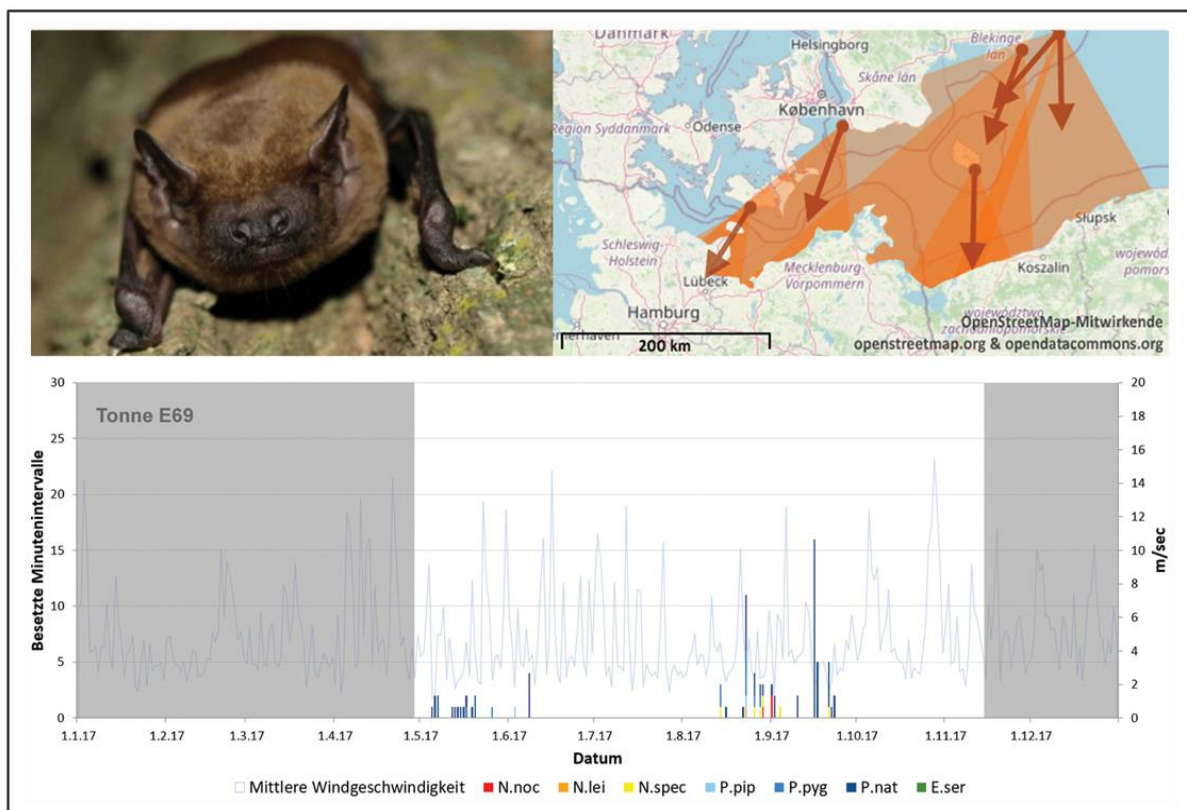


**Antje Seebens-Hoyer, Lothar Bach, Petra Bach,
Henrik Pommeranz, Michael Göttsche, Christian Voigt,
Reinhold Hill, Sandra Vardeh, Matthias Göttsche und
Hinrich Matthes**

Fledermausmigration über der Nord- und Ostsee



Bundesamt für
Naturschutz

BfN-Skripten 631

2022



Fledermausmigration über der Nord- und Ostsee

**Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben
„Auswirkungen von Offshore-Windparks auf den
Fledermauszug über dem Meer“
(FKZ 3515 82 1900, Batmove)**

**Antje Seebens-Hoyer
Lothar Bach
Petra Bach
Henrik Pommeranz
Michael Götsche
Christian Voigt
Reinhold Hill
Sandra Vardeh
Matthias Götsche
Hinrich Matthes**



Bundesamt für
Naturschutz

Titelbild: oben links: Abendsegler (A. Seebens-Hoyer); oben rechts: Sammelpunkte und vermutete Flugkorridore bei der Spätsommernmigration (Abb. 3-2, S. 45); unten: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 an der Tonne E69, Ostsee (Abb. 3-25, S. 88).

Adressen der Autorinnen und der Autoren:

Dipl. Biol. Antje Seebens-Hoyer	NABU Mecklenburg-Vorpommern e.V. Wismarsche Straße 146, 19053 Schwerin E-Mail: Antje.Seebens-Hoyer@NABU-MV.de
Dipl. Biol. Lothar Bach Dipl. Biol. Petra Bach	Bach Freilandforschung Hamhofsweg 125b, 28357 Bremen E-Mail: lotharbach@bach-freilandforschung.de petrabach@bach-freilandforschung.de
Dipl. Ing. Henrik Pommeranz	Büro Nachtschwärmer Augustenstraße 77, 18055 Rostock E-Mail: henrik@pommeranz.name
Dipl. Ing. (FH) Michael Götsche Dipl. Ing. (FH) Hinrich Matthes	Faunistica – Büro für ökologische und faunistische Freilanduntersuchungen Jaguarring 4, 23795 Bad Segeberg E-Mail: mi.goettsche@t-online.de hdmatthes@t-online.de
PD Dr. Christian Voigt	Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung Berlin Alfred-Kowalke-Straße 17, 10315 Berlin E-Mail: ccvoigt@googlemail.com
Dipl. Geogr. Reinhold Hill	Avitec Research GbR Sachsenring 11, 27711 Osterholz-Scharmbeck E-Mail: reinhold.hill@avitec-research.de
Dipl. Ing. (FH) Matthias Götsche	Sodwiese 1, 24326 Stocksee E-Mail: Matthias.Goettsche@t-online.de

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Sandra Vardeh Alexander Liebschner Carla Kuhmann Thomas Merck	FG II 3.3 „Menschliche Einflüsse, ökologische Frage bei marinen Vorhaben“
--	--

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (FKZ: 3515 82 1900).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).
BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter www.bfn.de/publikationen heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber:	Bundesamt für Naturschutz Konstantinstr. 110 53179 Bonn URL: www.bfn.de
-------------------------------	--

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-392-8

DOI 10.19217/skr631

Bonn 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	18
1.1	Projekthintergrund und –ziele	18
1.2	Projektaufbau	18
2	Fledermauswanderung über der Nord- und Ostsee	20
2.1	Vorbemerkung, Datengrundlage und Methode	20
2.1.1	Betrachtungsraum	20
2.1.2	Datengrundlage.....	20
2.1.3	Datenaufbereitung, Darstellungen	21
2.2	Ergebnisse und Diskussion	21
2.2.1	Historische und globale Nachweise von Fledermauswanderungen über dem Meer 21	
2.2.2	Fledermauswanderung im Bereich der deutschen Nordsee	22
2.2.3	Fledermauswanderung im Bereich der deutschen Ostsee	28
2.2.4	Zeitliches Auftreten wandernder Fledermäuse	31
2.2.5	Wetterabhängigkeit von Wanderereignissen	37
2.2.6	Flugverhalten über den Meeren	38
2.2.7	Verhalten an OWEA.....	39
2.3	Zusammenfassung.....	41
2.4	Zur Verfügung gestellte Daten.....	42
3	Akustische Erfassungen.....	43
3.1	Einführung.....	43
3.2	Methodik	49
3.2.1	Untersuchungsraum und Auswahl der Untersuchungsstandorte	49
3.2.2	Untersuchungsstandorte	51
3.2.3	Erfassungstechnik.....	62
3.2.4	Untersuchungszeitraum	64
3.2.5	Bioakustische Analyse	66
3.2.6	Verwendete Daten und Datenanalyse	66
3.3	Ergebnisse	70
3.3.1	Artenzusammensetzung und Phänologie	76
3.3.2	Nächtlicher Aktivitätsverlauf	94
3.3.3	Standortvergleiche	98
3.3.4	Einfluss von Windgeschwindigkeit und Windrichtung	106

3.3.5	Großwetterlagen	109
3.4	Diskussion.....	113
3.4.1	Fledermauswanderung über Nord- und Ostsee.....	113
3.4.2	Artenzusammensetzung.....	114
3.4.3	Verhalten an Offshore-Strukturen.....	116
3.4.4	Geographische Muster im Bereich der Ostsee	118
3.4.5	Geographische Muster im Bereich der Nordsee	119
3.4.6	Helgoland.....	120
3.4.7	Witterungsbedingungen und Großwetterlagen	121
3.5	Zusammenfassung und Ausblick.....	122
4	Herkunftsbestimmung mittels Stabilisotopie	125
4.1	Einführung.....	125
4.2	Methodik	127
4.2.1	Probensammlung	127
4.2.2	Stabilisotopenanalyse	128
4.2.3	Raummodelle basierend auf $\delta^2\text{H}$ Werte des Fellkeratins.....	129
4.2.4	Raummodelle basierend auf $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werten des Fellkeratins	129
4.3	Ergebnisse	130
4.3.1	“Isoscapes”	130
4.3.2	Fang und Stabilisotopendaten.....	130
4.3.3	Transferfunktion und generelle Statistik	131
4.3.4	Herkunftsermittlung der Flughautfledermäuse	132
4.4	Diskussion.....	135
4.5	Zusammenfassung.....	137
5	Bewertung	138
5.1	Einleitung	138
5.2	Methodische Vorbemerkungen.....	138
5.3	Ausmaß der Flughautausmigration	140
5.3.1	Ausmaß der Flughautausmigration in der Nordsee	140
5.3.2	Ausmaß der Flughautausmigration in der Ostsee	144
5.4	Bewertung des Ausmaßes der Flughautausmigration	148
5.4.1	Artenschutzrechtliche Relevanz von Aktivitätsdaten.....	148
5.4.2	Bewertung des Ausmaßes der Flughautausmigration in der Nordsee	152
5.4.3	Bewertung des Ausmaßes der Flughautausmigration in der Ostsee	153

5.5	Hinweise zur Weiterentwicklung bestehender Untersuchungsstandards	159
5.5.1	StUK-relevante Empfehlungen	160
5.5.2	Weitere Empfehlungen	164
5.5.3	Fazit	166
5.6	Zusammenfassung	166
6	Maßnahmen zur Minderung von Kollisionsrisiken von Fledermäusen an Offshore-Windenergieanlagen	170
6.1	Einleitung	170
6.2	Erkenntnisse aus Onshore-Projekten	171
6.3	Übertragbarkeit von Erkenntnissen auf neue Anlagentypen und Küstenstandorte.....	174
6.4	Übertragbarkeit von Onshore gewonnenen Erkenntnissen auf Offshore-Standorte...	177
6.5	Zusammenfassung	184
7	Danksagung	186
8	Literatur	188
9	Zusatzdaten	205

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Untersuchungsgebiete von Studien zur Fledermauswanderung über der Nordsee von West nach Ost.....	23
Abbildung 2-2: Untersuchungsgebiete von Studien zur Fledermauswanderung über der Ostsee von West nach Ost.....	29
Abbildung 2-3: Nächtliche Verteilung der Anzahl der Minutenintervalle mit Echoortungsrufen des Abendseglers auf der Greifswalder Oie im Frühjahr 2011. Die Häufigkeiten sind jeweils für die letzte Stunde der angegebenen Stundenanzahl nach Sonnenuntergang dargestellt. Dargestellt sind alle vom 26.04. bis 01.06.2011 mit Hilfe eines akustischen RT-Erfassungssystems aufgezeichneten Nächte, in denen mehr als 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen auftraten (Rohdaten von SEEBENS et al. 2013).....	33
Abbildung 2-4: Nächtliche Verteilung der Anzahl der Minutenintervalle mit Echoortungsrufen des Abendseglers auf der Greifswalder Oie im Frühjahr 2012. Die Häufigkeiten sind jeweils für die letzte Stunde der angegebenen Stundenanzahl nach Sonnenuntergang dargestellt. Dargestellt sind alle vom 27.04. bis 17.06.2012 mit Hilfe eines akustischen RT-Erfassungssystems aufgezeichneten Nächte, in denen mehr als 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen auftraten (Rohdaten von SEEBENS et al. 2013).....	34
Abbildung 2-5: Nächtliche Verteilung der Anzahl der Minutenintervalle mit Echoortungsrufen der Rauhaufledermaus auf Måklappen, Falsterbo, Schweden in 2013. Die Häufigkeiten sind jeweils für die letzte Stunde der angegebenen Stundenanzahl nach Sonnenuntergang dargestellt. Dargestellt sind alle vom 22.04. bis 20.09.2013 mit Hilfe eines AnaBat-Erfassungssystems aufgezeichneten Nächte, in denen mehr als 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen auftraten (Rohdaten von BACH et al. 2015).....	35
Abbildung 2-6: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf auf Måklappen, Falsterbo, Schweden in 2013. Die Nacht zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet (Rohdaten von BACH et al. 2015).	36
Abbildung 2-7: Anzahl der mit Rauhaufledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf auf FINO 1. Die Erfassungen erfolgen vom 12.08.2004 bis 21.12.2015 mit Hilfe eines akustischen FD-Erfassungssystems (Daten aus Hüppop & Hill 2016). Im Frühjahr sind 5 Nächte, im Spätsommer 14 Nächte mit Rauhaufledermausnachweisen aufgetreten. Die Nacht zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. (Rohdaten von Hüppop & Hill 2016).....	37
Abbildung 2-8: Anzahl der Fledermauskontakte/Stunde der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten an Offshore-WEA der beiden Windparks Yttre Stengrund und Utgrunden (beides Kalmarsund) im Jahr 2006 (N.noc: <i>Nyctalus noctula</i> , N.lei: <i>Nyctalus leisleri</i> , P.pip: <i>Pipistrellus pipistrellus</i> , P.pyg: <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i> , V.mur: <i>Vespertilio murinus</i> , E.ser: <i>Eptesicus serotinus</i> , E.nil: <i>Eptesicus nilssonii</i> , M.das: <i>Myotis dasycneme</i> . AHLÉN & BACH unveröff.).	40
Abbildung 3-1: Mögliche Migrationswege in der Ostsee.	44

Abbildung 3-2: Sammelpunkte und vermutete Flugkorridore bei der Spätsommermigration (verändert nach AHLÉN et al. 2009 und SEEBENS et al. 2013). Die dargestellten Streuwinkel basieren nicht auf Erfassungen und sind hypothetisch zu verstehen.	45
Abbildung 3-3: Mögliche Migrationswege in der Nordsee	46
Abbildung 3-4: Mögliche Flugräume im Spätsommer (links, orange) und Frühjahr (rechts, grün). Die Pfeile geben die für die jeweilige Migrationsperiode angenommene Wanderrichtung an.	47
Abbildung 3-5: Untersuchungsstandorte.....	51
Abbildung 3-6: Erfassungssystem an der Nordseeboje II (Fotos: BSH)	52
Abbildung 3-7 Mikrofone „Südwest“ (links) und „Südost“ (rechts) auf FINO 3 (Fotos: Reinhold Hill).....	53
Abbildung 3-8: Mikrofon „Südost“ auf FINO 1 (Fotos: Reinhold Hill).	54
Abbildung 3-9: Mikrofon „Nordost“ auf FINO 1 (Fotos: Reinhold Hill).....	55
Abbildung 3-10: Mikrofon 1 auf Helgoland (kleines Bild: Mikrofon; großes Bild: Erfassungsbereich Mikrofon; Fotos: Lothar Bach).	56
Abbildung 3-11: Mikrofon 2 auf Helgoland (kleines Bild: Mikrofon; großes Bild: Erfassungsbereich Mikrofon; Fotos: Lothar Bach).	57
Abbildung 3-12: Leuchtturm Alte Weser (Foto: J. Böning)	58
Abbildung 3-13: Akustisches Erfassungsgerät an der Tonne E69 (Fotos: Henrik Pommeranz)	59
Abbildung 3-14: Tonne E70 mit Erfassungssystem (Foto: Kapitän Nowak)	60
Abbildung 3-15: Tonne DS-W mit Erfassungssystem (Foto: Kapitän Nowak)	60
Abbildung 3-16: Mikrofone „Süd“ (links) und „Nord“ (rechts) auf FINO 2 (Fotos: Mirco Kaiser).	61
Abbildung 3-17: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben, n=3) und 2018 (unten, n=1) an der Nordseeboje II, Nordsee (N.spec: <i>Nyctaloid</i> ; P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für den Zeitraum von Anfang Oktober 2017 bis Anfang Februar 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.	77
Abbildung 3-18: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben, n=3) und 2018 (unten, n=1) an der Forschungsplattform FINO 3, Nordsee (P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Die Fledermausnachweise sind nach Ausrichtung des erfassenden Mikrofons dargestellt. (Südwest bzw. Südost; Gesamtanzahl Mikrofone: 2). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für Ende September bis Anfang Oktober 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.....	78
Abbildung 3-19: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=14), 2017 (Mitte, n=34) und 2018 (unten, n=8) an der Forschungsplattform FINO 1, Nordsee (N.lei: <i>Nyctalus leisleri</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Die Fledermausnachweise sind nach Ausrichtung des erfassenden Mikrofons dargestellt. (Gesamtanzahl Mikrofone: 2). Die Zeiträume, in denen	

keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für Anfang Januar und Anfang April 2016 und Mitte November 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.....79

Abbildung 3-20: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=222), 2017 (Mitte, n=1.843) und 2018 (unten, n=463) auf Helgoland, Nordsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, P.spec: Gattung *Pipistrellus*, V.mur: *Vespertilio murinus*, E.ser: *Eptesicus serotinus*, E.nil: *Eptesicus nilssonii*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Die Aktivitäten wurden mit zwei Mikrofonen aufgezeichnet. Zu beachten ist, dass es sich aufgrund der Aufnahmesituation (Insel, Aufstellort der Mikrofone im Fanggarten der Vogelwarte Helgoland) bei den hier aufgezeichneten Fledermäusen überwiegend um jagende Tiere handelt. Für Ende Dezember 2016, Ende September bis Anfang Oktober 2017 und Dezember 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.....81

Abbildung 3-21: Anzahl der mit Rauhautfledermäusen (P.nat: *Pipistrellus nathusii*) besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=207), 2017 (Mitte, n=1.598) und 2018 (unten, n=434) auf Helgoland, Nordsee in logarithmischer Darstellung. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Die Aktivitäten wurden mit zwei Mikrofonen aufgezeichnet. Zu beachten ist, dass es sich aufgrund der Aufnahmesituation (Insel, Aufstellort der Mikrofone im Fanggarten der Vogelwarte Helgoland) bei den hier aufgezeichneten Fledermäusen überwiegend um jagende Tiere handelt. Für Ende Dezember 2016, Ende September bis Anfang Oktober 2017 und Dezember 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.....82

Abbildung 3-22: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben; n=305) und 2018 (unten; n=120) am Leuchtturm Alte Weser, Nordsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, P.spec: Gattung *Pipistrellus*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für die zweite Septemberhälfte in 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.84

Abbildung 3-23: Anzahl der mit Rauhautfledermäusen (P.nat: *Pipistrellus nathusii*) besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben; n=287) und 2018 (unten; n=88) am Leuchtturm Alte Weser, Nordsee in logarithmischer Darstellung. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für die zweite Septemberhälfte in 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.85

Abbildung 3-24: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Großtonne Fehmarn Belt, Ostsee (N=122; M.spec: Gattung *Myotis*, N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, E.ser: *Eptesicus serotinus*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.86

Abbildung 3-25: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=126), 2017 (Mitte, n=84) und 2018 (unten, n=21) an der Tonne E69, Ostsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat:

Pipistrellus nathusii, V.mur: Vespertilio murinus, E.ser: Eptesicus serotinus). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.	88
Abbildung 3-26: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Tonne E70, Ostsee (N=20; P.pyg: <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.	89
Abbildung 3-27: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Tonne DS-W, Ostsee (N=31; N.lei: <i>Nyctalus leisleri</i> , P.pyg: <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für Ende Dezember 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.	90
Abbildung 3-28: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Forschungsplattform FINO 2, Ostsee (N=289; N.noc: <i>Nyctalus noctula</i> , N.spec: <i>Nyctaloid</i> , P.pip: <i>Pipistrellus pipistrellus</i> , P.pyg: <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i> , P.spec: Gattung <i>Pipistrellus</i>). Für Ende Mai 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.	91
Abbildung 3-29: Anzahl der mit Flughäutflodermäusen (P.nat) besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Forschungsplattform FINO 2, Ostsee in logarithmischer Darstellung (n=212). Für Ende Mai 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.	91
Abbildung 3-30: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben, n=33) und 2018 (unten, n=45) an der Arkonatonne, Ostsee (N.noc: <i>Nyctalus noctula</i> , N.lei: <i>Nyctalus leisleri</i> , N.spec: <i>Nyctaloid</i> , P.pip: <i>Pipistrellus pipistrellus</i> , P.pyg: <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i> , V.mur: <i>Vespertilio murinus</i>). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für die zweite Aprilwoche, Ende April / Anfang Mai und Mitte Mai 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.	93
Abbildung 3-31: Anzahl der besetzten Minutenintervalle der durch ein automatisches Erfassungsgerät registrierten Fledermausarten und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Plattform Arkona, Ostsee (N.noc: <i>Nyctalus noctula</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.	94
Abbildung 3-32: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die Untersuchungsstandorte Nordseeboje II, FINO 3, FINO 1 und Leuchtturm Alte Weser. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet. Beim Standort Nordseeboje II sind die unterschiedlichen Erfassungszeiträume der in einem Diagramm dargestellten Untersuchungsjahre 2017 und 2018 durch eine horizontale Teilung dieser Markierung hinterlegt.	95
Abbildung 3-33: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die Untersuchungsstandorte Helgoland (links) und Tonne E69 (rechts) in den Jahren 2016 bis 2018. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau	

überzeichnet. Im Falle von Helgoland ist zu beachten, dass die ganznächtlliche Aktivität nicht ganznächtlliche Wanderung bedeutet, sondern es sich um jagende Tiere handelt.96

Abbildung 3-34: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die Untersuchungsstandorte Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E70, Tonne DS-W, FINO 2 und Arkonatonne. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet.97

Abbildung 3-35: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf an der Arkonaplattform. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet.98

Abbildung 3-36: Anzahl der Arten je Untersuchungsstandort (West nach Ost) während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung 2016 bis 2018. Die Zahl unter den Diagrammsäulen gibt die Anzahl der gültigen Untersuchungsjahre an. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. für den Zeitraum Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 3, FINO 1, Helgoland, FINO 2), flossen alle Arten mit ein.99

Abbildung 3-37: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle je Untersuchungsstandort (von West nach Ost) während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung 2016 bis 2018 in logarithmischer Darstellung (bei Standorten mit mehr als einem Untersuchungsjahr wird die mittlere Anzahl und Standardabweichung dargestellt). Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. für den Zeitraum Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 3, FINO 1, Helgoland, FINO 2), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.100

Abbildung 3-38: Mittelwert und Standardabweichung der Individuen und mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle je Untersuchungsstandort während der Frühjahrswanderung 2017 und 2018 und Spätsommerwanderung 2016 bis 2018 in logarithmischer Darstellung. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 3, FINO 1, FINO 2), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.102

Abbildung 3-39: Mittelwert und Standardabweichung der Quotienten zwischen den mit Fledermäusen besetzten Minutenintervallen und Individuenzahlen an den Untersuchungsstandorten vom Typ „Struktur“ (FINO 1, Leuchtturm Alte Weser, FINO 2, Plattform Arkona) und vom Typ „Tonne“ (Nordseeboje II, Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E69, Tonne E70, Tonne DS-W, Arkonatonne) getrennt nach Frühjahr und Spätsommer. Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,05$) ist der Signifikanzwert der multiplen Dunn-Vergleiche (Bonferroni-Hom-korrigiert) angegeben und durch eine Klammer über den relevanten Gruppen zugeordnet.103

Abbildung 3-40: Mittelwert und Standardabweichung der aus akustischen Daten ermittelten Anzahl an Individuen während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung je Nordseestandort in Abhängigkeit von der Entfernung des Erfassungsstandorts vom Festland. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 1 und FINO 3), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.	105
Abbildung 3-41 Mittelwert und Standardabweichung der aus akustischen Daten ermittelten Anzahl an Individuen während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung je Ostseestandort von West nach Ost. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standort FINO 2), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.	106
Abbildung 3-42: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle in Abhängigkeit von der mittleren Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahr 2016 (oben; nur Erfassung im Spätsommer; n=126), 2017 (Mitte, n=84) und 2018 (unten; nur Erfassung im Frühjahr; n=20) auf der Tonne E69, Ostsee, dargestellt als Punkte. Die Säulen geben die Häufigkeit der nächtlichen Windgeschwindigkeit in Prozent an.	107
Abbildung 3-43: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle in Abhängigkeit von der mittleren Windrichtung in den ersten beiden Nachtstunden im Frühjahr 2017 (n=21), Frühjahr 2018 (n=20), Spätsommer 2016 (n=126) und Spätsommer 2017 (n=63) an der Tonne E69, Ostsee. Ein Achsstrich entspricht einem besetzten Minutenintervall. In den Darstellungen für den Spätsommer wurden die wichtigsten Daten beschriftet.	109
Abbildung 3-44: Häufigkeitsverteilung der Mitteleuropäischen Großwetterlagen im 10-Jahreszeitraum 2006 bis 2016 für den Zeitraum der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung (Daten: DWD).	110
Abbildung 3-45: Prozentualer Anteil der mit Rauhautfledermäusen besetzten Minutenintervalle auf die während der Spätsommerwanderung 2016 vorgekommenen Großwetterlagen am Standort FINO 1 (oben, n=10) und Tonne E69 (unten, n=71). Der Anteil der besetzten Minutenintervalle ist als blaue Säule, der Anteil der jeweiligen Großwetterlagen als orangene Säule angegeben.	112
Abbildung 3-46: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle an der Tonne E69 fünf Nächte vor bis fünf Nächte nach dem Massenwanderereignis vom 31.08. bis 08.09.2016 (N=101) und vorherrschende Großwetterlagen. Eher günstige Großwetterlagen sind in Blautönen und eher ungünstige Großwetterlagen in Rottönen dargestellt (vgl. Exkurs zu den Großwetterlagen).	113
Abbildung 4-1: "Isoscapes" für Wasserstoff und Strontium für das europäische Sommerv Verbreitungsgebiet der Rauhautfledermaus (schwarz umrandetes Polygon). Die nichtlinear Farbpalette folgt der Darstellung in BATAILLE et al. (2020). Farbig markierte Punkte stellen die drei Untersuchungsstandorte Helgoland (blau), Fehmarn (grün) und Greifswalder Oie (orange) dar.	130
Abbildung 4-2: Stabilisotopenverhältnis von Wasserstoff ($\delta^2\text{H}$; rote Dreiecke) im Fellkeratin von 458 Referenzproben von Rauhautfledermäusen (<i>P. nathusii</i>) im Verhältnis zu den $\delta^2\text{H}$ Werten im lokalen Niederschlagswasser (Jahresmittel). Die Transferfunktion für	

Rauhautfledermäuse ist schwarz markiert. Die gepunkteten Linien zeigen den Konfidenzbereich der Transferfunktionen an. Darüber hinaus zeigt die Graphik die Referenzwerte (schwarze Kreis) sowie die Transferfunktion (blaue Linie), welche für den Großen Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>) ermittelt wurden (LEHNERT et al. 2018).	132
Abbildung 4-3: Karte mit den möglichen Herkunftsregionen der 58 untersuchten Rauhautfledermäuse (<i>P. nathusii</i>) im Sommerverbreitungsgebiet der Art (schwarz umrandetes Polygon). Die Untersuchungsstandorte Helgoland, Fehmarn und Greifswalder Oie sind als farbig markierte Punkte dargestellt. Die Herkunftsermittlung basierte auf $\delta^2\text{H}$ Werten im Fellkeratin (a, b, c), den $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werten (d, e, f) sowie den $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werten, welche für eine trophische Diskriminierung korrigiert wurden (g, h, i). Der Standort für die Strontiumreferenzproben ist als weißes Dreieck gekennzeichnet. Basierend auf den $\delta^2\text{H}$ Werten im Fellkeratin wurden die Fledermäuse drei Isotopenbereichen (jeweils über 20‰) zugeordnet: nördliche Herkunft (a, d, g), zentrale Herkunft (b, e, h) und südliche Herkunft (c, f, i). Gitterzellen mit P-Werten über 0.05 (farbig unterlegt) wurden als mögliche Herkunftsorte und solche mit P-Werten unter 0.05 (grau unterlegt) als unwahrscheinliche Herkunftsorte bewertet. Die Kuchendiagramme zeigen für jeden der Standorte den relativen Anteil der Individuen für den jeweiligen Isotopenbereich.	134
Abbildung 5-1: Seerechtliche Zonierung nach dem Seerechtsübereinkommen, dargestellt für die geographische Situation in der deutschen Bucht.	141
Abbildung 5-2: Mögliche Entfernungszonierung im Bereich der Nordsee mit Untersuchungsstandorten. Die dargestellte Zonierung basiert auf der Arbeitshypothese, dass die Fledermausaktivität mit der Entfernung von der Küste abnimmt. Zwischen den Zonen sind unscharfe Übergangsbereiche zu erwarten.	144
Abbildung 5-3: Für eine beispielhafte Hochrechnung angenommene Strecke zwischen Gedser (Falster, Dänemark) und dem Darß (Darßer Ort, Deutschland) mit einer Länge von etwa 35 km im Bereich der Erfassungsstandorte Tonne E69 und E70.	148
Abbildung 5-4: Schematische Darstellung einer Windenergieanlage mit ihren wichtigsten Bemaßungsbegriffen	157
Abbildung 5-5: Schematische Darstellung aktueller und zukünftiger OWEA (Auswahl) und WEA aus den Onshore-Fledermausstudien RENEBAT I und III	158

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Zur Verfügung gestellte Daten (nach Untersuchungsgebiet von West nach Ost).	42
Tabelle 3-1: Position und Standorttyp der Dauererfassungsstandorte sowie für die akustische Erfassung eingesetzte Geräte (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost)	63
Tabelle 3-2: Erfassungsstandorte und Erfassungszeiträume in den Jahren 2016 bis 2018 (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost). Im Jahr 2016 erfolgten probeweise Erfassungen im Spätsommer an drei Standorten. Die Anzahl der Untersuchungsstandorte wurde in den Folgejahren sukzessive ausgebaut.	65
Tabelle 3-3: Erreichte Mindesterfassungszeiträume nach Standort, Wanderperiode und Jahr (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost). In grau hinterlegten Zellen wurde die Mindesterfassungsdauer nicht erreicht, in weiß hinterlegten deckten die Erfassungen mindestens den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) ab.	66
Tabelle 3-4: Standort, Quelle, Distanz zwischen Standort und Messstelle, Höhe der Messstelle und Auflösung der Windgeschwindigkeitsdaten nach Standort (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost).	67
Tabelle 3-5: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle, Kontakte und Arten nach Standort, Erfassungsjahr und Periode (Frühjahr 15.03. bis 15.06., Spätsommer 01.08. bis 30.11.; nach Untersuchungsstandort von West nach Ost). Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen, werden die Einzelwerte angegeben. Angaben zu den Sommererfassungen (grau hinterlegt) sind nur aufgeführt, wenn hier Nachweise vorliegen.	71
Tabelle 3-6: Anzahl und Anteil der besetzten Minutenintervalle der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten im Bereich der Nordsee und Ostsee. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.	74
Tabelle 3-7: Anzahl und Anteil der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle nach Erfassungsstandort in Nordsee und Ostsee (von West nach Ost). Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.	75
Tabelle 3-8: Anzahl der Minutenintervalle nach maximaler, gleichzeitig erfasster Individuenzahl einer Art oder Rufgruppe je Untersuchungsstandort (von West nach Ost). ...	75
Tabelle 3-9: Relative Summenhäufigkeit der Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle je mittlerer Windgeschwindigkeit der Nacht auf der Tonne E69, Ostsee, und relative Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeiten (Die Zellen, bei denen 90 % der in einem Jahr nachgewiesenen Fledermausaktivitäten erreicht werden, sind grau hinterlegt.).	108
Tabelle 5-1: Anzahl der erfassten Frühjahre und aus den akustischen Erfassungsdaten ermittelte Individuenzahlen an den Ostseestandorten (von West nach Ost).	145

Tabelle 5-2: Technische Kenngrößen von aktuellen und zukünftigen OWEA (Auswahl) und WEA aus den Onshore-Fledermausstudien RENEBAT I bis III.....	157
Tabelle 9-1: Ermittlung der Individuenzahl aus akustischen Erfassungsdaten am Beispiel der Standorte Tonne E69 und FINO 2 (N.noc <i>Nyctalus noctula</i> , N.spec: <i>Nyctaloid</i> , P.pyg: <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , P.nat: <i>Pipistrellus nathusii</i>). Zur Abgrenzung zwischen Individuen wurde eine Pause zwischen aufgetretenen Aktivitäten von 20 Minuten gewählt. Tritt eine erneute Aktivität einer Art innerhalb von 20 Minuten auf, wird sie dem gleichen Individuum zugerechnet, tritt sie nach 20 Minuten Pause auf, wird sie einem zweiten Individuum zugerechnet.	205
Tabelle 9-2: Anzahl (n) und Anteil (%) der besetzten Minutenintervalle der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten nach Erfassungsstandorten der Nordsee von West nach Ost. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.	208
Tabelle 9-3: Anzahl (n) und Anteil (%) der besetzten Minutenintervalle der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten nach Erfassungsstandorten der Ostsee von West nach Ost. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.	209

Abkürzungsverzeichnis

AB	Aktiebolag (schwedisch für „Aktiengesellschaft“)
Ah	Amperestunde
AP	Arbeitspaket
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
Bft	Beaufort
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
e.K.	eingetragener Kaufmann
et al.	et alii (lateinisch für „und andere“)
Fa.	Firma
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FINO	Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee
GmbH	Gesellschaft mit begrenzter Haftung
h	Stunden
Hrsg.	Herausgeber
i.A.	im Auftrag
inkl.	inklusive
IOW	Institut für Ostseeforschung Warnemünde
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
Kstd.	Keratinstandard
m	Meter
mg	Milligramm
min	Minuten
ml	Milliliter
mV	Millivolt
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
Mitt.	Mitteilung

m/sec	Meter pro Sekunde
N.F.	Neue Folge
NN	Normalnull
Nds	Niedersachsen
OWEA	Offshore-Windenergieanlagen
PC	Personal Computer
pers.	Persönlich
schriftl.	schriftlich
Sek.	Sekunden
S-H	Schleswig-Holstein
sog.	sogenannte
Sr	Strontium
StUK4	Standarduntersuchungskonzept (Standard, Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-WEA auf die Meeresumwelt vom Oktober 2013)
u.a.	unter anderem
unveröff.	unveröffentlicht
UV	Ultraviolette Strahlung
V	Volt
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
W	Watt
WEA	Windenergieanlage
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
z.B.	zum Beispiel
zzgl.	zuzüglich
µg	Mikrogramm

Artenverzeichnis

Deutscher Name

Wissenschaftlicher Name

Gattung: Mausohren

Myotis

Wasserfledermaus

Myotis daubentonii

Teichfledermaus

Myotis dasycneme

Gattung: Abendsegler

Nyctalus

Abendsegler

Nyctalus noctula

Riesenabendsegler

Nyctalus lasyopterus

Kleinabendsegler

Nyctalus leisleri

Gattung: Zwergfledermäuse

Pipistrellus

Zwergfledermaus

Pipistrellus pipistrellus

Mückenfledermaus

Pipistrellus pygmaeus

Rauhautfledermaus

Pipistrellus nathusii

Gattung: Zweifarbfledermäuse

Vespertilio

Zweifarbfladermaus

Vespertilio murinus

Gattung: Breitflügelfledermäuse

Eptesicus

Breitflügelfledermaus

Eptesicus serotinus

Nordfledermaus

Eptesicus nilssonii

Gattung: Langohren

Plecotus

Gattung: Langflügelfledermäuse

Miniopterus

Langflügelfledermaus

Miniopterus schreibersii

1 Einleitung

1.1 Projekthintergrund und –ziele

Im Rahmen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland werden Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) in Nord- und Ostsee errichtet. Dass von Windenergieanlagen (WEA) ein hohes Kollisionsrisiko für Fledermäuse insbesondere während der Wanderperioden ausgehen kann, ist für WEA an Land hinreichend belegt. Dass Fledermäuse auch über der deutschen Nord- und Ostsee migrieren, ist durch Zufallsbeobachtungen und punktuelle Erhebungen ebenfalls dokumentiert.

Alle heimischen Fledermausarten sind nach dem Bundesnaturschutzgesetz streng geschützt und im Anhang IV der FFH-Richtlinie sowie teilweise in Anhang II der FFH-Richtlinie gelistet. In Genehmigungsverfahren von OWEA ist demnach auch relevant, ob und in welchem Ausmaß ein Kollisionsrisiko für Fledermäuse an den Anlagen besteht.

Für eine belastbare Abschätzung möglicher Auswirkungen von OWEA auf die Fledermauswanderung über dem Meer ist der zeitliche und räumliche Detaillierungsgrad der vorliegenden Beobachtungen nicht ausreichend. Im Rahmen des Projektes wurden deshalb Daten zum Auftreten von über den Meeren migrierenden Fledermäusen mit möglichst hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung gesammelt und ausgewertet. Hierbei wurde auch die Artzugehörigkeit und Herkunft untersucht. Die erlangten Kenntnisse dienen als erste Grundlage für die Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Fledermauswanderung offshore. Für WEA an Land sind Maßnahmen zur Minderung von Kollisionen wie Abschaltalgorithmen etabliert. Die Übertragbarkeit solcher Maßnahmen auf OWEA wurde deshalb evaluiert.

1.2 Projektaufbau

Im Rahmen des vom Juni 2016 bis Oktober 2019 durchgeführten Projekts „Auswirkungen von Offshore-Windparks auf den Fledermauszug über dem Meer“ (FKZ 3515 82 1900 "Batmove") wurden folgende Arbeitspakete (AP) bearbeitet:

- AP 1 - Projektleitung
- AP 2 - Datenauswertung: In einer Literatur- und Datenrecherche wurden vorhandene Daten zur Fledermauswanderung im Bereich der Nord- und Ostsee ausgewertet und eine erste Übersicht des Kenntnisstandes zur Phänologie, räumlichen Verteilung, Wetterabhängigkeit, Vorhersagemöglichkeiten, Verhalten an anthropogenen Strukturen und Auftreten von Kollisionen erbracht sowie Datenlücken identifiziert (Kapitel 2, Seite 20).
- AP 3 - Untersuchungskonzept / Methodik: Mögliche Methoden wurden hinsichtlich ihrer Eignung zur Erfassung von Fledermauswanderung und zur Bestimmung der Herkunft (Sommerlebensraum) und Konnektivität (Herkunfts- und Zielorte sowie Routen) wanderner Fledermäuse erprobt und bewertet. Auf diesen Ergebnissen aufbauend wurde ein Untersuchungskonzept erarbeitet. Der in diesem Arbeitspaket erarbeitete Bericht, der die Ergebnisse der Methodenevaluation, probeweisen Erfassungen und das Untersuchungskonzept zusammenfasst, ist als Anlage 1 beigelegt (Evaluation von Methoden zur Untersuchung des Fledermauszuges über dem Meer. Ergebnisbericht Arbeitspaket 3).
- AP 4 - Studie: Auf Basis des Untersuchungskonzeptes wurde eine Studie zur Fledermauswanderung in ausgewählten Räumen in der deutschen Nord- und Ostsee durchgeführt (Kapitel 3, Seite 43). Diese umfasste neben akustischen Erfassungen auch

Untersuchungen zur Herkunft der über den Meeren migrierenden Fledermäuse (Kapitel 4, Seite 125).

- AP 5 - Bewertungsmethodik: Eine wesentliche Fragestellung in Genehmigungsverfahren von OWEA ist die Abschätzung möglicher Auswirkungen auf Fledermäuse. Es wurde deshalb eine Methodik zur Bewertung des Ausmaßes der Fledermauswanderung entwickelt (Kapitel 5, Seite 138).
- AP 6 - Minderungsmaßnahmen: Für WEA an Land sind Maßnahmen zur Minderung von Kollisionen wie Abschaltalgorithmen etabliert. Die Übertragbarkeit solcher Maßnahmen auf OWEA wurde evaluiert (Kapitel 6, Seite 170).

2 Fledermauswanderung über der Nord- und Ostsee

Lothar Bach, Antje Seebens-Hoyer, Petra Bach, Reinhold Hill, Michael Götsche, Sandra Vardeh, Henrik Pommeranz, Matthias Götsche, Hinrich Matthes, Christian Voigt

2.1 Vorbemerkung, Datengrundlage und Methode

Im nachfolgenden Kapitel wurden Nachweise von Fledermäusen im Bereich der Nord- und Ostsee zusammengefasst, um eine Übersicht über den Stand des Wissens zu schaffen und Wissenslücken zu identifizieren. Besondere Berücksichtigung fanden das räumliche und zeitliche Auftreten von wandernden Fledermäusen im Betrachtungsraum, die Wetterabhängigkeit von Wanderereignissen, das Verhalten wandernder Fledermäuse an anthropogenen Strukturen inklusive OWEA sowie der Kenntnisstand zum Auftreten von Kollisionen.

2.1.1 Betrachtungsraum

Der Betrachtungsraum umfasste die Nord- und Ostsee und hier schwerpunktmäßig die Deutsche Bucht und die südwestliche Ostsee. Es wurden Fledermausnachweise vom offenen Meer sowie von den Inseln in die Zusammenfassung einbezogen. Sofern ein Bezug zur Fledermauswanderung über den Meeren hergestellt bzw. vermutet wurde, erfolgte auch die Aufnahme von küstennahen Untersuchungsorten (insbesondere Beringungsdaten, englische Nordseeküste, südschandinavische Ostseeküste). Zum besseren Verständnis sowie zur Einordnung der Fledermausnachweise in das Wandergeschehen über den Meeren wurden im Bericht vereinzelt kurze textliche Darstellungen zum Kenntnisstand migrierender Fledermäuse an der Küste und auf dem Festland (insbesondere Schleswig-Holstein) ergänzt.

2.1.2 Datengrundlage

Die Datengrundlage für die nachfolgende Darstellung bildete die angegebene Literatur und zur Verfügung gestellte, unveröffentlichte Daten (siehe Kapitel 2.4).

Im Rahmen einer Literaturrecherche wurden veröffentlichte Artikel und Berichte zum Thema in internationalen, nationalen und regionalen Fachzeitschriften zusammengetragen. Zudem erfolgte eine direkte Abfrage bei Fledermausfachbearbeiter*innen (Gutachter*innen u.a.) und eine Suche in Datenbanken, mit gängigen Internet-Suchmaschinen sowie in Abstract-Heften zu einschlägigen Fachveranstaltungen nach Berichten und Posterbeiträgen. Für den Bereich der Ostsee liegen außerdem einige Gutachten zu OWEA vor, in denen Fledermäuse betrachtet werden. Diese wurden, sofern nicht frei verfügbar, bei den zuständigen Genehmigungsbehörden (BSH und Staatliche Ämter für Landwirtschaft und Umwelt M-V) angefordert.

Einen weiteren Schwerpunkt bildeten eigene und von Dritten auf Anfrage zur Verfügung gestellte Daten. Datenabfragen erfolgten bei im Betrachtungsraum tätigen Fledermausfachbearbeiter*innen sowie bei den zuständigen Landesbehörden der Küstenanrainerländer, die jedoch keine zusätzlichen Daten mit Meeresbezug vorhalten. Die Fledermausberingungszentralen Bonn und Dresden lieferten Daten mit küstennahen Funden beringter Fledermäuse.

2.1.3 Datenaufbereitung, Darstellungen

Aus der zur Verfügung stehenden Datengrundlage wurde eine Datentabelle erstellt, die insgesamt 12.321 Datensätze mit Fledermausnachweisen aus dem Bereich der Nord- und Ostsee enthält (diese liegt dem BfN vor). Entsprechend den Datenquellen sind die Angaben zu Ort (punktgenau oder größeres Gebiet), Zeit (Jahr, Zeitraum von einigen Tagen bis Wochen, Jahreszeit, Datum, Uhrzeit), Art (unbestimmt oder Artangabe) und anderen Parametern unterschiedlich und insgesamt sehr heterogen.

Auf eine kartographische Darstellung der Einzelnachweise wurde aus nachfolgenden Gründen verzichtet: Die vorliegenden Daten wurden zu großen Teilen im Rahmen punktueller Erfassungen gesammelt. In vielen Fällen handelt es sich um Zufallsbeobachtungen. Mehrjährige Erfassungen fehlen größtenteils oder wurden in einem geographisch sehr begrenzten Untersuchungsraum gewonnen. Die Daten sind also äußerst heterogen und die Erfassungen decken den Betrachtungsraum nicht ab. Eine kartographische Darstellung von Einzelnachweisen kann im Falle der angegebenen Datengrundlagen naturgemäß nur Positivnachweise enthalten. Es würde damit der Eindruck erweckt, dass in einem Bereich ohne Nachweise keine Fledermäuse vorkommen und in untersuchten Bereichen viele Fledermäuse vorkommen. Tatsächlich werden über den deutschen Meeren jedoch – das zeigt auch die Studie (Kapitel 3) – bei Untersuchungen in der Regel auch Fledermäuse nachgewiesen. Eine Karte der Einzelnachweise erlaubte also keine Aussage zur Verteilung von Fledermäusen im Betrachtungsraum. Sie stellte lediglich die Tatsache dar, dass Untersuchungen stattgefunden haben. Die Anzahl von Nachweisen wäre ein Maß für die Untersuchungstiefe, denn je umfangreicher die Untersuchungen durchgeführt werden umso mehr Fledermäuse werden auch nachgewiesen. Um dennoch eine Übersicht mit Verortung der vorliegenden Untersuchungen zu schaffen, wurden die Untersuchungsgebiete kartographisch dargestellt.

Für einzelne Untersuchungsräume ließ sich das jahreszeitliche Auftreten (Phänologie) benennen. Zum tageszeitlichen Auftreten von über den Meeren wandernden Fledermäusen liegen nur wenige Angaben in der Literatur vor. Für vorliegende uhrzeitgenaue Daten wurden deshalb Häufigkeitsverteilungen erstellt.

Betrachtungen zur Wetterabhängigkeit von Fledermausnachweisen erfolgten auf Basis eigener, im Projekt erhobener Daten. Diese werden im Kapitel (Kapitel 3) beschrieben.

Die Darstellung des Kenntnisstandes zum Verhalten wandernder Fledermäuse an anthropogenen Strukturen und OWEA sowie zum Auftreten von Kollisionen erfolgte.

Auf Basis der Datentabelle erfolgte die Erarbeitung der nachfolgenden Zusammenfassung des Kenntnisstandes.

2.2 Ergebnisse und Diskussion

2.2.1 Historische und globale Nachweise von Fledermauswanderungen über dem Meer

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts vermuteten erste Fledermausforscher, dass einige Fledermausarten regelmäßig saisonal wandern (BLASIUS 1857). Obwohl Eisentraut (1934) das erste Beringungsprojekt 1934 begann und somit erstmalig Fledermauswanderung nachwies, ist wenig über Fledermauswanderungen innerhalb Europas bekannt.

Interkontinentale Wanderungen wurden bei Fledermäusen bislang nicht nachgewiesen. Trotzdem weiß man durch Beringungen sowie Herkunftsermittlung mittels Stabilisotopie aus Fellkeratin (Haaranalysen) von folgenden sieben europäischen Fledermausarten, dass sie zwischen 1.000 und 4.000 km von den Sommerlebensräumen in Nord- und Nordosteuropa (u.a. Skandinavien, Baltikum und Polen) zu den Winterlebensräumen in Zentraleuropa (Deutschland, Beneluxstaaten, Schweiz und Frankreich) wandern können (FLEMING & EBY 2003, HUTTERER et al. 2005, STEFFENS et al. 2004, VOIGT et al. 2014, ALCALDE et al. 2020) bzw. innerhalb Südeuropas weite Strecken zurücklegen (WRIGHT et al. 2020): Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Riesenabendsegler (*Nyctalus lasiopterus*), Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*), Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Flughautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*), Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*) und Langflügelfledermaus (*Miniopterus schreibersii*). Dies sind allesamt Arten, welche zum Flug und Jagd im offenen Luftraum fähig sind (SCHNITZLER & KALKO 1998).

Funde von Fledermäusen auf den Nordseeinseln während der Wanderzeiten deuteten schon früh darauf hin, dass Fledermäuse auf ihren Wanderungen auch die Nordsee queren (DALLA TORRE 1889, MOHR 1929, 1931 u.a.). Durch die Weiterentwicklung von Methoden zur Erfassung von Fledermäusen und ihren Wanderbewegungen (insbesondere Ultraschalldetektoren) und die damit einhergehende Erweiterung der Untersuchungsmöglichkeiten bestehen mittlerweile zahlreiche Hinweise und Nachweise, dass Fledermauswanderung im Bereich der Nord- und Ostsee auftritt (AHLÉN 1997, AHLÉN et al. 2009, BACH et al. 2009, 2017, 2019, BAAGØE & BLOCH 1994, BOSHAMMER & BEKKER 2008, ERIKSSON et al. 2013, FREY et al. 2012, HOBBS et al. 2013, 2014, HÜPPOP 2009, HÜPPOP & HILL 2016, JENNINGS et al. 2013A, 2013B, LAGERVELD et al. 2014a, 2015, MEYER 2011, PETERSEN et al. 2014, RUSS et al. 2001, RYDELL et al. 2014, RYDELL & WICKMAN 2015, SEEBENS et al. 2013, SKIBA 2007, 2011, VAUK 1974 u.a.).

Auch aus anderen Regionen, wie beispielsweise den Balearen, der mittleren Atlantikküste (USA) oder Malaysia ist bekannt, dass Fledermäuse bzw. Flughunde weite Strecken über die offene See fliegen (z.B. AMENGUAL et al. 2007, CRYAN & BROWN 2007, EPSTEIN et al. 2009, BREED et al. 2010, HATCH et al. 2013, PELLETIER et al. 2013, SJOLLEMA et al. 2014).

2.2.2 Fledermauswanderung im Bereich der deutschen Nordsee

Die Abbildung 2-1 stellt die Untersuchungsgebiete der im Folgenden genannten Studien zur Fledermauswanderung über der Nordsee von West nach Ost kartographisch dar. Einbezogen wurden Untersuchungen, die über der offenen Nordsee sowie auf den Inseln der Deutschen Bucht durchgeführt wurden.

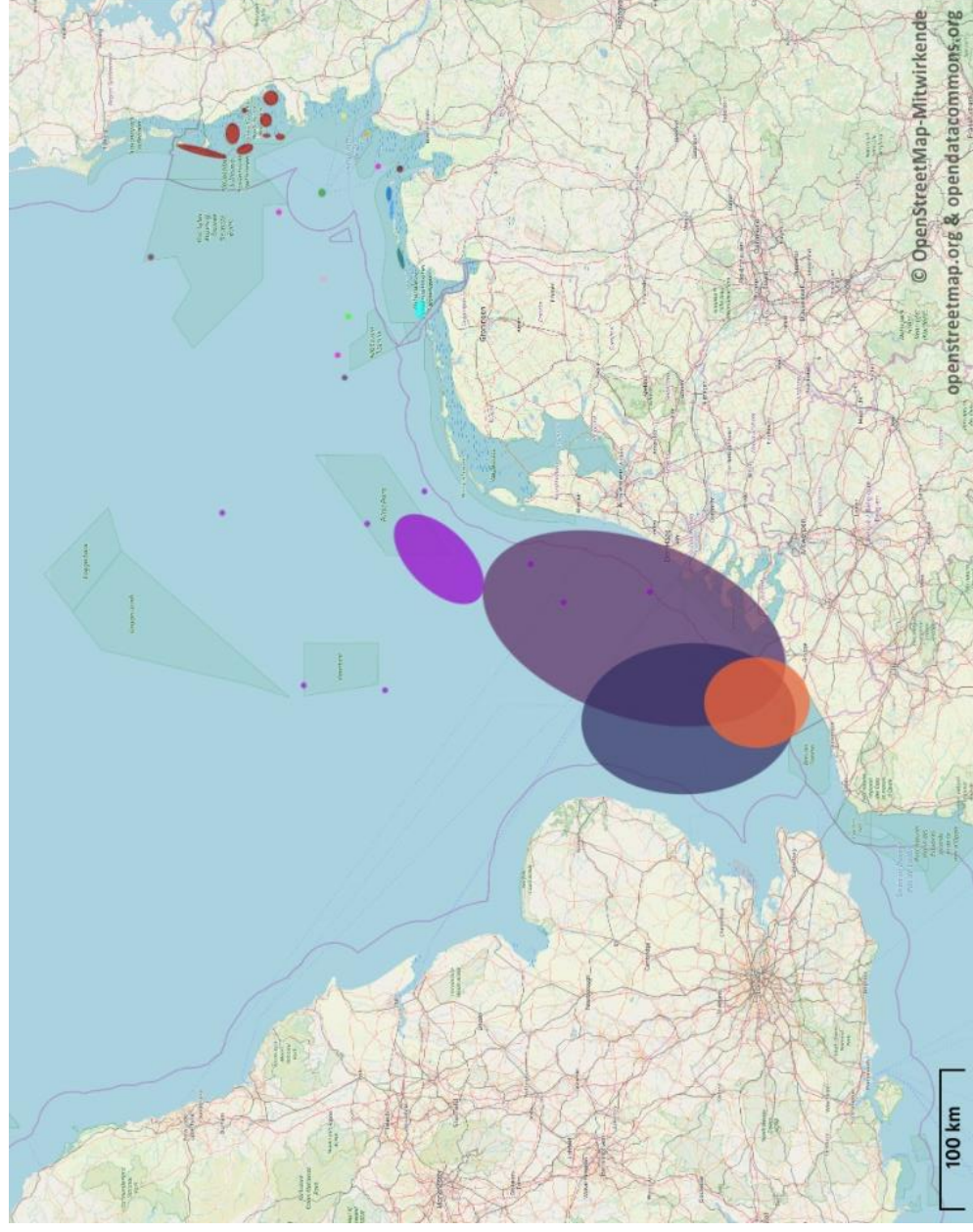


Abbildung 2-1: Untersuchungsgebiete von Studien zur Fledermauswanderung über der Nordsee von West nach Ost.

Fledermauswanderung auf den deutschen Nordseeinseln und an der deutschen Nordseeküste

Nachfolgend wurden die Fledermausnachweise auf den Inseln und im direkten Küstenbereich entlang der Nordsee von Nord nach Süd bzw. West nach Ost dargestellt.

Auf den Nordfriesischen Inseln wurden verschiedentlich Vorkommen von Fledermäusen festgestellt. E. MOHR (1929, 1931) nennt von allen fünf großen Nordfriesischen Inseln (Sylt, Föhr, Amrum, Pellworm, Nordstrand) sowie der Hallig Süderoog Fledermausnachweise und stellt fest, dass auf den Halligen ständige Vorkommen fehlen. BEILSTEIN (1994) berichtete nach akustischen Linien-Transekt-Kartierungen von Rauhautfledermäusen, selten auch Abendseglern, auf den Inseln Sylt, Amrum und Pellworm, sowie den Halligen Norderoog, Habel und anderen Halligen fast ausschließlich während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung. In den Jahresberichten des Vereins Jordsand zum Schutze der Seevögel und der Natur e.V. (1986-1995) sind Beobachtungen von insgesamt 12 „kleinen Fledermäusen“ auf den Nordfriesischen Inseln und Halligen zwischen August und Oktober dokumentiert, bei denen es sich wahrscheinlich um Rauhautfledermäuse handelte (REIMERS 1999). U. SEIFERT fand im September 2000 auf Föhr ein rufendes Rauhautfledermaus-Männchen (BARRE & BACH 2004). P. TODT stellte am 9.5.1998 einen Abendsegler auf Trischen fest (BORKENHAGEN 2011). REIMERS (1999) wies bei Detektoruntersuchungen einen Abendsegler auf Sylt nach. BORKENHAGEN (2011) listet den Fund eines weiteren Abendseglers sowie einer Breitflügelfledermaus für Trischen auf. Nach BORKENHAGEN (2011) ist die Breitflügelfledermaus die einzige Fledermausart, die auf Nordstrand und vor allem Föhr verbreitet ist. F. MEIER (BSH, schriftl. Mitt.) berichtet von einer Fledermaus (vermutlich Rauhautfledermaus) am 18. September 2017 im Bereich des Sylter Außenriffs. BACH et al. (2019) konnten durch Detektor-Dauererfassungen zeigen, dass 2017 auf Trischen und Neuwerk, an der Außenelbe, rege Wanderaktivität von Rauhautfledermäusen im Frühjahr und Spätsommer/Herbst stattfand.

Fledermausnachweise von den Ostfriesischen Inseln liegen für Memmert, Borkum, Norderney, Baltrum, Spiekeroog, Wangerooge, Mellum und der Friesischen Insel Neuwerk vor (BACH 1983, 2009, 2010, pers. Mitt., BACH et al. 2009, DENSE 1989, BRÖRING et al. 1993, HOFMANN 1996, SKIBA 2007, FREY et al. 2011, BatMap 2020, DONNING pers. Mitt.). In einer Datenzusammenstellung gaben BRÖRING et al. (1993) vereinzelte Funde der Zwergfledermaus für Borkum und Norderney an. HOFMANN (1996) fasste Funde des Kleinabendseglers (vgl. auch WALTER et al. 2007), des Abendseglers, der Zwergfledermaus und der Zweifarbfledermaus auf Borkum zusammen. BACH et al. (2009, 2019, pers. Mitt.; siehe auch FREY et al. 2012) konnten bei Detektor-Dauererfassungen auf Wangerooge und Mellum seit 2008 die wandernden Arten Abendsegler, Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*), Rauhaut- und Zweifarbfledermaus nachweisen. Zusätzlich kamen temporär auch Tiere der folgenden regional an der Küste vorkommenden Arten vor, wobei betont werden muss, dass die beiden untersuchten Inseln keine Lokalpopulationen aufweisen: Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), Zwergfledermaus, Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*), Teichfledermaus (*Myotis dasycneme*), Langohr (*Plecotus*) (vgl. BACH et al. 2016). Von der Rauhautfledermaus wurden auf Wangerooge auch Balzquartiere gefunden (BACH et al. 2009). T. RUHWEDEL (mündl. Mitt. in SKIBA 2007) fand auf Borkum zwei tote Teichfledermäuse und wies bioakustisch Wasser-, Rauhaut- und Zwergfledermaus nach. SKIBA (2007) zeichnete per Detektor auf Borkum Rauhautfledermäuse (n=37), Zwergfledermäuse (n=9), Teichfledermäuse (n=3), Wasserfledermäuse (n=2), eine Breitflügelfledermaus und eine Zweifarbfledermaus auf.

