Heringsmöwe	<i>Larus fuscus</i>		412			4	LC	*	
05920	Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>		8				NT	*	
06000	Mantelmöwe	<i>Larus marinus</i>		52			4	LC	*	
06020	Dreizehenmöwe	<i>Rissa tridactyla</i>		7				VU	*	
06110	Brandseeschwalbe	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	6	25	x	B 2a	2	LC	*	
06150	Flussseeschwalbe	<i>Sterna hirundo</i>		24	x	C 1		LC	3	
06160	Küstenseeschwalbe	<i>Sterna paradisaea</i>		5	x			LC	V	
06169	Fluss-/Küstenseeschwalbe	<i>Sterna hirundo/paradisaea</i>		98						
06270	Trauerseeschwalbe	<i>Chlidonias niger</i>		3	x	B 2c	3	LC	2	
06299	Seeschwalbe sp.	Sternidae	2	1						
06340	Trottellumme	<i>Uria aalge</i>		45				NT	*	
06360	Tordalk	<i>Alca torda</i>		3			4	NT	*	
06569	Alk sp.	Alcidae		30						
06657	Straßentaube	<i>Columba livia f. domestica</i>		1					III	
07680	Sumpfohreule	<i>Asio flammeus</i>		2	x		3	LC	1	
07950	Mauersegler	<i>Apus apus</i>		2				LC	*	
08999	Nichtsingvogel sp.	Nonpasseriformes	1							
10010	Mehlschwalbe	<i>Delichon urbicum</i>		1				LC	*	
10110	Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>		35			4	LC	*	
10143	Strandpieper	<i>Anthus petrosus</i>		1				LC	V	
10170	Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>		3				LC	*	
10190	Gebirgsstelze	<i>Motacilla cinerea</i>		1				LC	*	
10200	Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>		1				LC	*	
10990	Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>		68			4	LC	*	
11210	Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>		2				LC	*	
11220	Gartenrotschwanz	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>		1			2	LC	*	
11460	Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>		4				LC	V	
11860	Ringdrossel	<i>Turdus torquatus</i>		1			4	LC	*	
11870	Amsel	<i>Turdus merula</i>	395	1			4	LC	*	
11980	Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>		5	16		4w	LC	*	
12000	Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>		125	6		4	LC	*	
12010	Rotdrossel	<i>Turdus iliacus</i>		288			4w	NT	*	
12020	Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>		1			4	LC	*	
12069	Drossel sp.	<i>Turdus sp.</i>		2	53					
13140	Wintergoldhähnchen	<i>Regulus regulus</i>		21			4	LC	*	
14640	Kohlmeise	<i>Parus major</i>		2				LC	*	
15820	Star	<i>Sturnus vulgaris</i>		1	56			LC	*	
16600	Bluthänfling	<i>Linaria cannabina</i>		1	4		4	LC	V	
18570	Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>		1			4	LC	*	
18770	Rohrhammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>		1				LC	*	
19999	Singvogel sp.	Passeriformes	1	31						

Beobachtungen von stationären Vögeln auf oder um die Forschungsplattform FINO 1 herum wurden zwar erfasst (Tabelle 28 und Tabelle 33 im Anhang; zusätzlich enthalten: Beobachtungen zu Säugetieren, Insekteneinflügen, hydrographischen Fronten), aber nicht systematisch analysiert. Durch Zufallsbeobachtungen außerhalb durchgeführter Standardmethoden wurden im Jahr 2019 mit Krähenscharbe, Krabbentaucher, Türkentaube, Fitis, Mönchsgrasmücke, Blaukehlchen und Zaunkönig sieben weitere Arten am Standort nachgewiesen, so dass sich die Gesamtzahl der von FINO 1 aus nachgewiesenen Arten im Jahr 2019 auf 81 belief.

Im Rahmen der Zugplanbeobachtungen wurden zu 2.211 Ind. Assoziationscodierungen bzgl. OWPs vergeben (Tabelle 6). Dabei wurden 897 Ind. der Code „Keine erkennbare Reaktion bzgl. OWPs“ (Code 250) zugewiesen, 1.341 Ind. flogen im Moment der initialen Wahrnehmung zwischen den OWEA (Code 210) bzw. Gründungsstrukturen (Code 200). In seltenen Fällen wurden weitere Codierungen vergeben wie z.B. einer vertikalen Ausweichbewegung (Code 241). Kollisionen mit OWEA wurden nicht beobachtet.

Tabelle 6: Verhalten ziehend beobachteter Vogelarten/-gruppen in Relation zu OWP im Jahr 2019.

Art(engruppe)	OWEA-code	200		210		241		250	
		Ind.	Beob.	Ind.	Beob.	Ind.	Beob.	Ind.	Beob.
Gänse & Enten Anatidae				71	13	12	1	542	20
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>				42	35			90	70
Kormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>				53	7			31	5
Limikolen 'Limicolae'				36	12			25	5
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>				35	23			2	1
Lachmöwe <i>Croicocephalus ridibundus</i>				115	46			9	6
Zwergmöwe <i>Larus minutus</i>				35	16			5	3
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>				80	62			8	5
Silbermöwe <i>Larus argentatus</i>				10	7				
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>				309	178			33	20
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>				52	45			10	7
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>				125	30			40	10
Brandseeschwalbe <i>Thalasseus sandvicensis</i>				119	64			73	26
Seetaucher Gaviidae		1	1	4	3			6	4
Alken Alcidae				56	32			23	14
Singvogel sp. Passeriformes				199	65				

5 Kumulierte Vogelzugdarstellung der Jahre 2013-2019

5.1 Vogelzugintensität

In Tabelle 7 sind die aggregierten Daten je Methode und Zugperiode aus den Erfassungsjahren 2013 bis 2019 kurz zusammengefasst. Gemäß Vertikalradarerfassung wurde während der Wegzugperioden 2013-2018 auf stark ungleiche Zahlen ziehender Vögel geschlossen, wobei im Herbst 2013 mit 1.276.953 Vogelbewegungen die Zugaktivität gegenüber den Jahren 2014, 2015 und besonders gegenüber den Jahren 2016-2018 erhöht war (Tabelle 7). Im Frühjahr 2013-2015 wurden jahrweise recht ähnliche Echosummen errechnet, während die Frühjahre 2016 und 2018 etwas schwächer, das Frühjahr 2017 erheblich schwächer als die Vorjahre ausfiel. 2019 nahm eine Mittelstellung ein (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zusammenfassende Darstellung der Vogelzugdaten in den Erfassungsjahren 2013 bis 2019 je Methode.

Methode Jahr	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst
Vertikalradar (Summe hochgerechneter Echos aller Erfassungsstunden je Zugperiode)	588.687	1.276.953	531.935	521.736	568.283	387.475	407.804	330.884	298.562	336.304	349.452	303.165	464.146	
Zugrufverhör (Summe rufpositiver Dateien je Zugperiode in den Auswahlnächten)	90	278	254	176	39	97	54	107	14	180	54	572	37	1004
Sichtbeobachtungen (Summe der an Auswahltagen beobachteten Individuen je Zugperiode)	1.948	3.090	1.673	1.339	2.578	1.371	1.433	2.128	758	1.968	2.166	1.133	1.394	1.357

5.1.1 Vertikalradarerfassung

5.1.1.1 Phänologie

Nächtlicher Heimzug wurde in den Jahren 2013-2019 vor allem während der ersten Aprilhälfte festgestellt (Abbildung 40). In allen Untersuchungsjahren konnten in diesem Zeitraum Nächte mit starken, sehr starken oder massenhaft ausgeprägten Vogelzugereignissen verzeichnet werden (AVITEC 2014-2019, Kap. 4.1.1). Hohe Zugintensitäten wurden zusätzlich während aller Halbmonatszeiträume zwischen Anfang März und Ende Mai registriert. Dies gelang jedoch nicht in jedem Untersuchungsjahr und maximales Vogelzuggeschehen war Jahr für Jahr zeitlich

unterschiedlich positioniert. Besonders deutlich zeigen dies zwischenjährige Vergleiche für den März: 2013 setzte nennenswerter Vogelzug im Frühjahr erst ab Anfang/Mitte April ein, in den Jahren 2014-2019 wurden stärkere Zugereignisse bereits im März verzeichnet (AVITEC 2014, 2015, Kap. 4.1.1). Anhand dieser Gegensätze wird die Wetterabhängigkeit von Vogelzug deutlich: Der März 2013 war sowohl in großen Teilen Deutschlands als auch in einigen anderen Gegenden Mitteleuropas durch die niedrigsten Märztemperaturen seit Aufzeichnungsbeginn gekennzeichnet. Wochenlang anhaltende kalte Ostwinde und vielerorts geschlossene Schneedecken führten zu einem bisher wohl beispiellosen Zugstau vieler nach Norden wandernder Zugvögel (GELPKE et al. 2013). Die Auflösung des Zugstaus machte sich im Offshore-Bereich wie andernorts während der ersten Aprilhälfte deutlich bemerkbar (AVITEC 2014). Demgegenüber wurden im März der Folgejahre jeweils Warmluftvorstöße mit südlichen Luftströmungen registriert und milde Temperaturen mit Höchstwerten bis 19°C (20.03.2014, www.dwd.de, letzter Zugriff 12.04.2018) gemessen. Warme Luftmassen führten dann jeweils vermehrt Zugvögel in den Betrachtungsraum, so z. B. in den Nächten 09./10.03.2014, 07.-09.03.2015, 25.-28.03.2016, 13./14.03.2017 (AVITEC 2015-2018).

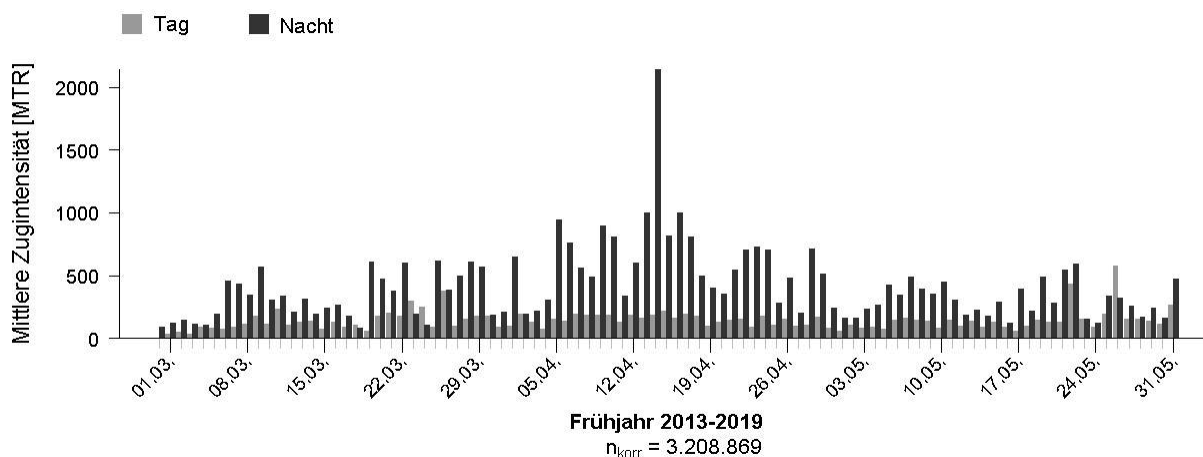


Abbildung 40: Kumulierte Zugintensität der Heimzugperioden 2013-2019 am Standort FINO 1 (Vertikalradarerfassung). Die Daten sind nach Hell- und Dunkelphase aufgeschlüsselt. n_{korr} gibt die Echoanzahl nach Distanz- und Aufwandskorrektur sowie Hochrechnung auf MTR an.

Tagsüber ergab sich ein indifferentes Bild (Abbildung 40). Höhere Zugintensitäten wurden vor allem Ende Mai und somit zu einer Zeit aufgezeichnet, während der zunehmend z. B. Heringsmöwen aus den Kolonien der umliegenden Küsten den Offshore-Bereich aufsuchen

und dann anthropogene Strukturen wie z. B. Helikopterdecks gezielt anfliegen und zur Rast nutzen (HILL et al. 2014a, AUMÜLLER et al. 2015). Es ist somit fraglich, inwieweit die Ende Mai tagsüber verstärkt registrierten Echos „echten Vogelzug“ abbilden.

Während des Herbstzugs war im Mittel der sechs betrachteten Wegzugperioden der Oktober der zugstärkste Monat (Abbildung 41). Zusätzlich wird deutlich, dass jederzeit mit Vogelbewegungen am Standort zu rechnen war und verstärkte nächtliche Zugaktivität über die gesamte Wegzugphase hinweg beobachtet werden konnte. Ausschläge hoher Vogelzugaktivität wurden auch während der Hellphase besonders zwischen Ende September und Ende Oktober registriert (Abbildung 41).

Die Muster zur Phänologie der Jahre 2013-2018 (2019: keine Daten; s. Kap. 3.1.1) entsprechen weitgehend den zuvor für die Jahre 2004-2012 ermittelten Mustern (vgl. HILL et al. 2014a).

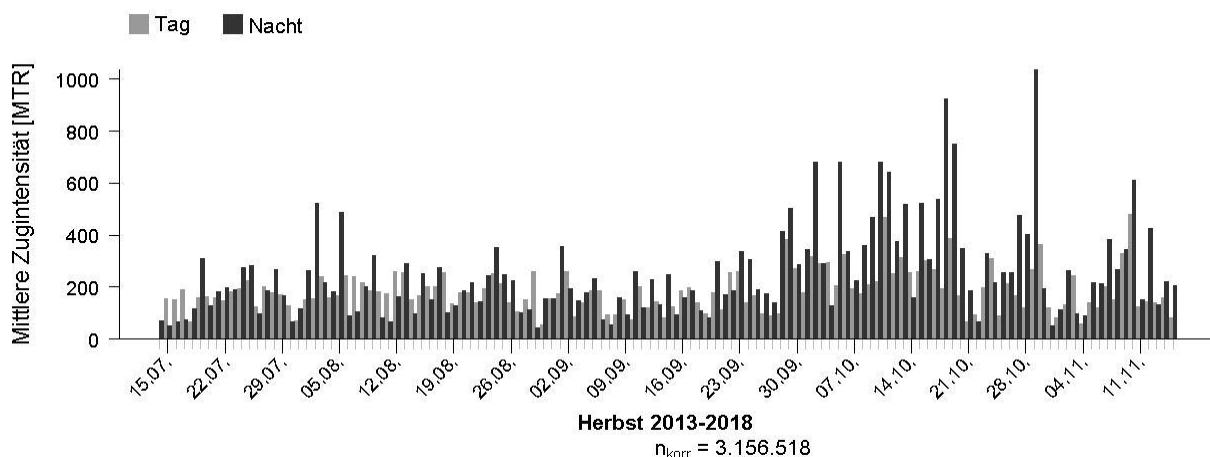


Abbildung 41: Kumulierte Zugintensität der Wegzugperioden 2013-2018 am Standort FINO 1 (Vertikalradarerfassung). Die Daten sind nach Hell- und Dunkelphase aufgeschlüsselt. n_{korr} gibt die Echoanzahl nach Distanz- und Aufwandskorrektur sowie Hochrechnung auf MTR an.

5.1.1.2 Tageszeit

Vogelzugbewegungen wurden zu allen Tageszeiten registriert (AVITEC 2014-2019, Kap. 4.1.1). Nächtlicher Vogelzug überwog. Dieser Unterschied war über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg konstant und während aller Einzeljahre erkennbar (AVITEC 2014-2019, Kap. 4.1.1). Typische Muster existierten auch innerhalb der Nacht bzw. tagsüber. Abends setzte Vogelzug zumeist zögerlich und erst einige Stunden nach Sonnenuntergang ein, was

sowohl im Frühjahr als auch im Herbst zu beobachten war (AVITEC 2015-2019, Kap. 4.1.1, Abbildung 42). Das Muster trifft auf alle Einzeljahre zu (AVITEC 2014-2018, Kap. 4.1.1). Vogelzug spielte sich nachts vor allem in den beiden zentralen Nachtvierteln ab, für das letzte Nachtviertel war wiederum abgeschwächte Zugaktivität zu erkennen (Abbildung 42). Starke Zugaktivität konnte zwar jederzeit beobachtet werden, aber solche Ereignisse waren im ersten Nachtviertel besonders selten (Beispiele s. Kap. 4.1.1). Für den insgesamt schwächeren Vogelzug am Tag ergab sich ein etwas einheitlicheres Bild. Tendenziell wurde hohe Zugaktivität vor allem während des ersten Tagesviertels früh morgens registriert (Abbildung 42). Angesichts des zeitlichen Musters mit oft fließenden Übergängen zu vorangegangenem Nachtzug ist zu vermuten, dass die Zugaktivität im ersten Tageslichtviertel in besonderem Maße auf Vögel zurückzuführen ist, die mit Sonnenaufgang noch nicht wieder das Festland erreicht hatten.

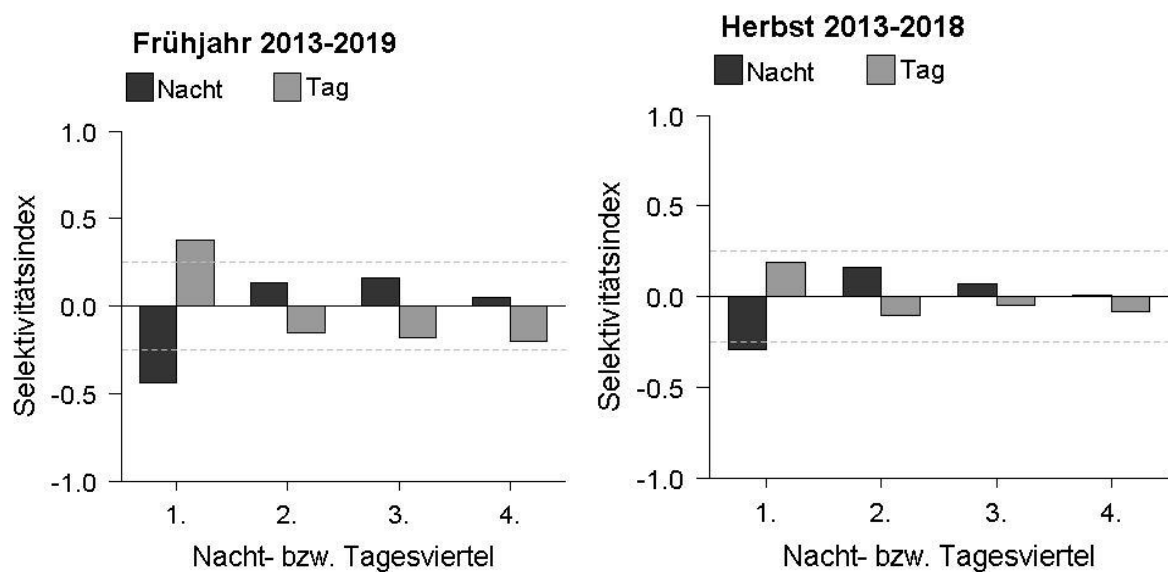


Abbildung 42: Tageszeitliche Verteilung mit Vertikalradar erfasster Zugvögel während der Jahre 2013-2019 (Frühjahr, links) bzw. zwischen 2013-2018 (Herbst, rechts) am Standort FINO 1. Dargestellt sind Indexwerte zur Selektivität nach JACOBS (1974).

Besonders viele Nachtzieher – das Gros unter ihnen Singvögel – brechen um Sonnenuntergang oder in den Folgestunden auf (z. B. SCHMALJOHANN et al. 2011). Angesichts erst nach Sonnenuntergang einsetzender Zugaktivität am Standort FINO 1 ist davon auszugehen, dass sich im leichten zeitlichen Versatz die von den Vögeln zurückzulegende Strecke zwischen Festland und Standort bemerkbar macht. Dieses Muster entspricht den Ergebnissen zur tageszeitlichen

Verteilung der Jahre 2004-2012 an diesem Standort (HILL et al. 2014a). Auch der zeitlich gegenüber dem Nachtzug weniger variierende Tagzug entspricht dem Muster früherer Untersuchungen weitgehend. Im Frühjahr stimmten die Tendenzen für jedes Tagesviertel überein. Im Herbst wurden während der Jahre 2004-2012 leicht positive Werte zur Selektivität für die zweite Tageshälfte ermittelt. 2013-2018 ergaben sich indes leicht negative Werte für die zweite Tageshälfte (Abbildung 42). Geringfügige Abweichungen von den geschilderten Mustern konnten sich jaarweise ergeben (AVITEC 2014-2019, Kap. 4.1.1).

5.1.2 Automatische Ruferfassung

5.1.2.1 Phänologie

Während der Heimzugperioden der Jahre 2013 bis 2019 blieb das über Ruferfassung registrierte Vorkommen von Zugvögeln außerordentlich gering und erreichte nicht das Niveau früherer Erfassungen (HILL et al. 2013). Auch für das Frühjahr 2019 war faktisch von fehlender Vogelrufaktivität im direkten Plattformumfeld auszugehen (Kap. 4.3.1).

Trotz des begrenzten Vogelrufaufkommens fällt für 2013-2019 phänologisch eine deutliche Zweiteilung der registrierten Rufaktivität auf. Vogelrufe wurden fast ausschließlich während der frühen Phase des Heimzugs bis Anfang April registriert (Abbildung 43). Diese Konzentration (vgl. auch HILL et al. 2014a) ist durch viele zugrufäußernde Arten unter den Frühziehern (Kurz- und Mittelstreckenzieher) zu erklären, unter ihnen z. B. die verschiedenen Drosselarten. Diese dominierten das Rufgeschehen zumindest bis in die jüngere Vergangenheit stets (AVITEC 2014-2019, Kap. 4.3.1.1, HILL et al. 2014a). Neben dieser alljährlich zu erkennenden Zweiteilung der Zugperiode ergaben sich weitere Übereinstimmungen. Im Frühjahr 2013 war es eine Nacht mit Sturmmöwenzug am 11./12.03., auf die die registrierten Rufe im Wesentlichen zurückgingen. Auch während der Heimzugperioden 2014 und 2015 wurden Mitte März ziehende Sturmmöwen identifiziert (AVITEC 2016).

Spiegelbildlich zu den phänologischen Verhältnissen im Frühjahr zeigen die Ergebnisse zu den Herbstperioden der Jahre 2013-2019, dass das Gros der aufgezeichneten Rufe auf die zweite Hälfte der Zugperiode entfiel (Abbildung 43). Diese Konzentration auf die späte Wegzugphase ist wiederum den Kernzugzeiten der Kurz- und Mittelstreckenzieher geschuldet. Diese rufen viel und

passieren im Herbst den Bereich der südlichen Nordsee erst spät und in nahezu umgekehrter Reihenfolge zum Durchzug im Frühjahr (z. B. HILL et al. 2014a). Kurz- und Mittelstreckenziehende Drosseln dominierten alljährlich auch das herbstliche Rufgeschehen (AVITEC 2015, Kap. 4.3.2.1, HILL et al. 2014a). Demgegenüber finden sich unter den früh im Herbst ziehenden Arten (Langstreckenzieher) kaum solche, die Zugrufe äußern.

Abgesehen von der Zweiteilung der registrierten Rufaktivität sind kaum Gemeinsamkeiten zwischen den Jahren zu erkennen. Die jährlichen Maxima waren jeweils unterschiedlich positioniert: Im Jahr 2013 wurden Rufe vor allem Anfang November festgestellt und betrafen mit Amseln und Wacholderdrosseln vor allem besonders spät ziehende Arten. 2014 wie auch 2017 wurde maximale Rufaktivität im Herbst bereits Ende September und unter vorwiegender Beteiligung von früher im Herbst ziehenden Arten wie Singdrossel, Wiesenpieper und/oder Rotkehlchen verzeichnet. Die höchsten Rufintensitäten 2015 und 2018 wurden Ende der zweiten Oktoberdekade verzeichnet und gingen vor allem auf Rotdrosseln (2015) bzw. Amseln (2018) zurück, während 2016 die Rufmaxima Anfang Oktober lagen und zu denen beteiligte Rot- und Singdrosseln führten (AVITEC 2017). Im Herbst 2019 gipfelten Aufzeichnungen von Rufen Ende Oktober (Kap. 4.3.2.2).

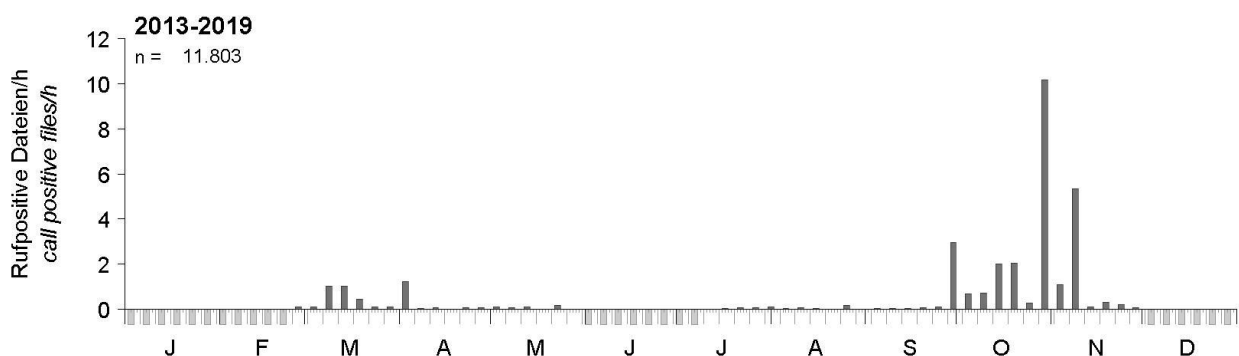


Abbildung 43: Pentadenmittel vogelpositiver Audiodateien während der Jahre 2013-2019 am Standort FINO 1. Hellgrau unterlegte Bereiche auf der x-Achse kennzeichnen nicht erfasste Zeiträume. Beachte: Es handelt sich im Frühjahr um eine begrenzte Auswahl beprobter Untersuchungsächte (s. Kap 3.1.1).

5.1.2.2 Tageszeit

Die Erfassung von Vogelrufen gelang vor allem während der zweiten Nachthälfte. Dies gilt gleichermaßen für das Frühjahr und den Herbst (Abbildung 44, Abbildung 45). Zwar folgte die

Verteilung der Vogelrufe nicht in allen Nächten diesem Grundmuster, bei Betrachtung ganzer Zugperioden war die Konzentration von Vogelrufen auf späte Nachtphasen hingegen stets ausgeprägt. Dies gilt insbesondere für Singvögel, denn die markantesten Abweichungen vom Grundmuster betrafen die Sturmmöwen-Zugereignisse im März der Jahre 2013-2015 mit kontinuierlicher Rufaktivität jeweils über die Nacht hinweg (AVITEC 2014-2017).

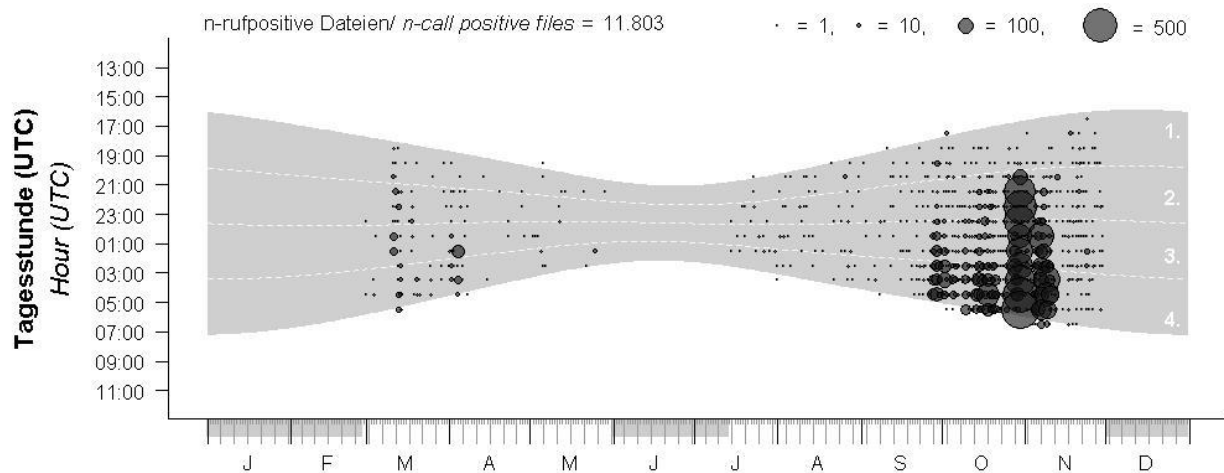


Abbildung 44: Vogelrufintensität während der Jahre 2013-2019 am Standort FINO 1 in stundenscharfer Auflösung. Graue Felder kennzeichnen die Dunkelphase. Die Ruferfassung fand nur während der Nachtstunden Anwendung. Es handelt sich im Frühjahr um eine begrenzte Auswahl beprobter Untersuchungs Nächte (s. Kap 3.1.1). Für jeden Stundenwert ist eine Zuweisung zu einer Tages- bzw. Nachtphase (in Vierteln; gestrichelte Linien) möglich. Hellgrau unterlegte Bereiche auf der x-Achse kennzeichnen nicht erfasste Zeiträume. Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt.

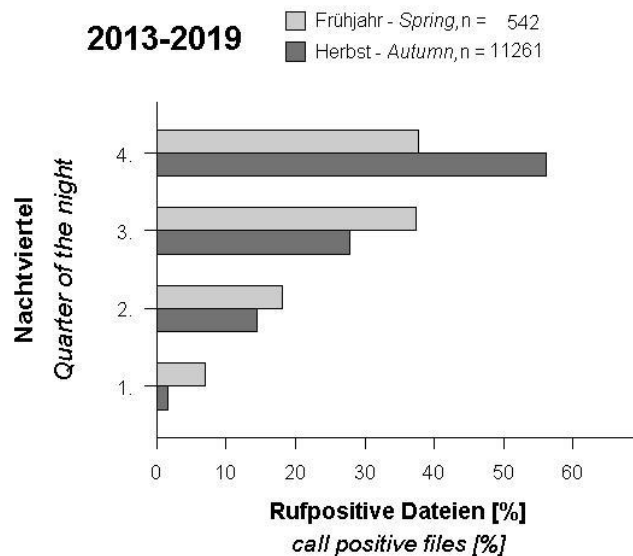


Abbildung 45: Tageszeitliche Verteilung von Zugvogelrufen während der Jahre 2013-2019 am Standort FINO 1. Dargestellt sind relative Häufigkeiten vogelrufpositiver Audiodateien während verschiedener Nachtphasen für beide Zugperioden (im Frühjahr handelte es sich nicht um eine Kompletterfassung, sondern um einen Datensatz ausgewählter Beprobungs Nächte).

5.1.3 Zugplanbeobachtung

5.1.3.1 Phänologie

In der kumulierten Gesamtschau der Jahre 2013-2019 lassen sich im Frühjahr höchste Zugintensitäten einerseits über den März hinweg bis Anfang April mit Halbmonatsmitteln von jeweils zwischen 30 bis 40 Ind./h und andererseits während der zweiten Maihälfte mit rund 40 Ind./h erkennen (Abbildung 46). Im Herbst wurde stärkster Vogelzug mit knapp 40 Ind./h Anfang November registriert.

In einigen Fällen sind einzelne Zugereignisse einzelner Arten für die Peaks im Zuggeschehen (Abbildung 46) verantwortlich: Die hohe Vogelzugrate der zweiten Märzhälfte lässt sich mit hohen Zahlen ziehend beobachteter Zwergmöwen im Jahr 2014 in Verbindung bringen. Der im Jahr 2018 besonders zahlreich beobachtete Starenzug am 14.03. verursachte im Wesentlichen den Zugpeak während der ersten Märzhälfte. Anfang April 2013 wurden vor allem Lach- und Sturmmöwen in außergewöhnlichen Häufigkeiten beobachtet (HILL et al. 2014c), vermutlich als Resultat ablandiger Winde. Der starke Vogelzug in der zweiten Maihälfte geht vor allem auf (nicht alljährlich) beobachteten Zug von Ringelgänsen zurück. So wurden am 22.05.2014 am Standort

303 vorbeiziehende Ringelgänse erfasst und auch am 21.05.2015, am 26.05.2016 und wiederum am 22.05.2019 waren Gänse mit jeweils über 90 % der beobachteten Tagesindividuen ausschlaggebend für den Zuggipfel spät im Mai (AVITEC 2016, Kap. 4.4.1.2). Jahr für Jahr erfolgt der Abzug dieser arktischen Wintergäste aus dem Wattenmeer in der zweiten Maihälfte und Anfang Juni (MADSEN et al. 1999). Die Gänse nutzen dabei für ihren Abzug profitable Rückenwinde aus (HÜPPOP et al. 2009a). Jahrweise (z. B. 2013, 2017, 2018) fehlten an den ausgewählten Beobachtungsterminen Beobachtungen der Art in der zweiten Maihälfte. In diesen Jahren fehlten an den Beobachtungsterminen die notwendigen spezifischen Windbedingungen, die für das Offshore-Vorkommen förderlich sind. Auch Anfang November wurden im Jahr 2013 besonders viele Stare notiert (HILL et al. 2014c) sowie im Jahr 2017 ein außergewöhnlich starkes Auftreten der Dreizehenmöwe nach Abflauen eines starken Weststurms verzeichnet (AVITEC 2019). Diese Beispiele machen deutlich, weshalb langfristige Untersuchungen wichtig sind, um die hohe zwischenjährliche Variabilität „ausgleichen“ zu können.

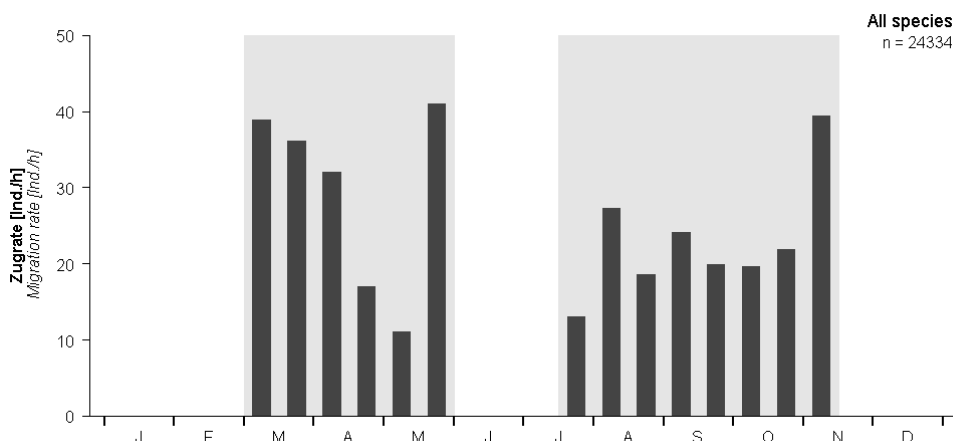


Abbildung 46: Halbmonatliche Vogelzugstärke nach Zugplanbeobachtungen 2013-2019. Grau hinterlegt sind die Erfassungszeiträume.

Wellen intensiven Vogelzugs wechseln sich innerhalb einer Zugperiode für gewöhnlich mit Phasen geringerer Zugintensität ab, sowohl im Frühjahr als auch im Herbst (Kap. 4.4.1.2, 4.4.2.2). Dabei können Phasen starken bzw. schwachen Vogelzugs von Jahr zu Jahr jahreszeitlich unterschiedlich positioniert sein (vgl. AVITEC 2014-2019). Stets gilt es zu berücksichtigen, welche Arten festgestellt wurden. Trotz der hohen zwischenjährlichen Variabilität in der Zugraten ergeben sich für Mehrjahresschauen artbezogen in vielen Fällen hohe Übereinstimmungen zur Phänologie des Durchzugs an anderen Standorten der Deutschen Bucht wie z. B. Helgoland. In

Abbildung 47 sind Durchzugsdiagramme für 19 zwischen 2013-2018 um die Plattform FINO 1 herum häufig ziehend festgestellte Arten (≥ 30 Zugereignisse als Summe aller Heimzug- bzw. Wegzugperioden der Jahre 2013-2019) dargestellt. Einige werden im Folgenden beispielhaft erläutert.

Das bereits zuvor erwähnte Frühjahrsvorkommen von Ringelgänsen teilt sich dabei in eine frühe Phase im März und eine späte im Mai auf (Abbildung 47). In dieser Eigenschaft korrespondiert es in hohem Maße mit den Verhältnissen um Helgoland (DIERSCHKE et al. 2011). Zunächst halten Ringelgänse vor allem im März (und weniger im April) von weiter südwest- bis westlich gelegenen Überwinterungsgebieten aus Einzug in die Zwischenrastgebiete im Wattenmeer. Dabei passieren noch vergleichsweise wenige Vögel Standorte in der Deutschen Bucht, denn nur kleine Populationsanteile beteiligen sich zu dieser Zeit an diesem jährlichen Einflug ins Wattenmeer. Deutlich stärker macht sich der Zug Ende Mai (und Anfang Juni auf Helgoland; um FINO 1 nicht untersucht) bemerkbar, wenn die bis dahin mehrheitlich weiter südwestlich verbliebenen Überwinterer auf dem Weg in die sibirischen Brutgebiete zu den Zwischenrastgebieten am Weißen Meer aufbrechen und dabei den Bereich der Deutschen Bucht überfliegen (MADSEN et al. 1999).

Der Heimzug adulter Sturmmöwen erfolgt im Bereich der südlichen Nordsee von Anfang März bis Mitte Mai mit einem deutlichen Gipfel von Anfang März bis Anfang April, ehe deutlich später um Anfang Mai der Zug vorjähriger Vögel kulminiert. Beide Gipfel lassen sich sowohl auf Helgoland (DIERSCHKE et al. 2011) als auch um FINO 1 herum erkennen (Abbildung 47). Im Falle des Wiesenpiepers ist die Schilderung zum Zug von DIERSCHKE et al. (2011) für Helgoland auf die Plattform FINO 1 (Abbildung 47) zu übertragen: „Der Heimzug ... bleibt den März über schwach, erreicht sein Maximum ... [im April] und ist Mitte Mai weitgehend abgeschlossen. Der Wegzug beginnt Ende August, ist von ... September bis Mitte Oktober sehr stark ausgeprägt und klingt im November aus“.

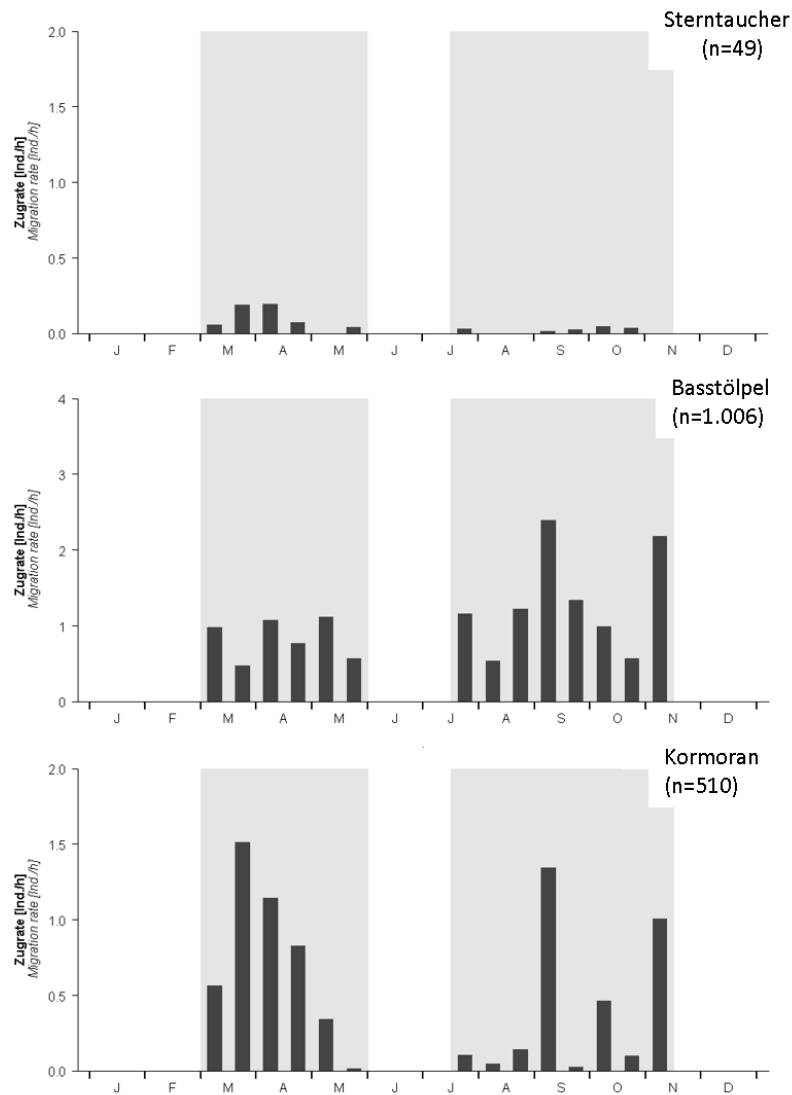
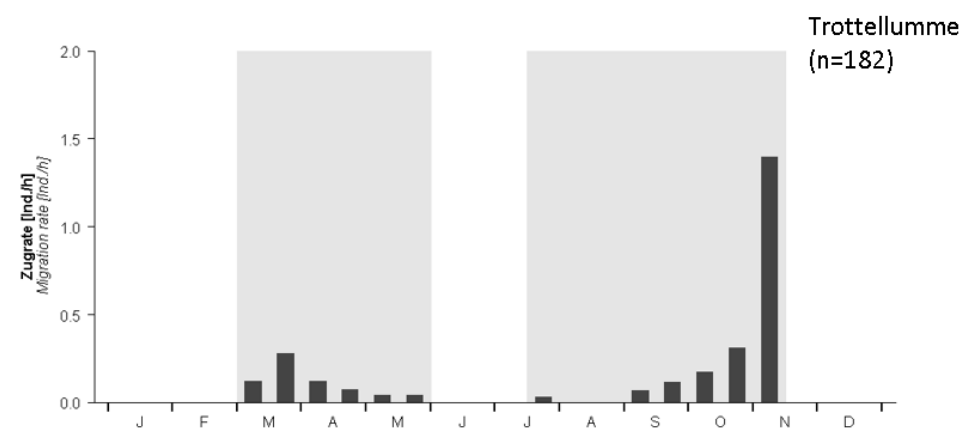
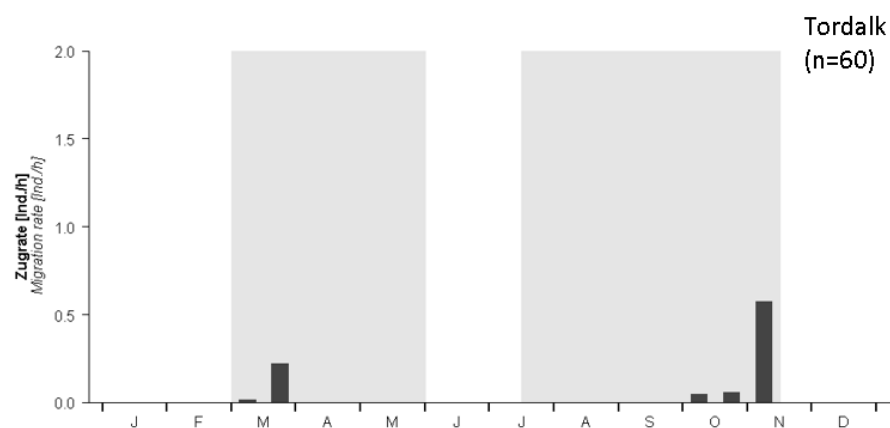
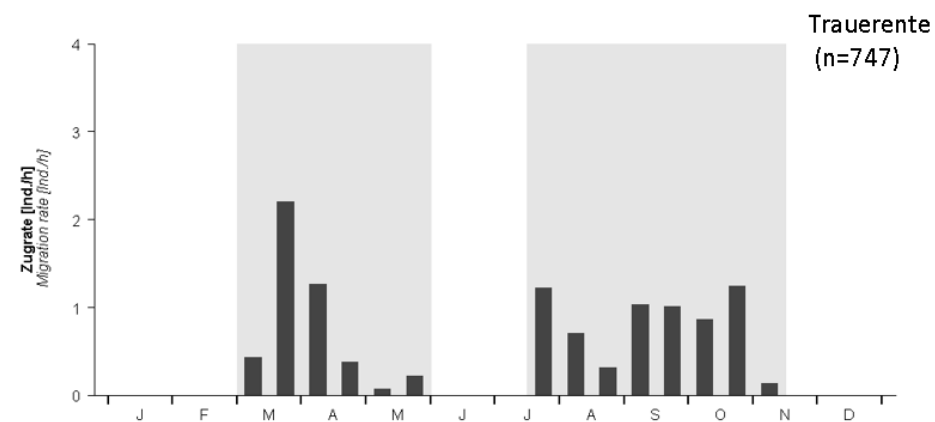
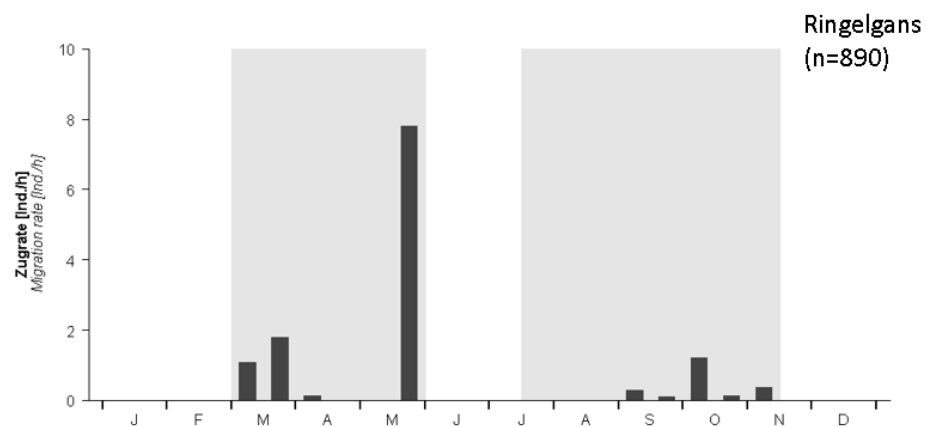
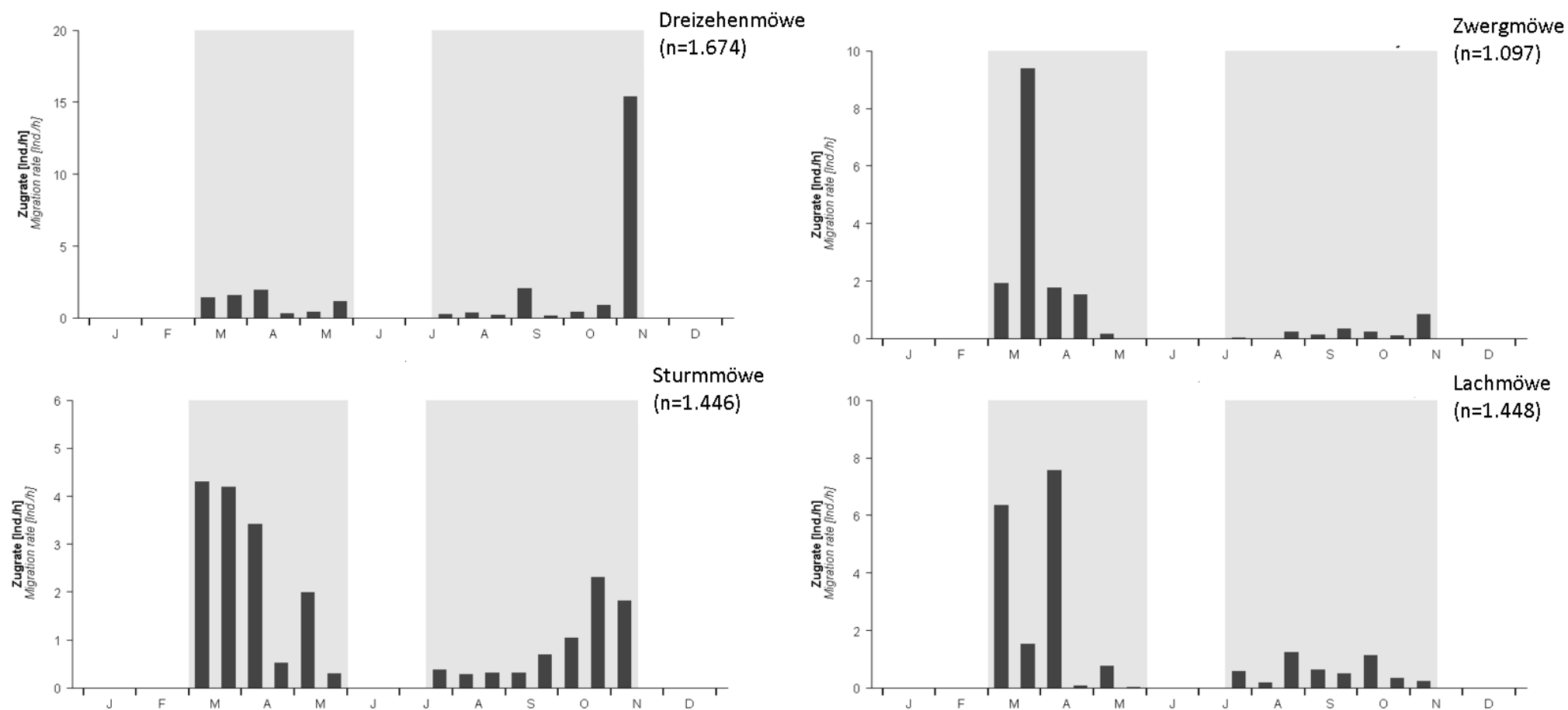


Abbildung 47: Halbmonatliche Zugstärke von Zugvogelarten nach Zugplanbeobachtungen 2013-2019 am Standort FINO 1. Nur Arten mit ≥ 25 Zugereignissen und zugleich ≥ 30 Individuen als Summe aller Heimzug- bzw. Wegzugperioden der Jahre 2013-2019 sind dargestellt. Grau hinterlegt sind die Erfassungszeiträume. Artnamen siehe Tabelle 4 und Tabelle 5.

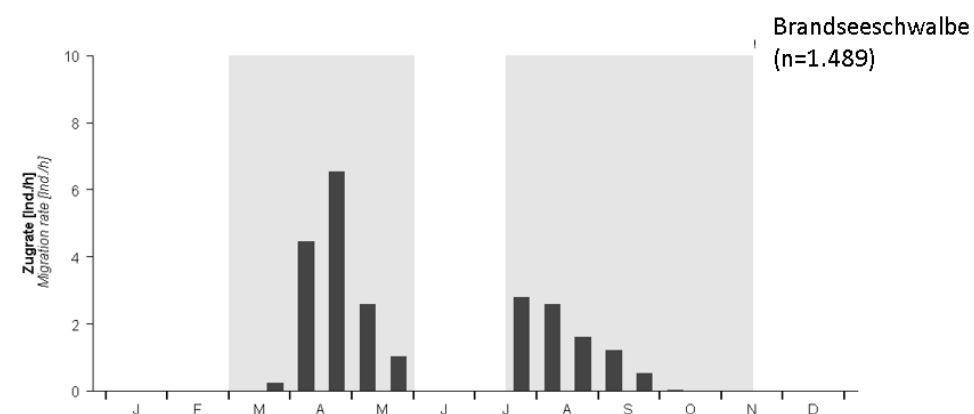
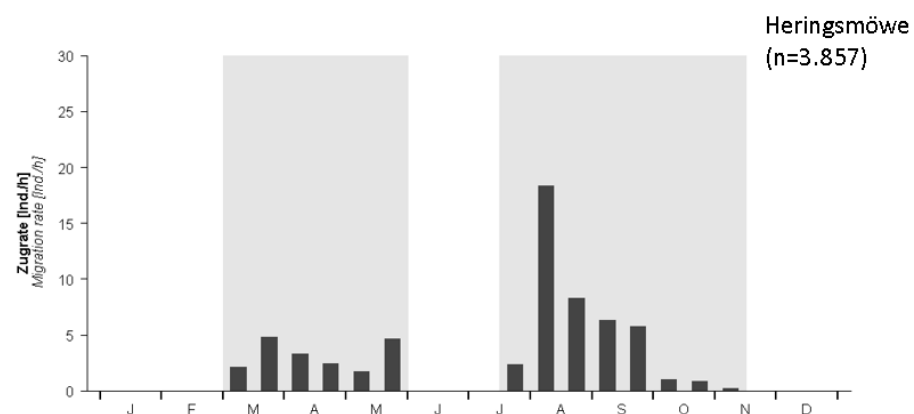
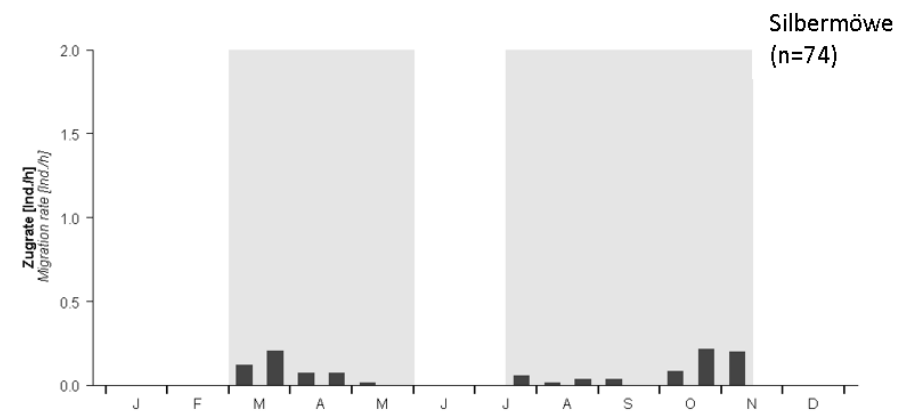
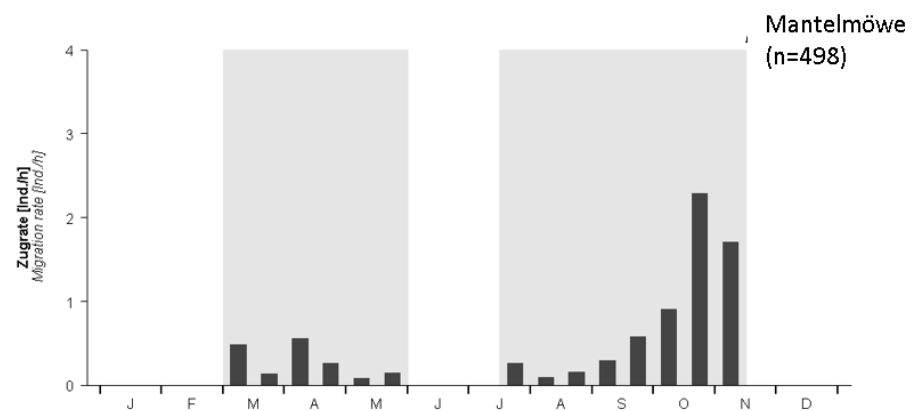
Fortsetzung von **Abbildung 47**



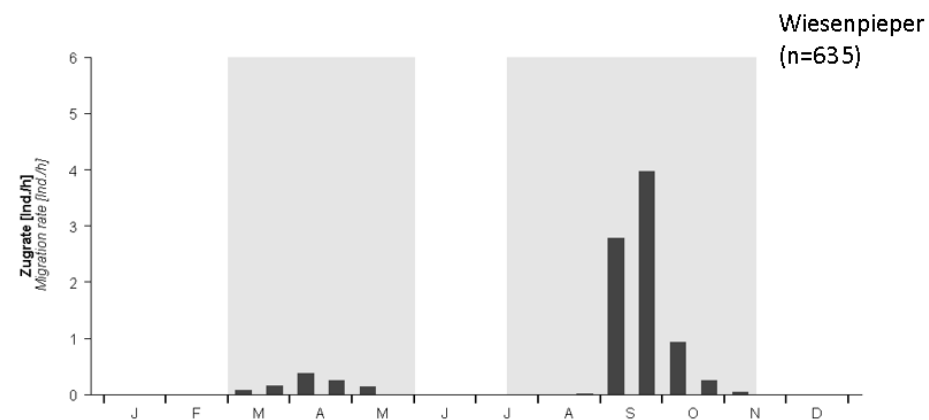
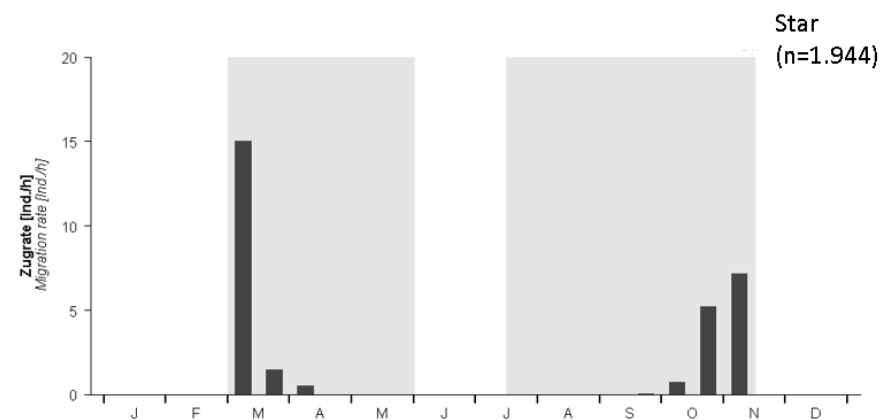
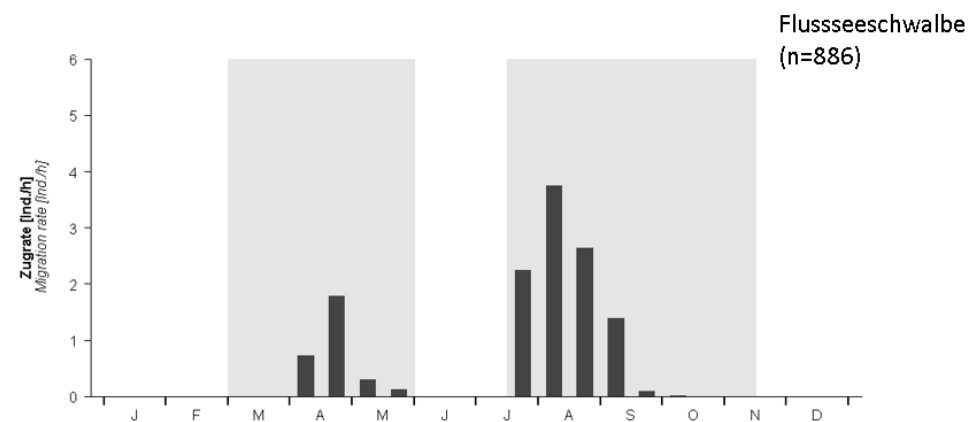
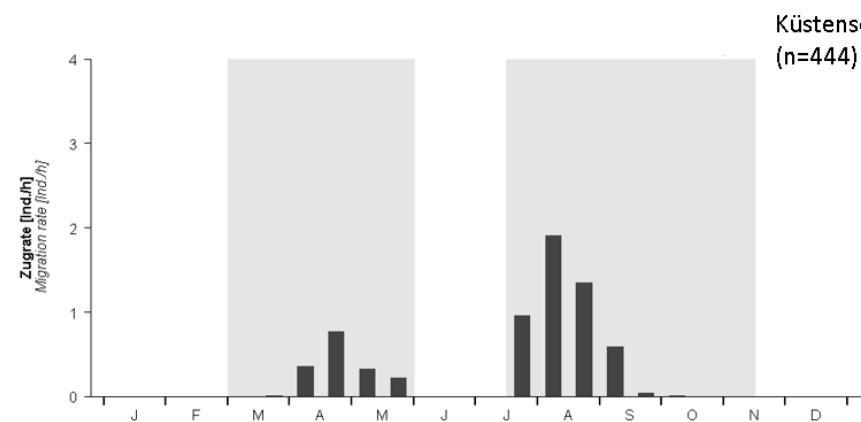
Fortsetzung von **Abbildung 47**



Fortsetzung von **Abbildung 47**



Fortsetzung von **Abbildung 47**



5.1.3.2 Tageszeit

Über Zugplanbeobachtungen festgestellter Vogelzug war im Frühjahr während der ersten Tageshälfte stärker ausgeprägt als in der zweiten. Vor allem im zweiten Tagesviertel wurden überproportional viele Vogelbewegungen festgestellt, wie anhand des über die Jahre kumulierten Datenmaterials ersichtlich ist (Abbildung 48). Auch im Herbst wurden während der ersten Tageshälfte überproportional viele Flugbewegungen registriert, allerdings war der Tagesgang von Vogelzug im Herbst ausgeglichener als während des Heimzugs. Während beider Zugperioden wurden im letzten Tagesviertel besonders wenige ziehende Vögel registriert.