DENSE (1989) stellte bei einer Detektor-Übersichtskartierung für den Landschaftsrahmenplan Abendsegler und Rauhautfledermäuse auf Wangerooge fest. Bei akustischen Langzeiterfassungen auf Wangerooge seit Frühjahr 2008 bzw. 2010 auch auf Mellum traten hohe Aktivitäten der Rauhautfledermaus auf (BACH et al. 2009, FREY et al. 2012, BACH & BACH pers. Mitt.). Mit weit geringerer Häufigkeit erfolgten Nachweise von Mückenfledermäusen und Abendseglern. Vereinzelte Nachweise von Zwerg-, Rauhaut- und Mückenfledermaus stammten aus dem Juni (BACH et al. 2009). Bei systematischen Detektor-Untersuchungen fand FREY (2010) auf Wangerooge, Mellum und Neuwerk während der Frühjahrswanderung im Jahr 2010 ebenfalls einen Aktivitätsschwerpunkt der Rauhautfledermaus Ende April (vgl. auch FREY et al. 2012). Daneben wurden Breitflügelfledermaus, Kleinabendsegler, Zwergfledermaus und Langohren nachgewiesen (FREY et al. 2011, 2012). Aus dem Jahr 2017 existieren Nachweise wandernder Abendsegler und Rauhautfledermäuse von Spiekeroog und Wangerooge (BACH et al. 2019). Mittels langjähriger Dauererfassungsuntersuchungen konnte belegt werden, dass v.a. die Rauhautfledermaus stetiger Durchzügler auf Spiekeroog, Wangerooge und Mellum ist (DONNING pers. Mitt., BACH & BACH pers. Mitt.).

Von den Westfriesischen Inseln (JONGE POERINK & HASELAGER 2013) und den dänischen Nordseeinseln (SKIBA 2011) sind vergleichbare Vorkommen bekannt.

Auch am Festland der Westküste Schleswig-Holsteins treten Rauhautfledermäuse vornehmlich während der Spätsommerwanderung im August und September auf und sind im Sommer selten nachweisbar (BEILSTEIN 1992, U. SEIFERT in BORKENHAGEN 2011). REIMERS (1999) fand bei Detektoruntersuchungen die Art in Dithmarschen und im Raum Eiderstedt Mitte September bis Mitte Oktober besonders häufig. D. BARRE (schriftl. Mitt.) wies per Detektor in Geesthacht und Süderlügum während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung hohe Aktivitäten der Rauhautfledermaus nach, die im Sommer fehlten. Die Befunde aus dem Hamburger Raum und der unteren Elbe zeigen ebenfalls hohe Anzahlen/Aktivitäten von Rauhautfledermäusen während der Wanderzeit im Spätsommer (BARRE schriftl. Mitt., KLÖCKER 2002, SCHÄFER 2016, WIERMANN & REIMERS 1995). D. BARRE (schriftl. Mitt.) fand bei Detektorbegehungen in Brunsbüttel außerdem hohe Aktivitäten der Rauhautfledermaus im Frühjahr.

Von den am Festland der Westküste Schleswig-Holsteins nachgewiesenen Abendseglern wird ebenfalls vermutet, dass es sich vielfach um wandernde Tiere handelt (BORKENHAGEN 2011).

Von der gesamten niedersächsischen Nordsee- und mecklenburgisch-vorpommerschen Ostseeküste ist Rauhautfledermauswanderung über Dauererfassungen v.a. im Rahmen von zahlreichen Windkraftplanungen sicher nachgewiesen (z.B. SEEBENS et al. 2013, RYDELL et al. 2014, BACH & BACH 2015a, b, H. MATTHES pers. Mitt., H. POMMERANZ pers. Mitt.).

Einige Ringfunde belegen Wanderverbindungen zwischen Schleswig-Holstein und Schweden bzw. Lettland: Ein im August 1983 in Alnarp (bei Malmö, Schweden) beringter Abendsegler wurde im Februar 1985 überwintert in Helmstorf, Kreis Plön wiedergefunden (DIETERICH & DIETERICH 1987). Eine im September 1990 in Pape, Lettland beringte Rauhautfledermaus wurde im April 1995 in Friedrichstadt, Nordfriesland geborgen (BORKENHAGEN 2011). Dass offensichtlich auch Wanderungsbeziehungen nach Großbritannien bestehen, zeigt der Wiederfund einer im September 1986 in Plön beringten Rauhautfledermaus im Juli 1988 in Jersey (DIETERICH 1988). Da in den skandinavischen Ländern kaum, in einigen Ländern sogar keine Beringungen von Fledermäusen durchgeführt werden (HUTTERER et al. 2005:

Dänemark ca. 8.000, Norwegen keine, Schweden ca. 3.700, Finnland 373 Beringungen; im Vergleich Deutschland ca. 400.000 Beringungen), gibt es insgesamt nur wenige dokumentierte Wanderbewegungen im Bereich der Nordsee.

Fledermauswanderung über die Nordsee

Beobachtungen zur Fledermauswanderung über die Nordsee beschränkten sich lange Zeit auf Nachweise auf Inseln. Die meisten Inseln in der Deutschen Bucht liegen küstennah, so dass Erkenntnisse zum Fledermausvorkommen das Wanderungsgeschehen über der offenen See nur bedingt abbilden. Eine Ausnahme bildet mit einer Entfernung von knapp 50 km von der deutschen Küste die Hochseeinsel Helgoland.

Der erste sichere Nachweis einer Fledermaus auf Helgoland geht auf E. DE SELYS LONGCHAMPS (1882) zurück. Er erwarb im Jahre 1879 eine Breitflügelfledermaus von einem örtlichen Präparator (DE SELYS LONGCHAMPS 1882). Zwar berichtete VON DALLA TORRE 1889, dass Nordfledermäuse (*Eptesicus nilssonii*) „nach H. Gätke jeden Herbst auf dem Zuge ziemlich zahlreich“ (VON DALLA TORRE 1889) auf Helgoland vorkommen. Diese Angabe wird jedoch von mehreren Autoren bezweifelt (u.a. MOHR 1931, VAUK 1974, SKIBA 1989), zumal die Beobachtung später nicht wiederholt werden konnte. Auch E. MOHR (1931) machte Angaben über das Auftreten der Breitflügelfledermaus sowie des Abendseglers auf Helgoland, jedoch ohne weitere Details anzugeben. Daneben sind einige Zufallsbeobachtungen von Zwergfledermäusen, Rohrfledermäusen, Zweifarbfledermäusen und Abendseglern dokumentiert (CASPER 1942, VAUK 1974, VAUK & CLEMENS 1982, V. DIERSCHKE pers. Mitt.).

Neuere Beobachtungen bestätigen das regelmäßige Vorkommen des Abendseglers auf der Hochseeinsel (BRÖRING et al. 1993, SKIBA 2007, HÜPPOP 2009, mündl.). R. SKIBA (2007) erfasste in den Jahren 2000-2006 mehrfach innerhalb kurzer Zeiträume akustisch und optisch Fledermäuse auf Helgoland. Er stellte sowohl während der Frühjahrs- als auch während der Spätsommerwanderung vornehmlich Rohrfledermäuse (n=84) und seltener Abendsegler (n=12) und Zwergfledermäuse (n=8) fest. Daneben wies er einen Kleinabendsegler nach (SKIBA 2007). HÜPPOP (2009) erfasste systematisch in den Jahren 2004 und 2006 bis 2008 Rohrfledermäuse, Zwergfledermäuse und Breitflügelfledermäuse während der Wanderzeiten auf Helgoland. Fledermäuse traten hier fast ausschließlich während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung im April und Mai und von Mitte Juli bis Oktober auf (HÜPPOP 2009).

Es liegen insgesamt nur wenige Fledermausnachweise von der offenen Nordsee vor (vgl. auch HÜPPOP et al. 2019). WALTER et al. (2007) fassten verschiedene Beobachtungen von Fledermäusen während Vogelerfassungen von Schiffen in Nord- und Ostsee zusammen und listeten insgesamt 9 Fledermausfunde im Bereich der Deutschen Bucht auf, darunter ein Abendsegler und eine Rohrfledermaus (sowie 7 unbestimmte Fledermäuse). Von Öl-, Gas- und anderen Plattformen in der niederländischen Nordsee (Deutsche Bucht und Südwestliche Nordsee) sind Funde von insgesamt 34 Fledermäusen zwischen 1988 und 2007 beschrieben (BOSHAMER & BEKKER 2008). Dabei handelt es sich überwiegend um Rohrfledermäuse (n=26); daneben wurden Abendsegler (n=2), Nordfledermäuse (n=2), eine Breitflügelfledermaus und Zweifarbfledermäuse (n=3) gefunden. Auch SKIBA (2007) listet

Beobachtungen von Rohhaut- oder Zwergfledermäusen von einer Ölplattform etwa 60 km westlich Helgolands auf.

HÜPPOP & HILL (2016) zeichnen zwischen August 2004 und Dezember 2015 etwa 45 Kilometer nördlich von Borkum auf der Forschungsplattform FINO 1 Rufsequenzen von mindestens 23 Rohhautfledermäusen, 3 Nordfledermäusen und 2 Kleinabendseglern auf (Anzahl Rufsequenzen N=317). Die Beobachtungen entfallen fast ausschließlich auf die Wanderzeiten, wobei im Spätsommer/Herbst dreimal so viele Individuen nachgewiesen wurden wie im Frühjahr (HÜPPOP & HILL 2016). Auf FINO 3, rund 70 km westlich von Sylt, wurden im Spätsommer 2016 nur vereinzelt Rohhautfledermäuse aufgezeichnet (pers. Mitt. S. LAGERVELD).

In zwei niederländischen Offshore-Windparks (ca. 15 bzw. 23 km offshore) in der südwestlichen Nordsee wurden zwischen 2012 und 2015 akustische Dauererfassungen durchgeführt (JONGE POERINK et al. 2013, LAGERVELD et al. 2014a 2014b, 2015). In beiden Windparks wurden vergleichsweise hohe Aktivitäten der Rohhautfledermaus und seltener des Abendseglers sowie der Zweifarbfledermaus im Frühjahr und Spätsommer festgestellt (JONGE POERINK et al. 2013, LAGERVELD et al. 2014a, 2014b, 2015). Bei Erfassungen auf einem Messmast in etwa 85 km Entfernung von der niederländischen Küste wurden sowohl während der Frühjahrs- als auch während der Spätsommerwanderung 2014 ausschließlich Rohhautfledermäuse gefunden (LAGERVELD et al. 2015). An einem Küstenstandort wurden dagegen den ganzen Sommer über Fledermausaktivitäten festgestellt, wobei hier auch Arten wie die Zwergfledermaus häufig und seltener die Wasser- und die Teichfledermaus registriert wurden (LAGERVELD et al. 2015).

Ebenfalls in der Südwestlichen Nordsee wiesen HOBBS et al. (2014) im Frühjahr zwei und im Spätsommer/Herbst sechs Rohhautfledermäuse von zwei Fährschiffen aus nach (Fährlinien Hull-Zeebrugge und Felixstowe-Vlaardingen). Außerdem wurden an mehreren küstennahen Standorten wie Leuchttürmen Untersuchungen durchgeführt, die Fledermauswanderung belegen (HOBBS et al. 2013, JENNINGS et al. 2013a, 2013b).

BRABANT et al. (2015) detektierten von einem Forschungsschiff vor der belgischen Küste aus während der Spätsommerwanderung 2014 und der Frühjahrswanderung 2015 nur wenige Fledermäuse (vgl. auch BRABANT 2016). In einem belgischen Offshore Windpark etwa 27 km vor der Küstenlinie wurden von August bis November 2017 sieben akustische Dauererfassungsgeräte auf den Serviceplattformen in 16 m Höhe über NN und vier Detektoren in Nabenhöhe am Geländer des Hubschrauberabseilplatzes auf dem hinteren Teil der Gondel etwa 93 m über NN installiert (BRABANT et al. 2019a). Die vorgenommenen Einstellungen an den eingesetzten Geräten (Batcorder Fa. EcoObs) sind vergleichbar mit BEHR et al. (2015), allerdings wurde eine minimale Erfassungsfrequenz von 30 kHz gewählt, sodass Abendsegler und Kleinabendsegler nicht erfasst wurden. Insgesamt wurden 151 Rufsequenzen der Rohhautfledermaus aufgenommen, wobei 10 % der Rufe auf die in Nabenhöhe montierten Geräte entfielen.

RUSS et al. (2001) listeten Funde von Rohhautfledermäusen auf Plattformen von Shetland bis Mittelengland, u.a. von Rohhautfledermäusen auf etwa halbem Weg zwischen Norwegen und den Shetland-Inseln auf. Die Funde traten vornehmlich während der Spätsommerwanderung sowie im Mai bis Juni auf (RUSS et al. 2001). Auch von den Färöer-Inseln sind mehrere Zufallssichtungen bekannt (BAAGØE & BLOCH 1994). Bei Individuen, bei denen

Artansprachen erfolgten, handelte es sich ausschließlich um europäische wandernde Fledermausarten (Kleinabendsegler, Rauhautfledermaus, Zweifarbfledermaus, BAAGØE & BLOCH 1994).

Auch wenn im Bereich der offenen Nordsee insgesamt bislang nur wenige systematische Untersuchungen über mehrere Jahre durchgeführt wurden (LAGERVELD 2015, HÜPPOP & HILL 2016, HÜPPOP pers. Mitt.) ist belegt, dass nicht nur sporadisch Fledermauswanderung auftritt (vgl. auch SKIBA 2007). Neben hohen Aktivitäten der Rauhautfledermaus während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung werden regelmäßig weitere wandernde Arten wie Kleinabendsegler, Abendsegler, Zweifarbfledermäuse (long-distant migrants, HUTTERER et al. 2005) und Nordfledermäuse (regional migrants, HUTTERER et al. 2005) festgestellt (LAGERVELD 2015, HÜPPOP & HILL 2016, HÜPPOP pers. Mitt.). Die Zufallsbeobachtungen von Offshore-Plattformen und Schiffen (RUSS et al. 2001, WALTER et al. 2007, BOSHAMER & BEKKER 2008) und die Befunde von den West-, Ost- und Nordfriesischen Inseln (SKIBA 2007, BACH et al. 2009, FREY et al. 2011, JONGE POERINK & HASELAGER 2013, u.a.) bestätigen dies. Während auf der Ostsee die Mückenfledermaus häufig registriert wird (vgl. 2.2.3), ist sie auf der Nordsee eher selten (vgl. auch RYDELL et al. 2014). Hier dominieren die Rauhautfledermaus und der Abendsegler.

2.2.3 Fledermauswanderung im Bereich der deutschen Ostsee

Die Abbildung 2-2 stellt die Untersuchungsgebiete der im Folgenden aufgeführten Studien zur Fledermauswanderung über der Ostsee von West nach Ost kartographisch dar.

Fledermauswanderung auf den deutschen Ostseeinseln und an der deutschen Ostseeküste

Nachfolgend sollen Fledermausnachweise auf den Inseln und im unmittelbaren Küstenbereich entlang der deutschen Ostsee von West nach Ost dargestellt werden.

Fledermausnachweise liegen für die meisten deutschen Ostseeinseln vor (KLÖCKER 2002, MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013, ALLGEYER pers. Mitt., MATTHES pers. Mitt., POMMERANZ pers. Mitt.). KLÖCKER (2002) wies bei einer Detektoruntersuchung zur Spätsommerwanderungszeit Abendsegler und Rauhautfledermäuse auf Fehmarn nach. MEYER (2011) fand bei einer ganzjährigen Detektor-Dauererfassung auch im Frühjahr eine erhöhte Aktivität dieser Arten und zeigte, dass auch die Mückenfledermaus hier während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung gehäuft vorkommt (vgl. auch BORKENHAGEN 2011).

Von Rügen ist bekannt, dass insbesondere Rauhautfledermäuse und Abendsegler im Frühjahr und Spätsommer die Insel queren (MATTHES & POMMERANZ pers. Mitt.). Für die Greifswalder Oie wurden akustisch hohe Aktivitäten der Rauhautfledermaus, der Zwergfledermaus, des Abendseglers, der Breitflügelfledermaus und der Mückenfledermaus (Reihenfolge gemäß Nachweishäufigkeit) während der Frühjahrswanderung nachgewiesen (SEEBENS et al. 2013). Von der Insel liegen außerdem Zufallsnachweise hauptsächlich von in Vogelnetzen gefangenen Individuen der genannten Arten sowie einiger weniger Zweifarbfledermäuse und einige akustische Nachweise vor (HEDDERGOTT & VON RÖNN 2002, SEEBENS et al. 2013).

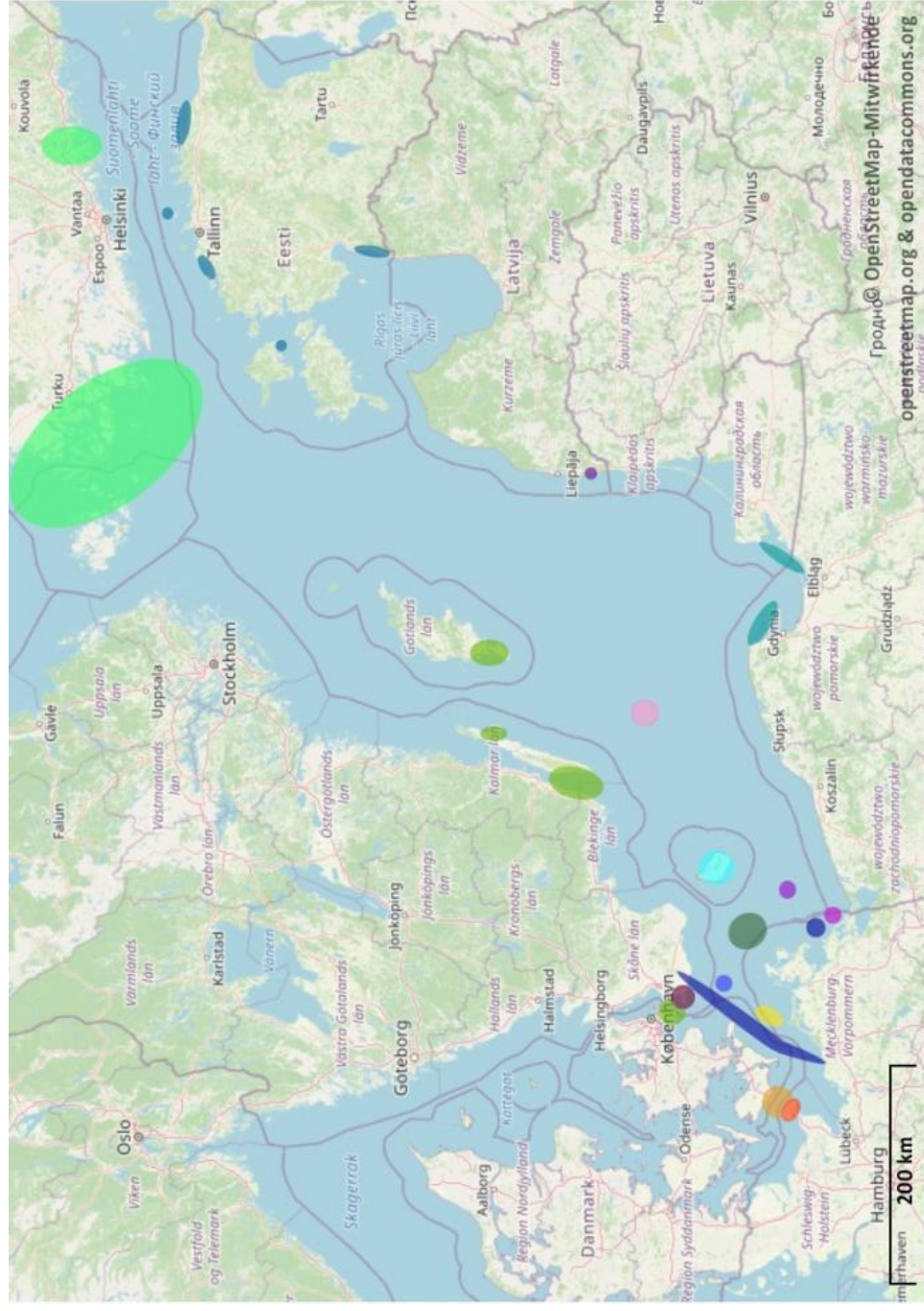


Abbildung 2-2: Untersuchungsgebiete von Studien zur Fledermauswanderung über der Ostsee von West nach Ost.

Auch aus Polen, Litauen und Estland ist bekannt, dass im Frühjahr und Spätsommer Rauhautfledermäuse entlang der Küste wandern (CIECHANOWSKI et al. 2016, CIECHANOWSKI & JARZEMBOWSKI 2009, MASING 2011, ŠUBA et al. 2012). In Pape, Lettland, werden seit 1985 (mit Unterbrechungen) insbesondere während der Spätsommerwanderung jährlich Rauhautfledermäuse gefangen und beringt. Mittlerweile liegen zahlreiche Wiederfunddaten u.a. aus dem Winterlebensräumen in Deutschland, den Beneluxstaaten, Frankreich und der Schweiz vor (u.a. HUTTERER et al. 2005, PETERSONS 2004a, b). PETERSONS (2004b) vermutete, dass zumindest einige Rauhautfledermäuse auf der Wanderung die Ostsee queren.

In Skandinavien und Finnland wurden an vielen küstennahen Punkten und auf Inseln Fledermäuse während der Wanderzeit beobachtet, die dort im Sommer nicht nachweisbar waren (AHLÉN 1997, AHLÉN et al. 2009, BAAGØE 2001, BAAGØE & JENSEN 2007, FRITZÉN 2014, 2015, RYDELL et al. 2014). Umfassende systematische Untersuchungen zur Wanderung an der Küste wurden in Südschweden durchgeführt (AHLÉN 1997, AHLÉN et al. 2007, 2009). Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Tiere im Spätsommer zum Flug über die Ostsee an der Küste Südschwedens und Dänemarks an bestimmten Punkten sammeln und im Frühjahr von der Ostsee aus verstreut auf die schwedische Küste auftreffen (AHLÉN et al. 2009). Für die deutsche Ostseeküste wird ein zeitlich umgekehrtes Bild erwartet (SEEBENS et al. 2013).

Sammelpunkte könnten sich insbesondere dadurch eignen, dass sie markante Landmarken darstellen (AHLÉN et al. 2009) und sind mittlerweile von vielen Stellen im Bereich der Ostsee bekannt. Es liegen Nachweise für mehrere Punkte an der schwedischen Südküste sowie Gotland, Öland, Bornholm, Falster, Fehmarn, Rügen und die Greifswalder Oie vor (AHLÉN 1997, BAAGØE 2001, PETERSONS 2004b, BAAGØE & JENSEN 2007, AHLÉN et al. 2009, MEYER 2011, BACH et al. 2015, 2017, SEEBENS et al. 2013, RYDELL et al. 2014, MATTHES & POMMER-ANZ pers. Mitt.).

Fledermauswanderung auf der Ostsee

Von der Ostsee liegen neben Zufallsbeobachtungen (SONNTAG et al. 2006, WALTER et al. 2007) auch einige systematische Untersuchungen vor, die das Wandergeschehen der untersuchten Bereiche abbilden. AHLÉN et al. (2009) berichten von mehr als 4.000 Fledermausbeobachtungen an der südschwedischen Küste und im Öresund in 2005 und 2006 sowie von Offshore-Beobachtungen nördlich von Bornholm in 2008. Hohe Aktivitäten traten besonders in der Nähe bekannter Sammelpunkte auf. Im Kalmarsund und im Öresund war die Mückenfledermaus die häufigste nachgewiesene Art, gefolgt vom Abendsegler und der Rauhautfledermaus (AHLÉN et al. 2007, 2009). Auch die Nordfledermaus, die Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*), die Breitflügelfledermaus, die Zweifarbfledermaus sowie die Teichfledermaus (Reihenfolge gemäß Nachweishäufigkeit) wurden regelmäßig nachgewiesen (AHLÉN et al. 2007).

MEYER (2011) wies akustisch auf dem Fehmarnbelt von Spätsommer 2009 bis Spätsommer 2010 Rauhautfledermäuse (64%), seltener auch Mückenfledermäuse (17%), Abendsegler (6%) und einige Zwergfledermäuse (2%), Breitflügelfledermäuse (1%) sowie eine Teichfledermaus von Schiffen in fester Ankerposition aus nach (N=214, vgl. auch FEBI 2013). Von Fährten aus registrierte er – ebenfalls akustisch – 62 Rufe (MEYER 2011). SEEBENS et al. (2013) detektieren mittels akustischen Erfassungsgeräten im Frühjahr – ebenfalls von einem Fährschiff aus – Rauhautfledermäuse auf der Ostsee zwischen Rostock und Trelleborg. Daneben zeichneten sie Fledermausrufe von einer Forschungsplattform im Küstenmeer vor Rostock während der Frühjahrswanderung 2012 auf (SEEBENS et al. 2013).

Auf FINO 2 wurden im Spätsommer 2013 während Umweltverträglichkeitsuntersuchungen zum dänischen Offshore-Windpark Kriegers Flak bei akustischen Erfassungen Aktivitäten von Rauhautfledermäusen (n=245), Abendseglern (n=19), Zweifarbfledermäusen (n=17) sowie vereinzelt von Breitflügelfledermäusen (n=3) festgestellt (STOV et al. 2015). Im Frühjahr und Spätsommer 2014 erfolgten an und in der Nähe der Messstation Darßer Schwellen Untersuchungen zum Offshore-Windpark Gennaker (2014 von Schiffen in fester Ankerposition, 2016 von der Messstation aus). Rauhautfledermäuse wurden in 10 (Frühjahr 2014, 55,6 % aller besetzten Minutenintervalle), 15 (Spätsommer 2014, 62,5 % aller besetzten Minutenintervalle) bzw. 6 (Frühjahr 2016, 66,7 % aller besetzten Minutenintervalle) besetzten Minutenintervallen nachgewiesen. Daneben wurden Zwergfledermäuse (0 im Frühjahr 2014, 2 im Spätsommer 2014, 1 im Frühjahr 2016), Mückenfledermäuse (0, 0, 2), Abendsegler (6, 6, 0), Kleinabendsegler (0, 1, 0) sowie unbestimmte Abendsegler-Arten (2, 0, 0) registriert (WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015).

Im Rahmen von weiteren Umweltverträglichkeitsuntersuchungen zu Offshore-Windparks im Bereich der deutschen Gewässer wurden in einigen Fällen akustische Fledermauserfassungen von Schiffen aus durchgeführt und verschiedentlich Fledermäuse, insbesondere Rauhautfledermäuse aber auch Kleinabendsegler, Abendsegler, Zwerg- und Mückenfledermäuse nachgewiesen (WALTER & STÖBER 2020, BOCHOW & WENZEL 2016, RUNGE et al. 2012a, 2012b, WALTER et al. 2007).

Für die offene Ostsee ist insgesamt gut belegt, dass Fledermauswanderung auftritt (insb. AHLÉN et al. 2009, MEYER 2011, ERIKSSON et al. 2013), auch wenn systematische Untersuchungen aus dem Bereich der deutschen Ostsee größtenteils fehlen. Neben der Rauhautfledermaus und dem Abendsegler wird die Mückenfledermaus regelmäßig registriert (vgl. auch RYDELL et al. 2014).

2.2.4 Zeitliches Auftreten wandernder Fledermäuse

Phänologie

BARRE & BACH (2004) fassen saisonale Beobachtungen der Rauhautfledermaus während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung aus Europa zusammen. Anhand der zeitlichen Unterschiede der Aktivitätsmaxima leiten sie die Wanderbewegung entlang eines Südwest-Nordost-Gradienten ab. Demnach liegen die Aktivitätsmaxima der Rauhautfledermaus im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee im Mai bzw. August bis September (BARRE & BACH 2004). RYDELL et al. (2014) untersuchten die Phänologie der Rauhautfledermaus, der Mückenfledermaus und des Abendseglers anhand von Daten aus den Jahren 2007 bis 2009 an insgesamt 19 Standorten von Finnland bis Deutschland (Nordsee n=3, Ostsee n=16). Die Analyse bestätigt, dass die Fledermäuse im Frühjahr in nördlicheren Regionen später auftreten. In Deutschland liegt demnach der Aktivitätsschwerpunkt der Rauhautfledermaus im Frühjahr auf Anfang Mai. Für den Spätsommer/Herbst konnte kein Zusammenhang zwischen dem Breitengrad und dem Zeitpunkt der Aktivität festgestellt werden. Die Autoren vermuten, dass dies dadurch begründet sei, dass in dieser Phase die Wanderungsaktivität mit der Paarungszeit zusammenfällt, in der Fledermäuse sich ggf. länger in einem Paarungsgebiet aufhalten. Für die Spätsommerwanderung wird ein Zeitraum von Anfang August bis Anfang Oktober angegeben (RYDELL et al. 2014).

Auf Wangerooge und Mellum wurden bei Dauererfassungen hohe Aktivitäten der Rauhautfledermaus insbesondere Ende April und Mitte Mai festgestellt (BACH et al. 2009, FREY 2010, FREY et al. 2011). Abendsegler traten dagegen erst Ende Mai vermehrt auf (BACH et al.

2009). Im Spätsommer liegt der Schwerpunkt wandernder Rauhautfledermäuse und Abendsegler auf den genannten Inseln von Ende August bis Anfang Oktober (BACH et al. 2019)

HÜPPOP (2009) wiesen Rauhaut- und Zwergfledermäuse auf Helgoland vor allem Ende April bis Mitte Mai nach. Im Spätsommer traten Rauhautfledermäuse hauptsächlich von Ende August bis Ende Oktober, Zwergfledermäuse schwerpunktmäßig bereits Ende Juli bis Ende September auf (HÜPPOP 2009).

Für die Niederlande geben LAGERVELD et al. (2015) Aktivitätszeiträume von Ende März bis Mitte Mai und von Ende August bis Anfang Oktober an. Für Belgien terminieren BRABANT et al. (2019a) den Zeitraum der Spätsommerwanderung mit 29. August bis 25. November mit einem Schwerpunkt in der zweiten Septemberhälfte (63% der Aktivität).

Für Fehmarn gibt MEYER (2011) einen Aktivitätsschwerpunkt der Rauhautfledermaus Ende April bis Mitte Mai bzw. Anfang September bis Mitte Oktober an, während der Abendsegler und die Mückenfledermaus schwerpunktmäßig nach der ersten Augustdekade auftraten (MEYER 2011).

Auf der Greifswalder Oie liegt der Aktivitätsschwerpunkt der Zwerg- und der Rauhautfledermaus in der ersten Maihälfte, während Abendsegler sowohl in der ersten Mai- als auch der ersten Junihälfte vermehrt aufgezeichnet wurden (SEEBENS et al. 2013).

Auf Måkläppen (Falsterbo, Schweden) wurden in den Jahren 2010 bis 2015 Rauhautfledermäuse schwerpunktmäßig Mitte bis Ende Mai und von Anfang/Mitte August bis Anfang Oktober festgestellt, wobei 2014 der Frühjahrs-Aktivitätsschwerpunkt bereits Mitte April auftrat. Mückenfledermäuse wurden ebenfalls vermehrt ab Mitte bis Ende Mai, jedoch noch bis Ende Juni gehäuft registriert (BACH et al. 2015, 2017, Rohdaten von BACH et al. 2015).

Tageszeitliches Auftreten

Ausführungen zum tageszeitlichen Auftreten von über den Meeren wandernden Fledermäusen sind in der Literatur nur vereinzelt enthalten (FREY et al. 2011, LAGERVELD et al. 2015, SKIBA 2007, WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015). In den meisten Fällen kann kein Muster abgeleitet werden, d.h. die Fledermäuse kommen im gesamten Nachtverlauf vor (FREY et al. 2011, SKIBA 2007, WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015).

SKIBA (2007) berichtete, dass Rauhautfledermäuse „teilweise erst zwei bis drei Stunden nach der Dämmerung, manchmal sogar noch wesentlich später“ auf Helgoland auftreten. Während der Frühjahrswanderung beobachtete er nachts an südlich gelegenen Gebäuden ankommende Fledermäuse, die am nächsten Abend Richtung Nordost weiterflogen. Während Rauhautfledermäuse durchaus länger auf der Insel jagten, hielten sich Zwergfledermäuse nur kurz auf oder flogen unmittelbar weiter (SKIBA 2007). LAGERVELD et al. (2015) fanden entlang der drei in grober West-Ost-Richtung angeordneten Offshore-Untersuchungsstandorte zwischen der englischen und der niederländischen Küste zeitliche Aktivitätsmuster der Rauhautfledermaus, die das erwartete Wanderverhalten zwischen England und den Niederlanden im Spätsommer (d.h. Nachweise zeitlich gestaffelt von Ost nach West) und zwischen den Niederlanden und England im Frühjahr (d.h. Nachweise zeitlich gestaffelt von West nach Ost) abbilden.

Für vorliegende uhrzeitgenaue Daten wird im Folgenden die Häufigkeitsverteilung im Nachtverlauf dargestellt (Greifswalder Oie: Rohdaten von SEEBENS et al. 2013, Måkläppen: Rohdaten von BACH et al. 2015, Vorhabengebiet Offshore-Windpark Gennaker: Daten aus WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015, FINO 1: HÜPPOP & HILL 2016). Da auf der Greifswalder Oie und auf

Måklappen (Falsterbo, Schweden) vergleichsweise hohe Aktivitäten auftreten, erfolgte die Darstellung hier auf Nachtebene. In den Untersuchungsräumen FINO 1 und Vorhabengebiet Offshore-Windpark Gennaker treten weniger Registrierungen auf, sodass hier als Betrachtungsebene die Wanderperiode über die Untersuchungsjahre gewählt wurde.

Auf der Greifswalder Oie wurden im Frühjahr 2011 und 2012 hohe Aktivitäten von Abendseglern (> 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen) in vier (2011) bzw. fünf (2012) Nächten registriert. Die Häufigkeitsverteilungen in diesen Nächten sind in Abbildung 2-3 und Abbildung 2-4 dargestellt. In beiden Jahren liegt der Aktivitätsschwerpunkt in je drei Nächten klar in der ersten und in je einer Nacht klar in der zweiten Nachthälfte. Ein Zusammenhang mit dem in unregelmäßigen Abständen anhand von Kotsuren und durch Ausflugszählungen festgestellten Besatz des 2012 gefundenen Abendsegler-Zwischenquartiers am anderen (nördlichen) Ende der Insel kann nicht belegt werden. Insgesamt lässt die tageszeitliche Verteilung keinen Rückschluss auf präferierte Wanderzeiten zu.

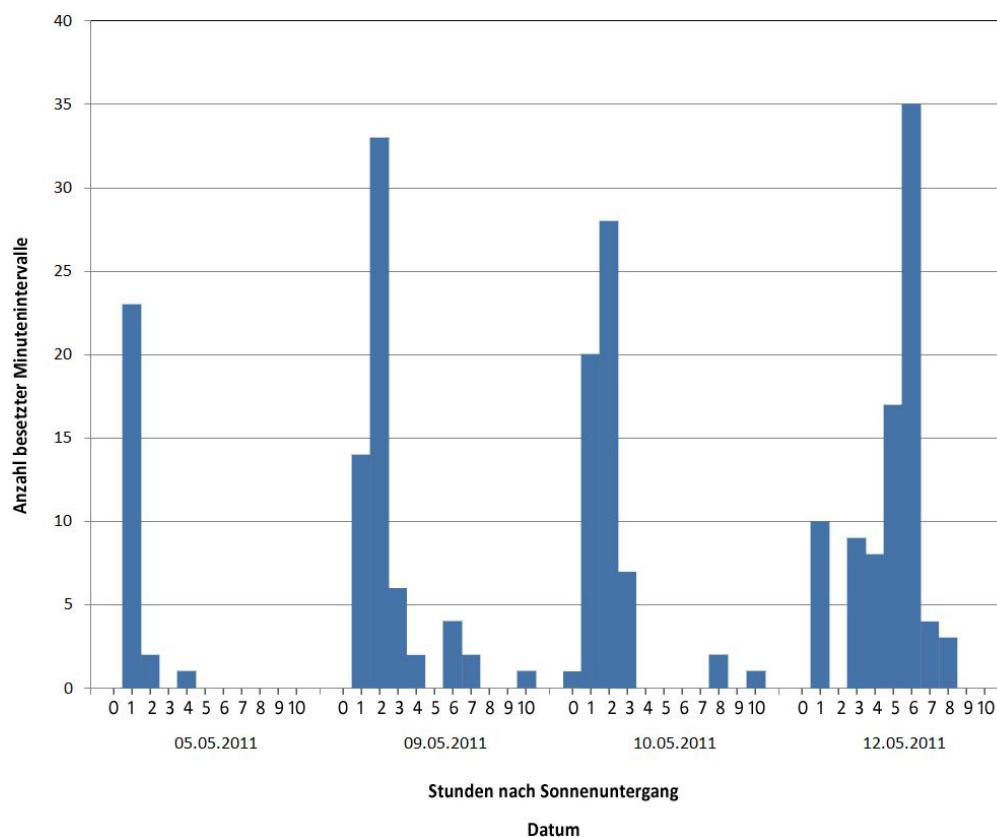


Abbildung 2-3: Nächtliche Verteilung der Anzahl der Minutenintervalle mit Echoortungsrufen des Abendseglers auf der Greifswalder Oie im Frühjahr 2011. Die Häufigkeiten sind jeweils für die letzte Stunde der angegebenen Stundenanzahl nach Sonnenuntergang dargestellt. Dargestellt sind alle vom 26.04. bis 01.06.2011 mit Hilfe eines akustischen RT-Erfassungssystems aufgezeichneten Nächte, in denen mehr als 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen auftraten (Rohdaten von SEEBENS et al. 2013).

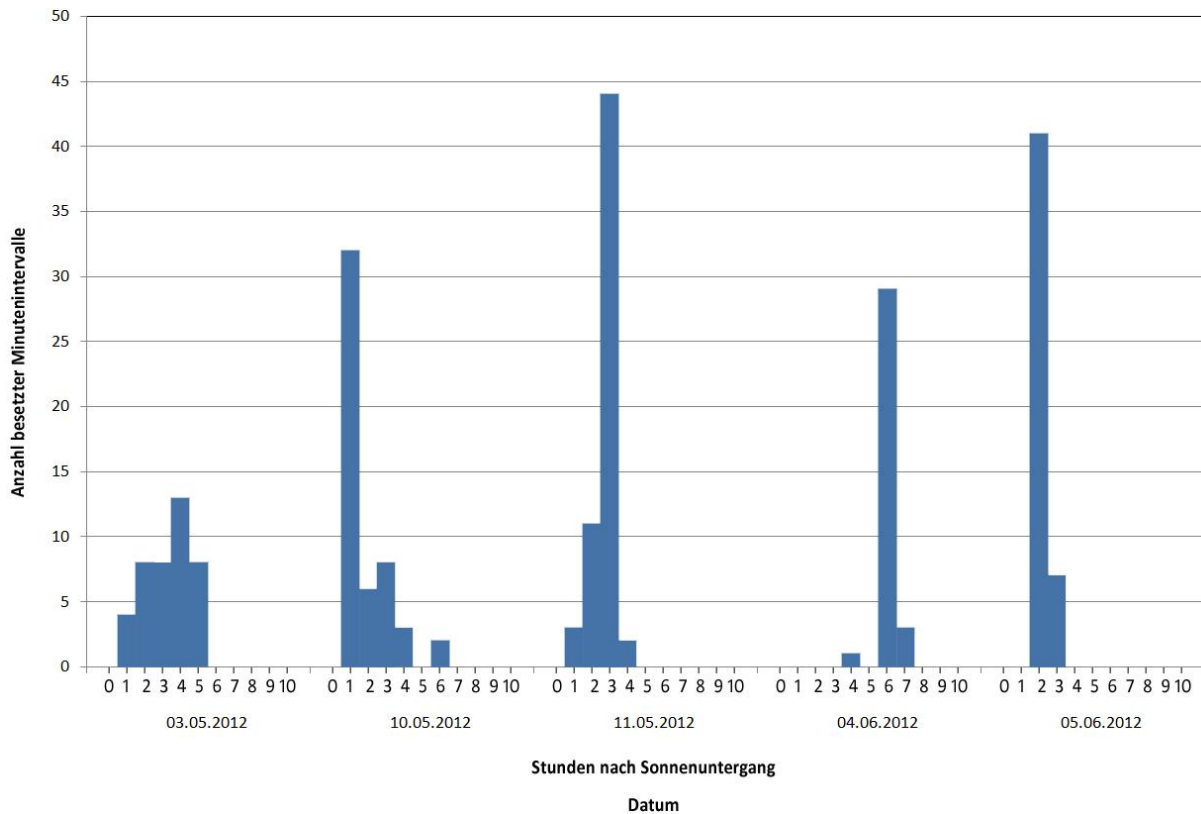


Abbildung 2-4: Nächtliche Verteilung der Anzahl der Minutenintervalle mit Echoortungsrufen des Abendseglers auf der Greifswalder Oie im Frühjahr 2012. Die Häufigkeiten sind jeweils für die letzte Stunde der angegebenen Stundenanzahl nach Sonnenuntergang dargestellt. Dargestellt sind alle vom 27.04. bis 17.06.2012 mit Hilfe eines akustischen RT-Erfassungssystems aufgezeichneten Nächte, in denen mehr als 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen auftraten (Rohdaten von SEEBENS et al. 2013).

Auf Måkläppen (Falsterbo, Schweden) traten im Untersuchungsjahr 2013 hohe Aktivitäten der Rauhaufledermaus (> 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen) in einer (Frühjahr) bzw. vier (Spätsommer) Nächten auf. Die Häufigkeitsverteilungen in diesen Nächten zeigt Abbildung 2-5; die Häufigkeitsverteilung für alle Nächte ist in der Abbildung 2-6 dargestellt. Fledermauskontakte werden zu nahezu allen Nachtstunden registriert. Ein klarer Aktivitätsschwerpunkt in einer Nachthälfte kann für keine Nacht festgestellt werden. Dies trifft auch für die nicht einzeln dargestellten Nächte zu (vgl. Abbildung 2-6). Insgesamt ist die festgestellte Gesamtaktivität im Frühjahr geringer als im Spätsommer.

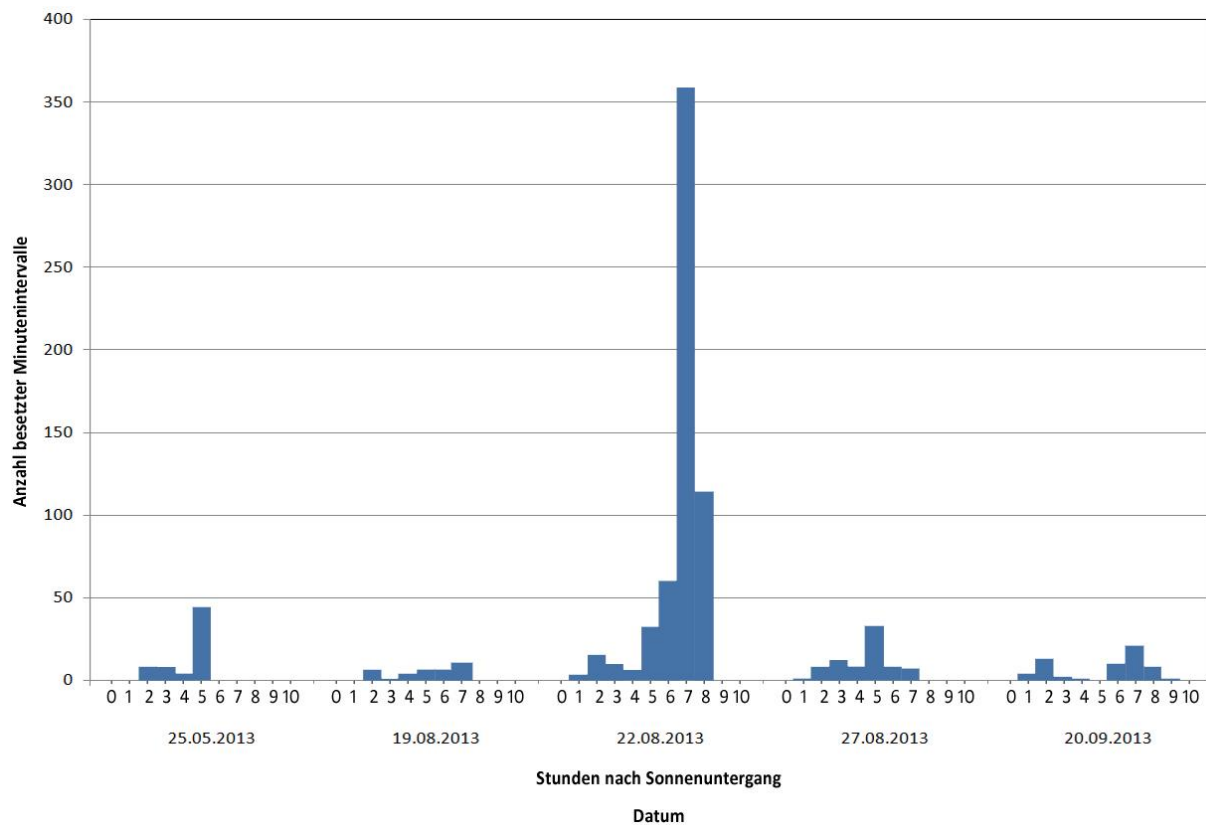


Abbildung 2-5: Nächtliche Verteilung der Anzahl der Minutenintervalle mit Echoortungsrufen der Rauhaufledermaus auf Måklappen, Falsterbo, Schweden in 2013. Die Häufigkeiten sind jeweils für die letzte Stunde der angegebenen Stundenanzahl nach Sonnenuntergang dargestellt. Dargestellt sind alle vom 22.04. bis 20.09.2013 mit Hilfe eines AnaBat-Erfassungssystems aufgezeichneten Nächte, in denen mehr als 25 Minutenintervalle mit Echoortungsrufen auftraten (Rohdaten von BACH et al. 2015).

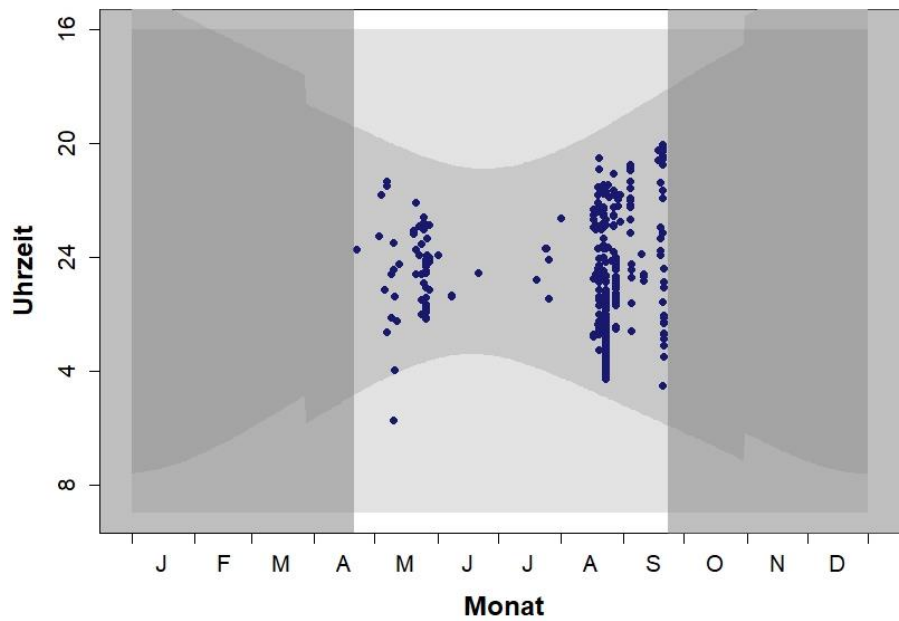


Abbildung 2-6: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf auf Måkläppen, Falsterbo, Schweden in 2013. Die Nacht zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet (Rohdaten von BACH et al. 2015).

Für FINO 1 (Nordsee) ist die Häufigkeitsverteilung für alle Nächte im Frühjahr bzw. Spätsommer in Abbildung 2-7 dargestellt. Fledermäuse traten zu nahezu allen Nachtzeiten auf.

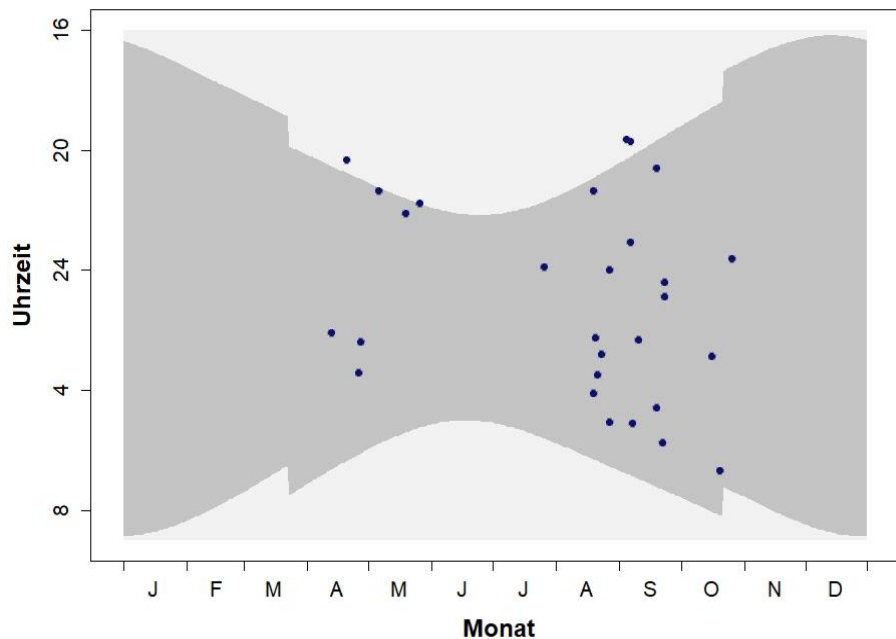


Abbildung 2-7: Anzahl der mit Rauhaufledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf auf FINO 1. Die Erfassungen erfolgen vom 12.08.2004 bis 21.12.2015 mit Hilfe eines akustischen FD-Erfassungssystems (Daten aus Hüppop & Hill 2016). Im Frühjahr sind 5 Nächte, im Spätsommer 14 Nächte mit Rauhaufledermausnachweisen aufgetreten. Die Nacht zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. (Rohdaten von Hüppop & Hill 2016).

Insgesamt lässt sich auf Basis der vorliegenden Daten feststellen, dass wandernde Fledermäuse zu allen Nachtzeiten auftreten und kein Präferenzmuster für bestimmte Nachtstunden erkennbar ist.

2.2.5 Wetterabhängigkeit von Wanderereignissen

Eine Wetterabhängigkeit von Wanderereignissen wurde verschiedentlich in Untersuchungen gezeigt, in denen über längere Zeiträume Erfassungen durchgeführt wurden.

SKIBA (2007) stellte Rauhaufledermäuse auf Helgoland am häufigsten nach leichtem Sommerregen bei 4 Bft, aber auch bei 5-6 Bft, fest. Einen Zusammenhang mit der Windrichtung findet er nicht (SKIBA 2007). Auf FINO 1 wurden Fledermäuse vornehmlich bei geringen bis moderaten Windgeschwindigkeiten sowie ablandigen Winden aufgezeichnet (HÜPPOP & HILL 2016). In zwei Offshore-Windparks in der Südwestlichen Nordsee (Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, Prinses Amalia Wind Farm) traten hohe Fledermausaktivitäten in den Jahren 2012 bis 2014 bei Windgeschwindigkeiten von unter 5 m/s (3 Bft) und in Einzelfällen bis zu 7 m/s (4 Bft) auf (LAGERVELD et al. 2015). Die Aktivität an den drei im Jahr 2014 untersuchten Offshore-Standorten (Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, Prinses Amalia Wind Farm, IJmuiden Meteorological Mast) ist außerdem eng verknüpft, das heißt Aktivitäten traten in der Regel in gleichen Nächten an allen Standorten auf (LAGERVELD et al. 2015).

Auf dem Fehmarnbelt sind hohe Fledermausaktivitäten bei Windstärken bis 7 m/s (4 Bft) zu verzeichnen. Die höchste Aktivität tritt bei einer Windstärke von 6,5 m/s (4 Bft) auf. Die vom ankernden Schiff aufgezeichneten Rufe wurden zu 95 % bei Durchschnittstemperaturen über 10 °C registriert (FEBI 2013, MEYER 2011). Bei Dauererfassungen im Bereich der Darßer

Schwelle im Frühjahr und Spätsommer 2014 und Frühjahr 2016 wurden Fledermäuse vor allem dann detektiert, wenn vergleichsweise niedrige Windstärken von unter 3-4 Bft vorherrschten (WAWRA 2015, WAWRA et al. 2016). Im Spätsommer 2014 wurden außerdem in acht Nächten parallel Lichtfallenfänge zur Ermittlung des Insektenvorkommens durchgeführt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Insektendichte und der Anzahl der aufgezeichneten Fledermauskontakte hergestellt werden: In Nächten, in denen viele Insekten gefangen wurden wurde keine besonders hohe Fledermausaktivität festgestellt (WAWRA et al. 2015).

ECOCOM (2015) zeigen, dass die meisten Aktivitäten der *Pipistrellus*-Arten bei Windgeschwindigkeiten ≤ 7 m/s (4 Bft, gemessen jeweils um 24:00 Uhr) und Temperaturen ≥ 10 °C stattfanden. Vereinzelte Kontakte traten bis 17 m/s (7 Bft, gemessen jeweils um 24:00 Uhr) bzw. bis 6 °C auf.

Zufallssichtungen konnten dagegen nicht mit den vorherrschenden Wetterbedingungen verknüpft werden. So fanden WALTER et al. (2007) keinen Zusammenhang zwischen Windstärke, Windrichtung und dem Auftreten von Fledermaussichtungen. Für die im Frühjahr auf Offshore-Plattformen aufgefundenen Rauhautfledermäuse konnten auch BOSHAMER & BEKKER (2008) keinen signifikanten Zusammenhang zwischen einer für Verdriftung sprechenden Windrichtung (Südost- oder Südwind) oder der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit und dem Eintreten eines Fundereignisses herstellen. Im Spätsommer ist die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in den drei Tagen vor dem Fund eines Tieres geringer als an anderen Tagen; der Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Die Gewichte aufgefundener Rauhautfledermäuse sind jedoch im Mittel und im Monatsvergleich geringer als die Gewichte von Rauhautfledermäusen in einem Kastenrevier auf dem Festland. BOSHAMER & BEKKER (2008) vermuteten deshalb, dass Fledermäuse nur dann auf Offshore-Plattformen auftreten und aufgefunden werden, wenn sie erschöpft sind.

Auf Mellum, Neuwerk und Wangerooge ist die höchste Fledermausaktivität im Frühjahr bei 2-4 Bft (2,6 - 6,2 m/s) zu verzeichnen, wobei die Aktivität mit der Windgeschwindigkeit zunimmt. Auf Mellum wies FREY (2010) einmalig auch bei Windstärke 6 (10,8 m/s) eine hohe Aktivität nach. BACH et al. (2009) sahen einen starken Zusammenhang mit der frühjährlichen Temperaturerhöhung, mit der sich in der Regel auch die Windgeschwindigkeiten verringern.

2.2.6 Flugverhalten über den Meeren

Nur wenige Studien geben Hinweise zum Verhalten von Fledermäusen während der Wanderung über dem Meer, da der Großteil der Untersuchungen ausschließlich auf akustischen Daten beruht.

SKIBA (2007) führte auf Helgoland kombinierte manuelle akustische Erfassungen und Sichtbeobachtungen durch. Für Rauhautfledermäuse gibt er eine Flughöhe von 2-8 m und für Zwergfledermäuse von 3-7 m an. Die Tiere flogen einzeln oder zu wenigen. Die ausschließlich im August und September beobachteten Abendsegler flogen dagegen sehr hoch und – soweit erkennbar – nur in Richtung Südwest. Ein im Frühjahr beobachteter Kleinabendsegler flog nach kurzer Insektenjagd geradlinig Richtung Nordost. Auch die im September auf Borkum registrierten Zwergfledermäuse traten vereinzelt auf und flogen fast geradlinig in westlicher bis südlicher Richtung zum Meer (SKIBA 2007). Bei Beobachtungen von Rømø aus stellt SKIBA (2011) bei einer auf die offene Nordsee hinausfliegenden Rauhautfledermaus eine Flughöhe von 8-10 m fest.

AHLÉN et al. (2009) beobachteten in umfassenden systematischen Untersuchungen für alle Fledermausarten auf der Ostsee niedrige Flughöhen. Auch für den Abendsegler wurden Flughöhen von unter 10 m über der Wasseroberfläche ermittelt. Durch gleichzeitige Radarbeobachtung erfolgt der Nachweis, dass nur einige wenige Individuen der Art in einer Höhe über 40 m über der Wasseroberfläche flogen (Erfassungshöhe bis 100 m). Alle direkt beobachteten Fledermäuse ($n > 1.000$) nutzen Echoortung. Nach Verlassen der Küste flogen die Tiere einzeln oder in Gruppen aus zwei bis drei Individuen. Schwärme wurden nicht beobachtet (AHLÉN et al. 2009).

Auch MEYER (2011) beobachtete, dass *Pipistrellus*-Arten meist in 2-5 m über der Wasseroberfläche flogen. Für Abendsegler stellte er Flughöhen von 15-25 m fest, teilweise auch mehr (FEBI 2013, MEYER 2011).

Auch Jagd über der offenen See wurde regelmäßig beobachtet (AHLÉN et al. 2009, vgl. auch FEBI 2013, MEYER 2011). Wandernde Fledermäuse jagen abhängig von der Insektdichte kürzer oder länger. Einige Fledermäuse fliegen auch im Sommer weite Strecken auf See hinaus, um Insekten zu jagen (AHLÉN et al. 2009).

2.2.7 Verhalten an OWEA

Zum Verhalten von Fledermäusen an anthropogenen Strukturen auf der offenen See ist insgesamt wenig bekannt. Nachweise von auf Schiffen und Plattformen rastenden Fledermäusen sowie Beobachtungen von an Schiffe anfliegenden Fledermäusen treten regelmäßig auf (BOSHAMER & BEKKER 2008, HÜPPOP & HILL 2016, MEYER 2011, RUNGE et al. 2012A, 2012B, RUSS et al. 2001, SKIBA 2007, SONNTAG et al. 2006, WALTER et al. 2007). Auch Erkundungsverhalten ist nachgewiesen (AHLÉN et al. 2009, MEYER 2011, SKIBA 2007, WALTER et al. 2007).

AHLÉN et al. (2009) beobachteten in einigen Fällen das Verhalten von über der Ostsee wandernden Fledermäusen an vertikalen Strukturen wie Schiffen, dem Leuchtturm Utgrunden und OWEA. Demnach ändern die eher niedrig fliegenden Tiere beim Auftreffen auf eine vertikale Struktur rasch ihre Flughöhe. Abendsegler stiegen von knapp über der Wasserfläche bis in Höhe der Turbine einer Offshore-Windenergieanlage auf. Auch das direkte Anfliegen an OWEA und das Ablesen von Insekten wurde beobachtet. Rastende Fledermäuse werden offshore an WEA und auf Schiffen angetroffen. Einige Individuen der Mückenfledermaus und der Rauhaufledermaus rasteten mehrere Tage an einer Windenergieanlage in knapp 6 km Entfernung von der Küste und beflogen von dort die umgebenden Wasserflächen. Auch Territorial- und Balzrufe wurden von einigen der Individuen ausgestoßen. Techniker fanden außerdem rastende Fledermäuse in den Turbinennarben (AHLÉN et al. 2009). An sieben (Utgrunden) bzw. fünf (Ytre Stengrund) in Reihe stehender Offshore-WEA wurden in verschiedenen, relativ windarmen Nächten (Windgeschwindigkeit < 5 m/s bzw. 3 Bft) automatische Erfassungsgeräte an der Serviceplattform (etwa 5m über See) angebracht. Hier wurden regelmäßig bis zu zehn Fledermausarten registriert (siehe Abbildung 2-8). Die Aktivität schwankte stark sowohl zwischen den OWEA als auch zwischen den Terminen (AHLÉN & BACH unveröff.).