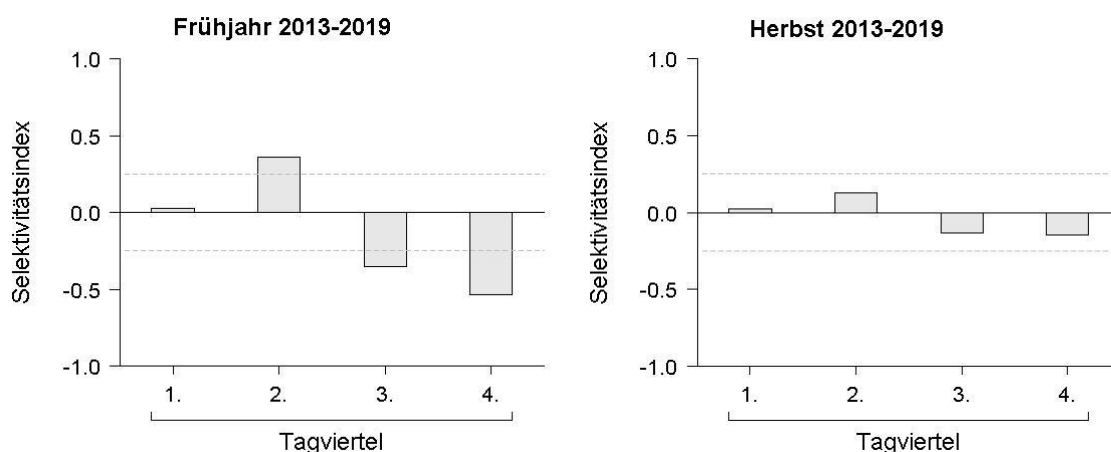


Abbildung 48: Tageszeitliche Verteilung beobachteter Zugvögel während der Jahre 2013-2019 (links Frühjahr, rechts Herbst) am Standort FINO 1. Dargestellt sind Indexwerte zur Selektivität nach JACOBS (1974).

2013-2019 bestanden art- bzw. artgruppenspezifische Unterschiede in der genutzten Tageszeit. Arten der ersten Tageshälfte waren im Frühjahr Gänse, Enten (in besonderem Maß Trauerenten), Seeschwalben, Kormorane sowie die große Gruppe der Singvögel mit Taxa wie Wiesenpieper, Star oder Schwalben (Tabelle 8). Schwerpunktmäßig in der zweiten Tageshälfte durchquerten Alken und Zwergmöwen das Seegebiet um die Plattform FINO 1. Die Ergebnisse zur Zwergmöwe stehen unter besonderer Beeinflussung des starken Zugereignisses am 27.03.2014, als 504 Vögel ab dem späten Vormittag bis nachmittags registriert wurden (AVITEC 2015).

In den beiden randständigen Tagesvierteln wurden jeweils überproportional viele Seetaucher, vor allem Sterntaucher, beobachtet. Weitgehend ausgeglichen im Tagesgang verteilten sich Nachweise zu Sturmmöwen.

Tabelle 8: Taxaspezifische, tageszeitliche Verteilung während der Jahre 2013-2019 über Zugplanbeobachtung beobachteter Zugvögel. Ausgewiesen sind Selektivitätswerte nach JACOBS (1974) für die verschiedenen Tagesviertel zwischen morgendlicher und abendlicher Bürgerlicher Dämmerung (Sonnenstand 6° unter Horizont). Nur Taxa mit ≥ 25 Zugereignissen (ZE) und zugleich ≥ 30 Individuen als Summe aller Heimzug- bzw. Wegzugperioden der Jahre 2013-2019 sind dargestellt. In Fettdruck sind Selektivitätswerte größer als 0,33 bzw. kleiner als -0,33 ausgewiesen. Dies kennzeichnet stark über- bzw. unter unterproportionale Zahlen registrierter Durchzügler.

Zugperiode	Frühjahr						Herbst					
	n		Tagesviertel				n		Tagesviertel			
	Ind.	ZE	1.	2.	3.	4.	Ind.	ZE	1.	2.	3.	4.
Alken	181	135	-0.28	0.09	-0.07	0.26	440	263	0.27	-0.01	-0.16	0.26
Basstölpel	325	282	-0.27	0.11	-0.07	0.04	681	540	0.03	0.02	-0.04	0.06
Brandseeschwalbe	900	327	-0.21	0.46	-0.42	-1	589	227	-0.62	0.4	-0.23	-1
Dreizehenmöwe	431	233	0.27	0.14	-0.24	-0.26	1243	442	0.43	0	-0.22	-0.14
Drosseln							98	26	-0.65	-0.71	-0.08	0.94
Enten	459	78	0.28	0.4	-0.54	-1	806	165	0.43	0.02	-0.29	0.1
Fluss-/Küstenseeschwalbe	204	60	-0.26	0.57	-0.61	0	888	267	-0.33	0.37	-0.28	-0.52
Gänse	2865	90	-0.37	0.72	-0.73	-1	962	51	0.01	-0.15	0.21	-1
Gaugans	253	28	0.74	0.06	-0.67	-1						
Großmöwen	1431	867	-0.12	0.06	-0.02	-0.45	3115	1142	-0.03	0.12	-0.08	-0.4
Heringsmöwe	1237	717	-0.13	0.09	-0.04	-0.42	2620	816	-0.09	0.15	-0.09	-0.52
Kormoran	299	50	0.56	0.25	-0.58	-1	211	36	-0.91	0.4	-0.21	-0.55
Lachmöwe	1097	266	-0.32	-0.04	0.08	0.24	351	134	0.02	0.01	0.04	-0.7
Limikolen	111	32	-0.12	0.25	-0.2	-1	190	60	-0.18	0.47	-0.45	-0.51
Mantelmöwe	113	91	0.04	-0.19	0.21	-0.39	385	276	0.29	-0.08	-0.06	0.11
Pieper, Lerchen, Stelzen	123	80	0.39	0.43	-0.65	-1	712	140	-0.52	0.1	-0.04	0.31
Raubmöwen							56	55	0.01	-0.28	0.31	-0.28
Rauchschwalbe	37	26	0.44	-0.1	-0.02	-1						
Ringelgans	734	26	-1	0.69	-0.59	-1						
Schwalben	53	34	0.62	-0.16	-0.12	-1						
Seeschwalben	1232	437	-0.18	0.48	-0.47	-0.72	1646	569	-0.4	0.38	-0.26	-0.71
Seetaucher	84	65	0.47	-0.04	-0.17	0.09						
Silbermöwe	33	30	-0.32	-0.03	0.13	-1	41	37	-0.59	-0.06	0.2	-0.13
Singvögel	1402	263	-0.3	0.41	-0.36	-0.81	1965	328	-0.63	0.08	0	0.29
Star	1147	106	-0.64	0.44	-0.34	-1	797	47	-0.71	0.22	-0.07	-0.17
Stelzen	28	28	0.12	0.61	-0.73	-1						
Sterntaucher	38	31	0.32	-0.02	-0.17	0.47						
Sturmmöwe	987	527	0.02	0.02	-0.02	-0.01	459	335	0.25	-0.09	-0.03	0.11
Trauerente	309	48	0.34	0.58	-0.83	-1	438	103	0.45	0.06	-0.32	-0.22
Trottellumme	46	41	-0.46	0.09	-0.07	0.38	136	86	0.16	-0.11	0.03	0.17
Wiesenpieper	68	40	0.59	0.39	-0.83	-1	568	108	-0.47	0.09	0.08	-0.8
Zwergmöwe	963	162	-0.25	-0.31	0.38	-0.53	134	77	-0.15	-0.21	0.02	0.69

Enten waren auch im Herbst weitgehend auf die erste Tageshälfte konzentriert, vor allem frühmorgens. Seeschwalben nutzten wie im Frühjahr das zweite Tagesviertel stark überproportional zur Querung des Seegebiets um FINO 1. Sturmmöwen wurden wie im Frühjahr in sehr ausgeglichener Form über den Tag hinweg beobachtet, Zwergmöwen wiederum vor allem während der zweiten Tageshälfte. Unter den Alken konnte für die Trottellumme während der Wegzuphase ein in die zweite Tageshälfte fallender Zugaktivitätsgipfel erkannt werden, was mit den Heimzug-Verhältnissen im Frühjahr korrespondiert.

5.2 Zughöhen

5.2.1 Vertikalradar

Die Daten der Heimzugperioden 2013-2019 lassen erkennen, dass Zugvögel überwiegend geringe Zughöhen bis in wenige hundert Meter Höhe wählten (Abbildung 49). Einzelnächte bzw. -tage konnten von diesem Schema abweichen. In Nächten mit besonders starker Vogelzugaktivität wurde oftmals ein erhöhter Anteil von Vogelzug in großen Höhenbereichen registriert (AVITEC 2014-2019). Alljährlich wurden starke Vogelzugnächte registriert, in denen mehrheitlich große Höhen oberhalb von 500 m beflogen wurden (für 2019 siehe Kap. 4.1.2), so dass sich in der Gesamtschau der Jahre für die Dunkelheit ein mehrgipfeliges Muster zu bevorzugten Zughöhen ergab (Abbildung 49). Tagsüber war die Konzentration auf untere Höhenbereiche stärker ausgeprägt, was stabil in allen Jahren zu beobachten war (AVITEC 2014-2019, Kap. 4.1.2). Zu beachten ist, dass Vogelzug in Höhen bis etwa 20 m nicht vom Vertikalradar erfasst wurde. Dies

führte zu einer systematischen Unterschätzung von Echos im Höhenband bis 100 m.

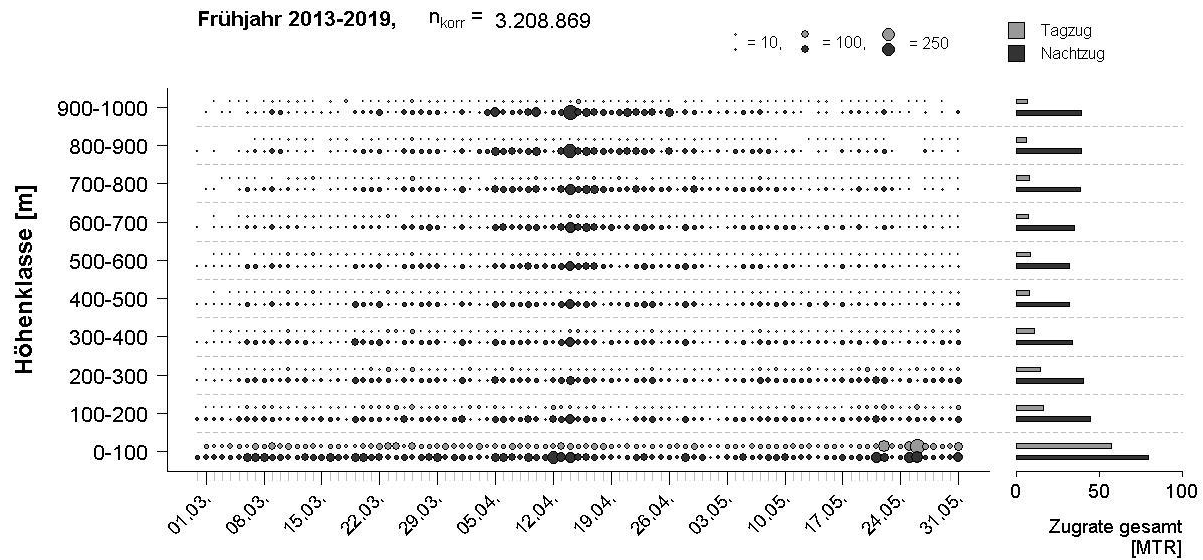


Abbildung 49: Höhengschichtung von Vogelzug im Frühjahr am Standort FINO 1 (Vertikalradarerfassung). Tagesscharf wurde ein Stundenmittel registrierter Echos für jede Höhenklasse aus den Heimzugperioden 2013-2019 gebildet. Zusätzlich ist die mittlere Zugintensität je Höhenklasse für den gesamten Jahresgang angegeben (rechts). Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 37 im Anhang.

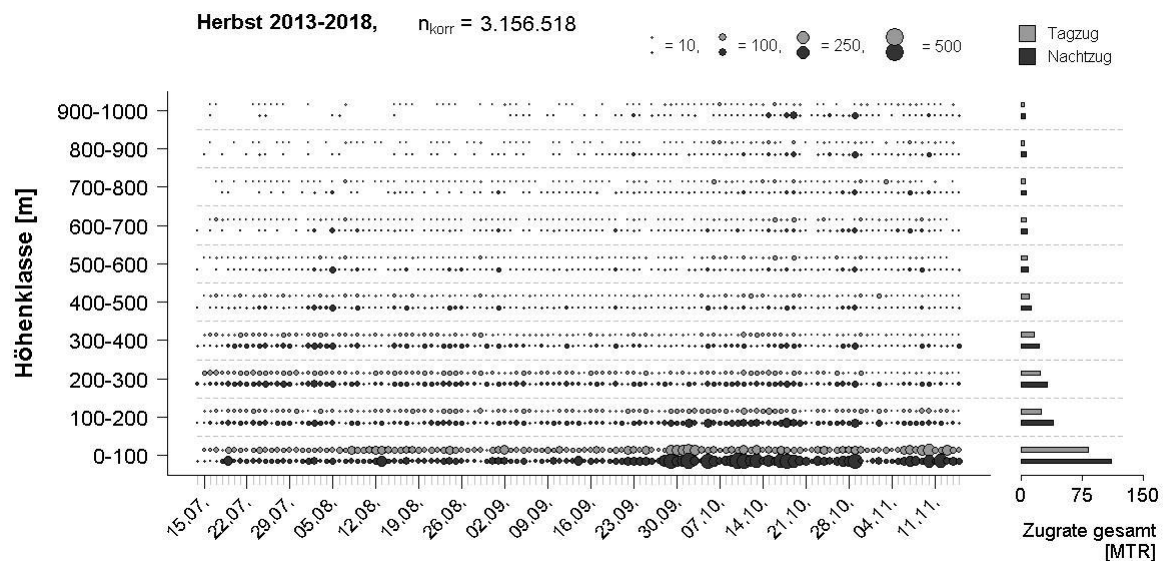


Abbildung 50: Höhengschichtung von Vogelzug im Herbst am Standort FINO 1 (Vertikalradarerfassung). Tagesscharf wurde ein Stundenmittel registrierter Echos für jede Höhenklasse aus den Wegzugperioden 2013-2018 gebildet. Zusätzlich ist die mittlere Zugintensität je Höhenklasse für den gesamten Jahresgang angegeben (rechts). Beachte: Die Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt. Datenbasis s. Tabelle 38 im Anhang.

Die Präferenz niedriger Höhenklassen war im Herbst (2013-2018, kumuliert) noch stärker als während der Frühjahrsperiode ausgeprägt. Wiederum konnten einzelne Nächte oder Tage von

diesem Schema abweichen (Abbildung 50), vor allem während starker Vogelzugereignisse (Avitec 2014-2019).

5.2.2 Zugplanbeobachtungen

Während der Frühjahre 2013-2019 stellten Beobachtungen über 200 m Höhe am Tag übereinstimmend Ausnahmen dar (Abbildung 51), was vor allem Folge einer mit zunehmender Höhe verringerten Möglichkeit zur Erfassung sein dürfte. Nachweise aus über 200 m Höhe gelangen nur von Ringelganstrupps an zwei Untersuchungstagen im Mai 2014 und März 2015 sowie von einzelnen Großmöwen. Insgesamt dominierten Beobachtungen von ziehenden Vögeln aus Höhen bis 20 m über See, was zwar oft auch bei Betrachtung einzelner Zugperioden oder sogar Monate deutlich wird (Kap. 4.4.2.3), wovon es aber auch Abweichungen auf Monats- oder sogar Zugperiodenebene kommen kann (Kap. 4.4.1.3). Auch eine hohe Variabilität im Höhenprofil auf Tagesbasis ändert am Bild überwiegend oberflächennahen Vogelzuges nichts. Viele ziehende Arten passen bei Rückenwind ihre Zughöhe dahingehend an, dass sie in etwas größeren Höhen ziehen (KRÜGER & GARTHE 2001), was tageweise vom Grundmuster differierende Höhenprofile gut erklärt.

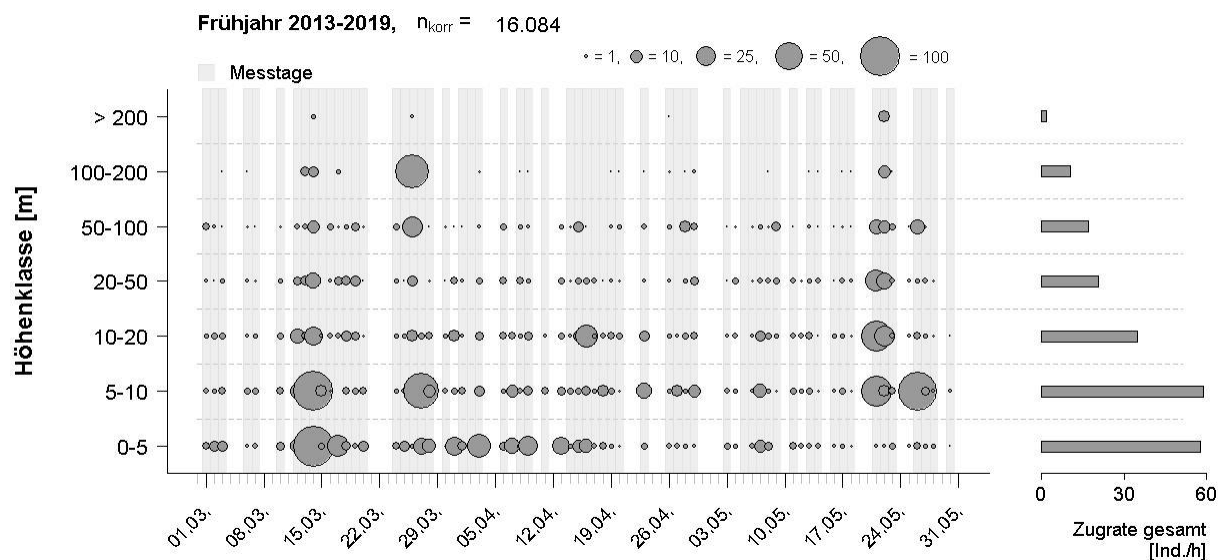


Abbildung 51: Höhengschichtung von Vogelzug im Frühjahr am Standort FINO 1 (Zugplanbeobachtung). Tagesscharf wurde ein Stundenmittel beobachteter Vögel für jede Höhenklasse aus den Heimzugperioden 2013-2019 gebildet. Zusätzlich ist die mittlere Zugintensität je Höhenklasse für den gesamten Jahresgang angegeben (Barplot rechts). Beachte: Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt.

Handelte es sich bei Beobachtungen aus Höhenbereichen über 200 m schon im Frühjahr um Ausnahmen, liegen im Herbst solche lediglich von wenigen Großmöwen vor (Abbildung 52). Überhaupt zeichnen die über die Wegzugperioden 2013-2019 hinweg kumulierten Daten zur Höhenverteilung ein Bild auf untere Höhenbereiche konzentrierten Zuggeschehens (Abbildung 52). Mehr als 80 % aller registrierten Vögel beflogen Höhenbereiche bis 50 m. Tageweise wurden aber auch im Herbst Abweichungen vom generellen Muster deutlich. So fiel insbesondere während einiger Septembertermine ein nach oben verschobenenes Höhenprofil auf (HILL et al. 2014c). Dabei herrschten günstige Rückenwindbedingungen vor, was die Vögel vermutlich zur Wahl einer größeren Flughöhe veranlasste, um von den dort höheren Windgeschwindigkeiten noch stärker profitieren zu können (z. B. KRÜGER & GARTHE 2001, DIERSCHKE et al. 2005).

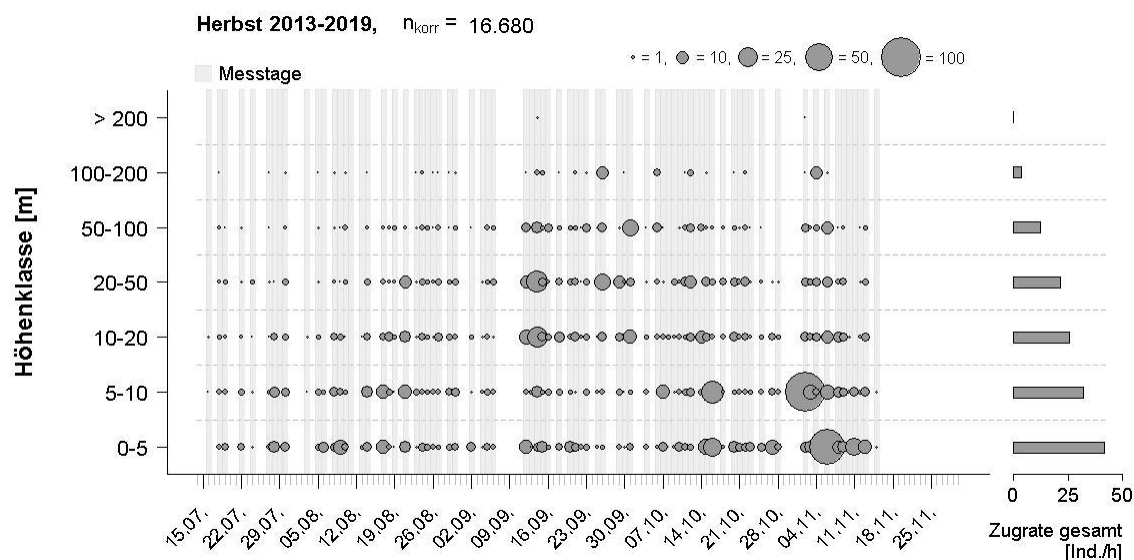


Abbildung 52: Höhengschichtung von Vogelzug im Herbst am Standort FINO 1 (Zugplanbeobachtung). Tagesscharf wurde ein Stundenmittel beobachteter Vögel für jede Höhenklasse aus den Wegzugperioden 2013-2019 gebildet. Zusätzlich ist die mittlere Zugintensität je Höhenklasse für den gesamten Jahresgang angegeben (Barplot rechts). Beachte: Messwerte sind wurzeltransformiert dargestellt.

5.3 Zugrichtungen

In der Gesamtschau der Horizontalradarerfassung mit Datenmaterial aus den Jahren 2014-2019 waren Zugvögel im Frühjahr strikt gen N bis O (mittlere Zugrichtung 49°) und somit in Richtung der dann angesteuerten Brutgebiete orientiert. Im Herbst führten die registrierten

Flugbewegungen entgegengesetzt vor allem in westliche bis südliche Richtungen (mittlere Zugrichtung 217°) gen Überwinterungsgebiete (Abbildung 53).

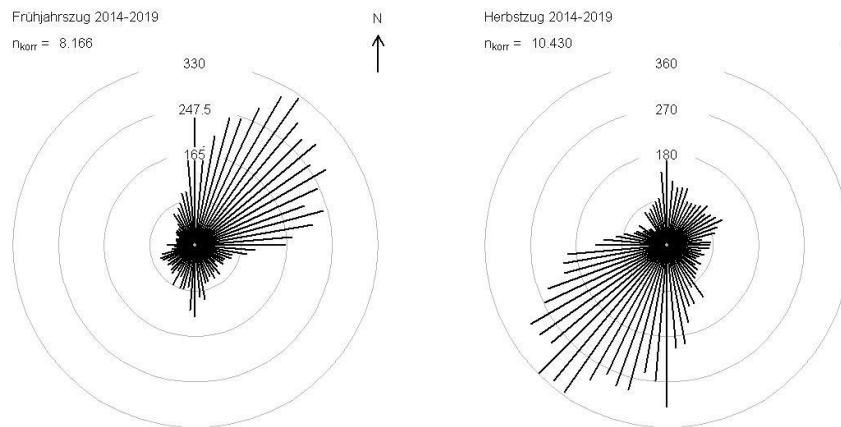


Abbildung 53: Richtungsverteilung von Vogeltracks im Frühjahr (links) und im Herbst (rechts) der Jahre 2014-2019 am Standort FINO 1.

Zwischen einzelnen Jahren war die Variabilität gering (vgl. AVITEC 2015-2019; Kap. 4.2). Nächsteweise konnten sich indes große Abweichungen ergeben (vgl. AVITEC 2015-2019). Solche Unterschiede können sich aus Anpassungen der Flugrichtung durch die Vögel an die herrschenden Windverhältnisse ergeben, um auf diese Weise entweder von den lokal herrschenden Windbedingungen profitieren oder aber zumindest energetisch kostenintensive Effekte minimieren zu können. Weiterhin können sich voneinander abweichende Hauptorientierungen bei Herkunft der beteiligten Durchzügler aus unterschiedlichen Aufbruchsregionen ergeben. So konnten AUMÜLLER et al. (2015) für einzelne starke Vogelzugnächte spezifische Herkunftsregionen der Vögel plausibel machen.

5.4 Artenspektrum

5.4.1 Ruferfassung

Während der Frühjahrsperioden wurden zwischen 2013-2019 jaarweise fünf bis 17 Arten festgestellt. Auf rund 41 % aller vogelpositiven Dateien aus den Heimzugperioden 2013-2019

waren Singvögel vorhanden (Abbildung 54). Nichtsingvogelarten betrafen vor allem Sturmmöwen sowie Limikolen.

Während der Wegzugperioden 2013-2019 wurden jährlich zwölf bis 26 Arten verzeichnet. Von lediglich vier Arten (Amsel, Rot-, Singdrossel und Rotkehlchen) wurden in allen Wegzugperioden Rufe aufgezeichnet.

Über die sieben Herbstperioden hinweg betrachtet, dominierten Singvögel das Wegzuggeschehen stark: Auf 98,0 % der vogelpositiven Dateien waren Singvogelrufe enthalten (Abbildung 55; beachte: Dateien können mehrfach belegt sein). Unter diesen waren Drosseln besonders häufig, deren Rufe im Herbst auf über 96 % der Dateien enthalten waren. Nichtsingvögel standen demgegenüber weit zurück und waren nur auf 2,6 % der Dateien vorhanden. Zwischenjährliche Schwankungen in der Zusammensetzung des Artenspektrums waren auch im Herbst hoch, aber stets dominierten Drosseln.

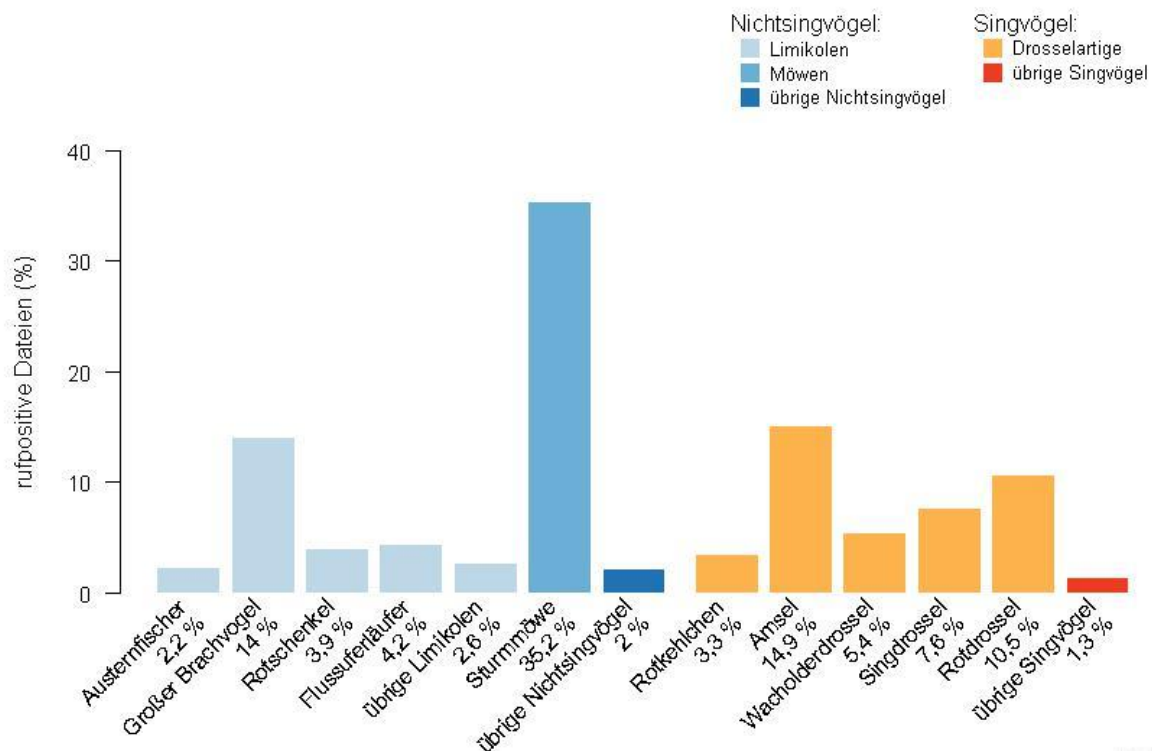


Abbildung 54: Relative Häufigkeit registrierter Arten(gruppen) am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 542) aus den Heimzugperioden 2013-2019 am Standort FINO 1. Beachte: Auf einer Datei können mehrere Arten(gruppen) vorhanden sein.

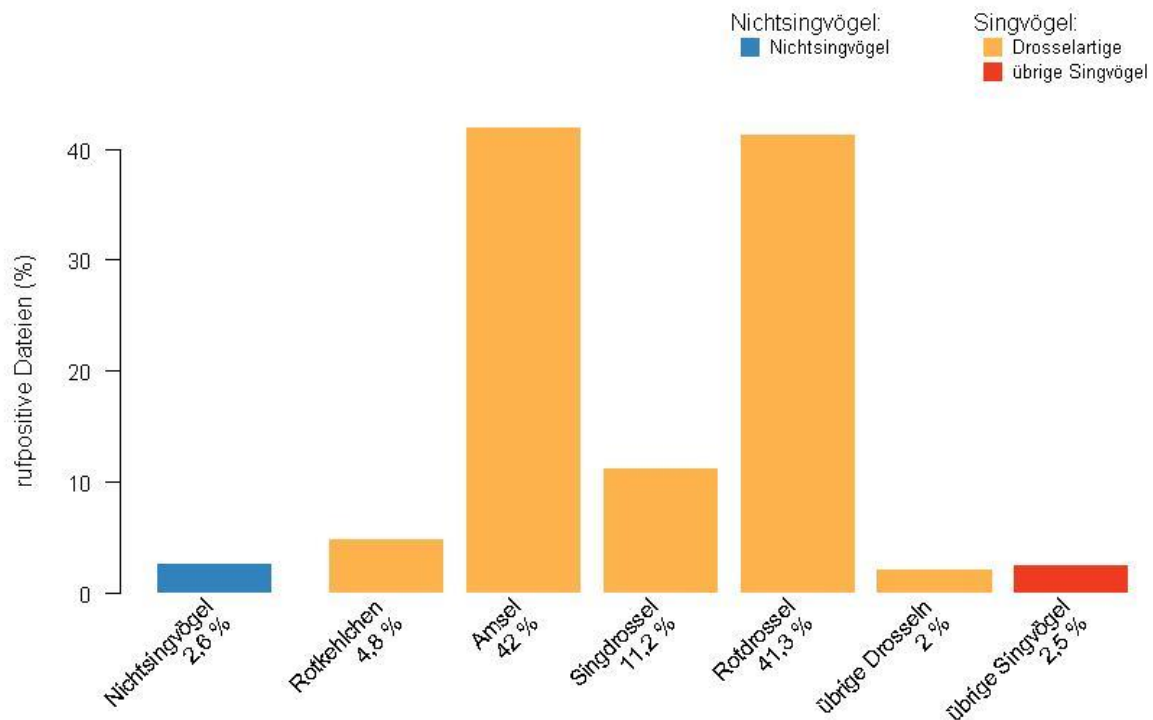


Abbildung 55: Relative Häufigkeit registrierter Arten(gruppen) am Spektrum vogelpositiver Audiodateien (n = 11.261) aus den Wegzugperioden 2013-2019 am Standort FINO 1. Beachte: Auf einer Datei können mehrere Arten(gruppen) vorhanden sein.

5.4.2 Zugplanbeobachtung

Der Gesamtschau der Heimzugperioden 2013-2019 zufolge, wurde das Zuggeschehen im Frühjahr von Möwen dominiert (Abbildung 56): Von 11.948 notierten Zugvögeln handelte es sich in 4.910 Fällen (41,1 %) um Möwen. In der Gesamtschau waren Zwerg- (8,1 %, 963 Ind.), Sturm- (8,3 %, 987 Ind.), Herings- (10,4 %, 1.237 Ind.) und Lachmöwe (9,2 %, 1.097 Ind.) zwar in etwa gleich häufig, zwischen den Heimzugperioden bestanden aber enorme artspezifische Dominanzunterschiede. So handelte es sich im Frühjahr 2014 bei rund jedem dritten beobachteten Zugvogel um eine Zwergmöwe (AVITEC 2015), während des Heimzuges 2015 dominierten Lach- und Sturmmöwen mit zusammen 51,7 % relativer Häufigkeit (AVITEC 2016), während im Frühjahr 2017 die Heringsmöwe mit 25,2 % relativer Häufigkeit die am häufigsten beobachtete Vogelart war. Im Frühjahr 2018 dominierten Lachmöwen (397 Ind.) und waren häufiger als alle anderen Möwenarten zusammen (AVITEC 2019), während die Art im Frühjahr 2019 keine Rolle spielte (Kap. 4.4.1.1). Von ähnlich hoher Variabilität war das Vorkommen von Gänsen: Über alle betrachteten Heimzugperioden hinweg handelte es sich bei mehr als jedem

vierten Vogel um einen Entenvogel Anatidae (27,9 %, 3.330 Ind.; mutmaßlich überwiegend Ringelgänse). Beobachtungen von Anatiden fehlten im Frühjahr 2013 allerdings fast völlig (AVITEC 2014) und auch 2017-2018 war das Anatidenvorkommen an den zufällig gewählten Beprobungsterminen vergleichsweise schwach ausgeprägt (AVITEC 2019). Ein auffälliges Starenzugereignis im März 2018 (AVITEC 2019) führte dazu, dass mehr als jeder zehnte im Frühjahr beobachtete Durchzügler ein Singvogel war (11,7 %, 1.402 Ind.). Zwischen 2013-2017 hatte der Singvogelanteil noch wesentlich niedriger bei 3,3 % gelegen (AVITEC 2018).

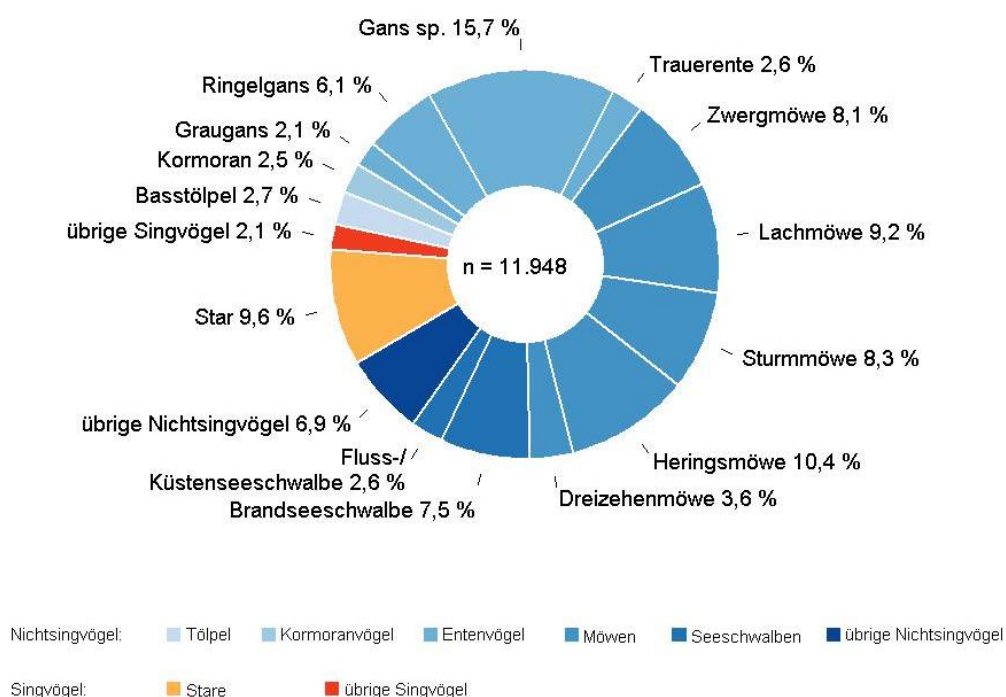


Abbildung 56: Relative Häufigkeit von Zugvogelarten(gruppen) während des Heimzugs der Jahre 2013-2019 (kumuliert) am Standort FINO 1.

Die Gesamtschau der Jahre 2013-2019 weist für den Wegzug mit 21,2 % relativer Häufigkeit die Heringsmöwe als häufigsten Zugvogel aus (Abbildung 57). Beobachtungen der Art summierten sich auf 2.620 Ind. Von insgesamt beobachteten 12.386 Zugvögeln, handelte es sich in 5.303 Fällen um Möwen (42,8 %), die somit ähnlich dominant waren wie im Frühjahr. Eine verringerte herbstliche Dominanz ergab sich im Mehrjahresschnitt für Gänse und Enten, denn im Herbst handelte es sich nur bei etwa jedem zehnten Zugvogel um einen Entenvogel (14,3 %, 1.773 Ind.). 156 im Herbst beobachtete Ringelgänse bedeuten eine relative Häufigkeit von nur rund 1,3 % dieser im Frühjahr am Standort FINO 1 dominanten Art. Im Herbst war stattdessen die

Kurzschnabelgans *Anser brachyrhynchus* – im Frühjahr ohne Nachweis – die häufigste Gänseart (3,2 %, 395 Ind.). Singvögel summierten sich im Herbst auf einen Anteil von 15,9 % (1.965 Ind.) und erreichten somit - trotz des starken Starenzugereignisses im Frühjahr 2018 (s.o.) - weiterhin stärkere Dominanzwerte als im Frühjahr. Besonders häufig wurden im Herbst Star und Wiesenpieper bestimmt. Anhand der Singvögel lassen sich wiederum zwischenjährliche Unterschiede gut verdeutlichen: Jahrweise erreichten diese mit 9,7 % relativer Häufigkeit im Herbst 2015 bzw. 9,9 % im Herbst 2017 gegenüber 36,5 % während des Wegzugs 2014 (AVITEC 2015) stark ungleiche Anteile am beobachteten Vogelzuggeschehen. Hohe Variabilität ergab sich auch hinsichtlich des beobachteten Artenspektrums. Die zugperiodenumfassend beobachtete Artensumme betrug zwischen 35 (Herbst 2018) und 61 Arten (Herbst 2013).

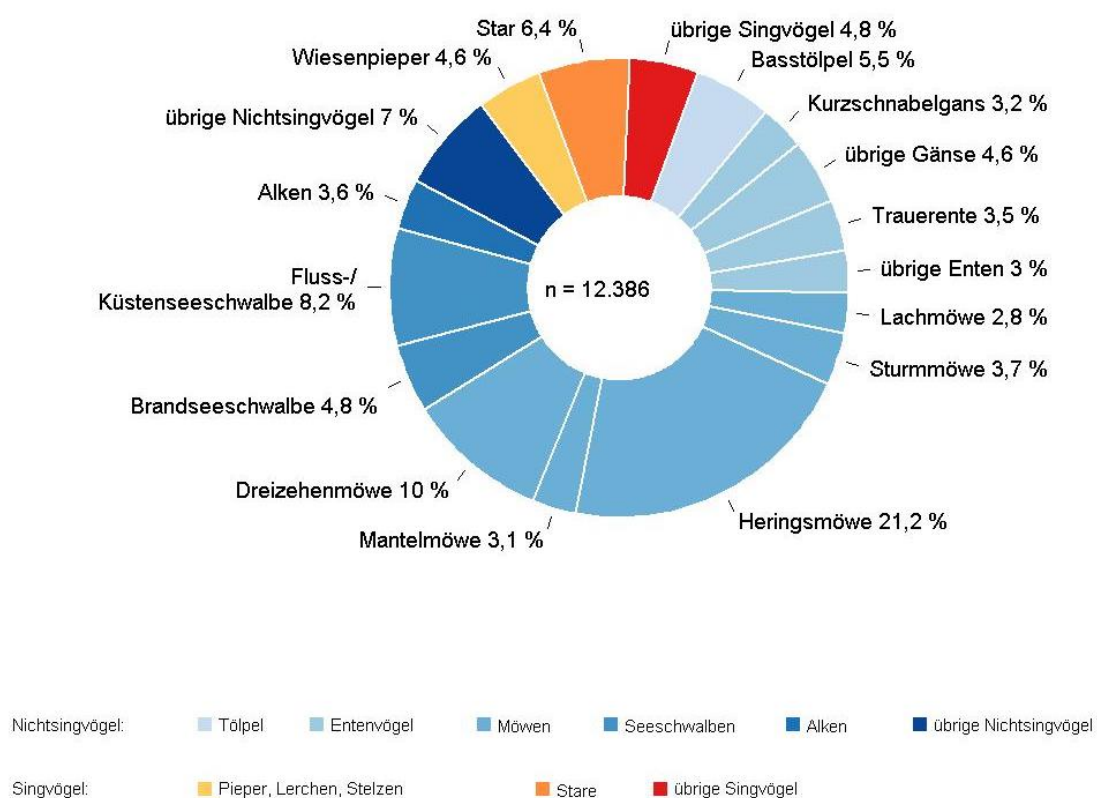


Abbildung 57: Relative Häufigkeit von Zugvogelarten(gruppen) während des Wegzugs der Jahre 2013-2019 (kumuliert) am Standort FINO 1.

6 Effektmonitoring

6.1 Nächtlicher Wegzug (Vertikalradar)

6.1.1 Gesamthöhenbereich (bis 1.000 m)

Die Häufigkeit, mit der im Herbst Nachtzug per Vertikalradar registriert wurde, hatte sich seit Integration der Werte zum Jahr 2017 endgültig verändert (vgl. AVITEC 2018). Unterschiedliche Betrachtungszeiträume waren seither maßgeblich für die Anzahl registrierter Zugereignisse verantwortlich (Abbildung 58).

Seit Beginn des Clusterausbaus wurde Vogelpräsenz in den Jahren 2013-2018 (beachte: 2019 wurden im Herbst keine Radarerfassungen mit vertikaler Antenne durchgeführt, s. Kap. 3.1.1) in ca. 55 % bis 70 % aller untersuchten Nachtstunden registriert (Abbildung 58). Für den Zeitraum zwischen 2009-2012 (mit *alpha ventus* als einzigem Windpark am Standort) lagen die Werte konstant oberhalb von 70 %. Die Kreditibilitätsintervalle beider Zeiträume überlappen über den gesamten herbstlichen Zeitraum wechselseitig nicht mit den Vorhersagewerten der Modelle, so dass die Fehlerwahrscheinlichkeit in der Annahme eines Unterschieds kontinuierlich bei $< 5\%$ liegt. Auch im Vergleich zum Zeitraum mit FINO 1 als einzigem Bauwerk wurden seit Clusterausbau Nachtzugereignisse selten aufgezeichnet, denn zwischen 2004-2008 wurde Vogelpräsenz in rund 70 bis 80 % aller untersuchten Nachtstunden festgestellt. Dabei lag die Wahrscheinlichkeit zur fälschlichen Annahme eines Unterschieds zwischen Mitte Juli bis Mitte November bei $< 5\%$ (Abbildung 58; Kreditibilitätsintervalle und Vorhersagewerte überlappen über den Gesamtzeitraum hinweg nicht).

Zwischen 2009-2012 (mit *alpha ventus* als einzigem Windpark am Standort) war die Vogelzugintensität (Echozahl pro Stunde und Kilometer) über die gesamte herbstliche Zugperiode hinweg erhöht (Abbildung 59). Beispielsweise wurde 2009-2012 die maximale Stärke der registrierten Vogelzugereignisse mit knapp 250 Echos/h*km (nicht distanzkorrigiert, s. Hinweise Kap. 3.2) um Ende September herum erreicht. Während der Zeiträume 2004-2008 (vor Windparkbau) und 2013-2018 (Clusterausbau) lag die zu dieser Jahreszeit registrierte Vogelzugintensität um rund die Hälfte (2013-2018) oder rund 40 % (2004-2008) niedriger (Abbildung 59). Darüber hinaus lagen die Zahlen zwischen 2013-2018 für den Herbst ab Ende Juli dauerhaft bis zum Ende der Zugperiode Mitte November unterhalb der Jahre 2004-2008 (Abbildung 59).

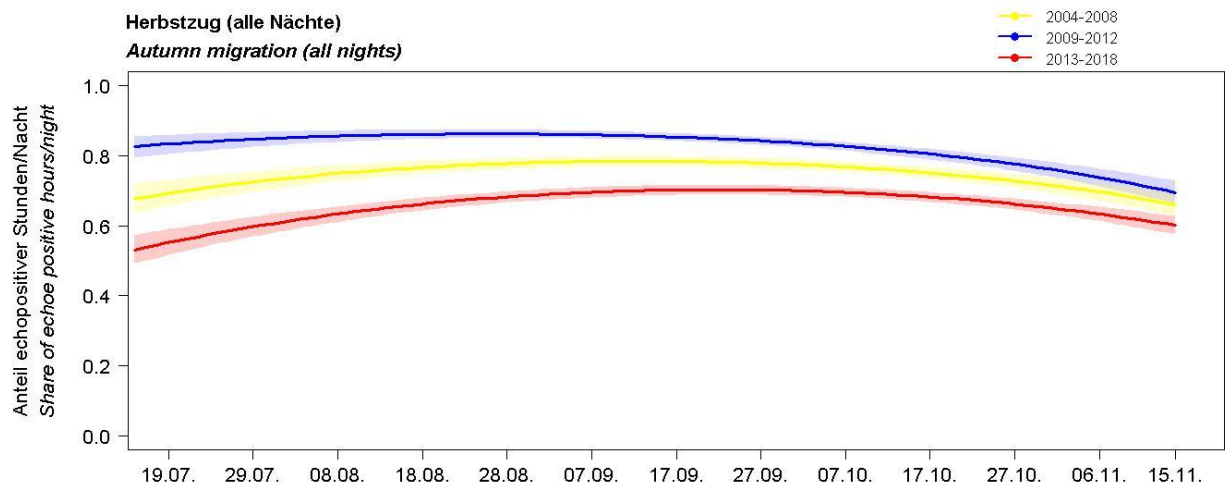


Abbildung 58: Anteile echopositiver Wegzugstunden im Jahresgang je Nacht vor (2004-2008: 422 Nächte) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 445 Nächte) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2018: aus 669 Nächte). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Binomial-Modell, hier das Modell, das die Ausbauphase, den Julianischen Tag und das Quadrat des Julianischen Tages beinhaltet. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kreditibilitätsintervalle der Erwartungskurven dar.

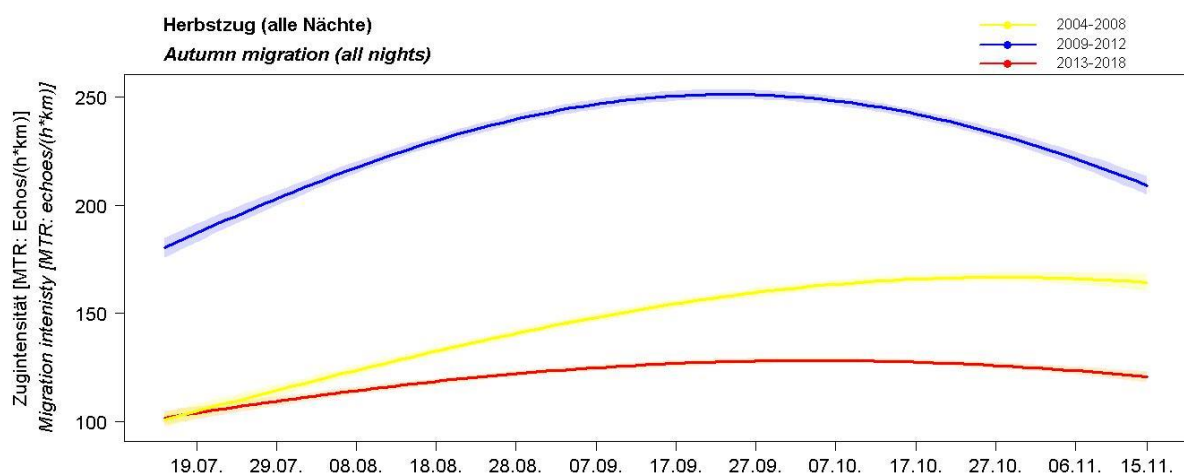


Abbildung 59: Nächtliche Vogelzug-Intensitäten (Echos/h*km) in echopositiven Wegzugstunden verschiedener Zeiträume: vor (2004-2008: 412 Nächte) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 442 Nächte) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2018: 622 Nächte). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Poisson-Modell, hier das volle Modell. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kreditibilitätsintervalle der Erwartungskurven dar. Beachte: Aufgrund veränderter Distanz-Korrekturparameter für die Daten seit 2013 musste für den Vergleich auf nicht distanzkorrigierte Daten zurückgegriffen werden (Details s. Kap. 3.2).

6.1.2 Höhendifferenzierte Modellierung (zehn Höhenklassen)

Die mit Errichtung und Inbetriebnahme von *alpha ventus* im erfassten Luftraum um FINO 1 einhergehende, erhöhte Vogelzugaktivität betraf sieben Höhenstufen, während sie in den übrigen drei Höhenstufen unverändert blieb. Dieser *alpha ventus*-Effekt war im rotordurchstrichenen Luftraum (bis 200 m Höhe) stärker als im darüber befindlichen Luftraum (Tabelle 9, Zeile *alpha ventus*). Beispielsweise stieg nachts im Mittel die Vogelzughäufigkeit innerhalb der unteren 200 m seit dem Bestehen von *alpha ventus* um 25 % (Abbildung 83 A im Anhang) und die durchschnittliche Intensität von Vogelzug verdreifachte sich dort zunächst (Abbildung 84 A im Anhang). Diese Ergebnisse lassen schlussfolgern, dass Zugvögel die OWEA von *alpha ventus* während des nächtlichen Wegzugs nicht in erhöhten relativen Anteilen in größeren Höhen überflogen und somit keine vertikale Ausweichbewegung vollzogen. Stattdessen war von dauerhaft stärkerer Vogelzugaktivität im rotordurchstrichenen Höhenbereich auszugehen.

Seit Clusterausbau nahm die Vogelzugaktivität im gesamten erfassten Luftraum um FINO 1 und über die gesamte Wegzugperiode hinweg wieder ab (Tabelle 9, Zeile Ausbau). Seither wurden Werte erreicht, die im Mittel sogar die gemessenen Werte vor dem Bau von *alpha ventus* überwiegend dauerhaft unterschritten (Abbildung 83 im Anhang und Abbildung 84 im Anhang). Betrachtet man den Gesamtzeitraum (*alpha ventus* und Clusterausbau) ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 9, Zeile Gesamt): Der Gesamteffekt der Windparks auf den nächtlichen Wegzug zwar in der Regel negativ und von dauerhaft verringerter Vogelzugaktivität gekennzeichnet. Für geringe Höhen bis 200 m mit zeitweise erhöhter Vogelzugaktivität gilt dies jedoch nicht, so dass sich auch für die Phase des Clusterausbaus keine Hinweise auf ein vertikales Ausweichen von herbstlichen Nachtziehern durch Überfliegen von OWEA ergaben. Relativ betrachtet war die festgestellte Vogelzugaktivität seit der Errichtung von Windparks am Standort FINO 1 mindestens zeitweilig stärker auf den rotorüberstrichenen Bereich konzentriert.

Tabelle 9: Nächtlicher Wegzug: Bewertungszahlen (5 und 4 = stete und zeitweise Zunahme, 3 = neutral, 1 und 2 = stete und zeitweise Abnahme) der Gesamtstärke (Häufigkeit und Intensität von Vogelzug) verschiedener Ausbauphasen, getrennt für zehn unterschiedliche Höhenbereiche.

	0 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000
Effekt										
<i>alpha ventus</i> (i)	5	5	4	4	3	3	4	4	3	4
Clusterausbau (ii)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gesamt (i) + (ii)	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1

6.2 Nächtlicher Heimzug

6.2.1 Gesamthöhenbereich (bis 1.000 m)

Im Frühjahr ergab sich für den Zeitraum des Clusterausbaus ein ähnliches Bild wie im Herbst: Zwischen 2013-2019 wurden Vorhersagewerte zu Vogelpräsenz erreicht, wonach in rund 60 bis 70 % der Nachtstunden mit Vogelzug zu rechnen war (Abbildung 60). Für den Zeitraum zwischen 2009-2012 (mit *alpha ventus* als einzigem Windpark am Standort) lagen die Werte hingegen konstant oberhalb von 70 %. Die Kredititätsintervalle und mittleren Vorhersagewerte beider Zeiträume laufen abgesehen von den letzten Maitagen zu keiner Zeit ineinander, so dass die Fehlerwahrscheinlichkeit bei Annahme eines Unterschieds ansonsten kontinuierlich bei < 5 % liegt. Auch im Vergleich zu Zeiten mit FINO 1 als einzigem Bauwerk am Standort (2004-2008) wurden seit Clusterausbau Nachtzug-Ereignisse vergleichsweise selten aufgezeichnet, denn auch zwischen 2004-2008 war mit Vogelzug in mehr als 70 % der untersuchten Nachtstunden zu rechnen (Abbildung 60). Dies gilt allerdings nur für den Zeitraum zwischen Ende März und Mitte Mai. In der ersten Märzhälfte war zwischen 2004-2008 nur in 25 %-50 % aller Messstunden mit Vogeleschos zu rechnen, gegen Ende Mai in weniger als 60 %.

In allen Ausbauphasen wurde zwischen Ende März bis Ende April eine besonders hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Nachtstunden mit Vogelzug deutlich (Abbildung 60). Es handelt sich um den nach langjährigen Zusammenstellungen vogelzugstärksten Zeitraum (Kap. 5.1.1.1, 5.1.3.1, HILL et al. 2014a). Nach Ende April sank der Anteil echopositiver Nachtstunden in allen Ausbauphasen übereinstimmend.

Im Zeitraum des Clusterausbaus seit 2013 wurden nicht nur weniger Vogelzugereignisse als in anderen Zeiträumen registriert, sondern diese fielen zusätzlich im Mittel weniger stark aus (Abbildung 61). Spitzenwerte wurden zwischen 2013-2019 mit im Mittel rund 130 Echos/h*km (nicht distanzkorrigierte Echozahl; s. Hinweise Kap. 3.2) um Mitte/Ende April herum erreicht. In diesem Zeitraum hatten die Zugintensitäten in anderen Ausbauphasen höher gelegen (2004-2008: > 200 Echos/h*km; 2009-2012 150 Echos/h*km; jeweils Abbildung 61).

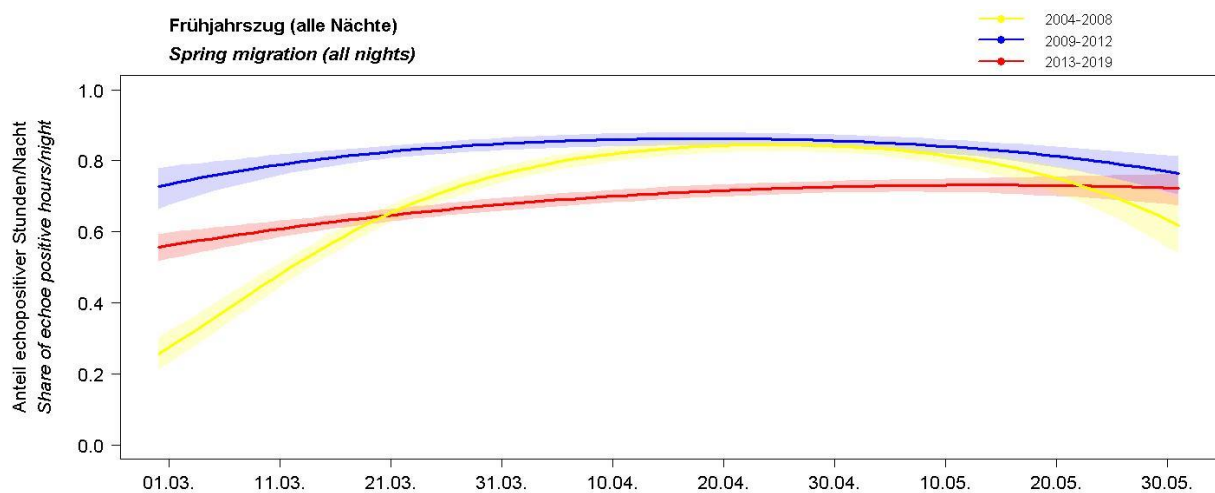


Abbildung 60: Anteile echopositiver Heimzugstunden im Jahresgang je Nacht vor (2004-2008: 314 Nächte) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 320 Nächte) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2019: 593 Nächte). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Binomial-Modell, hier das volle Modell. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kreditätsintervalle der Erwartungskurven dar.

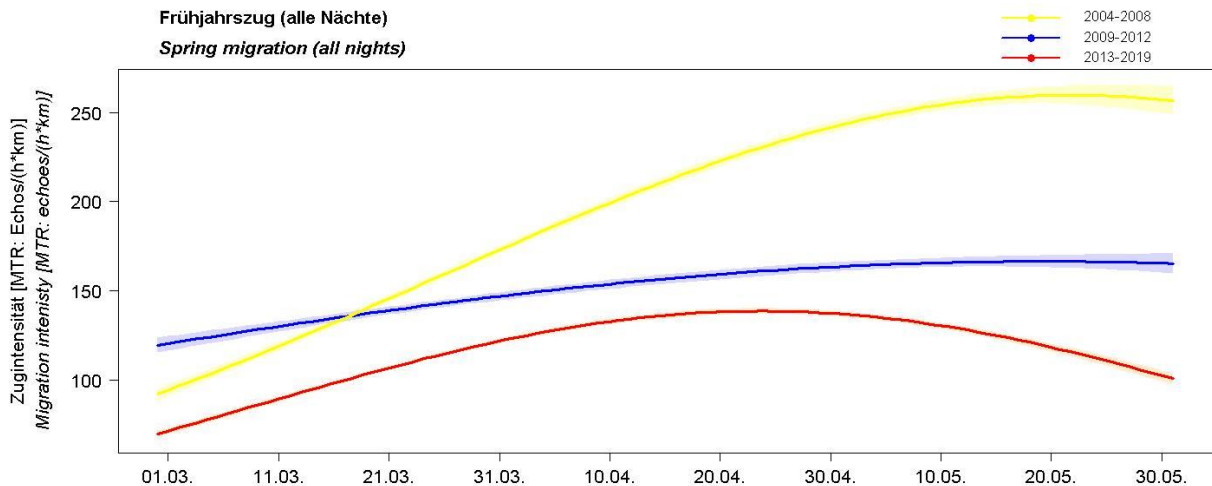


Abbildung 61: Nächtliche Vogelzug-Intensitäten (Echos/h*km) in echopositiven Heimzugstunden verschiedener Zeiträume: vor (2004-2008: 295 Nächte) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 313 Nächte) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2019: 574 Nächte). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Poisson-Modell, hier das volle Modell. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kreditibilitätsintervalle der Erwartungskurven dar. Beachte: Aufgrund veränderter Distanz-Korrekturparameter für die Daten seit 2013 musste für den Vergleich auf nicht distanzkorrigierte Daten zurückgegriffen werden (Details s. Kap. 3.2).

6.2.2 Höhendifferenzierte Modellierung (zehn Höhenklassen)

Mit Errichtung und Betrieb von *alpha ventus* nahm die nächtliche Vogelzugaktivität während der Heimzugperiode oberhalb von 100 m Höhe im erfassten Luftraum zeitweilig – in größeren Höhen bisweilen auch dauerhaft – ab (Tabelle 10, Zeile *alpha ventus*). Beispielsweise waren nächtliche Heimzugereignisse in 400 – 500 m Höhe nach dem Bau von *alpha ventus* meist im Mittel bis zu 25 % seltener als vor dessen Bau; sie konnten jedoch in kurzen Zeiträumen auch doppelt so häufig sein (Abbildung 87 B im Anhang). Zugleich war im selben Höhenintervall die nächtliche Heimzugintensität durchschnittlich seit dem Bestehen von *alpha ventus* dauerhaft 50 % geringer als zuvor (Abbildung 88 B im Anhang). In geringen Höhen bis 100 m wurde indes zumindest zeitweilig erhöhte Vogelzugaktivität verzeichnet. Der Ausbau zu einem Windpark-Cluster führte gegenüber dem *alpha ventus*-Zeitraum zu einer zeitweiligen Reduktion von gemessenen Vogelzugstärken in Höhen oberhalb von 100 m, in Höhen bis 100 m sogar zu einem dauerhaften Rückgang (Tabelle 10, Zeile Ausbau). Der Gesamteffekt auf die Stärke des nächtlichen Heimzugs war oberhalb von 100 m in den meisten Höhenstufen zeitweilig und in zwei Höhenstufen dauerhaft negativ. Hingegen erschien in den unteren 100 m des erfassten Luftraums der Gesamteffekt vernachlässigbar zu sein (Tabelle 10, Zeile Gesamt). Damit ergaben sich für die Zeit von Bau und Inbetriebnahme von Windparks keine Hinweise auf Verlagerung von Vogelzug in größere Höhenbereiche. Die Vogelzugintensität blieb einzig in Höhen bis 100 m konstant, in den

Höhenklassen darüber nahm sie ab - folglich konzentrierte sich die registrierte Vogelzugintensität stärker im untersten Höhenbereich. Es sind daher keine Anhaltspunkte für nach oben führende vertikale Ausweichbewegungen im Sinne eines Überfliegens von OWP durch nächtlicher Heimzügler abzuleiten.

Tabelle 10: Nächtlicher Heimzug: Bewertungszahlen (5 und 4 = stete und zeitweise Zunahme, 3 = neutral, 1 und 2 = stete und zeitweise Abnahme) des Gesamteffekts (Häufigkeit und Intensität von Vogelzug) verschiedener Ausbauphasen, getrennt für zehn unterschiedliche Höhenbereiche.

Effekt	0 -	100 -	200 -	300 -	400 -	500 -	600 -	700 -	800 -	900 -
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
<i>alpha ventus</i> (i)	4	2	2	2	2	1	1	2	2	2
Clusterausbau (ii)	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gesamt (i)+(ii)	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2

6.3 Wegzug unter Tageslicht

6.3.1 Gesamthöhenbereich (bis 1.000 m)

Auch tagsüber divergierten die Anteile echopositiver Stunden im Herbst zwischen den drei Vergleichszeiträumen (Abbildung 62). Seit Clusterausbau waren die Anteile niedriger als in beiden Vergleichszeiträumen und bewegten sich zwischen 60-70 % echopositiven Stunden je Tag. Die höchsten Intensitätswerte des Tagzugs im Herbst wurden zwischen 2009-2012 (*alpha ventus* einziger Windpark am Standort) ermittelt, mit mittleren Vorhersagewerten zwischen rund 150-200 Echos/h*km (Abbildung 63). Vor allem seit Clusterausbau (2013-2018; beachte: 2019 wurden im Herbst keine Radarerfassungen mit vertikaler Antenne durchgeführt, s. Kap. 3.1.1) blieben die Vergleichswerte mit rund 60-100 Echos/h*km deutlich unter diesen Werten. Damit lagen die Werte seit Clusterausbau auch über die gesamte Zugperiode hinweg unterhalb der Ausgangssituation mit der singulären FINO 1 (2004-2008).

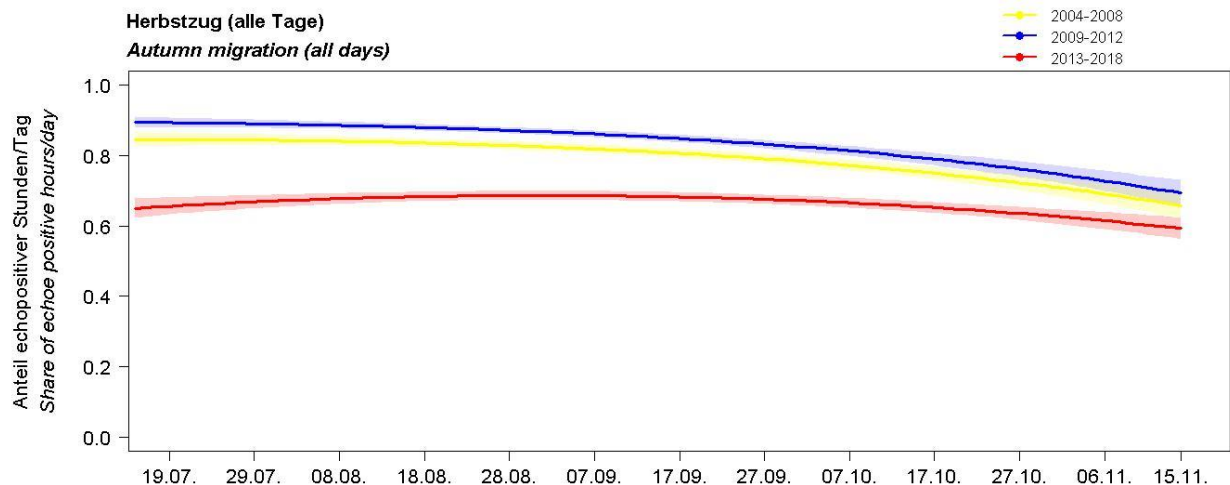


Abbildung 62: Anteile echopositiver Wegzugstunden im Jahresgang je Tag vor (2004-2008: 422 Tage) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 453 Tage) sowie dem weiterem Clusterausbau (2013-2018: 686 Tage). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Binomial-Modell, hier das Modell, das die Ausbauphase, den Julianischen Tag und das Quadrat des Julianischen Tages beinhaltet. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kreditabilitätsintervalle der Erwartungskurven dar.

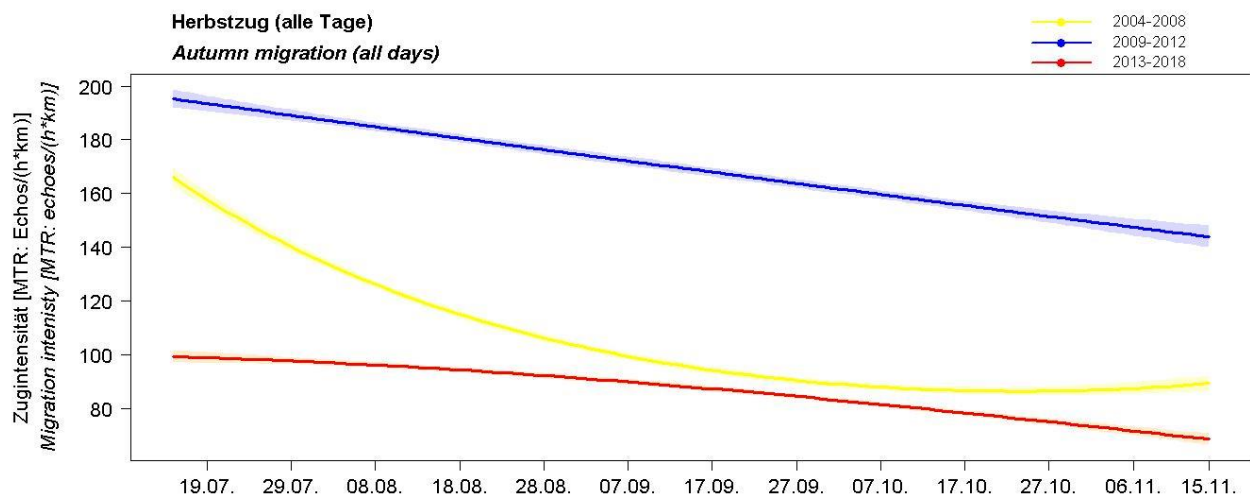


Abbildung 63: Vogelzug-Intensitäten (Echos/h*km) in echopositiven Wegzugstunden unter Tageslicht verschiedener Zeiträume: vor (2004-2008: 417 Tage) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 449 Tage) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2018: 638 Tage). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Poission-Modell, hier das volle Modell. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kreditabilitätsintervalle der Erwartungskurven dar. Beachte: Aufgrund veränderter Distanz-Korrekturparameter für die Daten seit 2013 musste für den Vergleich auf nicht distanzkorrigierte Daten zurückgegriffen werden (Details s. Kap. 3.2).

6.3.2 Höhendifferenzierte Modellierung (zehn Höhenklassen)

Die zeitlichen und räumlichen Muster des nächtlichen Herbstzugs gelten grundsätzlich auch für den Wegzug am Tage (Tabelle 11). Die Ergebnisse lassen somit nicht erkennen, dass das Gebiet um FINO 1 seit der Existenz von OWEA in größeren Höhen überflogen wurde, was Hinweise auf vertikale Ausweichbewegungen gegeben hätte. Stattdessen war von anteilig höherer Vogelzugaktivität im rotordurchstrichenen Höhenbereich auszugehen.

Tabelle 11: Wegzug am Tage: Bewertungszahlen (5 und 4 = stete und zeitweise Zunahme, 3 = neutral, 1 und 2 = stete und zeitweise Abnahme) der Gesamtstärke (Häufigkeit und Intensität von Vogelzug) verschiedener Ausbauphasen, getrennt für zehn unterschiedliche Höhenbereiche.

Effekt	0 -	100 -	200 -	300 -	400 -	500 -	600 -	700 -	800 -	900 -
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
<i>alpha ventus</i> (i)	5	5	4	4	4	3	4	4	4	3
Clusterausbau (ii)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gesamt (i) + (ii)	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1

6.4 Heimzug unter Tageslicht

6.4.1 Gesamthöhenbereich (bis 1.000 m)

Im Frühjahr der Jahre 2009-2012 mit *alpha ventus* als einzigem Windpark am Standort wurden Echos tagsüber konstant in rund 80 % aller Messstunden registriert (Abbildung 64). In beiden Vergleichszeiträumen bewegten sich die Vergleichswerte unterhalb dessen. Seit Clusterausbau (2013-2019) wurden zwischen Mitte März und Ende Mai die geringsten Vorhersagewerte zu echopositiven Stunden aller drei Vergleichszeiträume zu Vogelzugereignisse erhalten.

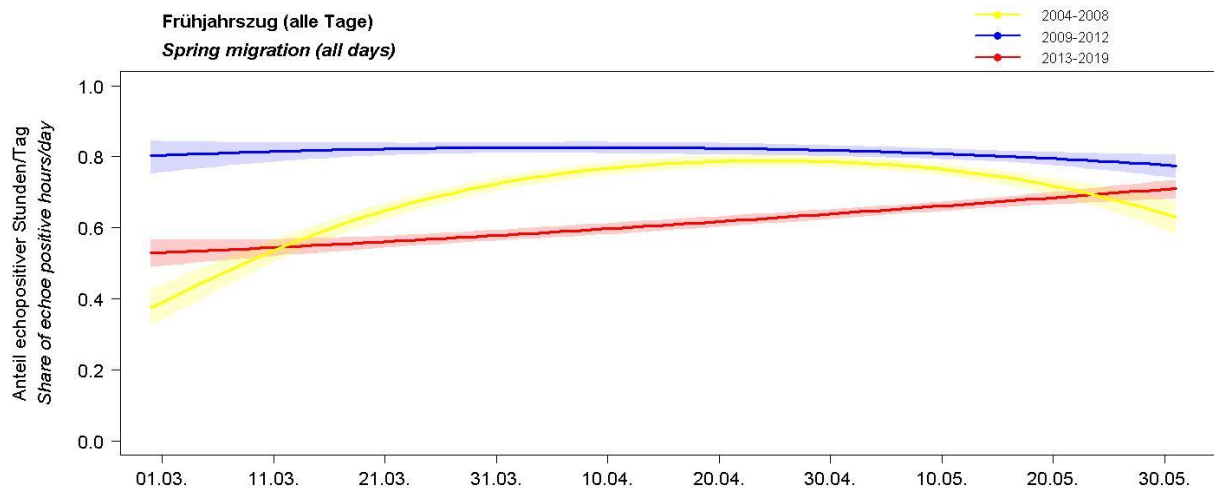


Abbildung 64: Anteile echopositiver Heimzugstunden im Jahresgang je Tag vor (2004-2008: 317 Tage) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 324 Tage) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2019: 598 Tage). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Binomial-Modell, hier das volle Modell. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kredibilitätsintervalle der Erwartungskurven dar.

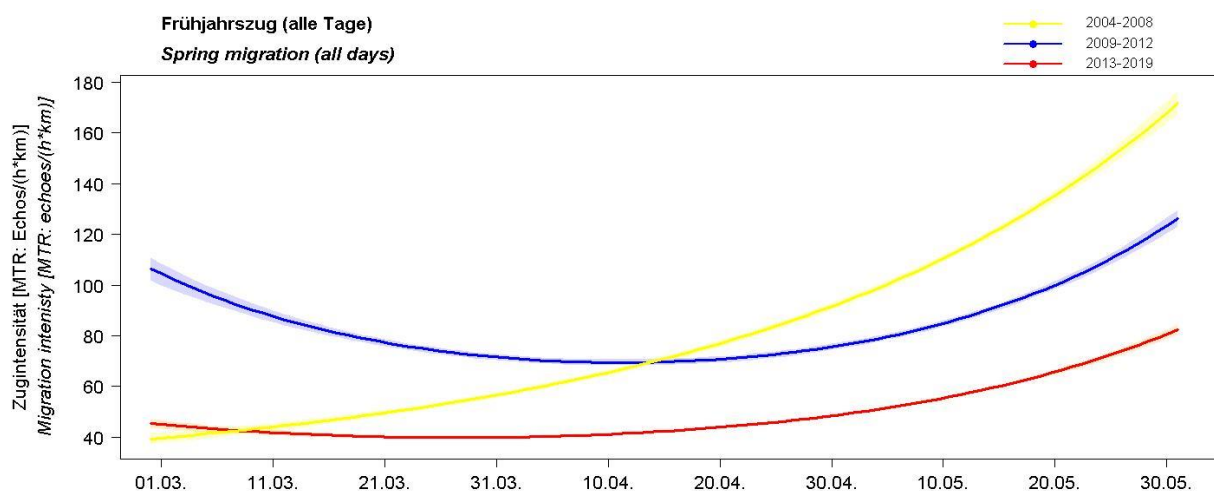


Abbildung 65: Vogelzug-Intensität (Echos/h*km) in echopositiven Heimzugstunden unter Tageslicht verschiedener Zeiträume: vor (2004-2008: 308 Tage) und nach dem Bau von *alpha ventus* (2009-2012: 323 Tage) sowie dem weiteren Clusterausbau (2013-2019: 585 Tage). Abgebildet ist das laut der Modellselektion am besten zu den Daten passende Poisson-Modell, hier das volle Modell. Die in der jeweiligen Farbe schattierten Bereiche stellen die 95%-igen Kredibilitätsintervalle der Erwartungskurven dar. Beachte: Aufgrund veränderter Distanz-Korrekturparameter für die Daten seit 2013 musste für den Vergleich auf nicht distanzkorrigierte Daten zurückgegriffen werden (Details s. Kap. 3.2).

Hinsichtlich der mittleren Stärke der Vogelzugereignisse ergaben sich die geringsten Vorhersagewerte ebenfalls für den Zeitraum nach Clusterausbau. Vogelzugereignisse waren ab Mitte März im Vergleich zu beiden früheren Zeiträumen von geringerer Intensität (Abbildung 65) und bewegten sich seit dem Clusterausbau bei maximal rund 80 Echos/h*km. In den beiden vorangegangenen Zeiträumen waren maximale Vorhersagewerte zu Stundenmitteln von

120 Echos/h*km (2009-2012; *alpha ventus* einziger Windpark am Standort) bzw. 170 Echos/h*km (2004-2008; singuläre FINO 1) erreicht worden (Abbildung 65).

6.4.2 Höhendifferenzierte Modellierung (zehn Höhenklassen)

Der *alpha ventus*-Effekt war an Heimzugtagen schwächer ausgeprägt als in Heimzugnächten (vgl. Tabelle 10 und Tabelle 12). Tagsüber blieb die Vogelzugaktivität in den unteren 500 m des erfassten Luftraums während des Heimzuges fast unverändert bzw. stieg in Teilen des rotordurchstrichenen Luftraums zeitweilig an (Tabelle 12, Zeile *alpha ventus*). Oberhalb von 500 m (bis 1.000 m) nahm die Vogelzugaktivität mit der Existenz von *alpha ventus* jedoch zumindest zeitweilig in fast allen Höhen ab. Durch den Ausbau zu einem Windpark-Cluster wurde dieser *alpha ventus*-Effekt noch intensiviert. Dies betraf sowohl die Stärke des Effekts als auch den betroffenen Höhenbereich. Über den gesamten Höhenbereich ist die Vogelzugaktivität durch den Clusterausbau im Vergleich zu *alpha ventus* zurückgegangen (Tabelle 12, Zeile Ausbau). Folglich war der Gesamteffekt auf den Herbstzug am Tag über alle Höhenklassen hinweg negativ (Tabelle 12, Zeile Gesamt). Die Ergebnisse liefern somit keine Hinweise auf ein in größere Höhen verlagertes Zuggeschehen, wie es im Falle vertikaler Ausweichbewegungen als Reaktion auf OWEA zu erwarten gewesen wäre.

Tabelle 12: Heimzug am Tage: Bewertungszahlen (5 und 4 = stete und zeitweise Zunahme, 3 = neutral, 1 und 2 = stete und zeitweise Abnahme) des Gesamteffekts (Häufigkeit und Intensität von Vogelzug) verschiedener getrennt für zehn unterschiedliche Höhenbereiche.

Effekt	0 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000
<i>alpha ventus</i> (i)	4	3	3	3	3	2	2	2	3	2
Clusterausbau (ii)	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Gesamt (i) + (ii)	3	1	2	2	2	1	1	1	2	2

6.5 Nächtlicher Wegzug (Ruferfassung)

Die (i) Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten im Herbst war sowohl bei den Singvögeln als Gruppe (Likelihood-Ratio-Test [LRT]: $\chi^2 = 196,98$; $p < 0,0001$; $df = 2$; Abbildung 66) als auch bei den häufigsten Einzelarten Rotdrossel (LRT: $\chi^2 = 150,59$; $p < 0,0001$; $df = 2$;

Abbildung 67), Amsel (LRT: $\chi^2 = 142,63$; $p < 0,0001$; $df = 2$; Abbildung 68) und Singdrossel (LRT: $\chi^2=68,17$; $p<0,0001$; $df=2$; Abbildung 69) abhängig von der Ausbauphase. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten war in der Zeit mit dem Einzelwindpark *alpha ventus* gegenüber der Zeit ohne Windpark bei den Singvögeln um 60 % reduziert. Bei der Rotdrossel betrug die Reduktion 66 %, bei der Amsel 62 % und bei der Singdrossel 55 %. Im Zeitraum mit Windpark-Cluster verringerte sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten bei Singvögeln um 51 % gegenüber dem Zeitraum mit Einzelwindpark, bei der Rotdrossel um 55 % bei der Amsel um 64 % und bei der Singdrossel um 70 %. Damit betrug die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Annäherungsnächten im Zeitraum mit Windpark-Cluster bei Singvögeln lediglich 20 % der Wahrscheinlichkeit in der Zeit ohne Windpark, bei der Rotdrossel waren es 15 % bei Amsel und Singdrossel jeweils 14 %.

Insgesamt gab es im Zeitraum ohne Windpark 449, im Zeitraum mit dem Einzelwindpark *alpha ventus* 542 und im Zeitraum mit Windpark-Cluster 794 Erfassungsnächte. Im Zeitraum ohne Windpark gab es 187 Singvogel-, 130 Rotdrossel-, 120 Amsel- und 62 Singdrossel-Annäherungsnächte. Für den Zeitraum mit Einzelwindpark belief sich die Zahl der Annäherungsnächte auf 90 für Singvögel, 53 für Rotdrosseln, 55 für Amseln und 34 für Singdrosseln. Im Zeitraum mit Windpark-Cluster waren es 65 Singvogel-, 35 Rotdrossel-, 29 Amsel- und 15 Singdrossel-Annäherungsnächte.

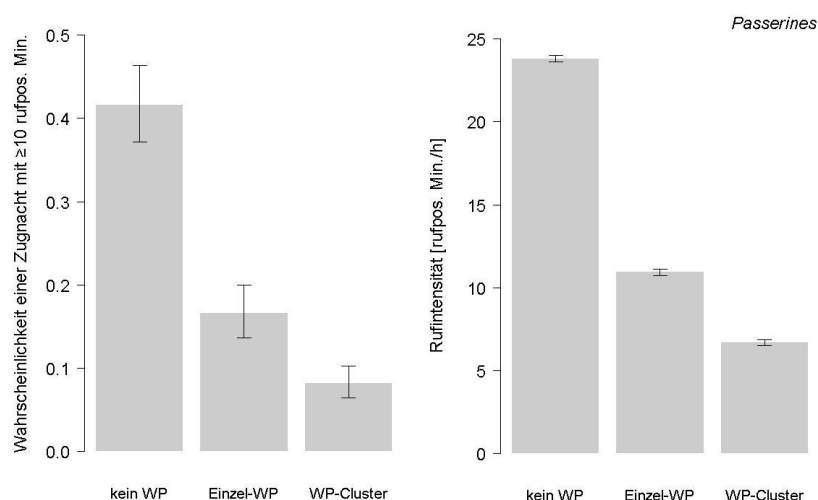


Abbildung 66: Singvögel, Herbstperioden 2004-2019: Modellerte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde in Annäherungsnächten (rechts) während der verschiedenen Windparkbau-Ausbauphasen. Die Fehlerbalken stellen 95%-Kreditibilitätsintervalle dar.

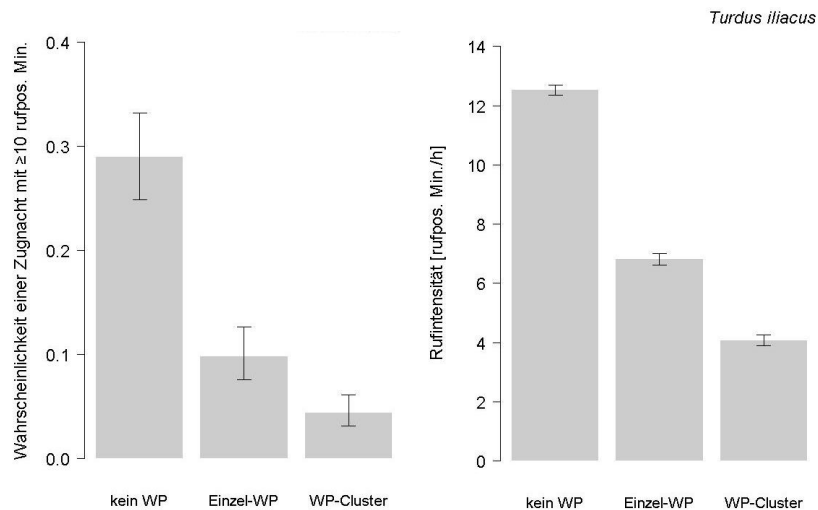


Abbildung 67: Rotdrossel, Herbstperioden 2004-2019: Modellerte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde in Annäherungsnächten (rechts) während der verschiedenen Windparkbau-Ausbauphasen. Die Fehlerbalken stellen 95%-Kreditibilitätsintervalle dar.

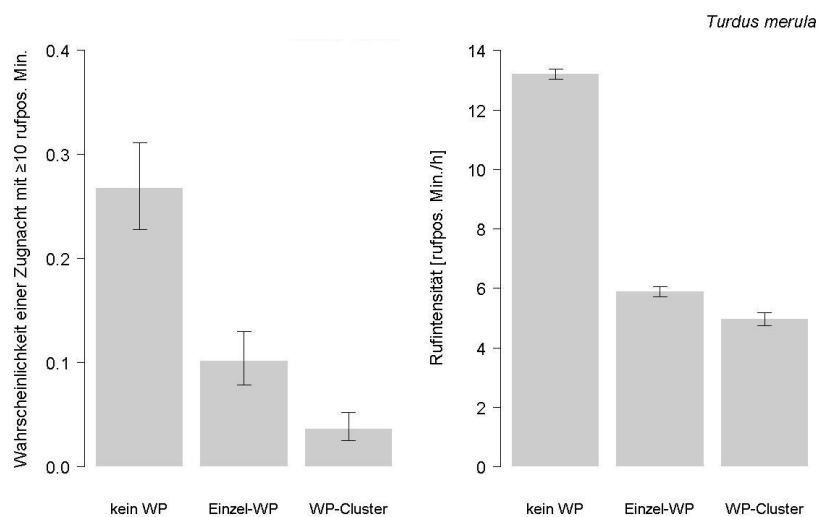


Abbildung 68: Amsel, Herbstperioden 2004-2019: Modellerte Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde in Annäherungsnächten (rechts) während der verschiedenen Windparkbau-Ausbauphasen. Die Fehlerbalken stellen 95%-Kreditibilitätsintervalle dar.

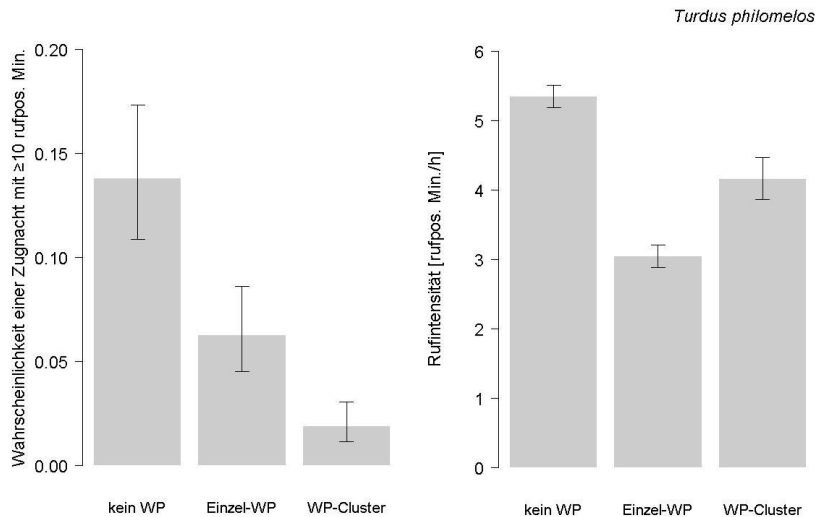


Abbildung 69: Singdrossel, Herbstperioden 2004-2019: Modellierter Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Annäherungsnacht (links) und modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde in Annäherungsnächten (rechts) während der verschiedenen Windparkbau-Ausbauphasen. Die Fehlerbalken stellen 95%-Kreditibilitätsintervalle dar.

Auch die (ii) Annäherungsintensität war sowohl bei Singvögeln insgesamt (LRT: $\chi^2 = 15.500,12$; $p < 0,0001$; $df = 2$; Abbildung 66) als auch bei Rotdrossel (LRT: $\chi^2 = 3.807,62$; $p < 0,0001$; $df = 2$; Abbildung 67), Amsel (LRT: $\chi^2 = 4.180,81$; $p < 0,0001$; $df = 2$; Abbildung 68) und Singdrossel (LRT: $\chi^2 = 351,04$; $p < 0,0001$; $df = 2$; Abbildung 69) im Herbst abhängig von der Ausbauphase.

Singvögel als Gruppe, Rotdrosseln und Amseln zeigten ein sehr ähnliches Muster (Abbildung 66/Abbildung 68). Die Annäherungsintensität war im Zeitraum mit Einzelwindpark gegenüber der Zeit ohne Windpark stark verringert und im Zeitraum mit Windpark-Cluster noch einmal reduziert. Die Annäherungsintensität reduzierte sich im Zeitraum mit Einzelwindpark gegenüber der Zeit ohne Windpark bei Singvögeln um 54 %, bei der Rotdrossel um 46 % und bei der Amsel um 55 %. Von der Zeit mit Einzelwindpark hin zum Zeitraum mit Windpark-Cluster kam es zu einer weiteren Reduktion um 39 % bei Singvögeln insgesamt, um 40 % bei der Rotdrossel und um 16 % bei der Amsel. Damit umfasste die Annäherungsintensität in der Zeit mit Windpark-Cluster bei Singvögeln lediglich 28 % der Intensität aus der Zeit ohne Windpark, bei der Rotdrossel waren es 33 % und bei der Amsel 38 %.

Auch im Falle der Singdrossel zeigte sich eine Verringerung der Annäherungsintensität von der Zeit ohne Windpark hin zum Zeitraum mit Einzelwindpark (Abbildung 69). Diese Reduktion belief sich auf 43 %. Die Annäherungsintensität erhöhte sich jedoch vom Zeitraum mit Einzelwindpark

hin zum Zeitraum mit Windpark-Cluster um 37 %. Damit betrug die Annäherungsintensität in der Zeit mit Windpark-Cluster 78 % der Intensität im Zeitraum ohne Windpark.

Im Herbst gab es im Zeitraum ohne Windpark 57.923 rufpositive Minuten mit Rufen von Singvögeln, 21.283 Minuten mit registrierten Rotdrosselrufen, 21.379 Minuten mit registrierten Amselrufen und 4.192 Minuten mit registrierten Singdrosselrufen. Im Zeitraum mit dem Einzelwindpark *alpha ventus* waren es 12.766 singvogelpositive Minuten, darunter 4.838 rotdrosselpositive, 4.335 amselpositive und 1.307 singdrosselpositive. Im Zeitraum mit Windpark-Cluster belief sich die Anzahl rufpositiver Minuten auf 5.537 für Singvögel, 1.813 für Rotdrosseln, 1.912 für Amseln und 738 für Singdrosseln.

Sowohl die verringerte Rufintensität zwischen den unterschiedlichen Ausbauphasen als auch die jährliche Variabilität innerhalb der einzelnen Ausbauphasen sind in Abbildung 70 ersichtlich.

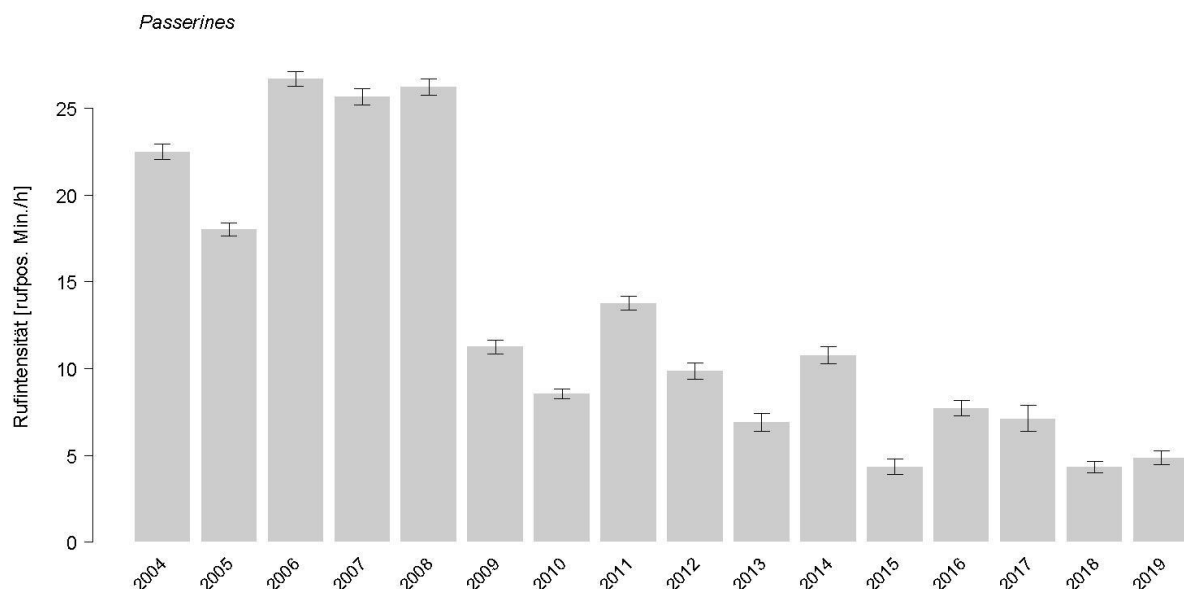


Abbildung 70: Singvögel: Jahrweise modellierte Anzahl rufpositiver Minuten pro Stunde in Annäherungs Nächten der Herbstperioden 2004-2019. Die Fehlerbalken stellen 95%-Kreditabilitätsintervalle dar.

6.6 Vogelverhalten

6.6.1 Raumnutzung von Tagziehern im Zeitraum 2011-2019

Im Falle von sieben Taxa liegen Daten aus ≥ 30 Beobachtungsstunden sowohl aus jeweils beiden abgegrenzten Teilzeiträumen (s. Kap. 3.6) als auch aus beiden Zugperioden vor, was einen

Vergleich von Zugereignisraten in Abhängigkeit von Blickrichtungen, Teilzeitraum (2011-2013 *alpha ventus*, 2014 bis 2019 Clusterausbau) und Jahreszeit besonders sinnvoll erscheinen ließ. Die weiteren Ausführungen bleiben auf diese sieben Arten bzw. Taxa beschränkt, wobei übergeordnete Taxa nicht weiter untersucht wurden, wenn bereits enthaltene Einzelarten im Detail analysiert worden waren. Fluss-/Küstenseeschwalben waren während mehr als 200 Beobachtungsstunden registriert worden, allerdings nur während 13 Stunden im Frühjahrszeitraum der Jahre 2011-2013. Zu diesem Artenpaar wurden zwar wie üblich Modelle erstellt und die zugehörigen Werte ausgewiesen (Tabelle 13 bis Tabelle 18), aufgrund der unterschrittenen Mindestanforderung aber nicht weiter dargestellt.

Für einige der sieben genauer untersuchten Arten(gruppen) ergaben sich markante Änderungen der räumlichen Nutzung am Standort innerhalb des Betrachtungszeitraums: Beim **Basstölpel** betrug die mittlere Zugereignisrate in den beiden (zusammengefassten) westlich von FINO 1 gelegenen Blickrichtungssektoren im Zeitraum zwischen 2014-2019 nur noch rund ein Drittel im Vergleich zur Zugereignisrate der Jahre 2011-2013 (Abbildung 71, Tabelle 15 bis Tabelle 18). Östlich der Plattform wurden hingegen keine Veränderungen in den Zugereignisraten festgestellt: Basstölpel frequentierten die östlichen Bereiche über den Gesamtzeitraum hinweg in unveränderter Häufigkeit. Die Verringerung der Zugereignisrate fiel westlich von FINO 1 so stark aus, dass ziehende Basstölpel seit 2014 sogar signifikant seltener westlich der Plattform beobachtet wurden als östlich von FINO 1 (Abbildung 71, Tabelle 15 bis Tabelle 18). Dies ist eine Umkehrung der Situation zwischen 2011-2013, als westlich von FINO 1 rund doppelt so viele ziehende Basstölpel je Zeiteinheit beobachtet worden waren wie östlich von FINO 1.

Gleich geartete Effekte lassen sich bei **Dreizehenmöwe**, **Brandseeschwalbe** und **Alken** aufzeigen. In enger Übereinstimmung zu den Basstölpel-Ergebnissen waren die Arten zwischen 2011-2013 besonders häufig westlich von FINO 1 (damals ohne OWEA), jedoch vergleichsweise selten östlich von FINO 1 (mit dem OWP *alpha ventus*) beobachtet worden (Abbildung 72 bis Abbildung 74, Tabelle 15 bis Tabelle 18). Auch bei diesen Arten kam es mit Errichtung von OWP ab 2014 zu einer starken Reduktion der Zugereignisrate westlich von FINO 1, die in allen Fällen übereinstimmend auf rund 50 % zu beziffern war. Wie beim Basstölpel war diese Minderung sowohl bei der Dreizehenmöwe als auch bei der Brandseeschwalbe während beider Zugperioden gleich stark

ausgeprägt (Abbildung 72, Abbildung 73). Alken durchquerten den Betrachtungsraum, im Unterschied zu den anderen genannten Arten, zu beiden Jahreszeiten in gleichen Frequenzen (Abbildung 74). Die ermittelte Minderung der Zugereignisrate in den westlichen Bereichen betraf daher bei Alken von vornherein beide Zugperioden gleichermaßen.

Die Reduktion der Zugereignisraten in den westlich von FINO 1 liegenden Bereichen führte im Falle von Dreizehenmöwen, Brandseeschwalben und Alken dazu, dass es seit 2014 zu einer Homogenisierung mit in allen Blickrichtungen ausgeglichenen Zugereignisraten kam (Abbildung 72 bis Abbildung 74). Bei der Brandseeschwalbe und bei Alken führte zusätzlich auch eine leichte Erhöhung in den östlich liegenden Bereichen zu dieser Angleichung.

Auch bei **Entenvögeln** (Gänse, Schwäne, Enten) wurde im Zeitraum 2011-2013 ein Gegensatz zwischen höheren Zugereignisraten in Bereichen westlich von FINO 1 und niedrigeren Zugereignisraten in Bereichen östlich von FINO 1 gefunden (Abbildung 75, Tabelle 15 bis Tabelle 18). Dieser Gegensatz existierte in der Folge nicht mehr. Es wurden in den Jahren 2014-2019 aber sektorenscharfe Unterschiede gefunden, die je nach Zugperiode unterschiedlich ausfielen (Abbildung 75, Tabelle 15 bis Tabelle 18):

Im Herbst wurden Entenvögel dann am häufigsten im NO und somit in der Blickrichtung entdeckt, aus der sie die Gegend um den OWP-Cluster beim Zug über die Nordsee nach Südwesten überwiegend erreicht haben dürften (Abbildung 75). Danach folgten mit dem SO- und NW-Sektor jene Sektoren, die sich senkrecht zur allgemeinen regionalen Hauptzugachse erstrecken (beachte: im SO wurden Entenvögel zwar seltener als im NO beobachtet, es handelt sich hierbei aber um ein nichtsignifikantes Ergebnis). Seltener als in allen anderen Bereichen wurden Entenvögel im SW-Sektor registriert, welcher für die Vögel im Herbst den Rückseitenbereich des Windparkclusters darstellt.

Ein anderes Bild ergab sich im Frühjahr, als die Vögel entgegengesetzt nach NO zogen. Die höchsten Zugereignisraten wiesen nun die beiden unverändert senkrecht zur Hauptzugachse stehenden Sektoren NW und SO auf, die sich untereinander aber wiederum nicht hinsichtlich der Zugereignisrate unterschieden (Abbildung 75). Im Anflugsektor jedoch, im Frühjahr der SW-Sektor, wurde eine demgegenüber geringere Zugereignisrate ermittelt, die sogar ähnlich gering war, wie diejenige des zu dieser Jahreszeit (und anders als im Herbst) im Rückseitenbereich des Clusters liegenden NO-Sektors.

Bei **Singvögeln** war im Gegensatz zu allen bisher dargestellten Arten im Zeitraum 2011-2013 kein Unterschied zwischen Zugereignisraten in Bereichen westlich und östlich von FINO 1 gefunden worden (Abbildung 76). Auch zwischen Zugereignisraten in Einzelsektoren waren zwischen 2011-2013 keine signifikanten Differenzen zutage getreten (Tabelle 15 bis Tabelle 18), so dass von einer ausgeglichenen Raumnutzung um den Standort von FINO 1 herum auszugehen war. Dies galt für beide Jahreszeiten, ungeachtet von damals im Herbst häufiger als im Frühjahr durchziehend beobachteten Singvögeln (Abbildung 76, Tabelle 15). Im Folgezeitraum 2014-2019 wurden Singvögel indes im SW- und SO-Sektor häufiger beobachtet als im NW-Sektor (Abbildung 76). Dieser Unterschied war zwar signifikant, aber gering, und alle drei Sektoren unterschieden sich hinsichtlich der Häufigkeit von Zugereignissen nicht vom NO-Sektor, der eine intermediäre Stellung einnahm. Die Häufigkeitsrangfolge von Singvögeln in den Einzelsektoren blieb, ohne Blick auf statistische Signifikanzen, über den Gesamtzeitraum 2011-2019 hinweg stabil: In beiden Teilzeiträumen wurde die höchste Zugereignisrate im SO-Sektor ermittelt, jeweils gefolgt von sukzessive in der Reihenfolge ihrer Nennung verringerten Zugereignisraten im SW-, NO- und NW-Sektor (Abbildung 76). Anders als von 2011-2013 existierte zwischen 2014-2019 kein jahreszeitlicher Unterschied in der Häufigkeit ziehender Singvögel am Standort.

Übereinstimmend zeigten **Sturm-, Herings- und Mantelmöwen** über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg keine Änderungen in der räumlichen Nutzung am Standort (Abbildung 77 bis Abbildung 79, Tabelle 15 bis Tabelle 18). Es existierten auch keine blickrichtungsabhängigen Gegensätze. Die einzige Ausnahme bildete das Wegzuggeschehen der Mantelmöwe in den Jahren 2011-2013, als in den beiden zusammengefassten westlichen Sektoren (*alpha ventus*-abgewandt) die Zugereignisrate erhöht gegenüber den beiden östlichen Sektoren mit dem OWP *alpha ventus* war (Abbildung 79). Auf Ebene der Einzelsektoren waren aber keine Unterschiede existent (

Tabelle 17 und Tabelle 18), so dass diesem Unterschied keine Bedeutung beizumessen war. Häufigkeitsunterschiede wurden dennoch registriert, betrafen aber lediglich zeitliche Skalen: Ziehende Sturmmöwen waren im Frühjahr häufiger am Standort als im Herbst. Während der Heimzugperioden der Jahre 2011-2013 erfolgten Beobachtungen ziehender Sturmmöwen häufiger als zu Zeiten der Clustererweiterung (2014-2019) (Abbildung 77). Mantelmöwen zeigten ein umgekehrtes Muster und wurden im Herbst häufiger beobachtet als zur Heimzugzeit (Abbildung 79). Zusätzlich waren sie zwischen 2014-2019 seltener als zuvor. Heringsmöwen durchquerten während beider Zugperioden in ausgeglichenen Häufigkeiten den Betrachtungsraum, waren aber zwischen 2014-2019, ebenso wie Mantelmöwen, weniger häufig am Standort (Abbildung 78).

Tabelle 13: Taxaspezifische Häufigkeiten in Abhängigkeit der Blickrichtung vom Standort FINO 1, Deutsche Bucht. Das Datenmaterial betrifft 1.040 gültige Sektorenumläufe (= Beobachtungsstunden) aus den Zugperioden von Herbst 2011 bis Herbst 2019. Nur Taxa mit ≥ 30 positiven Beobachtungsstunden (aus beiden Zugperioden gemeinsam) sind aufgeführt. Die Sektoren SW und NW sind dem nächstliegenden Windpark *alpha ventus* abgewandt, die Sektoren NE und SE zugewandt. Beachte: Ein Zugereignis kann mehrere Arten umfassen. In einer Beobachtungsstunde können mehrere Arten eines übergeordneten Taxons beobachtet werden.

Art	Anzahlen Standort gesamt								Zugereignisse je Blickrichtung				Individuen je Blickrichtung			
	art(-gruppen) pos. Sektorenumläufe					Arten	Zugereignisse	Individuen	windparkabgewandt		windparkzugewandt		windparkabgewandt		windparkzugewandt	
	gesamt	F	H	F	H				SW	NW	NE	SE	SW	NW	NE	SE
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>	510	62	151	132	165	1	1224	1527	306	337	339	242	392	428	416	291
Entenvögel <i>Anatidae</i>	253	43	62	58	90	22	426	5567	89	133	100	104	1402	1416	890	1859
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	339	72	99	75	93	1	1188	2563	335	392	276	185	604	844	610	505
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	357	63	58	89	147	1	930	1545	238	238	222	232	414	388	345	398
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	502	67	71	195	169	1	1604	2876	385	372	400	447	726	643	716	791
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	269	33	75	44	117	1	548	727	132	153	124	139	183	186	169	189
Brandseeschwalbe <i>Thalasseus sandvicensis</i>	293	51	70	102	70	1	909	2216	288	262	197	162	753	615	490	358
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	231	13	80	45	93	2	567	1599	152	180	158	77	408	531	482	178
Alken <i>Alcidae</i>	216	24	70	45	77	4	570	859	154	192	134	90	227	302	212	118
Singvögel <i>Passeriformes</i>	273	32	59	84	98	32	678	4456	186	138	162	192	1597	649	1229	981

Tabelle 14: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zum Test auf Überdispersion des jeweiligen komplexesten Modells. Angegeben ist der BIC-Wert für die Modellierung unter Einbeziehung der Blickrichtung relativ zum Windpark *alpha ventus* (WP) sowie die der Modellierung unter Einbeziehung der sektorscharfen Blickrichtung als Viertelkreis (Pos) jeweils unter Berücksichtigung (rechts) und Nichtberücksichtigung (links) von Überdispersion.