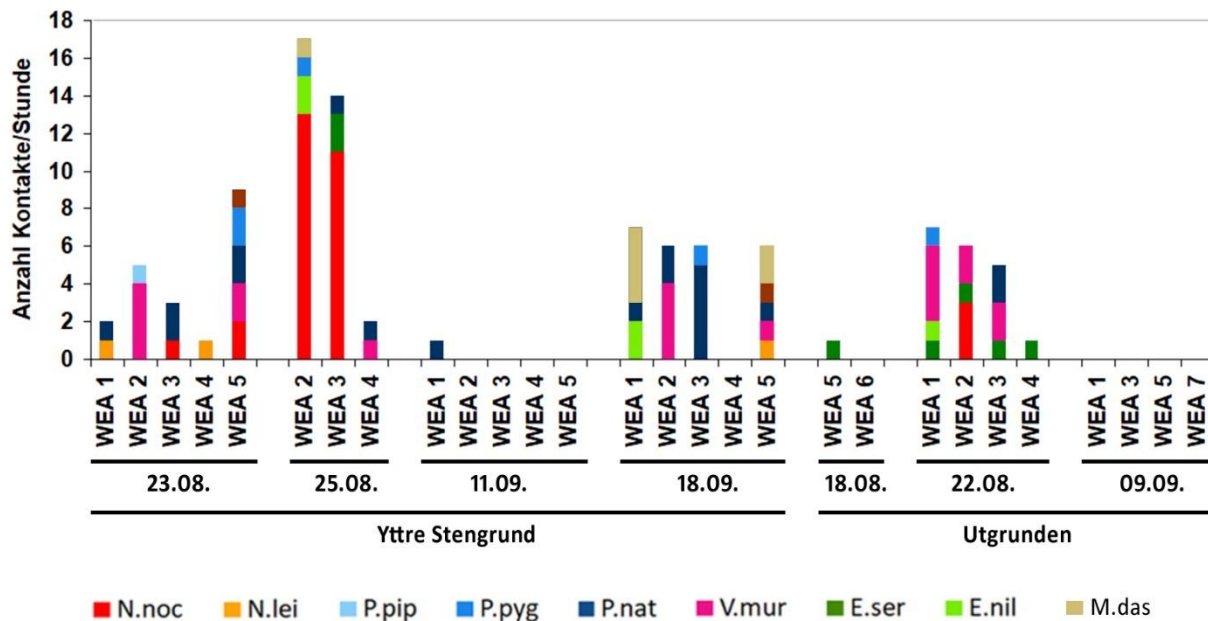


Abbildung 2-8: Anzahl der Fledermauskontakte/Stunde der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten an Offshore-WEA der beiden Windparks Yttre Stengrund und Utgrunden (beides Kalmarsund) im Jahr 2006 (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, V.mur: *Vespertilio murinus*, E.ser: *Eptesicus serotinus*, E.nil: *Eptesicus nilssonii*, M.das: *Myotis dasycneme*. AHLÉN & BACH unveröff.).

LAGERVELD et al. (2015) und HÜPPOP & HILL (2016) zeichneten an mehreren Offshore-Standorten mehrfach unmittelbar nach Sonnenuntergang Fledermausrufe auf und schließen daraus, dass die Tiere vor Ort überlagert haben. BRABANT et al. (2019a) beschrieben, dass 32 Kontakte von den insgesamt 151 Kontakten Transitflüge waren, und 10 Kontakte „Transitflüge mit Erkundungsverhalten“ zeigten. Nur ein einziger Kontakt auf Nabenhöhe ließ Jagd- und Erkundungsverhalten erkennen.

RYDELL & WICKMAN (2015) registrierten an einer küstennahen Offshore-Windenergieanlage westlich von Gotland einige Rufe des Abendseglers ausschließlich bei ruhigem Wetter. Sie fanden keine Anhaltspunkte für Jagd (RYDELL & WICKMAN 2015).

ECOCOM (2012, 2015) untersuchten Fledermäuse im Rahmen des Offshore-Windparks Kårehamnporten (Voruntersuchung mit anschließendem Betriebsmonitoring) 2,5 bis 3,8 km nördöstlich von Kårehamn (Öland). Während der UVP wurden insgesamt neun Spierentönen wiederholt im Zeitraum Juni bis Oktober mit jeweils zwei Pettersson D500x-Detektoren bestückt (ECOCOM 2012). Während insgesamt 808,6 Stunden Aufnahmezeit wurden 243 Rufsequenzen von sechs Arten sowie den Gattungen *Myotis* (Mausohrarten, 9 Kontakte) und *Plecotus* (Langohrarten, 1 Kontakt) aufgenommen. Am meisten vertreten war der Abendsegler (85 Kontakte), gefolgt von der Mückenfledermaus (79 Kontakte), der Nordfledermaus (40 Kontakte), der Wasserfledermaus (11 Kontakte), der Rauhaufledermaus (8 Kontakte) und der Breitflügelfledermaus (1 Kontakt). Beim anschließenden Betriebsmonitoring der OWEA wurden an zwei OWEA jeweils auf Nabenhöhe und am Mastfuß etwa 7m über Meeresspiegel Detektoren installiert. Es wurden insgesamt 121 Rufsequenzen aufgezeichnet, davon 15 auf Nabenhöhe. Im Frühjahr wurden deutlich mehr Kontakte festgestellt (101 am Mastfuß, 3 auf Nabenhöhe) als im Spätsommer (5 am Mastfuß, 12 auf Nabenhöhe). Insgesamt dominierten Rauhaut- und Mückenfledermaus 56 bzw. 38 Kontakte), gefolgt von *Myotis spec.* (10

Kontakte), Abendsegler (9 Kontakte) und 8 Kontakte der Nordfledermaus. Im Frühjahr traten auf Nabhöhe zwei Rauhaut- und eine Mückenfledermaus auf, im Spätsommer vier Nordfledermäuse, und acht Abendsegler. Am Mastfuß wurden im Spätsommer nur fünf Kontakte der Rauhautfledermaus erfasst, alle weiteren Kontakte stammten aus dem Frühjahr (ECOCOM 2015).

2.3 Zusammenfassung

Dass Fledermauszug im Bereich der Nord- und Ostsee auftritt, ist durch zahlreiche Nachweise und Hinweise belegt (AHLÉN 1997, AHLÉN et al. 2009, BACH et al. 2009, BAAGØE & BLOCH 1994, BOSHAMMER & BEKKER 2008, ERIKSSON et al. 2013, FREY et al. 2012, HOBBS et al. 2013, 2014, HÜPPOP 2009, HÜPPOP & HILL 2016, JENNINGS et al. 2013a, 2013b, LAGERVELD et al. 2014a, 2015, MEYER 2011, PETERSEN et al. 2014, RUSS et al. 2001, RYDELL & WICKMAN 2015, SEEBENS et al. 2013, SKIBA 2007, 2011, VAUK 1974 u.a.). Im Ostseebereich wird neben der Rauhautfledermaus und dem Abendsegler die Mückenfledermaus häufig registriert (AHLÉN et al. 2009, MEYER 2011, RYDELL et al. 2014). Über der Nordsee werden neben hohen Aktivitäten der Rauhautfledermaus während der Frühjahrs- und Herbstmigration regelmäßig weitere Fledermausarten wie Kleinabendsegler, Abendsegler und Zweifarbfledermäuse festgestellt (HÜPPOP pers. Mitt., HÜPPOP & HILL 2016, LAGERVELD 2015). Die Zufallsbeobachtungen von Offshore-Plattformen und Schiffen (BOSHAMMER & BEKKER 2008, RUSS et al. 2001, WALTER et al. 2007) und die Befunde von den West-, Ost- und Nordfriesischen Inseln (BACH et al. 2009, FREY et al. 2011, JONGE POERINK & HASELAGER 2013, SKIBA 2007 u.a.) bestätigen dies.

Die Aktivitätsmaxima der Rauhautfledermaus im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee werden für Ende April bis Mai bzw. August bis September/Anfang Oktober (BACH et al. 2009, 2017, BARRE & BACH 2004, FREY 2010, FREY et al. 2011, HÜPPOP 2009, RYDELL et al. 2014), teilweise Ende Oktober (HÜPPOP 2009). Abendsegler treten dagegen erst Mitte bis Ende Mai und bis in die erste Junihälfte (BACH et al. 2009, SEEBENS et al. 2013) und im Herbst nach der ersten Augustdekade (MEYER 2011) vermehrt auf. Auch Mückenfledermäuse kommen schwerpunktmäßig nach der ersten Augustdekade vor (BACH et al. 2017, MEYER 2011). Für Zwergfledermäuse wird das Schwerpunktaufkommen mit Ende April bis Mitte Mai und Ende Juli bis Ende September angegeben (HÜPPOP 2009, SEEBENS et al. 2013). Für die Niederlande geben LAGERVELD et al. (2015) Aktivitätszeiträume von Ende März bis Mitte Mai und von Ende August bis Anfang Oktober an.

In verschiedenen systematischen Studien werden hohe Fledermausaktivitäten auf der offenen Nord- und Ostsee bei Windgeschwindigkeiten unter 3-4 Bft (5-7 m/s) festgestellt (HÜPPOP & HILL 2016, LAGERVELD et al. 2015, MEYER 2011, SKIBA 2007, WAWRA et al. 2015, WAWRA 2016).

Die Flughöhe der meisten Fledermausarten (Gattung *Pipistrellus*, teilweise Abendsegler) beträgt offshore unter 10 m über der Wasseroberfläche (AHLÉN et al. 2009, MEYER 2011, SKIBA 2007). Bei Abendseglern werden auch Flughöhen von 15-25 m und höher (MEYER 2011), teilweise über 40 m (AHLÉN et al. 2009) oder sogar wesentlich höher (SKIBA 2007) festgestellt.

An anthropogenen Strukturen wie Schiffen, Plattformen und OWEA werden regelmäßig anfliegende und rastende Fledermäuse beobachtet (BOSHAMMER & BEKKER 2008, HÜPPOP & HILL 2016, MEYER 2011, RUNGE et al. 2012a, 2012b, RUSS et al. 2001, SKIBA 2007, SONNTAG et al. 2006, WALTER et al. 2007). Bei akustischen Erfassungen an OWEA werden regelmäßig

Fledermäuse nachgewiesen (ECOCOM 2012, 2015, RYDELL & WICKMAN 2015, AHLÉN & BACH unveröff.). Niedrig über der Wasseroberfläche fliegende Tiere ändern beim Auftreffen auf solche Strukturen innerhalb kürzester Zeit ihre Flughöhe, was an OWEA zu Kollisionen mit den Rotorblättern führen könnte (AHLÉN et al. 2009). Zum Auftreten von Kollisionen liegen keine Erkenntnisse vor.

2.4 Zur Verfügung gestellte Daten

Tabelle 2-1: Zur Verfügung gestellte Daten (nach Untersuchungsgebiet von West nach Ost).

Untersuchungsgebiet	Beschreibung	Zeitliche Auflösung	Autoren/Ansprechpartner
Küste Nord- und Ostsee	Wiederfunddaten Fledermaus Beringungszentrale Bonn, Zoologisches Forschungsmuseum A. König	Taggenau	Thalia Jentke, Jan Decher
Deutsche Bucht, Schiff in Ankerposition	Schriftliche Mitteilung Einzelfund Robert Neumann	Taggenau	Robert Neumann
FINO 3	Rohdaten aus Hüppop & Hill 2016	Sekundengenau	Ommo Hüppop, Reinhold Hill
Schleswig-Holstein (Brunsbüttel, Fehmarn, Skandinavienkai Lübeck-Travemünde, Süderlügüm, Wiemersdorf)	Erfassungsdaten	Taggenau	Dorothea Barre
Küste Ostsee	Wiederfunddaten Fledermausmarkierungszentrale Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden	Taggenau	Dagmar Brockmann
Schiff Rostock-Trellborg, Riff Rosenort, Greifswalder Oie	Rohdaten aus SEEBENS et al. 2013	Sekundengenau	Antje Seebens-Hoyer, Angelika Fuß, Peter Allgeyer, Henrik Pommeranz, Matthias Götttsche, Michael Götttsche, Matthias Mähler, Hinrich Matthes, Christoph Paatsch
Måklappen, Falsterbo	Rohdaten aus BACH et al. 2015	Sekundengenau	Lothar Bach, Petra Bach, Sophie Ehn-bom, Måns Karlsson
OWP Yttre Stengrund und Utgrunden, Kalmarsund	unveröff. Rohdaten	Sekundengenau	Ingemar Ahlén, Lothar Bach
Südkandinavien (Utgrunden Öland u.a.)	Rohdaten aus Ahlén et al. 2009	Sekundengenau, Stundengenau	Lothar und Petra Bach

3 Akustische Erfassungen

Antje Seebens-Hoyer, Lothar Bach, Petra Bach, Henrik Pommeranz, Reinhold Hill, Michael Götsche, Sandra Vardeh, Matthias Götsche, Hinrich Matthes, Christian Voigt

3.1 Einführung

Es ist allgemein anerkannt, dass saisonale Fledermauswanderungen zwischen Nord- bzw. Nordosteuropa und Südwesteuropa auftreten (FLEMING & EBY 2003, HUTTERER et al. 2006, STEFFENS et al. 2004, VOIGT et al. 2014). An Land zeigen einige systematische Studien zur Migration von Fledermäusen, dass Fledermäuse entlang der Küste wandern (CIECHANOSWIKI et al. 2015, PETERSONS 2004b) und/oder in breiter Front das Binnenland queren (MESCHÉDE et al. 2017). Zwar ist gesichert, dass Fledermauswanderung über den Meeren stattfindet, zur Fledermauswanderung im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee ist jedoch noch wenig bekannt (Kapitel 2). Im Folgenden sollen grundlegende Überlegungen zu den Bedingungen, die für eine Wanderung über den Meeren im Betrachtungsraum bestehen, dargestellt und daraus zu untersuchende Hypothesen abgeleitet werden.

Die Geographie Nord- und Mitteleuropas schafft für die Fledermauswanderung einige grundlegende Voraussetzungen, die hier für die Spätsommerwanderung von Nord nach Süd dargestellt werden. Von Schweden und den dänischen Inseln (dänische Südsee) südwärts wandernde Tiere sind gezwungen, die Ostsee zu queren. Die zu überwindenden Entfernungen sind im Vergleich zu anderen Meeren ob der geringen Größe des Binnenmeeres grundsätzlich eher klein. Die Geographie der Landmassen erlaubt zudem ein „Insel-Hopping“, sodass bei entsprechender Streckenführung nur sehr kurze Entfernungen über See zurückgelegt werden müssen. So muss ein von Schonen (Schweden) über Seeland, Falster und Lolland (Dänemark) nach Fehmarn (Deutschland) der Vogelfluglinie folgendes Tier lediglich Entfernungen von je unter 20 km über Öresund und Fehmarnbelt überwinden. Bei einer direkten Querung der Arkonasee von Schonen (Schweden) nach Rügen (Deutschland) entlang der Rügen-Schonen-Vogelfluglinie wäre die zu überwindende Entfernung mit etwa 70 km zwar erheblich größer, aber dennoch in für Fledermäuse erreichbarer Größenordnung: TROXELL et al. (2019) geben für die Rauhaufledermaus eine Eigen-Fluggeschwindigkeit von bis zu 25 km/h ohne Windeinfluss während der Wanderung an. Unter Annahme dieser Fluggeschwindigkeit wäre die Strecke somit in unter drei Stunden überwindbar, was deutlich unter einem Viertel der Nachtlänge im September (14 Stunden) entspricht. Die direkte Überquerung der Ostsee im Bereich der Mecklenburger Bucht, beispielsweise von Gedser (Dänemark) nach Rostock, die hier 42 km beträgt, würde demnach unter zwei Stunden und ein Siebtel der Nachtlänge dauern.

Eine Übersicht über die genannten möglichen Migrationswege im Ostseebereich gibt die nachfolgende Abbildung 3-1.



Abbildung 3-1: Mögliche Migrationswege in der Ostsee.

Legt man diese Bedingungen zugrunde, so besteht für eine im Bereich der südlichen Ostsee wandernde Fledermaus keine zwingende Notwendigkeit, Umwege zu fliegen, da die direkte Route in einem Bruchteil der Nacht überwindbar ist. Es bliebe somit ausreichend Zeit für andere Aktivitäten wie die Nahrungsaufnahme. Wir erwarten deshalb, dass im Bereich der südlichen Ostsee regelmäßig Fledermauswanderung auftritt und es sich nicht um vom Wind verdriftete Einzeltiere handelt:

Hypothese 1: Über der deutschen Ostsee tritt regelmäßig Fledermauswanderung auf.

Von der Südküste Schwedens ist bekannt, dass sich Fledermäuse im Spätsommer vor ihrem Flug über die Ostsee regelmäßig an bestimmten Punkten entlang der Küste sammeln, um auf günstige Witterungsbedingungen zu warten (AHLÉN 1997). Im Frühjahr treffen sie dagegen verstreut auf die schwedische Küste auf. Sammelpunkte können markante Landmarken (AHLÉN 1997, AHLÉN et al. 2007, 2009, BACH et al. 2017) oder Inseln darstellen (BAAGØE 2001, BAAGØE & JENSEN 2007). SEEBENS et al. (2013) vermuteten an der deutschen Ostseeküste ein zeitlich umgekehrtes Bild: Fledermäuse würden sich im Frühjahr an Sammelpunkten einfinden und im Spätsommer verstreut auf der Küste auftreffen.

Eine Übersicht über einige Sammelpunkte und mögliche davon ausgehende Flugkorridore/Flugbereiche gibt die nachfolgende Abbildung 3-2.

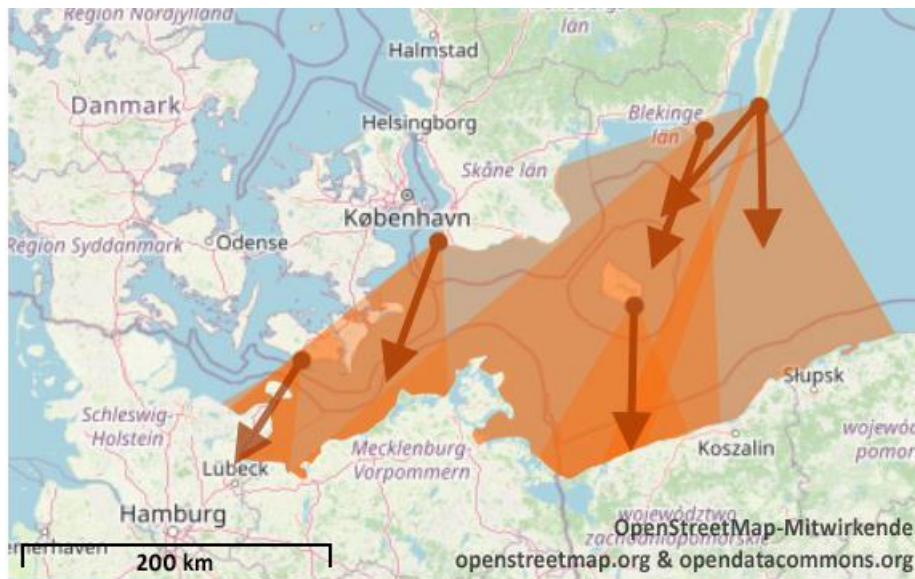


Abbildung 3-2: Sammelpunkte und vermutete Flugkorridore bei der Spätsommermigration (verändert nach AHLÉN et al. 2009 und SEEBENS et al. 2013). Die dargestellten Streuwinkel basieren nicht auf Erfassungen und sind hypothetisch zu verstehen.

Wir erwarten als Folge einer angenommenen Häufung von Fledermäusen an bestimmten Sammelpunkten (Startpunkten) und die sich anschließend vermutlich nordwärts zerstreue Wanderung über die Ostsee, dass zumindest im Frühjahr Verdichtungsräume im Bereich der deutschen Ostsee auftreten:

Hypothese 2: Es existieren Verdichtungsräume (Konzentrationsräume) im Bereich der Ostsee.

Für die Nordsee ist die geographische Situation komplexer, da im Spätsommer von Norden kommende Tiere entlang von Küste und/oder Festland Dänemarks (Jütland) und Schleswig-Holsteins (Westküste) südwärts wandern können (kartographische Darstellung mit Landmarken: siehe Abbildung 3-3). Die anschließende Wanderung könnte entweder durchs Binnenland oder entlang der Küste Niedersachsens (Wurster Küste, Ostfriesland) weiter Richtung Niederlande (Provinzen Groningen und Friesland) verlaufen. Bei dieser Wanderroute könnte jedoch ein von Jütland oder der Westküste kommendes Tier durch die Querung der Deutschen Bucht nach Ostfriesland oder zur Nordküste der Niederlande (Provinzen Groningen und Friesland) die Flugroute deutlich verkürzen. Durch die Geographie der Landmassen (Jütland und Westküste in Nord-Süd-Ausrichtung, Ostfriesland und Norden der Niederlande entlang der Längengrade) nimmt hier jedoch die zu überwindende Strecke mit steigender diametraler Entfernung von der Elbmündung zu. Beträgt sie beispielsweise von der Halbinsel Eiderstedt nach Wilhelmshaven 65 km und somit bei einer Fluggeschwindigkeit von 25 km/h rund 2,5 Flugstunden, was lediglich einen Bruchteil der Nacht ausmacht, so liegt sie zwischen Amrum und Norderney schon bei 130 km und mehr als 5 Flugstunden. Auch dies entspricht nur etwas weniger als der Hälfte der Nacht, wobei in diesem Fall noch Helgoland etwa auf Mitte der Strecke liegt, wo die Tiere ggf. bei sich verschlechternden Witterungsbedingungen Rast machen können. Hierfür sprechen auch die regelmäßigen Nachweise von Fledermäusen auf Helgoland (z.B. HÜPPOP 2009). Von Fanø (Dänemark) nach Ameland (Niederlande) liegt die Strecke gar bei 300 km und mindestens 12 Flugstunden. Selbst bei

einer Flugdauer von 12 Stunden, die durch Rückenwind verkürzt sein kann, verblieben noch zwei Nachtstunden für andere Aktivitäten wie die Nahrungssuche.

Eine Übersicht über die genannten möglichen Migrationswege im Nordseebereich gibt die nachfolgende Abbildung 3-3.



Abbildung 3-3: Mögliche Migrationswege in der Nordsee

Bis zu einer bestimmten Obergrenze ist die Querung der Nordsee im Bereich der deutschen Bucht vergleichsweise attraktiv. Bei einer Abkürzung zwischen Amrum und Norderney stehen den 130 km und 5 Flugstunden über See etwa 220 km und an die 9 Flugstunden über Land gegenüber. SKIBA (2011) schätzt durch Hochrechnung seiner schwerpunktmäßig auf Helgoland und in Südwest-Jütland durchgeführten akustischen Erfassungen und Sichtbeobachtungen, dass etwa 1.100 Individuen der Rauhaufledermaus von Rømø (Dänemark) nach Südwesten und Westen über die Nordsee fliegen. Die Zeitersparnis beim Flug über das Meer kann einen deutlichen Vorteil für ein Tier darstellen kann, da diese Zeit für andere Aktivitäten wie z.B. Nahrungssuche oder Paarung (im Spätsommer) genutzt werden kann. Aufgrund dieser Vorteile und der Nachweise von Abflugpunkten und regelmäßigen Vorkommen von wandernden Fledermäusen auf Helgoland erwarten wir, dass im Bereich der Deutschen Bucht regelmäßig Querungen auftreten und es sich bei nachgewiesenen Fledermäusen nicht um verdriftete Tiere handelt:

Hypothese 3: Über der deutschen Nordsee tritt regelmäßig Fledermauswanderung auf.

An Land wandernde Fledermäuse nehmen im Regelfall in jeder Wandernacht Nahrung zu sich (VOIGT et al. 2012). Geht man von einer maximalen nächtlichen Flugdauer von etwa 12 Stunden im Spätsommer aus, bei der noch zwei Stunden für Aktivitäten wie Nahrungssuche verblieben, so spannt sich entlang der Deutschen Bucht ein möglicher Flugraum auf. Dieser wird in nordwestlicher Richtung durch die kürzeste mögliche Strecke mit einer Flugdauer von 12 Stunden begrenzt (siehe Abbildung 3-4). Der theoretisch mögliche Flugraum im Spätsommer unterscheidet sich vom jenem im Frühjahr, da im Frühjahr die Nachtdauer während der Migrationszeit mit etwa 9 Stunden geringer ist, sodass hier unter den genannten Bedingungen die maximale nächtliche Flugdauer 7 Stunden betragen würde. Der Flugraum im Frühjahr ist somit durch die kürzeste mögliche Strecke mit einer Flugdauer von 7 Stunden begrenzt (siehe Abbildung 3-4). Je weiter eine mögliche Flugroute Richtung Elbmündung rückt, desto geringer ist im Allgemeinen die zwischen Dänemark/Schleswig-Holstein und den Niederlanden/Niedersachsen zu überwindende Strecke. Wir gehen davon aus, dass mehr Tiere eine kürzere Flugstrecke wählen und während einer Wandernacht noch mehr Zeit für andere Tätigkeiten wie die Nahrungssuche haben. Deshalb erwarten wir, dass der tatsächlich genutzte Flugraum kleiner ist als der grundsätzlich mögliche Flugraum. Unabhängig von diesen Überlegungen können auch weitere Faktoren wie suboptimales Wetter einen Einfluss auf die gewählte Route haben und z.B. im Spätsommer/Herbst dazu führen, dass Streckenführungen mit kürzerer Flugdauer bevorzugt werden.

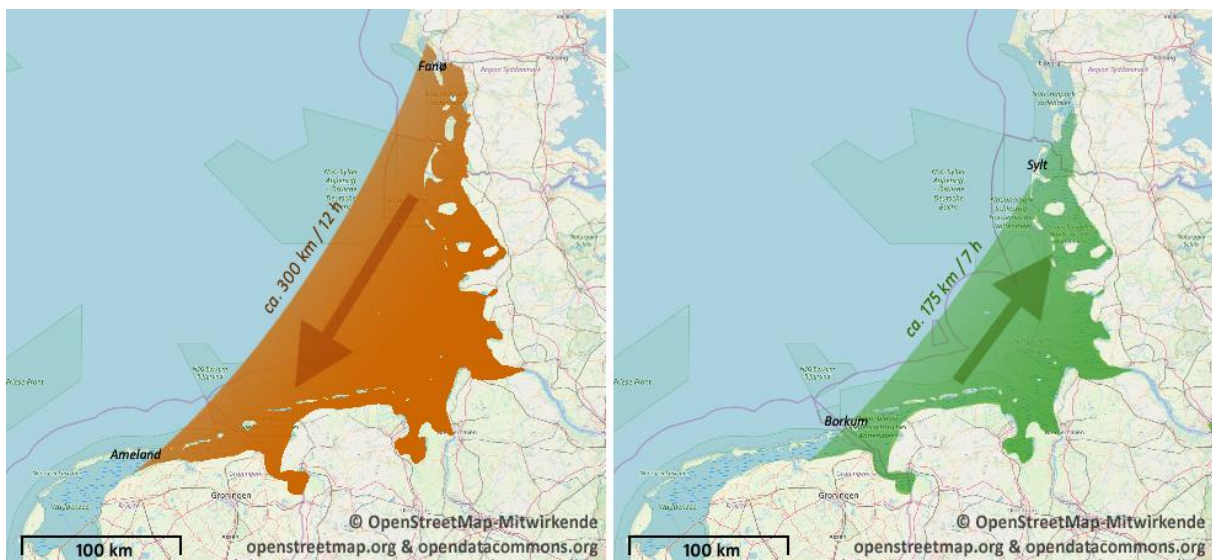


Abbildung 3-4: Mögliche Flugräume im Spätsommer (links, orange) und Frühjahr (rechts, grün). Die Pfeile geben die für die jeweilige Migrationsperiode angenommene Wanderrichtung an.

Auch im Nordseebereich ist zu erwarten, dass sich über See wandernden Tiere an bestimmten Punkten sammeln (z.B. SKIBA 2011). Wir erwarten deshalb, dass es auch hier – abhängig von bestimmten Sammel- und Abflugpunkten – Verdichtungsräume gibt:

Hypothese 4: Es existieren Verdichtungsräume (Konzentrationsräume) im Bereich der Nordsee.

Mit Helgoland verfügt die Deutsche Bucht außerdem über einen räumlich relativ mittig liegenden potentiellen Trittstein, der eine Pause während der Offshore-Wanderung ermöglicht.

Aufgrund ihrer Größe und Beschaffenheit hat die Hochseeinsel für Fledermäuse eine hohe Attraktivität inne und bietet unterschiedliche Jagd- und Übertagungsmöglichkeiten. Anlandende Fledermäuse könnten hier also mehrere Nächte verbringen und z.B. auch Schlechtwetterphasen überdauern. Wir erwarten, dass die Insel Helgoland aufgrund ihrer günstigen Lage regelmäßig von wandernden Fledermäusen angefliegen wird und es sich bei den auftretenden Tieren in erster Linie nicht um vom Wind verdriftete Tiere handelt:

Hypothese 5: Helgoland wird zur Rast, Nahrungsaufnahme und zum Überdauern von Schlechtwetterphasen genutzt.

Auf offener See sind migrierende Tiere der Witterung (Wind, Regen, Nebel) nahezu schutzlos ausgeliefert, sodass widrige Bedingungen heftige Auswirkungen wie erhebliche Verdriftungen und Individuenverluste zur Folge haben. Dass in vielen Untersuchungen ein Zusammenhang zwischen geringer Windgeschwindigkeit und Fledermauswanderung offshore gefunden wurde, erstaunt deshalb nicht (SKIBA 2007, MEYER 2011, LAGERVELD et al. 2015, WAWRA 2015, HÜPPOP & HILL 2016, WAWRA et al. 2016). Auch erwarten wir, dass Fledermauswanderung eher bei geringen Windstärken stattfindet. Es ist außerdem zu erwarten, dass die Windrichtung einen Einfluss auf das Wandergeschehen hat. So könnte Rückenwind die Querung erheblich erleichtern. Die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung sind zwei Faktoren, die im Wesentlichen bestimmte Großwetterlagen charakterisieren. Wir erwarten deshalb, einen Zusammenhang zwischen Fledermauswanderung und Großwetterlagen, die durch günstige Windparameter bestimmt werden, zu finden:

Hypothese 6: Die Fledermauswanderung findet vornehmlich bei günstigen Witterungsbedingungen (Großwetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten und Rückenwind) statt.

Die offene See stellt für Fledermäuse unter anderem aufgrund der weitreichenden Strukturfreiheit einen vergleichsweise lebensfeindlichen Raum dar. Wir gehen deshalb davon aus, dass zumindest größere Offshore-Strukturen eine hohe Attraktivität für offshore wandernde Fledermäuse innehaben. Sie könnten potentielle Rastmöglichkeiten oder - als Orte mit erhöhter Insektdichte - Nahrungshabitate darstellen (vgl. AHLÉN et al. 2009). Wir erwarten, dass an solchen Strukturen in erhöhtem Maße Erkundungsverhalten auftritt:

Hypothese 7: An größeren Offshore-Strukturen findet Erkundungs- und/oder Jagdverhalten statt. Daraus ergäbe sich schon aufgrund einer längeren Aufenthaltsdauer im Rotorbereich ein höheres Kollisionsrisiko an OWEA.

Grundsätzlich stehen zur Untersuchung der Hypothesen unterschiedliche Methoden wie die Sichtbeobachtung, die akustische Erfassung, die Radarerfassung und die individuelle Markierung (Beringung) zur Verfügung. Für die hier vorgestellte Studie erfolgte die Auswahl der anzuwendenden Methode anhand nachfolgender Kriterien mit dem Ziel, die Fledermauswanderung mit den zur Verfügung stehenden Mitteln möglichst gut abzubilden.

- **Repräsentativität:** Mit Hilfe der Methoden soll eine für den Untersuchungsraum repräsentative Datenerhebung erreicht werden können.
- **Artspezifität:** Die für das Vorhaben relevanten Zielarten, die wandernden Arten Abendsegler, Zwerg-, Mücken-, Rauhaufledermaus sowie die offshore regelmäßig auftretende

Breitflügel- und Nordfledermaus, sollen größtenteils sicher angesprochen werden können.

- **Vergleichbarkeit:** Die erhobenen Daten sollen mit vorhandenen Daten zur Fledermauswanderung weitgehend vergleichbar sein.
- **Kosteneffizienz:** Innerhalb des gegebenen Projektrahmens soll eine möglichst hohe Repräsentativität und Vergleichbarkeit der erhobenen Daten bei möglichst hoher Artspezifität erreicht werden.

Die Methodenevaluation mit Festlegung eines Untersuchungskonzeptes, das mit der vorliegenden Studie umgesetzt wurde, erfolgte in einem vorgelagerten Arbeitspaket. Die Ergebnisse sind in einem Bericht zusammengefasst, der als Anlage beigefügt ist, (Anlage 1: Evaluation von Methoden zur Untersuchung des Fledermauszuges über dem Meer. Ergebnisbericht Arbeitspaket 3) und sollen hier deshalb nur in Grundzügen erläutert werden. Als für den Untersuchungszweck unter den gegebenen Voraussetzungen geeignetste Methode wurde hier die automatische akustische Erfassung identifiziert. Diese liefert – abhängig von Anzahl und Verteilung der Standorte – repräsentative Daten. Grundsätzlich können Verdichtungsräume (Konzentrationsräume) sicher von anderen Räumen unterschieden werden. Eine Artansprache ist in nahezu allen (Realzeitverfahren) bzw. den meisten (Frequenzteilverfahren) Fällen sicher möglich. Die meisten vorliegenden Studien zur Fledermauswanderung über dem Meer und im Bereich der Küsten beruhen ebenfalls auf automatischen akustischen Erfassungen (vgl. AHLÉN 1997, SKIBA 2007, 2011 AHLÉN et al. 2009, BACH et al. 2009, HÜPPOP 2009, MEYER 2011, FREY et al. 2012, ERIKSSON et al. 2013, SEEBENS et al. 2013, LAGERVELD et al. 2014a, 2015, PETERSEN et al. 2014, HÜPPOP & HILL 2016, u.a.). Neu gewonnene sind deshalb mit vorhandenen Daten weitgehend vergleichbar. Die Datenerhebung entspricht im Wesentlichen den für Umweltverträglichkeitsuntersuchungen offshore und an Land formulierten Vorgaben (BSH 2013, BEHR et al. 2015). Der personelle Aufwand ist im Vergleich zu alternativen Erfassungsmethoden gering. Die Methode ist deshalb, sofern die standortspezifischen Kosten vergleichsweise gering sind, kosteneffizient. Zudem ist diese Methode grundsätzlich nicht invasiv.

3.2 Methodik

3.2.1 Untersuchungsraum und Auswahl der Untersuchungsstandorte

Der Untersuchungsraum umfasst die deutsche Nordsee und Ostsee. Mögliche Erfassungsstandorte stehen offshore naturgemäß nur sehr begrenzt zur Verfügung. Grundsätzlich eignen sich jegliche natürliche und anthropogene Objekte wie Inseln, Leuchttürme, Plattformen, Messmasten, OWEA, Schifffahrtszeichen wie Tonnen, Schiffe oder Ähnliche für die automatische akustische Erfassung von Fledermausrufen. Aus fachlichen Überlegungen begrenzen nachfolgende Kriterien die Auswahl von Untersuchungsstandorten.

- Die vollumfängliche Erfassung während der Wanderperioden (siehe Kapitel 3.2.4: Untersuchungszeitraum) sollte gewährleistet sein.
- Küstenferne Standorte (AWZ) sind gegenüber küstennahen Standorten (Küstenmeer) zu bevorzugen, da an küstennahen Standorten eher mit dem temporären Vorkommen lokaler Tiere (z.B. Jagd) zu rechnen ist. Lokal vorkommende Fledermäuse können die akustische Erfassung wandernder Individuen durch Überlagerung mit Rufen erschweren oder verhindern, da eine Unterscheidung beider Gruppen nicht möglich ist. Deshalb sollten die Erfassungsstandorte kein ganzjähriges Fledermausvorkommen aufweisen.

- Die Bildung einer geographischen Reihe von Erfassungsstandorten, die quer zur bekannten Hauptwanderungsrichtung verläuft, ist wünschenswert. Optimal wäre zudem ein „Transekt“ aus küstenfernen und küstennahen Standorten, um Aussagen über eine entfernungsabhängige Verteilung der Fledermauswanderung zu ermöglichen.
- Es sollten verschiedene geeignete Standorttypen vertreten sein, um mögliche systematische methodische Fehler/Einschränkungen (z.B. durch Beschränkungen der Höhe und Ausrichtung der Mikrofone über dem Meeresspiegel: zu hohe/zu tiefe/ungünstige Ausrichtung, keine feste Mikrofonausrichtung durch 360°-Beweglichkeit einer Tonne) zu verhindern und ggf. zu erkennen.
- In bislang vorliegenden Untersuchungen wurden von Schiffen aus vergleichsweise geringe Fledermausaktivitäten erfasst (z.B. HOBBS et al. 2014, MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013). Deshalb verzichten wir auf die Einbeziehung dieses Standorttyps.
- Die Standorte sollten für den Untersuchungsbereich repräsentativ sein.
- Die Kostendeckung für die Ausstattung mit Erfassungstechnik innerhalb des Projektrahmens muss gegeben sein.

Die Auswahl möglicher Standorte für die Studie ist weiterhin sehr stark durch die Genehmigungsfähigkeit eingeschränkt. Es besteht offshore kaum die Möglichkeit, eigene Strukturen auszubringen. Die Nutzung bestehender Strukturen Dritter erfordert deren Genehmigung. In der Regel wird es nicht genehmigt, die Erfassungstechnik selbst auszubringen und zu warten. Die Durchführung erfolgt dann auf freiwilliger Basis durch den Betreibenden bzw. Besitzenden und genießt in einigen Fällen keine hohe Priorität. Hierzu werden meist in enger Abstimmung vorbereitete Erfassungsgeräte übergeben. Somit entfallen Standorte und/oder Erfassungsperioden, wenn ein für die Erfassung erforderlicher Installationszeitpunkt oder Kontroll-/Wartungszeitpunkt durch Besitzende oder Betreibende gestrichen wird.

Tatsächlich entsprechen die einbezogenen Erfassungsstandorte vollumfänglich den gemäß obigen Ausführungen verfügbaren Standorten, das heißt alle zur Verfügung stehenden Standorte wurden auch mit Erfassungssystemen ausgestattet (vgl. Anlage 1: Evaluation von Methoden zur Untersuchung des Fledermauszuges über dem Meer. Ergebnisbericht Arbeitspaket 3). Im Projektverlauf erfolgte ein sukzessiver Ausbau der Erfassungsstandorte. Eine geographische Übersicht über die Untersuchungsstandorte gibt Abbildung 3-5. In Tabelle 3-1 (Seite 63) sind die Positionen und Standorttypen der Untersuchungsstandorte zusammengefasst.

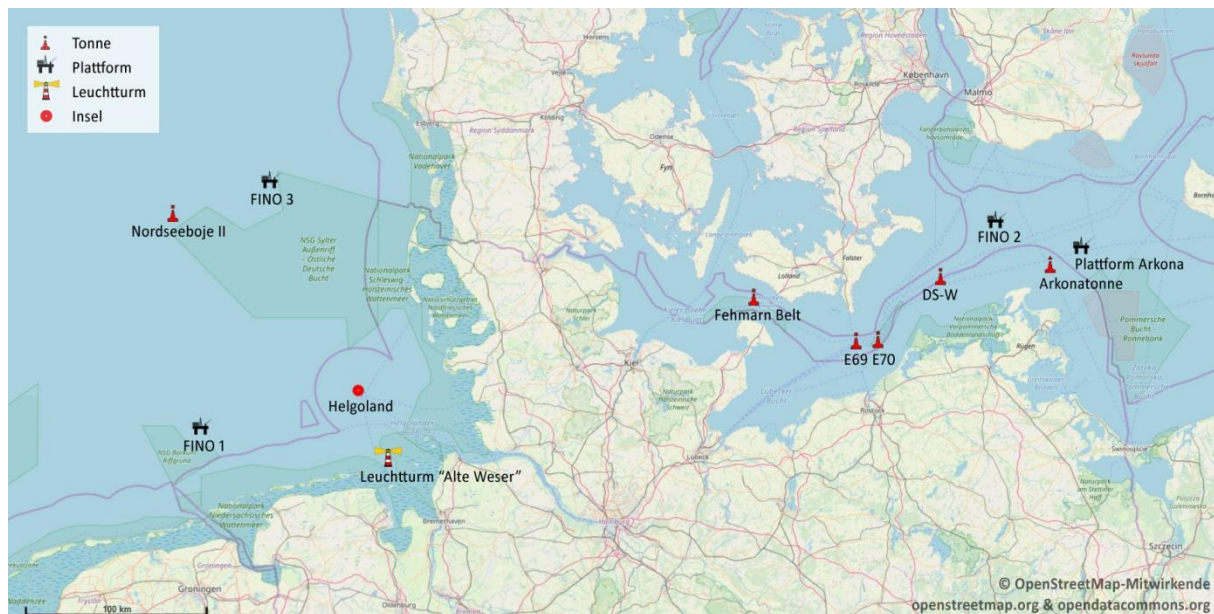


Abbildung 3-5: Untersuchungsstandorte

3.2.2 Untersuchungsstandorte

Nordseeboje II

Die Halbtaucher-Boje „Nordseeboje II“ liegt etwa 120 km nordwestlich von Helgoland (Nds, Deutschland, siehe Abbildung 3-5). Sie hat eine Gesamtlänge von etwa 20 m, von der sich rund die Hälfte über der Wasseroberfläche befindet. Der Detektor des eingesetzten Anabat-Systems wurde im Innern der Boje deponiert und direkt an das bojeneigene Solarpanel angeschlossen. Das Mikrofon wurde nach außen geführt und mit einem PVC-Rohrstück überdeckt. Die gesamte Konstruktion wurde mit Kabelbindern an einer Reling etwa 10 m über NN befestigt.



Abbildung 3-6: Erfassungssystem an der Nordseeboje II (Fotos: BSH)

FINO 3

Die Forschungsplattform FINO 3 liegt etwa 80 km westlich von Sylt (AWZ Deutschland, siehe Abbildung 3-5). Die geringste Entfernung zum Festland besteht zur ostnordöstlich gelegenen Landspitze Blåvands Huk in Jütland, Dänemark (ca. 70 km). Im Umfeld liegen die Offshore-Windparks Butendiek, DanTysk und Sandbank.

Die beleuchtete Forschungsplattform verfügt über ein 13 mal 13 m großes Plattformdeck mit Arbeitscontainern in 22 m Höhe über NN, auf das ein dreiseitiger Gittermast mit einer Gesamthöhe von 105 m aufgesetzt ist. Die Beleuchtung umfasst rot blinkende Hindernisfeuer in mehreren Ebenen des Masts, gelb leuchtende Seelaternen an den Ecken des Plattformdecks und eine weiße indirekte Beleuchtung des gelb angestrichenen Monopiles zwischen Plattformdeck und Wasseroberfläche. In ausgewählten einzelnen Nächten mit auf der Plattform übernachtendem Personal wurde die weiße Arbeitsbeleuchtung sowie die weiße Flächenbeleuchtung des Helikopterlandedecks dazugeschaltet.

Die beiden Mikrofone des eingesetzten Avisoft-Systems wurden in der Südwest- und Südost-Ecke in etwa 22 m Höhe über NN, jeweils in ein PVC-Rohr eingelassen und 45° nach unten ausgerichtet installiert (siehe Abbildung 3-7).

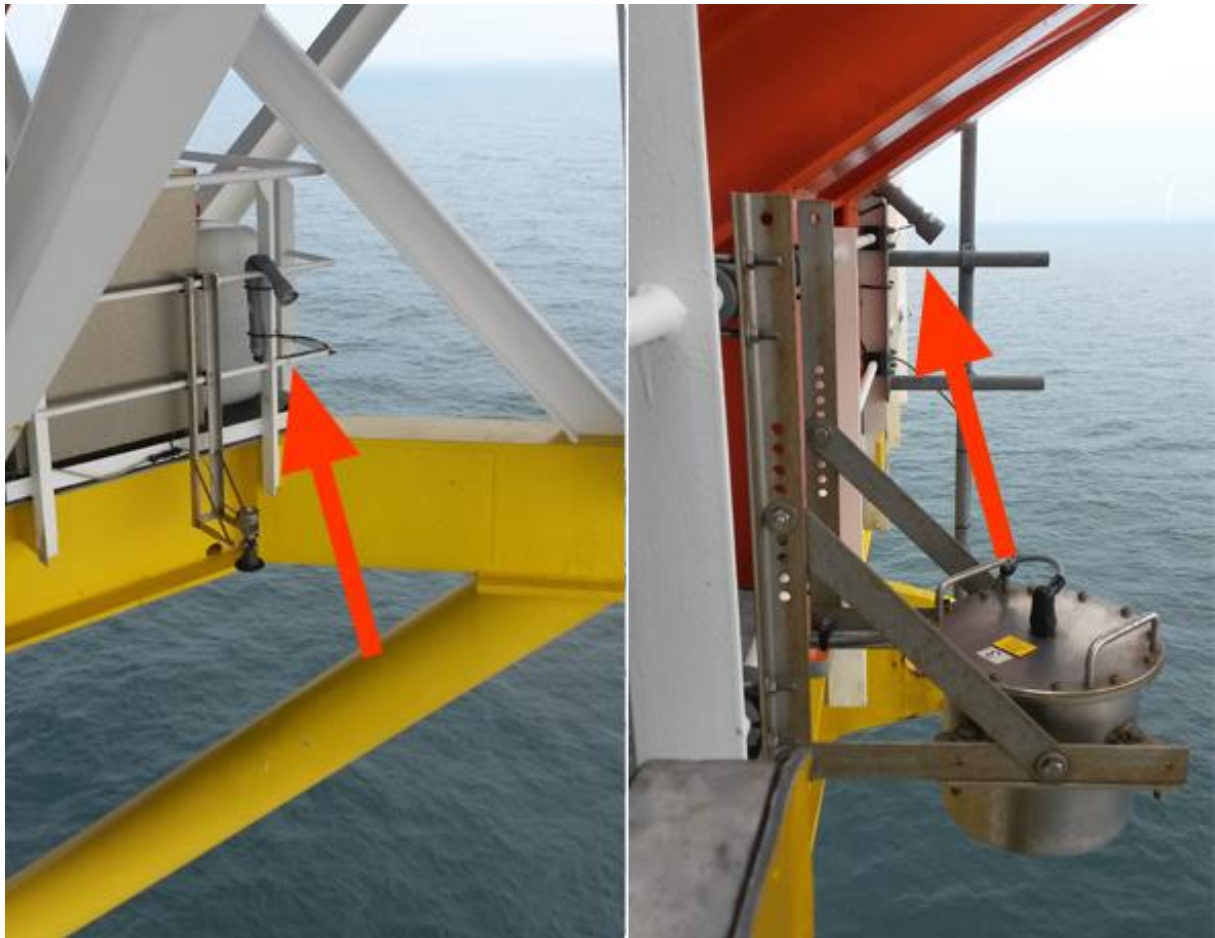


Abbildung 3-7 Mikrofone „Südwest“ (links) und „Südost“ (rechts) auf FINO 3 (Fotos: Reinhold Hill).

FINO 1

Die Forschungsplattform FINO 1 befindet sich in der südlichen Nordsee rund 45 km nördlich der Insel Borkum (AWZ Deutschland, siehe Abbildung 3-5). Angrenzend befinden sich u.a. die Offshore-Windparks Alpha Ventus, Borkum Riffgrund I und der Trianel Windpark Borkum.

Die beleuchtete Plattform verfügt in rund 20 m Höhe über NN über ein 16 mal 16 m großes mit mehreren Containern mit Forschungsmaterial bestücktes Arbeitsdeck. Neben einem erhöht angebrachten Hubschrauberlandedeck ist die Plattform mit einem Gittermast mit einer Gesamthöhe von rund 100 m ausgestattet. Die Beleuchtung umfasst rot blinkende Hindernisfeuer in mehreren Ebenen des Masts, gelb leuchtende Seelaternen an den Ecken des Plattformdecks und eine weiße indirekte Beleuchtung des gelb angestrichenen Jackets zwischen Plattformdeck und Wasseroberfläche.

Die beiden Mikrofone des verwendeten Avisoft-Systems wurden – mit einem Wetterschutzgehäuse versehen – in der Ostecke der Plattform 45° nach unten nach Südosten ausgerichtet (Mikrofon „Südost“, siehe Abbildung 3-8) sowie in der Mitte der nordöstlichen Plattformkante 45° nach unten nach Nordosten ausgerichtet (Mikrofon „Nordost“, siehe Abbildung 3-9) montiert und befanden sich somit jeweils in etwa 20 m Höhe über NN. Die restlichen Komponenten wurden wettergeschützt im Plattformcontainer aufgestellt. Zur Datenübertragung

wurde ein VPN-Zugang durch die Plattformbetreiberin, das Forschungs- und Entwicklungszentrum der FH-Kiel GmbH zur Verfügung gestellt.



Abbildung 3-8: Mikrofon „Südost“ auf FINO 1 (Fotos: Reinhold Hill).

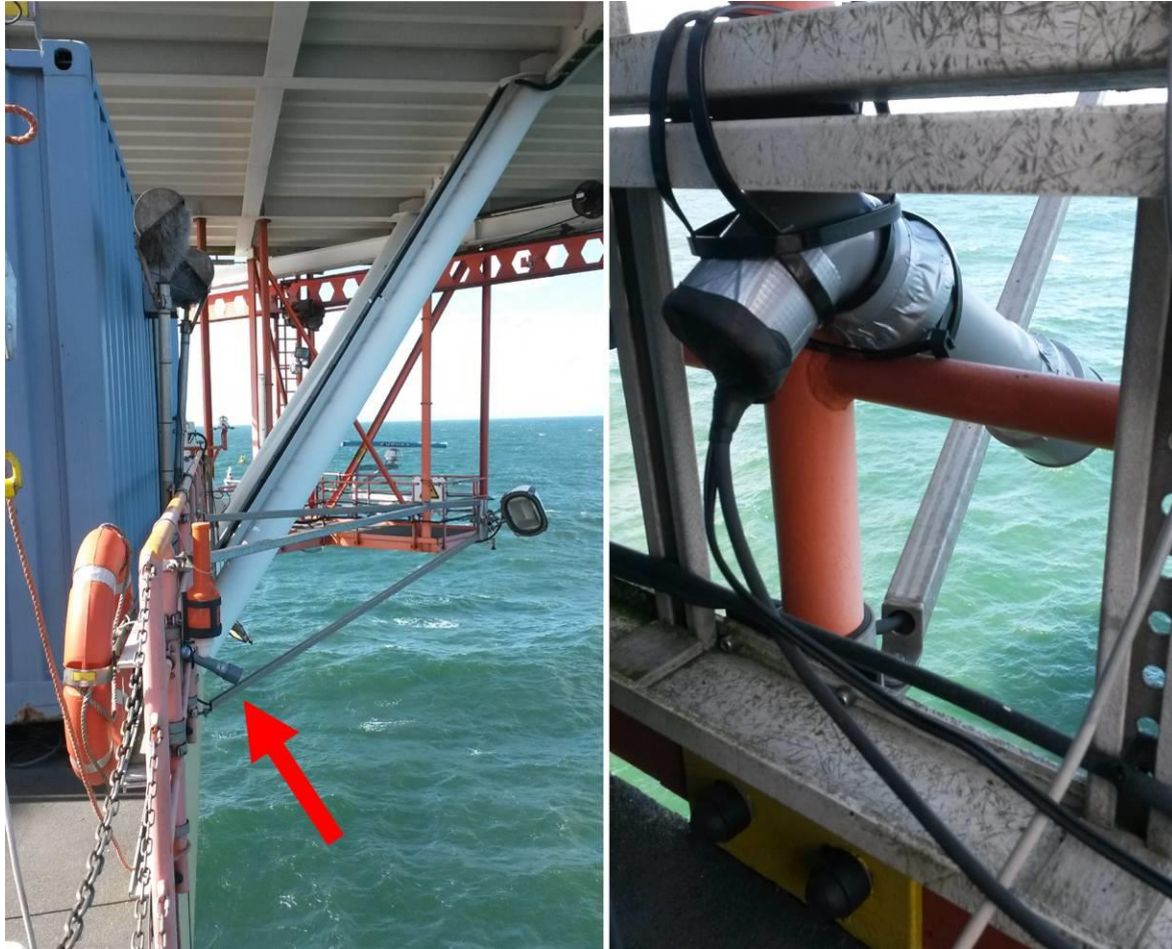


Abbildung 3-9: Mikrofon „Nordost“ auf FINO 1 (Fotos: Reinhold Hill).

Helgoland

Die Hochseeinsel Helgoland ist mit einer Größe von etwa 1,7 km² die einzige deutsche Hochseeinsel und liegt etwa 57 km nordwestlich von Cuxhaven in der Deutschen Bucht und somit in der südlichen Nordsee (S-H, Deutschland, siehe Abbildung 3-5). Auf dem Oberland befindet sich mit dem Helgoländer Leuchtturm das stärkste Leuchtfeuer in der Deutschen Bucht.

Die Mikrofone des eingesetzten Avisoft-Systems wurden im Fanggarten des Institutes für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ auf dem Helgoländer Oberland entlang der den Fanggarten begrenzenden Südwestmauer installiert. Ein Mikrofon wurde an einem Busch vor der ersten südlichen Fangreuse (Mikrofon 1, siehe Abbildung 3-10), ein zweites an einem Busch vor der dritten nördlichen Fangreuse (Mikrofon 2, siehe Abbildung 3-11) angebracht. Beide Mikrofone zeigten in Richtung Nordost und wurden in einer Höhe von etwa 1,8 m montiert. Die restlichen Komponenten fanden in einer kleinen Hütte an der Südwestmauer des Fanggartens wettergeschützt Platz.



Abbildung 3-10: Mikrofon 1 auf Helgoland (kleines Bild: Mikrofon; großes Bild: Erfassungsbereich Mikrofon; Fotos: Lothar Bach).



Abbildung 3-11: Mikrofon 2 auf Helgoland (kleines Bild: Mikrofon; großes Bild: Erfassungsbereich Mikrofon; Fotos: Lothar Bach).

Leuchtturm Alte Weser

Der Leuchtturm Alte Weser befindet sich etwa 25 km westnordwestlich von Neuwerk und 14 km nordöstlich von Wangerooge (Nds, Deutschland, siehe Abbildung 3-5). Je nach Sektor ist die Lichtfarbe weiss, rot oder grün. Ein Anabat-System wurde auf Höhe des Leuchtfeuers in etwa 38 m über NN installiert. Der Detektor wurde im Leuchtturm in einem PVC-Kasten zusammen mit einem Bleiakku (12 V, 7,2 Ah) verstaut, welcher an die lokale Stromversorgung angeschlossen war. Das Mikrofon wurde in Richtung Westnordwest am Fenster nach außen geführt und mit einem PVC-Rohrstück überdeckt. Die gesamte Konstruktion wurde mit Kabelbindern befestigt.

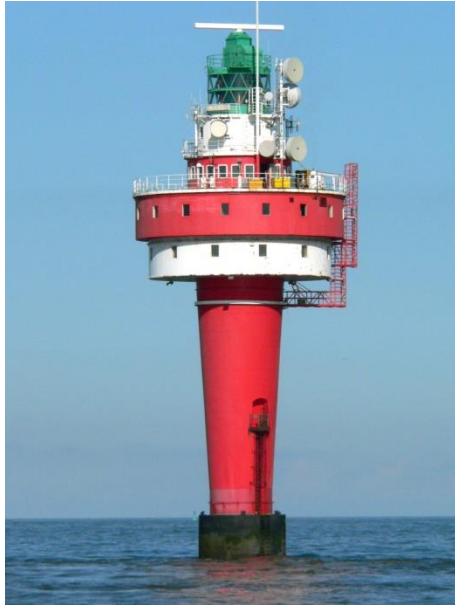


Abbildung 3-12: Leuchtturm Alte Weser (Foto: J. Böning)

Großtonne Fehmarn Belt

Die Großtonne Fehmarn Belt befindet sich 8 km nordöstlich von Fehmarn (S-H, Deutschland) und gut 13 km südwestlich von Lolland, Dänemark im Fehmarn Belt (siehe Abbildung 3-5).

Das eingesetzte Anabat-System wurde an der Reling der Großtonne in etwa 10 m über NN befestigt.

Tonne E69

Die Tonne E69 (Schifffahrtszeichen mit Befeuerung, grüner Blitz, 1 Sek., Wiederholung alle 4 Sek.) befindet sich am südlichen Rand der Kadetrinne etwa 25 km nördlich von Warnemünde, Hansestadt Rostock (M-V, Deutschland) und etwa 20 km südlich von Gedser, Dänemark (siehe Abbildung 3-5, Abbildung 3-13).

In den Jahren 2016 und 2017 wurde hier das Anabat-System eingesetzt. Der Detektor wurde 2016 mit einem Bleiakku (12V, 12 Ah) betrieben. Die Nachladung des Akkus erfolgte im Jahr 2017 über ein Solarmodul (12V, 20W) und einen Spannungsregler. 2018 erfolgte die Erfassung mittels Batcorder. Die Erfassungssysteme wurden jeweils in etwa 3,2 m über der Wasseroberfläche montiert.