Art	Modell			
	WP		Pos	
	Überdispersion unberücksichtigt	Überdispersion berücksichtigt	Überdispersion unberücksichtigt	Überdispersion berücksichtigt
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>	2770,786	2777,720	4038,504	4046,131
Entenvögel <i>Anatidae</i>	1203,425	1209,652	1748,219	1755,139
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	2162,239	2164,778	3151,379	3158,379
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	2056,924	2062,130	2967,076	2974,340
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	3146,735	3153,657	4606,386	4614,000
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	1382,945	1389,233	2002,296	2009,277
Brandseeschwalbe <i>Thalasseus sandvicensis</i>	1792,772	1797,734	2625,088	2632,161
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	1339,575	1345,539	1939,622	1946,455
Alken <i>Alcidae</i>	1282,530	1287,003	1862,610	1867,304
Singvögel <i>Passeriformes</i>	1594,476	1594,682	2292,063	2297,191

Tabelle 15: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der Blickrichtung relativ zum Windpark *alpha ventus* (WP). Weitere Faktoren waren als Heim- und Wegzug die Zugperiode (Pe) sowie die Zeiträume 2011-2013 und 2014-2019 als Ausbauphase (Zeit). Interaktionen sind durch einen Doppelpunkt aufgeführt. Angegeben sind P-Werte des Likelihood-Ratio-Test zum Vergleich des komplexeren (links) mit dem jeweiligen vereinfachten Modell (oben). Signifikanzlevel von < 0,05 sind hervorgehoben.

		Testergebnis gegen																Basismodell
		WP + Zeit + Pe +																ohne Effekte
Art	Ausgangs-/Folgemodell	WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit	WP + Zeit + Pe + WP:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe	WP + Zeit + WP:Zeit	WP + Zeit + WP:Pe	Zeit + Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe	WP + Zeit	WP + Pe	WP	Pe	Zeit
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,0072																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		1,1783															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					0,0927												
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit											9,9280		73,5399				
Entenvögel <i>Anatidae</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,1690																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		4,9038	5,6852	27,3240													
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,7989																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		0,1588															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					4,6242	30,5937											
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	Heimzug WP + Zeit + WP:Zeit												0,0004					
	WP + Zeit														4,6446		1,6553	
	Zeit																	4,6446
	Wegzug WP + Zeit + WP:Zeit												0,0062					
	WP + Zeit															0,0303		
	WP																	0,1658
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,0427																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		0,3778															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					0,1039												
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit												0,3449					
	WP + Zeit + Pe														0,0562			
	WP + Pe															5,7898	5,0525	
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	3,4253																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		0,6059															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					0,2430												
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit											6,3712		4,1746				
Brandseeschwalbe <i>Thalassey sandvicensis</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,3487																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		2,6878															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					0,5112												
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit											4,8219		67,1609				
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	3,5835																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		0,6676															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					7,7189	1,6441											
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit												0,2676					
Alken <i>Alcidae</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,6205																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		3,6363															
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe					0,2012												
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit											3,8000		28,5569				
Singvögel <i>Passeriformes</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe	0,4333																
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe		0,0191	0,0191														
	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + Zeit:Pe											0,1442						
	WP + Zeit + Pe + Zeit:Pe													1,3279				

Tabelle 16: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der Blickrichtung relativ zum Windpark *alpha ventus* (WP). Weitere Faktoren waren als Heim- und Wegzug die Zugperiode (Pe) sowie die Zeiträume 2011-2013 und 2014-2019 als Ausbauphase (Zeit). Interaktionen sind durch einen Doppelpunkt aufgeführt. Angegeben sind Chiquadrat-Werte des Likelihood-Ratio-Test zum Vergleich des komplexeren (links) mit dem jeweiligen vereinfachten Modell (oben). Signifikanzlevel von < 0,05 sind hervorgehoben.

		Testergebnis gegen															Basismodell ohne Effekt
Art	Ausgangs-/Folgemodell	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit	WP + Zeit + Pe + WP:Pe	WP + Zeit + Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + WP:Zeit	WP + Pe + Zeit:Pe	Zeit + Pe + Zeit:Pe	WP + Zeit + Pe	WP + Zeit	WP + Pe	WP	Pe	
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit	0,0072	1,1783			0,0927				9,9280		73,5399					
Entenvogel <i>Anatidae</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe	0,1690	4,9038	5,6852	27,3240												
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe	0,7989	0,1588			4,6242	30,5937										
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit WP + Zeit + Pe WP + Pe Pe	0,0250	3,2307			1,2028					0,0979		11,4062	3,5788		0,5032	11,8649
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit WP + Zeit + Pe WP + Pe	0,0427	0,3778			0,1039					0,3449			0,0562	5,7898	5,0525	
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit	3,4253	0,6059			0,2430			6,3712		4,1746						
Brandseeschwalbe <i>Thalasseus sandvicensis</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit	0,3487	2,6878			0,5112			4,8219		67,1609						
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Pe	3,5835	0,6676			7,7189	1,6441			0,2676							
Alken <i>Alcidae</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit	0,6205	3,6363			0,2012			3,8000		28,5569						
Singvögel <i>Passeriformes</i>	WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe + WP:Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + WP:Pe + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + WP:Zeit + Zeit:Pe WP + Zeit + Pe + Zeit:Pe	0,4333	0,0191	0,0191				0,1442			1,3279						

Tabelle 17: Übersicht zu art- bzw. gruppenspezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der sektorscharfen Blickrichtung als Viertelkreis (Pos). Weitere Faktoren waren als Heim- und Wegzug die Zugperiode (Pe) sowie die Zeiträume 2011-2013 und 2014-2019 als Ausbauphase (Zeit). Interaktionen sind durch einen Doppelpunkt aufgeführt. Angegeben sind P-Werte des Likelihood-Ratio-Test zum Vergleich des komplexeren (links) mit dem jeweiligen vereinfachten Modell (oben). Signifikanzlevel von < 0,05 sind hervorgehoben.

		Testergebnis gegen																		
		Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	Pos + Zeit + Pe + Pos:Pe	Pos + Zeit + Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	Pos + Pe + Pos:Pe	Zeit + Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe	Pos + Zeit	Pos + Pe	Zeit + Pe	Pos	Zeit	Pe	Basismodell ohne Effekte	
Art	Ausgangs-/Folgemodell																			
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	0,9447	0,3316			0,2014			0,0016		<0,0001									
Entenvogel <i>Anatidae</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe	0,3077	0,0304	0,0085	<0,0001															
Dreizehnmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	0,7064	0,6923			0,1854			0,0105		<0,0001									
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit Pos + Zeit + Pe Pos + Pe Pe	0,6460	0,0711			0,4675					0,9292		0,0007	0,0591				0,8636	0,0006	
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit Pos + Zeit + Pe Pos + Zeit	0,9861	0,5316			0,6794					0,8392		0,8127					0,0161	0,0485	
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit Pos + Zeit + Pe	0,0776	0,4783			0,2158					0,1101		0,0116	0,0152	0,3493					
Brandseeschwalbe <i>Thalasseus sandvicensis</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	0,7585	0,0995			0,5468			0,0281		<0,0001									
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Per	0,3079	0,4197			0,0107	0,3644			0,6049										
Alken <i>Alcidae</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Per + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	0,5991	0,0542			0,3227			0,0512		<0,0001									
Singvögel <i>Passeriformes</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Zeit:Pe Pos + Zeit + Pe + Zeit:Pe	0,6310	0,0242	0,9290				0,7098			0,0117									

Tabelle 18: Übersicht zu art(gruppen)spezifischen Ergebnissen zur Modellierung unter Einbeziehung der positionsscharfen sektoralen Blickrichtung als Viertelkreis (Pos). Weitere Faktoren waren als Heim- und Wegzug die Zugperiode (Pe) sowie die Zeiträume 2011-2013 und 2014-2019 als Ausbauphase (Zeit). Interaktionen sind durch einen Doppelpunkt aufgeführt. Angegeben sind Chiquadrat-Werte des Likelihood-Ratio-Test zum Vergleich des komplexeren (links) mit dem jeweiligen vereinfachten Modell (oben). Signifikanzlevel von < 0,05 sind hervorgehoben.

		Testergebnis gegen																		
		Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	Pos + Zeit + Pe + Pos:Pe	Pos + Zeit + Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit	Pos + Pe + Pos:Pe	Zeit + Pe + Zeit:Pe	Pos + Zeit + Pe	Pos + Zeit	Pos + Pe	Zeit + Pe	Pos	Zeit	Pe	Basismodell ohne Effekte	
Art	Ausgangs-/Folgemodell																			
Basstölpel <i>Morus bassanus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	0,3784																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		0,9427																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					4,6250														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit								9,9280										84,3028	
Entenvögel <i>Anatidae</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	3,6028																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		4,6890	11,7080	29,7362															
Dreizehenmöwe <i>Rissa tridactyla</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	1,3964																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		0,1566																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					4,8207														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit								6,5405										30,2472	
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	1,6596																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		3,2580																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					2,5435														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit											0,4524								
	Pos + Zeit + Pe												11,4084	3,5621				0,7408		
	Pos + Pe																		11,8477	
Heringsmöwe <i>Larus fuscus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	0,1441																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		0,3913																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					1,5123														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit											0,8427								
	Pos + Zeit + Pe												0,0562							
Mantelmöwe <i>Larus marinus</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	6,8289																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		0,5028																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					4,4606														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit											6,0317								
	Pos + Zeit + Pe												6,3712	5,8873	3,2882					
Brandseeschwalbe <i>Thalasseus sandvicensis</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	1,1770																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		2,7132																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					2,1254														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit								4,8219										67,2625	
Fluss-/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	3,6007																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		0,6510																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					11,1896	3,1821													
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Per										0,2676									
Alken <i>Alcidae</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	1,8732																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Per + Zeit:Pe		3,7067																	
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe					3,4848														
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit								3,8006										28,7290	
Singvögel <i>Passeriformes</i>	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe + Pos:Zeit:Pe	1,7269																		
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Pos:Pe + Zeit:Pe		0,4536	0,4536																
	Pos + Zeit + Pe + Pos:Zeit + Zeit:Pe							1,3818												
	Pos + Zeit + Pe + Zeit:Pe																		11,0106	

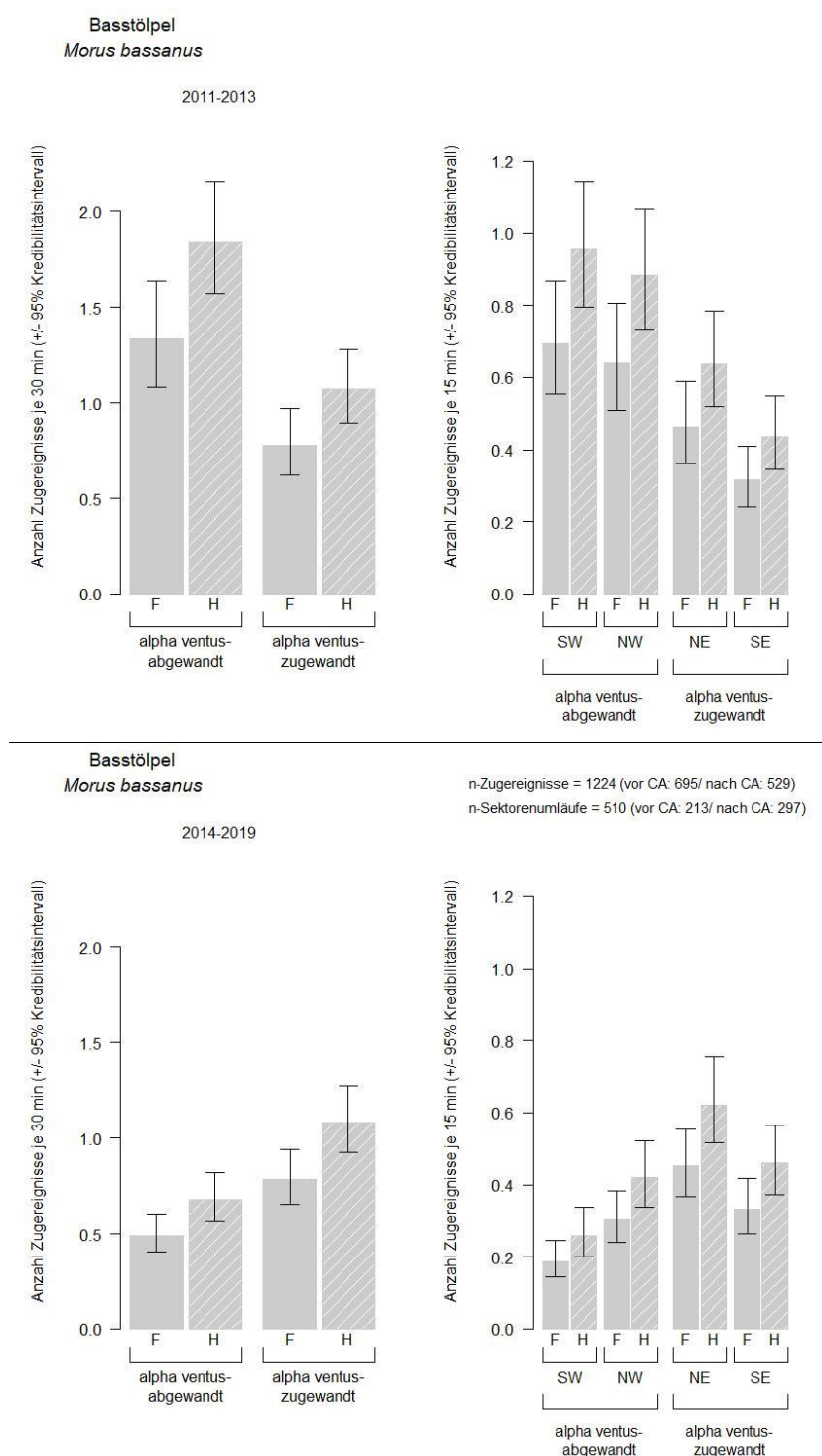
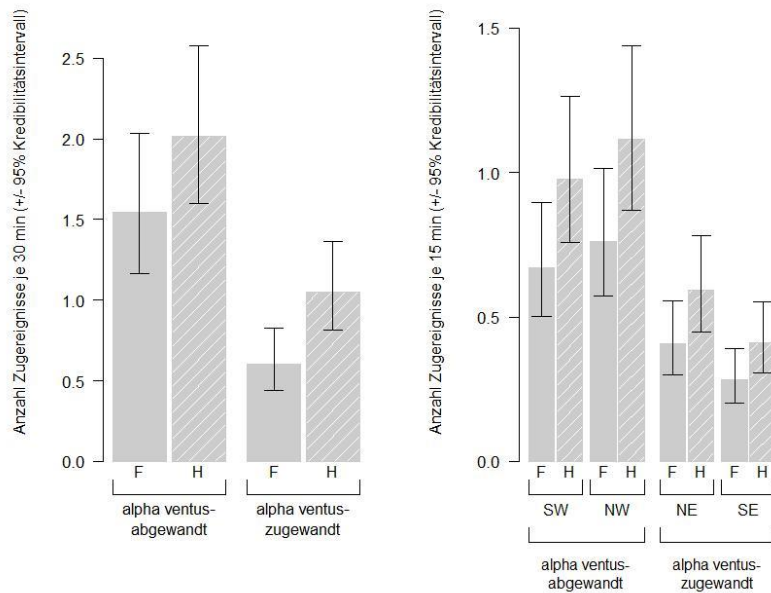


Abbildung 71: Vorhergesagte Zugereignisraten von Basstölpeln des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- (F: einfarbig) und Wegzugperiode (H: gestreift) vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min).

Dreizehenmöwe
Rissa tridactyla

2011-2013



Dreizehenmöwe
Rissa tridactyla

n-Zugereignisse = 1188 (vor CA: 709/ nach CA: 479)
n-Sektorenumläufe = 339 (vor CA: 171/ nach CA: 168)

2014-2019

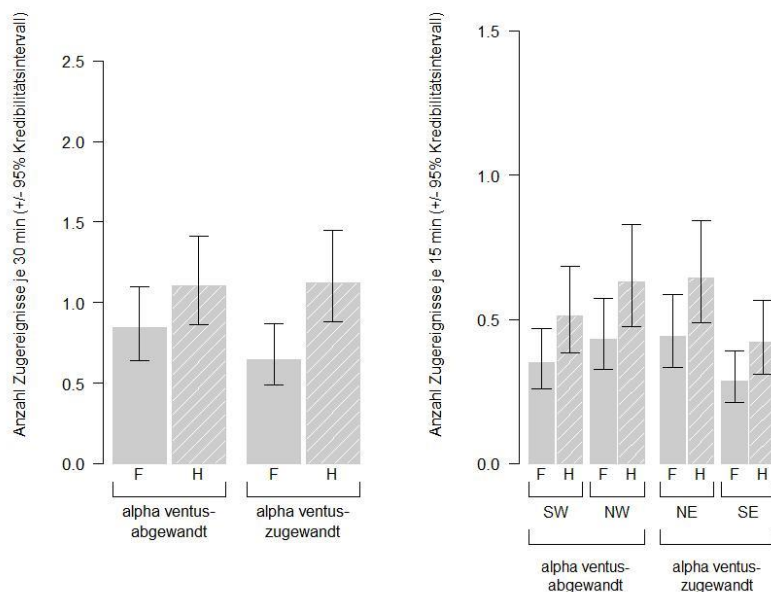
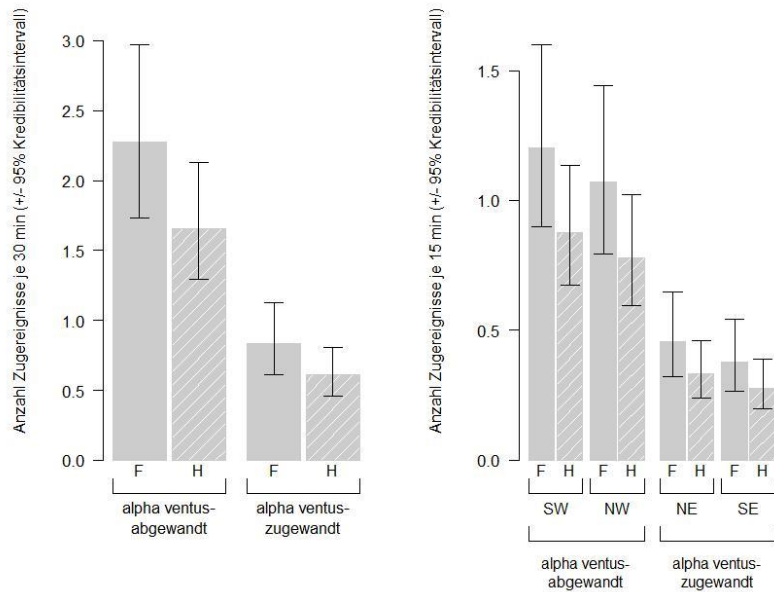


Abbildung 72: Vorhergesagte Zugereignisraten von Dreizehenmöwen des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- (F: einfarbig) und Wegzugperiode (H: gestreift) vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min).

Brandseeschwalbe
Thalasseus sandvicensis

2011-2013



Brandseeschwalbe
Thalasseus sandvicensis

2014-2019

n-Zugereignisse = 909 (vor CA: 476/ nach CA: 433)
n-Sektorenumläufe = 293 (vor CA: 121/ nach CA: 172)

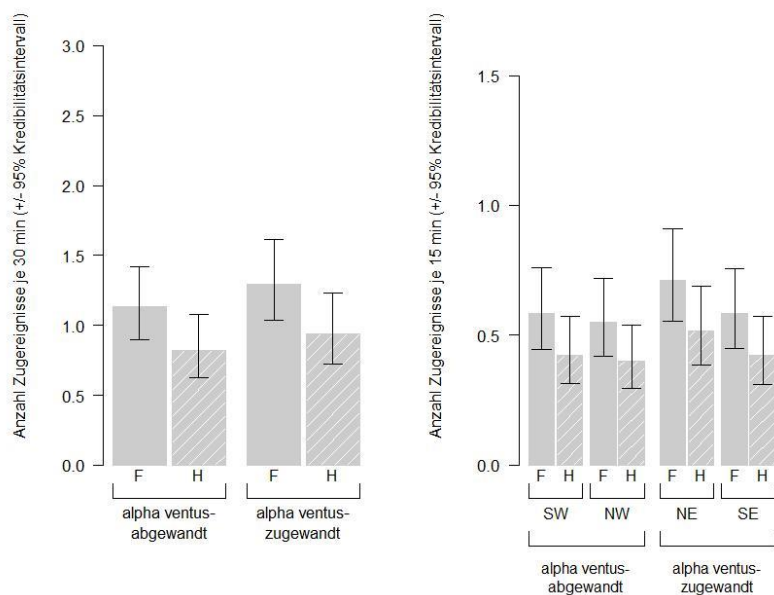


Abbildung 73: Vorhergesagte Zugereignisraten von Brandseeschwalben des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- (F: einfarbig) und Wegzugperiode (H: gestreift) vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min).

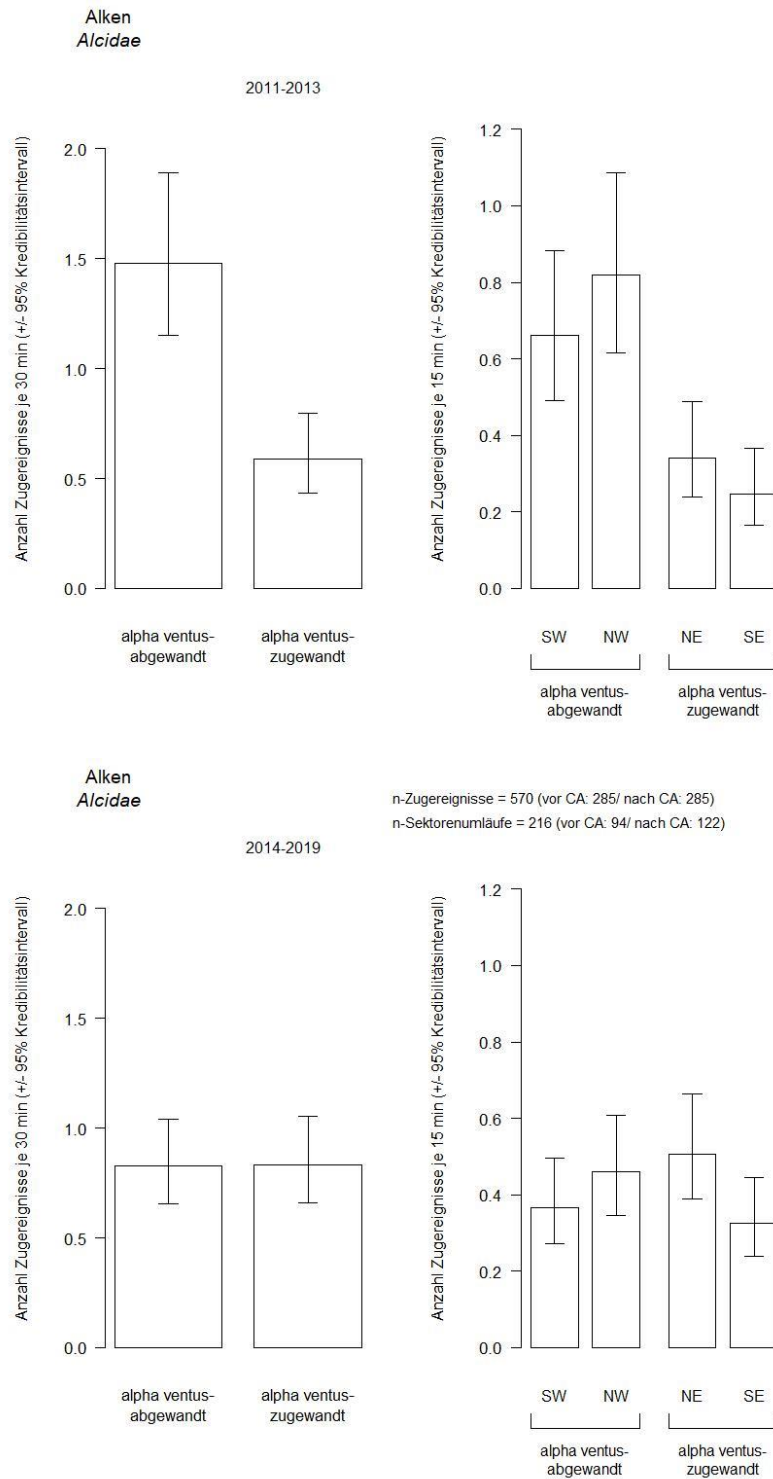


Abbildung 74: Vorhergesagte Zugereignisraten von Alken des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- und Wegzugperiode insgesamt vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die

Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min). Beachte: Nur signifikante Modellergebnisse sind grafisch dargestellt.

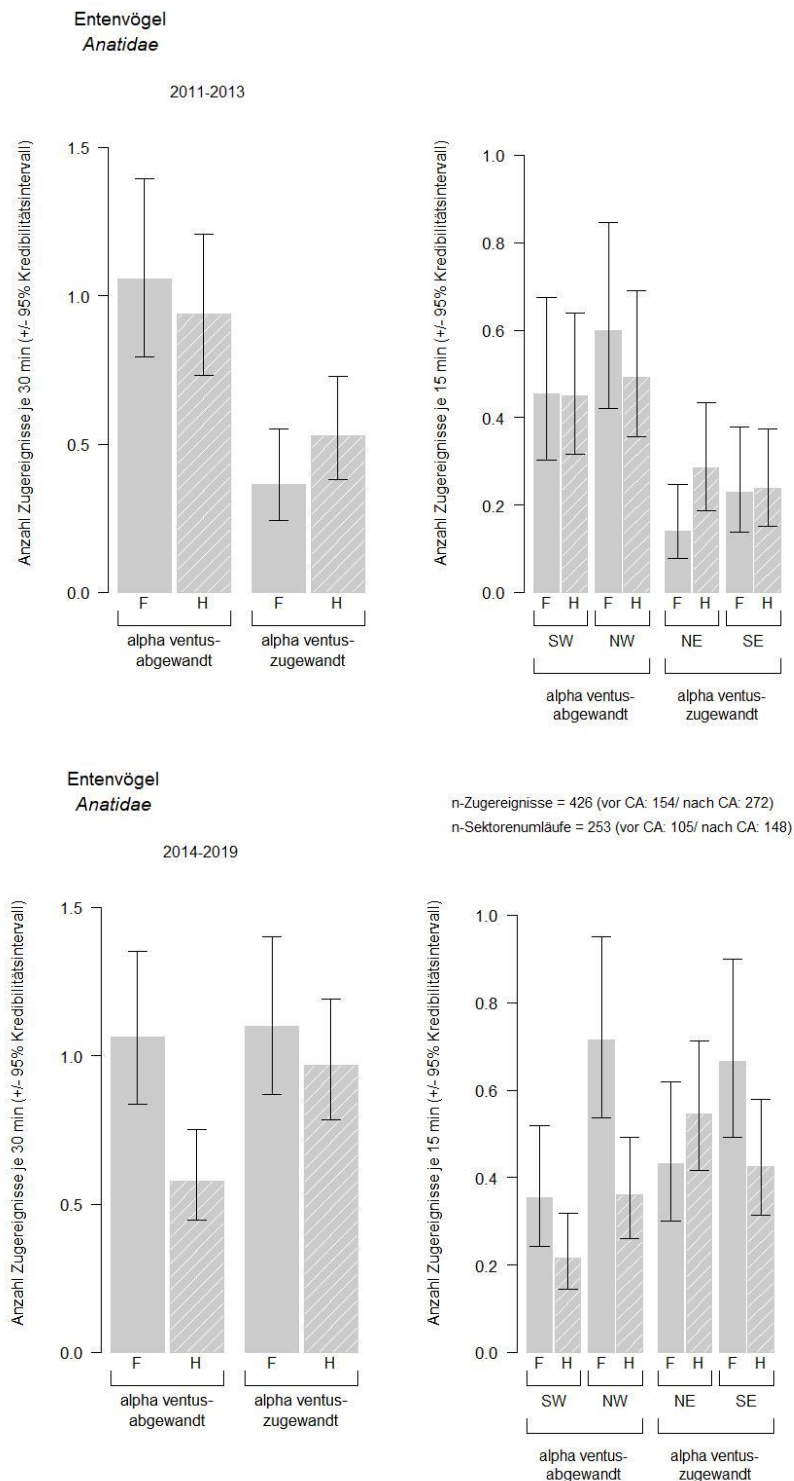


Abbildung 75: Vorhergesagte Zugereignisraten von Entenvögeln des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- (F: einfarbig) und Wegzugperiode (H: gestreift) vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min).

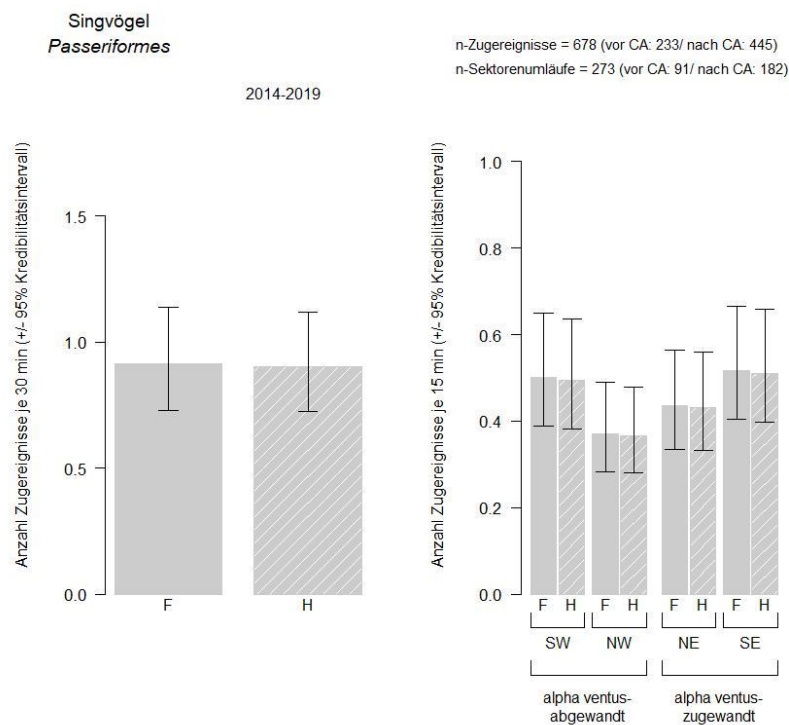
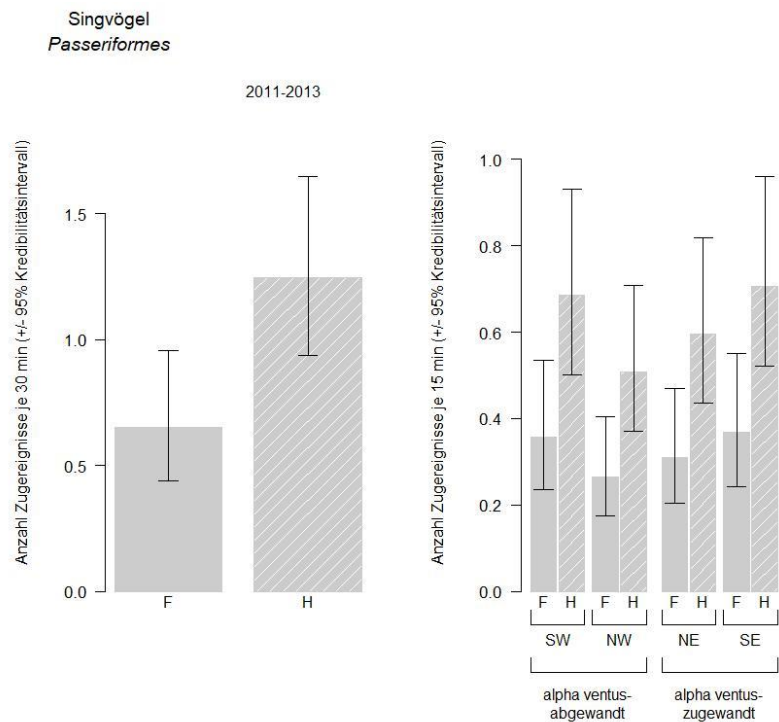


Abbildung 76: Vorhergesagte Zugereignisraten von Singvögeln des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- (F: einfarbig) und Wegzugperiode (H: gestreift) für den Zeitraum 2011-2019 insgesamt. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter ausganglicher Berücksichtigung der Lage des Windparks *alpha ventus* (Zugereignisse/30min) als auch die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der

Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min). Beachte: Nur signifikante Modellergebnisse sind grafisch dargestellt.

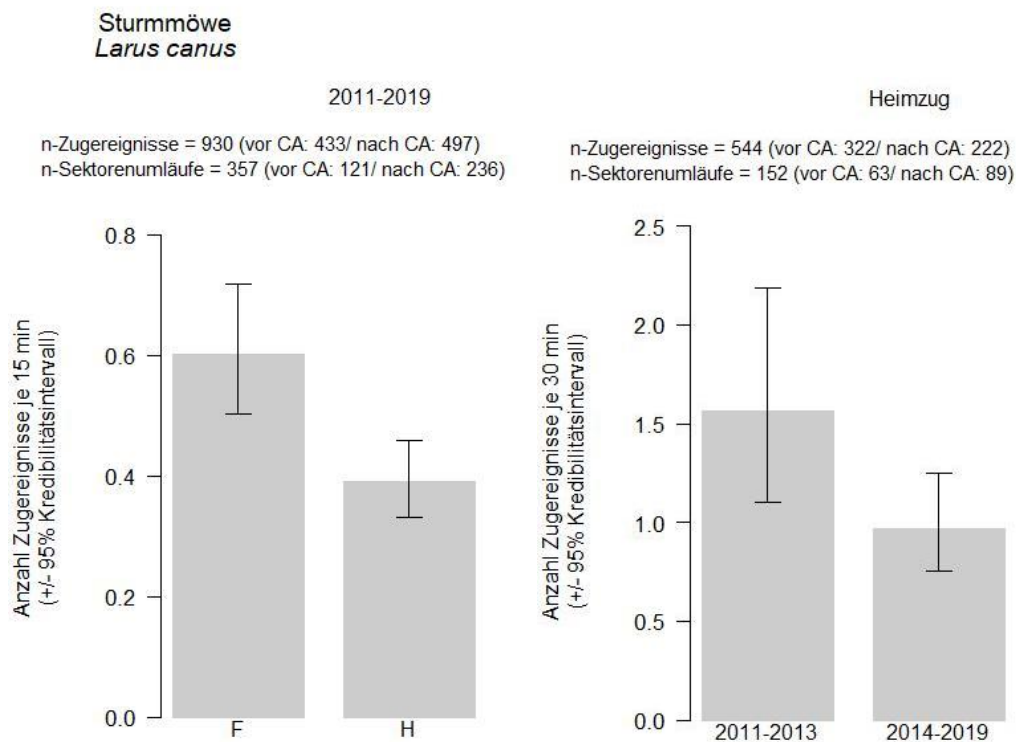


Abbildung 77: Vorhergesagte Zugereignisraten von Sturmmöwen des bestangepassten Modells für arpositive Beobachtungsstunden in Heim- und Wegzugperiode im Gesamtzeitraum 2011-2019 (links; dargestellt sind die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung [Zugereignisse/15min]) und für arpositive Beobachtungsstunden während der Heimzugperiode im Zeitraum vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung (rechts; dargestellt sind die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks *alpha ventus* [Zugereignisse/30min]). Beachte: Nur signifikante Modellergebnisse sind grafisch dargestellt.

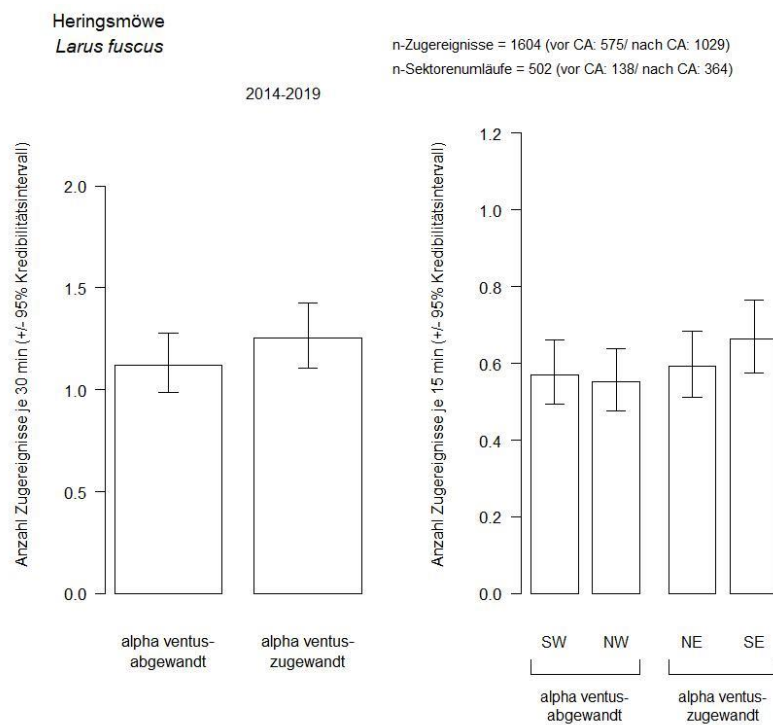
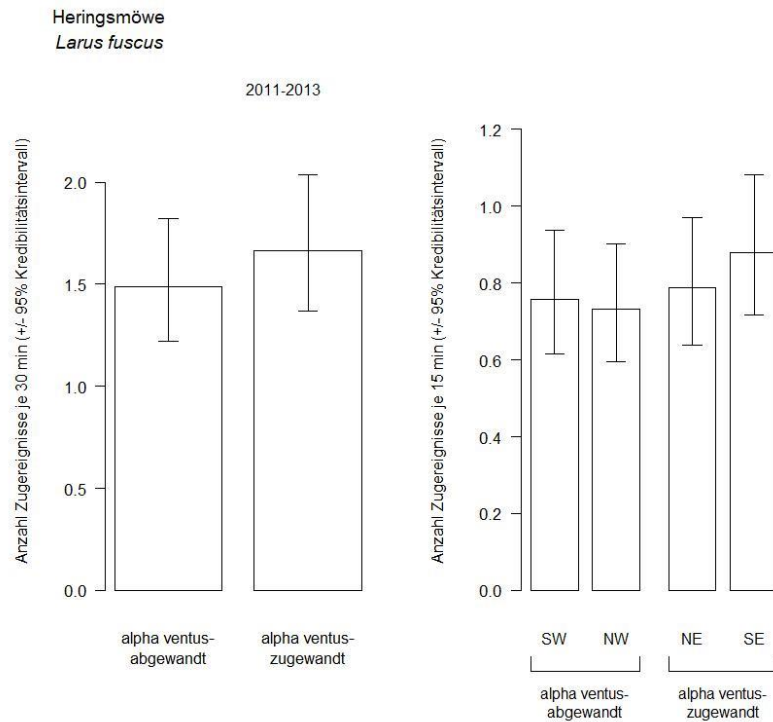


Abbildung 78: Vorhergesagte Zugereignisraten von Heringsmöwen des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- und Wegzugperiode insgesamt vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die

Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (SW, NW, NE, SE; Zugereignisse/15min). Beachte: Nur signifikante Modellergebnisse sind grafisch dargestellt.

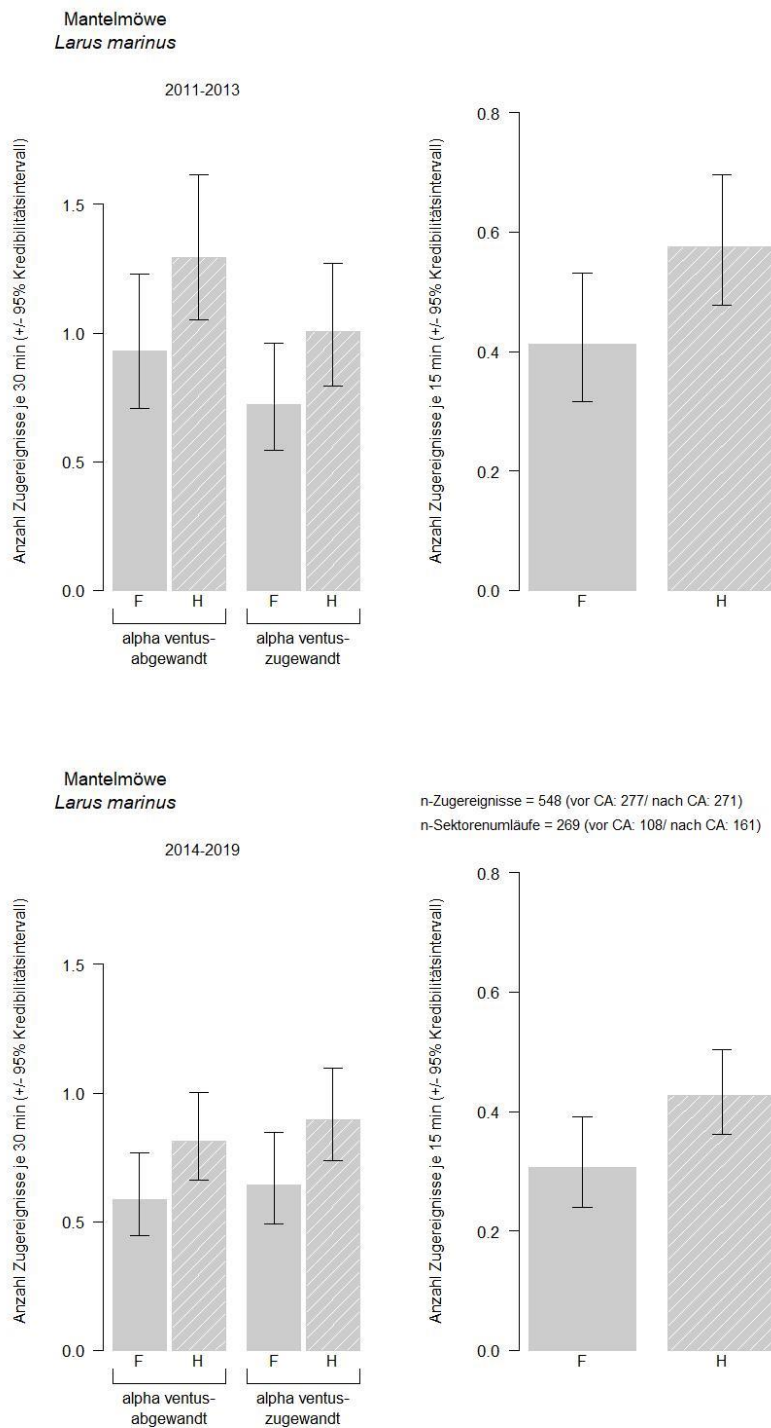


Abbildung 79: Vorhergesagte Zugereignisraten von Mantelmöwen des jeweiligen bestangepassten Modells während artpositiver Beobachtungsstunden für die Heim- (F: einfarbig) und Wegzugperiode (H: gestreift) vor (2011-2013; 1. Ausbauphase) und nach (2014-2019; 2. Ausbauphase) Clustererweiterung. Dargestellt sind zum einen die Ergebnisse des Modells unter Berücksichtigung der Lage des Windparks (*alpha ventus*-ab-/zugewandt; Zugereignisse/30min) als auch die Ergebnisse des Modells in Abhängigkeit der Blickrichtung (Zugereignisse/15min). Beachte: Nur signifikante Modellergebnisse sind grafisch dargestellt.

6.6.2 Nächtliche Flugrichtungen im Windparkumfeld (Horizontalradarerfassung)

Für nähere Betrachtungen von Zugrichtungen der von der Forschungsplattform FINO 1 aus im Umfeld von *alpha ventus* registrierten Vogeltracks mussten die kreisförmig um die Plattform herum registrierten Echos zunächst OWEA-freien bzw. OWEA-bestandenen Bereichen zugeordnet werden. Im Sektor des plattformeigenen Helikopterdecks sind keine Erfassungen durchführbar. Aus diesem Grund wurden nur Echos aus dem Bereich zwischen 50° und 310° zur Analyse herangezogen, wobei der Bereich von 50°-180° als windparkzugewandt und der Bereich von 180°-310° als windparkabgewandt definiert wurde. Die beiden Messbereiche erstrecken sich also jeweils über 130°, ihre Spiegelebene verläuft von N nach S. Vom Standort aus wird horizontal bis > 400 m in den Windpark hinein gemessen und der Messbereich umfasst sechs OWEA von *alpha ventus*. OWEA von anderen OWP im Cluster liegen nicht im Abdeckungsbereich.

Im Frühjahr 2019 waren die erfassten Tracks sowohl im windparkab- wie -zugewandten Bereichen gerichtet (Rayleigh-Test; jeweils $p < 0,001$). Übereinstimmend präferierte Richtungen waren dabei jeweils N, NO sowie O (Abbildung 80; Rayleigh-Test; jeweils $p < 0,001$).

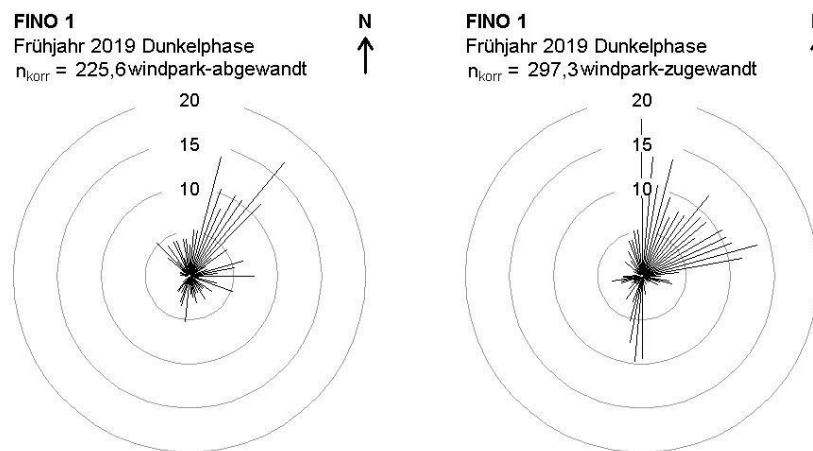


Abbildung 80: Richtungsverteilung von Vogeltracks in Frühjahrsnächten in 2019. Links dargestellt sind Vogeltracks aus dem windparkabgewandten Messbereich zwischen 181°-310°, rechts Vogeltracks aus dem windparkzugewandten Messbereich zwischen 50°-180° mit sechs OWEA von *alpha ventus*.

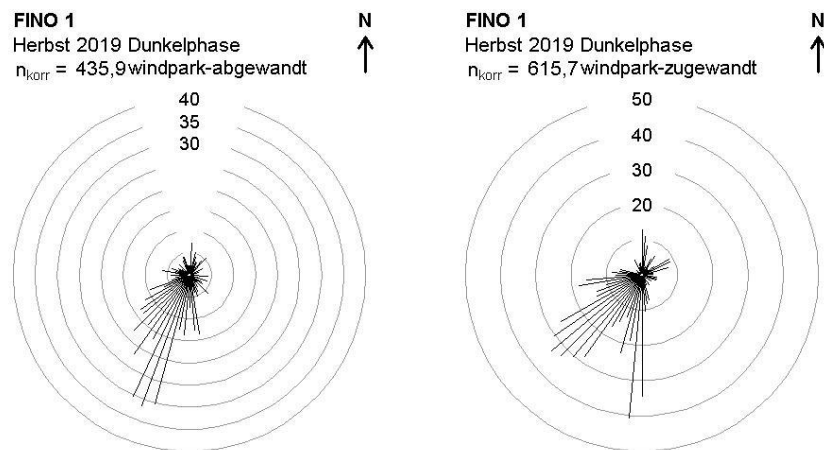


Abbildung 81: Richtungsverteilung von Vogeltracks in Herbstnächten in 2019. Links dargestellt sind Vogeltracks aus dem windparkabgewandten Messbereich zwischen 181°-310°, rechts Vogeltracks aus dem windparkzugewandten Messbereich zwischen 50°-180° mit sechs OWEA von *alpha ventus*.

Für Tracks beider Messbereiche war auch im Herbst auf Gerichtetheit zu schließen (Rayleigh-Test; jeweils $p < 0,001$). Bevorzugte Richtung war der Jahreszeit entsprechend nun jeweils SW.

7 Diskussion

7.1 Nächtliche Vogelzugintensitäten

Bezüglich der nächtlichen Vogelzugaktivität wurde im **Herbst** festgestellt, dass sich Unterschiede zwischen den Ausbauphasen ergaben, sowohl was die Rate als auch die Intensität radarechopositiver Stunden anbelangt (Kap. 6.1). Die an der Plattform FINO 1 mittels Radars gemessene nächtliche Vogelzugaktivität lag zu Zeiten mit *alpha ventus* als einzigem OWP am Standort im Zeitraum 2009-2012 höher als während der beiden anderen Phasen. Mit der Clustererweiterung (2013-2019) setzte ein Rückgang ein und die Vogelzugaktivität sank während der Wegzugphase ab Juli bis unter das Niveau des Zeitraums mit der FINO 1 als einzigem Bauwerk am Standort (2004-2008). Modelle mit höhenspezifischen Betrachtungen zeigen dabei, dass von diesem Rückgang über die gesamte Wegzugphase hinweg vor allem Höhenbereiche oberhalb von 300 m dauerhaft betroffen waren (Kap. 6.1). Im darunter liegenden Höhenbereich waren Rückgänge entweder nicht zu beobachten (Höhenbereich 100-200 m) oder nicht dauerhaft (Höhenbereich 200-300 m). Im Höhenbereich bis 100 m blieb die Vogelzugaktivität im Zeitraum der Clustererweiterung immer noch oberhalb des Ausgangsniveaus mit der FINO 1 als einzigem Bauwerk am Standort, wenn auch nicht über die gesamte Wegzugphase hinweg. Die Höhenanalysen ergaben somit keine Hinweise darauf, dass Nachtzieher seit der Existenz der OWP in erhöhten Anteilen Flughöhen oberhalb von 200 m wählen, was als vertikales Ausweichen aufzufassen gewesen wäre. Im Gegenteil ist davon auszugehen, dass die Vögel, die in den Bereich einfliegen, sich verstärkt in unteren Luftschichten bewegen. Für Flugbewegungen oberhalb von 200 m besteht sicher kein Kollisionsrisiko mit WEA. Vögel unterhalb von 20 m über der Meeresoberfläche unterfliegen den von den OWEA-Rotoren überstrichenen Luftraum (auch im Falle von Wellenflug, wie ihn z. B. Singvögel zeigen), für sie besteht ebenfalls kein Kollisionsrisiko mit den Rotorblättern.

Zeitgleich zu den in der Zeit von *alpha ventus* als einzigem OWP am Standort (2009-2012) gesteigerten Echoraten wurden in Herbstnächten reduzierte Rufraten an der Forschungsplattform FINO 1 festgestellt. Während nach Bau von *alpha ventus* mehr Vögel per Radar registriert wurden, gelangen weniger Aufzeichnungen von Rufen ziehender Vögel aus dem direkten Nahbereich der FINO 1. Dieser Rückgang der Rufaktivität setzte sich im Zeitraum der Clustererweiterung fort. Kontinuierlich rückläufig waren auch Funde mit der Plattform

kollidierter Zugvögel (HILL et al. 2014a). Für Situationen starken Anfluges an FINO 1 ließ sich im *alpha ventus*-Zeitraum (2009-2012) exemplarisch aufzeigen, dass es dann innerhalb des 6,5 km² großen Windparkareals von *alpha ventus* zu Zugvogel-Aggregationen kam (HILL et al. 2014c). Dabei lässt sich ein Einfluss der notwendigen Sicherheitsbeleuchtung vermuten, denn vor allem bei schlechten äußeren Zugbedingungen werden nächtliche Durchzügler (v. a. Singvögel, die das Gros der nächtlichen Durchzügler am Standort stellen) von Licht angelockt (s. z. B. BALLASUS et al. 2009, NEWTON 2010, HILL et al. 2014a, AUMÜLLER et al. 2015, REBKE et al. 2019).

Die durch die eingebrachten OWEA gegenüber der Zeit vor dem Bau von *alpha ventus* gesteigerte Lichtemission könnte zu den insgesamt höheren Vogelzahlen im nahen Umfeld des Windparks geführt haben, welche mittels Radar – der Methode mit der größten Reichweite aller nachts angewendeten Methoden – zumindest in Teilen erfasst wurden (HILL et al. 2014a, Kap. 6.1). Die höhere Anzahl an Lichtquellen kann zugleich zu einer Verteilung dieser Vögel auf alle Bauwerke von *alpha ventus* geführt haben. Dies könnte die festgestellten, verringerten Rufraten ebenso wie die geringere Anzahl nachgewiesener Zugvogelkollisionen an der FINO 1, von der zuvor die einzige Lockwirkung ausging, erklären.

Während der Phase des Clusterausbaus wurde an der FINO 1 mittels Radars ein Rückgang der Vogelzugaktivität im V-Radar-Anwendungszeitraum 2013-2018 registriert. Diese fiel seit dem Clusterausbau oberhalb von 300 m unter das Ausgangsniveau (2004-2008) und im Vergleich zum *alpha ventus*-Zeitraum (2009-2012) über alle Höhenbereiche hinweg ab (Kap. 6.1). Der Clusterausbau führte also trotz nochmals gestiegener Anlagenzahl zu keiner weiteren Steigerung registrierter Vogelzahlen. Eine mögliche Erklärung könnte ein Skaleneffekt sein: Seit dem Clusterausbau ab 2013 kamen am Standort um FINO 1 bis Ende 2019 über 200 OWEA zuzüglich Umspannwerken auf einer Fläche von dutzenden Quadratkilometern hinzu (Anhang II). Die Plattform FINO 1 liegt nunmehr innerhalb eines großen zusammenhängenden Windparkareals, zuvor lag die Plattform am westlichen Rand eines kleinen Windparks (Abbildung 2). Sofern nachts und insbesondere unter schlechten Witterungsbedingungen fliegende Vögel durch Licht angelockt werden, verteilen sich diese möglicherweise auch auf Anlagen in größerer Entfernung zur FINO 1 und werden daher nicht vom dortigen Radar erfasst. Letztlich kann aber über die Entwicklung der mittels Radars gemessenen Vogelzugintensitäten nicht abschließend geklärt werden, ob die Summe der Zugvögel über die Gesamtfläche des Clusters betrachtet zu- oder

abgenommen hat. Ein vermehrtes Überfliegen von OWEA durch die Wahl größerer Zughöhen (und dadurch verursachter Häufigkeitsunterschiede) scheint indes wenig wahrscheinlich zu sein, denn die Höhenverteilung der gemessenen Echos liefert hierfür keine Anhaltspunkte: In den Zeiträumen mit OWP wurde sogar eine stärkere relative Konzentration der Durchzügler auf niedrige Höhenbereiche festgestellt. Weder mit Blick auf die Ergebnisse dieser Untersuchung noch anhand von Informationen aus der aktuellen Literatur kann jedoch ausgeschlossen werden, dass die Zugvogelanzahlen aufgrund anderer – unbekannter – Ursachen zwischen den Jahren schwankten.

Anders als im Herbst ergab die Verschneidung von **Heimzug**-Ereignissen (Anteil echopositiver Stunden) und deren Intensität Indexwerte, die kontinuierlich über die Ausbauphasen hinweg auf verringerte Vogelzugaktivität schließen lassen. Diese Verringerung betrifft also auch den Zeitraum 2009-2012 (*alpha ventus* einziger OWP am Standort), der im Herbst von einem zwischenzeitlichen Anstieg der Vogelzugaktivität geprägt war (s. o.).

Im **Frühjahr** wurde eine über die Ausbauphasen hinweg kontinuierliche Verringerung der Vogelzugaktivität in fast allen per Radar erfassten Höhenbereichen festgestellt. Wurden die Frequenz (echopositive Stunden) und Intensität der Vogelzugaktivität (mittlere Stärke echopositiver Stunden) getrennt betrachtet, so ließ sich zeigen, dass in Übereinstimmung mit herbstlichen Verhältnissen die Anzahl der über Radar erkannten Zugereignisse im nahen Umfeld im Zeitraum 2009-2012 zwischenzeitlich zunahm (*alpha ventus* einziger OWP am Standort um FINO 1) und zwischen 2013-2019 unter die Werte von 2004-2008 fiel. Die insgesamt verringerte Vogelzugaktivität lässt sich also auf eine verminderte Intensität der einzelnen Ereignisse zurückführen. Diese Intensitätsminderung war zudem nicht über alle Höhenbereiche hinweg festzustellen, denn im niedrigsten Höhenbereich bis 100 m wurde entgegen allen anderen Höhenbereichen eine Zunahme der allgemeinen Vogelzugaktivität im *alpha ventus*-Zeitraum 2009-2012 ermittelt. Ursächlich für die insgesamt geringeren Intensitätswerte an FINO 1 könnte, wie im Herbst, eine Annäherung an eine gewachsene Zahl an Lichtquellen und – infolge dessen – eine Aufteilung auf die OWEA im Umkreis gewesen sein. Dass dabei im Frühjahr, anders als im Herbst und abgesehen vom niedrigsten Höhenbereich, weniger Vogeleos festgestellt wurden, kann mit einer anzunehmenden, schwächeren Einflussnahme von Lichtattraktion auf gemessene Vogelzugwerte im Frühjahr in Verbindung gebracht werden: Die Wahrscheinlichkeit über der

offenen See auf widriges Wetter wie z. B. Nebel oder Nieselregen zu stoßen, ist im Herbst ungleich höher als im Frühjahr. Während der für Mitteleuropa typischen Abfolge von Zyklonen und Antizyklonen ziehen Tiefdruckgebiete aus westlichen Richtungen heran und durchqueren den Betrachtungsraum in östliche Richtungen. Somit ziehen das Gros wegziehender Vögel und Schlechtwetterfronten im Herbst aufeinander zu. Im Gegensatz dazu bewegen sich Tiefdruckgebiete und ziehende Vögel im Frühjahr beide vorwiegend in östliche Richtungen, was das Risiko des Aufeinandertreffens minimiert. Zudem ist zu berücksichtigen, dass ein zugwilliger und südwestlich der Deutschen Bucht rastender Heimzügler zur abendlichen Aufbruchzeit schon am Ort des Rastens das ungünstige Zugwetter erfährt und seinen Aufbruch hinauszögern wird, um ihn erst unter geeigneteren Wetterbedingungen fortzusetzen. Wie im Herbst nahm die Zahl kollidierter Vögel auch im Frühjahr über die drei Ausbauphasen hinweg kontinuierlich ab.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die reduzierte Zahl an FINO 1 festgestellter nächtlicher Durchzügler einerseits bedeuten könnte, dass diese das Windparkareal umfliegen und somit meiden. Andererseits werden nachziehende Zugvögel durch Licht angezogen. Dieser Effekt wurde unlängst an der FINO 3-Plattform bestätigt: Über die Ruferfassung wurden nach Errichtung eines nahegelegenen Windparks auf FINO 3 mit Ausnahme von einzelnen Nächten mit zusätzlicher Beleuchtung weniger Rufe registriert als zuvor (AUMÜLLER et al. 2019). In diesen Nächten wurde die Menge des auf FINO 3 emittierten Lichts stark erhöht, so dass die Helligkeit von FINO 3 dann gegenüber den anderen Lichtquellen am Standort deutlich überwog. Die Zahl der Rufe überstieg dann sogar die Zahl der Rufe zu Zeiten mit der FINO 3 als einzigem Bauwerk am Standort. Dies berücksichtigend besteht die Möglichkeit, dass es sich bei der reduzierten nächtlichen Vogelpräsenz um FINO 1 parallel zum Clusterausbau zwar um Meidung des Windparkareals handeln kann, dass aber auch eine Zerstreuung auf die einzelnen Lichtquellen des Clusters eine plausible Erklärung dafür bietet. Sollte letzterer Fall zutreffen, wäre darauf hinzuweisen, dass die hohen jährlichen Kollisionsraten an der FINO 1 aus den frühen Jahren, als die Plattform das einzige Bauwerk am Standort war, nicht repräsentativ für heutige Verhältnisse sein dürften. Viel eher wäre die reduzierte, heutige Präsenz von Durchzüglern nachts im Nahbereich von FINO 1 anzusetzen. Die einfache Hochrechnung der heutzutage niedrigen jährlichen Kollisionsrate an FINO 1 auf die OWEA der Umgebung bliebe aber angesichts der unterschiedlichen Struktur der Bauwerke – FINO 1 weist anders als die OWEA keinen Rotor und

ein teilweise anderes Beleuchtungsregime auf – problematisch. Denn wichtige Fragen zur Bewertung der Gefährdung von Zugvögeln durch Offshore-Windparks bleiben im langjährigen Monitoring noch ungeklärt: nähern sich die Zugvögel den beleuchteten OWEA so stark wie den FINO-Plattformen an oder erlauben die Rotoren einer OWEA eine für Ausweichbewegungen rechtzeitige Wahrnehmung etwa durch akustische Reize? Wie umfangreich ist etwaige Mortalität an den OWEA? Wäre diese Mortalität abhängig von der Position einer OWEA am Rand oder in der Mitte eines Windparks? Die im StUK4 geforderten Methoden und Untersuchungsansätze können diese Frage nicht abschließend beantworten. Dies muss spezielleren Forschungsansätzen vorbehalten bleiben, die die einzelnen Anlagen insbesondere in Situationen, in denen nachtziehende Vögel über See auf schlechtes Wetter treffen und phototaktisch reagieren, in den Fokus nehmen. Solche Konstellationen sind selten und betreffen allenfalls einzelne Nächte pro Jahr, waren aber in der Vergangenheit im Fall der Forschungsplattformen ursächlich für die weitaus meisten Totfunde.

Die Ergebnisse lassen somit für nächtlichen Vogelzug derzeit weder eine Gefährdung durch Kollisionen erkennen, noch lässt sich eine solche ausschließen. Die geschilderten Zusammenhänge machen jedoch deutlich, dass im Offshore-Bereich der Einsatz von Beleuchtung aus Gründen des Zugvogelschutzes grundsätzlich minimiert werden sollte.

7.2 Vogelzug tagsüber

Basstölpel, Dreizehenmöwen, Brandseeschwalben, Alken und Entenvögel waren in den Bereichen ohne OWEA zwischen 2011-2013 häufiger als in den Windparkbereichen (Sichtbeobachtungen; *alpha ventus* einziger OWP am Standort). Dies lässt jeweils auf eine Meidung von OWP auf der Makroebene (horizontales Umfliegen von OWPs) schließen. Es ist dabei herauszustellen, dass es sich um eine unvollständige Meidung handelte, denn bei allen Arten(gruppen) wurden Flüge durch *alpha ventus*, dem zwischen 2009-2012 einzigen OWP am Standort und östlich von FINO 1 gelegen, beobachtet.

In der Folge kam es bei den genannten Arten(gruppen) in der 2. Ausbaustufe (2013-2019 Clusterausbau; siehe auch Kap. 3.6 bzgl. zeitlichem Datenzuschnitt) zu Absenkungen der Zugereignisraten westlich von FINO 1. In der 2. Ausbaustufe erfolgte westlich von FINO 1 die Erweiterung des lokalen Windparkclusters. Dies lässt wiederum auf eine (unvollständige)

Meidung von OWP durch die genannten Arten(gruppen) schließen. Östlich der Plattform wurden über beide Ausbaustufen hinweg keine weiteren OWP errichtet, zumindest innerhalb des effektiven Erfassungsbereichs der Arten. Die Zugereignisraten blieben in diesem Bereich stabil oder nahmen sogar leicht zu.

Aus den reduzierten Zugereignisraten in den westlichen Bereichen resultierten unterschiedliche Raumnutzungsmuster zwischen den Ausbaustufen. Während der 2. Ausbaustufe unterschritten die Basstölpel-Zugereignisraten in westlich von FINO 1 liegenden Bereichen nun die Zugereignisraten in den Bereichen östlich der Plattform, was eine Umkehrung der Verhältnisse in der 1. Ausbaustufe bedeutete. Indes zeigten Dreizehenmöwen, Brandseeschwalben und Alken keine Umkehrung der Raumnutzung von der 1. zur 2. Ausbaustufe: der in der 1. Ausbauphase vorhandene Kontrast in der Häufigkeit zwischen westlichen und östlichen Blickrichtungen wurde von homogenen Zugereignisraten in allen Blickrichtungen während der 2. Ausbaustufe abgelöst.

Diese zwischen den Arten verschieden stark veränderten Raumnutzungsmuster dürften aber keine Hinweise auf zwischenartlich unterschiedlich stark ausgeprägte Meidung von OWP darstellen. Viel eher sollten diese aus dem Zusammenspiel der veränderten Ausdehnung von OWP und den art(gruppen)spezifisch verschieden großen effektiven Erfassungsbereichen resultieren: Das Gros der Beobachtungen von Dreizehenmöwen, Brandseeschwalben und Alken entfiel auf wenige Kilometer Entfernung, wohingegen Basstölpel – entsprechende Sichtbedingungen vorausgesetzt – als große und auffällig gefärbte Vögel regelmäßig über Entfernungen bis zu rund zwölf Kilometern hinweg (in Einzelfällen noch weiter) erfasst werden konnten (s. hierzu auch z.B. DIERSCHKE et al. 2005). Zusätzlich zur geringeren Körpergröße zeigen Dreizehenmöwen, Brandseeschwalben und Alken niedrigere mittlere Flughöhen als Basstölpel (s. z.B. JOHNSTON et al. 2014), was die Erfassbarkeit mindert, so dass ihr effektiver Erfassungsbereich grundsätzlich viel kleiner ist, als derjenige des Basstölpels. Die westlich von FINO 1 neu errichteten OWP waren besonders ausgedehnt und Bereiche ohne OWEA sind zehn Kilometer entfernt. Östlich der Plattform FINO 1 betrug die minimale Distanz zur östlichen Außengrenze von *alpha ventus* hingegen konstant zwei Kilometer. Somit existierte beim Basstölpel auch in der 2. Ausbaustufe ein starker Kontrast zwischen OWP-überprägten Bereichen westlich und östlich der FINO 1, allerdings mit umgekehrten Vorzeichen zwischen den Ausbaustufen. Dem limitierten effektiven Erfassungsbereich der kleineren Arten entsprechend,

wurden im Falle von Dreizehenmöwen, Brandseeschwalben und Alken hingegen Zugereignisraten miteinander verglichen, die in der 2. Ausbaustufe Bereiche mit einer einheitlicheren OWP-Überprägung betrafen.

Anders verhielten sich die Änderungen des Raumnutzungsmusters von Entenvögeln in der 2. Ausbaustufe. Zwar wurden auch hier gegenüber der 1. Ausbaustufe verringerte Zugereignisraten nur in westlichen Bereichen registriert. Entscheidender waren bei dieser Artengruppe aber die nun sektor-scharfen relativen Häufigkeitsunterschiede von Zugereignissen, die zusätzlich noch zwischen den Zugperioden differierten. Im Herbst bestand ein Kontrast zwischen dem Anflugsektor (NO-Sektor) mit häufig beobachteten Zugereignissen und dem Rückseitenbereich des OWP-Clusters (SW-Sektor) mit selten beobachteten Zugereignissen. Im Frühjahr – nun war der SW-Sektor der Anflugsektor – bestand kein solcher Kontrast (s.o.). In den Sektoren ist, wie bereits erwähnt, die Distanz des Beobachtungsstandorts auf der FINO 1 zur Clusteraußengrenze stark unterschiedlich (10 km SW-Sektor, 2 km NO-Sektor; s.o.). Zwar sind Entenvögel, entsprechende Sicht vorausgesetzt, ihres Schwarmverhaltens und bei Gänsen zusätzlich ihrer Körpergröße wegen, über besonders große Distanzen hinweg zu erfassen. Die geringere Distanz des Beobachtungsstandorts zu OWEA-freien Bereichen im herbstlichen Anflugsektor (NO-Sektor) lässt aber trotzdem zwingend annehmen, dass dann die Erfassungswahrscheinlichkeit von Enten und Gänsen höher war, als im Anflugsektor im Frühjahr (SW-Sektor), was die relativen Häufigkeitsunterschiede in den jeweiligen Anflugsektoren beider Jahreszeiten erklären dürfte.

Insgesamt ergab sich also auch während der 2. Ausbauphase ein schlüssiges Bild hinsichtlich der Meidung von OWP durch Entenvögel. Im Vergleich zu anderen Arten(gruppen) scheint diese Meidung aber tatsächlich besonders weiträumig und bis in OWEA-freie Bereiche hinein gewirkt zu haben: Die Ausprägung eines Zugschattens auf der dem Anflug abgewandten Seite des OWP-Clusters, der auch im Frühjahr durch die im NO niedriger als im NW und SO liegende Zugereignisrate zu erkennen war, ist Indiz hierfür. Basstölpel, Vögel mit einer auch sehr großen Erfassungsweite, ließen, als ebenfalls OWP-meidende Art, keinen Zugschatten erkennen (s. o.). Telemetriestudien haben für Basstölpel gezeigt, dass die Vögel – abgesehen von seltenen Durchflügen – OWPs kreisförmig umfliegen, wobei die eingehaltenen Abstände nicht groß waren (GARTHE et al. 2017). Unbekannt bleibt, ab welcher Distanz erste Gänse und Enten bei Annäherung

an einen OWP mit meidendem Umfliegen reagieren und ab wann nach Umfliegen die räumliche Ablenkung korrigiert wird.

Mit Blick auf allgemeine Bestandsveränderungen lassen sich kaum andere Ansätze finden, um das lokale Raum-Zeit-Muster zu den ermittelten Zugereignisraten als mit Meidung von OWEA-bestandenen Bereichen erklären zu können. Stattdessen fügen sich die Ergebnisse zum Meideverhalten gut in das aus anderen Studien gewonnene Bild, soweit vorhanden, ein: Basstölpel wurden in einer Gesamtschau vieler europäischer Studien als stark OWP-meidend klassifiziert, Alken und Brandseeschwalben als schwach meidend, für Dreizehenmöwen ließ sich keine generalisiertes Muster erkennen (DIERSCHKE et al. 2016a).

Bei der Dreizehenmöwe gehen die Bestände europaweit stark zurück (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2017), was jüngst auch für die lange Zeit über stabil gebliebene Kolonie auf Helgoland (GEDEON et al. 2014) zutrifft (DIERSCHKE et al. 2015, 2016a). Mittlerweile wird die Art als ‚gefährdet‘ geführt (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2017). Am Standort um FINO 1 zeigte die Art aber in der 2. Ausbauphase lediglich einen Rückgang in den westlichen Sektoren, in denen OWEA neu errichtet worden waren. Der Rückgang in distinkten Arealen ist plausibel mit Meidung von OWEA zu erklären, nicht jedoch mit allgemeinen Bestandsrückgängen der Art. Allgemeine Bestandsrückgänge hätten sich insgesamt am Standort bemerkbar machen müssen, unabhängig von der gewählten Blickrichtung.

Europa- wie deutschlandweit zunehmende Brutbestände weisen Basstölpel (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016b, GEDEON et al. 2014) und Trottellumme (Bestände ohne Island; BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016c, DIERSCHKE et al. 2016b) auf. Stabil ist europa- wie nordseeweit der Brandseeschwalben-Bestand (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016d, PERROW et al. 2017), in der Deutschen Bucht geht er leicht zurück (GEDEON et al. 2014). In diesen Fällen stehen die Rückgänge in distinkten Teilarealen am Standort auch den übergeordneten Bestandstrends entgegen, was ebenfalls für vorliegende Meidung spricht.

Grundsätzlich ergibt sich aus dem Umfliegen eines zuvor direkt durchquerten Bereichs ein verlängerter Zugweg. Dies bedeutet für die Vögel einen erhöhten Energieaufwand, der sich theoretisch – je nach Strecke und damit verbundenem Energieaufwand – über Carry-Over-Effekte (die Übertragung der Auswirkung bestimmter Ereignisse auf andere Zustände oder Ereignisse) über die körperliche Konstitution der Tiere bis hin zu herabgesetztem Bruterfolg

auswirken könnte. Vor allem solche Arten, die ursprünglich nur geringe Gesamtzugstrecken zwischen Start- und Zielgebiet zurücklegen und nun OWP umfliegen, könnten von Carry-Over-Effekten betroffen sein. Studien an einer solchen Art, der Eiderente *Somateria mollissima*, haben aber gezeigt, dass die energetischen Aufwendungen für die zusätzliche Wegstrecke, die sich aus dem Umfliegen eines OWP ergibt, vernachlässigbar gering sein sollten (z. B. MASDEN et al. 2009). Offengelassen wurde dabei allerdings die kumulierte Wirkung vieler Windparks.

Fragen nach etwaigem Verlust von Rast- und/oder Nahrungsgebieten durch die Errichtung von OWP werden in dem hier vorgelegten Gutachten zu Zugbewegungen nicht beantwortet, sondern sind Gegenstand einer eigenständigen Studie zu Rastvögeln (BIOCONSULT et al. 2020).

Für Arten, die aufgrund von ausgeglichenen Häufigkeiten in allen Blickrichtungen keine Meidung von *alpha ventus* erkennen ließen, stellt sich vor allem die Frage nach dem Kollisionsrisiko. Neben Sturm-, Herings- und Mantelmöwen zählen hier auch die Gruppe der Singvögel dazu. Die Zahlen ziehend beobachteter Mantel- und Heringsmöwen verringerten sich aber zwischen 1. und 2. Ausbauphase am Standort insgesamt, bei der Sturmmöwe zur Heimzugzeit, so dass zunächst eine Einschätzung erforderlich ist, inwieweit der Rückschluss auf eine fehlende Meidung gerechtfertigt scheint (und nicht etwa auf einer fehlenden Erfassbarkeit beruht, da die Vögel bereits außerhalb des Erfassungsbereichs mit meidendem Umfliegen reagieren).

Die europäische Mantelmöwenpopulation nimmt seit langer Zeit kontinuierlich ab (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016a), auch wenn einzelne Teilpopulationen zunehmen, wie z. B. der geringe deutsche Brutbestand (GEDEON et al. 2014). Als Gastvogel nimmt die Art an der Nordsee aber seit der Jahrtausendwende stark ab (z. B. DIERSCHKE et al. 2011). In diesen Trend fügt sich das Bild einer am Standort abnehmenden Art somit gut ein. Synoptische Betrachtungen ergaben eine übergeordnete, schwache Attraktionswirkung von Windparks auf Mantelmöwen (DIERSCHKE et al. 2016a), wobei in vielen berücksichtigten Studien kein Effekt gefunden wurde. Die Annahme einer fehlenden Meidung anhand der in dieser Studie vorgelegten Ergebnisse ist somit gerechtfertigt.

Bei der Sturmmöwe scheint der Bestand in der EU zwar stabil, im gesamteuropäischen Kontext nimmt er aber ab (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2015). Da die Populationszugehörigkeit der im Nordseebereich durchziehenden Vögel ungenügend bekannt ist (DIERSCHKE et al. 2011), lassen sich aus der Bestandssituation keine Hinweise ableiten, inwieweit die verminderte Zugrate auf

dem Heimzug einen überregionalen Trend widerspiegelt. In einer synoptischen Betrachtung vieler Studien wurde auf eine schwache Attraktionswirkung von Offshore-Windparks auf Sturmmöwen geschlossen (DIERSCHKE et al. 2016a). In vielen dabei berücksichtigten Studien wurde, wie bei der Mantelmöwe, kein Effekt gefunden, was den in dieser Studie vorgelegten Ergebnisse entspricht und die Annahme fehlender Meidung von OWP durch Sturmmöwen gerechtfertigt erscheinen lässt.

Anders als Mantel- und Sturmmöwe zeigt die Heringsmöwe auf europäischer Ebene stabile Bestände (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2019), was zunächst im Widerspruch zu der beobachteten Abnahme um FINO 1 zu stehen scheint. Allerdings nutzt die an sich marine Art in jüngster Zeit in stark zunehmendem Maße terrestrische Nahrungsquellen bis tief hinein ins Binnenland (CORMAN & GARTHE 2013). Großmöwen sind Nahrungsopportunisten, so dass eine neu hinzu getretene, profitable Nahrungsquelle dazu führen kann, dass sich Vorkommen verlagern und weniger Tiere den Offshore-Bereich durchqueren. Vor diesem Hintergrund ist die Abnahme im Seegebiet um FINO 1, die auch um FINO3 festgestellt wurde (AUMÜLLER et al. 2019), gut zu erklären. Gemäß einer Vielzahl übereinstimmender Studien (s. Übersicht in DIERSCHKE et al. 2016a) weichen Heringsmöwen einem OWP nicht aus (Makroebene), so dass auch bei der Heringsmöwe die Annahme einer fehlenden Meidung von OWP gerechtfertigt scheint.

Fehlende Meidung von OWP bedeutet, dass das Kollisionsrisiko für die jeweiligen Arten erhöht sein könnte. Pilotstudien an Heringsmöwen lassen aber eine Meidung von den Turbinen bei Flügen innerhalb von OWP erkennen (THAXTER et al. 2018, COOK et al. 2018, SKOV et al. 2018). Auch eine solche Meidung auf der Mesoskala würde zu einer Reduktion des Kollisionsrisikos führen. Die Ergebnisse betreffen aber bislang eine nur sehr kleine Stichprobe, so dass noch keine detaillierte Einschätzung dazu möglich ist, wie hoch das Kollisionsrisiko tatsächlich ist. Wir beobachteten unter Tageslicht keine Kollisionen von Zugvögeln mit den OWEA am Standort.

Möglicherweise spiegeln die rückläufigen Radarechosummen unter Tageslicht das Umfliegen meidender Arten wider. Unterschiedliches Verhalten von Tagziehern macht deutlich, weshalb mit unterschiedlichen Zusammensetzungen des seit 2004 mittels Radars erfassten Vogelspektrums (bis in 1.000 m Entfernung) zu rechnen ist. Für die Jahre ab 2009, dem Errichtungsjahr des Windparks *alpha ventus*, lässt sich vermuten, dass eine Verschiebung zugunsten nicht sensibel gegenüber einem Windpark reagierender Arten(gruppen) besteht.

Direkt lässt sich dieses aber nicht aufzeigen, denn Radarechos können nicht artlich zugeordnet werden. Problematisch ist auch, dass vor allem in den unteren Höhenbereichen zu einem unbekannten Anteil stationäre Rastvögel erfasst wurden. Änderungen im Rastbestand, wie sie im Untersuchungszeitraum für die am Standort vor allem tagaktiven Heringsmöwen festgestellt wurden (HÜPPOP et al. 2006, AUMÜLLER et al. 2015), übten somit einen zusätzlichen Einfluss auf die Radarechosummen aus.

Eine substantielle Gefährdung von ziehenden Seevögeln lässt sich aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse ausschließen.

7.3 Vogelzug allgemein

Die per Radarerfassung beobachteten Änderungen im Vogelzuggeschehen seit dem Clusterausbau betreffen die Vogelzugintensität. Dabei ist zwischen Tag und Nacht, aber auch zwischen Heim- und Wegzug, zu unterscheiden. Der im näheren Umfeld der FINO 1 gemessene Nachtzug erreichte seit dem Clusterausbau während beider Zugperioden Messwerte, die unterhalb des Niveaus von Messungen aus dem Zeitraum vor dem Bau von *alpha ventus* 2004-2008 lagen. Zwischenzeitlich hatte die Zahl registrierter Zugereignisse (Zeiträume im Frühjahr) und zusätzlich die Intensität der registrierten Zugereignisse im Herbst im Zeitraum 2009-2012 mit *alpha ventus* als einzigem Windpark am Standort höher gelegen. Es lässt sich anhand des vorliegenden Datenmaterials nicht beurteilen, inwieweit natürliche Schwankungen von Zugvogelbeständen für die veränderten Radarmesswerte infrage kommen. Für die veränderten nächtlichen Werte kann kein Kausalbezug zu den neu errichteten Windparks hergestellt werden.

Über Zugplanbeobachtungen konnte für eine Reihe von Arten(gruppen) auf eine Meidung windparkbestandener Bereiche unter Tageslicht geschlossen werden. Andere Arten wurden in verschiedenen Blickrichtungen in ausgeglichener Häufigkeit beobachtet, so dass in diesen Fällen von keiner generellen Meidung gegenüber einem Windpark auszugehen ist.

Weitere Veränderungen von Vogelzugparametern werden nicht offensichtlich: Tages- wie jahreszeitliche Muster von Vogelzug lassen in der kumulierten Gesamtschau seit dem Clusterausbau keine Veränderungen gegenüber mehrjährigen Betrachtungen früherer Zeiträume erkennen (HILL et al. 2014a). Auch in Zeiten vor Errichtung der Forschungsplattform FINO 1 ließen sich besonders hohe Zugintensitäten den Kernzeiten des Vogelzuges zuordnen und es wurde ein

Überwiegen von nächtlichem Zug festgestellt (BIOLA 2004). Seit dem Herbst 2003 bis einschließlich 2019 wurde während der Nächte eine Dauererfassung der Zugrufe vorgenommen (HÜPPOP et al. 2010, HILL et al. 2014a). Die Vogelzugaktivität im direkten Umfeld der Plattform hat demnach kontinuierlich abgenommen.

Seit Beginn der Untersuchungen wird am Standort FINO 1 eine Konzentration ziehender Vögel auf niedrige Höhenbereiche deutlich, wonach sich das über Vertikalradar erfasste Vogelzuggeschehen mehrheitlich bis in Höhen von 200 m abspielt (BIOLA 2004, HÜPPOP et al. 2009a, HILL et al. 2014a). Über Zugplanbeobachtungen durch einen Sichtbeobachter erhaltene Höhenprofile zeigen tagsüber eine starke Konzentration auf Höhenbereiche bis 50 m. Während beider Zugperioden 2019 zogen rund drei Viertel der festgestellten Vögel in diesem Höhenbereich, was den üblichen Jahreswerten vergleichsweise gut entspricht.

Insgesamt vervollständigen die vorliegenden Daten die Erkenntnisse über den Vogelzug im Untersuchungsgebiet. Eine Gefährdung des Vogelzuges durch Bau oder Betrieb der Windparks im Cluster „Nördlich Borkum“ kann daraus nicht abgeleitet werden. Der Abgleich der Gefährdungseinschätzung erfolgt zu jedem Windpark separat im Anhang II.

8 Literatur

ALERSTAM T 1990: Bird migration. Cambridge University Press.

AUMÜLLER R, BOOS K, FREIENSTEIN S, HILL K & HILL R 2011: Beschreibung eines Vogelschlagereignisses und seiner Ursachen an einer Forschungsplattform in der Deutschen Bucht. Vogelwarte 49: 9-16.

AUMÜLLER R, BOOS K, FREIENSTEIN S, HILL K & HILL R 2013: Weichen Zugvögel Windenergieanlagen auf See aus? Eine Methode zur Untersuchung und Analyse von Reaktionen tagsüber ziehender Vogelarten auf Offshore-Windparks. Vogelwarte 51: 3-13.

AUMÜLLER R, HILL R, REBKE M, HILL K & WEINER CN 2015: Weiterführende Messungen zur Vogelzugforschung auf der Forschungsplattform FINO 3 zeitgleich mit dem Bau eines großen Offshore-Windparks in der nördlichen Deutschen Bucht – OFFSHOREBIRDS. Abschlussbericht zum Vorhaben „Betrieb der FINO 3-Forschungsplattform 2012-2017“, Förderkennzeichen 0327533C beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Auftrag des FuE-Zentrums der FH Kiel GmbH. Avitec Research GbR, Osterholz-Scharmbeck.

AUMÜLLER R, HILL R, REBKE M, HILL K & WEINER CN 2019: Weiterführende Messungen zur Vogelzugforschung auf der Forschungsplattform FINO3 zeitgleich mit dem Bau eines großen Offshore-Windparks in der nördlichen Deutschen Bucht – OFFSHOREBIRDS+. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, 295 S.

AVITEC 2013: Betriebsphasen Monitoring im Frühjahr und Herbst 2012 am Offshore-Testfeld 'Alpha ventus'. Arbeitspaket 3 „Zugvögel“. Fachgutachten im Auftrag der Stiftung Offshore-Windenergie.

AVITEC 2014: 'Cluster Nördlich Borkum' StUK-Monitoring des Jahres 2013. Fachgutachten Zugvögel. Im Auftrag der UMBO GmbH.

AVITEC 2015: 'Cluster Nördlich Borkum' StUK-Monitoring des Jahres 2014. Fachgutachten Zugvögel. Im Auftrag der UMBO GmbH.

AVITEC 2016: 'Cluster Nördlich Borkum' StUK-Monitoring des Jahres 2015. Fachgutachten Zugvögel. Im Auftrag der UMBO GmbH.

AVITEC 2017: 'Cluster Nördlich Borkum' StUK-Monitoring des Jahres 2016. Fachgutachten Zugvögel. Im Auftrag der UMBO GmbH.

- AVITEC 2018: 'Cluster Nördlich Borkum' StUK-Monitoring des Jahres 2017. Fachgutachten Zugvögel. Im Auftrag der UMBO GmbH.
- AVITEC 2019: 'Cluster Nördlich Borkum' StUK-Monitoring des Jahres 2018. Fachgutachten Zugvögel. Im Auftrag der UMBO GmbH.
- BALLASUS H, HILL K & HÜPPOP O 2009: Gefahren künstlicher Beleuchtung für ziehende Vögel und Fledermäuse. Ber. Vogelschutz 46: 127-157.
- BATES D, MAECHLER M, BOLKER B & WALKER S 2015: lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R version 1.1-9. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- BIOCONSULT SH, IBL UMWELTPLANUNG & IFAÖ 2018: Cluster 'Nördlich Borkum' Ergebnisbericht Umweltmonitoring Rastvögel. Untersuchungsjahr 2017 (Januar - Dezember 2017). Im Auftrag der UMBO GmbH.
- BIOCONSULT SH, IBL UMWELTPLANUNG & IFAÖ 2020: Cluster 'Nördlich Borkum' Ergebnisbericht Umweltmonitoring Rastvögel. Untersuchungsjahr 2019 (Januar - Dezember 2019). Im Auftrag der UMBO GmbH.
- BIOLA 2004: Fachgutachten Vögel Untersuchungsgebiet: Borkum Riffgrund. Hamburg.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004: Birds in the European Union: a status assessment. Wageningen, The Netherlands: BirdLife International.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2015: European Red List of Birds. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Online unter <http://datazone.birdlife.org/info/euroredlist>, abgerufen 28.03.2020.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016a: *Larus marinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22694324A86733265. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22694324A86733265.en>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016b: *Morus bassanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22696657A86481444. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22696657A86481444.en>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016c: *Uria aalge*. The IUCN Red List of Threatened Species <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22694841A89505632.en>

- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2016d: *Thalasseus sandvicensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22694591A86794684. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22694591A86794684.en>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2017: *Rissa tridactyla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22694497A118366481. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22694497A118366481.en> Download 5 March 2018.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2019: *Larus fuscus* (amended version of 2018 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22694373A155594163. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22694373A155594163.en>. Downloaded on 08 May 2020.
- BRUDERER B & BOLDT A 2001: Flight characteristics of birds: Part I: radar measurements of speeds. *Ibis* 143: 178-204.
- BRUDERER B 2003: The Radar Window to Bird Migration. In Berthold P, Gwinner E & Sonnenschein E (eds) 2003: Avian migration. 347-358. Springer, Heidelberg.
- BRUDERER B & LIECHTI F 2004: Welcher Anteil ziehender Vögel fliegt im Höhenbereich von Windturbinen. *Ornithol. Beob.* 101: 327-335.
- BRUDERER B, PETER D & KORNER-NIEVERGELT F 2018: Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. *J. Ornithol.* 159: 315-336.
- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (BSH) 2013a: Mitteilung über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen für das gemeinsame Untersuchungsprogramm "Nördlich Borkum" zu den Schutzgütern Avifauna und Meeressäuger. 15 S.
- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (BSH) 2013b: Standard – Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK 4), 86 pages.
- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (BSH) 2019: Flächenentwicklungsplan 2019 für die deutsche Nord- und Ostsee. 202 S. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg.
- COOK C, HUMPHREYS EM, BENNET F, MASDEN EA & BURTON NHK 2018: Quantifying avian avoidance of offshore wind turbines: Current evidence and key knowledge gaps. *Mar. Environm. Res.* 140: 278-288.
- CORMAN A-M & GARTHE S 2013: Wo suchen die Heringsmöwen der Amrumer Odde ihre Nahrung? *Seevögel* 34: 156-159.

- DIERSCHKE J, DIERSCHKE V, HÜPPOP K, HÜPPOP O, JACHMANN KF 2011: Die Vogelwelt der Insel Helgoland. OAG Helgoland, Helgoland.
- DIERSCHKE J, DIERSCHKE V & KRÜGER T 2005: Anleitung zur Planbeobachtung des Vogelzugs über dem Meer ("Seawatching"). Seevögel 26, 2-13.
- DIERSCHKE J, DIERSCHKE V & STÜHMER F 2015: Ornithologischer Jahresbericht für Helgoland 2014. Ornithol Jber. Helgoland 25: 1-82.
- DIERSCHKE J, DIERSCHKE V, SCHMALJOHANN H & STÜHMER F 2016b: Ornithologischer Jahresbericht für Helgoland 2015. Ornithol Jber. Helgoland 26: 3-83.
- DIERSCHKE V 2003: Quantitative Erfassung des Vogelzugs während der Hellphase bei Helgoland. Corax 19, Sonderh. 2: 27-34.
- DIERSCHKE V, FURNESS R W & GARTHE S 2016a: Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. Biol. Conserv. 202: 59-68.
- DORKA V 1979: Zugrufe. Ökol. Vögel 1: 7-8.
- ENGELMANN H-D 1978: Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. Pedobiologica 18: 378-380.
- FARNSWORTH A 2005: Flight calls and their value for future ornithological studies and conservation research. Auk 122: 733-746.
- FROMMOLT K-H, HÜPPOP O, BARDELI R, HILL R, KOCH M, TAUCHERT K-H & SPECHT R 2012: Automatisierte Methoden der Erfassung von Rufen und Gesängen in der avifaunistischen Feldforschung. Vogelwarte 50: 65-78.
- GARTHE S, MARKONES N & CORMAN A-M 2017: Possible impacts of offshore wind farms on seabird: a pilot study in Northern Gannets in the southern North Sea.
- GEDEON K, GRÜNEBERG C, MITSCHKE A, SUDFELDT C, EIKHORST W, FISCHER S, FLADE M, FRICK S, GEIERSBERGER I, KOOP B, KRAMER M, KRÜGER T, ROTH N, RYSLAVY T, STÜBING S, SUDMANN, STEFFENS R, VÖKLER F & WITT K 2014: Atlas Deutscher Brutvogelarten. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- GELMAN A & SU Y-S 2016: arm: Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. R package version 1.9-3. <http://CRAN.R-project.org/package=arm>.
- GELMAN A & SU Y-S 2016: arm: Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. R package version 1.10-1. <https://CRAN.R-project.org/package=arm>.

- GELPKE C, KÖNIG C, STÜBING S & WAHL J 2013: Märzwinter 2013: bemerkenswerter Zugstau und Vögel in Not. Falke 60: 180-185.
- GRÖNROSS J, GREEN M & ALERSTAM T 2012: To fly or not to fly depending on winds: shorebird migration in different seasonal wind regimes. Anim. Behav. 83: 1449-1457.
- GRUBER S & NEHLS G 2003: Charakterisierung des offshore Vogelzuges vor Sylt mittels schiffsgestützter Radaruntersuchungen. Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 35: 151-156.
- HILL R, AUMÜLLER R, FREIENSTEIN S, BOOS K & HILL K 2013: Betriebsphasen Monitoring am Offshore-Testfeld 'alpha ventus' - Arbeitspaket 3 „Zugvögel“ Fachgutachten im Auftrag der Stiftung Offshore-Windenergie, 135 Seiten.
- HILL R, HILL K, AUMÜLLER R, BOOS K, & FREIENSTEIN S 2014a: Testfeldforschung zum Vogelzug am Offshore-Pilotpark *alpha ventus* und Auswertung der kontinuierlich auf FINO 1 erhobenen Daten zum Vogelzug der Jahre 2008 bis 2012 Schlussbericht zum Projekt Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus).
- HILL R, HILL K, AUMÜLLER R, SCHULZ A, DITTMANN T, KULEMEYER C & COPPACK T 2014c: Of birds, blades and barriers: Detecting and analysing mass migration events at *alpha ventus*. In: BSH & BMU. Ecological Research at the Offshore Windfarm *alpha ventus* - Challenges, Results and Perspectives. Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH), Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Springer Spektrum. 180 pp.
- HILL R & HÜPPOP O 2008: Birds and Bats: Automatic Recording of Flight Calls and their Value for the Study of Migration. In: FROMMOLT K-H, BARDELI R & CLAUSEN M: Computational bioacoustics for assessing biodiversity. BfN-Skripten 234: 135-141.
- HÜPPOP K, DIERSCHKE J, DIERSCHKE V, JACHMANN KF & HÜPPOP O 2010: Phänologie des „sichtbaren“ Vogelzugs über der Deutschen Bucht. Vogelwarte 48: 181-267.
- HÜPPOP K, DIERSCHKE J, HILL R & HÜPPOP O 2012: Jahres- und tageszeitliche Phänologie der Vogelrufaktivität über der Deutschen Bucht. Vogelwarte 50: 87-108.
- HÜPPOP O, BAUER H-G, HAUPT H, RYSLAVY T, SÜDBECK P & WAHL J 2013: Rote Liste wandernder Vogelarten Deutschlands, 1. Fassung, 31. Dezember 2012. Berichte zum Vogelschutz 49/50: 23-83.
- HÜPPOP O, DIERSCHKE J, EXO M, FREDRICH E & HILL R 2005: AP1 Auswirkungen auf den Vogelzug. In: OREJAS C, JOSCHKO T, SCHRÖDER A, DIERSCHKE J, EXO M, FREDRICH E, HILL R, HÜPPOP O, POLLEHNE F,

- ZETTLER ML & BOCHERT R: Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO) - <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb06/510885152.pdf>: 7-160.
- HÜPPOP O, DIERSCHKE J, EXO K-M, FREDRICH E & HILL R 2006: Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148: 90-109.
- HÜPPOP O, EXO M, GARTHE S 2002: Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. *Ber. Vogelsch.* 39: 77-94.
- HÜPPOP O & HILGERLOH G 2012: Flight call rates of migrating thrushes: effects of wind conditions, humidity and time of day at an illuminated offshore platform. *J Avian Biol.* 85-90.
- HÜPPOP O, HILL R, HÜPPOP K & JACHMANN F 2009b: Sichtbarer Vogelzug über der südöstlichen Nordsee. II) Vorhersagemodelle für den Gänsezug bei Helgoland. *Vogelwarte* 45: 334-335.
- HÜPPOP O, HILL R, JACHMANN F & HÜPPOP K 2009a: Auswirkungen auf den Vogelzug – Begleitforschung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nordsee „FINOBIRD“. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 278 Seiten.
- HÜPPOP O, HÜPPOP K, DIERSCHKE J & HILL R 2016: Bird collisions at an offshore platform in the North Sea. *Bird Study* 63: 73–82. DOI: 10.1080/00063657.2015.1134440.
- IUCN: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. www.iucnredlist.org.
- JACOBS J 1974: Quantitative Measurement of Food Selection – A Modification of the Forage Ratio and Ivlev's Electivity Index. *Oecologia* 14: 413-417.
- JAMMALAMADAKA SR & SENGUPTA A 2001: Topics in Circular Statistics, Section 1.3, World Scientific Press, Singapore.
- JOHNSTON A, COOK ASCP, WRIGHT LJ, HUMPHREYS EJ, BURTON NHK 2014: Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *J. Appl. Ecol.* 51: 31-41.
- KRÜGER T & GARTHE S 2001: Flight altitude of coastal birds in relation to wind direction and speed. *Atlantic Seabirds* 3: 203-216.

- LUND U & AGOSTINELLI C 2012: S-plus original by Ulric Lund and R port by Claudio Agostinelli. CircStats: Circular Statistics, from "Topics in circular Statistics" (2001). R package version 0.2-4. <https://CRAN.R-project.org/package=CircStats>
- MADSEN J, CRACKNELL G & FOX T 1999: Goose populations of the Western Palaearctic. A review of status and distribution. Wetlands International, Wageningen.
- MASDEN E A, HAYDON T D, FOX A D, FURNESS R W, BULLMANN R & DESHOLM M 2009: Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. ICES Journal of Marine Science, 66: 746–753.
- NEWTON I 2010: Bird Migration. HarperCollins Publishers, London.
- PERROW M, HARWOOD A, BERRIDGE R & SKEATE E 2017: The foraging ecology of Sandwich Terns in north Norfolk. Brit. Birds 110: 257-277.
- PLONCZKIER P & SIMMS I C 2012: Radar monitoring of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. J. Appl. Ecol. 49: 1187-1194.
- R CORE TEAM 2018: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- R CORE TEAM 2019: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REBKE M, DIERSCHKE V, WEINER C N, AUMÜLLER R, HILL K & HILL R 2019: Attraction of nocturnally migrating birds to artificial light: The influence of colour, intensity and blinking mode under different cloud cover conditions. Biol. Conserv. 233: 220-227.
- ROBB M 2019: Nocturnal flight calls of flycatchers, robins and chats. Online unter: <https://soundapproach.co.uk/nocturnal-flight-calls>
- SCHMALJOHANN H, BECKER PJJ, KARAARDIC H, LIECHTI F, NAEF-DAENZER B & GRANDE C 2011: Nocturnal exploratory flights, departure time and direction in a migratory songbird. J. Ornithol. 152: 439-452.
- SCHULZ A, DITTMANN T & COPPACK T 2014: Erfassung von Ausweichbewegungen von Zugvögeln mittels Pencil Beam Radar und Erfassung von Vogelkollisionen mit Hilfe des Systems VARS Schlussbericht zum Projekt Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus).

- SKOV, H, HEINÄNEN, S, NORMAN, T, WARD, RM, MÉNDEZ-ROLDÁN, S & ELLIS, I 2018. ORJIP Bird Collision and Avoidance Study. Final report – April 2018. The Carbon Trust. 247 pp.
- TAYLOR PD, BRZUSTOWSKI JM, MATKOVICH C, PECKFORD ML & WILSON D 2010: radR: an open-source platform for acquiring and analyzing data on biological targets observed by surveillance radar. BMC Ecology 10: 22. <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/10/22>.
- THAXTER C B, ROSS-SMITH V H, BOUTEN W, MASDEN E A, CLARK N A, CONWAY G J, BARBER L, CLEWLEY G D & BURTON N H K 2018: Dodging the blades: new insights into three-dimensional space use of offshore wind farms by lesser black-backed gulls *Larus fuscus*. Biol. Conserv. 186: 347-358.
- UNEP/AEWA 2008: Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds (AEWA). Agreement Text and Annexes. Adopted by the 4th Session of the Meeting of the Parties to AEWA in September 2008.

Anhang I – ergänzende Daten zum Jahr 2019

Tabelle 19: Übersicht zu auswertbaren und vogelpositiven Vertikalradarbildern im Frühjahr 2019 je 24-h-Aufnahmeintervall (beginnend um 11:00 Uhr). Stunden mit weniger als 6 Bildern blieben unberücksichtigt.

Frühjahr 2019	auswertbare Bilder		Bilder mit Vogel	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
Zugnacht	n	[%]	n	[%]
28.02.	228	79,2	11	4,8
01.03.	288	100	31	10,8
02.03.	157	54,5	21	13,4
19.03.	198	68,8	141	71,2
20.03.	288	100	129	44,8
21.03.	288	100	82	28,5
22.03.	288	100	143	49,7
23.03.	288	100	60	20,8
24.03.	205	71,2	34	16,6
25.03.	234	81,2	12	5,1
26.03.	288	100	31	10,8
27.03.	288	100	52	18,1
28.03.	288	100	131	45,5
29.03.	288	100	157	54,5
30.03.	285	99	47	16,5
31.03.	288	100	30	10,4
01.04.	288	100	107	37,2
02.04.	224	77,8	104	46,4
03.04.	180	62,5	57	31,7
04.04.	101	35,1	10	9,9
05.04.	285	99	21	7,4
06.04.	288	100	112	38,9
07.04.	239	83	85	35,6
08.04.	167	58	8	4,8
10.04.	191	66,3	24	12,6
11.04.	231	80,2	53	22,9
12.04.	222	77,1	58	26,1
13.04.	227	78,8	32	14,1
14.04.	240	83,3	20	8,3
15.04.	258	89,6	96	37,2
16.04.	288	100	126	43,8
17.04.	288	100	110	38,2
18.04.	288	100	131	45,5
19.04.	288	100	130	45,1
20.04.	288	100	120	41,7
21.04.	288	100	133	46,2
22.04.	288	100	70	24,3
23.04.	288	100	105	36,5
24.04.	247	85,8	85	34,4
25.04.	246	85,4	65	26,4
26.04.	248	86,1	102	41,1
27.04.	285	99	47	16,5
28.04.	272	94,4	44	16,2
29.04.	287	99,7	15	5,2
30.04.	288	100	40	13,9
01.05.	288	100	29	10,1
02.05.	285	99	15	5,3
03.05.	250	86,8	6	2,4
04.05.	271	94,1	10	3,7
05.05.	243	84,4	24	9,9
06.05.	287	99,7	44	15,3
07.05.	209	72,6	88	42,1
08.05.	139	48,3	86	61,9
09.05.	258	89,6	41	15,9
10.05.	288	100	51	17,7
11.05.	287	99,7	39	13,6
12.05.	250	86,8	37	14,8
13.05.	202	70,1	22	10,9
14.05.	276	95,8	60	21,7
15.05.	252	87,5	41	16,3
16.05.	232	80,6	13	5,6
17.05.	288	100	94	32,6
18.05.	288	100	98	34
19.05.	175	60,8	36	20,6

Fortsetzung **Tabelle 19**

20.05.	288	100	41	14,2
21.05.	226	78,5	21	9,3
22.05.	250	86,8	103	41,2
23.05.	288	100	112	38,9
24.05.	288	100	31	10,8
25.05.	255	88,5	61	23,9
26.05.	230	79,9	19	8,3
27.05.	288	100	17	5,9
28.05.	288	100	26	9
29.05.	260	90,3	56	21,5
30.05.	283	98,3	69	24,4
31.05.	168	58,3	86	51,2
Summe/MW	19385	88,57	4698	24,24

Tabelle 20: Vogelzugintensität je Zugnacht im Frühjahr 2019. Datentabelle zu Abbildung 17. Zusätzlich angegeben sind der tägliche Erfassungsaufwand [h] und die Zugstärkenkategorie.

Frühjahr 2019							
Zugtag	Aufwand [h]	Zugintensität [mtr]	Zugstärke kategorisiert	Zugnacht	Aufwand [h]	Zugintensität [mtr]	Zugstärke kategorisiert
28.02.				28.02./01.03.	12	22,6	kein Zug
01.03.	12	50,2	schwacher Zug	01.03./02.03.	12	33,5	kein Zug
02.03.	12	85,6	schwacher Zug	02.03./03.03.	9	202,8	moderater Zug
03.03.				03.03./04.03.			
19.03.				19.03./20.03.	10	1650,8	sehr starker Zug
20.03.	13	270,7	starker Zug	20.03./21.03.	10	1330,6	sehr starker Zug
21.03.	14	378,7	sehr starker Zug	21.03./22.03.	10	392,1	moderater Zug
22.03.	14	305,1	starker Zug	22.03./23.03.	10	690,4	starker Zug
23.03.	14	311,6	starker Zug	23.03./24.03.	10	64,2	schwacher Zug
24.03.	14	293	starker Zug	24.03./25.03.	8	208,7	moderater Zug
25.03.	8	16,1	schwacher Zug	25.03./26.03.	10	32,2	kein Zug
26.03.	14	133,8	moderater Zug	26.03./27.03.	10	107	schwacher Zug
27.03.	14	80,9	moderater Zug	27.03./28.03.	10	167,8	moderater Zug
28.03.	14	101,1	moderater Zug	28.03./29.03.	10	734,2	starker Zug
29.03.	14	410,5	Massenzug	29.03./30.03.	10	1656	sehr starker Zug
30.03.	14	238,2	sehr starker Zug	30.03./31.03.	10	224,1	moderater Zug
31.03.	14	131,5	moderater Zug	31.03./01.04.	10	18,1	kein Zug
01.04.	14	118,1	starker Zug	01.04./02.04.	10	459,3	moderater Zug
02.04.	14	179	moderater Zug	02.04./03.04.	10	459	moderater Zug
03.04.	6	370,3	sehr starker Zug	03.04./04.04.	7	242,8	moderater Zug
04.04.	9	171,4	moderater Zug	04.04./05.04.	6	67,1	schwacher Zug
05.04.	6	26,5	kein Zug	05.04./06.04.	10	12,6	kein Zug
06.04.	14	71,4	schwacher Zug	06.04./07.04.	10	822,2	starker Zug
07.04.	14	177,3	starker Zug	07.04./08.04.	10	637,6	starker Zug
08.04.	5	198,8	moderater Zug	08.04./09.04.	10	34,2	kein Zug
09.04.	3	34	kein Zug	09.04./10.04.			
10.04.				10.04./11.04.	8	34,8	kein Zug
11.04.	15	336,9	Massenzug	11.04./12.04.	8	51,1	kein Zug
12.04.	12	385,9	sehr starker Zug	12.04./13.04.	7	95,2	schwacher Zug
13.04.	14	119,4	starker Zug	13.04./14.04.	7	10	kein Zug
14.04.	16	135,6	moderater Zug	14.04./15.04.	8	82	schwacher Zug
15.04.	10	20,9	schwacher Zug	15.04./16.04.	8	1221,4	sehr starker Zug
16.04.	16	287,2	sehr starker Zug	16.04./17.04.	8	2697,7	Massenzug
17.04.	16	341,8	sehr starker Zug	17.04./18.04.	8	2227,4	Massenzug
18.04.	16	336	Massenzug	18.04./19.04.	8	2288,1	Massenzug
19.04.	16	158,4	starker Zug	19.04./20.04.	8	796,7	starker Zug
20.04.	16	274,3	sehr starker Zug	20.04./21.04.	8	1190,1	sehr starker Zug
21.04.	16	310,8	starker Zug	21.04./22.04.	8	1318,8	sehr starker Zug
22.04.	16	274	Massenzug	22.04./23.04.	8	761,3	starker Zug
23.04.	16	116,9	moderater Zug	23.04./24.04.	8	757	starker Zug
24.04.	16	258,6	sehr starker Zug	24.04./25.04.	6	1495,7	Massenzug
25.04.	16	221,5	sehr starker Zug	25.04./26.04.	7	798,3	sehr starker Zug
26.04.	15	343,3	sehr starker Zug	26.04./27.04.	8	2616,3	Massenzug
27.04.	13	104,7	moderater Zug	27.04./28.04.	8	91,8	schwacher Zug
28.04.	15	139,5	moderater Zug	28.04./29.04.	8	223,1	moderater Zug
29.04.	16	73,4	schwacher Zug	29.04./30.04.	8	0	kein Zug
30.04.	16	29,9	schwacher Zug	30.04./01.05.	8	92,8	kein Zug
01.05.	16	47,7	schwacher Zug	01.05./02.05.	8	151,1	schwacher Zug
02.05.	16	67,5	schwacher Zug	02.05./03.05.	8	32	kein Zug
03.05.	16	113,5	moderater Zug	03.05./04.05.	8	0	kein Zug
04.05.	15	13,4	kein Zug	04.05./05.05.	8	0	kein Zug
05.05.	16	60	schwacher Zug	05.05./06.05.	8	93,8	schwacher Zug
06.05.	14	110,7	moderater Zug	06.05./07.05.	8	237,7	moderater Zug
07.05.	16	164,7	starker Zug	07.05./08.05.	6	1924,3	sehr starker Zug
08.05.	6	151,2	moderater Zug	08.05./09.05.	6	948,2	starker Zug
09.05.	11	139,7	moderater Zug	09.05./10.05.	6	216,2	moderater Zug
10.05.	18	51,1	schwacher Zug	10.05./11.05.	6	143,6	schwacher Zug
11.05.	18	73	schwacher Zug	11.05./12.05.	6	8,2	kein Zug
12.05.	18	82,3	moderater Zug	12.05./13.05.	6	33,2	kein Zug
13.05.	12	88,5	schwacher Zug	13.05./14.05.	6	64,6	kein Zug
14.05.	13	52,6	schwacher Zug	14.05./15.05.	6	201,9	schwacher Zug
15.05.	18	77	moderater Zug	15.05./16.05.	6	141,7	schwacher Zug
16.05.	11	38,9	schwacher Zug	16.05./17.05.	6	9	kein Zug
17.05.	18	31,9	schwacher Zug	17.05./18.05.	6	688,3	starker Zug

Fortsetzung **Tabelle 20**

18.05.	18	254 starker Zug	18.05./19.05.	6	255,3 moderater Zug
19.05.	17	104,4 moderater Zug	19.05./20.05.	1	158,7 kein Zug
20.05.	16	58,1 schwacher Zug	20.05./21.05.	6	182,8 schwacher Zug
21.05.	18	147,1 starker Zug	21.05./22.05.	6	89,5 kein Zug
22.05.	10	109 moderater Zug	22.05./23.05.	6	404,7 moderater Zug
23.05.	18	288,8 sehr starker Zug	23.05./24.05.	6	388,1 moderater Zug
24.05.	18	114,5 moderater Zug	24.05./25.05.	6	56,1 schwacher Zug
25.05.	18	68,4 schwacher Zug	25.05./26.05.	6	373,5 moderater Zug
26.05.	12	71,5 moderater Zug	26.05./27.05.	6	75,3 kein Zug
27.05.	18	31,8 kein Zug	27.05./28.05.	6	56,9 schwacher Zug
28.05.	18	75,1 schwacher Zug	28.05./29.05.	6	19,9 kein Zug
29.05.	18	85,1 schwacher Zug	29.05./30.05.	6	885,2 sehr starker Zug
30.05.	16	210,7 sehr starker Zug	30.05./31.05.	6	139,2 schwacher Zug
31.05.	18	121,4 moderater Zug	31.05./01.06.	6	447,8 moderater Zug
Summe/MW	1057	155,8		590	494,0

Tabelle 21: Vogelzugintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung (Vertikalradarerfassung) am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 18.