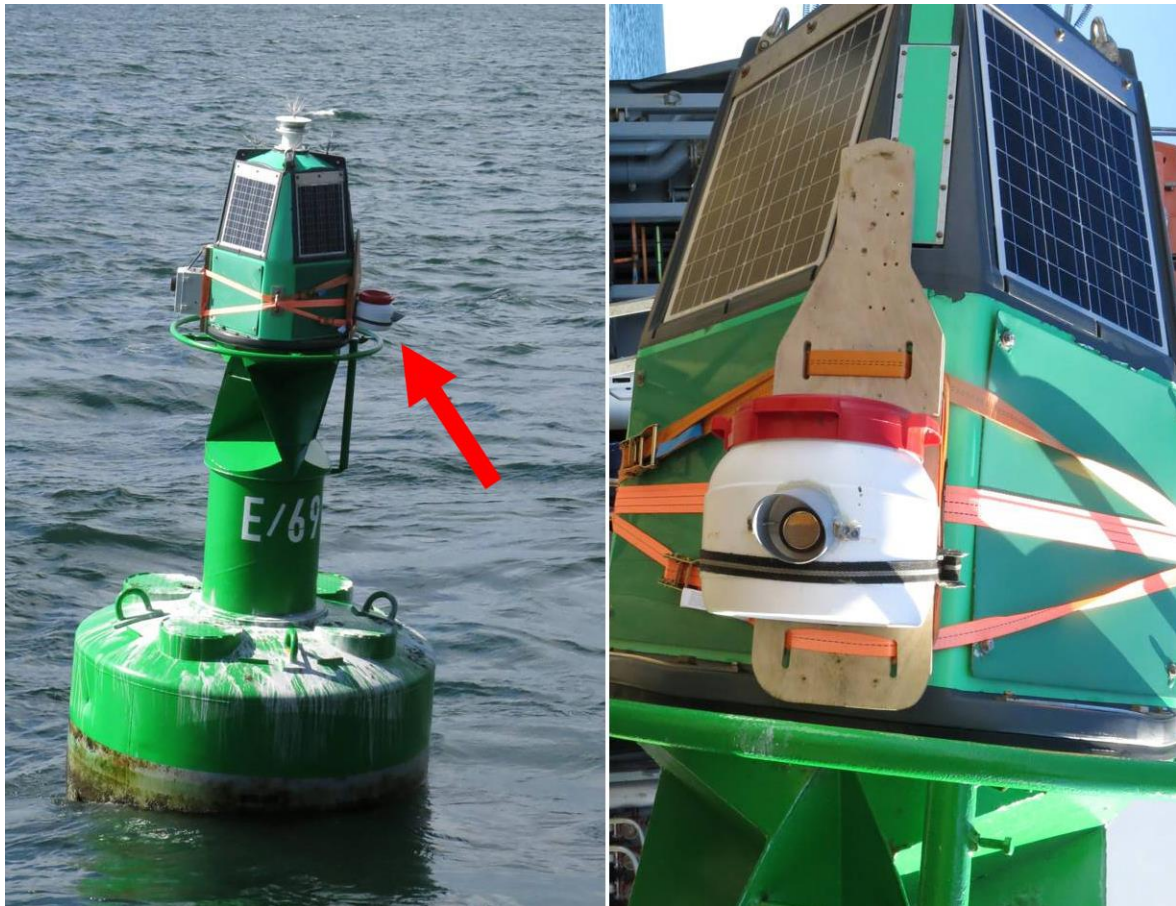


Abbildung 3-13: Akustisches Erfassungsgerät an der Tonne E69 (Fotos: Henrik Pommeranz)

Tonne E70

Die Tonne E70 (Schifffahrtszeichen mit Befeuerung, grüner Blitz, 1 Sek., Wiederholung alle 4 Sek.) befindet sich am südlichen Rand der Kadetrinne etwa 25 km nördlich von Warnemünde, Hansestadt Rostock (M-V, Deutschland) und etwa 25 km südöstlich von Gedser, Dänemark (siehe Abbildung 3-5). Der Abstand zur westlich gelegenen Tonne E69 beträgt ca. 10 km. Der eingesetzte Batcorder wurde im oberen Bereich der Tonne etwa 3,2 m über der Wasseroberfläche befestigt (siehe Abbildung 3-14).



Abbildung 3-14: Tonne E70 mit Erfassungssystem (Foto: Kapitän Nowak)

Tonne DS-W

Die Kardinal-Tonne DS-W (Tonne ohne Befeuerung) befindet sich an der Darßer Schwelle etwa 25 km nördlich des Darßer Ortes (M-V, Deutschland) und ca. 25 km südlich der Halbinsel Møn, Dänemark (siehe Abbildung 3-5). Das eingesetzte Batcorder-System wurde im oberen Bereich der Tonne etwa 4 m über der Wasseroberfläche montiert (siehe Abbildung 3-15).



Abbildung 3-15: Tonne DS-W mit Erfassungssystem (Foto: Kapitän Nowak)

FINO 2

Die Forschungsplattform FINO 2 liegt südlich der Untiefe Kriegers Flak etwa 33 km nördlich der Insel Rügen (AWZ Deutschland), 29 km östlich der Halbinsel Møn, Dänemark und etwa 42 km südlich von Trelleborg, Schweden (siehe Abbildung 3-5). Angrenzend befinden sich die Offshore-Windparke „Baltic 2“ und „Kriegers Flak“

Die unbemannte Plattform verfügt über ein rund 12 mal 12 m großes Plattformdeck mit Arbeitscontainern in 10 m Höhe über NN und einen Windmessmast in Gitterstruktur mit einer Höhe von 100 m.

Die Mikrofone des eingesetzten Avisoft-Systems wurden in südlicher und nördlicher Richtung an der Reling des Arbeitsdecks, eingelassen in ein PVC-Rohrstück und im 45°-Winkel nach unten ausgerichtet, in etwa 10 m Höhe über NN befestigt (siehe Abbildung 3-16). Das Notebook wurde im Arbeitscontainer untergebracht. Zur Fernabfrage stand ein VPN-Zugang zur Verfügung.



Abbildung 3-16: Mikrofone „Süd“ (links) und „Nord“ (rechts) auf FINO 2 (Fotos: Mirco Kaiser).

Arkonatonne

Die Arkonatonne (Tonne mit Befeuerung, rot-weißes Lichtsignal für 4 Sekunden, 4 Sekunden Dunkelperiode) befindet sich etwa 15 km nordöstlich Kap Arkonas (M-V, Deutschland). Die Entfernung bis zur Südküste Schwedens beträgt 65 km und die Insel Bornholm (Dänemark) ist 75 km in ostnordöstliche Richtung entfernt (siehe Abbildung 3-5).

Der eingesetzte Batcorder wurde in etwa 3,2 m über der Wasseroberfläche an der Tonne befestigt.

Plattform Arkona

Die Forschungsplattform „Arkonabecken“ (Befeuerung: 5 kurze gelblich-weiße Blitze, 20 Sek. Pause, Sichtweite 8 Seemeilen) liegt im Arkonabecken etwa 35 km nordöstlich Kap Arkonas (M-V, Deutschland). Die Entfernung bis zur Südküste Schwedens beträgt 55 km und die Insel Bornholm (Dänemark) ist 60 km in ostnordöstliche Richtung entfernt (siehe Abbildung 3-5).

Im Jahr 2017 erfolgte die Erfassung mittels Anabat, im Jahr 2018 mittels Batcorder. Die Erfassungssysteme wurden jeweils am Geländer der Plattform etwa 4,8 m über NN Richtung Süden montiert.

3.2.3 Erfassungstechnik

Für Fledermaus-Untersuchungen an WEA an Land liegen etablierte Untersuchungsstandards vor (BEHR et al. 2015). Für Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Offshore-WEA sind Untersuchungsstandards im StUK4 (BSH 2013) definiert. Die Vorgaben beider Quellen unterscheiden sich in Teilen geringfügig. Die Vergleichbarkeit der erfassten Daten mit den nach BEHR et al. (2015) sowie gemäß StUK4 (BSH 2013) gewonnenen Daten sollte dem Grunde nach gewährleistet sein. Somit ist sichergestellt, dass – unter Berücksichtigung der Erfassungssituation offshore – auf die Erkenntnisse von BEHR et al. (2015) aufgebaut werden kann und die Erfassungsergebnisse grundsätzlich hinsichtlich verschiedener Parameter (z.B. festgestellte Aktivitäten, Phänologie u.a.) vergleichbar sind.

Auf Helgoland und den FINO-Plattformen ist der Einsatz eines Systems möglich, das die in StUK4 (2013) und BEHR et al. (2015) gestellten Anforderungen gleichermaßen erfüllt. Hier wurde ein Erfassungssystem der Firma Avisoft Bioacoustics e.K. eingesetzt, welches aus den Komponenten UltraSoundGate 116 Hnbm (Ultraschallwandler), Mikrofon FG-DT50, beheizt mit Referenzsignalgeber auf Scheibe, und Notebook / PC besteht und nachfolgend Avisoft-System genannt wird. An jedem System wurden zwei Mikrofone installiert. Die Softwareeinstellungen wurden gemäß den StUK4-Vorgaben (BSH 2013) gewählt. Die Erfassung erfolgte jeweils von Sonnenunter- bis Sonnenaufgang.

An den Tonnen und kleineren Plattformen (Plattform Arkona, Plattform Darßer Schwelle) ist ein in seinen Abmessungen kleineres und gegen Salzwasser (Schlagwasser) schützbares Erfassungssystem obligatorisch, das ohne Stromanschluss auskommt. BEHR et al. (2015) folgend wurden hier der Batcorder („Waldbox“ mit Batcorder 3.1, Scheibenmikrofon, GSM-Modul und Solarmodul für den autarken Betrieb, Fa. EcoObs GmbH, Nürnberg) und das Anabat-System (Erfassungssystem der Firma Anabat Limited/Titley Scientific, bestehend aus dem Anabat SD2 Bat Detector mit Anabat Stainless Steel Microphone und Verlängerungskabel, Teilungsfaktor 8) ausgewählt. Beide verfügen nicht über einen Referenzsignalgeber. Die

Geräte an den betreffenden Standorten werden über den Winter eingeholt, sodass die regelmäßige Kalibrierung nach BEHR et al. (2015) und Wartung der Mikrofone gewährleistet und eine ordnungsgemäße Funktion gesichert ist. Die Vergleichbarkeit mit anderen nach StUK4 (BSH 2013) gewonnenen Daten ist somit vollumfänglich gegeben.

Die Empfindlichkeit aller Geräte wurde gemäß den Empfehlungen in BEHR et al. (2015) kalibriert. Eine Wartung der Mikrofone erfolgte mindestens jährlich und bei technischem Bedarf, z.B. bei Abnahme der Empfindlichkeit. Wenn erforderlich erfolgte ein Austausch der Komponenten.

Die mobilen Geräte wurden, sofern nicht anderweitig beschrieben, in einer Wetterschutzbox (Weithalstone oder UV-beständige Polykarbonat-Box, Fa. Fibox) verstaut. Die Montage des Behälters erfolgte auf einer stabilen Siebdruckplatte (mehrfach verschraubt).

Beim Anabat-System wird das Mikrofon seitlich herausgeführt und mit einem PVC-Rohrstück überdeckt. Der Detektor wird mit einem Bleiakku (12V, 12 Ah) betrieben. Die Nachladung des Akkus erfolgt in der Regel über ein Solarmodul (12V, 20W) und einen Spannungsregler. Beim Batcorder („Waldbox“) ist der Detektor werksseitig ausreichend geschützt ins Gehäuse eingebaut.

Die gesamte Konstruktion wurde jeweils mit zwei Spanngurten im oberen Bereich der Tonne oder an der Reling der Plattform montiert. Die Gurtenden wurden zur Sicherheit mehrfach um die Konstruktion geschlungen und zusätzlich mit Schrauben gesichert.

Eine Übersicht über die an den verschiedenen Standorten eingesetzten Geräte liefert die Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1: Position und Standorttyp der Dauererfassungsstandorte sowie für die akustische Erfassung eingesetzte Geräte (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost)

Standort	Position	Standorttyp	Gerätetyp
Nordsee			
Nordseeboje II	54°59,91' N, 006°21,08' E	Tonne	Anabat-System
FINO 3	55° 11,7' N, 7° 9,5' E	Plattform	Avisoft-System
FINO 1	54° 00' 53,5" N, 6° 35' 15,5" E	Plattform	Avisoft-System
Helgoland	54°10'53" N, 7°53'10" O	Insel	Avisoft-System
Leuchtturm Alte Weser	53°51'48" N, 08°07'39" E	Leuchtturm	Anabat-System
Ostsee			
Großtonne Fehmarn Belt	54°35,89' N, 11°08,95' E	Tonne	Anabat-System
Tonne E69	54° 23'18,6" N, 11°59'53,52" E	Tonne	Anabat-System (2016-2017), Batcorder (2018)
Tonne E70	54° 23'38,39" N, 12°10'32,86" E	Tonne	Anabat-System (2017), Batcorder (2018)

Standort	Position	Standorttyp	Gerätetyp
Tonne DS-W	54° 41'53,58 " N, 12°41'32,51" E	Tonne	Batcorder
FINO 2	55°00'25,34" N, 13°09'15,08" E	Plattform	Avisoft-System
Arkona Tonne	54°45'19,32" N, 13°35'54,06" E	Tonne	Anabat (2017), Batcorder (2018)
Plattform Arkona	54°52'59,99" N, 13°52'0,001" E	Plattform	Anabat (2017), Batcorder (2018)

Die Installation erfolgte hinsichtlich der Ausrichtung möglichst gemäß den Vorgaben des StUK4 (BSH 2013). Empfohlen ist hier die Montage in einer Höhe von 5 m über der Wasseroberfläche auf der Back- und Steuerbordseite (im StUK4 ist die Erfassung von Schiffen aus vorgesehen) im 45°-Winkel auf die Wasseroberfläche gerichtet. An Offshore-Standorten sind jedoch die Montagemöglichkeiten in der Regel nicht frei verfügbar, sondern durch die überhaupt freien Montageplätze äußerst beschränkt. Zudem muss die Nähe zu potentiellen Ultraschallemitoren wie Anemometern und anderen Messgeräten vermieden werden, da eine Aufnahme von Fledermausrufen naturgemäß erheblich gestört würde. So standen den meisten Plattformen keine alternativen Montageplätze mit ausreichender Entfernung zu anderen Messgeräten zur Verfügung. An Tonnen ist die Befestigungsmöglichkeit im Wesentlichen durch die Tonnengeometrie vorgegeben, eine Auswahlmöglichkeit besteht nicht. Die Ausrichtung ist hier insofern zu vernachlässigen, als dass sich Tonnen im Wasser bewegen (Schwanken und Drehen). Aus diesem Grund kann für die an Tonnen installierten Mikrofone auch keine Himmelsrichtung angegeben werden.

Standortspezifische Hinweise zur Erfassungstechnik sind in den vorangegangenen Angaben zu den Untersuchungsstandorten (3.2.2) enthalten.

3.2.4 Untersuchungszeitraum

Die Erfassungen sollen im Idealfall die Periode der Frühjahrs- und Spätsommer-/Herbstwanderung vollständig abdecken. Aus der Literatur (vgl. Kapitel 2), insbesondere jedoch aus eigenen Untersuchungen im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee (z.B. BACH et al. 2009, 2015, FREY et al. 2012, RYDELL et al. 2014, SEEBENS et al. 2013) ist bekannt, dass die Frühjahrswanderung über den Meeren zwischen Mitte April und Mitte Juni und die Spätsommerwanderung zwischen Mitte August und Ende September/Anfang Oktober stattfindet.

Zeitliche Verschiebungen sind aufgrund der Wetterabhängigkeit der Wanderung grundsätzlich möglich. Um sowohl Beginn als auch Ende der Hauptwanderungszeit sicher zu erfassen, sollte der Zeitraum von Anfang April bis Mitte/Ende Juni und Ende Juli bis Mitte Oktober abgedeckt werden.

Die Tabelle 3-2 gibt einen Überblick über die Untersuchungsstandorte und die tatsächlichen Erfassungszeiträume. Insgesamt wird deutlich, dass die angestrebten Untersuchungszeiträume nicht in allen Fällen erreicht wurden. Wie dargelegt besteht eine wesentliche Herausforderung der Offshore-Erfassungen darin, dass der eigene Einfluss auf die rechtzeitige Installation sowie auf Möglichkeit und Zeitpunkt der Wartung sehr begrenzt sind. Wie unter

3.2.2: Untersuchungsstandorte beschrieben, ist es in der Regel nicht möglich, die Arbeiten selbst durchzuführen. Die rechtzeitige Erbringung der Leistungen genießt für die durchführenden Dritten verständlicherweise oft nicht die höchste Priorität oder ist wetterbedingt nicht durchführbar. In vielen Fällen erfolgt die Installation oder Wartung kostenfrei und wenn Besitzende und/oder Betreibende ohnehin Wartungsarbeiten am Objekt durchführen. Der Zeitpunkt richtet sich somit nicht nach der Fledermauswanderung, sondern ist anderen Terminplanungen und Gegebenheiten untergeordnet. Zudem treten im Winter und zeitigen Frühjahr vermehrt Stürme auf, die Verschiebungen von (Schiffs-)Ausfahrten erforderlich machen. Arbeiten an vielen Offshore-Strukturen sind nur bei eher geringem Wellengang und geringen Windgeschwindigkeiten möglich.

Da im Projektverlauf ein sukzessiver Ausbau der Erfassungsstandorte erfolgte, wurden einige Standorte (Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E70, Tonne DS-W, und FINO 2) erst im Jahr 2018 erstmals untersucht.

Tabelle 3-2: Erfassungsstandorte und Erfassungszeiträume in den Jahren 2016 bis 2018 (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost). Im Jahr 2016 erfolgten probeweise Erfassungen im Spätsommer an drei Standorten. Die Anzahl der Untersuchungsstandorte wurde in den Folgejahren sukzessive ausgebaut.

Standort	Erfassungszeitraum 2016	Erfassungszeitraum 2017	Erfassungszeitraum 2018
Nordsee			
Nordseeboje II		13.06.-07.12.2017	15.05.-16.07.2018, 01.08.-11.10.2018, 15.10.-27.10.2018
FINO 3		13.03.-31.12.2017	01.01.-31.12.2018
FINO 1	11.08.-31.12.2016	01.01.-31.12.2017	01.01.-31.12.2018
Helgoland	23.08.-12.11.2016	28.03.-13.11.2017	21.03.-21.11.2018
Leuchtturm Alte Weser		02.05.-10.12.2017	20.06.-07.11.2018
Ostsee			
Großtonne Fehmarn Belt			27.03.-30.06.2018, 05.07.-13.10.2018
Tonne E69	18.08.-15.09.2016	29.04.-15.11.2017	16.04.-09.07.2018
Tonne E70			16.04.-03.06.2018
Tonne DS-W			18.04.-06.11.2018
FINO 2			01.01.-31.12.2018
Arkonatonne		29.04.-15.11.2017	18.04.-06.11.2018
Plattform Arkona		06.04.-30.04.2017, 30.05.-21.07.2017	18.01.-24.03.2018, 02.05.-31.12.2018

3.2.5 Bioakustische Analyse

Die bioakustische Analyse (Artbestimmung) erfolgte gemäß dem aktuellen Stand des Wissens (BARATAUD 2015, RUSS 2012, SKIBA 2007) mit der dem eingesetzten Erfassungssystem zugeordneten Software (Avisoft-System: BatSound 4.4, Fa. Petersson Elektronik AB, Uppsala; Batcorder-System: BatIdent, Fa. ecoObs GmbH, Nürnberg, AnaBat-System: AnaLook^W, Titley Scientific). Soweit möglich erfolgte die manuelle Bestimmung auf Artebene, in einigen Fällen blieb die Ansprache auf Gattungs- (*Pipistrellus* bzw. *P.spec*) bzw. Gruppenniveau (Nyctaloid: Kleinabendsegler, Abendsegler, Breitflügelfledermaus, Nordfledermaus, Zweifarbfledermaus). Neben der Anzahl der Lautsequenzen wurde die Länge der Sequenzen, der Ruftyp (Ultraschallruf oder Sozialruf, vgl. SKIBA 2007) sowie weitere Besonderheiten aufgenommen (z.B. ein oder mehrere Individuen gleichzeitig registriert, Jagdsequenz).

Die ermittelten Aktivitäten werden als Kontakte (Einzelrufe) und besetzte Minutenintervalle (Anzahl der Minutenintervalle mit Fledermausrufen) dargestellt.

3.2.6 Verwendete Daten und Datenanalyse

Der Vergleich von Erfassungen zwischen den Jahren und Erfassungen an unterschiedlichen Standorten ist nur bei Abdeckung einer Mindestuntersuchungsdauer möglich. In die weitergehende Betrachtung wurden Aktivitätsdaten nur aufgenommen, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) Erfassungen durchgeführt wurden. Bei Erreichen der Mindesterfassungsdauer wurden jeweils die vollständigen Datensätze in die Analyse eingeschlossen.

Die nachfolgende Tabelle 3-3 gibt eine Übersicht darüber, für welche Wanderperioden die Mindesterfassungszeiträume erreicht wurden. Hierbei ist zu beachten, dass das Nicht-Erreichen des Mindesterfassungszeitraums in dieser Darstellung auch darauf zurückzuführen sein kann, dass an einem Standort noch keine Erfassungen durchgeführt wurden. Im Jahr 2016 wurden z.B. probeweise Erfassungen an drei Standorten durchgeführt, sodass die restlichen Standorte die Mindesterfassungsdauer nicht erreichen konnten.

Tabelle 3-3: Erreichte Mindesterfassungszeiträume nach Standort, Wanderperiode und Jahr (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost). In grau hinterlegten Zellen wurde die Mindesterfassungsdauer nicht erreicht, in weiß hinterlegten deckten die Erfassungen mindestens den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) ab.

Standort	Spätsommer 2016	Frühjahr 2017	Spätsommer 2017	Frühjahr 2018	Spätsommer 2018
Nordseeboje II					
FINO 3					
FINO 1					
Helgoland					
Leuchtturm Alte Weser					
Großtonne Fehmarn Belt					

Standort	Spätsommer 2016	Frühjahr 2017	Spätsommer 2017	Frühjahr 2018	Spätsommer 2018
Tonne E69					
Tonne E70					
Tonne DS-W					
FINO 2					
Arkonatonne					
Plattform Arkona					

Im Rahmen der weiteren Datenaufbereitung wurden für jeden Untersuchungsstandort die besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Hierbei sind jeweils nur die Arten in der Abbildung enthalten, die in dem Betrachtungszeitraum nachgewiesen wurden. Die mittlere Windgeschwindigkeit als Einflussfaktor wurde gemäß den Empfehlungen des BSH (2013) mit angegeben. Es wurden – sofern verfügbar – standortgenaue Daten oder – alternativ – Daten von der nächstgelegenen Wetterstation verwendet. Eine Übersicht über Standort, Quelle, Angaben zur Messstelle und Auflösung dieser Daten gibt Tabelle 3-4.

Tabelle 3-4: Standort, Quelle, Distanz zwischen Standort und Messstelle, Höhe der Messstelle und Auflösung der Windgeschwindigkeitsdaten nach Standort (nach Untersuchungsstandort von West nach Ost).

Standort	Standort und Quelle	Distanz zwischen Standort und Messstelle	Höhe der Messstelle	Auflösung
Nordseeboje II	Nordseeboje II (http://www.emodnet-physics.eu/Map/)	0 km	10 m	60 min
FINO 3	BSH (http://fino.bsh.de)	0 km	29 m, korrigiert auf 10 m	10 min
FINO 1	BSH (http://fino.bsh.de)	0 km	42 m, korrigiert auf 10 m	10 min
Helgoland	DWD, Station Helgoland (2155)	1,3 km	10 m	10 min
Leuchtturm Alte Weser	DWD, Station Cuxhaven (891)	38 km	10 m	10 min
Großtonne Fehmarn Belt	DWD, Station Fehmarn (5516)	10 km	10 m	10 min
Tonne E69	DWD, Station Rostock-Warnemünde (4271)	24 km	10 m	10 min

Standort	Standort und Quelle	Distanz zwischen Standort und Messstelle	Höhe der Messstelle	Auflösung
Tonne E70	DWD, Station Rostock-Warnemünde (4271)	25 km	10 m	10 min
Tonne DS-W	Plattform Darßer Schwelle (http://www.emodnet-physics.eu/Map/)	0,5 km	9 m	60 min / 10 min*
FINO 2	BSH (http://fino.bsh.de)	0 km	32 m, korrigiert auf 10 m	10 min
Arkonatonne	Plattform Arkona (http://www.emodnet-physics.eu/Map/)	22 km	10 m	60 min / 10 min*
Plattform Arkona	Plattform Arkona (http://www.emodnet-physics.eu/Map/)	0 km	10 m	60 min / 10 min*

* Stundenwerte, auf Basis von 10-Minuten Messwerten gemittelt

Zusätzlich erfolgte für ausgewählte Standorte die tageszeitliche Darstellung der besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf als Streudiagramm. Der Nachtverlauf (Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang) wurde graphisch mit eingebunden.

Zum Vergleich unterschiedlicher Standorte wurden die Anzahlen der Arten und besetzten Minutenintervalle als Häufigkeitsdiagramm in unterschiedlichem Kontext dargestellt.

Um sich der Frage des Verhaltens an Offshore-Strukturen zu nähern, wurden den Aktivitäten Individuen zugeordnet. An Land, wo Tiere sowohl regelmäßig jagend als auch durchfliegend an einem Erfassungsstandort auftreten können, lassen sich Individuen akustisch nicht abgrenzen. An den hier untersuchten, sehr isolierten Erfassungsstandorten mit zeitlich abgegrenzten Aktivitäten besteht die Möglichkeit, die erfassten Aktivitäten einzelnen Individuen zuzuordnen. Zur Bestimmung der Individuenzahl wurde folgendermaßen vorgegangen: Treten viele Aktivitäten innerhalb weniger Minuten auf, so ist an den hier sehr isolierten Erfassungsstandorten davon auszugehen, dass es sich um ein Individuum handelt. Zur Abgrenzung zwischen Individuen wurde eine Pause zwischen aufgetretenen Aktivitäten von 20 Minuten gewählt. Da die Wahrscheinlichkeit gering ist, dass z.B. ein Individuum an FINO 1 vorbeifliegt und nach 20 Minuten wieder zurückkommt oder auch 20 Minuten um die Plattform fliegt, ohne erneut aufgenommen zu werden, kann davon ausgegangen werden, dass es sich dann um ein zweites Individuum handelt. Aus diesem Grunde wurde die Zeitspanne von etwa 20 Minuten ausgewählt, um zwei Individuen voneinander abzugrenzen. Tritt eine erneute Aktivität innerhalb von 20 Minuten auf, wird sie dem gleichen Individuum zugerechnet, tritt sie nach 20 Minuten auf, wird sie einem zweiten Individuum zugerechnet. Im Kapitel „Zusatzdaten“ (Kapitel 9, Seite 205) befindet sich in Form der Tabelle 9-1 eine beispielhafte Aufstellung. Der Vergleich von Anzahl der Individuen und Anzahl der Aktivitäten (besetzte Minutenintervalle) gibt ein Maß für die Aufenthaltsdauer und somit einen Hinweis zum Verhalten der Tiere: Je länger die Aufenthaltsdauer einer Fledermaus an einem Standort ausfällt, desto

mehr Erkundungsverhalten tritt auf und desto mehr besetzte Minutenintervalle werden pro Individuum gemessen.

Für Helgoland gelang keine fachlich vertretbare Zuordnung von Individuen. Die hier gemessenen Aktivitäten sind sehr hoch und ihre zeitliche Verteilung lässt keine sinnvolle Abgrenzung zu. Tiere halten sich hier offenbar länger auf (siehe unten) und die Rufaufnahmen zeigen, dass hier – wie auch an Land – intensive Jagd auftritt. Deshalb wurde der Inselstandort nicht in die Analysen auf Individuenbasis einbezogen.

Bislang liegen für einige Standorte nur jeweils für eine Frühjahrs- und für eine Spätsommerperiode Daten vor (vgl. Tabelle 3-3). Zudem sind die einfließenden Erfassungszeiträume - das heißt die tatsächlichen, über die für eine Einbeziehung in die Analyse erforderlichen Mindesterfassungszeiträume hinausgehenden Erfassungszeiträume - sehr heterogen. Da das Vorkommen gehäuft ist (stark geklumpfte Verteilung), ist die Vereinheitlichung auf die Erfassungsdauer nicht legitim. Eine (alternative) Reduktion der Daten auf einen einheitlichen Mindesterfassungszeitraum hätte die Daten soweit reduziert, dass eine sinnvolle Auswertung kaum noch möglich wäre. Insofern wurde hier zulasten der Vergleichbarkeit der Aktivitätszahlen, aber zugunsten der Darstellung möglichst vieler Standortdaten darauf verzichtet. Weitere Limitationen bestehen durch die Unterschiedlichkeit der eingesetzten Geräte, die unterschiedlichen Ausrichtungen der Mikrofone und die Verschiedenheit der Erfassungsstandorte hinsichtlich des Auftretens von Erkundungsverhalten (vgl. 3.3.3, 3.4.3). Eine für eine statistische Auswertung z.B. durch den Vergleich verschiedener Standorte erforderliche Datengüte ist bislang – insbesondere aufgrund der noch vergleichsweise kurzen Untersuchungsdauer – nicht gegeben. Aus diesem Grunde erfolge die im Folgenden dargestellte Analyse im Wesentlichen auf deskriptiver Ebene.

Am Ostseestandort Tonne E69 wurden bereits seit 2016 Erfassungen durchgeführt. Für diesen Standort liegen Daten aus zwei Frühjahrs- und zwei Spätsommerwanderperioden vor. Die Erfassungszeiträume bilden mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit jeweils die vollständigen Wanderperioden ab, gehen also weit über die erforderlichen Mindesterfassungszeiträume hinaus. Gleichzeitig handelt es sich um einen Standorttyp, an dem eine vergleichsweise hohe Aktivität auftritt. Insofern sind Aussagen zu Aktivitätsschwerpunkten grundsätzlich möglich. Aus diesem Grunde haben wir den Standort Tonne E69 für eine nähergehende Betrachtung ausgewählt, die nachfolgende ergänzende Darstellungen umfasst:

- Verteilung der Wanderaktivitäten in Relation zur mittleren nächtlichen Windgeschwindigkeit während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung
- Verteilung der Wanderaktivitäten in Relation zur mittleren nächtlichen Windrichtung in den ersten zwei Stunden nach Sonnenuntergang während der Frühjahrs- bzw. Spätsommerwanderung

Anschließend erfolgte eine Analyse zum Thema Großwetterlagen. Da Großwetterlagen das Wettergeschehen komplexer abbilden als die Windgeschwindigkeit, konnte hier neben dem Standort Tonne E60 auch der Standort FINO 1 einbezogen werden, auch wenn hier etwas geringere Aktivitäten gemessen werden. Für die Analyse wurden die Aktivitäten, d.h. besetzten Minutenintervalle der Rauhaufledermaus den jeweiligen Großwetterlagen zugeordnet. Tagesgenaue Angaben zu den Großwetterlagen wurden vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Diese werden nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky für das Gebiet Mitteleuropa subjektiv bestimmt.

Anschließend wurden die prozentualen Anteile der von den Rauhaufledermaus „genutzen“ Großwetterlagen dem Anteil, den diese Großwetterlagen in der gesamten vorkommenden Großwetterlagen in der Wanderperiode haben, gegenübergestellt.

Eine Detailauswertung erfolgte zudem für den Standort Tonne E69 und den Zeitraum vom 31.08. bis 08.09.2016. Auf diesen Zeitraum entfällt ein Großteil der in insgesamt zwei Untersuchungsjahren (Spätsommer 2016 bis Frühjahr 2018) festgestellten Aktivität (101 von insgesamt 111 besetzten Minutenintervallen im ganzen Spätsommer/Herbst 2016). Es wurden die Großwetterlagen vor, während und nach der Aktivitätsspitze betrachtet. Mit der Betrachtung eines Zeitraumes mit viel Aktivität kann dargestellt werden, wann für die Wanderung von Fledermäusen über die großen Wasserflächen günstige Großwetterlagen herrschen.

3.3 Ergebnisse

An allen untersuchten Standorten wurden Fledermäuse erfasst. Die Aktivitätsdaten an den einzelnen Untersuchungsstandorten sind als Anzahl der besetzten Minutenintervalle und Kontakte in der Tabelle 3-5 zusammengefasst. Insgesamt wurden an 12 Standorten die Mindest Erfassungszeiträume während 16 Frühjahrs- und 18 Spätsommerwanderperioden erreicht, die somit in die Auswertung einfließen. Dies entspricht 7.188 Kontakten und 3.730 besetzten Minutenintervallen im Frühjahr und Spätsommer sowie 77 Kontakten und 64 besetzten Minutenintervallen im Sommer. Dabei wurden Nachweise dem Sommer zugerechnet, wenn sie zwischen dem 16.06. und dem 31.07. eines Jahres erfasst wurden. In 12 Fällen deckte die Erfassung mit einem Mindest Erfassungszeitraum vom 01.05. bis 15.09. das Sommerhalbjahr von der Frühjahrs- bis zur Spätsommerwanderung ab (24 von insgesamt 34 Perioden). Es wurden aber nur 1,1 % der Kontakte und 1,7 % der besetzten Minutenintervalle im Sommer (16.06. - 31.07.) nachgewiesen.

Tabelle 3-5: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle, Kontakte und Arten nach Standort, Erfassungsjahr und Periode (Frühjahr 15.03. bis 15.06., Spätsommer 01.08. bis 30.11.; nach Untersuchungsstandort von West nach Ost). Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen, werden die Einzelwerte angegeben. Angaben zu den Sommererfassungen (grau hinterlegt) sind nur aufgeführt, wenn hier Nachweise vorliegen.

Standort	Jahr	Periode	Minutenintervalle			Kontakte			Anzahl Arten
			Mikro 1	Mikro 2	Σ	Mikro 1	Mikro 2	Σ	
Nordseeboje II	2017	Sommer	1	-	1	1	-	1	1
Nordseeboje II	2017	Spätsommer	2	-	2	4	-	4	1
Nordseeboje II	2018	Spätsommer	1	-	1	3	-	3	1
FINO 3	2017	Frühjahr	0	0	0	0	0	0	0
FINO 3	2017	Spätsommer	1	2	3	1	3	4	1
FINO 3	2018	Frühjahr	0	0	0	0	0	0	0
FINO 3	2018	Spätsommer	0	1	1	0	1	1	1
FINO 1	2016	Spätsommer	3	11	14	5	17	22	1
FINO 1	2017	Frühjahr	14	12	26	36	27	63	2
FINO 1	2017	Spätsommer	4	4	8	8	7	15	1
FINO 1	2018	Frühjahr	0	0	0	0	0	0	0
FINO 1	2018	Spätsommer	2	6	8	2	12	14	1
Helgoland	2016	Spätsommer	138	84	222	282	97	379	138
Helgoland	2017	Frühjahr	130	28	158	371	32	403	130
Helgoland	2017	Sommer	37	12	49	46	14	60	37
Helgoland	2017	Spätsommer	1017	619	1636	1833	1793	3626	1017
Helgoland	2018	Frühjahr	47	27	74	64	31	95	47
Helgoland	2018	Sommer	0	1	1	0	1	1	0
Helgoland	2018	Spätsommer	331	57	388	539	59	598	331
Leuchtturm Alte Weser	2017	Frühjahr	71	-	71	99	-	99	2
Leuchtturm Alte Weser	2017	Spätsommer	234	-	234	446	-	446	5
Leuchtturm Alte Weser	2018	Spätsommer	120	-	120	279	-	279	3

Standort	Jahr	Periode	Minutenintervalle			Kontakte			Anzahl
			Mikro 1	Mikro 2	Σ	Mikro 1	Mikro 2	Σ	Arten
Fehmarn Belt	2018	Frühjahr	32	-	32	33	-	33	3
Fehmarn Belt	2018	Sommer	10	-	10	12	-	12	3
Fehmarn Belt	2018	Spätsommer	80	-	80	88	-	88	5
Tonne E69	2016	Spätsommer	126	-	126	146	-	146	5
Tonne E69	2017	Frühjahr	21	-	21	28	-	28	3
Tonne E69	2017	Spätsommer	63	-	63	66	-	66	5
Tonne E69	2018	Frühjahr	20	-	20	20	-	20	3
Tonne E69	2018	Sommer	1	-	1	1	-	1	1
Tonne E70	2018	Frühjahr	20	-	20	30	-	30	2
Tonne DS-W	2018	Frühjahr	2	-	2	2	-	2	1
Tonne DS-W	2018	Spätsommer	29	-	29	42	-	42	3
FINO 2	2018	Frühjahr	70	73	143	142	142	284	2
FINO 2	2018	Spätsommer	32	114	146	72	199	271	4
Arkonatonne	2017	Frühjahr	13	-	13	18	-	18	1
Arkonatonne	2017	Sommer	1	-	1	1	-	1	1
Arkonatonne	2017	Spätsommer	19	-	19	33	-	33	4
Arkonatonne	2018	Frühjahr	23	-	23	26	-	26	4
Arkonatonne	2018	Sommer	2	-	2	2	-	2	1
Arkonatonne	2018	Spätsommer	20	-	20	36	-	36	4
Plattform Arkona	2018	Frühjahr	2	-	2	3	-	3	1
Plattform Arkona	2018	Spätsommer	4	-	4	10	-	10	2
Summe:			-	-	3.794	-	-	7.265	-

Die nachfolgende Tabelle 3-6 gibt eine Übersicht über die in Nord- und Ostsee nachgewiesenen Arten. Detaillierte Übersichten nach Art und Standort sind in der Tabelle 9-2 und der Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“ enthalten.

Die Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) ist die häufigste registrierte Art, mit einem Anteil von 85,32 % an den erfassten Minutenintervallen. In der Nordsee ist der Anteil mit 88,10

% höher als in der Ostsee mit 74,52 %. Die Rauhautfledermaus ist die einzige Art, die an allen Standorten nachgewiesen wurde.

In der Nordsee ist der Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*) die zweithäufigste Art mit einem Anteil von nur 2,25 %. Es folgen Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*, 1,62 %, nur Sommernachweis auf Helgoland) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*, 1,46 %). Die weiteren nachgewiesenen Arten haben jeweils einen Anteil von unter 1% an den in der Nordsee registrierten Minutenintervallen. Die nicht bis auf Artniveau bestimmbaren Artengruppen machen insgesamt rund 5 % aus (Nyctaloid: 2,72 %, *Pipistrellus spec.* 1,72 %).

In der Ostsee liegen Zwergfledermaus mit 6,44 %, Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) mit 5,41 % und Abendsegler (*Nyctalus noctula*) mit 5,15 % nach der Rauhautfledermaus fast gleichauf.

Tabelle 3-6: Anzahl und Anteil der besetzten Minutenintervalle der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten im Bereich der Nordsee und Ostsee. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.

Art	deutscher Name	Nordsee		Ostsee		Summe	
		Anzahl	%		%	Anzahl	%
<i>Myotis spec</i> *	-	0	0,00	1	0,13	1	0,03
<i>Nyctalus noctula</i>	Abendsegler	23	0,76	40	5,15	63	1,66
<i>Nyctalus leisleri</i>	Kleinabendsegler	68	2,25	4	0,51	72	1,90
Nyctaloid	-	82	2,72	47	6,05	129	3,40
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Zwergfledermaus	44	1,46	50	6,44	94	2,48
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Mückenfledermaus	19	0,63	42	5,41	61	1,61
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	2.658	88,10	579	74,52	3.237	85,32
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbflledermaus	7	0,23	4	0,51	11	0,29
<i>Pipistrellus spec</i>	-	52	1,72	8	1,03	60	1,58
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbflledermaus	7	0,23	4	0,51	11	0,29
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügelfledermaus	15	0,50	2	0,26	17	0,45
<i>Eptesicus nilssonii</i> **	Nordfledermaus**	49	1,62	0	0,00	49	1,29
Summe		3.017	100,00	777	100,00	3.794	100,00

* Ein der Gattung *Myotis* zuzuordnender Ruf (*Myotis spec.*) trat einmalig am 28.04.2018 an der Großtonne Fehmarn Belt auf. **Die Nordfledermaus trat ausschließlich vom 10.06-25.07.2017 auf Helgoland auf. Es dürfte sich um ein verdriftetes Tier handeln, welches hier anlandete und sich für längere Zeit auf der Insel aufhielt.

In der folgenden Tabelle 3-7 sind die an den verschiedenen Standorten in Nord- und Ostsee nachgewiesenen Aktivitäten dargestellt. An den Nordseestandorten wurden 79,52 % der insgesamt erfassten besetzten Minutenintervalle nachgewiesen. Der Anteil an den Ostseestandorten beträgt entsprechend 20,48 %. Die höchsten Aktivitäten wurden auf der Hochseeinsel Helgoland (66,63 % aller Aktivitäten; 83,79 % der in der Nordsee erfassten Aktivitäten) nachgewiesen, gefolgt von den Standorten Leuchtturm Alte Weser (11,20 % aller Aktivitäten; 14,09 % der in der Nordsee erfassten Aktivitäten), FINO 2 (7,62 % aller Aktivitäten; 37,19 % der in der Ostsee erfassten Aktivitäten) und Tonne E69 (6,09 % aller Aktivitäten; 29,73 % der in der Ostsee erfassten Aktivitäten).

Tabelle 3-7: Anzahl und Anteil der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle nach Erfassungsstandort in Nordsee und Ostsee (von West nach Ost). Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.

Standort	Gesamt		Nordsee		Ostsee	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Nordseeboje II	4	0,11	4	0,13	-	-
FINO 3	4	0,11	4	0,13	-	-
FINO 1	56	1,48	56	1,86	-	-
Helgoland	2.528	66,63	2.528	83,79	-	-
Leuchtturm Alte Weser	425	11,20	425	14,09	-	-
Großtonne Fehmarn Belt	122	3,22	-	-	122	15,70
Tonne E69	231	6,09	-	-	231	29,73
Tonne E70	20	0,53	-	-	20	2,57
Tonne DS-W	31	0,82	-	-	31	3,99
FINO 2	289	7,62	-	-	289	37,19
Arkonatonne	78	2,06	-	-	78	10,04
Plattform Arkona	6	0,16	-	-	6	0,77
Summe	3.794	100,00	3.017	100,00	777	100,00

In der nachfolgenden Tabelle 3-8 sind die an den verschiedenen Standorten nachgewiesenen Minutenintervalle nach maximaler Anzahl der in einem Minutenintervall gleichzeitig erfassten Individuen zusammengefasst. In der überwiegenden Anzahl der Fälle wurde jeweils nur ein Tier zurzeit registriert (95,49 % der Minutenintervalle). In unter 5 % der Minutenintervalle wurden zwei Individuen gleichzeitig aufgezeichnet. Nur auf Helgoland und am Leuchtturm Alte Weser wurden in wenigen Fällen drei Tiere zur gleichen Zeit erfasst.

Tabelle 3-8: Anzahl der Minutenintervalle nach maximaler, gleichzeitig erfasster Individuenzahl einer Art oder Rufgruppe je Untersuchungsstandort (von West nach Ost).

Standort	1		2		3	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Nordseeboje II	4	100,00	0	0,00	0	0,00
FINO 3	4	100,00	0	0,00	0	0,00
FINO 1	56	100,00	0	0,00	0	0,00

	1		2		3	
Standort	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Helgoland	2.396	94,78	125	4,94	7	0,28
Leuchtturm Alte Weser	403	94,82	21	4,94	1	0,24
Großtonne Fehmarn Belt	121	99,18	1	0,82	0	0,00
Tonne E69	230	99,57	1	0,43	0	0,00
Tonne E70	20	100,00	0	0,00	0	0,00
Tonne DS-W	30	96,77	1	3,23	0	0,00
FINO 2	277	95,85	12	4,15	0	0,00
Arkonatonne	76	97,44	2	2,56	0	0,00
Plattform Arkona	6	100,00	0	0,00	0	0,00
Summe	3.623	95,49	163	4,30	8	0,21

3.3.1 Artenzusammensetzung und Phänologie

Nordseeboje II

An der Nordseeboje II wurden in den Jahren 2017 und 2018 insgesamt vier besetzte Minutenintervalle nachgewiesen (siehe Tabelle 3-5). Mit einem Anteil von 0,11 % an den insgesamt in Nord- und Ostsee festgestellten Fledermausaktivitäten und 0,13 % an den an den Nordseestandorten erfassten Minutenintervallen gehört der Standort mit FINO 3 zu den aktivitätsärmsten Standorten (siehe Tabelle 3-7). Zwei besetzte Minutenintervalle entfallen auf die Rauhautfledermaus, zwei wurden als Nyctaloid klassifiziert (siehe Tabelle 3-5). Die nachfolgende Abbildung 3-17 zeigt die erfassten Aktivitäten im Jahresverlauf. Ein besetztes Minutenintervall (Rauhautfledermaus) ist dem Sommer zugeordnet, die drei restlichen entfallen auf die Periode der Spätsommerwanderung.

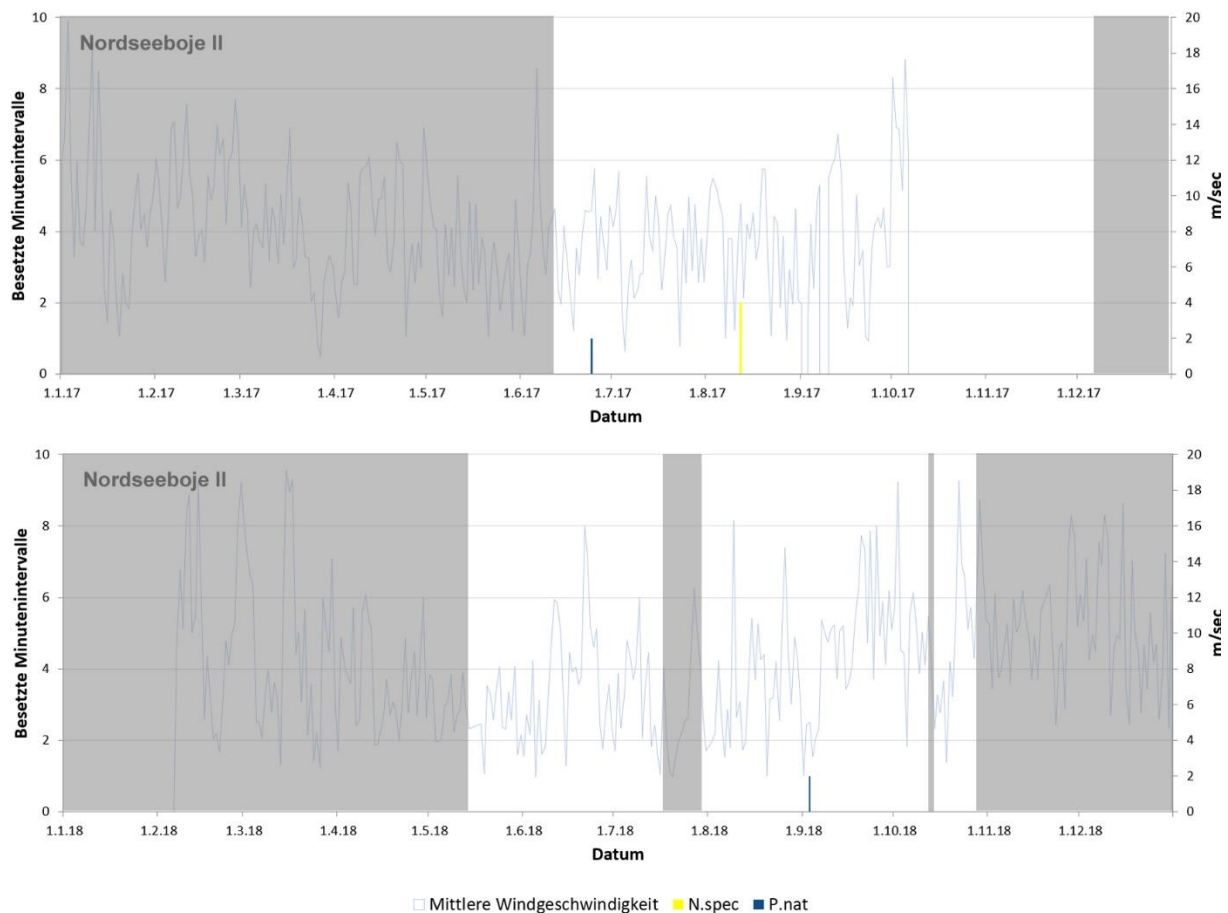


Abbildung 3-17: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben, n=3) und 2018 (unten, n=1) an der Nordseeboje II, Nordsee (N.spec: Nyctaloid; P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für den Zeitraum von Anfang Oktober 2017 bis Anfang Februar 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

FINO 3

Obwohl auf FINO 3 die Sommeraktivitätsperiode in den Jahren 2017 und 2018 vollständig abgebildet wurde, beschränkt sich – wie auf der Nordseeboje II – der Stichprobenumfang auf vier besetzte Minutenintervalle (siehe Tabelle 3-5). Auch die Anteile an den insgesamt in Nord- und Ostsee festgestellten Fledermausaktivitäten bzw. an den an Nordseestandorten erfassten Minutenintervallen entsprechen somit mit 0,11 % bzw. 0,13 % denen an FINO 3. Beide stellen damit die aktivitätsärmsten Standorte insgesamt und in der Nordsee dar (siehe Tabelle 3-7). Alle Aktivitäten entfallen auf die Rauhaufledermaus (siehe Tabelle 3-5). Der Standort ist damit der artenärmste Standort insgesamt und in der Nordsee (siehe Tabelle 9-2 im Kapitel „Zusatzdaten“). Die nachfolgende Abbildung 3-18 zeigt die erfassten Aktivitäten im Jahresverlauf. Die wenigen besetzten Minutenintervalle entfallen allesamt auf die Periode der Spätsommerwanderung.

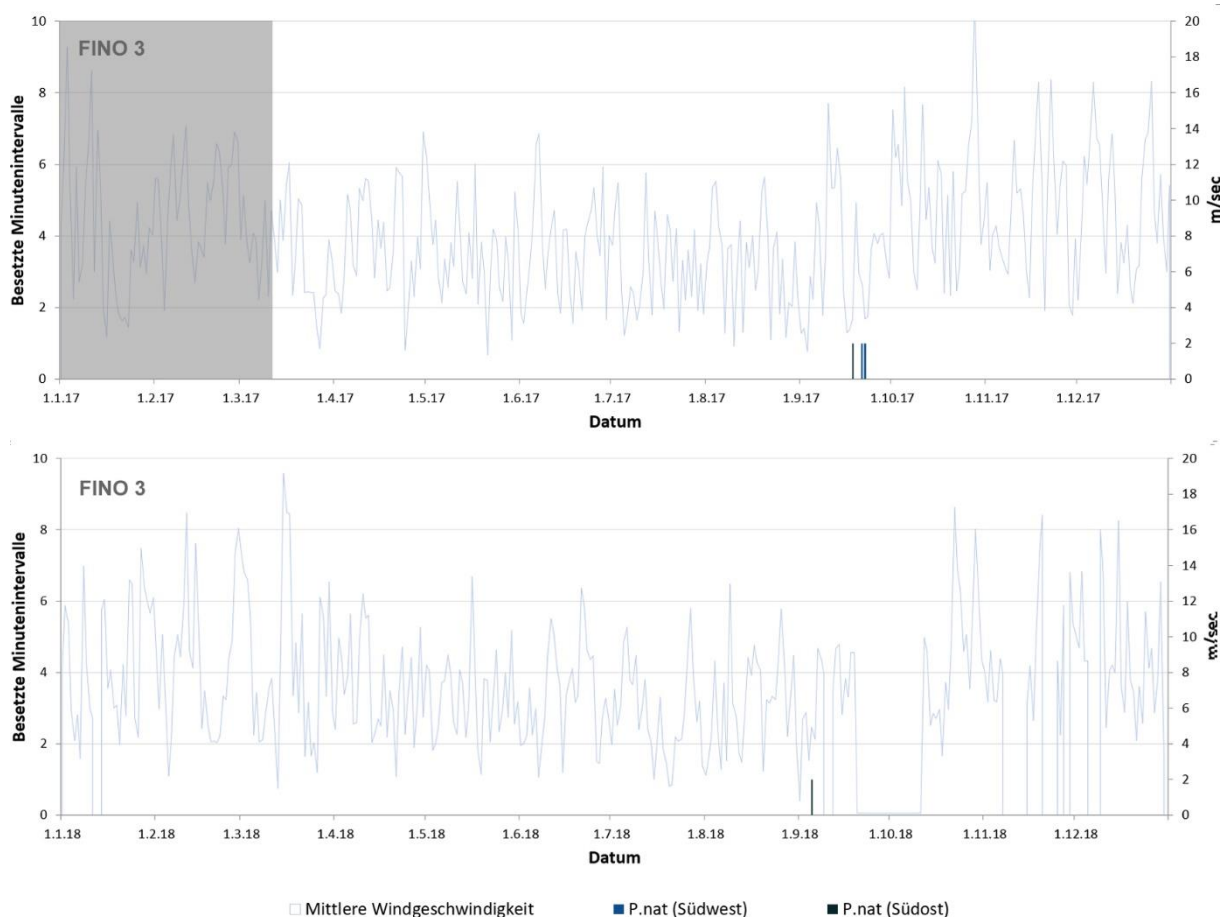


Abbildung 3-18: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben, n=3) und 2018 (unten, n=1) an der Forschungsplattform FINO 3, Nordsee (P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Die Fledermausnachweise sind nach Ausrichtung des erfassenden Mikrofons dargestellt. (Südwest bzw. Südost; Gesamtanzahl Mikrofone: 2). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für Ende September bis Anfang Oktober 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

FINO 1

FINO 1 stellt mit 56 besetzten Minutenintervallen einen Anteil von 1,48 % an den insgesamt festgestellten Fledermausaktivitäten und 1,86 % an den an Nordseestandorten registrierten Nachweisen (siehe Tabelle 3-5 und Tabelle 3-7; mit zwei Mikrofons aufgezichnet). Neben der Rauhautfledermaus (n=38; 67,86 %) wurden Kleinabendsegler (n=18; 32,14 %) erfasst (siehe Tabelle 3-5). In der nachfolgenden Abbildung 3-19 sind die besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf dargestellt. Die besetzten Minutenintervalle entfallen sowohl auf die Periode der Frühjahrs- als auch die der Spätsommerwanderung.

Zumindest im Frühjahr schwanken die Aktivitäten zwischen den Jahren sehr deutlich (Abbildung 3-19).

Die festgestellten Aktivitäten an FINO 1 entsprechen nicht gleichzeitig einer Anzahl migrierender Individuen, da an FINO 1 ankommende Tiere immer wieder Explorationsverhalten zeigten und damit eine erhöhte Aktivität. Auch zeigten die Datenauswertungen, dass Rufsequenzen bzw. mit Fledermäusen besetzte Minutenintervalle innerhalb kurzer Zeit an beiden

Mikrofonen auftraten, was den Schluss nahelegt, dass es sich hierbei um das gleiche Individuum handelte.

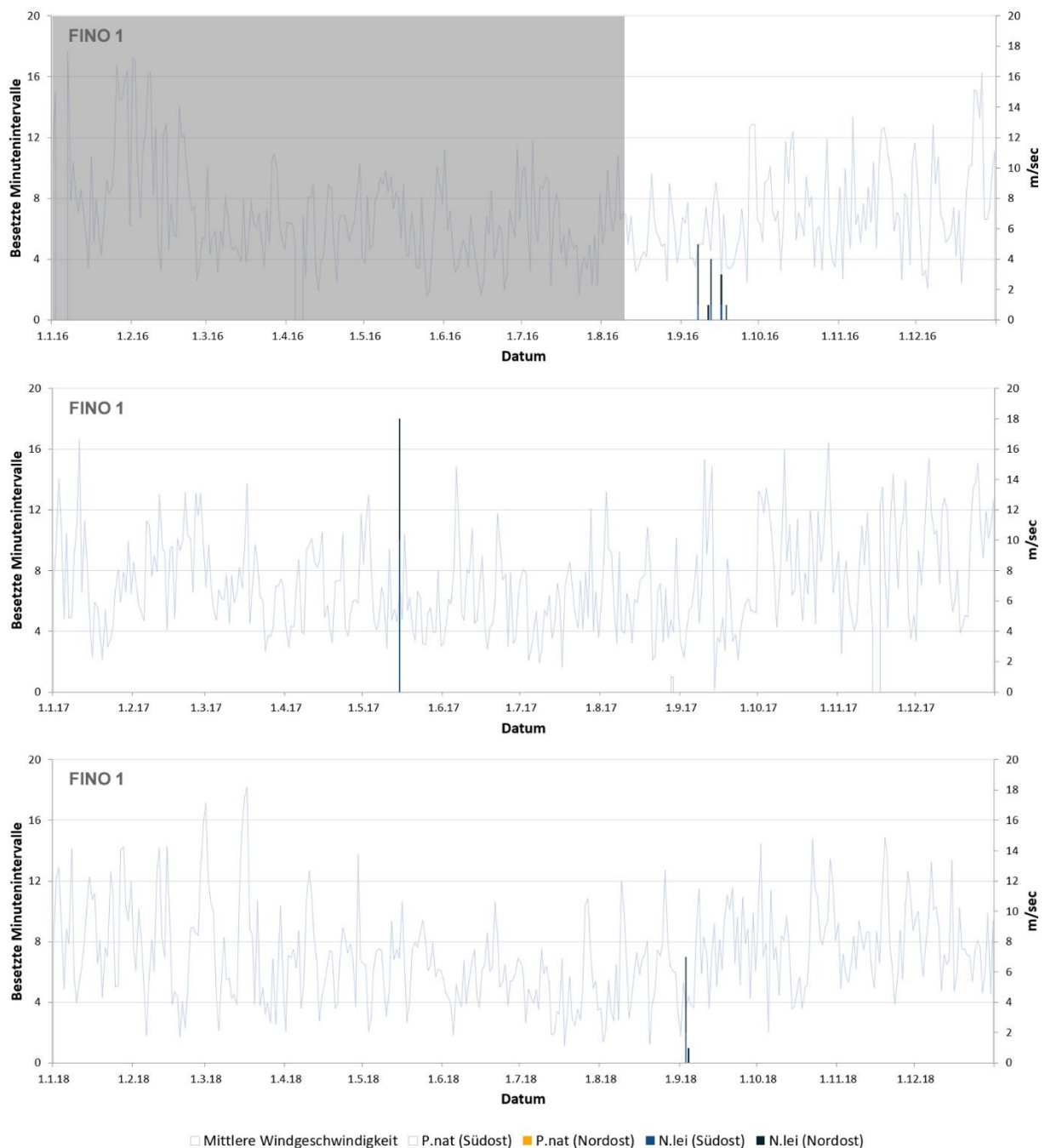


Abbildung 3-19: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=14), 2017 (Mitte, n=34) und 2018 (unten, n=8) an der Forschungsplattform FINO 1, Nordsee (N.lei: *Nyctalus leisleri*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Die Fledermausnachweise sind nach Ausrichtung des erfassenden Mikrofons dargestellt. (Gesamtanzahl Mikrofons: 2). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für Anfang Januar und Anfang April 2016 und Mitte November 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

Helgoland

Helgoland stellt mit insgesamt 2.528 erfassten Nachweisen (Minutenintervalle) den aktivitätsreichsten Standort insgesamt (66,63 % der Minutenintervalle) und der Nordseestandorte (83,79 % der Minutenintervalle) dar (siehe Tabelle 3-7; mit zwei Mikrofonen aufgezeichnet). Die Rauhautfledermaus ist mit 2.239 besetzten Minutenintervallen und einem Anteil von 88,57 % die am häufigsten hier nachgewiesene Art. Mit großem Abstand folgen mit absteigender Nachweishäufigkeit Nordfledermaus (n=49; 1,94 %), Kleinabendsegler (n=47; 1,86 %), Zwergfledermaus (n=40; 1,58 %), Abendsegler (n=21; 0,83 %), Mückenfledermaus (n=19; 0,75 %), Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*; n=15; 0,59 %) und Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*; n=7; 0,28 %). 3,60 % der besetzten Minutenintervalle konnten nicht auf Artniveau zugeordnet werden (1,86 % Nyctaloid.; 1,74 % *P. spec.*). Helgoland ist somit mit acht nachgewiesenen Fledermausarten der artenreichste aller untersuchten Standorte (siehe Tabelle 9-2 im Kapitel „Zusatzdaten“).

In der nachfolgenden Abbildung 3-20 sind die besetzten Minutenintervalle aller Fledermausarten im Jahresverlauf dargestellt, Abbildung 3-21 zeigt die mit Rauhautfledermäusen besetzten Minutenintervalle in logarithmischer Darstellung. Fledermausnachweise treten während der Periode der Frühljahrs- (n=232; 9,18 %; 2 Frühljahre erfasst) und Spätsommerwanderung (n=2.246; 88,85 %; 3 Spätsommer erfasst) sowie auch im Sommer (n=50; 1,98 %; 2 Sommer erfasst) auf (siehe Tabelle 3-5). Die Sommernachweise entfallen zum überwiegenden Teil auf die Nordfledermaus. Die 49 Nachweise dieser Art traten allesamt in der Zeit vom 10.06. bis zum 26.07.2017 auf, also außerhalb der Wanderungszeiten.

Sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer sind klare Aktivitätsspitzen (Peaks) erkennbar. Aktivitätsmaxima traten im Frühjahr 2017 um den 15./16.05. und im Frühjahr 2018 um den 02.05. auf. Im Spätsommer 2016 entfiel der überwiegende Anteil der Aktivitäten auf den 05.-15.09., im Spätsommer 2017 verschob sich der Hauptteil der Aktivität um etwa 1,5 bis 2 Wochen auf die Nächte um den 23.09., wobei eine kleinere Aktivitätsspitze bereits um den 04.09.2017 zu beobachten war. Im Jahr 2018 hatte der ebenfalls gut eine Woche umfassende Spätsommerpeak seinen Spitzenwert am 04.09. (siehe Abbildung 3-20 und Abbildung 3-21).

Zu erkennen ist, dass die Aktivitäten zwischen den Jahren stark schwanken, was vor allem ein Phänomen des Spätsommers/Herbstes zu sein scheint (Abbildung 3-20 und Abbildung 3-21).

Insbesondere in den Untersuchungsjahren 2017 und 2018 zeigt der qualitative Vergleich zwischen der Anzahl besetzter Minutenintervalle und der Mittleren Windgeschwindigkeit (vgl. Abbildung 3-20 und Abbildung 3-21) ein auffälliges Muster: Innerhalb der Wanderperioden tritt auf Helgoland vornehmlich nach Nächten mit geringen Windgeschwindigkeiten Fledermausaktivität auf. Diese bleibt in der Folge bei eher hohen Windgeschwindigkeiten bestehen und endet, wenn wieder geringe Windgeschwindigkeiten auftreten. Die Windgeschwindigkeits- und Aktivitätsspitzen erscheinen also zeitlich gekoppelt.

Auch für Helgoland gilt, dass die festgestellten Aktivitäten nicht gleichzeitig einer Anzahl migrierender Individuen entsprechen, da die Tiere im Fanggarten auch jagen und damit eine erhöhte Aktivität hervorrufen und auch zwischen den beiden Mikrofonstandorten hin- und herwechseln.

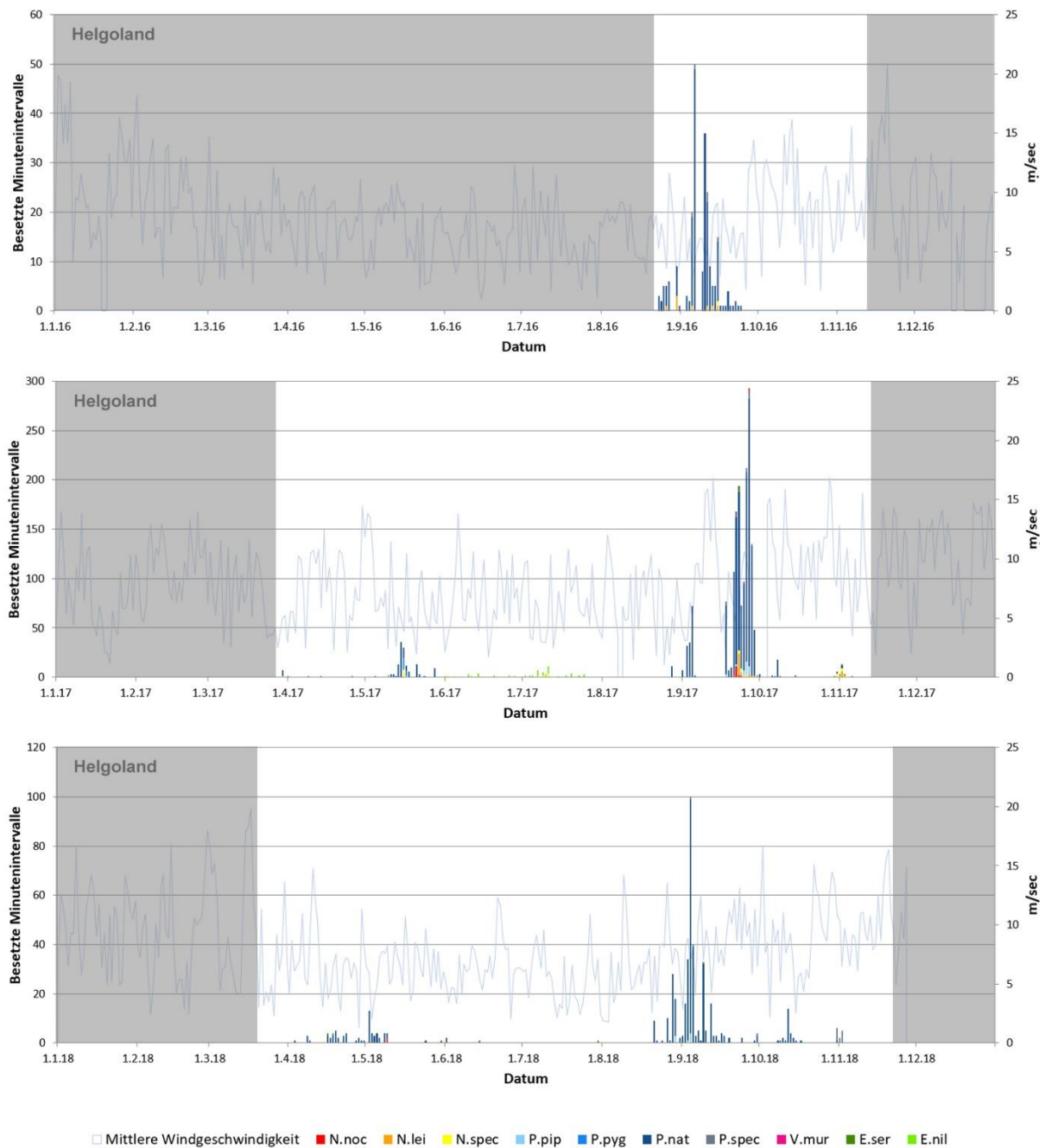


Abbildung 3-20: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=222), 2017 (Mitte, n=1.843) und 2018 (unten, n=463) auf Helgoland, Nordsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, P.spec: Gattung *Pipistrellus*, V.mur: *Vespertilio murinus*, E.ser: *Eptesicus serotinus*, E.nil: *Eptesicus nilssonii*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Die Aktivitäten wurden mit zwei Mikrofonen aufgezeichnet. Zu beachten ist, dass es sich aufgrund der Aufnahmesituation (Insel, Aufstellort der Mikrofone im Fanggarten der Vogelwarte Helgoland) bei den hier aufgezeichneten Fledermäusen überwiegend um jagende Tiere handelt. Für Ende Dezember 2016, Ende September bis Anfang Oktober 2017 und Dezember 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

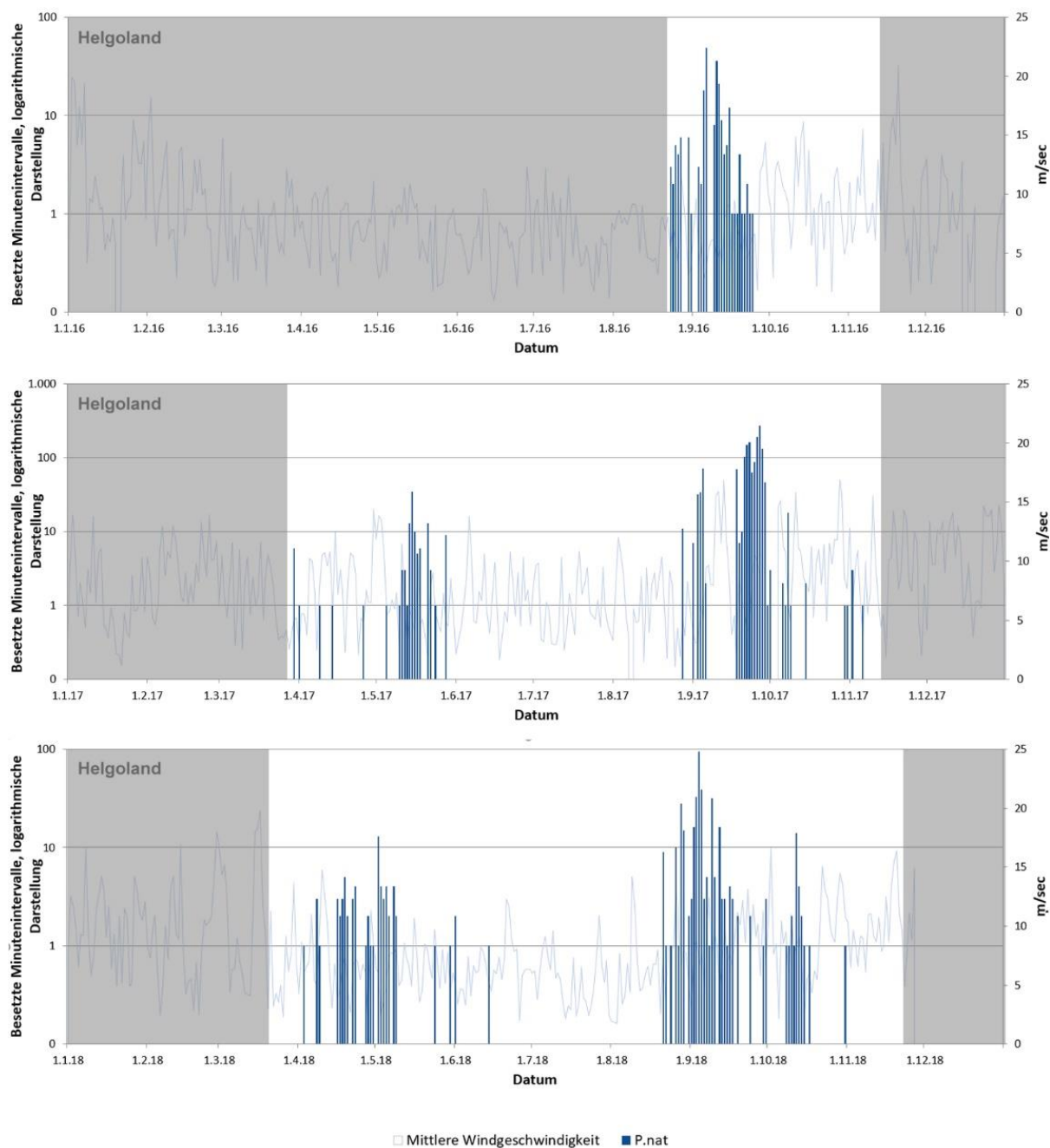


Abbildung 3-21: Anzahl der mit Raufhautfledermäusen (*P.nat: Pipistrellus nathusii*) besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, $n=207$), 2017 (Mitte, $n=1.598$) und 2018 (unten, $n=434$) auf Helgoland, Nordsee in logarithmischer Darstellung. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Die Aktivitäten wurden mit zwei Mikrofonen aufgezeichnet. Zu beachten ist, dass es sich aufgrund der Aufnahmesituation (Insel, Aufstellort der Mikrofone im Fanggarten der Vogelwarte Helgoland) bei den hier aufgezeichneten Fledermäusen überwiegend um jagende Tiere handelt. Für Ende Dezember 2016, Ende September bis Anfang Oktober 2017 und Dezember 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

Leuchtturm Alte Weser

Am Leuchtturm Alte Weser wurde mit insgesamt 425 besetzten Minutenintervallen 11,20 % der gesamten Standorte und 14,09 % der an Nordseestandorten erfassten Aktivität

gemessen (siehe Tabelle 3-5 und Tabelle 3-7). Mit 375 entfallen 88,24 % der Nachweise auf die Rauhautfledermaus. Knapp 10 % (41) der erfassten Aktivitäten konnten nicht auf Artniveau bestimmt werden (n=33; 7,76 % *Nyctaloid*; sowie n=8; 1,88 % *P. spec.*). Neben der Rauhautfledermaus konnten die Arten Zwergfledermaus (n=4; 0,94 %), Kleinabendsegler (n=3; 0,71 %) und Abendsegler (n=2; 0,47 %) nachgewiesen werden (siehe Tabelle 9-2 im Kapitel „Zusatzdaten“).

Die nachfolgende Abbildung 3-22 zeigt die erfassten Aktivitäten im Jahresverlauf. Die besetzten Minutenintervalle entfallen größtenteils auf die Perioden der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung.

Aktivitätsspitzen traten im Frühjahr 2017 am 13.05. und um den 18.05., und somit ähnlich wie auf Helgoland (um den 15./16.05.), auf. Im Spätsommer 2017 lag das Aktivitätsmaximum beim 18./22.09. und somit ebenfalls im gleichen Zeitfenster wie auf Helgoland (Woche um den 23.09.). 2018 fiel der Spätsommerpeak – ähnlich wie auf Helgoland (04.09.) – auf den 03./04.09. (siehe Abbildung 3-22), also etwa 2 Wochen früher als in 2017.

Die festgestellten Aktivitäten am Leuchtturm entsprechen nicht gleichzeitig einer Anzahl migrierender Individuen, da am Leuchtturm ankommende Tiere immer wieder Explorationsverhalten zeigten und damit eine erhöhte Aktivität gemessen wurde.

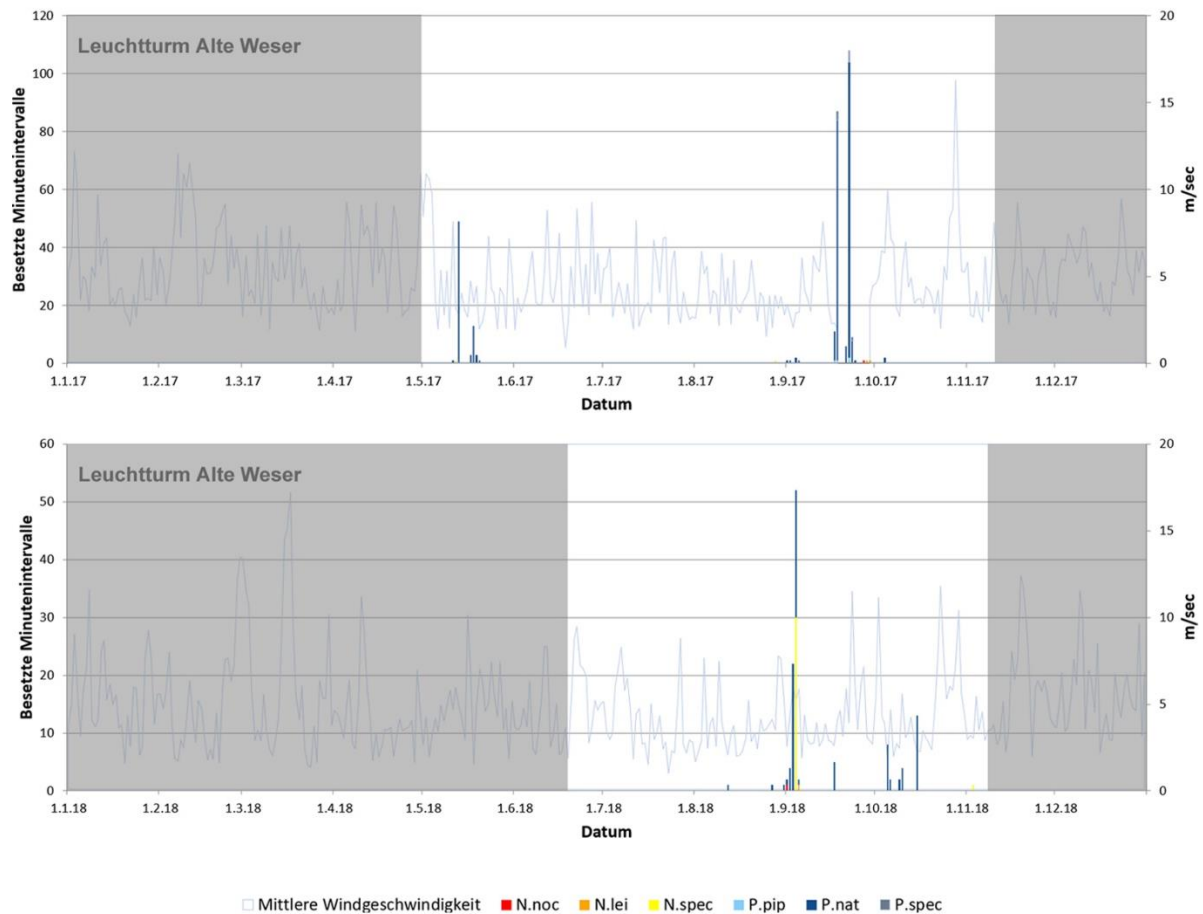


Abbildung 3-22: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben; n=305) und 2018 (unten; n=120) am Leuchtturm Alte Weser, Nordsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, P.spec: Gattung *Pipistrellus*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für die zweite Septemberhälfte in 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

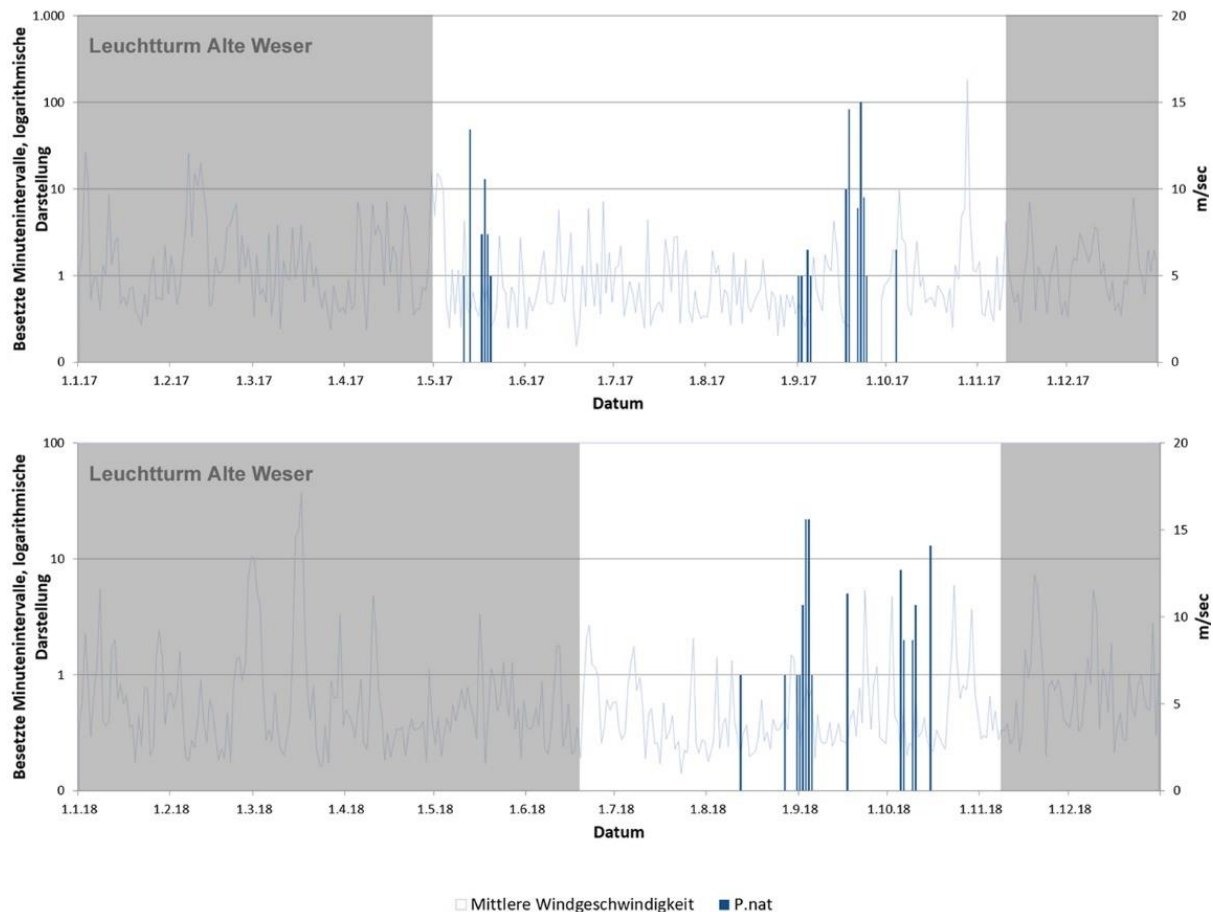


Abbildung 3-23: Anzahl der mit Rauhauffledermäusen (P.nat: *Pipistrellus nathusii*) besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben; n=287) und 2018 (unten; n=88) am Leuchtturm Alte Weser, Nordsee in logarithmischer Darstellung. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für die zweite Septemberhälfte in 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

Großtonne Fehmarn Belt

Auf der Großtonne Fehmarn Belt in der Ostsee wurden innerhalb nur eines Untersuchungsjahres 2018 insgesamt 122 Minutenintervalle mit Fledermäusen nachgewiesen (siehe Tabelle 3-5). Das entspricht 3,22 % der Gesamtaktivität und 15,70 % der an Ostseestandorten ermittelten Aktivitäten für dieses Jahr (siehe Tabelle 3-7). Auch an diesem Standort macht die Rauhauffledermaus mit 92 besetzten Minutenintervallen (75,41 %) den größten Anteil der Nachweise aus. Zweithäufigste Arten waren zu gleichen Anteilen der Abendsegler und die Mückenfledermaus (jeweils n=10; 8,20 %). Je ein besetztes Minutenintervall (0,82 %) entfällt auf die Zwergfledermaus, die Breitflügelfledermaus und *Myotis spec.* Zusätzlich konnten 5,74 % der besetzten Minutenintervalle nur als Artengruppe Nyctaloid bestimmt werden (siehe Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“).

In der folgenden Abbildung 3-24 sind die besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf dargestellt. Ein Großteil der Aktivitäten trat im Frühjahr (n=32; 26,23 %) und Spätsommer (n=80; 65,57 %) auf. Im Gegensatz zu den übrigen Standorten entfielen 8,20 % (n=10) der besetzten Minutenintervalle (siehe Tabelle 3-5) auf den Sommer.

Aktivitätsspitzen sind 2018 an der Großtonne Fehmarn Belt weniger klar abgrenzbar als an anderen Standorten. Der größte Peak tritt am 28.04. und somit etwas früher als auf Helgoland auf (02.05.). Im Spätsommer fällt die Aktivitätsspitze auf den 28.08. bzw. 01.09. (siehe Abbildung 3-24), was später als an den untersuchten Nordseestandorten ist.

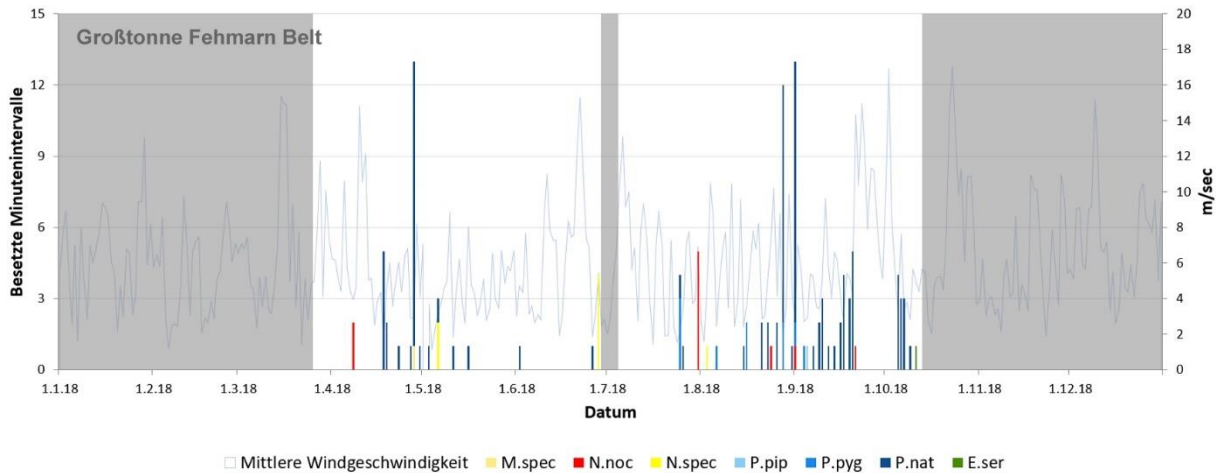


Abbildung 3-24: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Großtonne Fehmarn Belt, Ostsee (N=122; M.spec: Gattung *Myotis*, N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, E.ser: *Eptesicus serotinus*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.

Tonne E69

An der Tonne E69 wurden insgesamt 231 besetzte Minutenintervalle registriert. Dies entspricht einem Anteil von 6,09 % der an allen und 29,73 % der an Ostseestandorten gemessenen Aktivitäten (siehe Tabelle 3-7). Davon entfallen 164 Minutenintervalle (71,00 %) auf die Rauhaufledermaus, 26 Minutenintervalle (11,26 %) auf die Mückenfledermaus und 14 Minutenintervalle (6,06 %) auf den Abendsegler. Bei den weiteren nachgewiesenen Arten (Kleinabendsegler, Zwergfledermaus, Zweifarbfledermaus, Breitflügelfledermaus) liegen nur ein bis zwei besetzte Minutenintervalle vor. Nicht auf Artniveau zugeordnet werden konnten 22 Minutenintervalle (9,52 %; *Nyctaloid*, siehe Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“).

Die Abbildung 3-25 zeigt die Fledermausaktivitäten am Standort im Jahresverlauf. Fledermäuse treten größtenteils während der Frühjahrswanderung (n=41; 17,75 %) und der Spätsommerwanderung (n=189; 81,82 %) und nur vereinzelt im Sommer auf (n=1; 0,43 %, siehe Tabelle 3-5).

Im Spätsommer 2016 fiel die Aktivitätsspitze auf die Woche um den 04.09. herum. Im Jahr 2017 traten zwei Peaks auf: einmal um den 23.08. und einmal um den 16.09. herum. Auf Helgoland waren die höchsten Aktivitäten zwischen dem 05. und 15.09.2016 zu verzeichnen und fallen somit auf ein ähnliches bis leicht nach hinten verschobenes Zeitfenster. Im Jahr 2017 lag das Aktivitätsmaximum auf Helgoland um den 23.09. herum und somit später als an der Tonne E69. Im Frühjahr 2017 trat in geringem Maße Rauhaufledermauswanderung zwischen dem 05. und 20.05. auf. Im Nordseebereich sind Aktivitätspeaks im ähnlichen Zeitraum zu beobachten (z.B. Helgoland um den 15./16.05., Leuchtturm Alte Weser am 13.05. bzw. um den 18.05.). Im Jahr 2018 war dies in ähnlichem Umfang zwischen dem 16. und

30.04. zu beobachten (siehe Abbildung 3-25). Hier gleichen sich die Aktivitätsschwerpunkte der Tonne E69 und der Großtonne Fehmarn Belt (größter Peak am 28.04.2018) im Frühjahr 2018, die jedoch etwas früher ausfallen als auf Helgoland (02.05.2018).

Auch hier zeigen sich deutliche Aktivitätsunterschiede zwischen den Jahren. So ist die Aktivität 2016 mit 126 besetzten Minutenintervallen trotz des erheblich kürzeren Erfassungszeitraums wesentlich höher als im Spätsommer des Folgejahres.

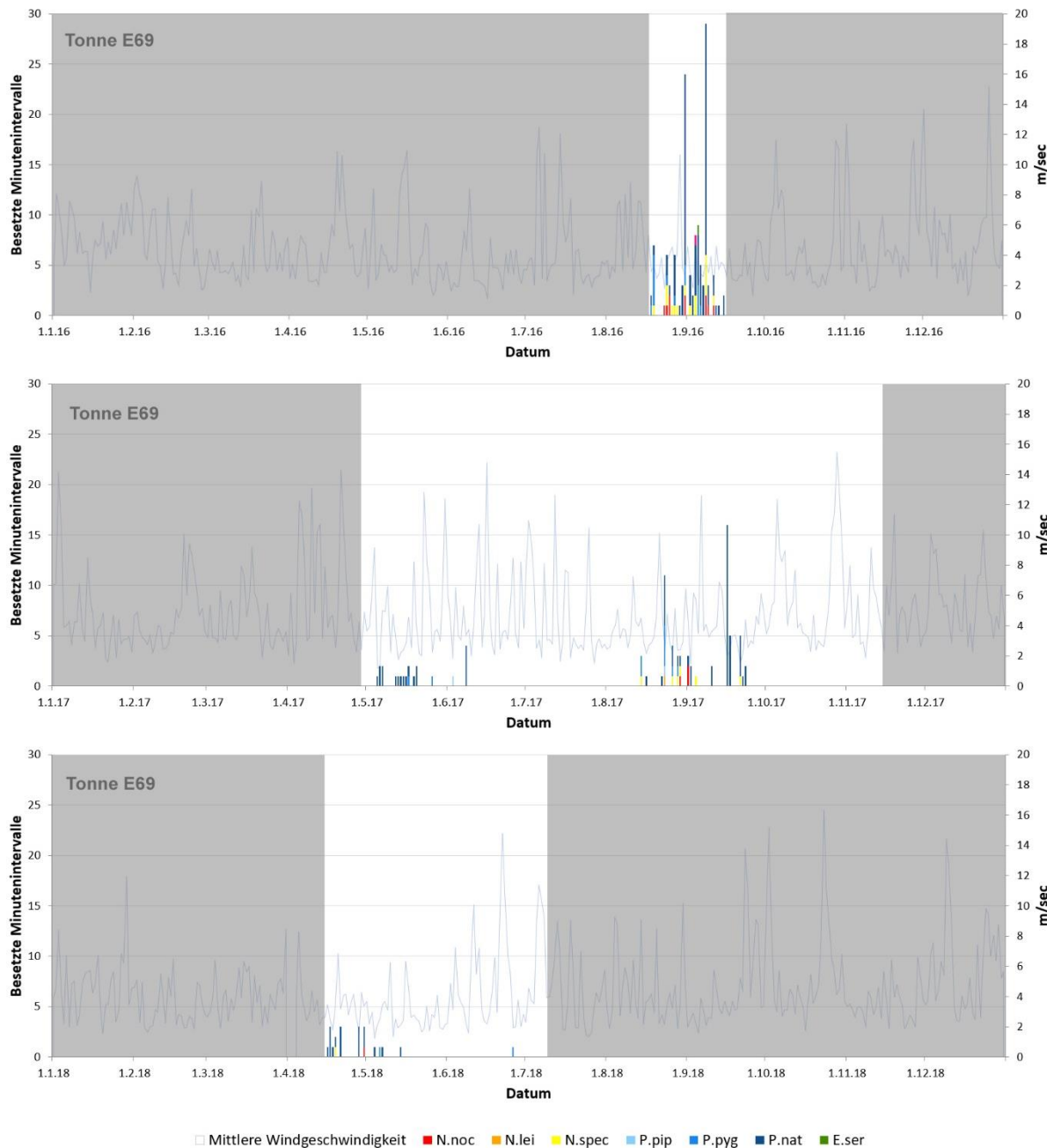


Abbildung 3-25: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2016 (oben, n=126), 2017 (Mitte, n=84) und 2018 (unten, n=21) an der Tonne E69, Ostsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, V.mur: *Vespertilio murinus*, E.ser: *Eptesicus serotinus*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.

Tonne E70

Die Anzahl der an der Tonne E70 festgestellten besetzten Minutenintervalle beträgt 20. Dies entspricht 0,53 % der Gesamtnachweise und 2,57 % der in der Ostsee registrierten besetzten Minutenintervalle (siehe Tabelle 3-7).

95 % der Nachweise entfallen auf die Rauhaufledermaus (n=19). Daneben wurde ein besetztes Minutenintervall der Mückenfledermaus registriert (5 %). Mit zwei Arten ist dieser Standort als artenärmster Standort in der Ostsee zu werten, allerdings wurde dieser Erfassungsstandort erst im Projektverlauf akquiriert und deshalb bislang auch ausschließlich im Frühjahr 2018 untersucht (siehe Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“).

Die Abbildung 3-26 zeigt die Anzahl der besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf. Die festgestellten Aktivitäten treten zwischen dem 18.04. und 15.05.2018 auf und somit in einem ähnlichen Zeitfenster wie an der Tonne E69.

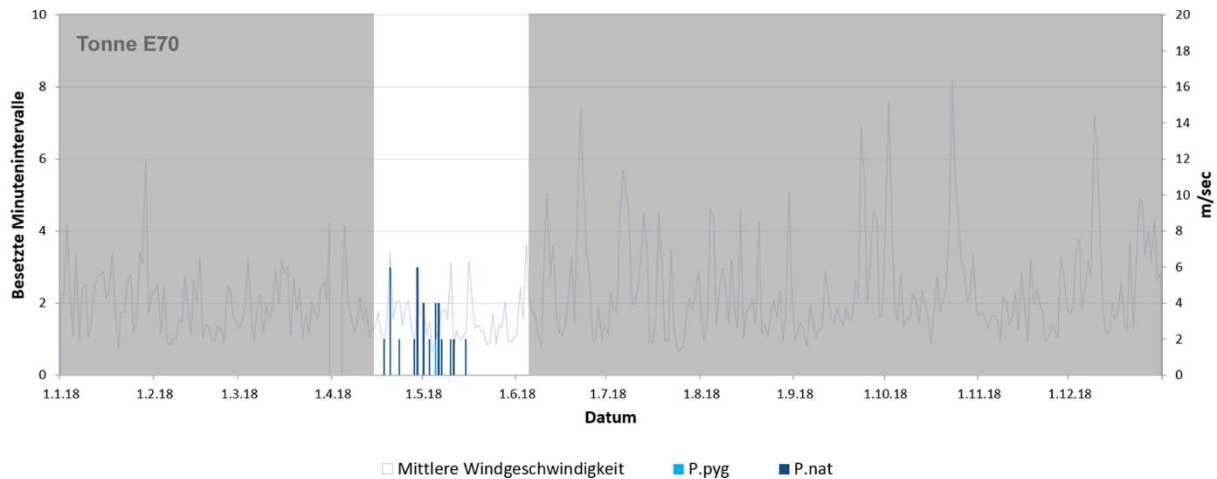


Abbildung 3-26: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Tonne E70, Ostsee (N=20; P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.

Tonne DS-W

An der Tonne DS-W wurden im einzigen Erfassungsjahr 2018 mit insgesamt 31 besetzten Minutenintervallen 0,82 % der Gesamtaktivitäten und 3,99 % der in der Ostsee erfassten Aktivitäten nachgewiesen (siehe Tabelle 3-7). Die Rauhaufledermaus stellt von den festgestellten Arten mit 28 besetzten Minutenintervallen (90,32 %) den überwiegenden Anteil. Daneben wurde die Mückenfledermaus (n=2; 6,45 %) und der Kleinabendsegler (n=1; 3,23 %) aufgezeichnet (siehe Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“).

Während im Frühjahr lediglich 2 besetzte Minutenintervalle festgestellt wurden, entfällt der Großteil der Aktivität auf den Spätsommer (n=29; 93,55 %, siehe Tabelle 3-5).

Die Abbildung 3-27 zeigt die nachgewiesenen Aktivitäten im Jahresverlauf. Im Frühjahr kann aufgrund der insgesamt geringen Aktivität keine Aktivitätsspitze festgestellt werden. Im Spätsommer treten Aktivitäten schwerpunktmäßig zwischen dem 21.08. und dem 17.09. herum auf, ohne dass diese ausgeprägt voneinander abgrenzbar sind. Dies entspricht im Wesentlichen den an den anderen Standorten festgestellten Aktivitätsfenstern (siehe Abbildung 3-27). Das spätere Aktivitätsfenster im Oktober tritt jedoch nur am Standort Fehmarn Belt und an FINO 2 (s.u.) ähnlich deutlich auf.

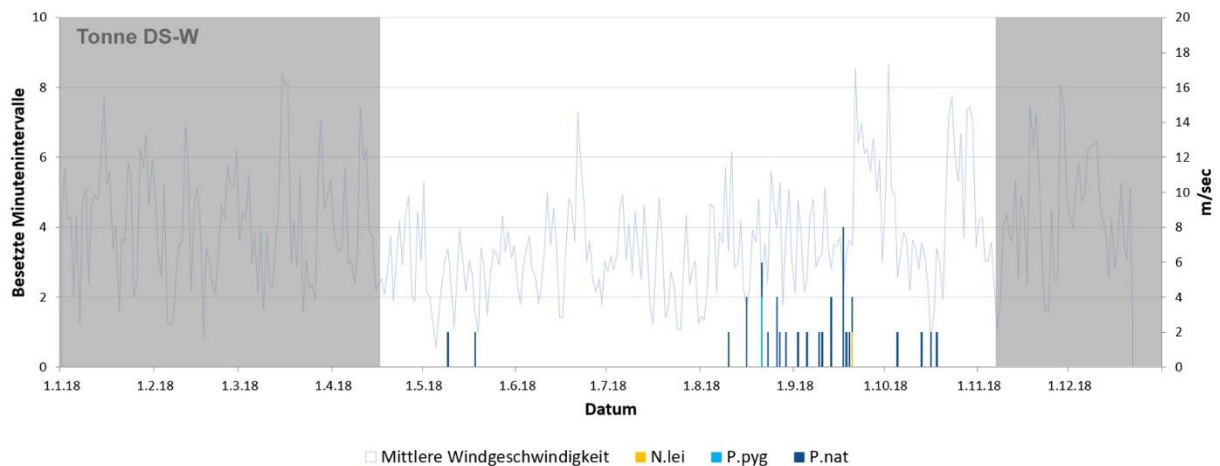


Abbildung 3-27: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Tonne DS-W, Ostsee (N=31; N.lei: *Nyctalus leisleri*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für Ende Dezember 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

FINO 2

Auf FINO 2 wurden – trotz der vergleichsweise kurzen Erfassungsdauer von nur einem Jahr – mit 289 besetzten Minutenintervallen 7,62 % der Gesamtaktivitäten und 37,19 % der an Ostseestandorten festgestellten Aktivitäten nachgewiesen (siehe Tabelle 3-7). Der Standort ist damit der aktivitätsreichste Standort im Ostseebereich.

Mit 212 besetzten Minutenintervalle entfallen 73,36 % auf die Rauhaufledermaus, 45 (15,57 %) auf die Zwergfledermaus, 11 (3,81 %) auf den Abendsegler und eine (0,35 %) auf die Mückenfledermaus. Insgesamt 6,96 % der Rufe konnten nicht bis zur Art bestimmt werden (n=11 bzw. 3,81 % *Nyctaloid*; n=8 bzw. 2,77 % *Pipistrellus spec.*, siehe siehe Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“).

Im Gegensatz zu allen anderen Standorten (Ausnahme Arkonatonne) ist die festgestellte Aktivität im Frühjahr mit 143 besetzten Minutenintervallen (49,48 %) ähnlich hoch wie im Spätsommer (n=146; 50,52 %, siehe Tabelle 3-5).

In der Abbildung 3-28 sind die Aktivitäten im Jahresverlauf dargestellt. Die Abbildung 3-29 zeigt die Aktivitäten der Rauhaufledermaus in logarithmischer Darstellung. Im Frühjahr sind am 27./28.04.2018 und am 10.05.2018 zwei deutliche Aktivitätsmaxima feststellbar. Auch im Fehmarn Belt sowie in der Kadetrinne (Tonne E69) liegen die Aktivitätsspitzen auf dem 28.04.2018, auf Helgoland etwas später um den 02.05. herum.

Im Spätsommer 2018 fand die Schwerpunktaktivität zwischen dem 26.08. und dem 04.09. statt. Ähnliche Zeitfenster sind in der Ostsee auf dem Fehmarn Belt (28.08. bzw. 01.09.), und in der Nordsee am Leuchtturm Alte Weser (04.09.) und Helgoland (03./04.09.) zu verzeichnen. Auch zeitlich später wurden regelmäßig Aktivitäten gemessen, die auch am 17.10.2018 in einem deutlichen Peak resultierten (Abbildung 3-28 und Abbildung 3-29).

Die festgestellten Aktivitäten an FINO 2 entsprechen nicht gleichzeitig einer Anzahl migrierender Individuen, da an FINO 2 ankommende Tiere immer wieder Explorationsverhalten

zeigten und damit eine erhöhte Aktivität. Auch ist zu vermuten, dass Rufsequenzen bzw. mit Fledermäusen besetzte Minutenintervalle, welche innerhalb kurzer Zeit an beiden Mikrofonen auftraten zu dem gleichen Individuum gehören.

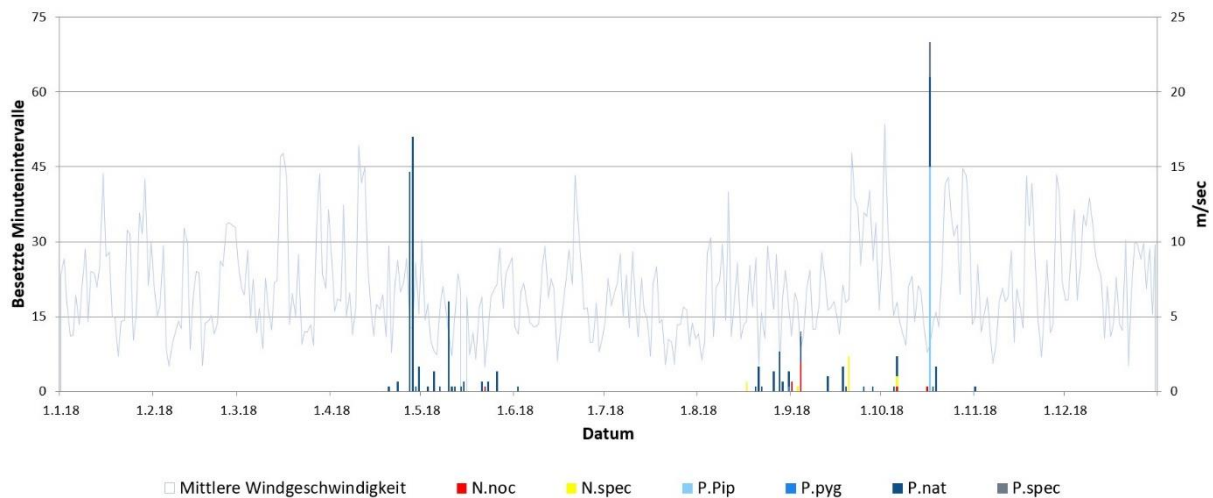


Abbildung 3-28: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Forschungsplattform FINO 2, Ostsee (N=289; N.noc: *Nyctalus noctula*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, P.spec: Gattung *Pipistrellus*). Für Ende Mai 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

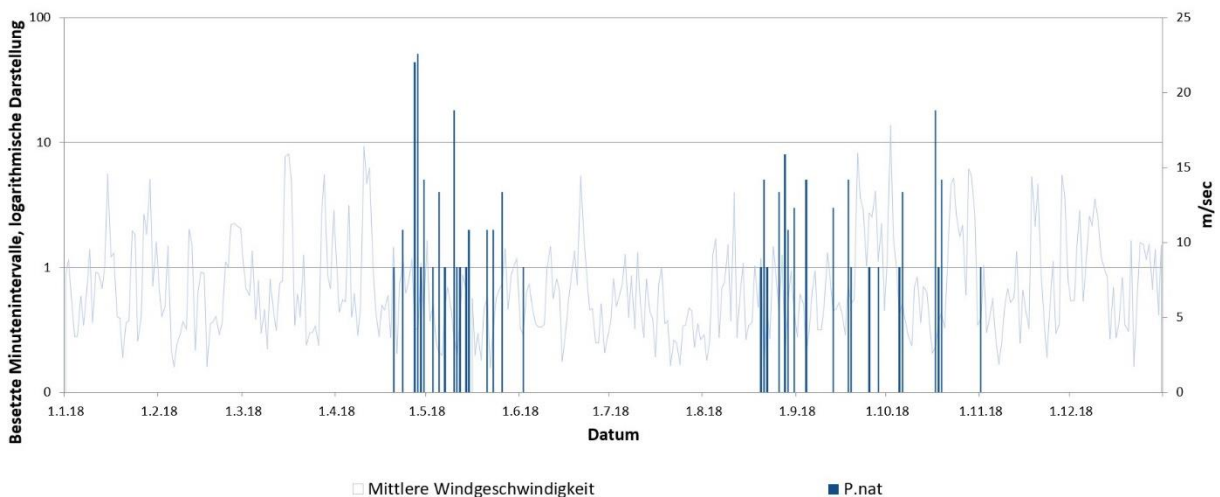


Abbildung 3-29: Anzahl der mit Raufhautfledermäusen (*P. nat*) besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Forschungsplattform FINO 2, Ostsee in logarithmischer Darstellung (n=212). Für Ende Mai 2018 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

Arkonatonne

An der Arkonatonne wurden insgesamt 78 besetzte Minutenintervalle registriert. Dies entspricht 2,06 % der Gesamtaktivität und 10,04 % der an den Ostseestandorten gemessenen Aktivität (siehe Tabelle 3-7).

Die Rauhaufledermaus wurde mit 59 Minutenintervallen (75,64 %) am häufigsten aufgezeichnet. Daneben traten in absteigender Reihenfolge Abendsegler (n=4; 5,13 %), Zweifarbfledermaus (n=3; 3,85 %) und mit je zwei Minutenintervallen Kleinabendsegler, Zwerg- und Mückenfledermaus (je 2,56 %) auf. Die Rufsequenzen von 6 Minutenintervallen (7,69 %) konnten nur bis zur Artengruppe Nyctaloid bestimmt werden (siehe siehe Tabelle 9-3 im Kapitel „Zusatzdaten“).

Von den besetzten Minutenintervallen sind 36 (46,15 %) der Frühjahrswanderung, 3 (3,85 %) dem Sommer und 39 (50 %) der Spätsommerwanderung zuzuordnen (siehe Tabelle 3-5). Wie am Standort FINO 2 gleichen sich Frühjahrs- und Spätsommeraktivität nahezu.

Die Abbildung 3-30 zeigt die mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf. Die auftretenden Aktivitätsspitzen sind weniger konzentriert als an anderen Standorten. Am 14.05.2017 ist eine Aktivitätsspitze erkennbar. Auf Helgoland (15./16.05.) und am Leuchtturm Alte Weser (13.05. bzw. 18.05.) zeigen sich Peaks zu ähnlichen Zeitpunkten.

Im Frühjahr 2018 traten am 27.04. sowie 16.05. Aktivitätsschwerpunkte auf. Ähnliche Muster sind 2018 auf FINO 2 (27./28.04., 10.05.) und an der Tonne E69 (28.04.2018) zu beobachten. Auf Helgoland tritt dieser Aktivitätspeak etwas später auf (um den 02.05.).

Im Spätsommer fällt das hauptsächliche Wanderereignis auf den Zeitraum vom 11.08. bis 28.08.2017. An der Tonne E69 treten Aktivitätsspitzen zu anderen Zeitpunkten (23.08. bzw. 16.09.), im Nordseebereich ausschließlich später auf (Helgoland: 05.-15.09.; Leuchtturm Alte Weser: 18./22.09.).

In 2018 ist zwar keine deutliche Aktivitätsspitze erkennbar (Abbildung 3-30), aber die meiste Wanderaktivität findet im gleichen Zeitraum statt.

An diesem Standort wurden 2018 auch im Sommer (Ende Juli, Anfang August) verschiedene Aktivitäten (Kleinabendsegler, Nyctaloid) aufgezeichnet.

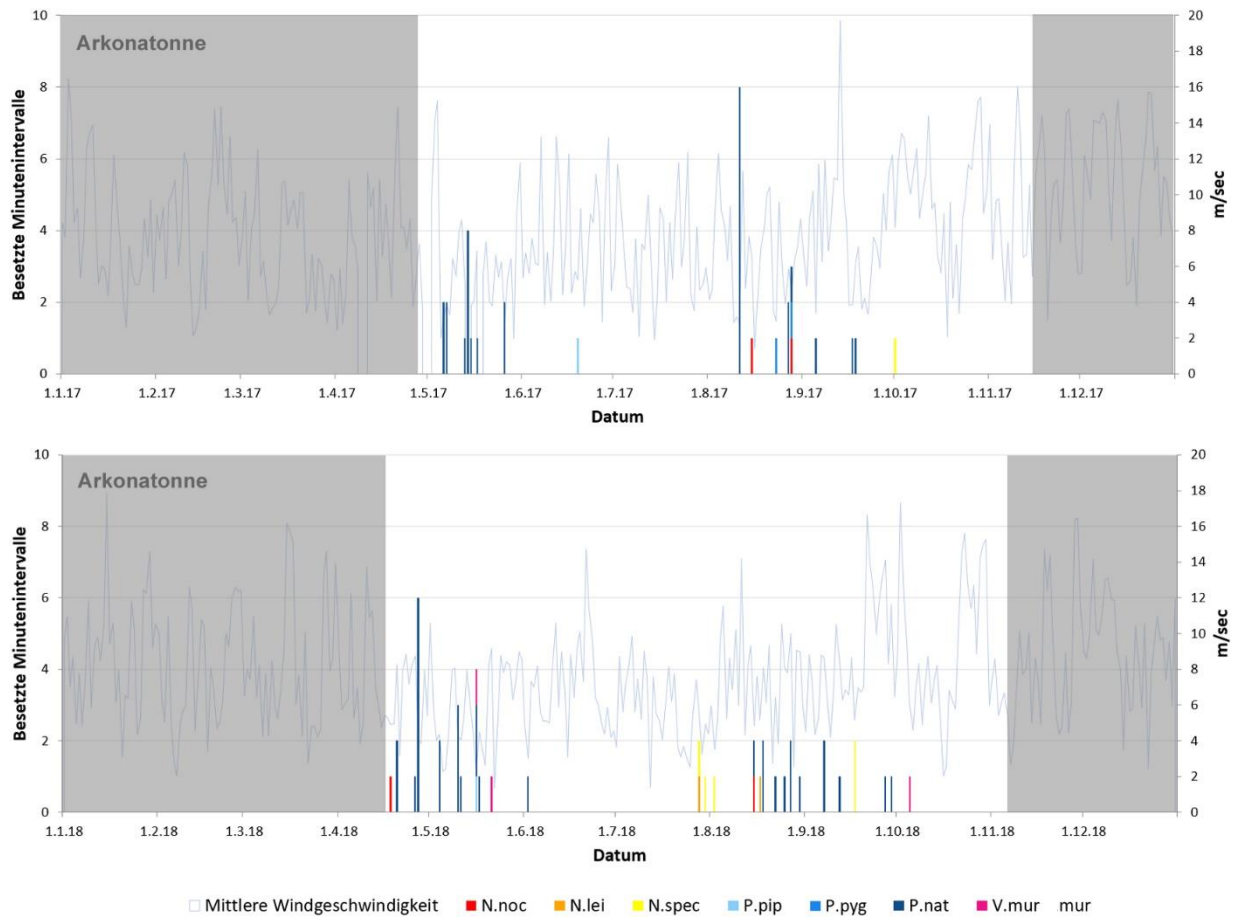


Abbildung 3-30: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2017 (oben, n=33) und 2018 (unten, n=45) an der Arkonatonne, Ostsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, N.lei: *Nyctalus leisleri*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pip: *Pipistrellus pipistrellus*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*, V.mur: *Vespertilio murinus*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet. Für die zweite Aprilwoche, Ende April / Anfang Mai und Mitte Mai 2017 fehlen Daten zur Windgeschwindigkeit.

Plattform Arkona

Die Anzahl der besetzten Minutenintervalle an der der Arkonatonne benachbarten Plattform Arkona beträgt 6 (0,16 % der Gesamtaktivität; 0,77 % der Aktivität an den Ostseestandorten). Der Standort ist somit der aktivitätsärmste Ostseestandort (siehe Tabelle 3-7).

Im Frühjahr wurden 2, im Spätsommer 4 besetzte Minutenintervalle registriert. Die Abbildung 3-31 zeigt die mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahresverlauf.

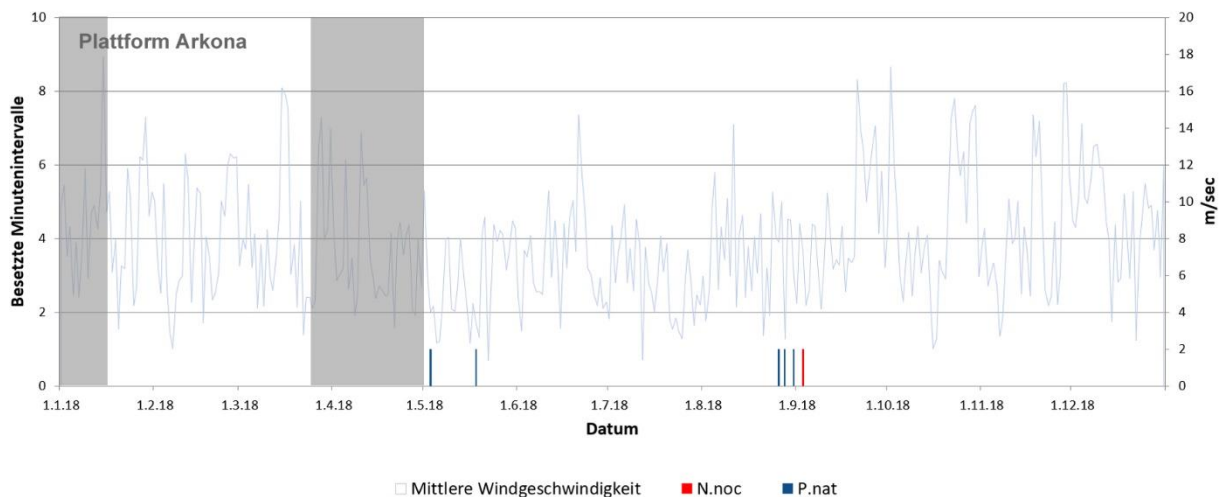


Abbildung 3-31: Anzahl der besetzten Minutenintervalle der durch ein automatisches Erfassungsgerät registrierten Fledermausarten und mittlere Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahresverlauf 2018 an der Plattform Arkona, Ostsee (N.noc: *Nyctalus noctula*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind grau überzeichnet.

3.3.2 Nächtlicher Aktivitätsverlauf

Die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 3-32, Abbildung 3-33, Abbildung 3-34, Abbildung 3-35) zeigen die besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die verschiedenen Untersuchungsstandorte.

An allen Standorten verteilen sich die Fledermausnachweise im Wesentlichen auf die gesamte Nacht. Es gibt keine generellen Aktivitätsschwerpunkte, die auf allgemeine standortübergreifende Aktivitätsmuster schließen lassen. In Einzelfällen wurden Fledermäuse schon vor Sonnenuntergang oder noch nach Sonnenaufgang (Helgoland 2017, FINO 1 2017, Leuchtturm Alte Weser 2017, 2018), registriert.

Beachtet werden muss bei den Abbildungen, dass z.B. die ganznächtlige Aktivität in Helgoland nicht ganznächtlige Wanderung bedeutet, sondern es sich um jagende Tiere handelt, welche sich von Flug über See erholen und für den Weiterflug Nahrung suchen. Aus diesem Grunde treten hier auch Aktivitäten auf, welche an anderen Standorten, die keine geschützten Nahrungshabitate bieten, nicht auftreten.

In ähnlicher Weise ist zu bedenken, dass sehr frühe Aktivitäten direkt nach Sonnenuntergang (Leuchtturm Alte Weser, FINO 1, ggf. auch FINO 3 und Nordseeboje II) auf am Standort übertagende Tiere zurückgehen könnten.

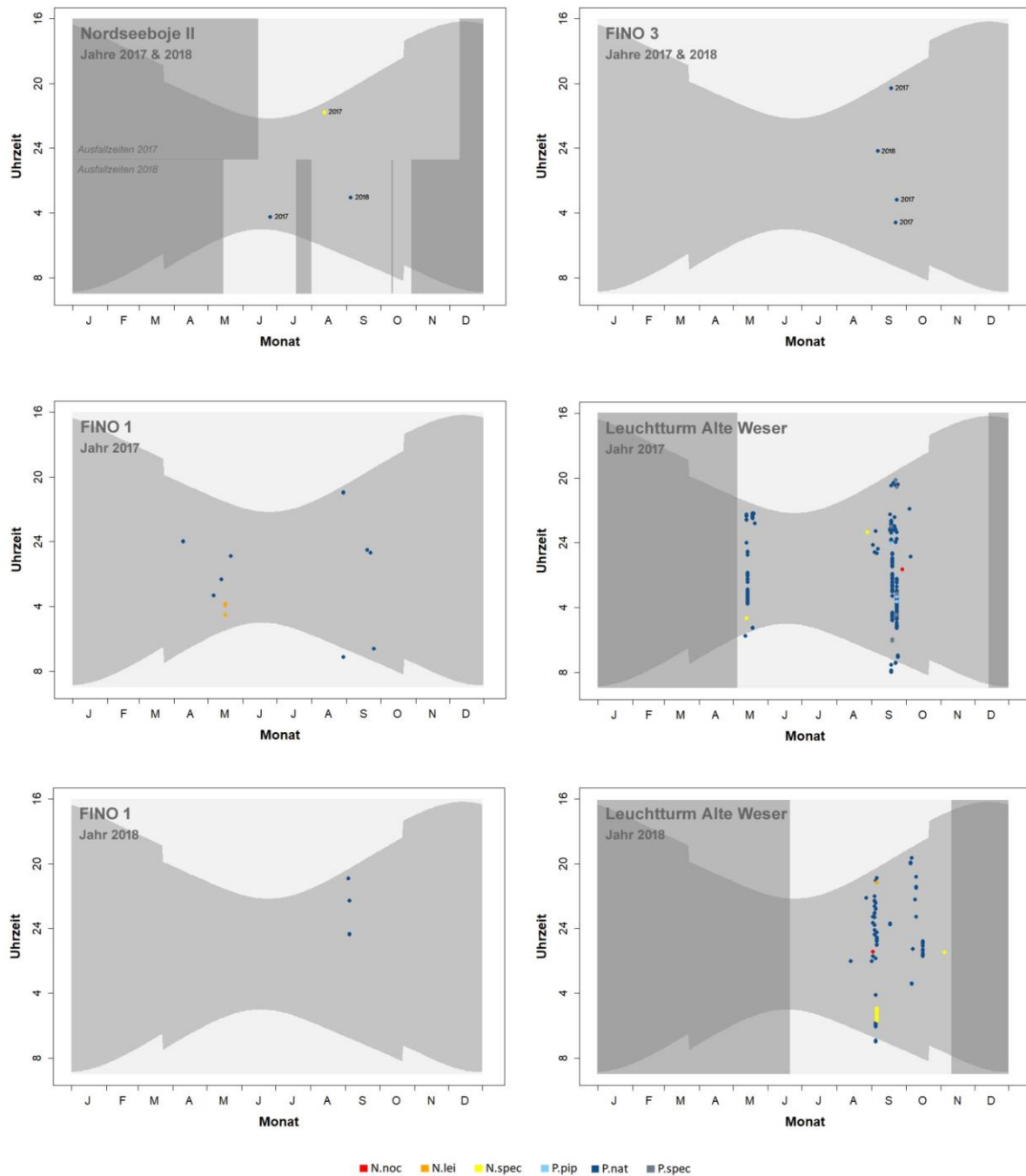


Abbildung 3-32: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die Untersuchungsstandorte Nordseeboje II, FINO 3, FINO 1 und Leuchtturm Alte Weser. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet. Beim Standort Nordseeboje II sind die unterschiedlichen Erfassungszeiträume der in einem Diagramm dargestellten Untersuchungsjahre 2017 und 2018 durch eine horizontale Teilung dieser Markierung hinterlegt.