Frühjahr 2019		Tagesstunde																						
Datum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
28.02.																		0	0	0	0	0	0	0
01.03.	0	125	145	0	0	17	0	17	16	192	0	68	83	0	148	45	16	37	0	0	53	96	0	19
02.03.	0	105	28	0	64	51	131	223	0	73	0	211	0	0	0	225	114	0	0	0	0	83	1082	415
03.03.	246	0	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
19.03.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	Sichtbeobachtungen							na	na	na	981	2713	1997	898	1216
20.03.	1675	3091	2081	1180	676	543	493	1021	506	465	131	52	0	23	117	63	105	0	0	175	785	422	410	1106
21.03.	3600	2769	3053	987	1221	1729	723	661	289	84	36	147	174	89	44	0	0	105	0	0	92	0	269	636
22.03.	490	238	1221	976	849	670	687	657	399	18	172	130	17	104	43	326	111	87	172	0	1145	1458	326	553
23.03.	1061	417	956	816	803	685	999	762	567	326	17	31	35	90	0	0	0	47	124	0	40	42	16	0
24.03.	0	26	99	297	226	870	235	523	293	101	329	182	370	291	77	286	70	248	118	271	275	na	469	na
25.03.	130	0	406	0	0	0	0	0	0	Sichtbeobachtungen							0	129	0	0	0	0	0	181
26.03.	0	0	0	141	362	235	491	162	0	0	0	76	98	51	212	85	100	0	153	0	0	0	0	0
27.03.	160	0	173	584	166	0	49	520	25	317	56	0	0	0	0	0	0	0	0	15	167	763	82	118
28.03.	53	277	203	0	120	409	275	0	0	71	148	236	56	0	102	0	0	0	0	39	1026	635	318	323
29.03.	773	932	1174	2121	2047	675	826	740	155	106	270	62	306	37	0	0	370	154	0	414	2471	2386	1816	904
30.03.	1990	2899	2090	1590	1116	698	164	186	80	226	41	314	211	0	218	25	55	0	82	0	127	157	69	799
31.03.	410	311	166	120	119	0	0	58	0	245	0	0	36	246	237	163	464	274	86	0	0	0	0	48
01.04.	48	0	0	0	0	115	36	277	0	0	0	0	17	0	0	0	759	450	27	0	400	115	839	1020
02.04.	634	680	752	128	453	227	200	174	186	254	179	279	24	35	212	93	190	0	110	223	478	620	738	429
03.04.	192	384	296	1120	1361	774	42	Sichtbeobachtungen							na	0	0	46	144	0	223	na	na	na
04.04.	0	297	759	277	408	216	423	16	385	17	na	na	na	na	na	26	0	52	0	0	15	0	285	102
05.04.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	24	0	44	0	92	0	0	0	0	0	0	0
06.04.	0	0	0	126	32	33	21	49	231	52	261	153	0	45	76	47	0	0	0	0	297	2134	1400	1077
07.04.	1297	755	981	282	607	712	179	39	109	0	240	203	125	0	269	0	0	0	0	0	158	1119	2270	1360
08.04.	445	515	246	263	332	282	164	216	Sichtbeobachtungen							na	na	0	0	124	0	0	0	62
09.04.	114	42	0	0	67	0	35	Sichtbeobachtungen							na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
10.04.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	0	148	17	0
11.04.	0	0	0	114	98	275	158	29	348	285	52	312	103	2607	381	136	70	201	0	0	21	36	39	32
12.04.	163	0	na	118	19	120	na	na	na	22	15	101	1031	1776	219	103	654	250	322	0	20	21	95	377
13.04.	0	154	na	na	760	126	138	281	0	69	0	na	0	60	30	35	39	36	97	0	0	0	0	36
14.04.	0	34	na	0	300	160	83	205	240	34	0	442	14	75	0	121	81	0	415	0	0	163	199	15

Fortsetzung Tabelle 21

15.04.	263	16	0	0	0	0	157	Sichtbeobachtungen							0	0	0	34	19	0	274	2002	2814	1241
16.04.	1112	836	1493	1917	1103	162	64	222	124	83	71	0	144	61	0	434	137	73	0	15	0	1239	1479	3757
17.04.	5875	6417	2801	1712	1654	1188	522	48	50	15	0	0	0	0	15	0	76	0	188	34	122	2901	2684	1085
18.04.	2916	3667	4410	2279	2491	30	0	0	0	0	16	57	14	218	14	17	125	87	28	63	111	1393	5833	4985
19.04.	3593	1791	537	726	737	246	240	166	33	13	0	13	0	163	14	149	14	0	20	73	0	167	627	940
20.04.	1914	1066	1587	1114	1239	772	593	100	125	0	163	78	68	23	0	86	0	29	0	19	54	276	2736	2334
21.04.	1531	1503	1068	900	682	595	102	632	925	132	471	81	168	115	65	15	68	22	0	39	15	648	1986	2513
22.04.	1190	3110	1051	2094	1380	388	195	0	22	0	16	93	74	107	0	14	0	0	0	46	174	1050	1695	1697
23.04.	881	0	547	321	520	325	66	408	152	0	63	0	0	0	0	0	0	0	16	65	308	741	1131	1136
24.04.	717	1068	891	1392	363	165	27	171	111	191	452	419	322	63	78	144	0	144	95	18	695	6350	143	200
25.04.	na	1568	na	1250	654	929	246	179	20	0	0	0	0	0	0	0	16	249	0	65	1615	2744	na	405
26.04.	310	320	128	365	585	1331	218	na	68	28	313	116	0	493	1282	74	50	167	59	45	2567	7640	5840	2297
27.04.	1342	779	421	467	551	133	95	0	0	na	na	na	0	0	36	0	0	29	50	0	0	281	265	174
28.04.	15	0	0	16	81	168	460	267	68	35	27	55	0	544	206	23	0	144	29	0	56	203	672	
29.04.	254	341	230	172	214	123	0	210	0	0	0	56	82	0	16	157	0	129	16	0	0	0	0	0
30.04.	0	0	0	0	81	45	40	0	19	0	0	0	63	15	0	124	93	0	0	0	16	0	151	133
01.05.	214	95	135	162	84	98	34	85	114	0	58	0	0	0	0	20	0	74	34	0	0	43	74	108
02.05.	601	301	82	140	69	197	72	142	153	103	105	0	0	0	0	0	39	60	0	0	0	145	0	0
03.05.	0	111	0	0	288	219	0	278	0	372	37	130	35	0	458	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.05.	0	0	0	51	0	0	0	0	0	na	72	0	0	0	0	0	0	32	47	0	0	0	0	0
05.05.	0	0	0	69	26	0	0	53	176	111	160	0	67	38	87	68	105	0	0	0	0	0	0	95
06.05.	67	323	265	416	221	48	na	na	0	107	218	102	0	0	157	282	0	0	0	0	0	17	438	895
07.05.	165	0	387	670	93	163	24	436	60	105	163	69	328	136	0	145	76	132	36	na	na	2398	2157	1835
08.05.	1635	1593	1929	589	50	24	91	Sichtbeobachtungen							na	na	na	na	na	0	220	1633	1086	1402
09.05.	715	633	240	319	78	125	Sichtbeobachtungen							na	0	20	0	27	211	0	0	604	276	304
10.05.	100	14	14	250	199	46	0	16	37	0	46	74	20	0	30	0	13	0	175	0	52	0	193	91
11.05.	489	38	73	78	114	41	168	114	80	31	15	27	119	17	83	112	187	0	55	0	0	33	0	0
12.05.	16	0	34	139	34	142	129	17	67	137	37	128	0	57	38	36	32	0	439	16	29	47	32	76
13.05.	0	15	200	230	137	77	32	104	Sichtbeobachtungen							15	53	0	179	0	16	29	122	114
14.05.	107	0	0	43	217	0	133	0	na	na	na	na	na	67	0	0	0	37	188	0	0	41	436	148
15.05.	376	210	197	264	150	406	112	46	14	89	13	36	0	0	0	0	0	46	14	0	0	169	337	
16.05.	289	55	196	64	0	20	0	48	40	na	na	na	na	na	na	na	60	0	0	0	0	0	0	54
17.05.	0	0	0	0	20	93	137	115	0	0	136	14	15	0	13	0	0	15	16	0	0	249	1559	1012

Fortsetzung Tabelle 21

18.05.	1149	161	248	541	476	454	630	199	359	308	335	172	243	270	110	47	28	40	93	21	131	340	91	289
19.05.	411	270	142	48	539	60	124	39	44	20	54	48	50	74	74	17	28	176	237	na	na	na	na	na
20.05.	na	159	153	82	171	na	na	55	0	0	0	0	122	98	52	54	16	45	82	0	0	118	310	158
21.05.	290	222	69	51	94	134	0	304	175	34	340	97	101	50	160	128	138	676	97	0	0	122	104	104
22.05.	115	93	108	92	89	0	345	Sichtbeobachtungen							na	219	99	46	0	92	0	389	976	435
23.05.	350	278	314	214	394	348	435	106	277	325	319	104	79	111	151	1628	170	127	46	50	271	115	674	271
24.05.	334	663	333	224	69	0	56	0	143	235	32	142	0	0	0	14	295	102	341	76	279	0	0	58
25.05.	0	0	216	202	80	47	21	153	138	46	99	0	0	52	31	0	0	73	16	56	157	202	320	572
26.05.	457	532	407	na	51	53	na	0	0	301	0	15	na	na	na	32	0	na	0	0	32	16	183	30
27.05.	140	52	16	0	46	0	0	16	0	69	0	98	101	0	19	0	107	0	100	0	0	229	0	0
28.05.	0	112	61	143	0	0	0	0	16	0	36	106	125	212	241	221	53	0	47	92	80	0	0	0
29.05.	0	39	150	64	214	0	53	94	0	0	0	0	101	199	0	15	167	276	122	77	28	386	1684	2666
30.05.	307	241	232	na	na	0	0	33	0	0	0	132	166	1908	161	31	173	136	148	252	263	192	146	63
31.05.	125	46	161	309	17	320	45	0	0	15	53	15	225	286	87	132	59	44	189	230	181	16	673	534
01.06.	855,2	428,5																						

Tabelle 22: Zugintensität je Höhenklasse im Frühjahr 2019 am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung. Datentabelle zu Abbildung 20.

Frühjahr 2019																					
Höhen- klasse	0-100 m		>100-200 m		>200-300 m		>300-400 m		>400-500 m		>500-600 m		>600-700 m		>700-800 m		>800-900 m		>900-1.000 m		
Licht- phase	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	
28.02.	na	10	na	12	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	
01.03.	22	49	2	0	0	1	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02.03.	40	62	75	2	57	0	0	0	15	0	16	0	0	21	0	0	0	0	0	0	
19.03.	na	199	na	173	na	241	na	370	na	205	na	87	na	144	na	83	na	84	na	65	
20.03.	72	120	60	49	199	4	269	32	196	4	102	17	81	7	148	17	131	8	73	12	
21.03.	7	74	0	47	14	73	76	78	26	17	29	15	12	31	123	29	56	13	49	0	
22.03.	37	45	32	18	107	14	57	11	106	39	93	68	6	0	39	30	47	38	168	43	
23.03.	28	95	15	37	0	36	0	19	3	30	19	16	0	31	0	11	0	6	0	31	
24.03.	68	137	41	56	53	17	2	36	3	8	0	2	0	10	43	8	0	11	0	9	
25.03.	12	10	6	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	
26.03.	20	80	10	19	14	9	6	2	12	0	11	0	10	0	0	6	10	6	14	11	
27.03.	67	26	34	2	19	4	20	9	9	4	8	2	0	3	0	0	11	15	0	17	
28.03.	285	39	136	12	70	2	71	6	35	0	33	4	52	5	13	13	26	0	15	20	
29.03.	70	113	122	75	243	55	250	24	148	31	231	30	144	8	149	16	199	35	98	22	
30.03.	71	62	9	28	24	38	8	12	7	10	17	9	20	8	25	18	16	17	28	36	
31.03.	10	111	2	6	0	3	7	6	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	
01.04.	60	69	33	30	40	8	103	11	47	0	24	0	42	0	30	0	25	0	57	0	
02.04.	95	37	57	16	80	34	85	14	35	11	31	14	44	33	8	12	25	0	0	9	
03.04.	106	152	18	58	0	68	13	38	34	8	14	6	58	0	0	0	0	0	0	40	
04.04.	15	49	37	16	15	11	0	9	0	16	0	18	0	16	0	0	0	11	0	26	
05.04.	10	23	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.04.	106	19	57	13	62	7	87	4	83	0	76	16	67	0	90	0	123	0	72	13	
07.04.	62	68	26	5	47	12	58	9	49	19	35	24	32	8	98	21	154	0	75	12	
08.04.	6	120	3	4	15	20	10	21	0	14	0	7	0	0	0	13	0	0	0	0	
09.04.	23	na	5	na	0	na	7	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	na	
10.04.	na	33	na	0	na	0	na	2	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	na	0	
11.04.	19	54	21	43	2	35	9	46	0	55	0	41	0	24	0	10	0	31	0	0	
12.04.	7	74	26	50	32	49	3	48	17	25	0	51	12	13	0	33	0	33	0	11	

Fortsetzung Tabelle 22

13.04.	10	73	0	20	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.04.	2	68	15	32	17	14	0	0	0	5	5	2	0	6	23	10	19	0	0
15.04.	286	9	25	4	24	0	37	9	95	0	162	0	247	0	160	0	149	0	37
16.04.	121	99	17	15	107	19	150	18	152	22	397	13	471	31	532	5	348	32	403
17.04.	43	70	34	21	113	21	179	29	164	28	251	25	307	52	435	46	413	29	289
18.04.	43	36	50	14	74	21	43	25	90	35	188	27	320	65	463	35	483	28	534
19.04.	27	13	45	14	126	15	139	9	62	14	35	17	121	0	23	22	99	31	120
20.04.	63	25	30	2	47	36	48	46	88	31	43	17	84	37	117	46	337	17	334
21.04.	35	74	30	8	50	17	50	26	41	6	94	18	103	18	122	21	316	55	477
22.04.	139	29	18	20	18	14	24	20	17	18	41	14	99	24	68	50	152	43	185
23.04.	145	62	9	11	8	2	8	2	13	2	62	9	115	3	92	0	105	16	201
24.04.	137	44	151	25	106	33	130	38	195	21	102	17	124	29	144	32	184	6	222
25.04.	94	35	31	16	53	7	30	27	42	8	63	12	206	38	93	25	54	24	134
26.04.	55	81	56	34	88	55	126	37	76	17	116	9	137	50	351	29	789	0	822
27.04.	23	31	27	3	20	8	7	14	0	16	15	7	0	10	0	9	0	8	0
28.04.	6	56	4	11	4	2	36	1	22	7	29	10	44	0	21	5	24	36	33
29.04.	0	41	0	14	0	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	9	0	0	0
30.04.	57	23	13	3	6	1	0	1	0	3	13	0	5	0	0	0	0	0	0
01.05.	54	35	13	2	16	2	7	2	9	0	4	0	6	7	44	0	0	0	0
02.05.	24	29	0	10	0	9	0	1	0	2	0	0	9	7	0	0	0	0	10
03.05.	0	63	0	10	0	3	0	11	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	17
04.05.	0	10	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.05.	71	50	10	0	11	1	2	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.05.	121	65	42	6	37	8	2	9	20	5	4	0	0	0	0	18	12	0	0
07.05.	66	63	125	17	342	16	265	16	255	11	138	15	126	4	179	0	254	0	174
08.05.	131	49	197	0	211	6	144	4	64	25	33	0	17	19	20	49	110	0	23
09.05.	36	35	33	26	31	43	34	11	47	0	0	13	0	0	36	0	0	13	0
10.05.	51	37	6	3	0	5	3	1	13	6	0	0	34	0	15	0	0	0	21
11.05.	6	54	0	10	3	4	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
12.05.	11	55	17	4	2	10	3	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.05.	30	55	3	19	14	2	10	5	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0
14.05.	3	9	13	3	26	0	17	11	13	2	5	0	16	0	52	13	36	0	22
15.05.	13	11	6	13	16	8	35	12	31	8	15	4	0	4	27	11	0	6	0

Fortsetzung Tabelle 22

16.05.	7	11	0	4	2	13	0	4	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0
17.05.	26	21	31	2	56	5	30	0	58	0	123	0	167	0	90	5	34	0	74
18.05.	8	44	35	35	31	37	17	32	13	19	0	24	19	35	23	17	15	5	94
19.05.	82	31	29	15	16	20	0	7	32	3	0	8	0	0	0	21	0	0	0
20.05.	105	28	15	5	23	5	9	5	7	0	7	16	0	0	0	0	0	0	18
21.05.	63	97	15	18	5	14	6	10	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0
22.05.	13	41	54	39	107	10	23	2	20	9	6	0	19	0	68	0	55	9	40
23.05.	69	86	66	53	75	64	44	57	39	7	22	10	39	5	35	7	0	0	0
24.05.	31	48	4	17	0	17	3	18	0	8	0	3	0	0	0	4	0	0	18
25.05.	52	47	62	9	95	7	74	1	23	0	0	0	7	0	35	4	0	0	26
26.05.	47	21	17	15	5	23	3	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.05.	49	23	3	3	2	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.05.	16	54	0	11	4	6	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.05.	194	56	92	8	213	7	121	9	76	0	80	0	49	0	26	0	35	5	0
30.05.	67	55	31	37	38	37	3	25	0	25	0	9	0	11	0	11	0	0	0
31.05.	66	41	143	25	154	21	43	7	15	4	28	0	0	0	0	24	0	0	0
Σ	4328	3897	2623	1280	3730	1205	3413	1033	2831	683	2915	646	3612	684	4142	771	4928	585	5025
																			743

Tabelle 23: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in tagesscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Die Ruferfassung findet nur während der Nachtstunden statt (Dunkelphase). Datentabelle zu Abbildung 27

Frühjahr 2019			
Zugnacht	Aufwand [h]	Rufdateien [n]	Rufintensität [Rufdateien/h]
19.03.	12	2	0,17
20.03.	11	11	1
21.03.	11	3	0,27
23.03.	11	0	0
24.03.	11	0	0
25.03.	11	0	0
26.03.	11	0	0
02.04.	11	14	1,27
03.04.	11	3	0,27
07.04.	11	4	0,36
08.04.	11	0	0
09.04.	10	0	0
14.04.	9	0	0
15.04.	9	0	0
05.05.	9	0	0
06.05.	9	0	0
07.05.	8	0	0
13.05.	7	0	0
14.05.	7	0	0
22.05.	7	0	0
23.05.	7	0	0
Rufpositive Dateien insgesamt = 37			

Tabelle 24: Vogelrufintensität im Frühjahr 2019 in stundenscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 28.

Frühjahr 2019											
Zugnacht	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4
19.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
20.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
21.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
23.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.03.	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
26.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.04.	0	2	0	1	0	0	0	0	8	3	0
03.04.	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	
07.04.		0	0	1	0	1	2	0	0	0	0
08.04.	0	0		0	0	0		0	0	0	0
09.04.			0	0	0	0	0	0	0	0	
14.04.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.04.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05.05.		0	0	0	0	0	0	0	0		
06.05.		0	0	0	0	0	0	0	0		
07.05.		0	0	0	0	0	0	0	0		
13.05.			0	0	0	0	0	0	0		
14.05.			0	0	0	0	0	0	0		
22.05.			0	0	0	0	0	0	0		
23.05.			0	0	0	0	0	0	0		

Tabelle 25: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in tagesscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 30.

Herbst 2019							
Zugnacht	Aufwand [h]	Rufdateien [n]	Rufintensität [Rufdateien/h]	Zugnacht	Aufwand [h]	Rufdateien [n]	Rufintensität [Rufdateien/h]
14.07.	7	0	0	05.09.	11	0	0
15.07.	7	0	0	06.09.	11	4	0,4
16.07.	7	0	0	07.09.	11	0	0
17.07.	7	0	0	08.09.	11	1	0,1
18.07.	7	0	0	09.09.	11	0	0
19.07.	7	2	0,3	10.09.	11	1	0,1
20.07.	7	0	0	16.09.	11	1	0,1
21.07.	7	0	0	17.09.	11	0	0
22.07.	7	0	0	18.09.	11	0	0
23.07.	7	0	0	19.09.	11	0	0
24.07.	7	2	0,3	20.09.	11	1	0,1
25.07.	7	4	0,6	21.09.	11	0	0
26.07.	7	0	0	22.09.	11	10	0,9
27.07.	7	2	0,3	23.09.	11	0	0
28.07.	7	2	0,3	25.09.	11	1	0,1
29.07.	7	1	0,1	26.09.	12	0	0
30.07.	7	0	0	30.09.	12	83	6,9
31.07.	8	0	0	01.10.	13	1	0,1
01.08.	8	0	0	02.10.	13	3	0,2
02.08.	8	2	0,2	03.10.	13	29	2,2
03.08.	8	1	0,1	04.10.	13	12	0,9
04.08.	8	3	0,4	07.10.	13	0	0
05.08.	8	1	0,1	08.10.	13	2	0,2
06.08.	8	0	0	09.10.	13	0	0
07.08.	8	0	0	10.10.	13	0	0
08.08.	8	0	0	14.10.	13	9	0,7
09.08.	8	0	0	19.10.	13	5	0,4
10.08.	9	0	0	20.10.	13	120	9,2
11.08.	9	0	0	21.10.	13	160	12,3
12.08.	9	0	0	22.10.	14	1	0,1
13.08.	9	1	0,1	24.10.	14	0	0
14.08.	9	1	0,1	25.10.	14	0	0
15.08.	9	0	0	28.10.	14	285	20,4
16.08.	9	0	0	29.10.	14	63	4,5
17.08.	9	0	0	04.11.	15	18	1,2
18.08.	9	0	0	05.11.	15	33	2,2
19.08.	9	0	0	06.11.	15	21	1,4
20.08.	9	0	0	11.11.	15	2	0,1
21.08.	9	0	0	12.11.	15	0	0
22.08.	9	0	0	13.11.	15	1	0,1
23.08.	9	0	0	14.11.	15	4	0,3
24.08.	9	2	0,2	18.11.	15	0	0
25.08.	9	3	0,3	21.11.	15	13	0,9
26.08.	9	8	0,9	22.11.	15	11	0,7
27.08.	9	10	1,1	23.11.	15	0	0
28.08.	9	4	0,4	24.11.	15	33	2,2
29.08.	9	1	0,1	25.11.	15	4	0,3
30.08.	10	0	0	26.11.	15	8	0,5
31.08.	10	0	0	27.11.	15	0	0
01.09.	10	0	0	28.11.	15	0	0
02.09.	10	0	0	29.11.	15	9	0,6
03.09.	11	2	0,2	30.11.	16	3	0,2
04.09.	11	0	0				
Rufpositive Dateien insgesamt = 1.004							

Tabelle 26: Vogelrufintensität im Herbst 2019 in stundenscharfer Auflösung am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 31.

Herbst 2019																
Zugnacht	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6
14.07.						0	0	0	0	0	0	0				
15.07.						0	0	0	0	0	0	0				
16.07.						0	0	0	0	0	0	0				
17.07.						0	0	0	0	0	0	0				
18.07.						0	0	0	0	0	0	0				
19.07.						0	0	2	0	0	0	0				
20.07.						0	0	0	0	0	0	0				
21.07.						0	0	0	0	0	0	0				
22.07.						0	0	0	0	0	0	0				
23.07.						0	0	0	0	0	0	0				
24.07.						0	0	0	0	0	2	0				
25.07.						0	0	0	0	4	0	0				
26.07.						0	0	0	0	0	0	0				
27.07.						0	0	0	0	1	1	0				
28.07.						0	0	0	2	0	0	0				
29.07.						0	0	0	0	0	1	0				
30.07.						0	0	0	0	0	0	0				
31.07.						0	0	0	0	0	0	0				
01.08.						0	0	0	0	0	0	0	0			
02.08.						0	0	0	0	2	0	0	0			
03.08.						0	0	0	0	0	0	1	0			
04.08.						2	0	1	0	0	0	0	0			
05.08.						0	0	0	0	1	0	0	0			
06.08.						0	0	0	0	0	0	0	0			
07.08.						0	0	0	0	0	0	0	0			
08.08.						0	0	0	0	0	0	0	0			
09.08.						0	0	0	0	0	0	0	0			
10.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13.08.					0	0	0	0	0	1	0	0	0			
14.08.					0	0	0	0	0	1	0	0	0			
15.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
20.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
22.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
24.08.					0	0	0	2	0	0	0	0	0			
25.08.					0	0	0	0	0	0	3	0	0			
26.08.					0	8	0	0	0	0	0	0	0			
27.08.					0	0	0	0	6	0	0	4	0			
28.08.					0	0	0	0	0	0	4	0	0			
29.08.					0	0	0	1	0	0	0	0	0			
30.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0			
31.08.					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fortsetzung Tabelle 26

01.09.				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02.09.				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03.09.			0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
04.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	
07.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.09.			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
09.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.09.			0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
16.09.			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
17.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20.09.			0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
21.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22.09.			0	0	0	0	3	0	2	0	2	3	0	
23.09.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25.09.			0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
26.09.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30.09.		0	0	0	0	0	0	3	0	9	38	14	19	
01.10.		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02.10.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
03.10.		0	0	0	5	2	1	0	0	0	1	10	8	2
04.10.		0	1	4	2	1	0	0	0	2	1	0	1	0
07.10.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.10.		0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
09.10.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.10.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.10.		0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	0	2	2
19.10.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
20.10.		0	0	0	0	1	1	0	0	3	26	13	37	39
21.10.		0	0	1	0	4	6	3	2	2	21	52	27	42
22.10.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
24.10.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.10.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.10.	0	0	0	1	2	1	2	7	36	63	97	31	36	9
29.10.	0	0	1	4	3	1	2	2	2	7	12	10	14	5
04.11.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	3	4	6
05.11.	0	0	0	0	0	1	5	8	2	13	1	2	1	0
06.11.	0	0	0	0	0	2	3	1	5	0	6	0	2	2
11.11.	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.11.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.11.	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.11.	0	0	5	0	0	4	1	0	1	0	0	2	0	0
22.11.	0	0	0	1	1	1	0	2	1	1	1	1	2	0
23.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.11.	5	0	0	0	0	0	0	0	1	15	10	0	2	0
25.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
26.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	0
27.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.11.	0	0	0	1	0	1	4	0	0	2	1	0	0	0
30.11.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0

Tabelle 27: Über Zugplanbeobachtungen im Frühjahr 2019 registrierte Arten(-gruppen) am Standort FINO 1. Die Anordnung der Taxa folgt dem Euringcode der European Union for Bird Ringing (www.euring.org, letzter Zugriff: 30.11.2015).

Art	März				April				Mai				Σ
	6	7	19	25	3	8	9	15	8	9	13	22	
Sterntaucher						1							1
Seetaucher sp.							3	1			1	1	6
Eissturmvogel											1		1
Basstölpel	3	6			3	8	11	5	9	8	20	5	78
Kormoran			21			1		42		9			73
Gaugans			14			13		10					37
Ringelgans												21	21
Gans sp.			8									445	453
Trauerente				1	3							2	6
Sperber					1			1					2
Merlin						2	1	1					4
Wanderfalke								1					1
Austernfischer											2		2
Regenbrachvogel									1				1
Großer Brachvogel								7					7
Limikole sp.							1						1
Schmarotzerraubmöwe								1					1
Skua									1				1
Zwergmöwe	12	9	1	1	8	2							33
Lachmöwe			1		3			3	7		11	1	26
Sturmmöwe	1	4	8	2	2	3	5	18		1	5	1	50
Heringsmöwe		3	13	16	5	15	17	21	8	6	9	87	200
Silbermöwe			1						1				2
Eismöwe						1							1
Mantelmöwe	1	2	2	1		1	1				1	1	10
Großmöwe sp.			2							1	1		4
Dreizehenmöwe	3	3			1				1	1	4	19	32
Brandseeschwalbe				2	8	7	44	17	31	12	34	12	167
Flussseeschwalbe										1			1
Fluss-/ Küstenseeschwalbe					2		2	31				2	37
Trottellumme	3		1	11									15
Tordalk				9									9
Alk sp.			2	12		2	6						22
Sumpfohreule					2								2
Feldlerche			2										2
Rauchschwalbe									5	2			7
Wiesenpieper					2								2
Schafstelze										1			1
Bachstelze											1		1
Star		1	58										59
Buchfink			1		6								7
Singvogel sp.						5			1				6
Σ Ind.													
23 28 135 55 46 61 91 159 65 42 90 597 1392													

Tabelle 28: Zufallsbeobachtungen im Frühjahr 2019 zu rastenden/stationären Vögeln und anderen Tiergruppen.

Datum	Art	Anzahl	Ort	Bemerkung
06.03.	Seehund	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
06.03.	Basstölpel	2	um WP's	zwischenzeitlich stat.
06.03.	Schweinswal	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
06.03.	Dreizehenmöwe	4	um WP's	zwischenzeitlich stat.
06.03.	Basstölpel	1	um WP's	zwischenzeitlich stat.
07.03.	Seehund	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
07.03.	Sturmmöwe	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
07.03.	Dreizehenmöwe	30	um Plattform	dauerhaft stat.
07.03.	Zwergmöwe	10	um Plattform	dauerhaft stat.
07.03.	Heringsmöwe	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
19.03.	Basstölpel	200	um WP's	dauerhaft stat.
19.03.	Dreizehenmöwe	300	um WP's	dauerhaft stat.
19.03.	Sturmmöwe	30	um Plattform	dauerhaft stat.
19.03.	Heringsmöwe	40	östlich AV	dauerhaft stat.
19.03.	Star	2	Plattform	zwischenzeitlich stat.
19.03.	Schweinswal	4	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
19.03.	Seehund	1	um Plattform	dauerhaft stat.
25.03.	Basstölpel	80	um WP's	dauerhaft stat.
25.03.	Dreizehenmöwe	150	um WP's	dauerhaft stat.
25.03.	Tordalk	40	um WP's	dauerhaft stat.
25.03.	Trottellumme	60	um WP's	dauerhaft stat.
25.03.	Sturmmöwe	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
25.03.	Lachmöwe	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
25.03.	Seehund	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
25.03.	Schweinswal	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
03.04.	Ringeltaube	1	Plattform	bei Anflug stat.
03.04.	Buchfink	1	Plattform	zwischenzeitlich stat.
03.04.	Brandseeschwalbe	5	um WP's	dauerhaft stat.
03.04.	Heringsmöwe	15	um WP's	dauerhaft stat.
03.04.	Sturmmöwe	1	SW Plattform	zwischenzeitlich stat.
03.04.	Schweinswal	2	um Plattform	dauerhaft stat.
03.04.	Seehund	3	um Plattform	dauerhaft stat.
08.04.	Heringsmöwe	15	um WP's	dauerhaft stat.
08.04.	Basstölpel	2	um WP's	dauerhaft stat.
08.04.	Brandseeschwalbe	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
09.04.	Heringsmöwe	20	um WP's	dauerhaft stat.
09.04.	Brandseeschwalbe	15	um WP's	dauerhaft stat.
09.04.	Türkentaube	1	vor Nord	
15.04.	Heringsmöwe	10	um WP's	dauerhaft stat.
15.04.	Brandseeschwalbe	30	um WP's	dauerhaft stat.
15.04.	Krähenscharbe	1	BK02M, BK02L	dauerhaft stat.
15.04.	Basstölpel	20	um WP's	dauerhaft stat.
08.05.	Brandseeschwalbe	20	um WP's	dauerhaft stat.
08.05.	Basstölpel	1	um WP's	dauerhaft stat.
08.05.	Heringsmöwe	5	um WP's	dauerhaft stat.
08.05.	Singvogel sp.	1	Plattform	bei Anflug stat.
08.05.	Seehund	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
09.05.	Brandseeschwalbe	30	um WP's	dauerhaft stat.
09.05.	Heringsmöwe	5	um WP's	dauerhaft stat.
09.05.	Basstölpel	1	um WP's	dauerhaft stat.
09.05.	Schweinswal	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
09.05.	Qualle sp.	sehr viele	um Plattform	dauerhaft stat.
09.05.	Insekten	mäßig viele	Plattform	dauerhaft stat.
13.05.	Heringsmöwe	10	um WP's	dauerhaft stat.
13.05.	Brandseeschwalbe	3	um WP's	dauerhaft stat.
13.05.	Basstölpel	2	um WP's	dauerhaft stat.
13.05.	Qualle sp.	mäßig viele	um Plattform	dauerhaft stat.
22.05.	Brandseeschwalbe	20	um WP's	zwischenzeitlich stat.
22.05.	Dreizehenmöwe	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
22.05.	Seehund	1	um Plattform	dauerhaft stat.

Tabelle 29: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Frühjahr 2019 am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung (Datentabelle zu Abbildung 33.). n_{korr} entspricht der Größe des Datensatzes nach Aufwandskorrektur. n gibt die nicht korrigierte Größe des Datensatzes an.

Frühjahr 2019	Anzahl [Ind./h]	Anteil [%]
06.03.	7,6	1,7
07.03.	6,2	2,0
19.03.	24,5	9,7
25.03.	11,3	4,0
03.04.	9,0	3,3
08.04.	13,0	4,4
09.04.	14,8	6,5
15.04.	32,4	11,4
08.05.	12,3	4,7
09.05.	12,3	3,0
13.05.	18,1	6,5
22.05.	118,2	42,9
Individuen gesamt	n-korr = 1.953 n = 1.392	

Tabelle 30: Zugintensität im Frühjahr 2019 gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 34. Angegebene Individuenzahlen sind aufwandskorrigiert.

Frühjahr 2019	Tagesstunde										Summe	MW
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	[Ind.]	[Ind./h]
06.03.				28	5	4	6,7	2	0		45,7	7,6
07.03.					11	2,7	3	5	9,3		31	6,2
19.03.				20	46,7	10,7	50	17,3	22,7	4	171,4	24,5
25.03.				16	36	5,3	3	6,7	8	4	79	11,3
03.04.		18	17,3	6,7	7	0	8	6			63	9
08.04.			10,7	17,3	21,3	9,3	3	13,3	16		90,9	13
09.04.		24	26,7	3	6	10,7	28	8	12		118,4	14,8
15.04.		56	38,7	54	56	4	1,3	17			227	32,4
08.05.		16	14,7	18,7	23	4	6,7	3			86,1	12,3
09.05.	48	5,3	8	5,3	10	2,7	7				86,3	12,3
13.05.			14	49,3	20	7	17,3	5,3	14		126,9	18,1
22.05.		60	305	345	18	8	18,7	72			827,3	118,2
MW, Σ	48	179	435	564	260	68,4	153	156	82	8	1.953	23,3

Tabelle 31: Vogelzugintensität je Höhenklasse im Frühjahr 2019 gemäß Zugplanbeobachtung am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 35. Angegebene Werte Ind./h sind aufwandskorrigiert. Der angegebene Mittelwert (MW) ergibt sich aus den Tagesmittelwerten.

Frühjahr 2019		06.03.	07.03.	19.03.	25.03.	03.04.	08.04.	09.04.	15.04.	08.05.	09.05.	13.05.	22.05.	MW
Höhenklasse	0 - 5 m	0,7	3,2	2,6	7,1	1,2	2,8	2,7	11,2	4,8	0	2	2,2	3,4
	5 - 10 m	5,5	1,3	3,4	2,3	1,5	2	1,3	3,2	1,6	0,6	4	17,1	3,7
	10 - 20 m	0,7	0,9	5,5	1,7	3	1,9	4,7	7,9	3,3	1,8	5,2	15,8	4,4
	20 - 50 m	0,8	0,6	8	0,2	2,2	4,2	3,4	3	2	3,3	3,8	36,6	5,7
	50 - 100 m	0	0,3	5	0	0	1,9	2,5	7,1	0,4	6,6	2,3	21	3,9
	100 - 200 m	0	0	0	0	1,1	0,2	0,2	0	0,2	0	0,8	17,6	1,7
	> 200 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 32: Über Zugplanbeobachtungen im Herbst 2019 registrierte Arten(-gruppen) am Standort FINO 1. Die Anordnung der Taxa folgt dem Euringcode der European Union for Bird Ringing (www.euring.org, letzter Zugriff: 30.11.2015).

Art		Juli		August				September				Oktober				Nov.		Σ
		18	19	5	21	26	27	4	5	16	23	9	10	14	22	8	15	
Sternaucher	Gavia stellata	2																2
Seetaucher sp.	Gavia sp.														2			2
Basstölpel	Morus bassanus	2	8	4	6		2	2	4	11	1	1	8		5	6		60
Kormoran	Phalacrocorax carbo		1	2	2	2	4							4				15
Graureiher	Ardea cinerea						2				2							4
Brandgans	Tadorna tadorna		10															10
Pfeifente	Mareca penelope										20							20
Krickente	Anas crecca					4					2							6
Spießente	Anas acuta														9			9
Trauerente	Melanitta nigra	7	23		2			4	4	7					11			58
Ente sp.	Anatinae													16				16
Mittelsäger	Mergus serrator										1				4			5
Sperber	Accipiter nisus														2			2
Turmfalke	Falco tinnunculus						1											1
Austernfischer	Haematopus ostralegus				2	1			11									14
Kiebitz	Vanellus vanellus	1																1
Knutt	Calidris canutus		4					1										5
Alpenstrandläufer	Calidris alpina							1										1
Pfuhlschnepfe	Limosa lapponica		3					2	2									7
Steinwälzer	Arenaria interpres								6									6
Limikole sp.	Limicolae				16													16
Skua	Stercorarius skua	1			1													2
Zwergmöwe	Hydrocoloeus minutus					2	2		2						1			7
	Chroicocephalus																	
Lachmöwe	ridibundus	7	8	3	33	22	6				18			2	1	11	1	112
Sturmmöwe	Larus canus	4	2		3	2	1	1	1	4		8	6		6	3	1	42
Heringsmöwe	Larus fuscus	13			270	9	35	28	9	14		3	17		14			412
Silbermöwe	Larus argentatus				1			1					1		5			8
Mantelmöwe	Larus marinus					1		5	11	2		10	15		8			52
Dreizehenmöwe	Rissa tridactyla							3	2							2		7
Brandseeschwalbe	Thalasseus sandvicensis				19	2	2	2										25
Flussseeschwalbe	Sterna hirundo		7		8			9										24
Küstenseeschwalbe	Sterna paradisaea				2			3										5
Fluss-/	Sterna hirundo/																	
Küstenseeschwalbe	paradisaea	3	6		83			6										93
Trauerseeschwalbe	Chlidonias niger	3																3
Seeschwalbe sp.	Sternidae															1		1
Trottellumme	Uria aalge														2	43		45
Tordalk	Alca torda												1			1	1	3
Alk sp.	Alcidae											1	8		21			30
Straßentaube	domestica		1															1
Sumpfohreule	Asio flammeus														2			2
Mauersegler	Apus apus	2																2
Mehlschwalbe	Delichon urbicum	1																1
Wiesenpieper	Anthus pratensis									27	7				1			35
Schafstelze	Motacilla flava					1				2								3
Gebirgsstelze	Motacilla cinerea														1			1

Fortsetzung Tabelle 32

Bachstelze	Motacilla alba			1													1	
Hausrotschwanz	Phoenicurus ochruros											2					2	
Gartenrotschwanz	Phoenicurus phoenicurus	1															1	
Steinschmätzer	Oenanthe oenanthe			2	1				1								4	
Amsel	Turdus merula								1								1	
Wacholderdrossel	Turdus pilaris											16					16	
Singdrossel	Turdus philomelos								5					1			6	
Drossel sp.	Turdus sp.											49		4			53	
Star	Sturnus vulgaris										45			11			56	
Bluthänfling	Linaria cannabina							3					1				4	
Goldammer	Emberiza citrinella											1					1	
Singvogel sp.	Passeriformes	1		2	4			2	1			20	1				31	
Σ-Ind.		48	73	9	448	51	60	9	86	68	88	23	101	108	99	81	5	1357

Tabelle 33: Beobachtungen im Herbst 2019 zu rastenden/stationären Vögeln und anderen Tiergruppen.

Datum	Art	Anzahl	Ort	Bemerkung
18.07.	Heringsmöwe	250	um WP's	dauerhaft stat.
18.07.	Basstölpel	5	um WP's	ab mittags stat.
18.07.	Silbermöwe	1	um Plattform	dauerhaft stat.
18.07.	Mantelmöwe	5	um WP's	dauerhaft stat.
18.07.	Insekten	mäßig viele	Plattform	dauerhaft stat.
19.07.	Heringsmöwe	150	um WP's	dauerhaft stat.
19.07.	Mantelmöwe	2	um WP's	dauerhaft stat.
19.07.	Basstölpel	2	um WP's	dauerhaft stat.
19.07.	Schweinswal	6	um WP's	zwischenzeitlich stat.
19.07.	Seehund	1	um WP's	zwischenzeitlich stat.
19.07.	Sandaal	sehr viele	Plattform	dauerhaft stat.
19.07.	Insekten	mäßig viele	Plattform	dauerhaft stat.
19.07.	Quallen	wenige	Plattform	zwischenzeitlich stat.
05.08.	Heringsmöwe	20	um Plattform	dauerhaft stat.
05.08.	Schweinswal	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
21.08.	Heringsmöwe	270	um WP's	dauerhaft stat.
21.08.	Mantelmöwe	8	um Plattform	dauerhaft stat.
21.08.	Schweinswal	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
21.08.	Insekten	wenige	Plattform	dauerhaft stat.
26.08.	Heringsmöwe	150	um WP's	dauerhaft stat.
26.08.	Mantelmöwe	5	um WP's	dauerhaft stat.
26.08.	Fitis	1	Plattform	zwischenzeitlich stat.
26.08.	Schweinswal	20	um Plattform	dauerhaft stat.
26.08.	Seehund	3	um Plattform	dauerhaft stat.
26.08.	Kegelrobbe	1	um Plattform	dauerhaft stat.
26.08.	Schwimmkrabbe	sehr viele	Plattform	dauerhaft stat.
26.08.	Insekten	mäßig viele	Plattform	dauerhaft stat.
27.08.	Heringsmöwe	100	um WP's	dauerhaft stat.
27.08.	Mantelmöwe	3	um WP's	dauerhaft stat.
27.08.	Schweinswal	3	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
27.08.	Schwimmkrabbe	wenige	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
27.08.	Insekten	mäßig viele	Plattform	dauerhaft stat.
04.09.	Heringsmöwe	70	um WP's	dauerhaft stat.
04.09.	Mantelmöwe	10	um WP's	dauerhaft stat.
04.09.	Kegelrobbe	1	Plattform	zwischenzeitlich stat.
05.09.	Heringsmöwe	70	um WP's	dauerhaft stat.
05.09.	Mantelmöwe	10	um WP's	dauerhaft stat.
05.09.	Dreizehenmöwe	1	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
05.09.	Seehund	AV4		zwischenzeitlich stat.
16.09.	Heringsmöwe	60	um WP's	dauerhaft stat.
16.09.	Mantelmöwe	30	um WP's	dauerhaft stat.
16.09.	Krähenscharbe	1	BKR	dauerhaft stat.
16.09.	Schweinswal	3	Plattform	zwischenzeitlich stat.
23.09.	Heringsmöwe	40	um WP's	dauerhaft stat.
23.09.	Mantelmöwe	15	um WP's	dauerhaft stat.
23.09.	Singdrossel	2	Plattform	dauerhaft stat.
23.09.	Gartenrotschwanz	1	Plattform	dauerhaft stat.
23.09.	Wanderfalke	1	AV5	zwischenzeitlich stat.
23.09.	Steinschmätzer	1	Plattform	dauerhaft stat.
23.09.	Mönchsgasmücke	1	AV4	zwischenzeitlich stat.
23.09.	Blaukehlchen	1	AV4	zwischenzeitlich stat.
23.09.	Schweinswal	10	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
23.09.	Seehund	2	um Plattform	zwischenzeitlich stat.
23.09.	Insekten	mäßig viele	Plattform	dauerhaft stat.
09.10.	Heringsmöwe	20	um WP's	dauerhaft stat.
09.10.	Mantelmöwe	20	um WP's	dauerhaft stat.
10.10.	Heringsmöwe	20	um WP's	dauerhaft stat.

Fortsetzung Tabelle 33

10.10.	Mantelmöwe	20 um WP's	dauerhaft stat.
10.10.	Wanderfalke	1 Plattform	zwischenzeitlich stat.
14.10.	Großmöwe sp.	3 um WP's	dauerhaft stat.
14.10.	Lachmöwe	2 um WP's	dauerhaft stat.
22.10.	Mantelmöwe	4 um Plattform	dauerhaft stat.
22.10.	Heringsmöwe	2 um Plattform	dauerhaft stat.
22.10.	Sturmmöwe	3 um Plattform	dauerhaft stat.
22.10.	Buchfink	2 Plattform	dauerhaft stat.
22.10.	Zaunkönig	1 Plattform	zwischenzeitlich stat.
22.10.	Krabbentaucher	1 um Plattform	zwischenzeitlich stat.
22.10.	Seehund	1 um Plattform	zwischenzeitlich stat.
08.11.	Lachmöwe	1 um Plattform	stat.
08.11.	Großmöwe sp.	7 um Plattform	stat.
08.11.	Trottellumme	1 um Plattform	stat.
15.11.	Heringsmöwe	1 um Plattform	stat.
15.11.	Mantelmöwe	1 um Plattform	stat.
15.11.	Dreizehenmöwe	5 um Plattform	stat.

Tabelle 34: Vogelzugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im Herbst 2019 am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung. Datentabelle zu Abbildung 37. n_{korrr} entspricht der Größe des Datensatzes nach Aufwandskorrektur. n gibt die nicht korrigierte Größe des Datensatzes an.

Herbst 2019	Anzahl [Ind./h]	Anteil [%]
18.07.	10,3	3,5
19.07.	13,5	5,4
05.08.	1,6	0,7
21.08.	98,6	33,0
26.08.	10,3	3,8
27.08.	11,9	4,4
04.09.	1,6	0,7
05.09.	17	6,3
16.09.	14,3	5,0
23.09.	18,7	6,5
09.10.	5,3	1,7
10.10.	19,7	7,4
14.10.	19,4	8,0
22.10.	20,8	7,3
08.11.	16,8	6,0
15.11.	1,2	0,4
Individuen	$n_{\text{korrr}} = 1.891$	
gesamt	$n = 1.357$	

Tabelle 35: Zugintensität gemäß Zugplanbeobachtung im stündlichen Verlauf im Herbst 2019 am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 38. Angegebene Individuenzahlen sind aufwandskorrigiert.

Herbst 2019	Tagesstunde									Summe	MW
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	[Ind.]	[Ind./h]
18.07.		9,3	10,7	9,3	5,3	2,7	10,7	24		72	10,3
19.07.	0	16	15	14,7	24	8	17			94,7	13,5
05.08.		0	1,3	0	3	1,3	5,3	0		10,9	1,6
21.08.			278	143	70,7	61,3	58,7	41,3	37,3	690	98,6
26.08.			16	6,7	14,7	6	20	6,7	2	72,1	10,3
27.08.			25,3	16	16	8	4	6	8	83,3	11,9
04.09.	0	2,7	0	0		5	2			9,7	1,6
05.09.		17,3	22,7	46,7	8	5,3	5,3	14		119,3	17
16.09.			28	24	4	0	10	1,3	33	100,3	14,3
23.09.				6	66,7	14,7	5,3	10,7	9	112,4	18,7
09.10.		2	4	3	0	20	5,3	2,7		37	5,3
10.10.		11	73,3	8	14	6	12	13,3		137,6	19,7
14.10.			0	5,3	5,3	24	0		82	116,6	19,4
22.10.				42,7	36	16	17,3	9	4	125	20,8
08.11.			19	22,7	20	33,3	4	2		101	16,8
15.11.		4	2,7	2	0	0	0	0		8,7	1,2
MW, Σ	0	62,3	496	350	288	212	177	131	175	1890,6	17,6

Tabelle 36: Vogelzugintensität je Höhenklasse im Herbst 2019 gemäß Zugplanbeobachtung am Standort FINO 1. Datentabelle zu Abbildung 39. Angegebene Werte Ind./h sind aufwandskorrigiert. Der angegebene Mittelwert (MW) ergibt sich aus den Tagesmittelwerten.

Herbst 2019	18.07.	19.07.	05.08.	21.08.	26.08.	27.08.	04.09.	05.09.	16.09.	23.09.	09.10.	10.10.	14.10.	22.10.	08.11.	15.11.	MW
0 - 5 m	3,1	7,1	0,2	8,7	4,2	2	0,8	4,7	1,6	3,1	0,8	13	1	4,8	11	0,8	4,1
5 - 10 m	2,5	4,4	0,2	13	3,1	0,8	0,6	6,4	3,1	3,1	0,5	1,7	3,5	2,1	4,3	0,5	3,1
10 - 20 m	2,2	0,4	0,6	8,8	0,7	3,2	0,2	1,5	3	3,6	1	1,7	11	4,3	1,9	0	2,8
20 - 50 m	1,1	1,3	0	11	1,6	2,9	0	1	1,1	2,9	3	1,8	0	6,4	0	0	2,1
50 - 100 m	1,3	0,3	0,6	1,2	0,3	2,6	0	3,5	5,6	5,6	0	1,8	4	2,1	0	0	1,8
100 - 200 m	0	0	0	0	0,4	0,4	0	0	0	0,4	0	0	0	1,2	0	0	0,1
> 200 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 37: Mittlere Zugintensität der Frühjahrsperioden 2013-2019 je Höhenklasse am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung. Datentabelle zu Abbildung 49. Die angegebenen Mittelwerte (MTR; Echos/h*Höhenklasse) ergeben sich aus den Tagesmittelwerten aller sieben Jahre 2013-2019.

Frühjahr 2013 - 2019																					
Höhen- klasse	0-100 m		>100-200 m		>200-300 m		>300-400 m		>400-500 m		>500-600 m		>600-700 m		>700-800 m		>800-900 m		>900-1.000 m		
Licht- phase	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	
28.02.	na	40,9	na	20,0	na	5,7	na	10,0	na	9,3	na	4,0	na	2,7	na	0,0	na	2,2	na	0,0	
01.03.	56,6	37,7	23,4	5,3	8,3	1,5	11,9	0,0	7,4	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	
02.03.	57,2	29,8	28,3	3,5	18,3	2,8	9,9	2,6	7,8	2,4	6,0	1,0	5,8	3,5	7,1	0,0	1,8	0,0	0,0	1,9	
03.03.	58,9	21,7	20,7	7,7	9,4	1,0	4,0	0,7	2,2	0,0	0,5	7,1	1,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	9,0	0,0	
04.03.	44,9	53,4	18,7	3,4	12,1	4,4	5,2	10,5	6,2	1,9	1,8	5,9	5,1	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	3,0	5,6	
05.03.	51,9	36,9	54,3	3,8	26,8	4,7	17,6	9,1	13,4	4,5	5,5	7,2	2,6	5,2	12,6	5,5	5,6	0,0	0,0	2,5	
06.03.	119,9	28,2	58,3	22,1	37,7	7,2	54,1	0,6	40,1	3,6	40,9	0,0	29,1	10,3	39,2	5,2	17,2	0,0	14,6	2,2	
07.03.	142,9	78,5	56,0	12,1	60,9	6,1	38,3	5,4	10,0	6,2	33,2	6,6	21,2	2,4	18,5	4,9	26,2	2,6	11,9	0,0	
08.03.	132,3	43,2	49,4	22,5	41,2	10,2	29,6	13,6	17,6	6,8	17,8	7,2	14,4	4,7	21,9	0,0	14,7	6,8	7,2	2,1	
09.03.	87,4	107,6	41,2	25,2	26,3	14,3	49,8	8,9	65,5	8,3	59,8	7,0	56,3	1,8	62,2	8,1	56,0	9,1	55,9	11,2	
10.03.	78,7	52,5	29,0	16,1	29,1	7,4	16,4	4,8	13,5	3,0	30,4	1,5	13,3	3,1	19,3	0,0	46,7	4,1	40,1	5,5	
11.03.	60,5	77,9	31,3	19,0	58,5	20,2	50,7	21,8	32,1	20,2	30,7	22,4	21,4	12,8	23,2	16,8	9,5	10,2	14,8	12,0	
12.03.	36,2	34,4	21,7	4,7	25,5	8,5	27,0	7,8	21,1	8,7	13,7	1,7	21,1	2,9	18,6	10,1	9,7	8,5	7,9	11,3	
13.03.	96,0	46,6	59,1	15,6	55,7	12,0	34,0	6,2	15,8	4,9	17,2	12,2	4,6	12,0	8,5	12,9	10,9	11,9	10,2	4,5	
14.03.	69,7	57,7	26,1	19,3	17,0	17,1	10,0	11,7	17,1	24,5	11,7	25,4	10,2	14,0	14,5	24,6	9,2	8,8	5,7	2,0	
15.03.	68,0	29,2	52,5	9,1	27,6	7,8	17,8	4,4	7,8	2,6	8,2	5,5	5,1	2,6	0,0	4,8	0,0	0,0	10,6	0,0	
16.03.	120,2	35,3	40,6	11,5	17,2	10,4	12,3	7,9	5,3	4,4	16,9	15,9	12,2	2,9	18,3	9,0	11,3	10,0	10,5	12,9	
17.03.	79,2	45,6	30,7	10,6	24,6	7,5	8,8	2,7	6,8	4,0	9,5	1,4	5,1	5,2	2,1	7,8	6,7	2,7	2,5	0,0	
18.03.	50,9	26,8	11,9	7,9	7,6	4,8	4,0	7,4	3,8	7,1	1,1	19,2	0,9	6,4	3,9	1,3	1,5	15,2	0,0	23,8	
19.03.	135,6	30,3	75,4	1,1	85,3	6,1	94,3	1,7	68,5	7,1	33,1	0,4	32,3	5,3	31,7	1,6	26,9	0,0	30,7	0,0	
20.03.	116,8	58,9	58,1	23,8	58,9	9,1	56,7	15,6	47,6	8,5	27,0	9,3	29,2	10,6	35,2	5,5	40,0	7,2	28,4	7,8	
21.03.	86,5	65,8	44,6	30,3	42,8	25,8	41,9	18,9	25,9	11,3	25,7	4,4	26,2	11,8	35,9	13,1	23,8	12,7	19,7	6,4	
22.03.	108,7	76,2	39,1	22,0	63,2	11,7	72,9	9,6	70,7	9,5	65,0	16,3	28,4	10,1	36,4	8,9	45,6	5,4	70,2	9,1	
23.03.	62,8	103,5	29,0	29,7	34,2	41,3	24,6	23,1	19,2	21,7	8,3	10,6	1,5	25,2	1,8	17,2	6,3	7,7	6,6	17,8	
24.03.	32,5	99,3	19,9	36,0	17,5	15,4	8,2	19,6	4,7	13,1	3,9	12,2	6,2	9,3	8,8	17,9	3,6	8,2	4,2	9,9	
25.03.	74,3	30,3	107,4	16,2	61,4	5,5	48,1	2,2	46,4	4,1	44,8	2,3	54,6	0,0	55,4	2,7	63,6	5,2	56,2	4,8	
26.03.	57,9	92,5	28,7	56,3	25,9	43,1	29,9	33,8	30,0	17,5	40,2	21,9	49,2	14,2	42,7	38,1	35,1	30,5	45,3	27,6	

Fortsetzung Tabelle 37

27.03.	77,6	37,2	47,9	11,8	41,1	13,2	37,5	9,2	46,5	3,1	52,2	3,3	35,2	4,4	65,9	1,6	37,4	6,2	58,3	3,6
28.03.	101,5	42,3	60,9	17,9	42,5	12,5	41,1	11,3	51,3	10,8	60,4	11,9	79,0	9,3	66,7	8,8	39,9	9,9	40,7	13,8
29.03.	139,7	59,9	55,3	20,2	56,4	19,5	57,7	13,7	41,5	17,9	54,8	6,7	34,4	11,1	36,8	6,8	43,3	12,7	35,8	18,9
30.03.	63,5	84,5	24,6	20,9	20,9	13,2	9,5	8,3	10,7	5,4	12,2	5,8	8,0	7,8	16,8	3,5	9,9	3,5	13,2	6,3
31.03.	69,3	48,9	38,4	11,9	15,9	5,1	14,3	10,6	8,4	3,1	11,2	5,5	13,4	6,3	16,9	5,6	15,8	3,2	9,9	4,9
01.04.	70,4	63,4	93,8	7,4	72,3	7,9	73,1	6,3	50,9	1,2	40,3	3,2	53,3	3,6	67,7	9,6	66,6	12,0	62,7	1,3
02.04.	32,9	48,2	18,0	30,1	31,2	22,8	32,1	14,1	23,0	14,9	15,2	18,6	17,0	13,5	4,7	10,2	7,8	10,7	9,4	7,8
03.04.	54,9	83,5	17,7	21,2	19,0	16,6	16,5	8,1	14,4	5,0	10,8	4,2	16,2	3,7	16,3	2,9	37,7	1,2	18,4	6,9
04.04.	30,4	23,9	24,7	6,3	16,1	7,3	12,6	11,3	17,2	4,2	12,5	2,9	15,8	6,8	28,3	0,0	46,8	4,8	83,5	3,8
05.04.	119,6	53,9	86,1	19,6	93,6	10,1	69,6	14,6	68,2	8,0	63,6	9,2	68,8	6,4	89,7	10,1	132,9	9,6	154,9	5,7
06.04.	141,4	34,7	82,8	18,0	52,3	9,7	47,6	5,2	49,5	8,2	65,1	8,2	92,7	4,7	81,6	9,8	75,7	16,4	61,1	16,7
07.04.	91,9	88,7	57,5	9,2	34,7	20,9	37,0	9,0	33,7	9,7	48,1	12,4	55,8	8,3	78,2	13,2	99,7	7,9	41,0	16,4
08.04.	59,7	60,1	37,2	16,0	48,6	18,7	36,5	11,4	38,1	10,6	57,7	18,3	58,0	16,1	50,4	10,4	50,1	14,5	50,7	11,1
09.04.	129,6	53,7	108,3	16,2	63,3	15,3	50,9	11,2	87,1	12,6	114,0	12,5	71,4	16,4	85,8	15,9	89,4	4,3	97,5	3,6
10.04.	85,6	44,7	52,9	9,1	41,2	14,4	32,0	13,4	44,3	11,1	47,6	17,7	70,4	14,9	113,9	19,8	141,3	18,8	165,6	14,8
11.04.	83,1	37,2	18,5	15,0	16,8	14,5	36,8	8,4	21,5	12,7	48,5	10,3	30,9	5,9	28,5	11,7	29,0	12,7	15,6	2,6
12.04.	283,8	52,9	101,9	34,0	54,5	18,3	21,9	15,0	26,4	9,4	38,0	16,1	53,1	6,4	27,1	6,4	16,2	12,3	42,6	9,9
13.04.	166,8	96,9	68,5	22,6	70,1	8,9	84,8	6,3	76,1	8,2	77,2	5,2	109,6	6,0	109,5	0,6	96,2	2,5	72,4	5,6
14.04.	205,4	76,9	172,0	26,9	129,5	19,5	144,6	19,7	154,0	15,4	149,0	9,3	185,4	22,0	210,2	12,9	302,1	5,0	336,8	10,7
15.04.	106,2	36,4	50,8	18,3	51,5	16,7	53,5	20,8	55,0	18,0	81,6	23,9	111,5	20,0	77,0	19,9	114,9	14,5	111,3	33,8
16.04.	111,5	67,0	78,9	15,8	75,6	13,7	63,3	11,2	71,1	8,6	99,1	11,3	123,6	10,2	135,6	7,1	119,0	8,5	121,1	9,1
17.04.	74,0	71,9	41,3	24,8	54,5	15,0	57,3	11,3	59,4	18,1	94,6	10,1	100,1	16,3	126,8	19,7	103,5	10,1	94,5	4,4
18.04.	62,8	81,4	38,9	16,6	22,7	15,9	17,8	9,0	18,3	8,4	36,6	7,7	51,8	15,8	72,8	5,0	88,8	9,5	87,3	13,8
19.04.	49,3	38,6	17,7	8,6	35,0	11,3	34,1	5,1	31,4	3,9	25,9	5,5	68,6	8,7	36,4	4,8	53,8	8,8	46,1	6,5
20.04.	28,2	31,4	14,9	5,9	23,4	14,8	20,8	11,1	24,3	7,8	18,5	5,9	22,8	15,0	39,2	19,6	84,3	14,2	74,4	4,9
21.04.	45,9	56,1	18,0	5,2	22,0	8,2	29,8	13,2	36,2	5,2	29,8	7,0	55,1	8,6	65,4	5,0	105,7	13,0	138,6	16,9
22.04.	84,3	47,5	57,5	19,1	45,2	16,0	47,3	17,4	35,2	6,8	38,4	7,3	88,2	7,5	106,1	13,1	110,4	11,7	89,7	9,7
23.04.	97,4	31,9	65,6	11,1	50,5	6,9	67,2	4,9	73,7	6,0	86,3	9,2	76,7	4,8	57,5	0,0	75,3	4,5	76,3	10,3
24.04.	55,1	41,4	69,4	13,9	68,2	22,4	60,9	20,3	76,3	14,1	43,2	18,1	50,1	12,7	64,5	15,4	65,7	7,3	103,1	12,0
25.04.	51,2	25,6	27,0	11,5	25,5	9,5	18,4	10,4	23,2	5,3	23,7	7,2	45,5	8,1	33,1	7,1	14,0	10,1	26,5	5,7
26.04.	36,3	44,1	23,9	10,9	26,6	15,7	24,0	14,6	16,4	8,1	19,9	6,4	28,7	13,2	63,3	7,5	112,7	2,8	117,5	6,1
27.04.	31,8	48,7	18,5	9,3	17,4	7,5	21,8	6,7	30,5	8,9	42,6	4,9	7,1	6,1	16,9	5,5	5,0	3,4	8,0	0,0
28.04.	117,6	45,1	81,4	8,3	46,0	5,3	70,5	3,8	75,0	5,9	77,8	10,7	79,2	7,3	61,7	3,5	50,2	8,0	50,2	12,8

Fortsetzung Tabelle 37

29.04.	66,5	69,0	26,2	17,8	24,4	11,7	29,1	12,8	48,9	3,6	33,6	13,8	45,3	9,3	90,0	27,9	62,6	16,8	44,9	7,0
30.04.	67,9	23,4	20,4	8,6	16,1	7,4	12,3	5,1	16,6	4,1	24,8	4,2	31,3	3,0	22,8	13,2	19,3	6,9	8,1	1,7
01.05.	17,9	28,5	8,6	5,0	21,4	3,7	7,4	1,5	14,7	1,2	9,2	4,1	15,9	2,3	28,2	2,2	8,1	3,7	21,0	0,0
02.05.	31,1	30,9	16,3	9,0	6,7	11,1	3,3	9,5	10,0	5,6	11,5	10,1	6,4	8,9	24,4	0,5	28,4	3,8	14,4	2,3
03.05.	61,2	40,8	27,3	9,0	27,3	4,7	20,7	5,3	16,7	2,7	10,3	2,9	11,8	2,8	19,9	3,0	5,3	1,1	30,7	2,4
04.05.	46,0	32,9	43,4	8,1	26,8	7,7	15,8	6,2	16,8	7,1	13,8	7,6	20,6	1,7	34,2	7,5	39,4	1,4	14,8	3,9
05.05.	97,2	30,8	39,1	7,4	43,7	8,4	33,6	6,0	29,4	3,7	33,7	2,4	35,7	2,0	46,9	5,6	25,7	2,2	42,3	2,0
06.05.	47,1	54,4	22,1	16,5	29,7	11,0	16,2	14,5	27,1	14,9	44,6	12,8	38,1	11,3	33,1	6,7	45,1	4,2	25,5	1,6
07.05.	49,6	34,7	49,6	13,9	79,3	21,9	59,9	19,7	52,1	13,3	32,8	16,9	36,4	8,8	56,2	21,4	59,1	4,9	52,4	10,8
08.05.	69,8	37,7	61,7	13,7	58,2	16,8	48,0	12,5	28,7	9,9	17,6	7,6	20,6	9,3	24,4	16,1	36,3	4,8	9,1	7,3
09.05.	78,0	43,8	38,8	18,9	35,5	20,2	25,1	13,1	33,1	8,5	31,7	10,5	38,9	7,5	36,0	7,5	16,3	2,8	17,7	1,2
10.05.	107,0	41,3	56,1	7,9	36,5	11,8	33,1	5,4	64,8	3,2	40,9	5,6	48,2	1,7	27,3	0,7	12,3	0,0	25,1	0,8
11.05.	39,2	61,3	39,1	20,5	38,2	13,0	24,3	12,5	30,2	7,0	27,9	5,9	40,1	8,7	23,3	5,8	20,2	0,0	15,4	1,0
12.05.	48,5	37,4	40,1	12,1	41,1	15,6	15,0	12,7	3,8	12,2	4,4	5,2	13,4	4,4	6,9	5,5	8,0	0,0	3,9	1,4
13.05.	57,1	57,7	29,1	13,5	39,0	21,7	30,2	8,3	39,6	5,1	8,8	6,6	16,6	9,0	12,2	5,0	0,0	2,6	0,0	1,8
14.05.	25,7	30,6	25,0	11,0	27,8	9,6	28,5	8,7	9,4	5,1	8,5	3,0	12,2	2,4	16,7	1,9	10,2	3,4	10,7	12,8
15.05.	43,7	41,4	29,7	17,6	26,6	11,9	30,8	15,4	56,9	7,4	25,6	8,5	41,8	8,4	27,2	9,2	4,1	5,6	15,2	13,7
16.05.	37,0	34,0	30,9	10,5	24,0	15,1	11,6	9,2	5,0	6,0	0,9	3,2	3,3	6,1	4,6	0,9	0,0	1,3	0,0	0,0
17.05.	72,7	20,6	46,7	5,4	57,9	10,9	41,9	6,0	37,5	1,4	42,6	0,4	43,1	5,4	14,9	2,5	20,4	4,2	12,4	1,0
18.05.	34,9	32,1	31,0	13,1	45,1	18,3	23,0	11,4	17,3	3,6	9,3	5,0	8,0	6,2	13,9	5,5	8,9	0,8	27,8	1,4
19.05.	67,5	47,4	54,3	24,8	62,9	23,5	36,0	16,0	32,2	13,5	25,7	11,7	55,8	5,9	56,0	8,2	23,4	7,3	21,2	7,7
20.05.	48,2	38,5	57,9	27,7	58,0	35,5	15,0	15,5	14,9	7,3	8,6	7,4	5,0	2,8	17,3	4,7	10,7	0,7	18,8	7,3
21.05.	178,4	60,4	99,4	20,4	93,3	17,5	56,6	12,0	22,4	4,9	21,1	3,4	18,7	3,3	21,7	1,9	19,6	2,5	10,1	3,0
22.05.	130,0	245,3	62,4	61,2	68,9	27,4	37,8	13,6	31,3	9,2	30,5	7,0	42,7	2,8	51,6	3,1	39,9	2,3	50,5	8,0
23.05.	21,8	65,4	19,8	19,8	16,4	23,3	15,4	19,4	12,4	5,3	17,4	2,6	19,5	2,4	20,1	3,3	5,0	0,0	8,1	1,5
24.05.	39,8	41,2	29,3	11,2	26,9	15,2	7,0	11,9	3,6	3,5	5,0	0,8	2,6	0,5	1,9	0,7	0,0	0,0	3,0	0,0
25.05.	197,4	162,2	50,8	17,5	36,8	18,2	23,8	6,2	7,4	3,2	1,2	4,0	1,6	0,8	8,7	2,9	0,0	0,0	6,6	6,7
26.05.	242,9	349,5	32,5	64,6	16,5	24,7	12,9	15,5	6,0	4,2	5,3	1,3	5,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
27.05.	46,5	72,6	19,9	12,1	32,3	13,0	29,6	10,4	23,7	3,7	11,0	10,5	21,2	5,7	9,6	6,5	30,1	2,0	14,4	1,5
28.05.	42,9	70,9	50,3	12,2	33,0	30,6	15,9	20,2	7,2	11,4	11,5	8,4	1,2	4,1	2,3	2,4	6,2	1,9	0,0	0,0
29.05.	51,0	44,8	24,0	12,5	52,7	29,4	35,4	19,4	16,5	6,6	15,9	9,7	13,6	5,9	10,9	5,6	8,4	5,5	3,0	4,5
30.05.	57,6	49,4	31,7	11,6	43,0	14,7	21,2	10,0	4,3	11,1	0,8	4,9	5,9	4,7	0,0	1,8	0,0	1,1	0,0	0,0
31.05.	162,5	143,6	74,6	33,5	70,7	29,6	42,0	24,6	30,3	12,6	18,3	2,0	1,2	3,3	5,7	6,6	2,8	1,1	24,2	0,0
MW	80,8	57,8	44,7	16,5	40,1	14,1	33,5	10,9	31,2	7,9	31,1	8,1	34,3	7,2	37,5	7,6	37,9	6,0	38,4	6,5

Tabelle 38: Mittlere Zugintensität der Herbstzugperioden 2013-2018 je Höhenklasse am Standort FINO 1 in tagesscharfer Auflösung. Datentabelle zu Abbildung 50. Die angegebenen Mittelwerte (MTR; Echos/h*Höhenklasse) ergeben sich aus den Tagesmittelwerten aller sechs Jahre 2013-2018.

Herbst 2013-2018																				
Höhen- klasse	0 - 100 m		100 - 200 m		200 - 300 m		300 - 400 m		400 - 500 m		500 - 600 m		600 - 700 m		700 - 800 m		700 - 800 m		900 - 1000 m	
Licht- phase	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag
14.07.	19,0	-	7,5	-	21,9	-	12,8	-	6,1	-	1,6	-	2,5	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-
15.07.	11,0	26,7	8,1	12,7	17,4	41,0	7,1	12,5	0,0	1,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0
16.07.	4,6	30,9	20,2	19,0	24,7	51,2	5,6	27,7	1,4	10,5	0,0	7,8	3,5	1,1	0,0	0,0	0,0	2,6	6,8	2,6
17.07.	19,5	51,8	12,9	31,4	26,5	48,8	10,6	23,1	2,5	24,2	1,6	17,2	0,0	22,1	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	8,5
18.07.	41,5	16,6	32,2	8,1	30,2	19,8	5,7	14,8	1,7	9,1	0,0	5,9	1,6	15,1	2,3	3,0	2,9	0,0	0,0	0,0
19.07.	149,4	72,3	55,0	24,0	61,1	24,8	30,1	15,1	10,5	4,7	3,0	2,4	0,0	0,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20.07.	24,0	66,4	25,2	20,7	41,2	26,1	32,8	15,4	11,3	11,9	1,1	3,0	0,0	1,9	0,0	5,8	0,0	1,1	0,0	0,0
21.07.	48,6	40,5	46,3	26,2	49,2	45,7	25,4	37,1	9,9	30,6	1,1	11,1	1,7	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22.07.	42,9	31,6	29,3	28,9	39,8	39,7	40,5	20,2	11,5	8,8	3,0	4,5	0,0	1,5	0,0	0,9	9,8	0,0	0,0	0,0
23.07.	56,3	32,6	51,3	36,0	35,9	59,6	28,2	25,8	15,7	12,0	2,8	2,8	0,0	3,3	0,0	3,3	0,0	1,3	0,0	1,3
24.07.	51,5	71,7	43,3	28,3	54,7	43,7	37,7	22,0	22,0	13,0	12,8	9,6	8,5	2,7	7,7	1,6	14,4	1,1	13,5	1,8
25.07.	44,5	57,7	53,2	28,3	71,9	35,6	60,6	29,3	22,0	24,8	10,1	10,5	4,0	8,7	0,0	4,4	4,2	0,0	10,9	6,9
26.07.	32,4	37,0	18,7	18,1	23,3	31,0	11,6	14,8	4,7	6,9	1,9	3,1	0,0	4,4	1,9	1,8	0,0	0,0	0,0	3,9
27.07.	35,9	49,3	47,4	25,8	56,1	31,4	31,4	16,6	7,3	11,3	2,3	10,0	3,1	6,5	0,0	1,8	0,0	3,7	0,0	6,6
28.07.	61,9	43,8	44,3	20,3	75,0	41,6	52,3	33,8	10,3	21,2	3,1	7,5	0,0	3,8	2,3	2,1	5,8	3,3	0,0	1,7
29.07.	32,9	51,2	34,3	25,5	43,8	36,2	32,5	24,2	3,7	12,4	2,1	6,7	0,0	3,9	0,0	0,7	0,0	6,2	0,0	0,0
30.07.	25,8	55,8	9,0	32,6	19,2	49,6	5,6	22,6	3,7	6,0	2,0	0,9	1,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31.07.	35,2	34,9	24,7	17,3	24,9	11,7	19,3	6,8	7,3	5,0	1,1	0,7	0,0	0,0	2,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01.08.	73,9	38,3	38,6	9,5	49,1	22,6	60,0	21,2	29,9	14,3	7,0	9,1	1,2	8,6	0,0	0,7	3,0	3,8	0,0	1,3
02.08.	106,0	43,1	80,9	18,2	100,1	32,4	82,3	23,4	60,4	8,3	28,2	3,5	19,6	3,1	11,6	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
03.08.	30,3	53,0	40,3	41,1	48,7	41,1	57,5	35,7	23,4	29,2	15,5	20,3	0,0	10,8	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
04.08.	37,7	44,2	28,0	15,2	43,6	27,2	42,1	25,9	21,2	11,3	6,4	1,7	0,0	1,5	2,4	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0
05.08.	74,1	53,5	61,3	21,0	70,6	25,7	68,9	18,5	78,0	13,6	88,5	7,6	59,4	3,6	22,7	2,3	4,4	0,0	5,9	0,0
06.08.	28,2	71,8	6,1	19,4	13,6	28,6	15,2	23,6	8,5	8,9	1,5	14,6	5,0	1,6	0,0	0,0	4,0	0,0	11,3	0,0
07.08.	43,2	46,5	14,2	12,1	22,3	24,1	10,6	25,3	6,0	21,1	2,4	25,4	6,4	26,5	0,0	23,7	0,0	10,4	0,0	10,0
08.08.	51,8	132,7	41,1	24,5	37,3	16,5	29,9	10,9	15,3	4,9	11,5	4,7	6,6	2,6	4,1	3,8	0,0	1,6	0,0	0,0
09.08.	45,8	67,7	42,8	16,5	65,4	24,3	62,4	23,2	34,8	20,7	20,7	6,4	22,6	1,4	6,1	2,4	0,0	1,6	0,0	0,0
10.08.	41,2	77,7	14,8	18,1	15,5	19,1	13,4	12,1	5,6	11,3	1,3	3,7	2,2	2,2	0,0	2,3	0,0	1,8	0,0	0,0
11.08.	42,1	93,8	12,3	17,0	8,2	19,2	7,2	16,2	1,2	6,9	0,7	4,4	0,8	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12.08.	81,9	124,0	25,1	31,8	24,8	34,9	18,7	21,3	7,2	16,0	2,5	8,3	1,9	8,8	0,0	4,1	0,0	1,8	0,0	0,0
13.08.	190,9	123,7	36,9	21,3	22,3	25,2	7,7	11,6	2,9	6,4	0,0	0,5	4,4	1,6	0,0	6,1	0,0	3,8	0,0	0,0
14.08.	35,9	100,0	18,5	28,2	18,7	24,4	11,8	14,9	6,5	4,2	2,5	2,2	1,9	1,9	1,6	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15.08.	54,3	77,1	27,1	14,6	45,8	34,2	49,9	15,1	22,8	20,4	13,7	10,4	17,0	0,6	13,6	0,6	1,7	0,0	5,0	2,5
16.08.	44,4	79,4	27,3	21,6	39,2	29,1	22,4	28,9	9,2	17,5	4,2	5,1	0,8	1,3	2,2	0,0	0,0	3,4	0,0	2,8
17.08.	98,4	89,9	35,7	27,1	39,4	25,9	43,2	27,9	34,0	7,7	26,4	8,1	7,3	6,2	6,7	4,0	9,8	2,7	0,0	3,7
18.08.	29,2	112,2	17,9	36,8	15,0	25,7	17,4	31,7	10,8	26,1	0,0	13,0	2,5	8,7	4,7	2,5	3,1	0,0	0,0	1,9
19.08.	65,3	79,2	13,2	23,3	29,5	20,1	15,2	17,0	2,8	8,4	6,4	5,2	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0
20.08.	51,8	55,9	29,7	28,7	41,6	34,4	37,0	24,2	15,8	11,8	4,9	4,5	4,5	3,6	1,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
21.08.	63,7	76,3	50,3	25,4	48,0	28,6	26,5	24,5	15,7	12,7	5,2	2,6	4,0	2,9	0,0	0,9	2,0	1,7	0,0	0,0
22.08.	56,6	62,7	33,9	15,4	19,6	18,8	13,5	22,3	6,2	8,0	2,5	1,5	1,8	0,7	3,2	2,7	5,8	1,0	0,0	3,3
23.08.	84,1	71,6	58,0	41,6	53,1	37,2	35,3	18,5	7,9	4,5	5,3	1,8	1,6	0,9	0,0	3,9	0,0	2,1	0,0	4,0
24.08.	103,3	122,2	50,8	36,9	60,7	34,7	38,5	17,9	34,5	10,8	21,6	3,2	10,3	1,2	3,2	3,5	0,0	2,5	0,0	7,6
25.08.	84,8	88,2	43,2	35,0	40,7	44,8	29,8	22,6	23,1	8,1	15,5	8,9	5,2	7,7	0,0	7,5	7,1	0,0	0,0	7,5
26.08.	57,4	49,4	35,6	23,8	55,7	29,7	39,0	16,1	21,4	4,1	23,8	6,2	2,9	3,9	4,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
27.08.	28,5	44,4	16,4	16,8	29,0	18,5	23,7	9,9	4,0	8,7	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	1,7	0,0	0,0

Fortsetzung Tabelle 38

28.08.	31,6	56,7	21,7	19,1	26,7	25,8	16,6	21,3	7,8	11,0	2,0	7,3	0,9	7,9	1,9	1,7	3,3	4,3	0,0	0,0
29.08.	18,9	63,8	5,5	57,0	6,0	47,9	4,6	33,1	0,9	28,4	0,7	24,5	0,7	16,1	1,1	16,5	0,0	10,6	0,0	6,1
30.08.	34,2	19,1	31,7	8,1	36,4	11,2	35,8	8,3	13,5	4,3	6,2	1,0	1,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31.08.	97,6	71,1	15,4	17,2	13,6	26,4	6,9	14,5	8,0	15,6	3,2	9,1	4,3	2,2	1,9	1,5	3,5	0,0	0,0	3,9
01.09.	102,8	108,6	41,7	20,6	42,7	12,6	35,0	8,5	47,9	2,2	40,0	9,5	27,1	4,0	19,7	1,2	3,3	0,0	0,0	0,0
02.09.	102,0	147,1	23,6	25,3	30,3	18,8	18,1	8,6	5,9	10,6	0,0	7,2	2,6	5,8	4,5	6,1	3,6	1,4	0,0	11,1
03.09.	38,2	38,3	24,7	10,8	23,6	15,8	24,9	8,7	8,5	1,9	4,9	3,7	1,3	5,4	0,0	3,1	0,0	2,9	2,4	1,6
04.09.	35,2	48,5	54,1	31,3	48,2	24,2	25,0	10,5	5,1	5,2	3,5	3,1	0,0	7,8	0,0	1,2	3,9	4,6	2,3	5,9
05.09.	74,7	84,8	41,2	35,7	51,0	35,8	23,8	15,1	17,0	7,7	5,4	6,8	5,7	0,0	1,3	2,5	4,4	4,5	7,7	0,0
06.09.	13,9	60,7	13,8	31,0	16,6	30,6	9,1	13,0	7,0	12,7	1,9	7,4	1,4	0,7	4,2	5,6	0,0	1,1	3,6	4,8
07.09.	26,0	39,4	7,9	11,7	13,6	12,8	6,8	10,0	2,6	7,2	2,1	7,2	0,0	1,1	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
08.09.	35,5	43,5	26,3	14,7	22,9	21,7	24,3	16,8	15,9	7,5	9,7	2,0	1,6	3,9	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09.09.	24,4	74,5	20,5	17,1	21,7	27,4	10,0	16,2	4,2	6,0	7,1	4,4	0,8	4,6	2,4	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0
10.09.	108,9	42,5	43,9	5,1	31,9	11,3	17,6	3,2	13,9	0,8	15,6	3,4	10,9	0,5	8,9	1,8	4,1	1,0	2,1	0,0
11.09.	63,3	108,9	19,7	27,1	20,4	21,7	9,4	11,3	3,9	3,8	1,1	2,9	1,7	5,3	0,9	0,8	1,4	6,7	0,0	1,6
12.09.	61,6	61,6	34,2	25,2	50,7	27,5	35,9	11,5	20,0	9,1	14,8	5,2	2,4	3,6	2,1	7,7	0,0	0,0	0,0	1,7
13.09.	58,3	36,1	22,0	20,5	21,4	23,4	14,5	14,3	6,3	9,1	1,6	5,7	4,0	3,0	4,7	0,6	0,0	2,1	0,0	2,0
14.09.	160,3	41,2	36,1	11,7	20,9	10,3	9,7	4,3	4,8	2,0	8,5	6,0	2,6	3,3	1,1	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
15.09.	26,3	66,5	14,1	14,2	14,7	8,0	3,2	7,9	2,0	2,4	0,6	0,8	6,2	1,6	4,5	1,2	1,3	8,1	2,1	0,0
16.09.	79,5	66,2	28,2	21,4	26,2	37,1	16,7	21,3	6,6	9,3	4,5	9,4	0,7	4,5	0,9	4,7	0,0	1,2	0,0	0,0
17.09.	65,5	101,3	30,4	30,7	37,3	22,0	24,3	10,9	9,4	3,1	3,0	10,2	2,2	1,7	12,0	6,3	1,9	0,0	6,1	0,0
18.09.	48,7	54,5	22,3	24,9	20,7	23,3	7,3	10,8	5,8	4,7	0,6	9,5	3,5	4,6	0,0	0,7	4,6	1,0	0,0	2,1
19.09.	45,5	37,7	12,0	14,0	12,5	25,8	7,8	16,8	4,6	3,4	1,0	1,1	0,0	4,7	0,0	1,3	1,6	0,0	0,0	0,0
20.09.	72,7	86,3	31,7	18,9	49,5	20,4	33,1	9,2	30,9	1,2	30,0	4,5	19,9	3,4	17,4	0,0	5,2	0,0	6,6	0,0
21.09.	80,3	60,4	33,4	16,8	19,0	9,6	13,4	2,9	6,8	9,3	7,9	3,5	2,5	0,0	2,4	0,0	1,4	3,7	2,5	0,0
22.09.	117,1	134,4	19,0	36,5	15,8	20,4	9,8	13,5	3,8	5,9	4,7	6,3	0,8	7,8	4,0	4,8	5,3	1,9	0,0	4,6
23.09.	134,8	95,8	35,9	30,0	33,6	25,8	24,9	27,5	13,0	19,2	15,4	14,5	15,0	18,2	18,2	15,3	20,3	6,2	20,0	5,7
24.09.	143,5	59,5	59,9	20,2	46,9	18,1	21,0	13,1	11,3	3,7	3,6	2,5	4,1	9,7	5,6	2,0	8,0	1,2	5,1	1,3
25.09.	124,9	115,3	20,7	34,8	22,4	35,0	12,0	23,7	1,8	17,0	0,0	13,8	0,0	1,4	2,4	12,7	3,4	0,0	0,0	0,0
26.09.	79,8	54,7	20,3	18,4	15,9	13,7	7,8	12,2	4,6	5,5	8,4	0,0	7,6	0,0	6,5	0,0	3,4	0,0	18,9	6,9
27.09.	61,9	31,0	19,5	12,7	21,1	12,4	10,8	11,3	6,4	2,5	5,0	5,2	4,2	7,3	2,8	3,2	1,6	0,0	5,4	0,0
28.09.	245,6	37,4	66,5	12,8	42,3	5,8	15,5	4,6	7,2	1,9	13,3	3,1	7,8	3,6	6,8	1,6	1,7	8,7	8,5	10,1
29.09.	340,7	190,7	72,8	45,9	29,9	25,7	14,7	17,4	10,6	6,7	6,3	10,0	5,6	5,9	4,8	4,0	8,2	7,8	2,5	11,5
30.09.	205,9	180,9	38,5	34,4	11,8	14,3	4,8	8,0	1,8	0,9	2,1	4,9	2,3	4,4	7,3	0,0	2,1	4,4	0,0	7,0
01.10.	235,1	175,8	47,5	24,9	13,5	20,3	9,2	15,2	5,3	1,4	0,0	2,0	1,0	9,2	2,1	5,6	0,0	8,6	3,4	2,2
02.10.	426,4	213,7	123,8	40,7	43,0	16,3	16,4	5,2	11,5	2,8	15,7	0,0	9,0	0,0	10,3	1,7	11,4	0,0	2,4	1,9
03.10.	147,4	182,0	49,8	51,7	24,3	19,2	16,6	9,0	9,3	2,2	10,2	9,5	5,2	3,6	8,5	7,2	6,3	2,6	13,8	5,2
04.10.	49,4	110,9	16,4	33,3	13,3	32,1	16,5	27,3	7,3	23,4	2,0	10,7	2,6	5,4	2,8	5,3	1,7	6,2	0,0	6,7
05.10.	358,3	80,9	118,7	35,7	64,6	26,6	45,1	14,2	35,0	14,3	19,8	5,3	22,2	6,9	8,5	3,5	9,2	3,9	0,0	5,4
06.10.	191,6	107,4	55,7	32,8	37,6	21,6	22,1	22,4	11,4	11,6	15,1	24,4	8,4	17,6	2,1	34,8	1,7	20,8	2,6	1,8
07.10.	102,9	45,0	39,0	20,8	23,2	17,5	16,2	14,4	11,4	6,8	11,9	11,0	6,0	6,2	8,1	9,4	3,8	23,5	1,8	31,1
08.10.	169,0	71,8	48,0	32,6	41,9	21,8	29,3	17,7	20,7	23,8	8,7	23,3	9,7	10,2	12,2	10,8	10,9	3,9	8,6	9,6
09.10.	247,5	111,8	69,4	17,2	35,0	19,6	28,0	9,8	13,6	4,9	12,4	2,7	9,0	6,7	5,4	13,9	6,6	15,8	3,4	4,0
10.10.	392,1	83,2	87,5	22,6	54,2	18,4	30,7	15,8	17,1	19,3	12,8	7,0	25,7	7,1	15,9	4,2	8,2	7,8	9,9	7,0
11.10.	347,5	169,5	96,7	73,1	39,8	55,5	38,8	55,9	19,8	31,0	16,3	25,0	9,9	7,6	22,4	5,0	25,9	1,6	8,9	3,3
12.10.	235,2	69,3	76,4	27,0	30,2	39,7	17,2	19,8	15,1	32,7	10,7	16,2	8,6	17,0	5,6	11,6	6,0	16,0	4,2	13,7
13.10.	303,6	149,9	98,3	49,8	52,3	37,9	19,1	33,7	12,4	12,5	10,6	3,4	5,6	5,0	8,3	7,9	4,9	4,6	3,6	9,0
14.10.	113,6	65,7	26,2	42,1	23,9	27,2	5,3	25,8	1,2	23,3	1,1	18,8	4,0	16,0	3,4	31,4	2,7	13,8	2,6	16,2
15.10.	230,2	109,0	64,9	81,9	36,2	62,4	27,6	19,9	24,5	9,4	20,6	12,4	26,0	14,7	11,4	8,1	31,9	20,8	49,9	0,0
16.10.	126,9	74,8	44,4	41,7	42,2	34,3	21,1	25,5	18,7	17,1	15,1	34,4	11,8	32,8	6,8	20,0	10,3	18,1	5,4	21,0

Fortsetzung Tabelle 38

17.10.	297,0	135,3	86,0	37,6	59,1	22,2	42,3	20,5	15,5	14,0	10,8	12,7	11,3	12,4	4,9	3,1	1,3	9,4	6,9	8,2
18.10.	381,4	85,0	173,1	24,4	87,4	18,7	65,4	11,8	36,7	12,4	23,8	9,9	21,6	16,9	27,5	8,3	29,6	0,0	65,4	4,3
19.10.	290,5	80,1	101,9	38,8	66,0	39,6	41,2	25,6	27,5	26,1	17,1	36,3	24,1	40,7	31,3	25,6	57,9	20,8	100,4	11,0
20.10.	159,1	77,7	69,5	14,4	41,3	20,3	31,5	13,6	16,8	21,0	17,3	7,2	15,5	8,8	10,6	15,8	8,7	0,0	13,9	11,9
21.10.	135,1	28,3	29,6	2,9	15,4	10,4	7,3	2,7	8,3	1,9	5,5	14,7	0,8	1,2	1,6	2,0	0,0	5,4	0,0	0,0
22.10.	46,8	62,8	2,1	8,2	7,5	8,0	4,8	4,0	2,2	4,7	0,5	0,5	0,0	0,0	1,9	5,5	0,0	0,0	4,1	0,0
23.10.	174,4	90,7	45,2	30,8	25,2	31,3	14,3	8,7	10,4	11,4	14,4	4,0	14,0	11,8	9,6	4,7	16,5	4,5	6,7	5,0
24.10.	122,9	128,6	30,3	25,6	15,0	22,8	9,8	10,9	5,6	12,5	4,1	18,9	3,4	24,5	4,2	13,9	7,9	10,9	10,6	8,8
25.10.	91,3	59,6	37,4	9,1	22,8	3,1	12,2	6,8	6,0	1,4	4,7	3,5	11,0	3,2	12,0	1,8	27,0	2,6	28,9	0,0
26.10.	121,3	79,7	41,4	25,5	32,8	32,5	10,4	13,2	10,1	14,0	10,1	21,9	12,6	5,2	6,1	8,6	6,3	9,6	5,7	4,6
27.10.	183,0	106,5	55,1	23,4	51,2	14,0	35,5	14,0	29,9	3,9	23,0	2,6	28,9	5,9	25,5	8,7	15,0	7,2	18,9	0,0
28.10.	208,2	105,4	46,2	27,2	29,7	8,9	24,6	5,0	25,3	3,5	11,2	4,6	20,9	0,0	19,4	3,1	12,0	3,0	12,1	0,0
29.10.	336,8	136,2	117,2	27,8	73,5	13,4	75,2	18,6	62,5	15,3	62,9	17,6	61,4	7,9	63,4	19,3	80,8	17,7	89,2	7,3
30.10.	66,1	100,4	26,4	45,1	18,6	33,7	12,4	30,9	9,1	30,8	12,5	31,6	12,2	25,7	7,0	20,3	15,3	15,8	8,0	17,6
31.10.	18,6	38,0	10,9	21,2	3,7	8,0	2,1	10,3	0,8	9,3	2,3	7,4	5,9	5,2	3,5	1,9	0,0	1,4	2,1	17,6
01.11.	54,4	47,0	7,3	5,9	10,7	3,4	7,1	2,0	3,1	4,4	2,4	5,2	2,6	4,5	3,3	3,7	2,7	4,1	3,7	0,0
02.11.	100,7	64,5	87,1	32,9	39,4	5,8	11,2	8,0	19,5	36,3	7,3	13,9	6,0	17,0	5,9	2,6	8,6	0,0	5,4	2,8
03.11.	34,3	71,0	19,0	31,7	12,6	7,5	8,3	15,4	6,1	19,0	6,7	16,1	5,1	11,1	1,1	34,9	2,7	10,3	0,0	8,6
04.11.	39,0	22,2	9,0	9,0	5,1	3,2	2,7	3,5	2,9	0,5	5,0	7,3	9,1	4,9	2,3	7,0	1,3	0,0	5,4	3,0
05.11.	82,2	53,8	28,0	8,5	16,1	9,8	8,8	7,5	7,7	7,7	14,5	0,6	22,7	5,9	10,8	19,2	11,7	5,1	0,0	10,3
06.11.	116,2	142,6	34,4	19,9	23,9	12,2	10,2	1,6	7,8	5,2	5,5	5,7	4,8	2,1	4,1	8,1	2,2	7,5	4,7	5,3
07.11.	190,9	145,0	39,2	26,6	20,7	7,6	9,9	12,0	9,1	7,4	25,3	12,1	36,3	2,9	37,6	14,4	12,5	22,1	10,0	10,6
08.11.	159,3	93,1	47,5	17,7	17,7	10,5	9,8	6,3	4,6	2,0	9,3	12,3	6,2	10,2	10,8	1,2	9,7	1,5	5,0	11,4
09.11.	85,4	204,9	45,7	52,0	36,9	7,4	38,7	18,4	30,3	10,7	33,8	15,3	25,8	25,0	12,2	5,1	11,7	11,0	2,7	7,7
10.11.	255,4	271,7	63,5	62,6	36,6	14,9	29,1	8,6	17,0	5,8	15,6	5,8	15,4	13,7	26,0	0,0	44,7	3,4	21,0	2,3
11.11.	83,9	72,3	22,3	17,9	8,2	2,1	7,5	8,8	7,6	7,5	5,3	4,9	9,5	3,7	3,9	11,1	1,2	13,8	3,2	3,7
12.11.	313,9	70,7	41,5	21,8	20,7	10,6	11,4	2,0	9,8	4,2	5,9	4,7	4,7	5,3	9,1	0,0	3,6	4,9	3,5	3,8
13.11.	90,6	176,7	14,6	24,9	9,5	14,6	11,7	4,2	5,5	2,7	2,2	0,5	0,0	3,0	2,6	0,0	2,6	3,8	2,3	0,0
14.11.	126,2	87,3	19,7	10,1	8,3	5,8	9,2	1,0	3,2	0,4	4,3	0,0	5,3	0,0	6,3	7,1	4,4	18,4	1,6	11,5
15.11.	79,2	60,4	12,3	5,7	26,7	4,4	33,6	0,7	13,9	0,5	11,7	0,0	9,2	0,0	1,0	0,0	5,3	0,0	10,9	0,0
MW	108,2	81,3	39,2	25,5	32,9	24,1	22,7	16,1	13,0	10,6	9,3	8,1	7,5	6,5	6,1	5,4	5,8	4,3	5,8	3,9

Anhang II – Offshore-Windparks im Cluster ‚Nördlich Borkum‘

Die Reihenfolge der OWPs entspricht der Nummerierung in Abbildung 2.

Für jeden OWP im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ wurde ein Vergleich der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides mit den Ergebnissen des aktuellen Cluster-Monitorings durchgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass die Größe und Lage der Untersuchungsgebiete der einzelnen OWP mit denen des Clusters nicht übereinstimmen (vgl. Kap. 2).

Während sich die OWP Nr. 1 bis 17 in den Gebieten für die schiff- und flugzeugbasierten Untersuchungen befinden, liegt der OWP ‚Riffgat‘ außerhalb des Clusters und der Untersuchungsgebiete und wird im Folgenden nicht berücksichtigt.

Zwar liegen die OWP-Projekte ‚*alpha ventus*‘ (Nr. 6), ‚Nordsee Two‘ (Nr. 9) und ‚Nordsee Three‘ (Nr. 13) im Cluster ‚Nördlich Borkum‘, sind aber nicht Teil der UMBO GmbH. Mit Veröffentlichung des FEP im Juni 2019 (BSH 2019), wurden zudem die OWP-Projekte ‚Nordsee Two‘ (Nr. 9), ‚OWP Delta Nordsee 1‘ (Nr. 10), ‚OWP Delta Nordsee 2‘ (Nr. 11), ‚Nordsee Three‘ (Nr. 13) und eine Teilfläche von ‚Gode Wind 04‘ (Nr. 17) als veränderte Flächen N-3.5 bis N-3.8 neu ausgewiesen (vergl. Abbildung 82) und sind seitdem erweitert nicht mehr Teil der UMBO GmbH. Aus diesem Grund wird für diese Projekte keine Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides vorgenommen. Lediglich ‚Gode Wind 04‘ wird überprüft, weil eine Teilfläche weiterhin Teil der UMBO GmbH bleibt. Die OWP-Projekte und Koordinaten der Eckpunkte dieser Flächen entsprechen denen vor Veröffentlichung des FEP 2019.

Im September 2019 wurden die drei Windparks ‚Borkum Riffgrund West I und II‘ sowie ‚OWP West‘ von Ørsted unter dem gemeinsamen Namen ‚Borkum Riffgrund 3‘ zusammengefasst. Eine verkleinerte Teilfläche von ‚Gode Wind 04‘, die nach der Vergabe im Rahmen des FEP 2019 noch Teil der UMBO GmbH geblieben ist, wurde mit ‚Gode Wind 03‘ zum Windpark ‚Gode Wind 03‘ zusammengefasst. Beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde die Zusammenlegung beantragt. Bei der Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides dieser OWP-Projekte, werden die Flächen vor Zusammenführung betrachtet.

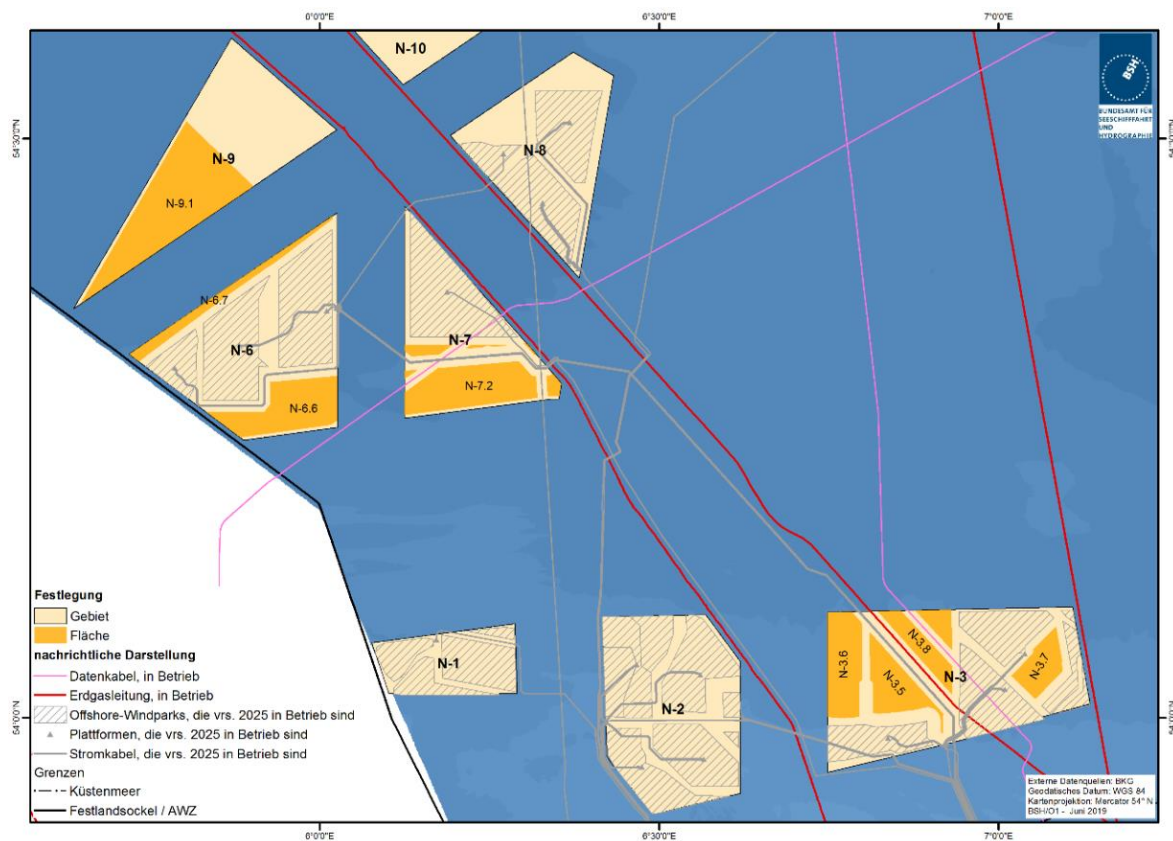


Abbildung 82: Flächen in den Gebieten N-1, N-2 und N-3 nach dem Flächenentwicklungsplan 2019 (BSH 2019), die im Cluster ‚Nördlich Borkum‘ liegen.

A.1.1 Borkum Riffgrund West II (Nr. 1)

Historie und Koordinaten

Der OWP „Borkum Riffgrund West II“ befand sich 2019 in Planung. Zum Zeitpunkt des Erörterungstermins in 2013 waren 43 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 240 MW in dem ca. 16 km² großen Gebiet geplant. Im September 2019 wurde der OWP gemeinsam mit den OWPs „Borkum Riffgrund West I“ und „OWP West“ von Ørsted unter dem Namen „Borkum Riffgrund 3“ zusammengefasst. Beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde die Zusammenlegung beantragt. Die Fertigstellung des OWP ist für 2024 geplant.

Tabelle 39: Koordinaten der Eckpunkte des OWP „Borkum Riffgrund West II“ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
16 km ²	westliche Teilfläche	
	54°03'40,23" N	6°05'0,73" E
	54°03'54,90" N	6°05'42,99" E
	54° 04'10,02" N	6°09'17,27" E
	54°04'05,27" N	6°10'00,51" E
	54°03'45,88" N	6°10'01,47" E
	54°03'16,57" N	6°08'36,92" E
	54°02'08,65" N	6°07'14,34" E
	54°01'53,98" N	6°06'32,11" E
	54°02'18,11" N	6°05'47,91" E
	54°03'21,72" N	6°04'53,59" E
	östliche Teilfläche	
	54°04'31,75" N	6°12'53,90" E
	54°04'43,36" N	6°16'25,75" E
	54°04'38,63" N	6°17'11,74" E
	54°04'03,06" N	6°17'13,32" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Da der OWP „Borkum Riffgrund West II“ noch in Planung ist, liegt noch kein Genehmigungsbescheid vor.

A.1.2 OWP West (Nr. 2)

Historie und Koordinaten

Der Windpark ‚OWP West‘ (Abbildung 82) wurde am 15.04.2014 genehmigt. Auf dem ca. 14 km² großen Gebiet sollten 41 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 240 MW errichtet werden. Im September 2019 wurde der OWP gemeinsam mit den OWPs ‚Borkum Riffgrund West I‘ und ‚Borkum Riffgrund West II‘ von Ørsted unter dem Namen ‚Borkum Riffgrund 3‘ zusammengefasst. Beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde die Zusammenlegung beantragt. Die Fertigstellung des OWP ist für 2024 geplant.

Tabelle 40: Koordinaten der Eckpunkte des Windparks ‚OWP West‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
14 km ²	54°03'07,08" N	6°10'03,36" E
	54°01'49,68" N	6°10'07,20" E
	54°01'44,94" N	6°10'50,40" E
	54°01'30,66" N	6°12'59,94" E
	54°01'21,12" N	6°14'26,34" E
	54°01'11,52" N	6°15'52,74" E
	54°01'10,44" N	6°07'17,28" E
	54°01'15,18" N	6°06'34,08" E
	54°01'34,56" N	6°06'33,06" E
	54°02'57,18" N	6°08'37,86" E
	54°03'11,82" N	6°09'20,16" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks ‚OWP West‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.3 Borkum Riffgrund West I (Nr. 3)

Historie und Koordinaten

Am 25.02.2004 wurde der OWP „Borkum Riffgrund West I“ (Abbildung 82) genehmigt. Auf dem rd. 30 km² großen Gebiet sollten 80 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 420 MW errichtet werden. Im September 2019 wurde der OWP gemeinsam mit den OWPs „Borkum Riffgrund West I“ und „Borkum Riffgrund West II“ von Ørsted unter dem Namen „Borkum Riffgrund 3“ zusammengefasst. Beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde die Zusammenlegung beantragt. Die Fertigstellung des OWP ist für 2024 geplant.

Tabelle 41: Koordinaten der Eckpunkte des OWP „Borkum Riffgrund West I“ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
30 km ²	54° 04' 19,74" N	6° 10' 44,52" E
	54° 03' 37,20" N	6° 17' 15,12" E
	54° 01' 21,00" N	6° 17' 21,72" E
	54° 02' 04,14" N	6° 10' 51,12" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Borkum Riffgrund West I“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.4 Trianel Windpark Borkum (Nr. 4a und 4b)

Historie und Koordinaten

Der OWP ‚Trianel Windpark Borkum‘ hat eine Fläche von ca. 56 km². Am 03.09.2011 startete die 1. Ausbauphase (4a) mit der Errichtung von 40 WEA. Im April 2012 (05.04.2012) fand die letzte Rammung statt. Während alle Turbinen am 01.06.2014 installiert waren, war der offizielle Betriebsbeginn am 17.05.2015. Die 2. Ausbauphase (4b) beinhaltet die Installation von weiteren 32 WEA. Mit der Errichtung der WEA wurde am 28.06.2018 begonnen. Die Rammungen waren am 26.11.2018 abgeschlossen. In 2019 wurden 50 % der WEA fertig errichtet. Die komplette Inbetriebnahme ist aktuell für Sommer 2020 geplant. Am 17.05.2020 wurde die letzte Turbine errichtet.

Tabelle 42: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Trianel Windpark Borkum‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe: ca. 56 km ²	Latitude	Longitude
1. Ausbauphase im Betrieb	54°00'00,13" N	6°27'11,84" E
	54°00'45,83" N	6°27'13,17" E
	54°02'35,04" N	6°28'14,10" E
	54°03'42,56" N	6°27'45,40" E
	54°03'41,49" N	6°25'01,59" E
	54°05'15,22" N	6°24'56,16" E
	54°05'17,12" N	6°27'25,34" E
	54°05'09,63" N	6°27'28,80" E
	54°04'44,73" N	6°28'17,49" E
	54°02'36,03" N	6°28'32,48" E
	54°02'17,12" N	6°29'19,72" E
	54°01'58,79" N	6°29'22,56" E
	54°01'53,11" N	6°29'16,15" E
	54°00'00,11" N	6°29'22,45" E

Fortsetzung Tabelle 42

Größe: ca. 56 km ²	Latitude	Longitude
2. Ausbauphase im Bau	54°01'58,79" N	6°29'22,56" E
	54°02'17,12" N	6°29'19,72" E
	54°02'36,03" N	6°28'32,48" E
	54°04'44,73" N	6°28'17,49" E
	54°05'09,63" N	6°27'28,80" E
	54°05'17,12" N	6°27'25,34" E
	54°05'20,11" N	6°31'28,42" E
	54°04'16,75" N	6°31'32,09" E
	54°03'12,78" N	6°30'46,08" E
	54°00'00,13" N	6°27'11,84" E
	54°00'00,11" N	6°25'14,38" E
	54°03'41,49" N	6°25'01,59" E
	54°03'42,56" N	6°27'45,40" E
	54°02'35,04" N	6°28'14,10" E
	54°00'45,83" N	6°27'13,17" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Ausbauphase 1: Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Trianel Windpark Borkum“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

Ausbauphase 2: Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Trianel Windpark Borkum“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.5 Merkur Offshore (Nr. 5)

Historie und Koordinaten

Der OWP ‚Merkur Offshore‘ wurde am 31.08.2009 mit 80 Windenergieanlagen auf einer Fläche von 47 km² genehmigt. Mit der Plangenehmigung vom 20.04.2016 wurde die Anzahl der Windenergieanlagen auf 66 reduziert. Die Größe des Windparkgebietes beträgt nun 39 km². Mit dem Bau wurde am 20.04.2017 begonnen. Die Rammphase endete mit der letzten Rammung am 07.07.2017. Die Errichtung der Turbinen dauerte bis zum 13.09.2018. Die Betriebsfreigabe fand am 29.07.2019 statt. Vorher befanden sich die Anlagen bereits im Probetrieb.

Tabelle 43: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Merkur Offshore‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
39 km ²	54° 05' 20,67"	6° 32' 22,36"
	54° 05' 21,27"	6° 33' 06,44"
	54° 05' 08,89"	6° 33' 51,86"
	54° 02' 36,62"	6° 37' 07,74"
	54° 02' 10,91"	6° 37' 07,64"
	54° 02' 02,19"	6° 34' 01,66"
	54° 00' 15,50"	6° 34' 07,24"
	54° 00' 27,04"	6° 30' 15,95"
	54° 01' 47,49"	6° 30' 12,09"

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks ‚Merkur Offshore‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.6 *alpha ventus* (Nr. 6)

Historie und Koordinaten

‚*alpha ventus*‘ ist der erste deutsche Offshore-Windpark in der AWZ der Nordsee. Auf einem 6,5 km² großen Gebiet wurden zwölf Windenergieanlagen errichtet. Ab Juli 2008 erfolgte der Aufbau der Plattform ‚*alpha ventus*‘, die Gründungsarbeiten für das Umspannwerk begannen im September 2008. Ab April 2009 wurden die Gründungsarbeiten der zwölf WEA durchgeführt. Die Errichtung der WEA war im November 2009 abgeschlossen. Die offizielle Inbetriebnahme des OWP ‚*alpha ventus*‘ erfolgte am 27. April 2010.

Tabelle 44: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚*alpha ventus*‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
6,5 km ²	54°00'00,00" N	6°35'24,00" E
	54°01'36,00" N	6°35'18,00" E
	54°01'36,00" N	6°37'18,00" E
	54°00'00,00" N	6°37'24,00" E

A.1.7 Borkum Riffgrund 1 (Nr. 7)

Historie und Koordinaten

Der OWP „Borkum Riffgrund 1“ (Größe: 36 km²) umfasst 78 Windenergieanlagen des Typs Siemens 3.6-120 und ein Umspannwerk (Offshore-Substation).

Baubeginn im Projekt „Borkum Riffgrund 1“, zunächst mit der Installation der Offshore Substation, war im August 2013. Die Offshore-Substation besteht aus einer Jacket-Gründung mit acht Gründungspfählen sowie einer Topside. Im Oktober 2013 wurde mit dem Ausbringen der Filterschicht für den Kolkchutz der Fundamente begonnen. Die eigentlichen Bauarbeiten mit der Gründung von insgesamt 77 Monopiles und Transition Pieces begannen am 21.01.2014. Die Rammungen wurden am 28.07.2014 abgeschlossen. Die Turbinen waren am 22.05.2015 komplett installiert. Seit dem 14.06.2015 ist der OWP offiziell in Betrieb.

Tabelle 45: Koordinaten der Eckpunkte des OWP „Borkum Riffgrund 1“ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
ca. 36 km ²	53° 59' 40,00" N	6° 29' 28,00" E
	53° 59' 40,00" N	6° 33' 36,00" E
	53° 57' 39,00" N	6° 37' 01,00" E
	53° 56' 25,00" N	6° 37' 01,00" E
	53° 56' 25,00" N	6° 32' 54,00" E
	53° 58' 26,00" N	6° 29' 29,00" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Borkum Riffgrund 1“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.8 Borkum Riffgrund 2 (Nr. 8)

Historie und Koordinaten

Der OWP „Borkum Riffgrund 2“ wurde am 30.12.2011 genehmigt. Im OWP, der aus zwei Teilflächen besteht (Größe insgesamt: ca. 35 km²), stehen 56 Windenergieanlagen. Mit dem Bau des Umspannwerks wurde am 17.07.2017 begonnen. Die Fundamente wurden zwischen dem 05.03.2018 und 25.05.2018 errichtet. Die letzte WEA wurde am 31.08.2018 installiert. Die Inbetriebnahme der letzten WEA laut EEG war am 08.11.2018. Seit dem 04.06.2019 ist der OWP offiziell in Betrieb.