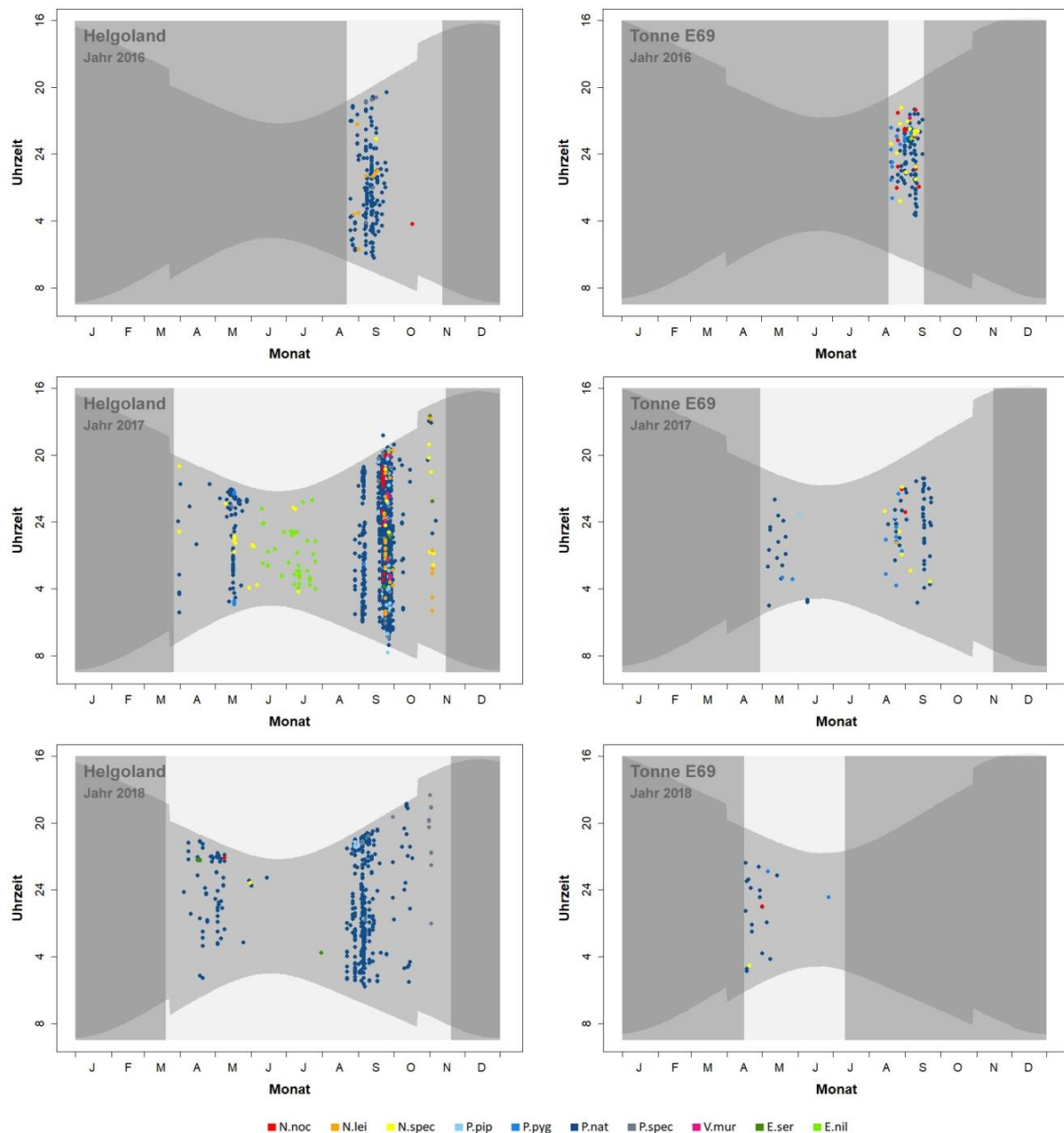


Abbildung 3-33: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die Untersuchungsstandorte Helgoland (links) und Tonne E69 (rechts) in den Jahren 2016 bis 2018. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet. Im Falle von Helgoland ist zu beachten, dass die ganznächtlige Aktivität nicht ganznächtlige Wanderung bedeutet, sondern es sich um jagende Tiere handelt.

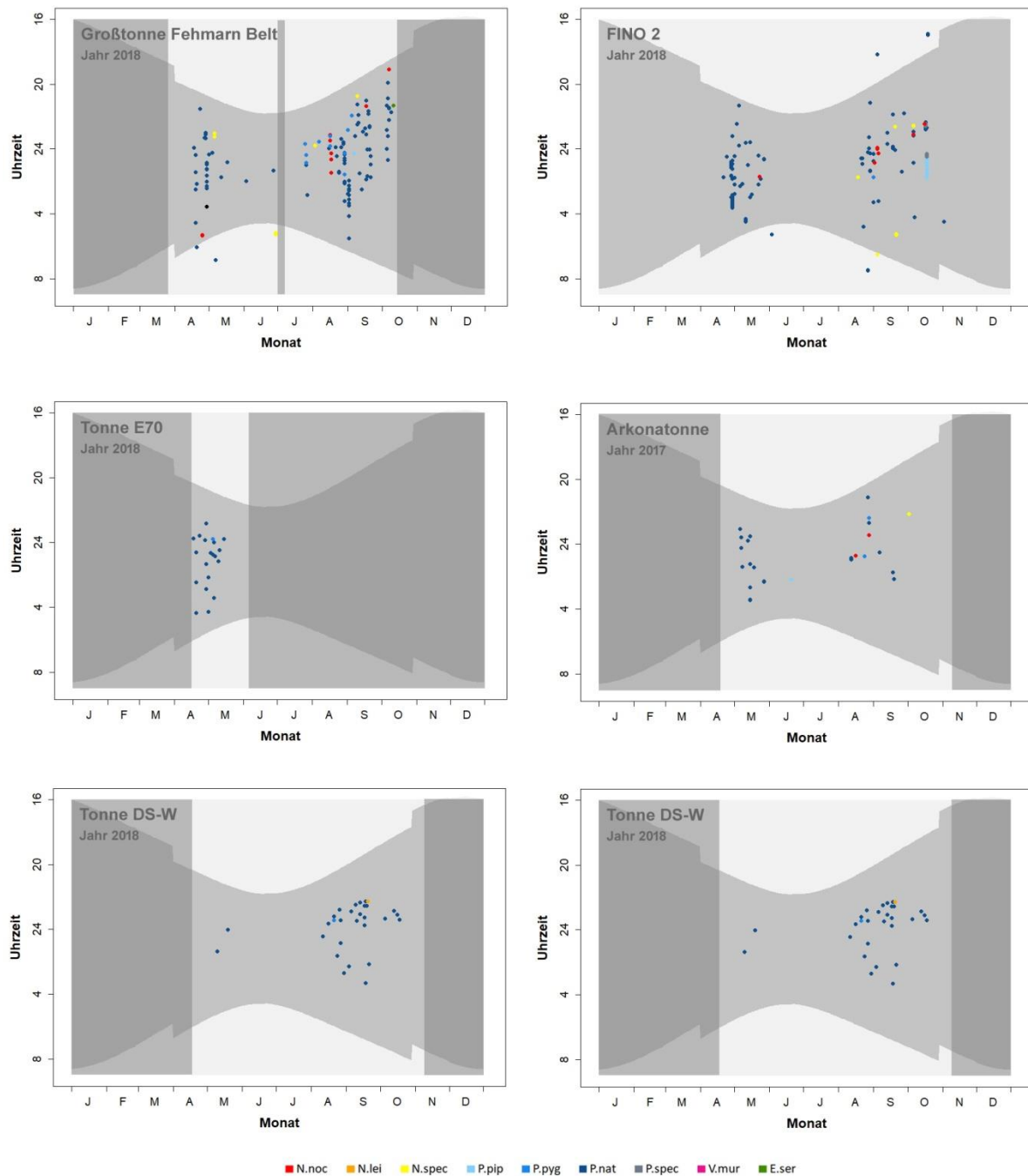


Abbildung 3-34: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf für die Untersuchungsstandorte Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E70, Tonne DS-W, FINO 2 und Arkonatonne. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet.

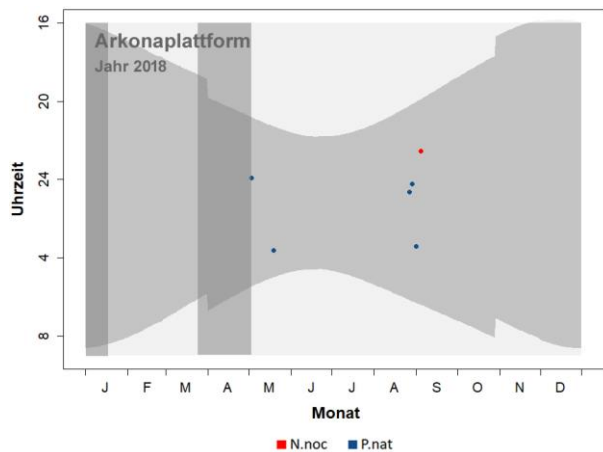


Abbildung 3-35: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle im Jahres- und Nachtverlauf an der Arkonaplatzform. Die Nacht, zwischen Sonnenuntergang (graue Grenzlinie oben) und Sonnenaufgang (graue Grenzlinie unten) ist durch einen dunkleren Grauton dargestellt. Die Zeiträume, in denen keine Erfassung stattgefunden hat, sind zusätzlich dunkelgrau überzeichnet.

Es scheint keine artspezifischen Unterschiede in den nächtlichen Wander- bzw. Aktivitätszeiten zu geben. So ist beispielsweise das an Land übliche zweigipflige Aktivitätsmuster des Abendseglers (abends und morgens; vgl. u.a. Gebhard & Bogdanowicz 2004, Ruczyński et al. 2017) auf See nicht zu finden. Dies gilt sowohl für Vergleiche zwischen den Standorten, wie auch zwischen den Jahren.

3.3.3 Standortvergleiche

Die nachfolgende Abbildung 3-36 zeigt die Anzahl der an den unterschiedlichen Standorten im Frühjahr und Spätsommer 2016 bis 2018 nachgewiesenen Fledermausarten. An den meisten Standorten ist die mittlere Anzahl der Arten im Frühjahr geringer als im Spätsommer. An den Standorten FINO 1 und Plattform Arkona gleichen sich die mittlere Anzahl der Arten im Frühjahr und Spätsommer. Die Anzahl liegt im Frühjahr bei ein bis drei Arten, im Spätsommer bei ein bis 5 Arten.

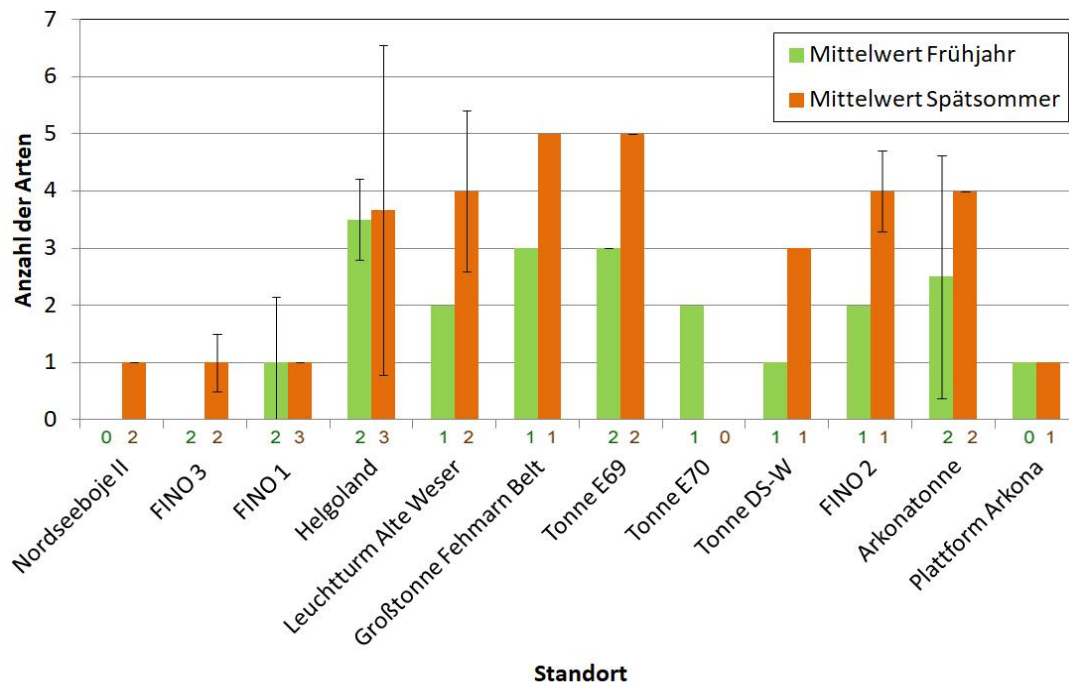


Abbildung 3-36: Anzahl der Arten je Untersuchungsstandort (West nach Ost) während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung 2016 bis 2018. Die Zahl unter den Diagrammsäulen gibt die Anzahl der gültigen Untersuchungsjahre an. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. für den Zeitraum Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 3, FINO 1, Helgoland, FINO 2), flossen alle Arten mit ein.

Eine Übersicht über die an allen Standorten gemessenen Aktivitäten als mittlere Anzahl der besetzten Minutenintervalle während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung gibt die

Abbildung 3-37.

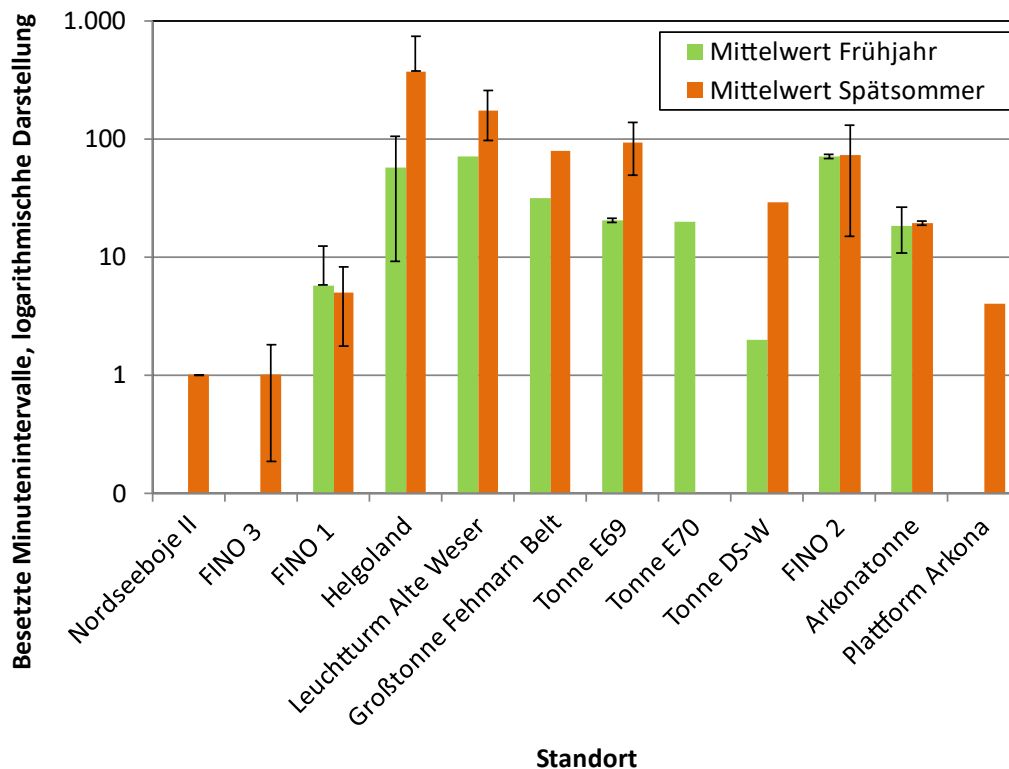


Abbildung 3-37: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle je Untersuchungsstandort (von West nach Ost) während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung 2016 bis 2018 in logarithmischer Darstellung (bei Standorten mit mehr als einem Untersuchungsjahr wird die mittlere Anzahl und Standardabweichung dargestellt). Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. für den Zeitraum Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 3, FINO 1, Helgoland, FINO 2), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.

An den meisten Standorten ist die Aktivität während der Frühjahrswanderung deutlich geringer als während der Spätsommerwanderung. Lediglich an den Standorten FINO 2 und Arkonatonne wurden während der Frühjahrswanderung und der Spätsommerwanderung ähnlich hohe mittlere Aktivitäten nachgewiesen. Angaben zu den im Frühjahr und Spätsommer an den einzelnen Untersuchungsstandorten ermittelten besetzten Minutenintervallen sind im Kapitel „Artenzusammensetzung und Phänologie“ (3.3.1) enthalten sowie in der Tabelle 3-5 zusammengefasst.

An den Standorten Nordseeboje II, FINO 3, FINO 1 und Plattform Arkona wurden im Vergleich zu den anderen Standorten nur sehr niedrige Anzahlen besetzter Minutenintervalle festgestellt. Besonders hohe Aktivitäten traten an den Standorten Helgoland und Leuchtturm Alte Weser auf, welche aber im Falle von Helgoland durch im Fanggarten des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ jagende Tiere hervorgerufen wird (s.u.). Die Tabelle 3-7 im Kapitel „Artenzusammensetzung und Phänologie“ (3.3.1) fasst die an den einzelnen Untersuchungsstandorten nachgewiesenen besetzten Minutenintervalle zusammen.

Standortspezifische Faktoren

Die genutzten Untersuchungsstandorte unterscheiden sich teilweise deutlich hinsichtlich der Standortgeometrie (Aufbau, Größe, Höhe), des Strukturreichtums und hinsichtlich der Beleuchtung bzw. Befeuerung. Die genannten Faktoren können anziehende, aktivitätssteigernde oder aktivitätsvermindernde Wirkungen entfalten. Insofern ist ein direkter Vergleich der unterschiedlichen Standorte auf Basis von Aktivitätsdaten problembehaftet.

Innerhalb enger Grenzen lassen akustische Daten Rückschlüsse auf das Verhalten der erfassten Fledermäuse zu. Ob Erkundungsverhalten auftritt, lässt sich durch den Vergleich der Anzahl der besetzten Minutenintervalle und der Individuen ermitteln. Passieren die Fledermäuse das Erfassungssystem nur, so gleichen sich beide Größen. Tritt Erkundungsverhalten oder Jagd (Helgoland) auf und umfliegt beispielsweise eine Fledermaus das Erfassungssystem mehrfach, so werden erheblich mehr besetzte Minutenintervalle in kurzer Zeit aufgezeichnet. Die Anzahl der besetzten Minutenintervalle übersteigt dann die Anzahl der Individuen deutlich.

Für Offshore-Standorte ist eine Ermittlung der Individuenzahl aus Akustikdaten unter bestimmten Voraussetzungen, die für alle Standorte außer Helgoland zutreffen, möglich (vgl. 3.2.6: sehr isolierte Erfassungsstandorten mit zeitlich abgegrenzten Aktivitäten). Die nachfolgende Abbildung 3-38 gibt die Mittelwerte der Individuen und der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle an diesen Untersuchungsstandorten im Frühjahr und im Spätsommer wieder.

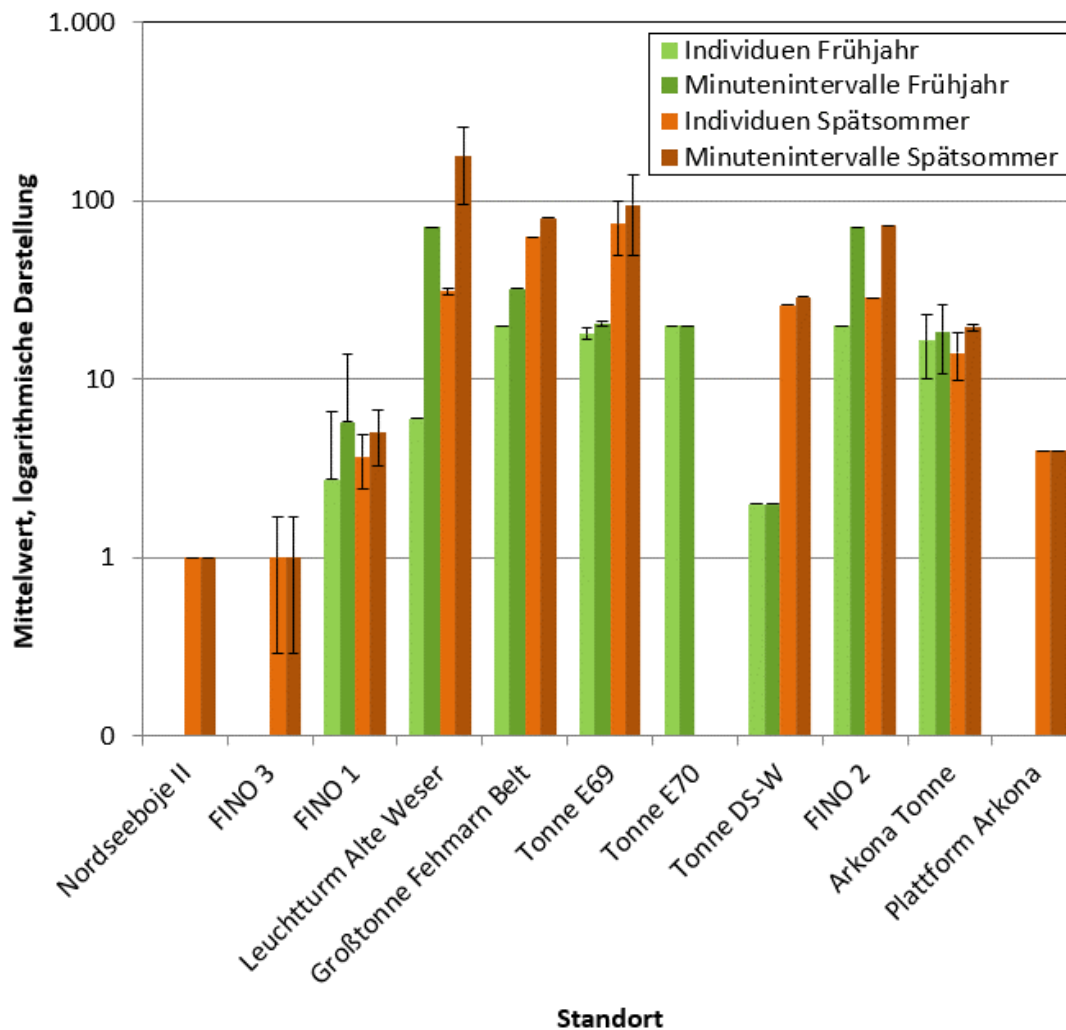


Abbildung 3-38: Mittelwert und Standardabweichung der Individuen und mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle je Untersuchungsstandort während der Frühjahrswanderung 2017 und 2018 und Spätsommerwanderung 2016 bis 2018 in logarithmischer Darstellung. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 3, FINO 1, FINO 2), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.

Sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer tritt an Tonnenstandorten (Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E69, Tonne E70, Arkonatonne) nur ein geringer, teilweise auch gar kein Unterschied zwischen der Anzahl der besetzten Minutenintervalle und der Individuenanzahl auf. An den meisten Tonnenstandorten bilden somit bereits die besetzten Minutenintervalle die Individuenzahlen nahezu ab, wobei im Spätsommer der Unterschied in der Regel etwas größer ist als im Frühjahr (dann 1,1-fach bis 1,4-fach höher). Die Großtonne Fehmarn Belt bildet insofern eine Ausnahme, als dass hier im Frühjahr die Anzahl der besetzten Minutenintervalle um die Hälfte höher ist als die Individuenanzahl ($n=20$ Individuen, $n=32$ besetzte Minutenintervalle). An den Plattformen (FINO 1, FINO 2) und am Leuchtturm Alte Weser unterscheiden sich die Anzahlen dagegen während beiden Wanderperioden deutlich. Hier ist die Anzahl der besetzten Minutenintervalle deutlich höher als die aus den Aktivitätsdaten ermittelte Anzahl der Individuen. Im Frühjahr sind die Unterschiede zwischen Individuenanzahl

und besetzten Minutenintervallen erheblich höher als im Spätsommer (FINO 1 im Frühjahr 2,1-fach, im Spätsommer 1,4-fach; Leuchtturm Alte Weser im Frühjahr <11,8-fach, im Spätsommer 5,7-fach; FINO 2 im Frühjahr 3,6-fach, im Spätsommer 2,6-fach). Für die Standorte Nordseeboje II und FINO 3 kann diese Betrachtung aufgrund der sehr geringen Aktivitäten von 1-2 Minutenintervallen, die auf 1-2 Individuen schließen lassen, nicht sinnvoll erfolgen (vgl. unten).

Beim unmittelbaren Vergleich der zu entsprechenden Standorttypen zusammengefassten Standorte (Standorte vom Typ „Struktur“: FINO 1, Leuchtturm Alte Weser, FINO 2, Plattform Arkona; Standorte vom Typ „Tonne“: Nordseeboje II, Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E69, Tonne E70, Tonne DS-W, Arkonatonne) wird das Ergebnis entsprechend deutlich. Aufgrund der geringen Aktivität wurde der Standort FINO 3 hier nicht einbezogen. In Abbildung 3-39 ist die Anzahl der besetzten Minutenintervalle pro Individuum an den verschiedenen Standorttypen im Frühjahr und Spätsommer dargestellt. An den dem Standorttyp „Struktur“ zugeordneten Untersuchungsstandorten ist die Anzahl der besetzten Minutenintervalle pro Individuum sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer höher als an den untersuchten Tonnenstandorten. Ein Kruskal-Wallis-Test (tie-korrigiert) zeigt, dass die Nullhypothese, dass kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des genannten Quotienten zwischen den Gruppen „Struktur Frühjahr“, „Struktur Spätsommer“, „Tonne Frühjahr“ und „Tonne Spätsommer“ besteht, auf signifikantem Niveau abgelehnt werden kann ($p=0,019$). Nachfolgend durchgeführte multiple Dunn-Vergleiche (Bonferroni-Horn-korrigiert; Nullhypothese: kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen) sind für den Gruppenvergleich zwischen „Struktur Frühjahr“ und „Tonne Frühjahr“ signifikant ($p=0,04$).

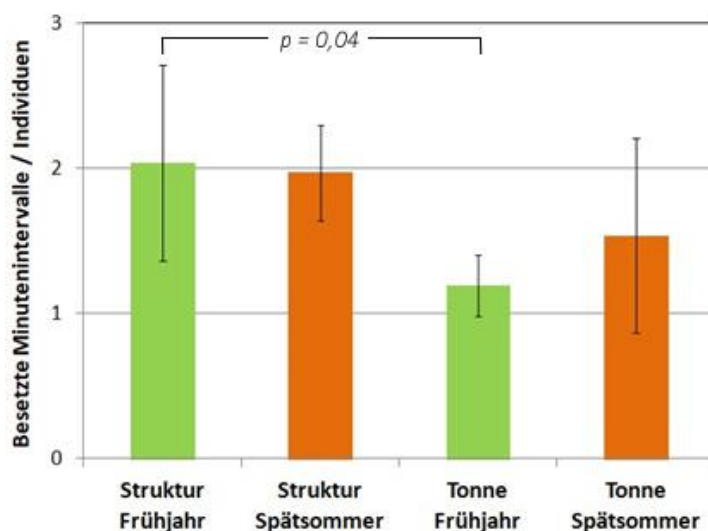


Abbildung 3-39: Mittelwert und Standardabweichung der Quotienten zwischen den mit Fledermäusen besetzten Minutenintervallen und Individuenzahlen an den Untersuchungsstandorten vom Typ „Struktur“ (FINO 1, Leuchtturm Alte Weser, FINO 2, Plattform Arkona) und vom Typ „Tonne“ (Nordseeboje II, Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E69, Tonne E70, Tonne DS-W, Arkonatonne) getrennt nach Frühjahr und Spätsommer. Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,05$) ist der Signifikanzwert der multiplen Dunn-Vergleiche (Bonferroni-Horn-korrigiert) angegeben und durch eine Klammer über den relevanten Gruppen zugeordnet.

Geographische Faktoren

Wie im vorgehenden Abschnitt beschrieben kann ein Vergleich zwischen den unterschiedlichen Standorten aufgrund der standortspezifischen Faktoren (Standortgeometrie, Standortreichtum u.a.) nur auf Individuenbasis erfolgen. Die Aktivitätsdaten sollen dennoch vorab im Folgenden beschrieben werden, da sie einen Einblick in die Datenstruktur geben.

Die Gesamtaktivitäten an den fünf Untersuchungsstandorten in der Nordsee übersteigen jene in der Ostsee um ein Vielfaches. Während im Nordseebereich insgesamt 2.785 besetzte Minutenintervalle (78,19 % der Gesamtaktivität) aufgezeichnet wurden, wurden im Ostseebereich insgesamt 777 besetzte Minutenintervalle registriert (21,81 % der Gesamtaktivität). Dabei wird im Nordseebereich an zwei Standorten eine sehr hohe Aktivität gemessen (Helgoland: 82,44 % und Leuchtturm Alte Weser: 15,26 % der im Nordseebereich ermittelten Minutenintervalle). An den anderen drei Standorten (Nordseeboje II, FINO 3, FINO 1) wurden dagegen insgesamt nur 2,34 % der im Nordseebereich ermittelten Aktivität nachgewiesen (siehe Tabelle 3-7).

Auch bei einer Mittelung der Aktivitäten zeigt sich der beschriebene Effekt im Grundsatz: Während die mittlere Anzahl der besetzten Minutenintervalle für die Nordseestandorte im Frühjahr 28 und im Spätsommer 125 beträgt, liegt sie an den Ostseestandorten im Frühjahr bei 25 und im Spätsommer bei 52. Eine Einbeziehung der auf Helgoland ermittelten Aktivitäten in den Vergleich ist jedoch problematisch, da der Standort als Insel einen Sonderstatus innehat (vgl. auch 3.2.6). Die Nordseeinsel Helgoland bietet als vergleichsweise große Struktur mit Übertagungsmöglichkeiten und Jagdgebieten eine gewisse Aufenthaltsqualität und könnte als Stopover-Habitat genutzt werden. Deshalb ist ein Vergleich dieses Standorts mit den anderen Erfassungsstandorten zum genannten Zwecke nicht zielführend.

Ohne Helgoland zeigt sich beim Vergleich der mittleren Anzahl besetzter Minutenintervalle für die Meere ein anderes Bild: Im Frühjahr beträgt die mittlere Aktivität im Nordseebereich etwa 17, in der Ostsee 25. Im Spätsommer liegen die mittleren mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle bei 41 (Nordsee) und 52 (Ostsee). Sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer ist die mittlere Aktivität in der Ostsee etwas höher als in der Nordsee, wobei der Unterschied zwischen Frühjahr und Spätsommer jeweils größer ist als der Unterschied zwischen den Meeren.

Einen ersten Anhaltspunkt, ob ein geographisches Muster im Bereich der Nordsee auftritt, kann ein Vergleich der auftretenden Individuenzahlen abhängig von der Entfernung zum Festland geben. Die nachfolgende Abbildung 3-40 zeigt die mittlere Anzahl migrierender Individuen an den Standorten Leuchtturm Alte Weser, FINO 1, FINO 3 und Nordseeboje II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Festland. Der dem Festland am nächsten liegende Standort Leuchtturm Alte Weser zeigt die höchste Zahl wandernder Tiere. Am nächstgelegenen Standort (FINO 1) tritt eine deutlich geringere Zahl migrierender Fledermäuse auf. Die weiter entfernt gelegenen Standorten FINO 3 und Nordseeboje II weisen eine nahezu identische Individuenzahl auf. Es fällt auf, dass am Leuchtturm Alte Weser ein erheblicher Unterschied zwischen der Anzahl der im Frühjahr und der Anzahl der im Spätsommer aus Aktivitätsdaten ermittelten Individuenzahlen besteht, während sich die Individuenzahlen an den Standorten FINO 1 und FINO 3 jeweils ähneln (Abbildung 3-40).

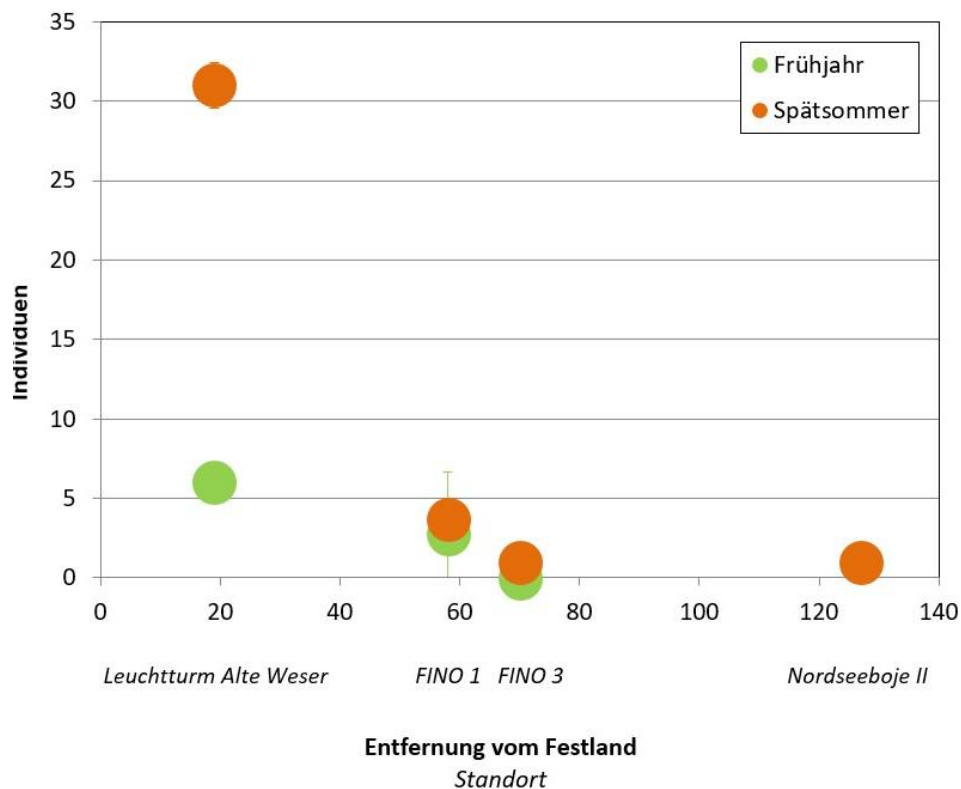


Abbildung 3-40: Mittelwert und Standardabweichung der aus akustischen Daten ermittelten Anzahl an Individuen während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung je Nordseestandort in Abhängigkeit von der Entfernung des Erfassungsstandorts vom Festland. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofonen (Standorte FINO 1 und FINO 3), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.

Im Bereich der Ostsee bietet sich aufgrund der Geografie des Meeres ein Vergleich der Standorte hinsichtlich ihrer Entfernung vom Festland nicht an. Ein erster Hinweis könnte sich hier durch einen Vergleich auf Basis der geographischen Lage ergeben. Die nachfolgende Abbildung 3-41 zeigt die mittlere Individuenzahl an den Ostseestandorten während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung. Die Standorte sind von West (links) nach Ost (rechts) angeordnet.

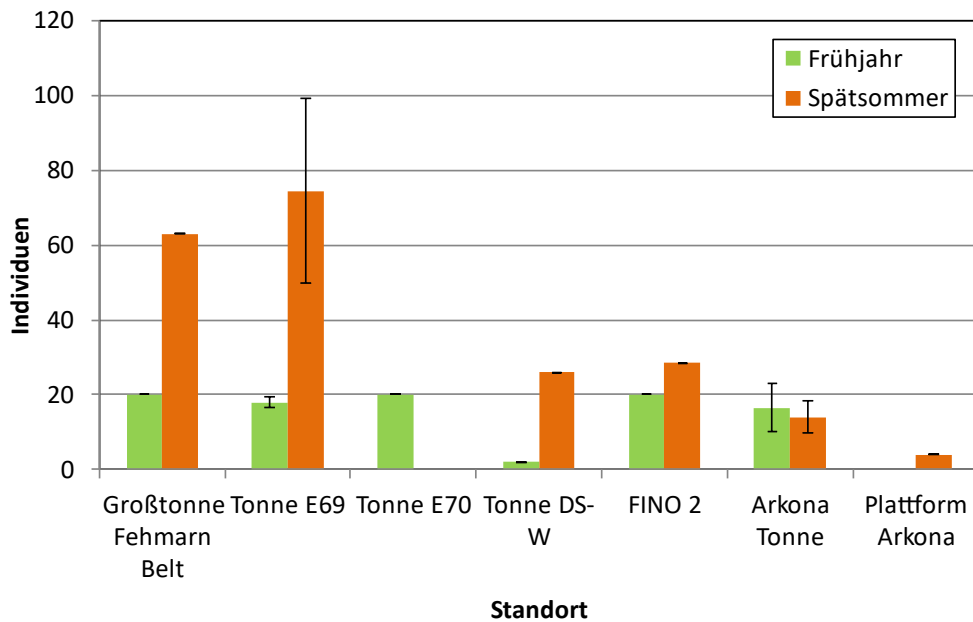


Abbildung 3-41 Mittelwert und Standardabweichung der aus akustischen Daten ermittelten Anzahl an Individuen während der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung je Ostseestandort von West nach Ost. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahrswanderung) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommerwanderung) eine vollständige Erfassung vorlag. Erfolgte die Erfassung mittels zwei Mikrofönen (Standort FINO 2), flossen deren Erfassungen in die Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung ein.

Im Frühjahr tritt an allen Standorten außer an der Tonne DS-W eine ähnlich hohe Individuenzahl auf. Im Spätsommer ist die mittlere Individuenzahl an den Standorten Großtonne Fehmarn Belt und Tonne E69 erheblich höher als an den anderen Standorten und auch um ein Vielfaches höher als im Frühjahr. An der Plattform Arkona, für die nur Daten aus einer Spätsommerwanderungsperiode vorliegen, ist die aus den akustischen Daten ermittelte Individuenzahl dagegen deutlich geringer als an den anderen Standorten.

3.3.4 Einfluss von Windgeschwindigkeit und Windrichtung

Im folgenden Kapitel soll am Beispiel des Standorts Tonne E69 der Einfluss dieses Wetterfaktors beleuchtet werden.

Die Abbildung 3-42 zeigt die Anzahl der besetzten Minutenintervalle in Abhängigkeit von der mittleren Windgeschwindigkeit der Nacht für die Untersuchungsjahre 2016 bis 2018 mit Darstellung der Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten.

Es wird deutlich, dass Fledermausnachweise schwerpunktmäßig dann auftreten, wenn Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 5 m/sec vorherrschen. Gleichzeitig treten diese Windgeschwindigkeiten besonders häufig auf (Abbildung 3-42).

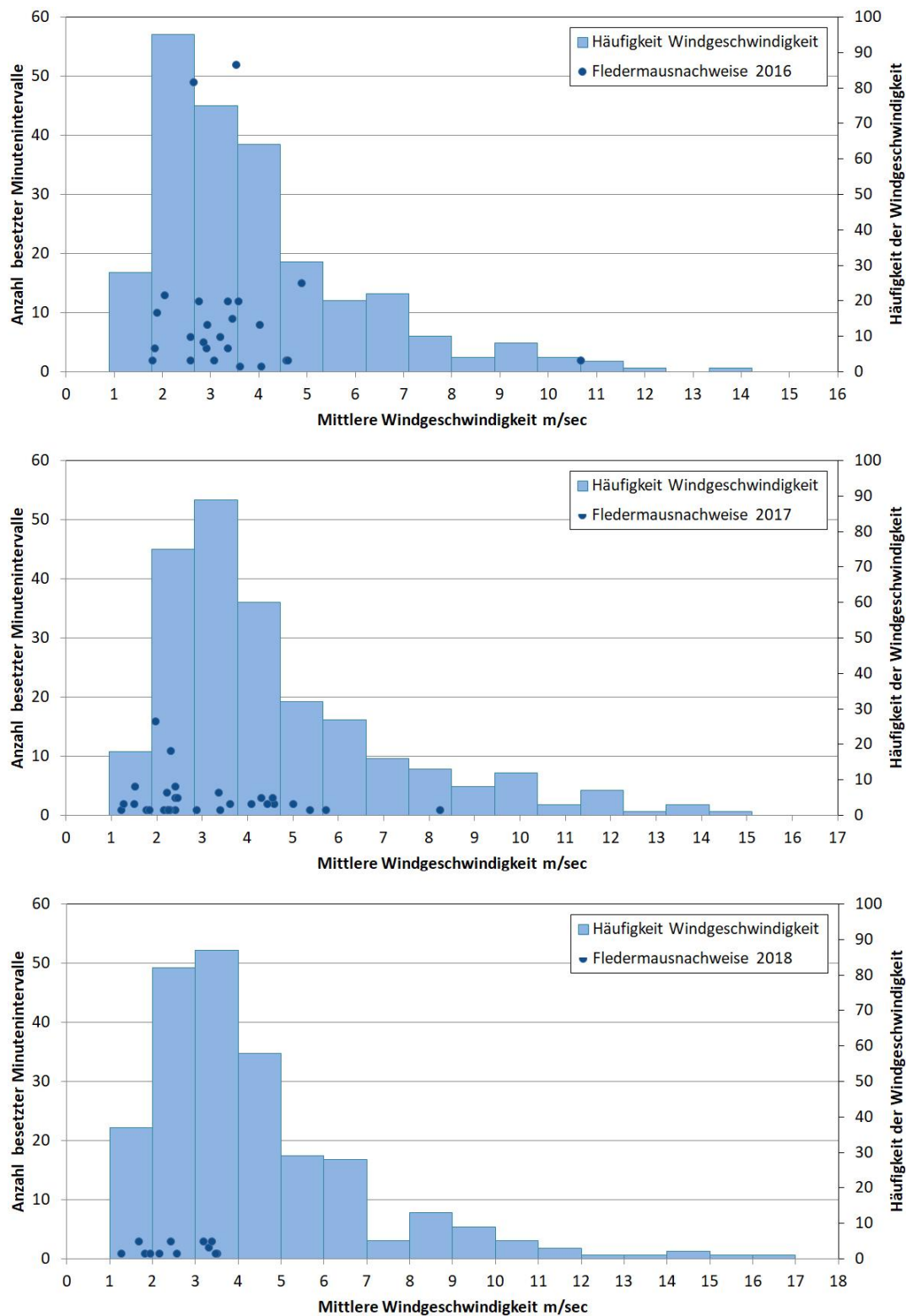


Abbildung 3-42: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle in Abhängigkeit von der mittleren Windgeschwindigkeit der Nacht im Jahr 2016 (oben; nur Erfassung im Spätsommer; n=126), 2017 (Mitte, n=84) und 2018 (unten; nur Erfassung im Frühjahr; n=20) auf der Tonne E69, Ostsee, dargestellt als Punkte. Die Säulen geben die Häufigkeit der nächtlichen Windgeschwindigkeit in Prozent an.

Die Tabelle 3-9 gibt ergänzend die relative Summenhäufigkeit der Anzahl der besetzten Minutenintervalle in Abhängigkeit von einer maximalen Windgeschwindigkeit an. Beispielhaft markiert sind die Zellen, bei denen 90 % der in einem Jahr nachgewiesenen Fledermausaktivität erreicht sind. Im Jahr 2016 war dies bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/sec, in den anderen Untersuchungsjahren bereits bei einer Windgeschwindigkeit von 4 m/sec der Fall. Der Abgleich mit der Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten zeigt, dass eine bestimmte relative Summenhäufigkeit der Fledermausaktivität bei geringeren Windgeschwindigkeiten erreicht wird als die relative Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit und dass somit Schwachwindnächte bevorzugt werden (vgl. Tabelle 3-9).

Tabelle 3-9: Relative Summenhäufigkeit der Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle je mittlerer Windgeschwindigkeit der Nacht auf der Tonne E69, Ostsee, und relative Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeiten (Die Zellen, bei denen 90 % der in einem Jahr nachgewiesenen Fledermausaktivitäten erreicht werden, sind grau hinterlegt.).

≤ Windgeschwindigkeit in m/sec	Relative Summenhäufigkeit der besetzten Minutenintervalle				Relative Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit (Mittelwert)
	2016 n=126	2017 n=84	2018 n=21	Mittelwert	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	5,56	71,43	28,57	35,19	7,60
3	45,24	79,76	52,38	59,13	30,65
4	88,10	96,43	100,00	94,84	53,62
5	99,21	98,81	100,00	99,34	70,27
6	99,21	98,81	100,00	99,34	78,69
7	99,21	98,81	100,00	99,34	85,55
8	99,21	100,00	100,00	99,74	89,48
9	99,21	100,00	100,00	99,74	92,77
10	100,00	100,00	100,00	100,00	94,70

Die nachfolgende Abbildung 3-43 zeigt die Fledermausaktivität an der Tonne E69 in Abhängigkeit von der mittleren Windrichtung zwei Stunden nach Sonnenuntergang. Die meisten Fledermausnachweise treten bei südlichen bis östlichen Windrichtungen, im Frühjahr 2017 auch bei nordwestlicher Windrichtung auf. Hierzu ist zu beachten, dass die Windrichtung insbesondere bei eher niedrigen Windgeschwindigkeiten (also den Windgeschwindigkeiten, bei denen offenbar Fledermauswanderung größtenteils auftritt), innerhalb des weiteren Nachtverlaufs oftmals stark variiert (eigene Beobachtung).

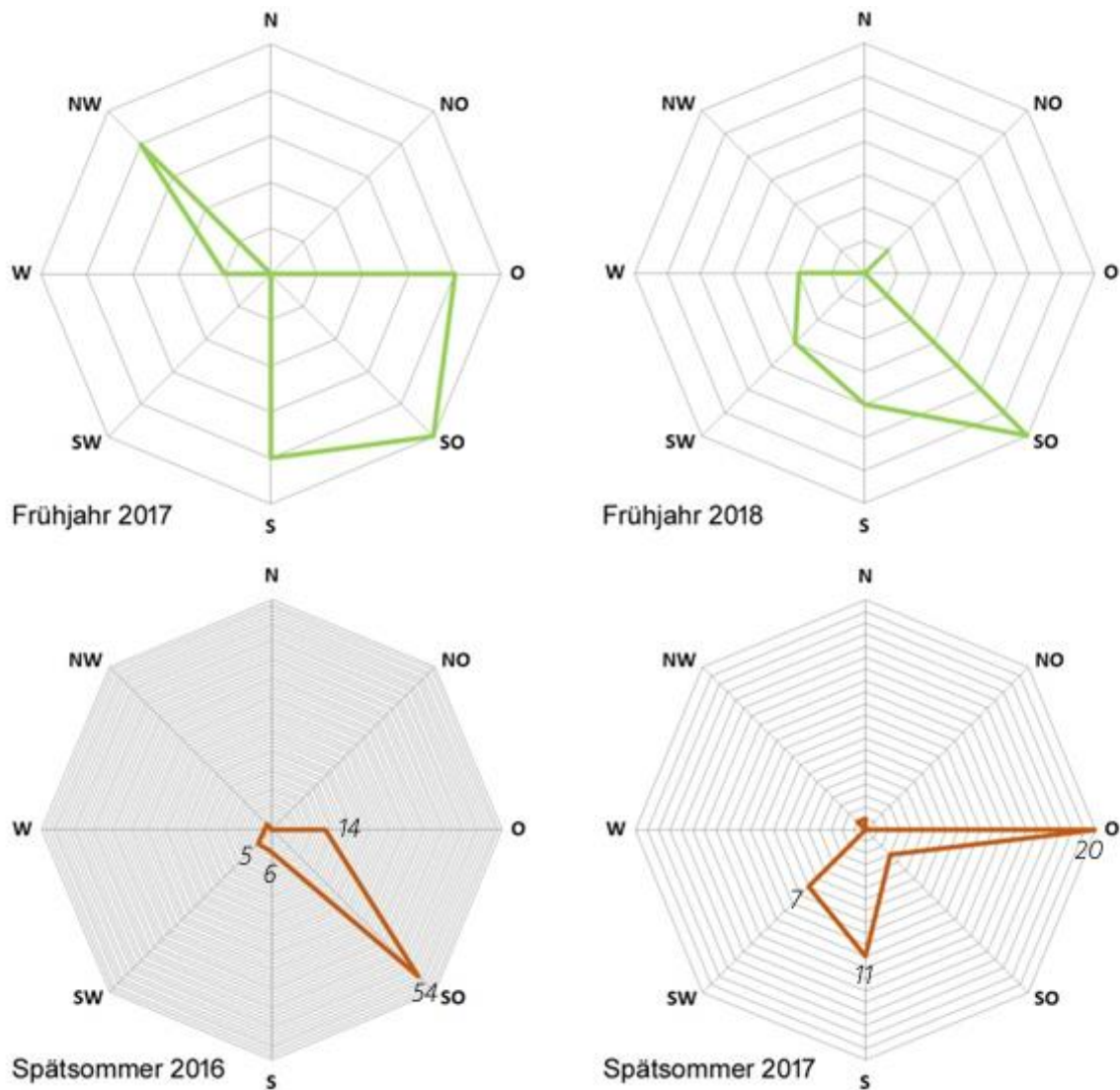


Abbildung 3-43: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle in Abhängigkeit von der mittleren Windrichtung in den ersten beiden Nachtstunden im Frühjahr 2017 (n=21), Frühjahr 2018 (n=20), Spätsommer 2016 (n=126) und Spätsommer 2017 (n=63) an der Tonne E69, Ostsee. Ein Achsstrich entspricht einem besetzten Minutenintervall. In den Darstellungen für den Spätsommer wurden die wichtigsten Daten beschriftet.

3.3.5 Großwetterlagen

Nachfolgend soll die Zuordnung ausgewählter Fledermaus-Erfassungsergebnisse auf der Ebene der jeweils herrschenden Großwetterlagen (z.B. WERNER & GERSTENGARBE 2010) erfolgen.

Exkurs Großwetterlagen

Die Großwetterlagen stellen für Mitteleuropa typische Wettersituationen dar, aus deren Abfolge der Witterungsverlauf eines Jahres besteht. Großwetterlagen sind durch – für sie jeweils typische – großräumige Luftdruckverteilungen gekennzeichnet, aus denen sich dann auch entsprechende Strömungsmuster der Luftmassen in Bodennähe sowie auch in höheren

Luftschichten ergeben. Neben der durch die Großwetterlagen bestimmten Luftdruckverteilung wird das eigentliche Wetter aber auch durch die jeweilige Zirkulation der Luftmassen und deren Eigenschaften mit beeinflusst. An einzelnen Orten kann das Wetter damit unter Umständen auch während einer anhaltenden Großwetterlage wechseln, der allgemeine Witterungscharakter der herrschenden Großwetterlage bleibt dabei jedoch erhalten. Dies bedeutet, dass auch sehr wechselhaft auftretendes Wetter charakteristisch für bestimmte Großwetterlagen sein kann und diese auch bei längerem Anhalten nicht zwangsläufig zu kleinräumig „statischem“ Wetter führen müssen. Da die Großwetterlagen nicht nur großräumig die Witterungssituation im gesamten Betrachtungsraum für einen jeweiligen Termin beschreiben, sondern meist auch über mehr oder weniger lange Zeiträume bestehen bleiben, kann dieses Betrachtungsniveau mögliche erste witterungsbedingte Zusammenhänge aufdecken.

Insgesamt unterscheidet die Meteorologie 29 unterschiedliche Großwetterlagen (plus U = unbestimmt). In der folgenden Abbildung 3-44 ist die allgemeine Verteilungshäufigkeit der Großwetterlagen dargestellt.

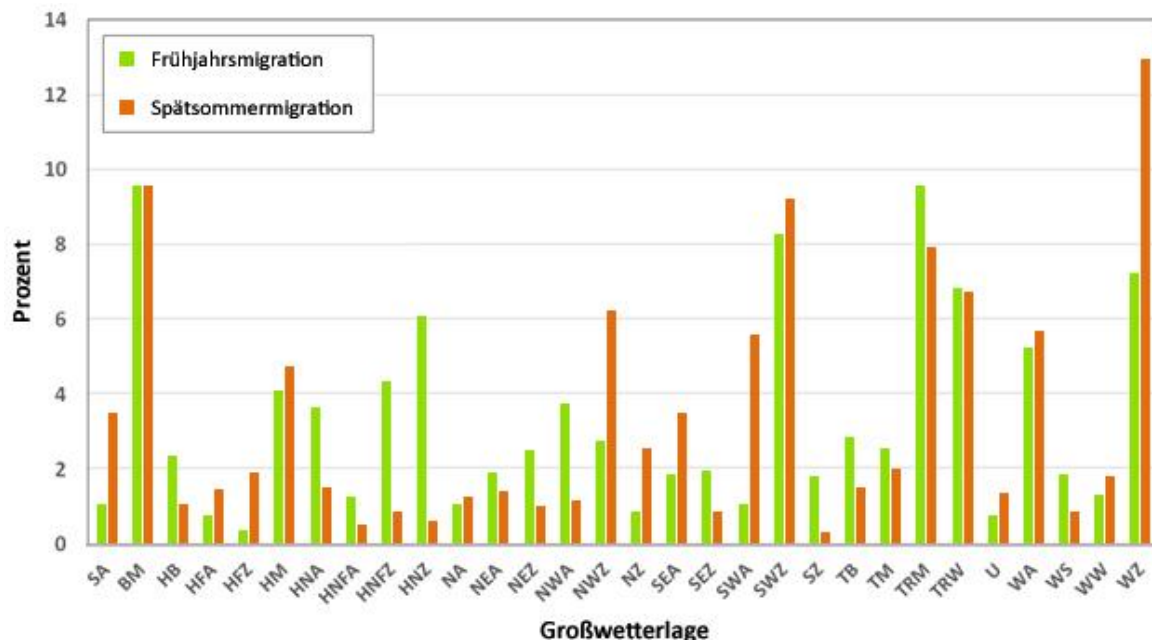


Abbildung 3-44: Häufigkeitsverteilung der Mitteleuropäischen Großwetterlagen im 10-Jahreszeitraum 2006 bis 2016 für den Zeitraum der Frühjahrs- und Spätsommerwanderung (Daten: DWD).

Die Abbildung 3-44 zeigt, dass in Mitteleuropa Südwestwindlagen (SWA und SWZ), Trogwetterlagen (TRM und TRW) sowie Hochdruck(brücken)-wetterlagen (BM und HM) überwiegen. Häufig tritt zudem gerade im Herbst die zyklonale Westlage (WZ) auf, welche verkürzt dargestellt, stürmisches, regenreiches Wetter in Norddeutschland bedeutet.

Im Folgenden werden die für die Analyse der Fledermaus-Wanderungsmuster relevanten Großwetterlagen in verkürzter Form dargestellt. Dabei steht eine zyklonale Großwetterlage unter dem Einfluss eines Tiefdruckgebietes, während eine antizyklonale Großwetterlage unter Hochdruckeinfluss steht. Es kommt dabei auf die Lage des Hochdruck- bzw. Tiefdruckgebietes an, wie das Wetter vor Ort ist, aber grundsätzlich ist eine antizyklonale Wetterlage

trockener und windärmer. Daneben gibt es sog. Trogwetterlagen bei denen ein Tiefdruckgebiet über West- und Südeuropa einem Hochdruckgebiet in Ost- und Mitteleuropa gegenübersteht.

- *WA (= Westlage antizyklonal) bedeutet höhere Temperaturen, geringere Windgeschwindigkeiten und unterdurchschnittlicher Niederschlag gegenüber dem langjährigen Mittel. Der Wind weht in der Nordsee von Südwest nach Nordost, in der Ostsee von West nach Ost. Allerdings bedeutet diese Wetterlage auch, dass Westeuropa (also eher die Nordsee) auch unter den Einfluss des angrenzenden Tiefdruckeinfluss geraten kann.*
- *HM (= Hoch Mitteleuropa): Hier liegt ein ausgedehntes Hochdruckgebiet über Mitteleuropa, was bedeutet, dass es überdurchschnittlich warm ist, weniger Niederschlag fällt und auch die Windgeschwindigkeit geringer ist als im langjährigen Mittel. Der Wind weht in der Nordsee von Südwest nach Nordost, in der Ostsee von West nach Ost. (Verwandte Wetterlage BM = Hochdruckbrücke Mitteleuropa)*

Diese sind theoretisch für ein Wanderungsereignis die günstigsten Großwetterlagen, da sie stabil sind, wenig Niederschlag, geringere Windgeschwindigkeiten und höhere Temperaturen bedeuten. Zudem sind sie für eine angenommene Wanderrichtung - von Ost nach West in der Ostsee und Nordost nach Südwest in der Nordsee – besonders günstig, da sie keinen Seitenwind bedeuten.

Folgende Großwetterlagen sind in unseren untenstehenden Beispielen auch aufgetreten, sind aber für Wanderereignisse theoretisch nicht so günstig.

- *SA (= Südlage antizyklonal): Bei einer solchen Wetterlage steht ein ausgedehntes Hochdruckgebiet über Mitteleuropa (ähnlich wie bei der oben beschriebenen Trogwetterlage) einem Tiefdruckgebiet über dem Atlantik und Nordeuropa gegenüber. Der Wind weht in der Regel von Süden nach Norden, in der Nordsee auch aus SSW nach NNO, die Temperaturen sind überdurchschnittlich hoch, der Niederschlag unterdurchschnittlich.*
- *SWA & SWZ (= Südwestlage antizyklonal bzw. zyklonal): Bei einer Südwestlage zieht sich ein Tiefdruckgebiet von den Azoren über Großbritannien nach Skandinavien, während von Russland über Mitteleuropa nach Süd(ost)europa ein Hochdruckgebiet liegt. Bei diesen Großwetterlagen herrschen überwiegend lebhaft bis stürmische Südwestwinde, was für die Fledermauswanderung ungünstig sein dürfte. Bei einer antizyklonalen Südwestlage strömen feuchte und milde Luftmassen nach Mitteleuropa, was vor allem im Herbst über weite Bereiche in Norddeutschland Nebel bedeutet. Bei einer zyklonalen Südwestlage im Herbst/Winter ziehen immer wieder Tiefausläufer über Nordwestdeutschland, was Regen und tiefere Temperaturen bedeutet.*

Allen diesen Großwetterlagen ist gemeinsam, dass sich Norddeutschland unter Hochdruckeinfluss befindet, mit einer Einschränkung bei SWZ.

Nachfolgend soll skizziert werden, wie sich die Aktivitäten der am häufigsten angetroffenen Fledermausart, der Rauhaufledermaus, an den ausgewählten Standorten FINO 1 in der Nordsee und Tonne E69 in der Ostsee auf die Großwetterlagen verteilen. Zur Betrachtung wurde der Spätsommer 2016 ausgewählt, weil hier die Stichprobengröße besonders hoch war.

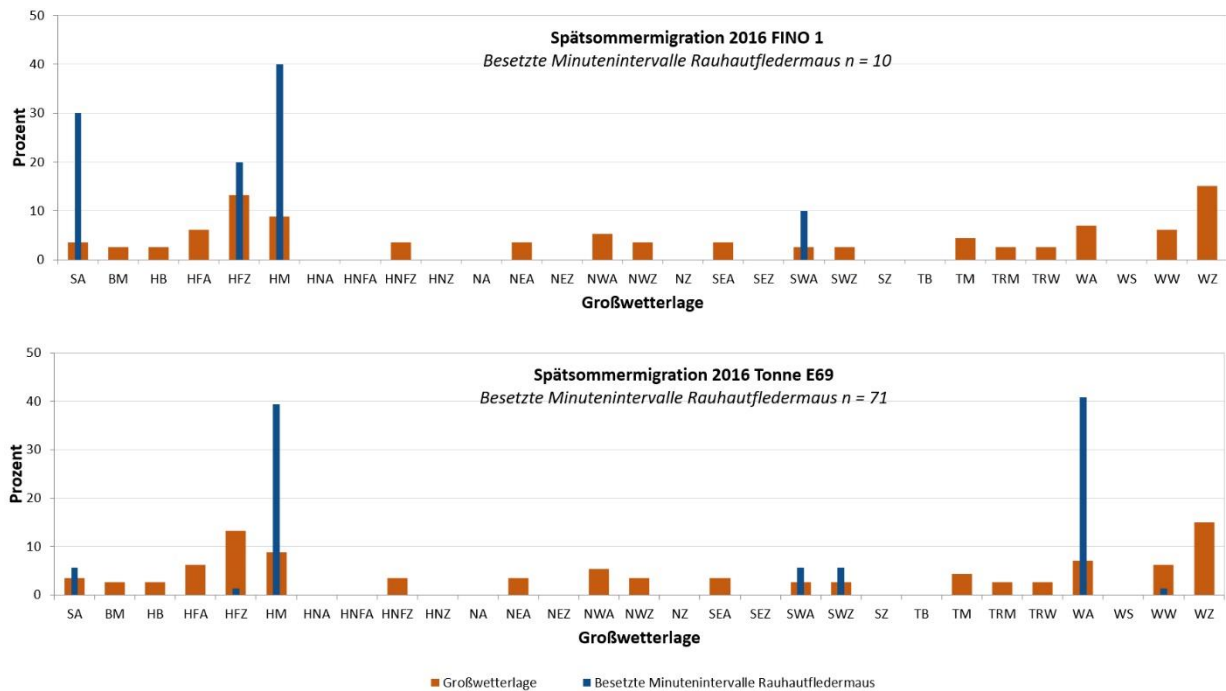


Abbildung 3-45: Prozentualer Anteil der mit Rauhautfledermäusen besetzten Minutenintervalle auf die während der Spätsommernwanderung 2016 vorgekommenen Großwetterlagen am Standort FINO 1 (oben, n=10) und Tonne E69 (unten, n=71). Der Anteil der besetzten Minutenintervalle ist als blaue Säule, der Anteil der jeweiligen Großwetterlagen als orangene Säule angegeben.

Aus Abbildung 3-45 geht hervor, dass die Mehrzahl der Rauhautfledermäuse sowohl über der Ostsee als auch über der Nordsee bei einem stabilen Hochdruckgebiet über Mitteleuropa (HM), daneben über der Nordsee auch bei Südlage (SA) migrierten. Auf der Ostsee zeigte sich auch ein deutlicher Schwerpunkt bei Westlage (WA).

In der folgenden Abbildung 3-46 ist das an der Tonne E69 aufgezeichnete Massenwanderereignis vom 31.08. bis 08.09.2016 in Bezug zu den Großwetterlagen aufgetragen. Hier werden alle Fledermausarten (Großer Abendsegler, Breitflügelfledermaus, Zweifarbfledermaus, unbestimmte Nyctaloide, Rauhautfledermaus, Mückenfledermaus) gemeinsam dargestellt.

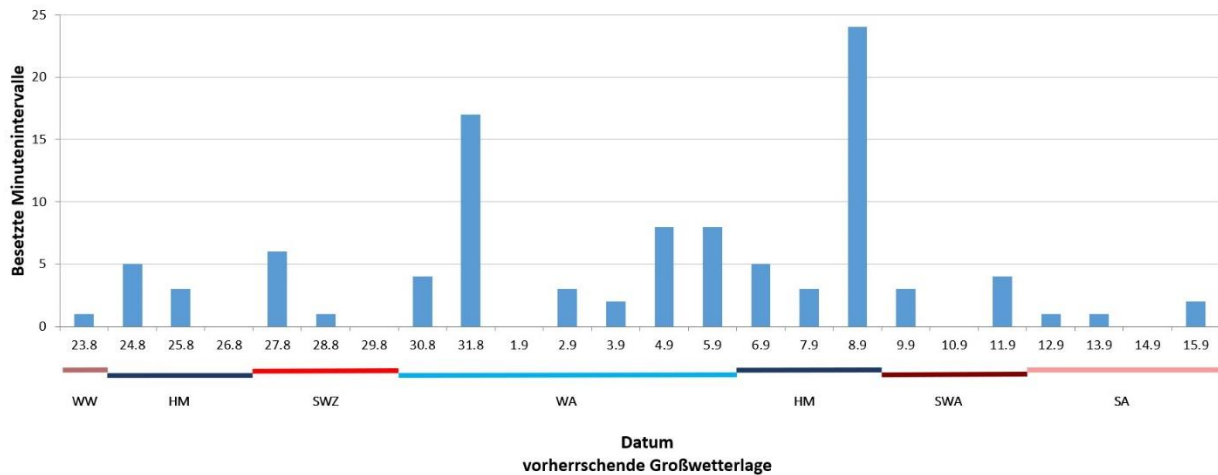


Abbildung 3-46: Anzahl der mit Fledermäusen besetzten Minutenintervalle an der Tonne E69 fünf Nächte vor bis fünf Nächte nach dem Massenwanderereignis vom 31.08. bis 08.09.2016 (N=101) und vorherrschende Großwetterlagen. Eher günstige Großwetterlagen sind in Blautönen und eher ungünstige Großwetterlagen in Rottönen dargestellt (vgl. Exkurs zu den Großwetterlagen).

In der in Abbildung 3-46 dargestellten Periode der Spätsommerwanderung kam es zu zwei größeren Aktivitätsspitzen: in der Nacht vom 31.08. auf den 01.09.2016 und vom 08.09. auf den 09.09.2016. Beide Nächte fielen in eine relativ lange Periode günstiger Großwetterlagen. Am 30.08. stellte sich das Wetter von SWZ auf WA um, also von einer relativ instabilen auf eine stabile Großwetterlage. Der zweite Peak fiel auf eine Nacht kurz bevor sich das Wetter zu einer relativ ungünstigen Wetterlage umstellte, die eine Änderung der Windrichtung mit sich brachte. Allerdings herrschte schon vor diesen Aktivitätsspitzen eine Periode mit günstigen Bedingungen (24.08 bis 27.08.2016) vor. Hier fand jedoch nur in geringerem Ausmaß Wanderung statt.

3.4 Diskussion

Hier werden im Wesentlichen die in der Einleitung aufgestellten Hypothesen diskutiert. Diese basieren auf von der Geographie des Betrachtungsraums abgeleiteten Überlegungen und wurden deshalb getrennt für die Ostsee und Nordsee dargestellt. Im Folgenden wird die Diskussion nach thematischen Schwerpunkten und in der inhaltlich erforderlichen Reihenfolge strukturiert, sodass die Hypothesen nicht immer chronologisch diskutiert werden.

3.4.1 Fledermauswanderung über Nord- und Ostsee

Hypothese 1: Über der deutschen Ostsee tritt regelmäßig Fledermauswanderung auf.

Hypothese 3: Über der deutschen Nordsee tritt regelmäßig Fledermauswanderung auf.

An allen beprobten Standorten in der Nord- und Ostsee wurde regelmäßig Fledermausaktivität nachgewiesen. Mehr als 98 % der Gesamtaktivität entfällt auf die Wandersperioden und nur knapp 2 % der Aktivität wurde im Sommer gemessen, was zeigt, dass der deutsche Offshore-Raum überwiegend zur Wanderung genutzt wird. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen im Nord- und Ostseeraum (SKIBA 2007, AHLÉN et al. 2009,

BACH et al. 2009, HÜPPOP 2009, MEYER 2011, SKIBA 2011, SEEBENS et al. 2013, LAGERVELD et al. 2014a, RYDELL et al. 2014, LAGERVELD et al. 2015, HÜPPOP & HILL 2016, u.a.). Die Hypothesen, dass sowohl über der deutschen Ostsee als auch über der deutschen Nordsee regelmäßig Fledermauswanderung nachgewiesen wird, haben sich somit bestätigt.

3.4.2 Artenzusammensetzung

Ein Großteil der Aktivitäten im Nord- und Ostseebereich entfällt auf die Rauhautfledermaus. Als Fernwanderer überwinden Rauhautfledermäuse regelmäßig Distanzen von bis zu 2.000 km zwischen den Sommer- und Winterlebensräumen (STEFFENS et al. 2004, HUTTERER et al. 2005, ALCALDE et al. 2020). Die Art ist auch in anderen Offshore-Untersuchungen in Nord- und Ostsee die häufigste nachgewiesene Art (SKIBA 2007, BACH et al. 2009, HÜPPOP 2009, MEYER 2011, SKIBA 2011, SEEBENS et al. 2013, LAGERVELD et al. 2014a, RYDELL et al. 2014, LAGERVELD et al. 2015, HÜPPOP & HILL 2016 u.a.). Nur AHLÉN et al. (2007, 2009) finden im Kalmarsund und Øresund Abendsegler und Mückenfledermaus in höheren Aktivitäten als Wasser-, Breitflügel- und Nordfledermaus und in ähnlich hohen Aktivitäten wie die Rauhautfledermaus.

Im Ostseeraum kommen mit dem Abendsegler, der Zwergfledermaus und der Mückenfledermaus weitere Arten mit – im Vergleich zur Nordsee – höheren Aktivitätsanteilen von je 5-6 % vor (siehe Tabelle 3-6). Auch in anderen Ostseeuntersuchungen werden diese Arten in höheren Anteilen festgestellt (AHLÉN et al. 2007, 2009, MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013, WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015). Die Anteile unterscheiden sich jedoch deutlich zwischen den Untersuchungen (AHLÉN et al. 2007, 2009, MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013, WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015) und auch innerhalb einer Untersuchung zwischen verschiedenen Untersuchungsstandorten (AHLÉN et al. 2007, 2009), die teilweise auch von verschiedenen Standorttypen aus untersucht wurden (MEYER 2011). Auch an den im Rahmen der vorliegenden Untersuchung im Ostseebereich untersuchten Standorten variierten die Artenanteile an den Gesamtaktivitäten stark: Die Zwergfledermaus kommt zwar an vier der sieben beprobten Standorte vor (vgl. Tabelle 9-3), erreicht jedoch nur am Untersuchungsstandort FINO 2 mit über 15 % der Gesamtaktivität ein höheres Ausmaß. Dieses geht mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein einziges, an der Plattform umherfliegendes Tier zurück, da die insgesamt 45 mit dieser Art besetzten Minutenintervalle in kurzer Abfolge hintereinander registriert wurden (vgl. hierzu Ausführungen in Kapitel 3.2.6 zu Individuenzahlen: Seite 66 folgende). Insofern stehen die Nachweise im Einklang mit anderen Untersuchungen im Ostseebereich: Auch AHLÉN et al. (2007, 2009), MEYER (2011), SEEBENS et al. (2013), WAWRA (2016) und WAWRA et al. (2015) finden offshore geringe Aktivitäten von Zwergfledermäusen, während die Art auf der Greifswalder Oie nach der Rauhautfledermaus die zweithäufigste Art ist (SEEBENS et al. 2013). Hier könnte die höhere Häufigkeit jedoch auch auf küstennahe Wanderung zurückzuführen sein (vgl. auch CIECHANOWSKI et al. 2016). Insgesamt kommt die Art auf der Ostsee zwar regelmäßig offshore vor, scheint hier jedoch nicht in größerem Ausmaß zu migrieren.

Ostsee

Innerhalb dieser Untersuchung wurde die Mückenfledermaus an fast allen Ostsee-Standorten erfasst, wobei nur an den Standorten Großtonne Fehmarn Belt und Tonne E69 zweifelhafte Anzahlen an besetzten Minutenintervallen registriert wurden. Diese repräsentieren klar unterschiedliche Individuen, da sich die Aktivitäten auf verschiedene Nächte und Jahre verteilen. Die Art scheint ein regelmäßiger Migrant im Ostseeraum zu sein. Mückenfledermäuse

werden im Allgemeinen weniger als wandernde Art wahrgenommen, obgleich Hinweise dazu existieren (BRYA et al. 2009, FURMANKIEWICZ & KUCHARSKA 2009). Im Ostseeraum wurde sie in verschiedenen Untersuchungen regelmäßig nachgewiesen: AHLÉN et al. (2007, 2009) beschreiben sie als auf Gotland und Öland wandernd und konnten sie beim Queren des Kalmar- und Öresund beobachten, MEYER (2011) fand sie im Fehmarn Belt und SEEBENS et al. (2013) weisen sie auf einer Forschungsplattform nahe Rostock und auf der Greifswalder Oie nach.

Der Abendsegler gehört klar zu den Fernwanderern (STEFFENS et al. 2004, HUTTERER et al. 2005), wurde jedoch nur an fünf von sieben Ostseestandorten festgestellt. Sowohl AHLÉN et al. (2007, 2009) als auch SEEBENS et al. (2013) wiesen die Art in höheren Anteilen an der Gesamtaktivität nach (AHLÉN et al. 2007, 2009: in Kalmarsund und Öresund; SEEBENS et al. 2013 auf der Greifswalder Oie). Dagegen liegen die von anderen Autoren angegebenen Aktivitäten im Fehmarn Belt (MEYER 2011), an einer Forschungsplattform bei Rostock (SEEBENS et al. 2013), und auf FINO 2 (WAWRA 2016, WAWRA et al. 2015) in vergleichbarer Größenordnung. Die von AHLÉN et al. (2007, 2009) angegebenen höheren Aktivitätsanteile könnten jedoch auf den erheblich geringeren Anteil der Rauhautfledermaus an der Gesamtaktivität zurückzuführen sein. Die von SEEBENS et al. (2013) nachgewiesenen höheren Aktivitätsanteile könnten mit dem Vorkommen eines Zwischenquartiers des Abendseglers auf der Greifswalder Oie zusammenhängen. Insgesamt kommt der Abendsegler offenbar regelmäßig als wandernde Art im Ostseebereich vor. Ob der eher geringe Anteil an den akustischen Nachweisen tatsächlich auf einen geringeren Anteil an den migrierenden Arten zurückgeht, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Die Art fliegt gerne in größeren Höhen (vgl. u.a. Gebhard & Bogdanowicz 2004), sodass sie sich außerhalb der Erfassungsreichweite der eingesetzten Detektoren bewegen könnte.

Nordsee

Im Nordseeraum ist der Anteil der Rauhautfledermaus an den nachgewiesenen Arten erheblich höher als im Ostseeraum. Auf andere Arten entfallen hier Aktivitätsanteile von jeweils weniger oder gleich zwei Prozent, wobei Kleinabendsegler, Zwergfledermaus und Nordfledermaus den größten Anteil ausmachen.

Die Zwergfledermaus wurde auf der Nordsee auf Helgoland und am Leuchtturm Alte Weser gefunden, wo sie insgesamt weniger als 1% der Aktivität ausmachte. Die Aktivitäten lassen sich nur auf wenige Individuen zurückführen. Grundsätzlich bestätigt sich dieses Bild in anderen Untersuchungen im Bereich der offenen Nordsee: SKIBA (2007) und BOSHAMER & BECKER (2008) berichten von gelegentlichen Funden auf Ölplattformen, HÜPPOP (2009) und SKIBA (2007) finden die Art auf Helgoland, wobei SKIBA (2007) ihren Anteil bei Detektorbegehungen jedoch mit 10 % der Rauhautfledermausnachweise erheblich höher als die anderen Autoren angibt. Dies könnte methodische Gründe haben, da nur SKIBA (2007) manuell erfasst hat. Insgesamt scheint sich jedoch das Bild zu bestätigen, dass die Zwergfledermaus nur in relativ geringem Ausmaß über der Nordsee wandert.

Der Kleinabendsegler, mit einem Anteil von nur rund 2 % an der Nordseeaktivität bereits die zweithäufigste Art im Nordseebereich, wurde an drei der fünf Standorte nachgewiesen (FINO 1, Helgoland, Leuchtturm Alte Weser). Vom Auftreten der als Fernwanderer bekannten Art (STEFFENS et al. 2004, HUTTERER et al. 2005) in eher geringem Ausmaß berichten auch SKIBA (2007) und HÜPPOP & HILL (2016).

Der Abendsegler trat in der Nordsee ebenfalls nur auf Helgoland und auf dem Leuchtturm Alte Weser auf. Die insgesamt 22 besetzten Minutenintervalle (20 auf Helgoland, 2 am Leuchtturm Alte Weser) gehen auf wenige Individuen zurück. Dass der Abendsegler regelmäßig, aber in eher geringen Anteilen im Nordseebereich vorkommt, bestätigen die Untersuchungen von SKIBA (2007) und BOSHAMER & BEKKER (2008) auf Ölplattformen sowie die Nachweise von verschiedenen Autoren auf Helgoland (MOHR 1931, BRÖRING et al. 1993, SKIBA 2007, HÜPPOP 2009, u.a.). Nur SKIBA (2007) findet höhere Anteile auf Helgoland, was wiederum an der Methode der manuellen Erfassung liegen könnte (s.o.).

Mückenfledermäuse wurden im Nordseebereich ausschließlich auf Helgoland registriert. Die insgesamt 19 besetzten Minutenintervalle der Art gehen wahrscheinlich nur auf zwei Individuen zurück: ein übertagendes Tier und ein Weiteres. Auch in anderen Offshore-Untersuchungen fehlt die Art im Nordseebereich, lediglich von den ostfriesischen Inseln liegen einige Nachweise vor (BACH et al. 2009, RYDELL et al. 2014), während sie auf dem niedersächsischen Festland im Spätsommer/Herbst regelmäßig gefunden wird (vgl. www.batmap.de). Dass sie – wie auch in anderen Untersuchungen – in unserer Studie im Ostseebereich regelmäßig, im Nordseebereich kaum nachgewiesen wurde, ist möglicherweise mit der eher östlichen bzw. nordöstlichen Verbreitung zu erklären (BORKENHAGEN 2011, BfN/BMUB 2013).

Die Nordfledermaus, die nur auf Helgoland und ausschließlich zwischen dem 10.06. und 25.07.2017 gefunden wurde, kommt grundsätzlich im skandinavisch-baltischen Raum um die Ostsee herum vor (AHLÉN et al. 2007, DIETZ et al. 2007). Im Gegensatz zu den anderen genannten Arten gilt die Nordfledermaus aber als regional wandernd (HUTTERER et al. 2006) und war damit an den untersuchten Offshore-Standorten nicht zu erwarten. Dass die Art ausschließlich in einem Untersuchungsjahr und dort in einem zusammenhängenden Zeitraum registriert wurde spricht dafür, dass es sich um einen Einzelfall eines Individuums handelt, das sich für einen längeren Zeitraum auf der Insel aufgehalten hat. Möglicherweise wurde das Tier durch Wind auf die Insel verdriftet, vergleichbar den Irrgästen in der Vogelwelt (BERTHOLD 2000).

3.4.3 Verhalten an Offshore-Strukturen

Der Vergleich unterschiedlicher Standorte zur Erkennung geographischer Muster wie Verdichtungsräume erfordert vorhergehende Betrachtungen zur Vergleichbarkeit der gemessenen Aktivitäten. Aus diesem Grund wurden die Ausführungen zum Erkundungsverhalten hier vorangestellt.

Hypothese 7: An größeren Offshore-Strukturen findet Erkundungsverhalten statt. Daraus ergäbe sich schon aufgrund einer längeren Aufenthaltsdauer im Rotorbereich ein höheres Kollisionsrisiko an OWEA.

Der Vergleich der an verschiedenen Untersuchungsstandorten in Nord- und Ostsee erfassten Aktivitäten als besetzte Minutenintervalle mit den aus den akustischen Daten ermittelten Individuenzahlen zeigt, dass an größeren, strukturreichen Standorten größere Unterschiede zwischen der Anzahl der besetzten Minutenintervalle und der Anzahl der Individuen auftreten als an den kleineren, strukturarmen Tonnenstandorten. Im unmittelbaren Vergleich der Standorte vom Typ „Struktur“ mit den Standorten vom Typ „Tonne“ wurde das Ergebnis entsprechend statistisch abgesichert (vgl. Abbildung 3-39). Jedem Individuum sind an diesen strukturreichen Standorten vergleichsweise viele besetzte Minutenintervalle zugeordnet. Nur

an FINO 3 tritt der Effekt aufgrund der insgesamt sehr geringen Aktivitäten nicht auf (1-2 besetzte Minutenintervalle bzw. 1-2 Individuen). Das für die restlichen Standorte vom Typ „Struktur“ vorgefundene Bild erklärt sich durch eine längere Verweildauer eines Individuums an solchen Standorten im Vergleich zu den kleineren, strukturarmen Tonnen. Offenbar werden besonders die größeren Offshore-Strukturen umflogen und erkundet. Die Hypothese, dass an größeren Offshore-Strukturen Erkundungsverhalten stattfindet, kann anhand der bislang ausgewerteten Daten bestätigt werden, denn: Pro Individuum treten mehr besetzte Minutenintervalle an größeren und strukturreichen Offshore-Standorten als an kleinen, eher strukturarmen und unauffälligen Untersuchungsstandorten auf.

Dies steht im Einklang mit akustischen Nachweisen an OWEA, die auf Erkundungsverhalten rückschließen lassen (BRABANT et al. 2019a). Von WEA an Land ist bekannt, dass Fledermäuse um die Anlage fliegen und dabei regelmäßig zu Tode kommen (RYDELL et al. 2010, BRINKMANN et al. 2011, BEHR et al. 2015, BACH et al. 2019). Als Gründe für dieses Verhalten an WEA werden diskutiert: Durchflug während der Wanderung (CRYAN & BARCLAY 2009), Erkundungsverhalten zum Auffinden potentieller Quartiere (CRYAN et al. 2014), und Jagd nach Insekten (REIMER et al. 2018). Alle Verhaltensweisen können auch offshore potentiell auftreten, die Suche nach Quartieren kann bei ungünstiger Witterung sogar wichtiger sein als an Land. In den akustischen Daten finden sich verschiedentlich Hinweise auf Rastverhalten: Dass in mehreren Fällen sehr spät morgens an FINO 1 (HÜPPOP & HILL 2016 und diese Untersuchung) und am Leuchtturm Alte Weser noch Tiere registriert wurden und am darauffolgenden Abend kurz nach Sonnenuntergang wieder Rufe aufgezeichnet wurden zeigt, dass höchstwahrscheinlich Fledermäuse an den untersuchten Strukturen übertagt haben. Ähnliche Hinweise auf Übertragungen von Fledermäusen an OWEA fanden AHLÉN et al. (2009) und LAGERVELD et al. (2015). Das Auftreten von Insekten als Folge von Verdriftung an Offshore-Installationen ist bereits durch HEYDEMANN (1967) nachgewiesen. Insofern könnten auch Offshore-Strukturen zur Jagd genutzt werden. Für FINO 1 wurde dieses Verhalten mehrfach akustisch nachgewiesen (HÜPPOP & HILL 2016). AHLÉN et al. (2009) beschreiben neben Erkundungsverhalten auch Jagdverhalten an OWEA im Kalmarsund und Øresund.

Eine abschließende Beurteilung zu möglichem Verhalten an OWEA ist auf der vorliegenden Datengrundlage nicht möglich und kann fachlich abgesichert nur an OWEA untersucht werden. Das an strukturreichen Offshore-Standorten nachgewiesene Verhalten zeigt jedoch, dass an Offshore-WEA mit Verhalten zu rechnen ist, welches vergleichbar mit an terrestrischen WEA auftretendem Verhalten ist und damit ein Kollisionsrisiko ebenfalls gegeben ist. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen BRABANT et al (2019a) und LAGERVELD et al. (2015) bei ihren Untersuchungen an OWEA im belgischen und niederländischen Teil der Nordsee bzw. AHLÉN et al (2009) und ECOCOM (2015) in der Ostsee bei Öland.

Große Unterschiede zwischen der Anzahl der Individuen und der Anzahl der besetzten Minutenintervalle treten an den größeren, strukturreichen Standorten sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer auf (vgl. Abbildung 3-38). Dabei sind die Unterschiede an den Standorten FINO 1, Leuchtturm Alte Weser und FINO 2 im Frühjahr erheblich höher als im Spätsommer. Warum an den genannten Standorten vom Typ „Struktur“ im Frühjahr offenbar ein ausgeprägteres Erkundungsverhalten auftritt als im Spätsommer ist bislang unklar. Eventuell handelt es sich um ein Artefakt als Folge einer (noch) zu kleinen Stichprobe, die durch die geringe Anzahl untersuchter Strukturen und Jahre oder andere Störfaktoren zustande kommt.

Geringe Unterschiede zwischen den besetzten Minutenintervallen und den auftretenden Individuenzahlen an den Tonnenstandorten (wenige Minutenintervalle pro Individuum) zeigen, dass hier kaum Erkundungsverhalten auftritt. Lediglich an der Großtonne Fehmarn überstieg

im Frühjahr die Anzahl der besetzten Minutenintervalle die Individuenzahl deutlich. Dies könnte damit zusammenhängen, dass es sich bei dieser Tonne im Vergleich zu den anderen Tonnen um eine größere und im Durchmesser auch dickere, strukturreichere Tonne („Großtonne“) handelt, wobei der Unterschied im Spätsommer hier – wie an den strukturreichen Standorten – weniger zutage tritt. Hier wurde nur insgesamt ein Jahr erfasst, da der Standort erst im Projektverlauf hinzugenommen wurde.

3.4.4 Geographische Muster im Bereich der Ostsee

Hypothese 2: Es existieren Verdichtungsräume (Konzentrationsräume) im Bereich der Ostsee.

Wir halten die Datengrundlage zum jetzigen Zeitpunkt nicht für ausreichend, um die Frage nach der Existenz von Verdichtungsräumen mit hinreichender Sicherheit zu beantworten. Wesentlicher Grund dafür ist, dass für die meisten Standorte nur Daten aus einem Untersuchungsjahr vorliegen (Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E70, Tonne DS-W, FINO 2), weil die meisten Standorte erst im Projektverlauf akquiriert wurden. An den beiden Standorten, an denen Erfassungen aus zwei Jahren vorliegen, ist kein einheitliches Bild erkennbar. So variieren die in zwei Frühjahren aus akustischen Daten ermittelten Individuenzahlen und Aktivitäten an der Tonne E69 kaum, an der Arkona Tonne jedoch erheblich (2017: 12, 2018: 21). Im Spätsommer schwankt die Aktivität an beiden Standorten stark (E69 2016: 92, 2017: 57; Arkona Tonne 2017: 11, 2018: 17).

Die aus akustischen Aktivitätsdaten ermittelten Individuenzahlen weisen für das Frühjahr kein deutliches geographisches Muster in dem Sinne auf, dass Konzentrationsräume existieren würden. Vielmehr deuten die Daten auf eine eher gleichmäßige Aktivität an den untersuchten Standorten hin. Dies entspricht nicht unserer Erwartung, als Folge von Sammelpunkten und konzentrierten Startpunkten an der deutschen Ostseeküste Verdichtungsräume auf See vorzufinden. Es wäre – bei allen genannten Unsicherheiten – jedoch auch nicht auszuschließen, dass sich durch die zahlreichen Start-/Abflugpunkte, die im Bereich der deutschen Ostseeküste bekannt sind und vermutet werden (MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013, MATTHES pers. Mitt., POMMERANZ pers. Mitt.), die Flugwege in großem Umfang überschneiden. Voneinander abgrenzbare Verdichtungsräume würden dann trotz der Sammelpunkte nicht existieren (siehe auch Ausführungen zur Spätsommersituation unten sowie Abbildung 3-2). Aufgrund der eher geringen Entfernungen zwischen den Start- und Zielpunkten ist die zur Wanderung über die Ostsee benötigte Flugdauer im Allgemeinen kurz. Deshalb sollte für über die Ostsee migrierende Fledermäuse kein erheblicher Vorteil darin bestehen, besonders kurze Strecken zu bevorzugen (vgl. auch 3.1). Gleiches würde im Umkehrschluss auch für die Wanderung im Spätsommer gelten. Bedenkt man die relativ hohe Zahl bekannter Abflugpunkte in Schweden (AHLÉN 1997), so ist in weiten Teilen des deutschen Bereiches der Ostsee nicht mit Verdichtungsräumen im Spätsommer zu rechnen, zumal bekannt ist, dass sich die Tiere nach dem Start an der skandinavischen Küste verstreuen (AHLÉN 2007, 2009). Im Spätsommer stechen jedoch die Standorte Großtonne Fehmarn Belt und Tonne E69 mit hohen aus den Aktivitäten ermittelten Individuenzahlen heraus: Diese sind im Mittel etwa dreimal höher als an den Ostseestandorten Tonne E70, Tonne DS-W, FINO 2 und Arkonatonne (Großtonne Fehmarn Belt: Spätsommer 2018, Tonne E69: Spätsommer 2017), an der Tonne E69 im Spätsommer 2016 sogar mehr als viermal höher. Die im Bereich des Fehmarn Belt gefundenen hohen Aktivitäten stehen im Einklang mit den älteren Untersuchungen aus dem Bereich: MEYER (2011) konnte durch Daueraufzeichnungen in Gedser und Hyllekrog (Dänemark) eine Konzentration spätsommerlich wandernder Fledermäuse belegen. Dies würde

dafürsprechen, dass ein gewisser Anteil der im Spätsommer von Norden ankommenden Tiere der Vogelfluglinie von Schonen (Schweden) über Seeland, Falster, Lolland (Dänemark) nach Fehmarn (Deutschland) folgend migriert (siehe Kapitel 3.1). Dass die Wanderung im Spätsommer zeitlich gestreckter verläuft als im Frühjahr, würde ebenfalls in dieses Bild passen: Die über die Landmassen wandernden Tiere könnten sich entlang der Route länger bei der Jagd aufhalten (vgl. ŠUBA et al. 2012) oder paaren. Grundsätzlich könnte die Routenauswahl auch von den vorherrschenden Witterungsbedingungen abhängen. Es wäre beispielsweise möglich, dass bei widriger Witterung eher die Route entlang der Vogelfluglinie gewählt wird. Insgesamt wird deutlich, dass zur Klärung der dargestellten Theorien noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Am Standort Plattform Arkona wird dagegen in dem einzigen, an diesem Standort untersuchten Spätsommer im Jahr 2018 nur eine Individuenzahl von vier aus den aufgezeichneten Aktivitäten gemessen. Im gleichen Zeitraum wurde an der rund 22 km näher an Rügen gelegenen Arkonatonne 17 Individuen, im Spätsommer des Vorjahres 11 Individuen ermittelt. Dies zeigt, dass ein Raum aufgrund eines Einzelwerts keinesfalls als wenig genutzt gelten darf, sondern weiterer Untersuchungsbedarf über ein Jahr hinaus besteht.

3.4.5 Geographische Muster im Bereich der Nordsee

Hypothese 4: Es existieren Verdichtungsräume (Konzentrationsräume) im Bereich der Nordsee.

Für den Nordseebereich deutet sich ein geographisches Muster an: Für die drei im Frühjahr und vier im Spätsommer untersuchten Offshore-Standorte (Helgoland ausgenommen, vgl. 3.2.6, 3.3.3) nimmt die aus den Aktivitäten ermittelte Individuenzahl mit der Entfernung vom Festland ab. Dies entspricht grundsätzlich dem Erwartungsbild, dass mehr Tiere eine Flugroute wählen, bei der während einer Wandernacht mehr Zeit für andere Tätigkeiten wie die Nahrungssuche verbleibt. Die Aktivität an Untersuchungsstandorten, die näher am Festland liegen, ist dementsprechend höher. Aufgrund der Anordnung der Untersuchungsstandorte im Nordseebereich und der geringen geographischen Abdeckung ist zum jetzigen Zeitpunkt jedoch keine Abgrenzung möglich, ob die Aktivität eher mit der Entfernung zum Festland, abhängig von bestimmten Abflugpunkten oder eher mit der allgemeinen Entfernung zur Elbmündung abnimmt. Hierzu wäre ein dichteres Netz von eher gleichmäßig über die Nordsee verteilten Erfassungsstandorten erforderlich. Auf der vorliegenden Datengrundlage lässt sich deshalb keine abschließende Aussage zur Hypothese treffen.

Am Standort FINO 1 gleichen sich die geringen aus den Aktivitätsdaten ermittelten Individuenzahlen in Frühjahr und Spätsommer jeweils, am Standort Alte Weser ist die Anzahl im Spätsommer jedoch um ein Vielfaches höher als im Frühjahr. Gegebenenfalls gibt es hier saisonale Unterschiede in gewählten Flugrouten, beispielsweise begründet durch die im Spätsommer ebenfalls mitfliegenden diesjährigen Jungtiere. Für genauere Aussagen ist auch zu diesem Thema ein dichteres Erfassungsnetz erforderlich.

Insgesamt ist für die Bewertung der Ergebnisse im Nordseebereich zu berücksichtigen, dass Fledermäuse hier bei ungünstigen Witterungsbedingungen auch der vorgelagerten Inselkette oder der Küstenlinie entlang folgen oder auf dem Festland migrieren können (vgl. BACH et al. 2009, FREY et al. 2012). Die Untersuchung zu dem Thema würde einen Vergleich zeitgleicher akustischer Erfassungen offshore und auf dem Festland bzw. den Inseln erfordern. Gegebenenfalls könnten hierzu bislang nicht veröffentlichte Daten aus Untersuchungen auf den

Inseln und von Windparkuntersuchungen herangezogen werden. Alternativ könnte die Fragestellung auch durch Besenderung und individuelle Nachverfolgung bearbeitet werden.

Direkte Vergleichsdaten liegen aus dem Bereich der offenen deutschen Nordsee kaum vor. HÜPPOP & HILL (2016) finden auf FINO 1 Aktivitäten in ähnlichen Größenbereichen. Von den dem Festland unmittelbar vorgelagerten West-, Ost- und Nordfriesischen Inseln kennt man dagegen noch höhere Aktivitäten als am Leuchtturm Alte Weser (BACH et al. 2009, FREY et al., 2012, JONGE-POERINK & HASELAGER 2012, BACH et al. 2019). Ein Vergleich mit den zwischen den Niederlanden und Großbritannien im Ärmelkanal durchgeführten Erfassungen ist nicht sinnvoll. Hier liegt eine völlig andere geographische Situation vor. In diesem Bereich besteht offenbar ein Verdichtungsraum, in dem regelmäßige Querungen stattfinden. Deshalb erstaunt es nicht, dass dort die Aktivität mit der Entfernung von Festland nicht abnimmt (LAGERVELD et al. 2015).

3.4.6 Helgoland

Hypothese 5: Helgoland wird zur Rast, Nahrungsaufnahme und zum Überdauern von Schlechtwetterphasen genutzt.

Helgoland weist von allen im Rahmen des Projektes untersuchten Standorten die höchsten Aktivitäten und auch Artenzahlen auf. Da es sich um den einzigen untersuchten Inselstandort handelt, der als solcher verschiedene Habitate aufweist, erstaunt dies nicht. Helgoland ist somit nicht mit den anderen untersuchten Standorten vergleichbar.

Dass Fledermäuse während der Wanderperioden auf Helgoland vorkommen, ist lange belegt (vgl. Kapitel 2). Größer angelegte Studien liegen von SKIBA (2007) und HÜPPOP (2009) vor. Insgesamt übersteigen die von uns ermittelten Aktivitäten die bislang nachgewiesenen Fledermausvorkommen jedoch deutlich (SKIBA 2007, HÜPPOP 2009). Die hohen ermittelten Aktivitäten hängen auch mit den Mikrofonstandorten zusammen: So wurden die Mikrofone in unserer Untersuchung im Fanggarten, einem durch verschiedene Gehölze reich strukturierten Jagdhabitat, platziert. Dass Fledermäuse hier regelmäßig und ausdauernd jagen zeigt sich nicht nur anhand der akustischen Daten: Auch während der Fangversuche wurden Fledermäuse im Fanggarten vornehmlich jagend beobachtet. Deshalb erstaunt es nicht, dass ein Großteil der akustisch ermittelten Aktivitäten auf Jagd entfällt.

Die an den Fanggarten angrenzenden Gebäude sind insbesondere für die *Pipistrellus*-Arten als Zwischenquartier gut geeignet und werden regelmäßig genutzt (eigene Beobachtungen).

Wie unter 3.3.1 (Seite 55) beschrieben tritt auf Helgoland vornehmlich nach Nächten mit geringen Windgeschwindigkeiten Fledermausaktivität auf, die folgend bei eher hohen Windgeschwindigkeiten bestehen bleibt und mit dem Wiederauftreten geringer Windgeschwindigkeiten endet. Dass Windgeschwindigkeits- und Aktivitätsspitzen innerhalb der Migrationsperioden zeitlich gekoppelt erscheinen ist dadurch erklärbar, dass sich auf Helgoland in Phasen geringerer Windgeschwindigkeit ankommende Tiere in folgenden Phasen höherer Windgeschwindigkeit (mindestens) so lange auf der Insel aufhalten, bis wieder günstigere Witterungsbedingungen (geringere Windgeschwindigkeiten) für die weitere Wanderung auftreten,

Wir werten die Nachweise von regelmäßiger und ausdauernder Jagd, die regelmäßige Nutzung von Zwischenquartieren sowie die Kopplung von Windgeschwindigkeit und Aktivität als klaren Nachweis, dass Helgoland in diesem Sinne als „Stopover Site“ genutzt wird (vgl. TAYLOR et al. 2011, CRYAN & BROWN 2007 zu Farallon Island, AHLÉN et al. 2009 zu Öland).

3.4.7 Witterungsbedingungen und Großwetterlagen

Hypothese 6: Die Fledermauswanderung findet vornehmlich bei günstigen Witterungsbedingungen (Großwetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten und Rückenwind) statt.

Dass gemäß unseren Ergebnissen Fledermäuse offshore überwiegend bei Windgeschwindigkeiten unter 5 m/sec wandern, deckt sich mit den Beobachtungen anderer Autoren (AHLÉN et al. 2009, ECOCOM 2015, LAGERVELD et al. 2015, WAWRA 2015, WAWRA et al. 2016, HÜPPOP & HILL 2016). Verschiedentlich wird aber auch von regelmäßigen Detektionen bei höheren Windgeschwindigkeiten berichtet (FREY 2010, MEYER 2011, SKIBA 2007). Hier ist jedoch keine Angabe zur Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten enthalten, die sicherlich von hoher Bedeutung ist. Zumindest waren am Standort E69 die Windgeschwindigkeiten, auf die die Nachweise zum überwiegenden Teil entfielen, gleichzeitig auch die häufigsten. Ob die Fledermäuse Schwachwind bevorzugen, lässt sich deshalb nicht abschließend beantworten.

Ein Einfluss der Windrichtung konnte nicht eindeutig festgestellt werden, zumal die Häufigkeit der Windrichtungen aufgrund der Variabilität im Nachtverlauf insbesondere bei geringen Windgeschwindigkeiten nicht sinnvoll einbezogen werden kann. In den für jede Periode betrachteten zwei Untersuchungsjahren war jedenfalls keine eindeutige Vorzugswindrichtung, bei der schwerpunktmäßig Aktivität auftritt, erkennbar. Die Fledermausnachweise waren eher mit südlichen bis östlichen Winden verknüpft. SKIBA (2007) stellte keinen Einfluss der Windrichtung fest.

Der Vergleich von Fledermausaktivitäten mit vorherrschenden Großwetterlagen an ausgewählten Standorten gibt keinen klaren Hinweis darauf, dass Fledermäuse günstige Wetterbedingungen ausnutzen. Grundsätzlich lassen sich die Fledermausnachweise zwar phasenweise mit Perioden mit stabilen, ruhigen Wetterlagen verknüpfen. Ob Fledermauswanderung „gezielt“ bei bestimmten Großwetterlagen stattfindet oder bestimmte Großwetterlagen und Wanderereignisse sich aus anderen Gründen zeitlich überschneiden, kann jedoch nicht sicher abgegrenzt werden. Zumal zumindest am Standort FINO 1 auch ein beträchtlicher Teil der Nachweise mit ungünstigeren Großwetterlagen zusammen fällt (vgl. Abbildung 3-45: „ungünstigere“ Großwetterlagen SA und SWA) und am Standort Tonne E69 in Phasen mit günstigerer Großwetterlage Migrationsereignisse ausblieben (vgl. Abbildung 3-45: 24.- 27.08.2016, „günstige“ Großwetterlage HM).

Grundsätzlich bedarf es zur Frage des Witterungseinflusses auf die Wanderung einer weiterführenden, umfangreichen statistischen Analyse. Hierzu wird die Analyse auf Basis individueller Daten und ein erheblich größerer Datenpool erforderlich sein, um Wanderperioden mit verschiedenen Konstellationen und Abfolgen von Großwetterlagen vergleichen zu können. Anders wird eine sichere Unterscheidung von Wirkung (Präferenz günstiger Witterungsbedingungen) und Scheinwirkung (zeitlich zufälliges Zusammentreffen „günstiger“ Großwetterlagen mit Wanderereignissen) nicht möglich sein. Unabhängig von einem Zusammenhang zwischen günstigen Witterungsbedingungen und Wanderereignissen könnten für das Kollisionsrisiko mit OWEA andere Witterungsbedingungen wirksam sein. So könnte Erkundungsverhalten zur Suche nach Rastmöglichkeiten bei eher ungünstigen Witterungsbedingungen in höherem Ausmaß auftreten, was an OWEA das Kollisionsrisiko erhöhen würde.

3.5 Zusammenfassung und Ausblick

Die im Projekt Batmove durchgeführte Studie stellt die erste großräumige Untersuchung der Fledermauswanderung im Bereich der deutschen Nord- und Ostsee dar. Die Erkenntnisse liefern einen ersten fundierten Überblick über das Migrationsgeschehen im Betrachtungsraum. Im Folgenden sollen die Erkenntnisse zusammengefasst und Kenntnisdefizite und Untersuchungserfordernisse im Themenfeld Fledermauswanderung und OWEA benannt werden.

Fledermauswanderung über der Nord- und Ostsee

An allen beprobten Standorten in der Nord- und Ostsee wurden regelmäßig Fledermäuse nachgewiesen. Dass mehr als 98 % der Gesamtkิจกรรมität auf die Wanderperioden entfällt zeigt, dass der deutsche Offshore-Raum überwiegend zur Wanderung genutzt wird.

Die am häufigsten festgestellte Art in Nord- und Ostsee ist die Rauhaufledermaus. Im Ostseeraum kommen mit dem Abendsegler, der Zwergfledermaus und der Mückenfledermaus weitere Arten mit - im Vergleich zur Nordsee - höheren Aktivitätsanteilen von je 5-6 % vor. Im Nordseeraum entfallen auf andere Arten Aktivitätsanteile von jeweils weniger oder gleich zwei Prozent, wobei Kleinabendsegler, Zwergfledermaus und Nordfledermaus den größten Anteil ausmachen. Die Nordfledermaus trat in der Nordsee nur als sommerlicher Irrgast auf Helgoland auf.

Existenz von Verdichtungsräumen

Die vorliegenden Erkenntnisse zur Fledermausmigration offshore geben erste Hinweise auf die Existenz von Verdichtungsräumen. Diese Verdichtungsräume stellen Räume mit erhöhtem Vorkommen wandernder Fledermäuse und somit möglicherweise Räume mit erhöhtem Konfliktpotential mit OWEA dar. Ihnen kommt auf Raumordnungsebene eine Schlüsselrolle bei Vermeidungsmaßnahmen zu („Freihalten konfliktträchtiger Bereiche“). In der deutschen Bucht deutet sich eine mit der Entfernung von der Küste abnehmende Fledermausaktivität an. In der deutschen Ostsee sind kleinere geographische Unterschiede erkennbar, die jedoch bislang kein vergleichsweise klares geographisches Muster ergeben, das auf Verdichtungsräume hinweisen würde. Vielmehr deuten die Daten auf eine eher gleichmäßige Verteilung der Aktivität an den untersuchten Standorten hin.

Eine abschließende Aussage kann für keines der beiden Meere getroffen werden. Die wesentlichen Gründe hierfür sind, dass die vorliegenden bioakustischen Erfassungsdaten noch nicht in einer hinreichend kleinräumigen Untersuchungstiefe („zu wenige Erfassungsstandorte“) und ausreichenden Erfassungsdauer („zu wenige Untersuchungsjahre“) vorliegen. Die Anzahl der Untersuchungsstandorte können ggf. vorhandene kleinräumigere Aktivitätsunterschiede nicht anzeigen. Die Fledermauswanderung über den Meeren zeigt eine vergleichsweise hohe Variabilität. Die bislang gemessenen Aktivitäten der Standorte variieren zwischen den Jahren teils erheblich und eine hohe Validität kann somit nur durch die Gewinnung längerer Datenreihen, einem Ausbau des Untersuchungsnetzes und in Kombination mit anderen Methoden (s.u.) erreicht werden.

Es sollten die Untersuchungen an den Dauererfassungsstandorten fortgeführt und durch akustische Erfassungen an weiteren Standorten und kombiniert mit anderen Methoden ergänzt werden.

Helgoland

Auf Helgoland wurden von allen Standorten die höchsten Aktivitäten und höchsten Artenzahlen erfasst. Dies erstaunt nicht, da der Inselstandort durch Quartiere und Jagdhabitate eine Aufenthaltsqualität aufweist und nachweisbar zur Rast und Nahrungsaufnahme genutzt wird. Dass die Windgeschwindigkeit und die gemessene Fledermausaktivität gekoppelt sind gibt einen klaren Hinweis darauf, dass Helgoland auch zum Überdauern von Schlechtwetterperioden dient.

Witterung und Wanderereignisse

Gemäß den Ergebnissen wandern Fledermäuse offshore überwiegend bei Windgeschwindigkeiten unter 5 m/sec. Die Windgeschwindigkeiten mit den meisten Nachweisen waren auch die häufigsten. Ein Einfluss der Windrichtung konnte nicht eindeutig belegt werden. Der Vergleich von Fledermausaktivitäten mit vorherrschenden Großwetterlagen gibt bislang keinen klaren Hinweis: Grundsätzlich lassen sich die Fledermausnachweise zwar phasenweise mit Perioden mit stabilen, ruhigen Wetterlagen verknüpfen. Ob Fledermauswanderung „gezielt“ bei bestimmten Großwetterlagen stattfindet oder bestimmte Großwetterlagen und Wanderereignisse sich aus anderen Gründen zeitlich überschneiden, kann jedoch auf der vorliegenden Datenbasis nicht sicher abgegrenzt werden.

Grundsätzlich ist zur Aufklärung des Witterungseinflusses auf die Wanderung eine umfangreiche statistische Analyse auf Basis eines erheblich größerer Datenpools erforderlich, um Wanderperioden mit verschiedenen Konstellationen und Abfolgen von Witterungsbedingungen und Großwetterlagen vergleichen zu können. Anders wird eine sichere Unterscheidung von Wirkung (Präferenz günstiger Witterungsbedingungen) und Scheinwirkung (zeitlich zufälliges Zusammentreffen „günstiger“ Großwetterlagen mit Wanderereignissen) nicht möglich sein.

Flugrouten offshore wandernder Fledermäuse

Erhebungen zu den individuellen Flugrouten über der Nord- und Ostsee wandernder Fledermäuse fehlen bislang vollständig, da geeignete Methoden nicht zur Verfügung standen: Da bei wandernden Tieren ein Wiederfang nicht möglich ist, können nur Systeme angewandt werden, bei denen die Bewegungsdaten automatisch übertragen werden. Satellitengestützte Systeme sind für die Zielarten nicht anwendbar, die Sender übersteigen (noch) das zulässige Gesamtgewicht. Telemetrische Systeme, die Daten automatisch erfassen, standen zum Zeitpunkt der Projektdurchführung ebenfalls nicht zur Verfügung.

Nur durch die Aufzeichnung individueller Flugwege können jedoch Kenntnisse zur Raumnutzung von Individuen offshore gewonnen werden. Diese dienen unter anderem zur Beantwortung folgender Fragen:

- Fliegen Fledermäuse offshore geradlinig oder ändern sie häufig ihre Richtung?
- Fliegen Fledermäuse offshore zielgerichtet oder lassen sie sich durch Windverhältnisse (Windstärke und Windrichtung) leiten?
- Verweilen die Tiere in einem bestimmten Gebiet (Plattformen, Inseln)? Deuten die Flugbewegungen vor Ort auf Jagdverhalten, Rast oder andere Verhaltensweisen hin?

Die Verhaltensweisen lassen sich unter den gegebenen Bedingungen auf der Betrachtungsebene der Raumnutzung mit keiner anderen Methode darstellen, haben jedoch einen wesentlichen Einfluss auf das Konfliktpotential von Fledermäusen mit OWEA. Individuelle Flugrouten können, in Kombination mit zeitgleicher akustischer Erfassung an Probestandorten (Tonnen, Plattformen, Inseln, Leuchttürmen) entscheidende ergänzende Hinweise zur Existenz und Bedeutung von Verdichtungsräumen und ggf. zur Flughöhe geben.

Mittlerweile steht mit der Motus-Telemetry eine etablierte radiotelemetrische Methode zur Verfügung, die eine automatische Erfassung individuell codierter Sender ermöglicht (vgl. BfN-Projekt: Vogelzug über dem offenen Meer: Methoden, Raum-Zeit-Muster und Konflikte mit der Offshore-Windenergienutzung (Birdmove), FKZ 3515 82 2100) und somit für die Fragestellung angewandt werden könnten.

Es sollten Untersuchungen zu individuellen Flugrouten von über den Meeren wandernden Fledermäusen durchgeführt werden.

Verhalten an Offshore-Strukturen

Im Vergleich der an verschiedenen Untersuchungsstandorten in Nord- und Ostsee erfassten Aktivitäten als besetzte Minutenintervalle mit den aus den akustischen Daten ermittelten Individuenzahlen zeigt sich, dass pro Individuum mehr Aktivitäten an größeren und strukturreichen Offshore-Standorten (Plattformen, Leuchtturm) als an kleinen, eher strukturarmen und unauffälligen Untersuchungsstandorten (Tonnen) auftreten. Die Verweildauer eines Individuums an großen, strukturreichen Standorten ist im Vergleich zu den kleineren, strukturarmen Tonnen höher. Offenbar werden besonders die größeren Offshore-Strukturen umflogen und erkundet.

Zwar ergeben die Ergebnisse Hinweise auf das Verhalten an OWEA, eine abschließende Beurteilung zu möglichem Verhalten an OWEA ist auf der vorliegenden Datengrundlage nicht möglich und kann fachlich abgesichert nur an OWEA untersucht werden.

Das an strukturreichen Offshore-Standorten nachgewiesene Verhalten zeigt jedoch, dass an Offshore-WEA mit Verhalten zu rechnen ist, welches vergleichbar mit an terrestrischen WEA auftretendem Verhalten ist und damit ein Kollisionsrisiko ebenfalls gegeben ist.

Es sollten Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen an OWEA und zum Flugverhalten durchgeführt werden.

4 Herkunftsbestimmung mittels Stabilisotopie

Christian Voigt, Cecilia Kruszynski, Liam Bailey, Alexandre Courtiol, Marion Tichomirowa, Lothar Bach, Petra Bach, Matthias Götsche, Michael Götsche, Reinhold Hill, Oliver Lindecke, Hinrich Matthes, Henrik Pommeranz, Ana Popa-Lisseanu, Antje Seebens-Hoyer

Die im Folgenden dargestellte Untersuchung wurde als KRUSZYNSKI et al. (2020) publiziert.

4.1 Einführung

Die rezente Biodiversitätskrise offenbart, dass der globale Wandel eine Vielzahl von Tieren in ihren Beständen bedroht (KOH et al. 2004, HENRIQUES et al. 2020, O'CONNOR et al. 2020). Insbesondere Landnutzungsänderungen und Klimawandel wurden als wesentliche Treiber des zurzeit grassierenden sechsten Massenaussterbens identifiziert. Migrierende Arten sind gegenüber anthropogenen Veränderungen besonders anfällig, da sie nicht nur auf intakte Sommer- und Winterlebensräume, sondern auch auf intakte Lebensräume entlang ihrer Zugstrecke angewiesen sind (BARBOSA et al. 2020, CARDENAS-ORTIZ et al. 2020, O'CONNOR et al. 2020). Deshalb müssen internationale Anstrengungen unternommen werden, um Migrationskorridore und Rastgebiete für diese Arten zu schützen (DALLIMER & STRANGE 2015, VOIGT et al. 2015b).

Saisonale Wanderungen werden in einer Reihe von Wirbeltiergruppen wie zum Beispiel Huftieren, Walen, Singvögeln, Seevögeln, Meeresschildkröten und Fledermäusen beobachtet (KURVITS et al. 2011). In ihrer Fähigkeit weite Strecken zurückzulegen sind Fledermäuse gemessen an ihrer Körpergröße innerhalb der Säugetiere herausragend (HUTTERER et al. 2005, KRAUEL & MCCracken 2013). Allerdings wird der Schutz wandernder Fledermäuse dadurch erschwert, dass die Migrationskorridore und Rastgebiete der meisten Arten nicht bekannt sind (POPA-LISSEANU & VOIGT 2009). Jüngste Studien in Europa legen den Schluss nahe, dass sich Küstenregionen und Flusstäler als Migrationskorridor für Fledermäuse besonders eignen (FURMANKIEWICZ & KUCHARSKA 2009, KURVITS et al. 2011, LINDECKE et al. 2015, IJÄS et al. 2017, GAULTIER et al. 2020). Außerdem wurde festgestellt, dass Fledermäuse zur Rast Halbinseln aufsuchen (CIECHANOWSKI et al. 2016). Abgesehen davon existieren nahezu keine weiteren Daten über das Migrationsverhalten von Fledermäusen. Dieses Informationsdefizit stellt ein massives Problem für den Naturschutz dar, da migrierende Fledermäuse besonders häufig an Windenergieanlagen getötet werden (RYDELL et al. 2010, VOIGT et al. 2015b, ARNETT et al. 2016). Aufgrund der Windeignung werden Windenergieanlagen bevorzugt an Küstenstandorten sowohl im Onshore- als auch im Offshore-Bereich aufgestellt (z.B. GAULTIER et al. 2020). Kenntnisse darüber, wo Fledermäuse migrieren, könnte Entscheidungsträgern Informationen liefern, in welchen Gebieten der Bau von Windkraftanlagen vermieden werden sollte und wo Minderungsmaßnahmen durch Abschaltzeiten im Betrieb der Windkraftanlagen zwingend erforderlich sind.

Rauhautfledermäuse (*Pipistrellus nathusii*) halten mit einer belegten Migrationsdistanz von mehr als 2.200 km zwischen dem Baltikum und Nordspanien den Weltrekord als Langstreckenzieher innerhalb der Fledermäuse (PÉTERSONS 2004b, HUTTERER et al. 2005, KURVITS et al. 2011, ALCALDE et al. 2020). Groß angelegte Beringungskampagnen vor allem in Deutschland und dem Baltikum lieferten qualitative Daten darüber, wie weit Rauhautfledermäuse wandern und wo sie überwintern (PÉTERSONS 2004b, HUTTERER et al. 2005, ALCALDE et al. 2020). Diese Beringungskampagnen bewiesen, dass Rauhautfledermäuse vermutlich entlang der Küsten aus ihrem Sommerlebensraum in Nordosteuropa (Russland, Baltikum und Weißrussland) in ihr Überwinterungsgebiet in Südwest- und Westeuropa (z.B. Spanien,

Frankreich, Beneluxstaaten, Deutschland) wandern (HUTTERER et al. 2005). Akustikdaten legen zudem den Schluss nahe, dass einige Rauhautfledermäuse einen fennoskandinavischen Migrationskorridor von Finnland ausgehend über Schweden und Dänemark nach Deutschland nutzen (AHLEN et al. 2009, KURVITS et al. 2011, RYDELL et al. 2014, IJÄS et al. 2017, GAULTIER et al. 2020). Weder in Finnland noch in Schweden werden jedoch Fledermäuse beringt, so dass keine Daten über die Überwinterungsgebiete dieser Tiere oder ihre Routen vorliegen. Die Migrationsroute fennoskandinavischer Tiere könnte zu einem Konflikt mit deutschen Offshore-Windenergieprojekten führen, da fennoskandinavische Rauhautfledermäuse potenziell über die Ostsee nach Deutschland fliegen könnten. Bislang ist unbekannt, wie relevant der Einflug fennoskandinavischer Rauhautfledermäuse nach Deutschland ist.

Wir nutzten Stabilisotopenanalysen, um den Ursprungsort von Rauhautfledermäusen zu ermitteln, die während der Migrationszeit auf drei küstennahen Inseln in der Ost- und Nordsee angetroffen wurden. Die Analyse stabiler Isotope zu diesem Zweck wurde bereits vielfach sowohl bei migrierenden Vögeln als auch bei Fledermäusen genutzt, um den geographischen Ursprung der Tiere basierend auf räumlichen Wahrscheinlichkeitsmodellen zu ermitteln. Die Grundlage dieser Raummodelle liegt in der vorhersagbaren kontinentübergreifenden Verteilung von Stabilisotopen entlang von Temperatur- und Niederschlagsgradienten (HOBSON 1999, RUBENSTEIN & HOBSON 2004, HOBSON et al. 2018b, 2019). Bislang wurde für diesen Zweck in der Regel das Stabilisotopenverhältnis von Wasserstoff im Fellkeratin der Fledermäuse gemessen, da dieses über die Wasserstoffisotopenzusammensetzung des Oberflächenwassers im Sommerlebensraums, in dem die Tiere ihr Fell wechseln, Auskunft gibt (CRYAN et al. 2004, VOIGT et al. 2016, VOIGT & LEHNERT 2019). Fellkeratin stellt eine biologisch inerte Matrix dar, die ihre Isotopenzusammensetzung während der Migration nicht verändert. Das Stabilisotopenverhältnis von Wasserstoff wird in der Delta-Schreibweise als $\delta^2\text{H}$ Wert angegeben. Der $\delta^2\text{H}$ -Wert gibt das Isotopenverhältnis einer Probe in Relation zu demjenigen eines internationalen Standards (V-SMOW für stabile Wasserstoffisotopen) an. Da sich $\delta^2\text{H}$ -Werte im Niederschlagswasser erst über Kontinente hinweg verändern (BOWEN 2010), ist die räumliche Auflösung der daraus abgeleiteten Wahrscheinlichkeitskarten relativ gering. Üblicherweise umfassen die geschätzten Herkunftsregionen Breitengrade über einen Bereich von mehreren 100 km (HOBSON & WASSENAAR 2019). Um die Vorhersagemodelle zu verbessern, wurden in der Vergangenheit die Stabilisotopenverhältnisse weiterer Elemente, wie zum Beispiel die des Stickstoffs und Kohlenstoffs, hinzugezogen (WUNDER et al. 2005, POPA-LISSEANU et al. 2012, WUNDER 2012, HOBSON et al. 2014, REUDINK et al. 2016, VOIGT et al. 2016, Wassenaar & HOBSON 2000). Das Verhältnis stabiler Strontiumisotope ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kann ebenfalls als ergänzender Indikator für den Gesteinstypus in der potenziellen Herkunftsregion genutzt werden, da der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Wert stark mit dem Alter des Gesteins korreliert (ÅBERG 1995) und weil der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Wert in Tieren dem des jeweiligen Ökosystems sehr ähnlich ist (FLOCKHART et al. 2015). Zum Beispiel wurden im Zahnschmelz von Wildtieren aus Schweden $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte von 0.737 und in Knochen Werte von 0.728 gemessen (BÄCKSTRÖM & PRICE 2016), während hingegen in Probenmaterial derselben Matrix, welches aus Zentral- und Osteuropa stammte, niedrigere Werte festgestellt wurden. Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte liegen zum Beispiel für Wildtiere aus Dänemark bei 0.709 bis 0.711 (PRICE et al., 2012) und für solche aus Estland zwischen 0.711 und 0.712 (ORAS et al. 2016). Diese Unterschiede begründen sich im unterschiedlichen Alter des fennoskandinavischen und kontinentaleuropäischen Muttergesteins (HOOGWERFF et al. 2019, BATAILLE et al. 2020).