Tabelle 46: Koordinaten der Eckpunkte des OWP „Borkum Riffgrund 2“ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
35 km ²	östliche Teilfläche	
	53° 59' 15,45"	6° 35' 38,94"
	53° 59' 15,44"	6° 37' 01,28"
	53° 58' 26,92"	6° 37' 01,25"
	westliche Teilfläche	
	53° 55' 55,77"	6° 36' 14,07"
	53° 55' 03,16"	6° 30' 04,18"
	53° 54' 59,09"	6° 29' 20,66"
	53° 57' 11,86"	6° 26' 21,05"
	53° 57' 38,16"	6° 25' 52,22"
	53° 58' 02,15"	6° 25' 26,95"
	53° 59' 14,22"	6° 25' 21,48"
	53° 59' 27,77"	6° 26' 29,30"
	53° 59' 27,76"	6° 28' 25,31"
	53° 58' 26,31"	6° 28' 25,49"
	53° 58' 02,27"	6° 28' 47,50"
	53° 57' 40,00"	6° 28' 47,56"
	53° 57' 12,25"	6° 30' 30,50"
	53° 56' 24,32"	6° 32' 13,36"
	53° 55' 58,03"	6° 33' 11,93"

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Borkum Riffgrund 2“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.9 Nordsee Two (Nr. 9)

Historie und Koordinaten

Der OWP ‚Nordsee Two‘ wurde am 26.08.2013 genehmigt und hat eine Größe von 36 km². Es sollten 48 Windenergieanlagen errichtet werden. Mit Veröffentlichung des FEP im Juni 2019 (BSH 2019), wurde das OWP-Projekt ‚Nordsee Two‘ als veränderte Fläche N-3.8 neu ausgewiesen und ist seitdem nicht mehr Teil der UMBO GmbH.

Tabelle 47: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Nordsee Two‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
36 km ²	54°05'33,13" N	6°49'17,29" E
	54°05'33,01" N	6°55'42,78" E
	54°05'17,35" N	6°55'55,47" E
	54°02'40,57" N	6°55'55,48" E
	54°01'19,38" N	6°55'41,39" E
	54°01'38,31" N	6°55'12,46" E
	54°05'17,84" N	6°49'40,02" E
	54°05'33,13" N	6°49'17,29" E

A.1.10 OWP Delta Nordsee I (Nr. 10)

Historie und Koordinaten

Am 11.02.2005 wurde der Windpark ‚OWP Delta Nordsee I‘ genehmigt. In dem 17 km² großen Gebiet sollten 47 Windenergieanlagen errichtet werden. Für den Baubeginn bestand eine Fristverlängerung bis zum 30.06.2020. Mit Veröffentlichung des FEP im Juni 2019 (BSH 2019), wurde das OWP-Projekt ‚OWP Delta Nordsee I‘ zusammen mit dem OWP-Projekt ‚OWP Delta Nordsee II‘ als veränderte Fläche N-3.6 neu ausgewiesen und ist seitdem nicht mehr Teil der UMBO GmbH.

Tabelle 48: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Delta Nordsee I‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
17 km ²	54°04'09,00" N	6°44'51,60" E
	54°04'09,00" N	6°47'03,00" E
	54°00'22,20" N	6°47'03,00" E
	54°00'22,20" N	6°44'51,60" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks OWP ‚Delta Nordsee I‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.11 OWP Delta Nordsee II (Nr. 11)

Historie und Koordinaten

Der Windpark ‚OWP Delta Nordsee II‘ wurde am 31.08.2009 genehmigt. Das Gebiet hat eine Größe von 10 km². Es sollten 32 Windenergieanlagen errichtet werden. Für den Baubeginn bestand wie bei ‚OWP Delta Nordsee I‘ eine Fristverlängerung bis zum 30.06.2020. Mit Veröffentlichung des FEP im Juni 2019 (BSH 2019), wurde das OWP-Projekt ‚OWP Delta Nordsee II‘ zusammen mit dem OWP-Projekt ‚OWP Delta Nordsee I‘ als veränderte Fläche N-3.6 neu ausgewiesen und ist seitdem nicht mehr Teil der UMBO GmbH.

Tabelle 49: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Delta Nordsee II‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
10 km ²	54°04'39,67" N	6°44'51,60" E
	54°04'39,61" N	6°47'39,38" E
	53°59'59,15" N	6°47'38,93" E
	53°59'59,21" N	6°44'51,47" E
	54°04'09,25" N	6°44'51,48" E
	54°04'09,23" N	6°47'03,47" E
	54°00'22,15" N	6°47'03,26" E
	54°00'22,17" N	6°44'51,47" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks OWP ‚Delta Nordsee II‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.12 Nordsee One (Nr. 12)

Historie und Koordinaten

Auf einer Fläche von ca. 41 km² sollen im OWP „Nordsee One“ 54 Windenergieanlagen errichtet werden. Der OWP wurde am 04.04.2012 genehmigt. Der Bau wurde am 14.12.2015 begonnen. Die letzte Rammung fand am 07.05.2016 statt. Seit dem 20.12.2017 ist der OWP „Nordsee One“ offiziell in Betrieb.

Tabelle 50: Koordinaten der Eckpunkte des OWP „Nordsee One“ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
ca. 41 km ²	53°57'14,42" N	6°44'51,61" E
	53°59'38,09" N	6°44'51,61" E
	53°59'50,73" N	6°53'40,22" E
	53°58'58,07" N	6°53'40,43" E
	53°58'36,69" N	6°54'11,07" E
	53°58'15,22" N	6°51'53,78" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Nordsee One“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.13 Nordsee Three (Nr. 13)

Historie und Koordinaten

Am 26.08.2013 wurde der OWP ‚Nordsee Three‘ genehmigt. Auf der 37 km² großen Fläche sollten 60 Windenergieanlagen errichtet werden. Mit Veröffentlichung des FEP im Juni 2019 (BSH 2019), wurde das OWP-Projekt ‚Nordsee Three‘ als veränderte Fläche N-3.5 neu ausgewiesen und ist seitdem nicht mehr Teil der UMBO GmbH.

Tabelle 51: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Nordsee Three‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
29 km ²	54°04'49,94" N	6°48'19,92" E
	54°05'04,18" N	6°47'05,47" E
	54°05'02,31" N	6°44'51,61" E
	54°05'29,77" N	6°44'51,61" E
	54°05'31,72" N	6°47'15,40" E
	54°05'11,57" N	6°47'48,14" E
	54°00'31,74" N	6°48'24,26" E
	54°04'49,94" N	6°48'19,92" E
	54°02'51,35" N	6°51'22,64" E
	54°01'56,99" N	6°52'45,58" E
	54°00'26,15" N	6°55'02,50" E
	54°00'04,08" N	6°55'15,91" E
	53°59'37,43" N	6°55'15,26" E
	53°59'12,58" N	6°55'13,83" E
	53°59'08,77" N	6°54'29,40" E
	53°59'30,67" N	6°54'27,04" E
	53°59'57,18" N	6°54'27,03" E
	54°00'19,36" N	6°54'07,51" E
	54°00'15,89" N	6°52'58,80" E
	54°00'12,12" N	6°49'27,65" E

A.1.14 Gode Wind 01 (Nr. 14)

Historie und Koordinaten

Der OWP ‚Gode Wind 01‘, der eine Größe von 42 km² hat, wurde am 28.06.2006 genehmigt und durch den Änderungsbescheid vom 31.07.2013 angepasst. Am 09.06.2015 begannen die Rammungen der 55 Windenergieanlagen im OWP ‚Gode Wind 01‘. Am 13.09.2015 waren die Rammungen abgeschlossen und alle Turbinen am 19.05.2016 vollständig installiert. Seit dem 31.07.2016 ist der OWP ‚Gode Wind 01‘ offiziell in Betrieb.

Tabelle 52: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 01‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
42 km ²	53° 59' 54,86" N	7° 04' 03,30" E
	53° 59' 43,14" N	7° 02' 43,26" E
	53° 58' 54,83" N	6° 57' 10,09" E
	53° 59' 37,73" N	6° 56' 30,04" E
	54° 03' 53,88" N	6° 56' 34,44" E
	54° 03' 35,38" N	6° 57' 28,49" E
	54° 03' 17,89" N	6° 58' 03,62" E
	54° 02' 33,06" N	6° 59' 27,84" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks ‚Gode Wind 01‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.15 Gode Wind 02 (Nr. 15)

Historie und Koordinaten

Der OWP ‚Gode Wind 02‘ wurde am 27.07.2009 genehmigt. Die Fläche wurde in zwei Flächen aufgeteilt und in ‚Gode Wind 02‘ und ‚Gode Wind 04‘ (s. A.1.17) umbenannt. Mit den Änderungsbescheiden vom 31.07.2013 wurde diese Aufteilung genehmigt. Die OWP haben jeweils eine Fläche von 29 km². Die Rammungen der 42 Windenergieanlagen im OWP ‚Gode Wind 02‘ begannen am 14.04.2015. Die letzte Rammung erfolgte am 26.06.2015. Am 12.01.2016 waren alle Turbinen vollständig installiert. Seit dem 28.05.2016 ist der OWP ‚Gode Wind 02‘ offiziell in Betrieb.

Tabelle 53: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 02‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
Gode Wind 02 29 km ²	54°05'12,76" N	7°04'50,42" E
	54°03'44,17" N	7°02'19,36" E
	54°03'20,14" N	7°02'18,10" E
	54°03'22,73" N	7°01'42,79" E
	54°02'39,87" N	7°00'29,59" E
	54°04'47,42" N	6°56'29,95" E
	54°05'32,25" N	6°56'29,84" E
	54°05'35,23" N	7°04'12,23" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks ‚Gode Wind 02‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.16 Gode Wind 03 (Nr. 16)

Historie und Koordinaten

Dem OWP „Gode Wind 03“ (Abbildung 82) wurde am 22.12.2016 der Planfeststellungsbeschluss erteilt. Auf einer Fläche von 4 km² sollten 14 Windenergieanlagen errichtet werden. Im September 2019 wurde der OWP gemeinsam mit dem OWP „Gode Wind 04“ von Ørsted unter dem Namen „Gode Wind 03“ zusammengefasst. Beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde die Zusammenlegung beantragt. Die Fertigstellung ist für 2024 geplant.

Tabelle 54: Koordinaten der Eckpunkte des OWP „Gode Wind 03“ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
4 km ²	südliche Teilfläche	
	54° 3' 04,20"	7° 7' 19,05"
	54° 0' 39,84"	7° 8' 02,99"
	54° 0' 16,49"	7° 5' 22,92"
	54° 0' 40,91"	7° 6' 03,48"
	54° 1' 25,69"	7° 7' 29,50"
	nördliche Teilfläche	
	54° 05' 35,66"	7° 05' 29,28"
	54° 05' 36,66"	7° 06' 32,54"
	54° 04' 55,73"	7° 06' 45,04"
	54° 05' 14,14"	7° 06' 0,30"

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks „Gode Wind 03“, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.17 Gode Wind 04 (Nr. 17)

Historie und Koordinaten

Der OWP ‚Gode Wind 04‘ (Abbildung 82) wurde als OWP ‚Gode Wind 02‘ am 27.07.2009 genehmigt. Auf einer Fläche von rd. 30 km² sollten 42 Windenergieanlagen errichtet werden. Die Fläche wurde während der weiteren Projektplanung in zwei Flächen aufgeteilt, woraus die beiden OWPs ‚Gode Wind 02‘ und ‚Gode Wind 04‘ entstanden. Mit den Änderungsbescheiden vom 31.07.2013 wurde diese Aufteilung genehmigt. Mit Veröffentlichung des FEP 2019 (BSH 2019) wurde im Juni 2019 ein Teil der Fläche von ‚Gode Wind 04‘ der Fläche N-3.7 zugewiesen. Im September 2019 wurde von Ørsted die verbleibende Fläche Gode Wind 04 gemeinsam mit dem OWP ‚Gode Wind 03‘ unter dem Namen ‚Gode Wind 03‘ zusammengefasst. Beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wurde die Zusammenlegung beantragt. Die Fertigstellung ist für 2024 geplant.

Tabelle 55: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 04‘ vor Veröffentlichung des FEP 2019 (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
Gode Wind 04 29 km ²	54°02'18,34" N	7°01'09,97" E
	54°04'50,37" N	7°05'28,46" E
	54°04'33,91" N	7°06'16,73" E
	54°04'11,45" N	7°06'54,86" E
	54°01'56,96" N	7°06'54,60" E
	54°00'27,36" N	7°04'22,21" E

Tabelle 56: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Gode Wind 04‘ nach Veröffentlichung des FEP 2019 (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
Gode Wind 04 10 km ²	54°05'03,07" N	7°05'39,25" E
	54°04'33,16" N	7°06'51,93" E
	54°03'20,13" N	7°07'14,20" E
	54°03'06,72" N	7°06'51,24" E
	54°01'32,49" N	7°07'01,26" E
	54°00'53,04" N	7°05'45,31" E
	54°00'10,65" N	7°04'34,80" E
	54°00'37,68" N	7°03'47,81" E
	54°02'15,94" N	7°06'30,27" E

Überprüfung der Auswirkungsprognose des Genehmigungsbescheides

Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen für das Untersuchungsgebiet die Prognose aus dem Genehmigungsbescheid des Windparks ‚Gode Wind 04‘, dass durch den Bau und Betrieb dieses Windparks keine Gefährdung des Vogelzuges entsteht.

A.1.18 Riffgat (nicht abgebildet)

Der OWP ‚Riffgat‘ befindet sich in der niedersächsischen 12-Seemeilenzone. Die Errichtung der OWEA begann im Juni 2012. Im August 2013 wurde die Umspannplattform aufgestellt. Der Windpark wurde nach 14 Monaten Bauzeit im August 2013 fertig errichtet. Der Anschluss ans Stromnetz erfolgte am 12.02.2014. Auf einer Fläche von ca. 6 km² stehen 30 Windenergieanlagen.

Tabelle 57: Koordinaten der Eckpunkte des OWP ‚Riffgat‘ (Grad, Minuten und Sekunden, Kartendatum: WGS 84).

Größe	Latitude	Longitude
6 km ²	53°41'33,00" N	6°26'12,00" E
	53°42'10,20" N	6°30'36,00" E
	53°41'32,40" N	6°30'51,60" E
	53°40'55,20" N	6°26'27,00" E

Anhang III – Ergänzungen zur höhendifferenzierten Auswertung

Die Abbildungen sind ausgewählte Beispiele, die den zeitlichen Verlauf der relativen Häufigkeit oder Intensität des Vogelzuges bei FINO 1 in einem 100 oder 200 m Höhenintervall darstellen, die repräsentativ für umfassendere Höhenbereiche verwendet wurden, um den dort vorhandenen generellen zeitlichen Verlauf von Vogelzughäufigkeit bzw. -intensität zu illustrieren.

1. Wegzug

1.1. Nacht

Frequenz: Nach dem Bau von *alpha ventus* ist die modellierte Anzahl von Nächten mit Vogelzugaktivität während der gesamten Wegzugperiode und über den gesamten erfassten Luftraum signifikant höher als nach Clusterausbau (Abbildung 83). Ebenso weist das binomiale Modell signifikant mehr Vogel-aktive Nächte für die Jahre nach als vor dem Bau von *alpha ventus* aus. Jedoch besteht dieser Unterschied lediglich in den untersten 400 m des Luftraums über die gesamte Wegzugperiode hinweg (Abbildung 83 A), während sich im 600 m hohen Luftraum darüber die Anzahl von Nächten mit Vogelaktivität nicht mehr über die gesamte Wegzugperiode signifikant zwischen beiden Zeiträumen unterscheidet (beispielhaft Abbildung 83 B). Für den Vergleich zwischen der Zeit vor dem Bau von *alpha ventus* und nach Clusterausbau ergibt sich das genau umgekehrte Muster: in den untersten 400 m weist das Modell eine vergleichbar hohe Anzahl Vogel-aktiver Nächte zwischen beiden Zeiträumen, meist auch über die gesamte Wegzugperiode hinweg aus (Abbildung 83 A), während im erfassten Luftraum oberhalb von 400 m die Anzahl von Nächten mit Vogelaktivität nach Clusterausbau signifikant niedriger prognostiziert wird als vor dem Bau von *alpha ventus* (Abbildung 83 B).

Intensität: Das negativ binomiale Modell prognostizierte für alle zehn untersuchten Höhenintervalle bei Nacht eine höhere Vogelzugintensität im *alpha ventus*-Zeitraum als im Cluster-Zeitraum und zu Zeiten ohne Windenergieanlagen. Für die Vogelzugintensität lassen sich höhenabhängig drei grundlegende Muster zwischen den drei Ausbauphasen erkennen. Erstens, im Luftraum bis 200 m (= Windenergieanlagen-beeinflusste Zone) sagt das Modell eine höhere Vogelzugintensität für den *alpha ventus*-Zeitraum voraus als für die anderen beiden Ausbauphasen, die ihrerseits eine vergleichbare Vogelzugintensität aufweisen

(Abbildung 84 A). Zweitens, im Luftraum von > 200 bis 700 m wird die Vogelzugaktivität um FINO 1 im *alpha ventus*-Zeitraum fast durchgängig über die Herbstzugperiode hinweg vergleichbar zu der im Zeitraum ohne Windpark modelliert und für beide Zeiträume werden höhere Werte prognostiziert als im Cluster-Zeitraum (Abbildung 84 B). Schließlich wies das Modell die Intensität des nächtlichen Vogelzuges im Herbst in einer Höhe zwischen 700 und 900 m durchgängig höher im *alpha ventus*-Zeitraum aus als für die Zeit ohne Windkraftanlage und letztere weist eine höhere Vogelzugintensität auf als während des Clusterzeitraums (Abbildung 84 C).

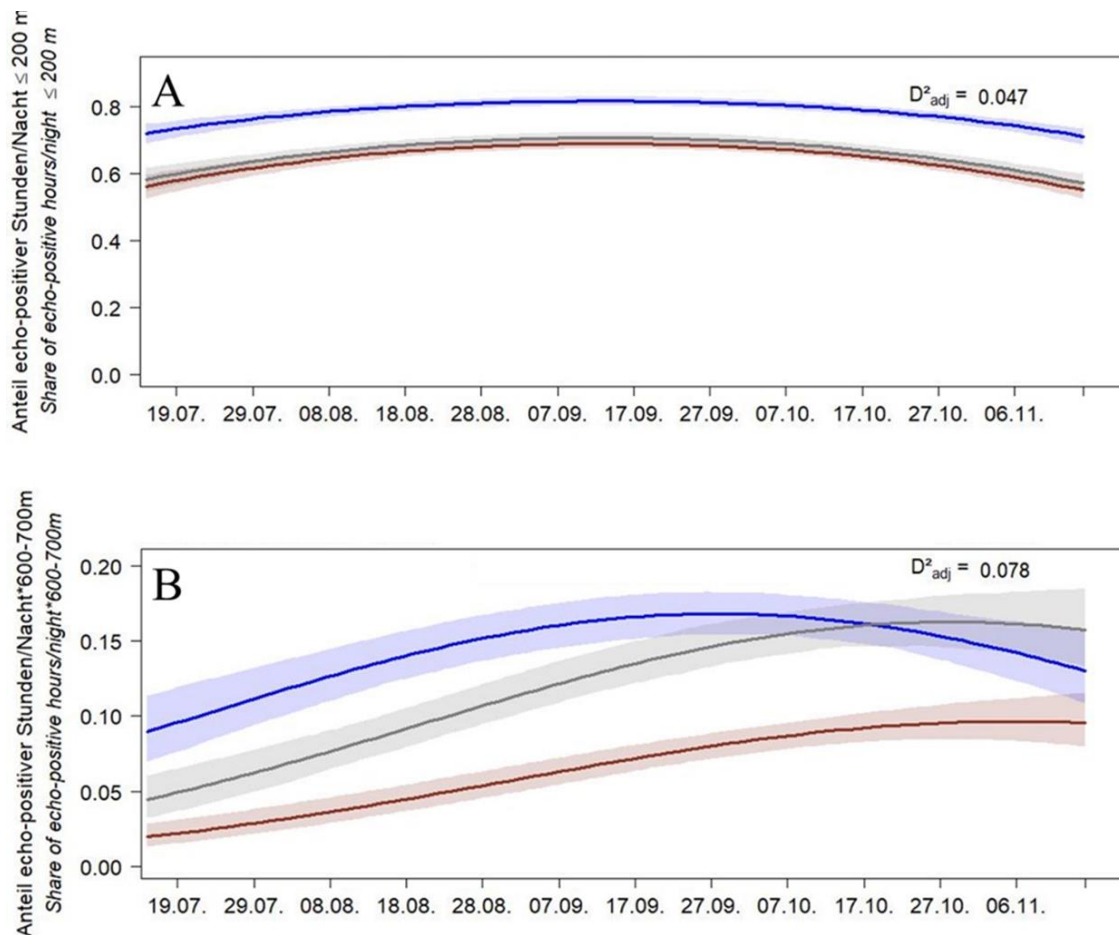


Abbildung 83: Modellierte durchschnittliche (= durchgezogene Linien) relative Häufigkeit des nächtlichen Wegzuges (= herbstlicher Vogelzug für Zeitraum entlang der Abszisse) in (A) den unteren 200 m und (B) zwischen 600 – 700 m des Luftraums um FINO für die drei Windpark-Ausbauphasen. Dunkelgraue, blaue und rot markierte Flächen illustrieren das 95 % Kreditivitätsintervall für Jahre ohne Windkraftanlage, bzw. mit *alpha ventus* und Cluster. Grau: Zeitraum vor Bau *alpha ventus* (2004-2008); Blau: *alpha ventus*-Zeitraum (2009-2012); Rot: Clusterausbau (2013-2017). Eine Zugfrequenz mit dem Wert 1 bedeutet eine Radar-erfasste Zugaktivität in jeder Nacht der Wegzugphase. D^2_{adj} beschreibt den relativen Anteil der durch das binomiale Modell erklärten Varianz.

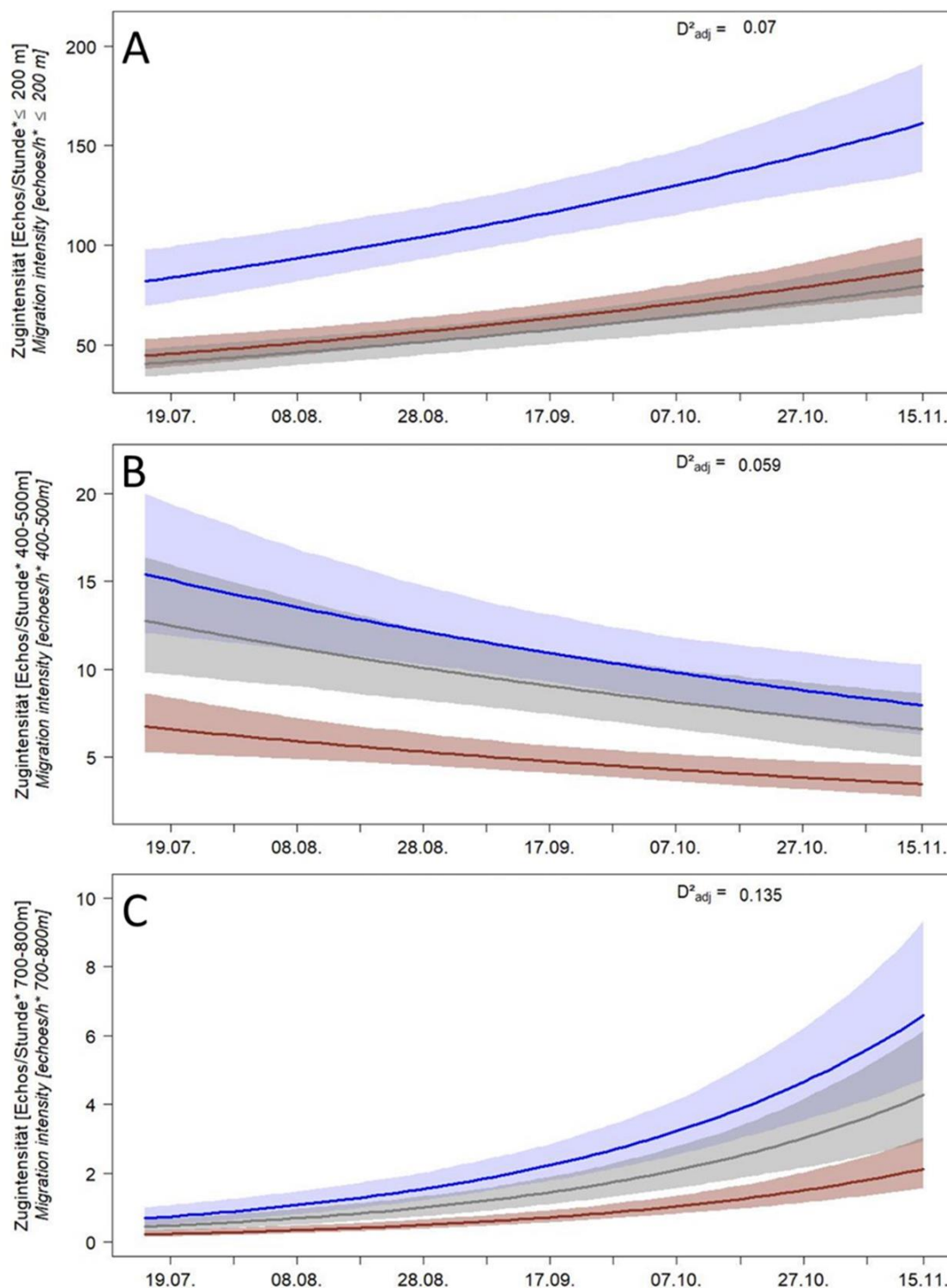


Abbildung 84: Modellierte Intensität des nächtlichen Wegzuges für ausgewählte Radar-erfasste Höhenbereiche des Luftraums um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Interpretation von Farben und Symbolen wie in Abbildung 83. Eine Zugintensität mit dem Wert 1 entspricht 120 Radar-registrierten Zugvögeln.

1.2. Tag

Frequenz: Die modellierte Anzahl von Tagen mit Vogelzugaktivität im Clusterzeitraum ist einerseits im gesamten erfassten Luftraum für die gesamte Wegzugperiode signifikant niedriger als im *alpha ventus*-Zeitraum (Abbildung 85 B) und andererseits im erfassten Luftraum oberhalb von 300 m stets signifikant niedriger als zu Zeiten ohne Windpark (Abbildung 85 A). In den unteren 300 m des Luftraums um FINO 1 werden zumindest für Teile der Wegzugperiode vergleichbar viele Tage mit Vogelzugaktivität im Clusterzeitraum wie im Windpark-freien Zeitraum vorhergesagt (Abbildung 85 B). Im *alpha ventus*-Zeitraum war die modellierte Anzahl von Tagen mit Vogelzugaktivität im Luftraum bis 500 m über die gesamte Wegzugphase signifikant höher als im Windpark-freien Zeitraum. Dieses Muster ist grundsätzlich auch für den erfassten Luftraum oberhalb von 500 m zu beobachten, jedoch trat es nicht mehr über die gesamte Wegzugperiode hinweg auf (Abbildung 85 A).

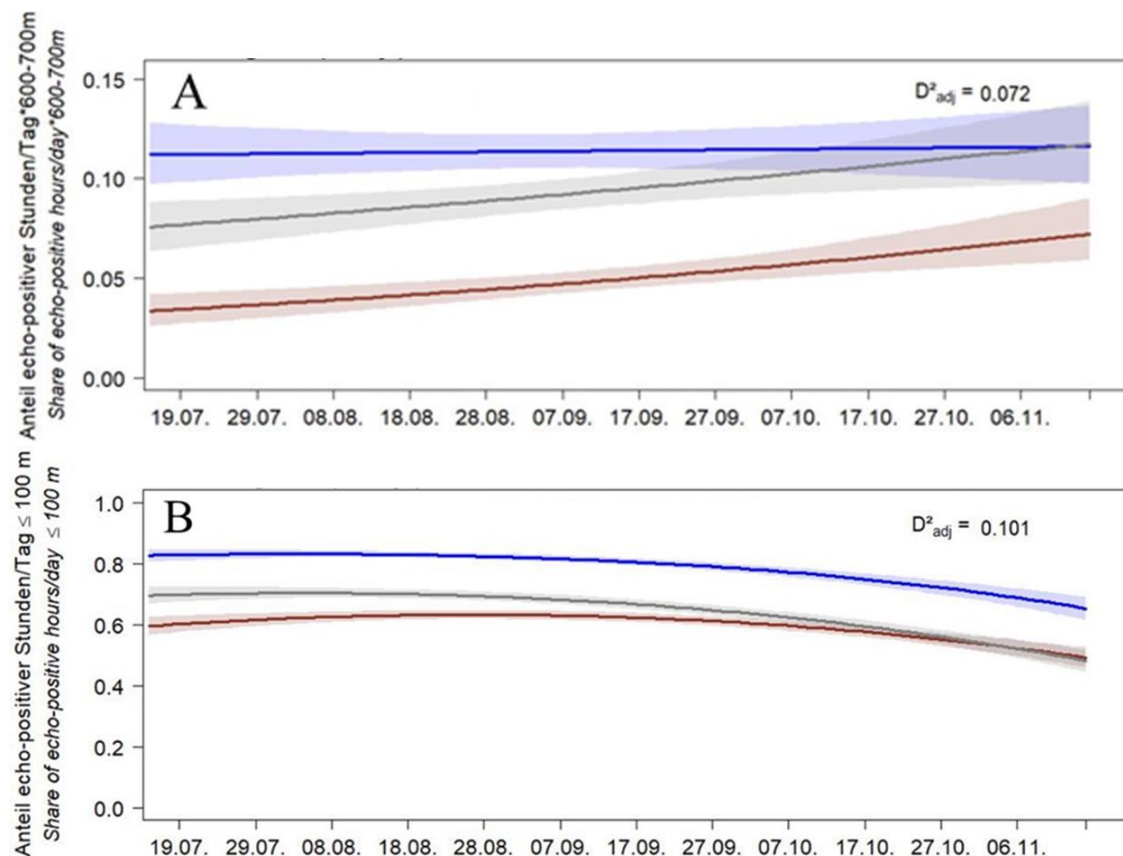


Abbildung 85: Modellierter relative Häufigkeit des Wegzuges am Tage in unterschiedlichen, vom Radar erfassten Höhen des Luftraums um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Interpretation von Farben und Zeichen wie in Abbildung 83.

Intensität: Die modellierte Vogelzugintensität tagsüber ist im *alpha ventus*-Zeitraum über die gesamte Wegzugphase wie auch den gesamten erfassten Luftraum stets signifikant höher als im Cluster-Zeitraum (Abbildung 86 A). Hingegen ist die modellierte Vogelzugintensität am Tag im *alpha ventus*-Zeitraum nur in den unteren 200 m während der gesamten Wegzugphase signifikant höher als im Windpark-freien Zeitraum. Für größere Höhen (> 200 – 1000 m) sagt das negativ binomiale Modell über die gesamte Wegzugsphase vergleichbare Vogelzugintensitäten um FINO 1 zwischen dem *alpha ventus*-Zeitraum und zu Zeiten ohne Windenergieanlagen voraus (Abbildung 86 B). Des Weiteren ist die modellierte Vogelzugintensität um FINO 1 bei Tag im Cluster-Zeitraum in den unteren 200 m vergleichbar zu Zeiten als sich dort noch keine Windenergieanlagen befanden, während oberhalb von 200 m die Vogelzugintensität im Cluster-Zeitraum über die gesamte Wegzugphase hinweg im erfassten Luftraum signifikant geringer ist als zu Zeiten ohne Windenergieanlagen (Abbildung 86 B).

A

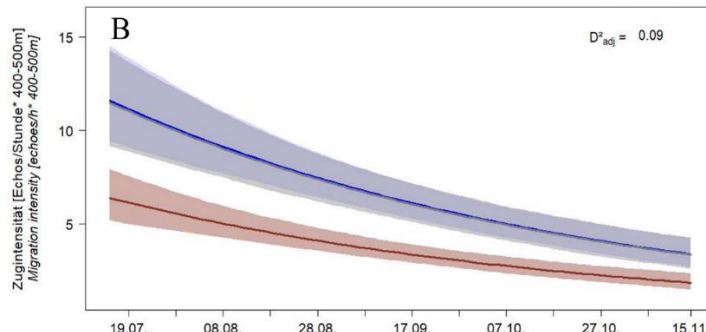
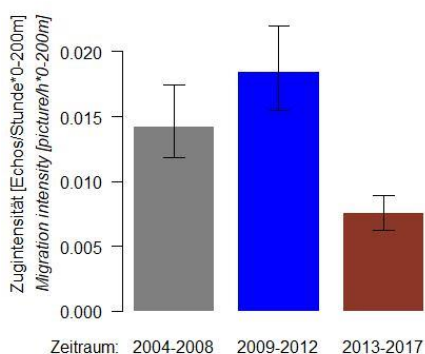


Abbildung 86: Modellierte durchschnittliche (= Balkenhöhe) Intensität des Wegzuges (= herbstlicher Vogelzug) am Tage in unterschiedlichen vom Radar erfassten Lufträumen um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Das 95 % Kreditibilitätsintervall ist entweder über Fehlerbalken (A) oder farblich markierte Flächen (B) dargestellt.

2. Heimzug (Frühjahr)

2.1. Nacht

Frequenz: Es lassen sich drei verschiedene Grundmuster erkennen, wie sich die Anzahl Vogel-aktiver Nächte zwischen den Ausbauphasen unterscheiden. In den unteren 300 m des erfassten Luftraums waren, meist über die gesamte Zugphase hinweg, signifikant mehr Nächte mit Vogelaktivität während des *alpha ventus*-Zeitraums als in den beiden anderen Bauphasen. Zwischen letzteren war die modellierte Anzahl Vogel-aktiver Nächte im mittleren Zeitraum der

Zugphase (April) zur Windpark-freien Zeit signifikant höher als im Cluster-Zeitraum und umgekehrt während der restlichen Zeit der Zugphase (Abbildung 87 A). Das zweite Grundmuster konnte in Höhen zwischen 300 und 500 m beobachtet werden. Hier war die modellierte Anzahl Vogel-aktiver Nächte im *alpha ventus*-Zeitraum signifikant höher als im Cluster-Zeitraum, jedoch nur während der zweiten Hälfte der Zugphase ab Mitte April.

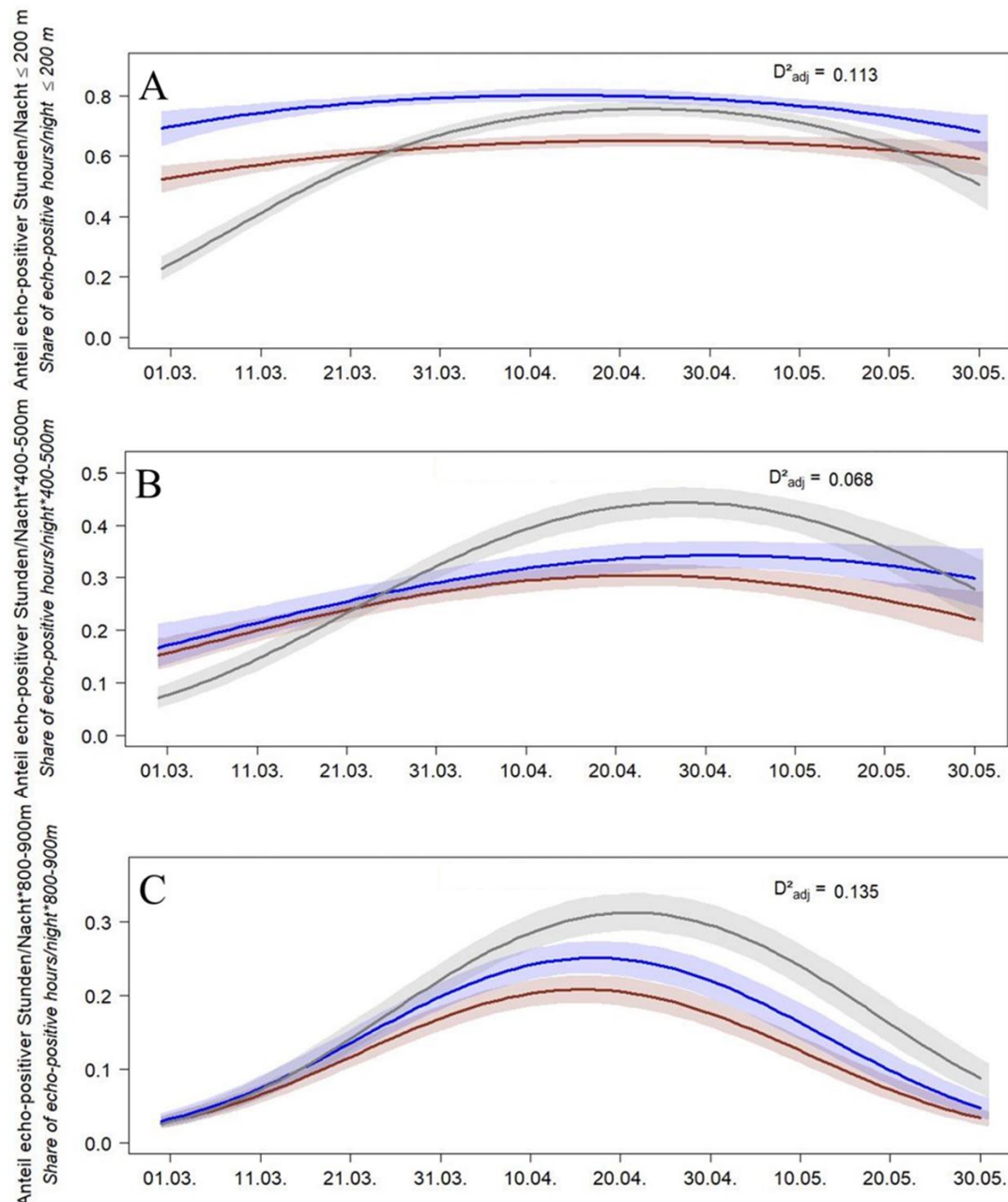


Abbildung 87: Modellierter durchschnittlicher Frequenz des nächtlichen Vogelzuges im Frühjahr in verschiedenen Höhen des radarerfassten Luftraums um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Interpretation von Farben und Zeichen wie in Abbildung 83.

Das binomiale Modell sagt auch voraus, dass die Anzahl Vogel-aktiver Nächte in der Windpark-freien Zeit in den ersten drei Wochen der Zugphase signifikant geringer und von Ende März an signifikant höher sein wird als in den beiden anderen Ausbauphasen (Abbildung 87 B). In den oberen 500 m des erfassten Luftraums war ein anderes Grundmuster erkennbar. Hier war die Anzahl der modellierten Nächte mit Vogelaktivität zu Beginn der Heimzugphase (bis maximal Mitte April) zwischen allen Ausbaustufen gleich und anschließend war sie signifikant höher während der Windpark-freien Zeit als im *alpha ventus*-Zeitraum und hier wiederum signifikant höher als im Cluster-Zeitraum.

Intensität: Wie für die Frequenz, so unterscheidet sich auch die Intensität der Vogelzugaktivität zwischen den Aufbauphasen mit drei grundlegenden, höhenabhängigen Mustern. Im Radar-erfassten Luftraum bis 100 m Höhe ist die modellierte nächtliche Zugintensität im *alpha ventus*-Zeitraum für mehr als die halbe Zugperiode von Anfang März bis Ende April signifikant höher als im Cluster-Zeitraum. Für beide Ausbauphasen war die modellierte Zugintensität in den ersten drei Wochen der Zugperiode signifikant höher und zu einem späteren Zeitpunkt in der Zugperiode kurzfristig geringer als in der Windpark-freien Zeit (Abbildung 88 A). Im Luftraum > 100 bis 700 m war die modellierte Vogelzugintensität aus der Windpark-freien Zeit über die gesamte Zugperiode hinweg signifikant höher als im *alpha ventus*-Zeitraum. Hingegen sagt das binomiale Modell bis auf wenige Ausnahmen vergleichbar hohe Vogelzugintensitäten zwischen dem *alpha ventus*- und dem Clusterzeitraum über die gesamte Zugperiode hinweg voraus (Abbildung 88 B). In den oberen 300 m des vom Radar erfassten Luftraums war die Vogelzugaktivität zwischen den drei Ausbaustufen vergleichbar (Abbildung 88 C).

2.2. Tag

Frequenz: Auch für den Frühjahrszug am Tag sind drei höhenabhängige Grundmuster erkennbar wie sich die Anzahl von Tagen mit Vogelzugaktivität zwischen den Windpark-Ausbaustufen unterscheidet. In den unteren 400 m des durch das Radar erfassten Luftraums ist die Anzahl Vogelzug-aktiver Tage im *alpha ventus*-Zeitraum über die gesamte Zugperiode signifikant höher als im Cluster-Zeitraum und bis auf die letzten drei Wochen der Zugperiode auch signifikant höher als zu Zeiten ohne Windenergieanlagen. Hingegen prognostiziert das

binomiale Modell, dass die Anzahl Vogelzug-aktiver Tage im Cluster-Zeitraum meist, aber nicht immer in der Zugperiode signifikant niedriger ist als zu Zeiten ohne Windenergieanlagen im Gebiet um FINO 1 (Abbildung 89 A).

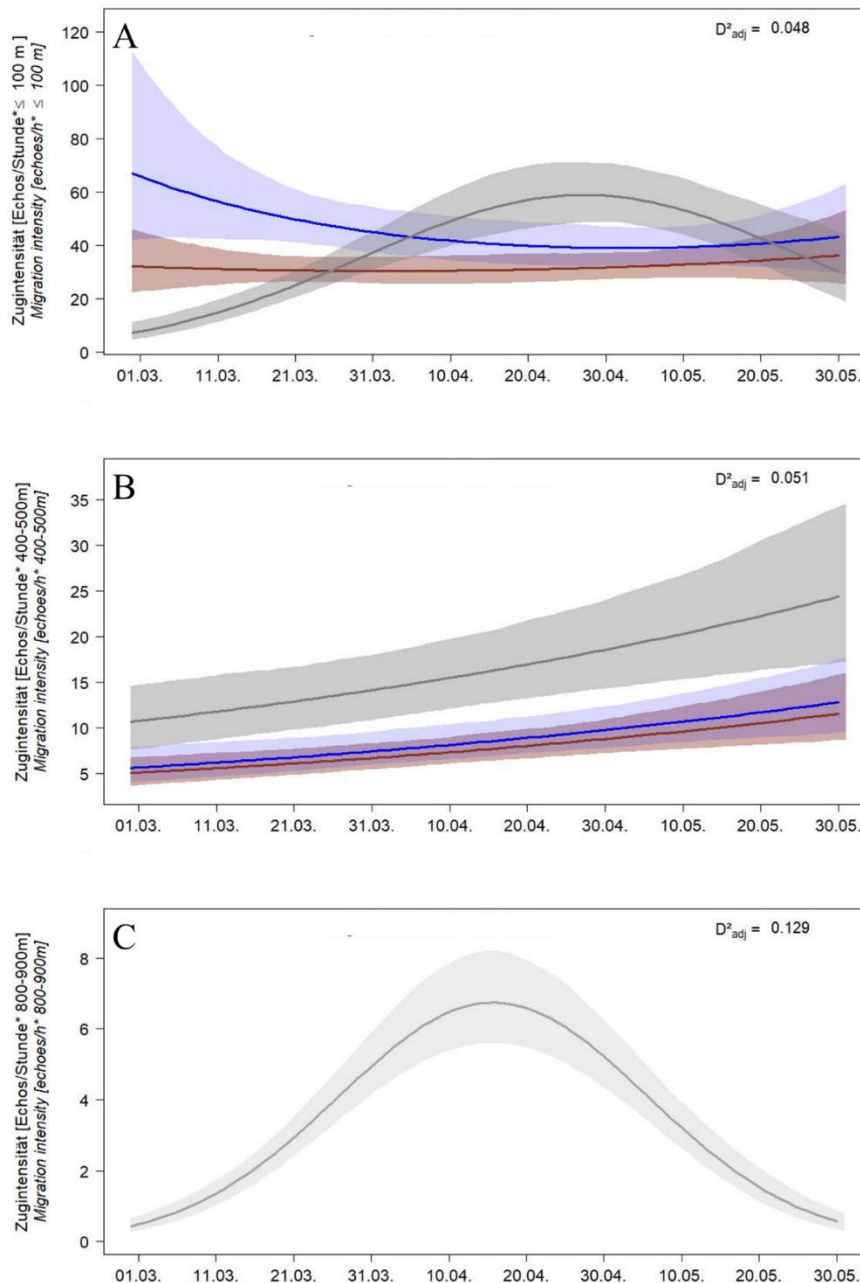


Abbildung 88: Modellierter durchschnittlicher Intensität des nächtlichen Vogelzuges im Frühjahr in verschiedenen Höhen des Radar-erfassten Luftraums um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Hellgrau = Gesamtunter-suchungszeitraum. Interpretation restlicher Farben und Zeichen wie in Abbildung 83.

In Höhen zwischen 400 und 800 m ist die modellierte Anzahl Vogelzug-aktiver Tage meistens vergleichbar zwischen dem *alpha ventus*-Zeitraum und der Windenergieanlagen-freien Zeit,

während für den Cluster-Zeitraum meist signifikant weniger Tage mit Vogelzugaktivität prognostiziert werden als zu den beiden anderen Zeiträumen (Abbildung 89 B).

In Höhen zwischen 800 und 1000 m liegt die modellierte Anzahl Vogelzug-aktiver Tage im *alpha ventus*-Zeitraum während der ersten Hälfte der Zugperiode bis etwa Mitte April signifikant oberhalb und in der zweiten Hälfte der Zugperiode signifikant unterhalb der Tagesanzahl mit Vogelzugaktivität für den Zeitraum ohne Windenergieanlagen. Die Anzahl Vogelzug-aktiver Tage im Cluster-Zeitraum ist in diesem Luftraum fast über die gesamte Zugperiode signifikant niedriger als während der beiden anderen Ausbauphasen (Abbildung 89 C).

Intensität: In den unteren 100 m des Radar-erfassten Luftraums war die Vogelzugintensität bis Mitte April im *alpha ventus*-Zeitraum signifikant höher bzw. ab Mitte Mai im Cluster-Zeitraum signifikant niedriger als zu Zeiten ohne Windenergieanlagen. Ferner ist die modellierte Intensität des Vogelzugs zu Beginn der Zugperiode (bis Mitte März) signifikant höher im Cluster-Zeitraum im Vergleich zur Windenergieanlagen-freien Zeit und von April bis Mitte Mai umgekehrt (Abbildung 90 A). Zwischen 100 und 300 m Höhe ist die Vogelzugintensität im *alpha ventus*-Zeitraum vergleichbar stark wie in den Zeiten ohne Windenergieanlagen um FINO 1 und in beiden Ausbauphasen während der zweiten Hälfte der Zugperiode signifikant höher als im Cluster-Zeitraum (Abbildung 90 B). Schließlich lässt sich für den restlichen Radar-erfassten Luftraum ein einheitliches Muster beschreiben. Das negativ binomiale Modell prognostiziert, dass die Vogelzugintensität zu Zeiten ohne Windenergieanlagen signifikant höher ist als zum *alpha ventus*-Zeitraum (insbesondere ab April für die gesamte restliche Zugperiode). Die Vogelzugintensität im Cluster-Zeitraum wiederum ist signifikant niedriger als zu Zeiten ohne Windenergieanlagen (in einigen Höhenbereichen sogar über die gesamte Zugperiode hinweg) als auch im Vergleich zum *alpha ventus*-Zeitraum (Abbildung 90 C).

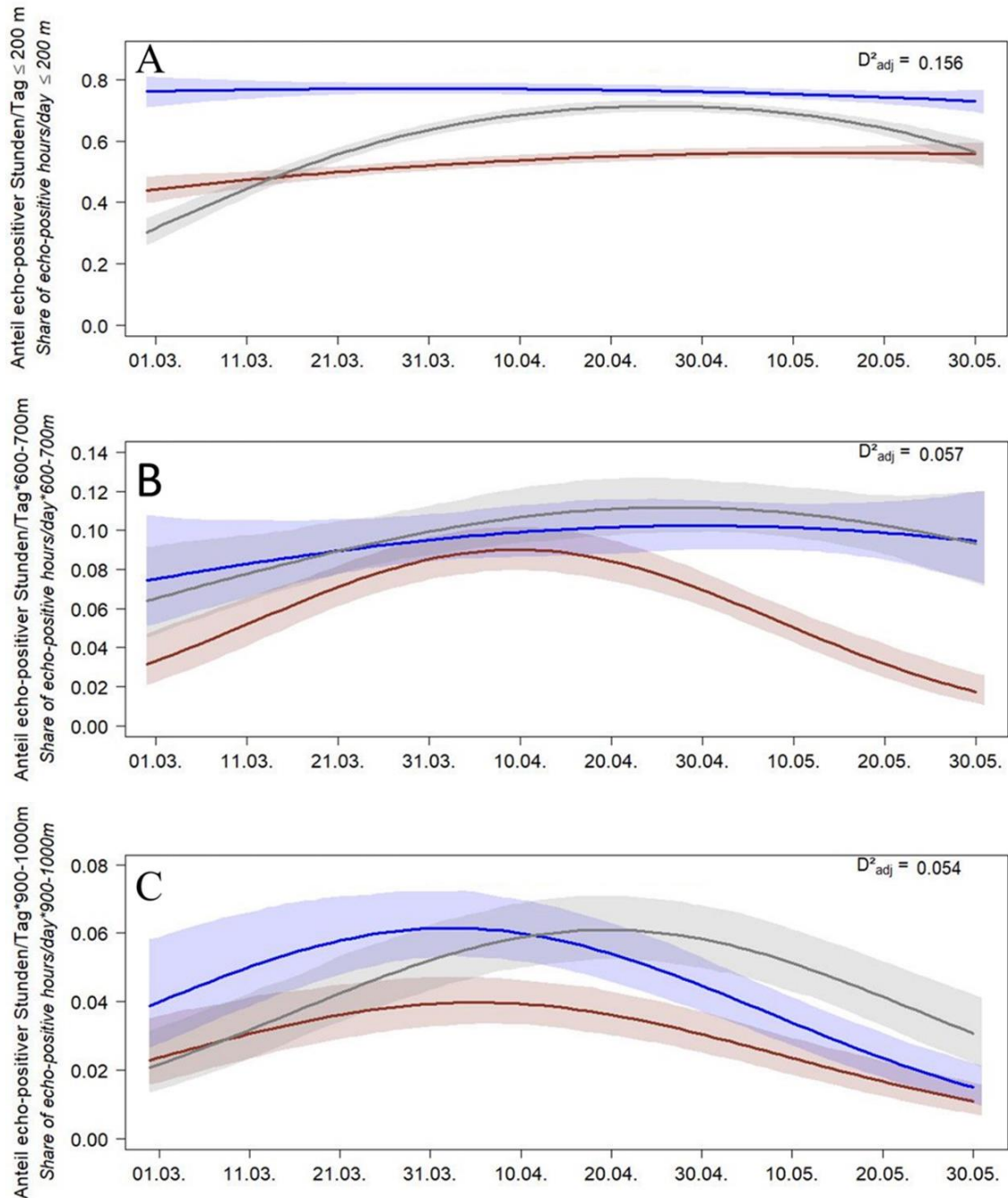


Abbildung 89: Modellierter durchschnittlicher Frequenz des Vogelzuges am Tage im Frühjahr in verschiedenen Höhen des Radar-erfassten Luftraums um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Interpretation von Farben und Zeichen wie in Abbildung 83.

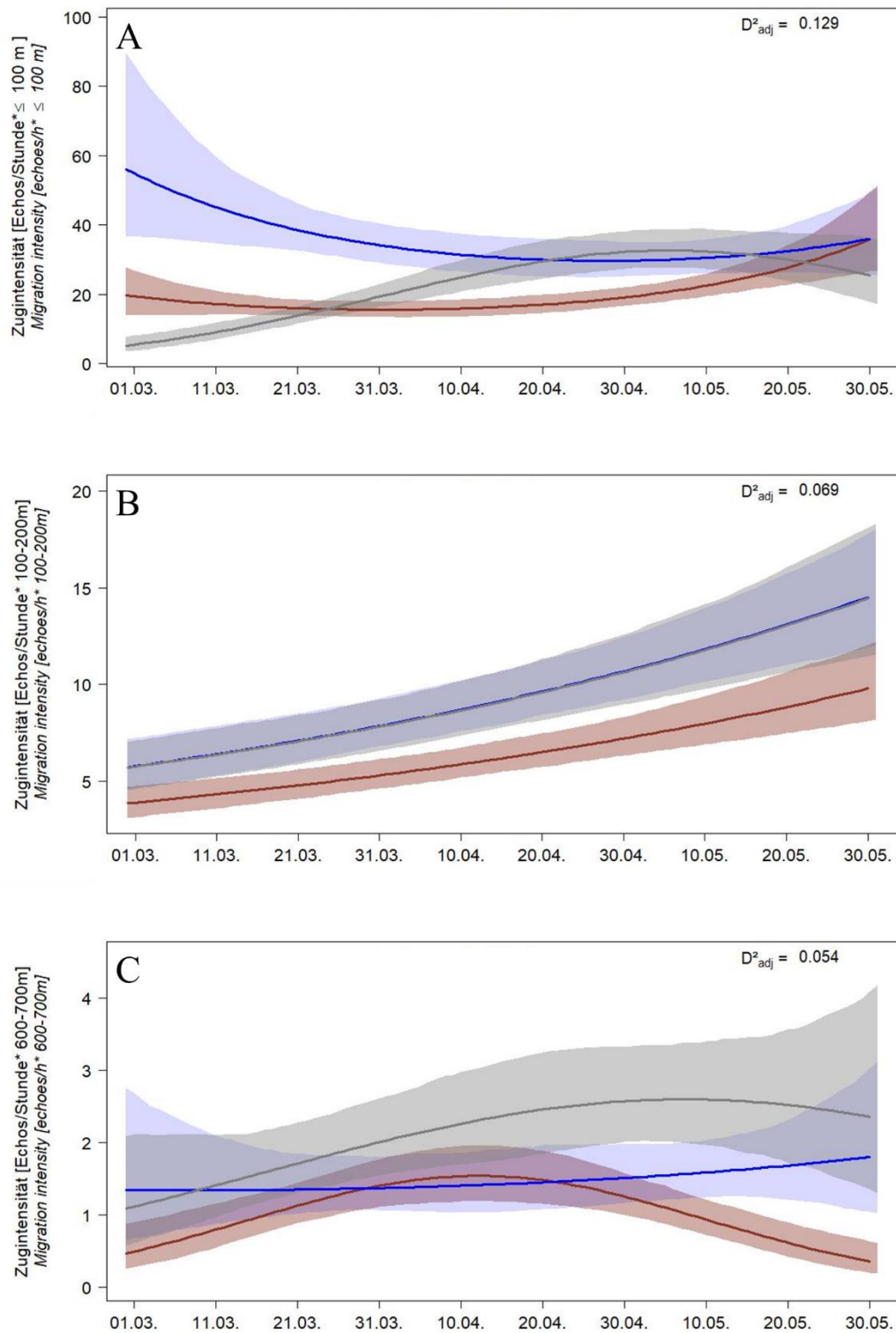


Abbildung 90: Modellierte durchschnittliche Intensität des Vogelzuges am Tage im Frühjahr in verschiedenen Höhen des Radar-erfassten Luftraums um FINO 1 für die drei Windpark-Ausbauphasen. Interpretation von Farben und Zeichen wie in Abbildung 83.