Werte von $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ wurden bereits in früheren Studien für Bewegungsanalysen von Wildtieren (e.g. KOCH et al. 1995, SELICK et al. 2009) und Menschen (e. g. FONT et al. 2012, TIPPLE

et al. 2018) sowie für Herkunftsanalysen (z.B. VAN DER MERWE et al. 1990, VOGEL et al. 1990, VOERKELIUS et al. 2010, BATAILLE & BOWEN 2012) herangezogen. Bislang nutzten jedoch nur wenige Studien sowohl das Stabilisotopenverhältnis von Wasserstoff ($\delta^2\text{H}$) als auch das von Strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), um den geographischen Ursprung von Wildtieren zu ermitteln. Im Rahmen unserer Studie kombinierten wir die Messung von $\delta^2\text{H}$ - und $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werten aus dem Fellkeratin von Fledermäusen, um den Ursprung von Rauhautfledermäusen abzuleiten, die auf küstennahen Inseln in der Ostsee (Greifswalder Oie und Fehmarn) und der Nordsee (Helgoland) gefangen wurden. Insbesondere überprüften wir, ob Rauhautfledermäuse, die während der Frühlings- und Sommermigration angetroffen wurden, einen fennoskandinavischen Ursprung hatten. Wir erwarteten für unsere westlichen Untersuchungsstandorte (Fehmarn und Helgoland) einen höheren Anteil an fennoskandinavischen Tieren mit hohen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werten im Vergleich zu unserem weiter östlich gelegenen Untersuchungsstandort (Greifswalder Oie), an dem wir mehr baltorussische Tiere mit niedrigem $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ erwarteten.

4.2 Methodik

4.2.1 Probensammlung

Außerhalb der Migrationszeit sammelten wir Referenzmaterial vom Fell der Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) innerhalb ihres europäischen Sommergebietes. Hierzu wurden Tiere entweder nachts mit Puppenhaarnetzen gefangen oder aber tagsüber aus künstlichen Fledermausquartieren entnommen. Die spezifischen Fangstandorte und Individuenmerkmale sind in der Tabelle 1 des Anhangs 2 („Datengrundlage Stabilisotopie“) aufgeführt. Da Rauhautfledermäuse in der Regel bis Mitte Juli ihren Fellwechsel abschließen, definierten wir den 15. Juli als den Endzeitpunkt des Fellwechsels (VOIGT et al. 2016). Demzufolge berücksichtigen wir nur solche Tiere als Referenz, die vor diesem Zeitpunkt gefangen wurden. Dabei sind wir uns bewusst, dass es möglicherweise eine geographische und geschlechtsspezifische Variabilität für den Zeitraum des Fellwechsels gibt. Von jedem Individuum nahmen wir eine kleine Fellprobe aus der Region zwischen den Schulterblättern. Unmittelbar nach der Probensammlung wurden alle Fledermäuse am jeweiligen Standort freigelassen. Alle Fellproben wurden in Plastikgefäße überführt und bis zur Analyse trocken gelagert.

Darüber hinaus sammelten wir Fellproben von 59 weiteren *Pipistrellus nathusii*, die wir auf drei deutschen, küstennahen Inseln fingen: Greifswalder Oie ($54^{\circ}14'51.9''\text{N } 13^{\circ}55'06.9''\text{E}$) und Fehmarn (Wallnau $54^{\circ}29'00.0''\text{N } 11^{\circ}00'45.5''\text{E}$) in der Ostsee sowie Helgoland in der Nordsee ($54^{\circ}10'49.2''\text{N } 7^{\circ}53'20.2''\text{E}$, Tabelle S1). An diesen Orten wurden Rauhautfledermäuse nachts mit Puppenhaarnetzen gefangen oder tagsüber aus künstlichen Fledermausquartieren entnommen. Auf der Greifswalder Oie und Helgoland existieren keine permanenten Kolonien von Rauhautfledermäusen, während hingegen Rauhautfledermäuse das ganze Jahr über auf Fehmarn anzutreffen sind. Fellproben wurden im Frühjahr und Sommer 2017 (Mai und September) sowie im Sommer 2018 (September) gesammelt. Die Daten der Frühlings- und Sommermigrationszeiträume wurden separat analysiert.

Um Referenzproben für Strontiumisotopenverhältnisse von baltorussischen Fledermäusen zu erhalten, sammelten wir außerhalb der Migrationszeit Fellproben von Rauhautfledermäusen am Engure See in Lettland (VOIGT et al. 2020).

4.2.2 Stabilisotopenanalyse

Die Stabilisotopenverhältnisse von Wasserstoff wurden am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin analysiert. Vor der Analyse wurden die Proben in einer Lösung aus 2:1 Chloroform-Methanol über 24 h gereinigt. Danach wurden die Proben bei 50 °C in einem Trockenofen über einen Zeitraum von 10 Tagen getrocknet. Im Anschluss wurden Teilmengen von jeweils 0.274 ± 0.01 mg (Mittelwert und Standardabweichung) in 0.3 ml Silberkapseln (IVA Analysetechnik e.K. Meerbusch, Deutschland) überführt. Diese wurden wiederum in einen Autosampler (Zero Blank Autosampler, Costech Analytical Technologies Inc., Italien) überführt, in welchem sie über eine Stunde mit chemisch reinem Helium umspült wurden (70ml/min, Linde, Leuna, Deutschland). Danach wurden die Proben einzeln bei einer Temperatur von 1,450 °C in einem HTO Elementaranalysator pyrolysiert (Hekatech GmbH, Wegberg, Deutschland), welcher über ein Interface (Finnigan Conflo III, ThermoFisher Scientific, Bremen, Deutschland) mit einem Delta V Advantage Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (ThermoFischer Scientific, Bremen, Deutschland) verbunden war. Wir quantifizierten das Wasserstoffisotopenverhältnis in der delta-Schreibweise und in der Maßeinheit Promille (‰), d.h. in Relation zum Wasserstoffisotopenverhältnis des internationalen V-SMOW Standards. Wir analysierten in der Sequenz eines Durchlaufs eine USGS Keratinstandardprobe (-72.2 ± 0.9 ‰), gefolgt von drei internen Keratinstandards (pulverisierter Schafhaar aus Schweden (Kstd.1, -111.7 ‰), aus Spanien (Kstd.2, -61.5 ‰) und pulverisiertes Ziegenhaar aus Tansania (Kstd.3, -26.4 ‰)) auf 10 Proben. Die analytische Präzision lag basierend auf Messwiederholungen der internen Keratinstandards bei unter 2‰ (eine Standardabweichung).

Das Stabilisotopenverhältnis von Strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) wurde im TIMS Labor der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (Deutschland) analysiert. Die gewaschenen und getrockneten Proben wurden in hochreine Teflongefäße überführt. Danach wurden die Proben mit einer Mischung aus 16 M HNO_3 und 6 M HCl aufbereitet. Nachdem die Proben auf einer Wärmplatte bei 80°C unter hochreinen Bedingungen weiter eintrockneten, wurden sie in 100 µl suprapures H_2O_2 überführt und im Anschluss erneut getrocknet. Im finalen Aufschluss wurden die Proben in 100 µL 16 M HNO_3 + 100 µL von 35% H_2O_2 überführt (Font et al., 2007). Die Sr-Trennung basierte auf der micro-Sr Trennsäulen-Methode, welche für Proben mit geringem Sr-Anteil angepasst wurde (CHARLIER et al. 2006).

Die Mikrotrennsäulen (200 µl) bestanden aus schrumpffähigem Teflon. Die Trennung von Sr wurde über Sr-spezifisches Resin erreicht, welches zuvor mit 6 M HCl , 0.5M HNO_3 und hochreinem H_2O gereinigt wurde (CHARLIER et al. 2006). Alle Reagenzien hatten einen Sr-Basiswert von weniger als 1 pg. Dies wurde als ausreichend niedrig bewertet, um den Probenwert nicht zu verfälschen. Mit jeder Probenreihe wurde eine Leerprobe (TPB) gemessen. Die durchschnittliche Sr-Konzentration der TPB-Probe ausreichend niedrig (6.6 ± 3.3 pg; 2 SD, $n = 4$). Die Proben wurden zusammen mit dem TaF_5 -Aktivator (Birck, 1986) auf W-Filamente geladen, welche zuvor bei 4.5 A für 240 Minuten ausgasen konnten. Das Sr Isotopenverhältnis wurde dann an einem Phoenix TIMS gemessen (Cox et al. 2020). Die Signalstärke der ^{87}Sr Messungen lag in der Regel über 2 mV. Der internationale SrStandard NBS 987 wurde bei der gleichen geringen Intensität gemessen. Dabei wurde ein $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Wert von 0.71024 ± 0.00010 (2 SD, $n = 10$) erzielt. Die Präzision der Messungen lag normalerweise innerhalb von zwei Standardabweichungen (< 0.00010).

4.2.3 Raummodelle basierend auf $\delta^2\text{H}$ Werte des Fellkeratins

Wir nutzen das R-Programm IsoriX (Courtioi et al. 2019), um gruppenspezifische Raumkarten basierend auf den $\delta^2\text{H}$ Werte des Fellkeratins zu generieren, die den möglichen Sommerlebensraum der Rauhaufledermäuse für jeden Standort und jede Saison beschreiben (der Standort Greifswalder Oie wurde für den Frühlings- als auch Sommerzeitraum separat analysiert). Der genutzte Ansatz basiert auf Daten des "Global Network of Isotopes in Precipitation" (GNIP) der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA). Diese Daten wurden in 4x4 Zellgruppen aggregiert, um mit einer Auflösung von 0.03° Gitterzellengröße eine sogenannte „Isoscape“ für das Niederschlagswasser in Europa zu generieren. Dabei berücksichtigten wir nur solche Herkunftsorte, welche innerhalb des bekannten Sommerverbreitungsgebiets der Fledermäuse lagen. Dieses Verbreitungsgebiet entnahmen wir den IUCN Daten, welche durch nationale Experten des UNEP/EUROBATS Fachgutachtergremiums (pers. Mitteilung DEKKER, J., KERIBIROU, K., KRAVCHENKO, K.) modifiziert wurde.

Basierend auf 458 Referenzproben, d.h. $\delta^2\text{H}$ -Werten nicht migrierender Rauhaufledermäuse, etablierten wir eine Transferfunktion (COURTIOI et al. 2019). Diese Transferfunktion war Grundlage für ein Vorhersagemodell, mit dem die $\delta^2\text{H}$ Werte des lokalen Oberflächenwassers im angenommenen Herkunftsgebiet basierend auf den $\delta^2\text{H}$ -Werten im Fellkeratin der Fledermäuse unbekannten Ursprungs extrapoliert wurden. Dabei wurde die Varianz der Regressionsparameter sowie die räumliche Varianz der $\delta^2\text{H}$ -Werte im Oberflächenwasser berücksichtigt. Basierend auf einem t-Test verglichen wir die Steigung und die Varianz der für Rauhaufledermäuse abgeleiteten Transferfunktion mit den Parametern einer Transferfunktion, die in einer früheren Studie für den Großen Abendsegler erstellt wurde (LEHNERT et al. 2014).

Basierend auf der für Europa berechneten „Isoscape“ für Wasserstoffisotope berechneten wir für jedes Individuum und jede Gitterzelle einen p-Wert, der die Wahrscheinlichkeit für einen Ursprung an diesem Punkt angab (COURTIOI et al. 2019). Jede Gitterzelle mit einem p-Wert unter 0.05 wurde als möglicher Ursprungsort des jeweiligen Individuums ausgeschlossen. Individuen wurden als Langstreckenzieher klassifiziert, wenn die Gitterzelle, an der das Individuum angetroffen wurde als wahrscheinlicher Ursprungsort ausgeschlossen wurde ($p \leq 0.05$). Individuen, deren Fangort als Ursprungsort nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden als regionale Fledermäuse klassifiziert. Um die Beschreibung des räumlichen Ursprungs der untersuchten Rauhaufledermäuse zu vereinfachen, teilten wir die Individuen basierend auf ihren $\delta^2\text{H}$ Werten im Fellkeratin in 20‰-Schritten in sogenannte Isotopengruppen ein, welche von -140‰ (nördliches Extrem) bis -60‰ (südliches Extrem) reichten. Für jede Isotopengruppe wurden die individuellen p-Werte basierend auf Fisher's kombinierten Wahrscheinlichkeitstest gemittelt, um je eine Karte für den möglichen Ursprung der Individuen einer Isotopengruppe zu generieren (COURTIOI et al. 2019).

4.2.4 Raummodelle basierend auf $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werten des Fellkeratins

Wir erstellten ergänzende Raummodelle, um den möglichen Ursprung der Tiere basierend auf den $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werten im Fellkeratin zu schätzen. Hierzu aggregierten wir die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte des Bodens basierend auf Daten aus Bataille et al. (2020). Zu diesem Zweck mittelten wir die lokalen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte in 10x10 km Gitterzellen ($0.07 \times 0.06^\circ$ Auflösung). Wir nutzten diese aggregierten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Daten, um eine „Strontium-Isoscape“ für Europa zu etablieren. Für alle Individuen desselben Isotopenbereichs (siehe oben) mittelten wir die jeweiligen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte des Fellkeratins um hieraus ein Raummodell zu generieren, welches den

möglichen Ursprung der Tiere aus diesem Isotopenbereich darstellen sollte. Wir nutzten einen Kolmogorov–Smirnov-Test, um die Wahrscheinlichkeit der Passung der individuellen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte mit denen aller einzelner Gitterzellen zu prüfen.

Um eventuelle trophische Anreicherungen von schweren Strontium-Isotopen zu berücksichtigen, generierten wir alternative Strontium-„Isoscapes“, die den für den Engure-Standort gefunden Offset zwischen dem mittleren $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Wert im Fellkeratin der Tiere und dem des lokalen Bodens berücksichtigen. Hierzu berechneten wir den mittleren $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Wert des lokalen Ökosystems aus den einzelnen Werten der Gitterzellen in einem Umkreis von 100 km (Bataille et al., 2020). Dieser Mittelwert wurde dann vom mittleren $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Wert abgezogen, den wir im Fellkeratin der Fledermäuse des Engure Sees fanden.

Wir berechneten „two-way“ ANOVA–Modelle, gefolgt von posthoc Tukey’s Test, um einen möglichen Effekt von Ort und Geschlecht auf die individuellen $\delta^2\text{H}$ und $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte im Fellkeratin zu testen. Alle Berechnungen wurden mit R durchgeführt (R CORE TEAM 2020)

4.3 Ergebnisse

4.3.1 “Isoscapes”

Die sogenannten “Isoscapes”, welche basierend auf den Stabilisotopendaten des Wasserstoffs für das Sommerverbreitungsgebiet der Raauhautfledermäuse berechnet wurden, ergaben die höchsten $\delta^2\text{H}$ -Werte für Zentralitalien und die niedrigsten Werte für das südöstliche Russland (Abbildung 1). Die ermittelte Strontium-“Isoscape” ergab einen mittleren $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Wert von 0.7163 für den fennoskandinavischen Bereich und 0.7100 für den kontinentaleuropäischen Bereich. Die höchsten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte wurden für das südöstliche Schweden und die niedrigsten für das westliche Estland gemessen (siehe Abbildung 4-1).

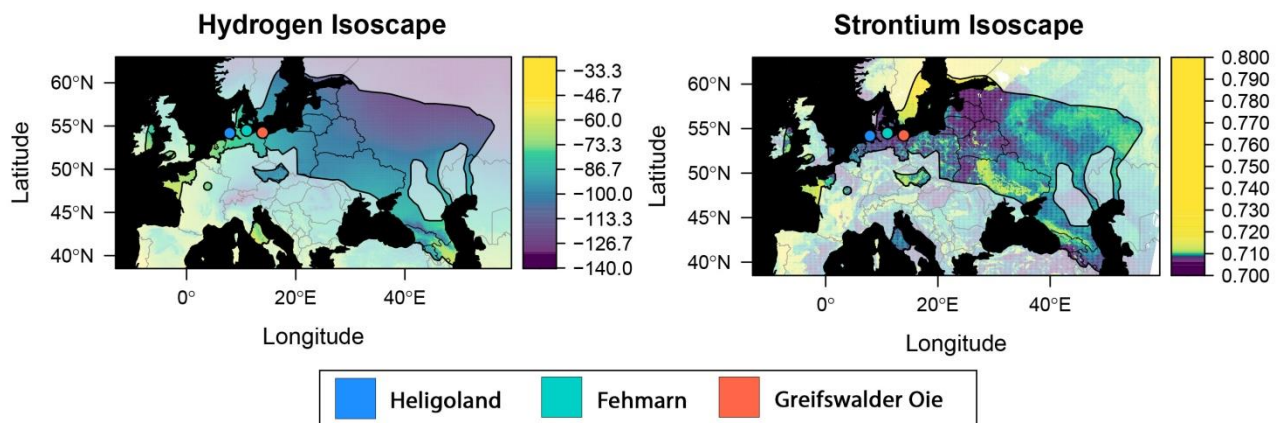


Abbildung 4-1: “Isoscapes” für Wasserstoff und Strontium für das europäische Sommerverbreitungsgebiet der Raauhautfledermaus (schwarz umrandetes Polygon). Die nichtlinear Farbpalette folgt der Darstellung in BATAILLE et al. (2020). Farbige markierte Punkte stellen die drei Untersuchungsstandorte Heligoland (blau), Fehmarn (grün) und Greifswalder Oie (orange) dar.

4.3.2 Fang und Stabilisotopendaten

Insgesamt erhielten wir Isotopendaten von 59 *Pipistrellus nathusii*, welche an den drei Inselstandorten gefangen wurden. Auf Heligoland wurden im September 9 Männchen und 2

Weibchen gefangen. Auf der Greifswalder Oie wurden im Frühling 3 Männchen und 12 Weibchen (sowie 3 Individuen unbekannten Geschlechts) und im Spätsommer 7 Individuen unbekannten Geschlechts gefangen. Auf Fehmarn konnten 12 Männchen und 10 Weibchen sowie 1 Individuum unbekannten Geschlechts gefangen werden. Darüber hinaus wurden in der Vormigrationszeit Referenzproben für Strontium von 10 Weibchen am Engure See in Lettland genommen. Die Rohdaten sind in der Tabelle 2 des Anhangs 2 („Datengrundlage Stabilisotopie“) des Anhangs zu finden.

In Europa reichten die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte des biologisch verfügbaren Strontiums von 0.705 bis 0.710, wobei die höchsten Werte in Fennoskandinavien und die niedrigsten Werte in Kontinentaleuropa an verschiedenen Standorten gemessen wurden (Abbildung 4-1). Für die Fledermäuse, die zu Referenzzwecken in der Vormigrationszeit am Engure See gefangen wurden, konnten wir eine trophische Diskriminierung von 0.0028 dokumentieren (Tabelle 2 des Anhangs 2 „Datengrundlage Stabilisotopie“).

4.3.3 Transferfunktion und generelle Statistik

Wir erstellen auf Basis von 458 Referenzproben von Rauhautfledermäusen, welche außerhalb der Migrationszeit gefangen wurden (Tabelle 2 des Anhangs 2 „Datengrundlage Stabilisotopie“), eine Transferfunktion. Diese ermöglichte es, basierend auf dem $\delta^2\text{H}$ -Wert im Fellkeratin der Tiere den $\delta^2\text{H}$ -Wert des Oberflächenwassers (Jahresmittel) am möglichen Ursprungsstandort zu schätzen (siehe Abbildung 4-2). Die Transferfunktion lautete: Y-Achsen-Schnittpunkt: -86.7 ± 13.3 , Steigung: 0.5 ± 0.21 . Die Regressionsparameter wichen signifikant von denen einer früher für die Art Großer Abendsegler bestimmten Transferfunktion ab (Y-Achsen-Schnittpunkt: -30.54 ± 5.27 ; Steigung: 0.92 ± 0.09 , t-Test = 6.85; $p < 0.01$; LEHNERT et al. 2018).

Die $\delta^2\text{H}$ -Werte der auf den drei Inseln gefangenen Rauhautfledermäuse wichen signifikant voneinander ab ($F_{1,2} = 5.91$, $p = 0.0047$). Es ergab sich jedoch kein Unterschied der $\delta^2\text{H}$ Werte zwischen den Geschlechtern ($F_{1,2} = 1.07$, $p = 0.31$). Das Fellkeratin der auf Fehmarn gefangenen Fledermäuse war im Vergleich zu den Tieren der Greifswalder Oie ($F_{2,56}=19.5$, $p= 0.02$) und zu den Tieren von Helgoland ($F_{2,56}=24.7$; $p=0.01$) stärker an Deuterium im Verhältnis zu Protium angereichert (Tabelle 2 des Anhangs 2 „Datengrundlage Stabilisotopie“). Die Tiere von Helgoland und Greifswalder Oie unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich ihrer $\delta^2\text{H}$ -Werte ($F_{2,56}=8.2$; $p=0.81$). Die $\delta^2\text{H}$ -Werte der Tiere, welche im Frühling und im Spätsommer auf der Greifswalder Oie angetroffen waren signifikant verschieden ($F_{1,23}=5.1$, $p=0.034$; (Tabelle 2 des Anhangs 2 „Datengrundlage Stabilisotopie“). Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte im Fellkeratin von Weibchen waren signifikant niedriger als die der Männchen ($F_{1,2} = 6.05$, $p = 0.018$), unterschieden sich jedoch nicht zwischen den Tieren der drei Standorte ($F_{1,2} = 0.53$, $p = 0.59$).

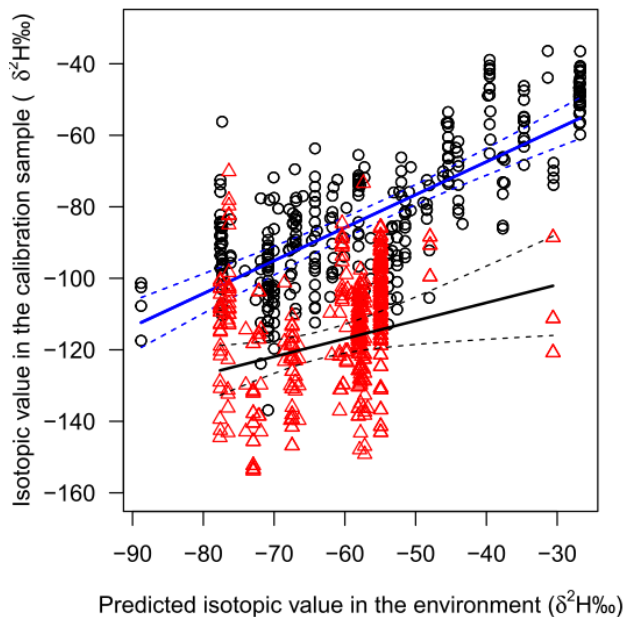


Abbildung 4-2: Stabilisotopenverhältnis von Wasserstoff ($\delta^2\text{H}$; rote Dreiecke) im Fellkeratin von 458 Referenzproben von Rauhautfledermäusen (*P. nathusii*) im Verhältnis zu den $\delta^2\text{H}$ Werten im lokalen Niederschlagswasser (Jahresmittel). Die Transferfunktion für Rauhautfledermäuse ist schwarz markiert. Die gepunkteten Linien zeigen den Konfidenzbereich der Transferfunktionen an. Darüber hinaus zeigt die Graphik die Referenzwerte (schwarze Kreis) sowie die Transferfunktion (blaue Linie), welche für den Großen Abendsegler (*Nyctalus noctula*) ermittelt wurden (LEHNERT et al. 2018).

4.3.4 Herkunftsermittlung der Rauhautfledermäuse

Basierend auf den $\delta^2\text{H}$ Werten im Fellkeratin wurden alle an den drei Standorten gefangenen Rauhautfledermäuse als Langstreckenzieher klassifiziert ($n = 58$). Ein Tier wurde aufgrund seines stark abweichenden Wertes ($\delta^2\text{H} = -66 \text{ ‰}$) als Ausreißer definiert und von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Die während der Migration gefangenen Rauhautfledermäuse wurden drei Isotopenbereichen zugeordnet. Die jeweiligen Isotopenbereiche lagen im Nordosten (Isotopenbereich 1: -140 ‰ bis -121 ‰), zentral (Isotopenbereich 2: -120 ‰ bis -101 ‰) und im Südwesten von Europa (Isotopenbereich 3: -100 ‰ bis -85.4 ‰ ; Abbildung 4-3 a, b, c). Die meisten der auf Helgoland gefangenen Rauhautfledermäuse wurden dem Isotopenbereich 1 (45% aller Tiere) und 2 zugeordnet (55%, siehe Abbildung 4-3). Die Mehrzahl der Tiere von der Greifswalder Oie wurde dem Isotopenbereich 2 (72%) zugewiesen. Rauhautfledermäuse der Insel Fehmarn und solche, die im Spätsommer auf der Greifswalder Oie gefangen wurden, wurden allen drei Isotopenbereichen zugeordnet (Fehmarn: 11%, 72% und 17%; Greifswalder Oie: 22%, 30% und 43%; siehe Abbildung 4-3 a, b, c).

Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte im Fellkeratin der Fledermäuse ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Keratin, (Tabelle 1 des Anhangs 2 „Datengrundlage Stabilisotopie“) schlossen eine Herkunft aus Fennoskandinavien für den Zeitraum des Fellwechsels aus. Die wahrscheinlichsten Herkunftsregionen umfassten Polen, Russland und die Ukraine (siehe Abbildung 4-3 d, e, f). Dieses Muster änderte sich, nachdem eine trophische Diskriminierung von Strontiumisotopen im Fellkeratin der Fledermäuse angenommen wurde. Die alternative Herkunftskarte zeigte für die Tiere des Isotopenbereichs 1 an, dass die möglichen

Herkunftsregionen vorzugsweise im Baltikum lagen (siehe Abbildung 4-3 a, g). Für Fledermäuse des Isotopenbereichs 2 ergaben sich mögliche Herkunftsgebiete in Polen (siehe Abbildung 4-3 b, h). Für Fledermäuse des Isotopenbereichs 2 ergab die kombinierte Information aus Wasserstoff- und Strontiumisotopen keine Konsensusregion (siehe Abbildung 4-3 c, i). Ähnlich zu den unkorrigierten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werten, schlossen auch die für trophische Diskriminierung korrigierten Strontiumwerte eine Herkunft der Tiere aus Fennoskandinavien aus, da alle korrigierten Werte unterhalb der Referenzwerte von Wildtieren aus Schweden lagen (0.737 im Zahnschmelz und 0.728 im Knochen; BÄCKSTRÖM & PRICE 2016).

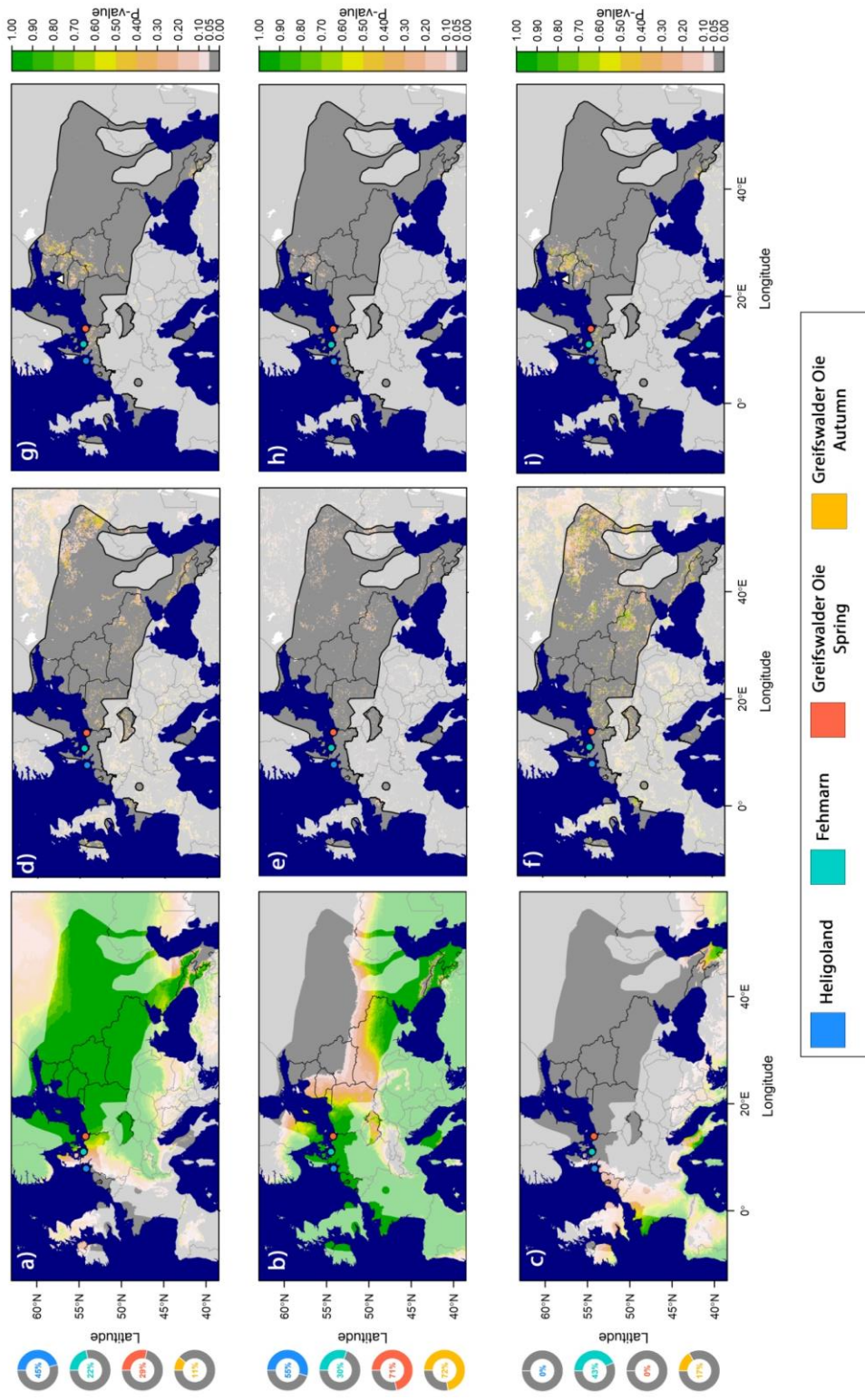


Abbildung 4-3: Karte mit den möglichen Herkunftsregionen der 58 untersuchten Rauhaufledermäuse (*P. nathusi*) im Sommerverbreitungsgebiet der Art (schwarz umrandetes Polygon). Die Untersuchungsstandorte Helgoland, Fehmarn und Greifswalder Oie sind als farbig markierte Punkte dargestellt. Die Herkunftsermittlung basierte auf $\delta^2\text{H}$ Werten im Feilkeratin (a, b, c), den $\delta^{15}\text{N}$ Werten (d, e, f) sowie den $\delta^{13}\text{C}$ Werten (g, h, i). Der Standort für die Strontiumreferenzproben ist als weißes Dreieck gekennzeichnet. Basierend auf den $\delta^2\text{H}$ Werten im Feilkeratin wurden die Fledermäuse drei Isotopenbereichen (jeweils über 20‰) zugeordnet: nördliche Herkunft (a, d, g), zentrale Herkunft (b, e, h) und südliche Herkunft (c, f, i). Gitterzellen mit P-Werten über 0.05 (farbig unterlegt) wurden als mögliche Herkunftsorte und solche mit P-Werten unter 0.05 (grau unterlegt) als unwahrscheinliche Herkunftsorte bewertet. Die Kuchendiagramme zeigen für jeden der Standorte den relativen Anteil der Individuen für den jeweiligen Isotopenbereich.

4.4 Diskussion

Migration ist ein wesentlicher Bestandteil im jährlichen Lebenszyklus vieler Wildtiere. Der Mensch verursacht jedoch massive Änderungen in der Umwelt, die es migrierenden Tieren zunehmend erschweren, ihre saisonalen Wanderungen erfolgreich abzuschließen. In Europa sterben zum Beispiel viele Fledermäuse während der Migration an Windkraftanlagen (VOIGT et al. 2012, 2015b). Um den Schlag von Fledermäusen an Windkraftanlagen zu verhindern, ist es notwendig, ein besseres Verständnis darüber zu gewinnen, welche Sommer- und Winterlebensräume miteinander verbunden sind und wo die Migrationskorridore der Tiere liegen. Die Rauhautfledermaus (*P. nathusii*) ist eine europäische Fledermausart, die von allen Fledermausarten weltweit den Spitzenplatz hinsichtlich der zurückgelegten Migrationsdistanz einnimmt (ALCADE 2000, PÉTERSONS 2004b, HUTTERER et al. 2005, KURVITS et al. 2011) und auch im Bereich der Nord- und Ostsee die häufigste Art darstellt (Kapitel 2 und 3). Da die Migration jedoch sehr versteckt erfolgt, fehlen Daten darüber, welche Korridore Rauhautfledermäuse für ihre jährliche Wanderung nutzen. Frühere Studien zeigten auf, dass besonders Küstenregionen für die Fledermausmigration relevant sind (AHLÉN 1997, AHLÉN et al. 2009, Kurvits et al. 2011, LAGERVELD et al. 2014a, IJÄS et al. 2017, GAULTIER et al. 2020). Unsere jetzt gewonnenen Daten belegen, dass Rauhautfledermäuse, die während der Migration auf den relativ küstennahen deutschen Inseln der Ostsee sowie auf Helgoland gefangen wurden, vermutlich über weite Distanzen in westliche und östliche Richtung wanderten. Entgegen unserer Vermutung, dass vor allem auf den westlichen Inseln vermehrt Tiere fennoskandinavischen Ursprungs auftauchen sollten, deutet die Isotopie im Fellkeratin der Tiere darauf hin, dass es im Beobachtungszeitraum keinen signifikanten Einflug von fennoskandinavischen Rauhautfledermäusen gab. Möglicherweise schlagen die fennoskandinavischen Rauhautfledermäuse eine andere Route ein, oder sind im Vergleich zu baltorussischen Tieren zu selten, um ins Gewicht zu fallen.

Die Isotopendaten der untersuchten Rauhautfledermäuse weisen auf eine osteuropäische Herkunft der Tiere hin. Die meisten der gefangenen Tiere wurden als Langstreckenzieher identifiziert, die entweder aus dem Baltikum, Polen, der Ukraine oder Russland stammten. Dieser Befund war überraschend, da in Fennoskandinavien während der spätsommerlichen Migration Rauhautfledermäuse mit Ultraschalldetektoren regelmäßig nachgewiesen werden (AHLÉN et al. 2009, IJÄS et al. 2017, GAULTIER et al. 2020). Wir schließen daraus, dass es sich bei diesen Tieren möglicherweise um baltorussische Tiere handelt, die zu Beginn ihrer Migration in nördliche Richtung nach Finnland einwandern und dann in südwestlicher Richtung über Schweden und Dänemark nach Deutschland einfliegen (GAULTIER et al. 2020). Basierend auf unseren Isotopendaten konnten wir nicht zwischen baltorussischen Tieren differenzieren, die eine fennoskandinavische Route einschlagen und solchen, die entlang der polnischen Küste nach Deutschland einwandern. Eine fennoskandinavische Route von baltorussischen Tieren würde bedingen, dass die Tiere teilweise über die Ostsee wandern müssten, um zum Beispiel den Untersuchungsstandort auf der Insel Fehmarn zu erreichen (Kapitel 3). Wir halten es für unwahrscheinlich, dass der Großteil der fennoskandinavischen Tiere über die Deutsche Bucht nach Großbritannien wandert (Kapitel 3). Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Werte im Fellkeratin einiger Individuen weisen auf die Möglichkeit hin, dass diese Tiere potenziell aus dem westlichen Frankreich kommen könnten, wo es sowohl in der Normandie als auch der Bretagne Wochenstuben gibt (RIDEAU 2002, BELLION 2015).

Wir fanden bei lettischen Referenztieren eine trophische Diskriminierung für Strontiumisotope. Dies ist ungewöhnlich, da bislang davon ausgegangen wurde, dass die stabilen Isotope schwerer Elemente nicht entlang trophischer Nahrungsketten fraktionieren (FLOCKHART et al. 2015). Möglicherweise beruht diese Annahme jedoch auf dem Umstand, dass in bisherigen Studien in der Regel nur Zahnschmelz und Knochengewebe von Säugetieren (Maurer et al. 2012) sowie Chitin von Insekten (FLOCKHART et al. 2015) untersucht wurde. Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte dieser Gewebetypen könnten hauptsächlich von der jeweiligen Nahrung abhängen. Die Strontiumisotopie des Keratins ist bekannt dafür, dass es sowohl die Isotopie der Nahrung als auch weitere Umwelteinflüsse widerspiegelt (KEMPSON & LOMBI 2011). Diese Umwelteinflüsse können zum Beispiel durch Aerosole, kleinste Luftpartikel und Umgebungswasser verändert werden (TIPPLE et al., 2017). Wir gehen jedoch davon aus, dass deren Einfluss auf die Herkunftsbestimmung relativ gering ist (TIPPLE et al. 2017), vor allen Dingen, wenn die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte der Nahrung denen des Umgebungswassers sehr ähnlich sind. Wir gehen insbesondere für Fledermäuse davon aus, dass der Einfluss von Regen oder Oberflächenwasser auf die Isotopie des Fellkeratins gering sein sollte, da Fledermäuse sich diesem normalerweise nicht aussetzen (Voigt et al. 2011). Wir empfehlen weitere Untersuchungen der Strontiumisotopie in anderen Gewebetypen und in weiteren Arten, um Klarheit darüber zu erhalten, ob es eine trophische Diskriminierung von Strontiumisotopen gibt oder nicht. Sofern die korrigierten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte im Fellkeratin von Rauhautfledermäusen repräsentativ sein sollten, würde dies bedeuten, dass ein Großteil der vorgefundenen Tiere ihren Ursprung im Baltikum (Isotopenbereich 1) oder in Polen (Isotopenbereich 2) haben könnte. Dies würde den Beringungsdaten aus dieser Region entsprechen. Allerdings konnten wir für Tiere aus dem Isotopenbereich 3 keinen Konsensus für den möglichen räumlichen Ursprung der Tiere erhalten, da die Ergebnisse der wasserstoffbasierten und strontiumbasierten Raummodelle widersprüchlich waren.

Die von uns benutzte Herkunftsbestimmung mit Hilfe stabiler Isotope wurde durch den Umstand erschwert, dass die Streuung der Daten, die in die Transferfunktion einfließen, relativ groß war. Dies resultiert in relativ großen räumlichen Dimensionen der ausgewählten Isotopenbereiche. Interessanterweise unterschied sich die für Rauhautfledermäuse ermittelte Transferfunktion deutlich von derjenigen, die für Große Abendsegler ermittelt wurde (Lehnert et al. 2018). Dieser Unterschied könnte in der unterschiedlichen Ernährungsweise der beiden Arten begründet sein. Rauhautfledermäuse sind auf Zuckmücken (Chironomidae) spezialisiert, die eine aquatische Larvalphase in oftmals stratifizierten Gewässern haben. Wir vermuten, dass die Isotopie der Chironomiden sich deshalb stark von den größeren und vorzugsweise terrestrischen Nahrungsinsekten des Großen Abendseglers unterscheidet (FLAQUER et al. 2009, FURMANKIEWICZ & KUCHARSKA 2009, KRÜGER et al. 2014). In einer früheren Studie konnte gezeigt werden, dass sich die $\delta^2\text{H}$ -Werte von Fledermausarten mit einer limnischen Ernährungsweise stark von denen von Arten mit terrestrischer Ernährungsweise unterscheiden (VOIGT et al. 2015a).

Obschon wir keine fennoskandinavischen Tiere an unseren drei Untersuchungsstandorten nachweisen konnten, können wir nicht ausschließen, dass Rauhautfledermäuse aus Fennoskandinavien kommend zu den küstennahen deutschen Inseln geflogen sind. Wir vermuten, dass die im Spätsommer in Finnland und Schweden beobachtete hohe akustische Aktivität von Rauhautfledermäusen (GAULTIER et al. 2020) auf dem Einflug von baltorussischen Tieren beruht. Diese Tiere konnten wir nicht mit unserem Isotopenansatz von Artgenossen

differenzieren, die entlang der polnischen Küste nach Deutschland einflogen. Wir gehen davon aus, dass die Migrationsbewegungen von Rauhautfledermäusen komplexer sind als ursprünglich angenommen, vor allem wenn Individuen im Spätsommer ungerichtete oder nördlich gerichtete Bewegungen durchführen. In diesem Fall könnten die Isotopendaten unzureichend sein, um zweifelsfrei die Bewegungsmuster von Fledermäusen entlang der Küstenlinien in Europa ableiten zu können. Wir schlagen deshalb groß angelegte Bewegungsstudien mit Hilfe von miniaturisierten Sendern und automatisierten Empfangsstationen vor.

4.5 Zusammenfassung

Die Identifizierung von Migrationskorridoren und Herkunftsgebieten migrierender Tiere ist für deren wirksamen Schutz von zentraler Bedeutung. Gerade bei Arten mit versteckter Lebensweise, wie zum Beispiel bei Nacht migrierenden Fledermäusen, fehlt diese Information oftmals. Wir nutzten daher einen dualen Stabilisotopenansatz, um den Sommerlebensraum von 59 Rauhautfledermäusen (*Pipistrellus nathusii*), welche während der Migration auf drei deutschen küstennahen Inseln gefangen wurden, zu ermitteln. Bislang wurde davon ausgegangen, dass Rauhautfledermäuse, die entlang der deutschen Nord- und Ostseeküste ziehen, entweder einen fennoskandinavischen oder baltorussischen Ursprung haben. Wir untersuchten, ob auf den beiden westlichen Inseln Helgoland (Nordsee) und Fehmarn (Ostsee) ein höherer Prozentsatz an fennoskandinavischen Tieren und auf der östlich gelegenen Insel Greifswalder Oie (Ostsee) ein höherer Prozentsatz an baltorussischen Tieren anzutreffen ist. Wir nutzten das Wasserstoffisotopenverhältnis im Fellkeratin zur Distanzschätzung des Herkunftsgebiets und das Strontiumisotopenverhältnis als Maß für das Alter des Muttergesteins im Herkunftsgebiet, um somit einen fennoskandinavischen oder einen kontinentaleuropäischen bzw. baltorussischen Ursprung abzuleiten. Wir stellten fest, dass die meisten untersuchten Rauhautfledermäuse Langstreckenzieher aus Osteuropa waren. Das Stabilisotopenverhältnis von Strontium im Fellkeratin schloss einen fennoskandinavischen Ursprung der Tiere aus. Die Stabilisotopendaten deuten vielmehr darauf hin, dass Rauhautfledermäuse, welche auf Inseln der deutschen Ost- und Nordsee angetroffen werden, hauptsächlich aus der baltorussischen Region stammen. Der fehlende Nachweis von fennoskandinavischen Tieren auf den deutschen Inseln könnte daran liegen, dass die lokalen Populationen in Schweden und Finnland relativ arm an Individuen sind und somit im Vergleich zu den individuenstarken baltorussischen Populationen entlang des Migrationskorridors an der deutschen Küste nicht ins Gewicht fallen. Basierend auf den früher publizierten akustischen Nachweisen von Rauhautfledermäusen während der Sommermigration in Finnland und Schweden liegt die Vermutung nahe, dass baltorussische Individuen teilweise über Finnland, Schweden und Dänemark nach Deutschland einfliegen.

5 Bewertung

Michael Götsche, Antje Seebens-Hoyer, Lothar Bach, Sandra Vardeh, Henrik Pommeranz, Petra Bach, Reinhold Hill, Matthias Götsche, Hinrich Matthes, Christian Voigt

5.1 Einleitung

Die Ergebnisse von BATMOVE tragen dazu bei, die Bedeutung der Fledermauswanderung über der Nord- und Ostsee im Hinblick auf Offshore-Windenergienutzung besser einzuschätzen. Sie können als grundlegende Datenbasis bei der Bearbeitung artenschutzrechtlicher Fragestellungen im Zuge der Genehmigungsverfahren dienen und in diesem Zusammenhang von Gutachter*innen und Genehmigungsbehörden dazu herangezogen werden, offshore erhobene Fledermausdaten hinsichtlich ihrer möglichen Relevanz für diese Tierartengruppe einzuordnen.

In diesem Zusammenhang sollen als Grundlage für eine Bewertung folgende Aspekte diskutiert werden:

- Ausmaß der Fledermauswanderung: Inwieweit lässt sich aus den im Rahmen des Kapitels 3 herausgearbeiteten akustischen Aktivitätsdaten und geographischen Mustern Aussagen zum Ausmaß der Fledermausmigration in Nord- und Ostsee ableiten?
- Artenschutzrechtliche Bewertung: Inwieweit können die im Projekt ermittelten Aktivitäten auf der Ebene eines „Aktivitätsniveaus“ die derzeit gebräuchlichen und gerichtlich definierten artenschutzrechtlichen Signifikanzschwellen für WEA-Kollisionen anzeigen?

Abschließend sollen Hinweise zur Weiterentwicklung bestehender Methodenstandards abgeleitet werden.

5.2 Methodische Vorbemerkungen

Im Rahmen von Batmove wurden die erhobenen Erfassungsdaten auf unterschiedliche Art und Weise ausgewertet. Hierbei erfolgte die Darstellung der Aktivitätsdaten in Form der verschiedenen Maße „Kontakte“, „besetzte Minutenintervalle“ und „aus Akustikdaten ermittelte Individuen“. Im Folgenden soll in Vorbereitung auf die Ableitung von Bewertungsmöglichkeiten aus den Aktivitätsdaten herausgestellt werden, welche Daten in welchem Zusammenhang verwendet werden können.

Im Rahmen von Batmove wurden unterschiedliche Erfassungssysteme verschiedener Hersteller*innen eingesetzt. Alle eingesetzten Systeme waren kalibrierbar, sodass grundsätzlich eine Vergleichbarkeit der gewonnenen Akustikdaten gegeben ist (vgl. Kapitel 3.2.3). Die Erfassungssysteme unterschiedlicher Hersteller*innen speichern die eingegangenen Fledermausrufe jedoch in unterschiedlich langen Rufsequenzen, sodass die gleiche Anzahl an Fledermausrufen zu verschieden hohen Anzahlen ermittelter „Kontakte“ führt. Mit unterschiedlichen Erfassungssystemen ermittelte Kontaktzahlen sind deshalb nicht direkt miteinander vergleichbar. Das Maß „besetzte Minutenintervalle“, das aus den Kontakten ermittelt wird, indem registriert wird, ob innerhalb einer Minute Fledermäuse aufgezeichnet wurden, ermöglicht dagegen die Vergleichbarkeit der mit unterschiedlichen Systemen ermittelten

Aktivitätsdaten. Die aufgrund der unterschiedlichen Geräteeigenschaften verschiedene Länge der einzelnen gespeicherten Rufsequenzen hat keinen Einfluss darauf, ob in einer Minute Fledermäuse vorkommen oder nicht (also diese mit Fledermäusen besetzt ist oder nicht). Gleichzeitig dienen „besetzte Minutenintervalle“ auch als Maß für die Aufenthaltsdauer von Fledermäusen am Erfassungsstandort. Eine Aktivität von beispielsweise 20 Minutenintervallen kann dadurch zustande kommen, dass 20 Fledermäuse erfasst wurden. Sie kann aber auch dadurch zustande kommen, dass eine Fledermaus 20-mal erfasst wurde. Die Eigenschaft des Maßes „besetzte Minutenintervalle“, dass sie ein Maß für die Aufenthaltsdauer von Fledermäusen (und nicht der Anzahl von Fledermäusen) im Erfassungsbereich des Mikrofons darstellt, kann für die Abschätzung der artenschutzrechtlichen Relevanz von Aktivitätsdaten genutzt werden. Mit der Aufenthaltsdauer an einer OWEA steigt naturgemäß grundsätzlich auch die Kollisionsgefahr. Somit stellt das Maß „besetzte Minutenintervalle“ ein geeignetes Maß zur Ermittlung des Kollisionsrisikos an unterschiedlichen Standorten dar. Unterschiedliche Standorte, an denen in unterschiedlichem Ausmaß Erkundungsverhalten auftritt, können so hinsichtlich dieses Aspekts miteinander verglichen werden. Rückschlüsse auf geographische Muster und/oder Verdichtungsräume während der Migration können auf Basis von an unterschiedlichen Standorttypen ermittelten „besetzten Minutenintervallen“ jedoch nicht gezogen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Struktur kommt es an unterschiedlichen Standorttypen offenbar zu Erkundungsverhalten in unterschiedlich starkem Ausmaß (vgl. Kapitel 3.3.3 und 3.4.3). Hinsichtlich dieses Aspekts müssen nutzbare Aktivitätsdaten deshalb so normalisiert sein, dass Erkundungsverhalten herausgefiltert wird und die Aktivitätsdaten das Ausmaß der Fledermausmigration repräsentieren. Dieser Zweck wird mit dem Maß „Individuenzahl“ verfolgt. Aufgrund der Sondersituation offshore, dass die Erfassungsstandorte räumlich sehr isoliert sind, insgesamt im Vergleich zu Standorten an Land geringe bis moderate Aktivitäten ermittelt werden und im Regelfall nicht mehrere Individuen zur gleichen Zeit erfasst werden, ist die Ermittlung von Individuenzahlen aus den akustischen Erfassungsdaten an den meisten Standorten möglich (vgl. Kapitel 3.2.6).

In der Konsequenz muss die als Grundlage für eine Bewertung erforderliche Auswertung der Aktivitätsdaten auf folgende Arten erfolgen:

- Bewertung des Ausmaßes der Fledermausmigration auf Basis der „Individuen“
- Bewertung der artenschutzrechtlichen Relevanz auf Basis der „besetzten Minutenintervalle“

Nachfolgend werden in einem ersten Schritt aus den Ergebnissen der akustischen Erfassungen im Rahmen von Batmove (vgl. Kapitel 3.3) und Arbeiten anderer Autor*innen (vgl. Kapitel 2.2) Aussagen zum Ausmaß der Fledermausmigration in Nord- und Ostsee abgeleitet (Kapitel 5.3).

In einem zweiten Schritt wird erarbeitet, ob und inwieweit aus Fledermausaktivitäten über dem Meer eine artenschutzrechtliche Relevanz in dem Sinne besteht, dass Kollisionen an OWEA auftreten und Verbotstatbestände über die rechtlich für WEA an Land vorgegebenen Signifikanzschwellen hinaus ausgelöst werden könnten. Darauf aufbauend werden die Schlussfolgerungen zum Ausmaß der Fledermausmigration (Kapitel 5.3) im Kontext „Artenschutzrecht und OWEA“ eingeordnet und Möglichkeiten zur Bewertung des Ausmaßes abgeleitet (Kapitel 5.4).

Abschließend wird dargelegt, inwieweit aus fachlicher Sicht Anpassungsbedarf für bestehende Methodenstandards gesehen wird und welche Erfordernisse zur Weiterentwicklung bestehen.

5.3 Ausmaß der Fledermausmigration

5.3.1 Ausmaß der Fledermausmigration in der Nordsee

Aus den Ergebnissen der Bioakustik-Untersuchung (vgl. Kapitel 3.4.4) zeichnet sich auf der Nordsee ein Gradient ab, der eine zur hohen See hin abnehmende Fledermausaktivität aufweist. Aufgrund der Anordnung der Untersuchungsstandorte im Nordseebereich und der geringen geographischen Abdeckung kann zum jetzigen Zeitpunkt jedoch keine sichere Abgrenzung dieses eher globalen Aktivitätsgradienten gegenüber anderen möglichen geographischen Mustern (z.B. durch bestimmte Abflugpunkte verursachte unregelmäßige Verdichtungsräume) erfolgen (vgl. Kapitel 3.4.4). Hierfür wäre ein dichteres und systematischer verteiltes Netz an Erfassungsstandorten erforderlich. Auf der vorliegenden Datengrundlage lässt sich daher keine abschließende Aussage über die tatsächliche Aktivitätsverteilung von Fledermäusen über der Nordsee treffen.

Lediglich unter der Annahme, dass sich die Hypothese einer mit der Entfernung von der Küste abnehmenden Fledermausaktivität bestätigen sollte, könnte nachfolgend beschriebene grobe Entfernungszonierung vorliegen.

Hierzu ist zu beachten:

- Die dargestellte Zonierung basiert auf dem derzeitigen, punktuellen Wissensstand und hat deshalb einen hypothetischen Charakter.
- Die dargestellte Zonierung greift die nach dem Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vorgenommene seerechtliche Zonierung auf (siehe Abbildung 5-1). Die seerechtliche Zonierung teilt den Meeresraum ausgehend von der Basislinie, der Küstenlinie bei Niedrigwasser, ein. Die Gewässer bis zur Basislinie werden als „Innere Gewässer“ bezeichnet und umfassen in Deutschland somit das Wattenmeer und die vorgelagerten küstennahen Inselketten Ost- und Nordfrieslands. Es schließt sich daran das Küstenmeer (12-Seemeilen-Zone), die Anschlusszone (24-Seemeilen-Zone) und die Ausschließliche Wirtschaftszone (200 Seemeilen-Zone) an. Letztere umfasst nach Artikel fünf des Seerechtsübereinkommen die Zone jenseits des Küstenmeeres.
- Im Gegensatz zur seerechtlichen Zonierung ist für die Fledermausverteilung von unscharfen Übergangsbereichen zwischen den Zonen auszugehen.

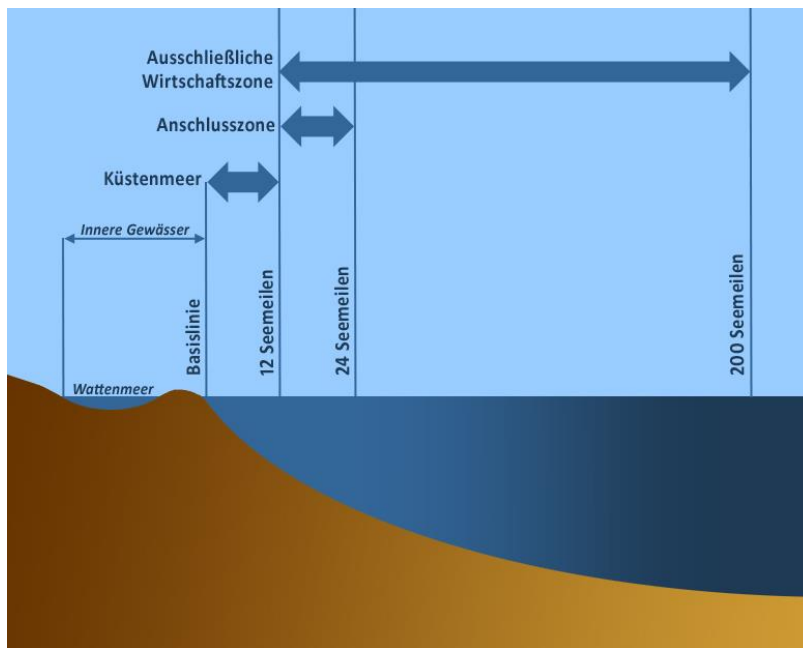


Abbildung 5-1: Seerechtliche Zonierung nach dem Seerechtsübereinkommen, dargestellt für die geographische Situation in der deutschen Bucht.

Auf Basis der im Projekt gewonnenen akustischen Daten (vgl. Kapitel 3.3) und im Rahmen des Projektes zusammengetragenen Untersuchungen anderer Autor*innen (vgl. Kapitel 2.2.2) werden für die aus den seerechtlichen Zonen wie folgt abgeleiteten Zonen Arbeitshypothesen zum Ausmaß der Fledermausaktivität aufgestellt. Aufgrund der für den Nordseeraum insgesamt noch defizitären Datenbasis erfolgt eine qualitative Einordnung in „Aktivitätsniveaus“. Neben der Prüfung der Voraussetzung, dass ein Aktivitätsgradient in der Deutschen Bucht besteht, bedürfen auch die Arbeitshypothesen selbst einer Prüfung. Im Wesentlichen wäre hierfür ein dichteres Netz von eher gleichmäßig über die deutsche Nordsee verteilten Erfassungsstandorten, das für die einzelnen Zonen repräsentativ ist, im Rahmen weiterführender Untersuchungen erforderlich. Die im Folgenden beschriebenen Zonen sind in der Abbildung 5-2 dargestellt.

Zone I: Innere Gewässer mit küstennahen Inseln. Einziger OWP in dieser Zone ist das Gebiet „*Nordergründe*“ in der Wesermündung. Nachgewiesene Aktivitäten: Am Erfassungsstandort „Leuchtturm Alte Weser“ wurden (nach Helgoland) die zweithöchsten Aktivitäten gemessen. Im untersuchten Frühjahr 2017 traten 71, in den Spätsommern 2017 und 2018 im Mittel 177 besetzte Minutenintervalle auf (vgl. Kapitel 3.3.1). Aus den akustischen Daten wurde im Frühjahr auf sechs, in den Spätsommern auf im Mittel 31 Individuen rückgeschlossen (Erläuterung Individuenermittlung: Kapitel 3.2.6). Die großen Unterschiede zwischen den Aktivitäten und aus den Akustikdaten ermittelten Individuenzahlen zeigen, dass – wahrscheinlich bedingt durch die Größe der Struktur „Leuchtturm“ – in erheblichem Maße Erkundungsverhalten auftritt (vgl. Kapitel 3.3.3 und 3.4.3). Auch die systematischen Erfassungen anderer Autor*innen von den ostfriesischen Inseln (Borkum: SKIBA 2007; Norderney: BACH 2009, 2010; Spiekeroog: BACH et al. 2019; Wangerooge und Mellum: BACH et al. 2009, FREY 2010 u.a.) sowie den Inseln Trischen und Neuwerk (BACH et al. 2019) ermittelten ein im

Vergleich zu anderen Untersuchungen im Bereich der deutschen Bucht (WALTER et al. 2007, BOSHAMER & BEKKER 2008, HÜPPOP & HILL 2016) eher hohes Aktivitätsniveau (vgl. auch Kapitel 2.2.2). Arbeitshypothese: In diesem Bereich treten die höchsten Fledermausaktivitäten auf.

Zone II: Entspricht weitgehend dem Küstenmeer (12-Seemeilen-Zone; bis ca. 22 km vor der Basislinie) inklusive Helgoland, umfasst aber auch den Bereich der Tiefwasserreede / Jade Approach sowie den Bereich südöstlich der Amrumbank / nördlich von Helgoland. Innerhalb der deutschen Nordsee ist der einzige OWP in dieser Zone der niedersächsische Windpark „*Riffgat*“ ca. 15 km vor Borkum. Nachgewiesene Aktivitäten: Am Standort Helgoland wurden die höchsten Aktivitäten von allen Standorten nachgewiesen. Als Inselstandort, der zur Rast, Jagd und zum Überdauern von Schlechtwetterperioden genutzt wird, ist er jedoch nicht vergleichbar mit den anderen Erfassungsstandorten (vgl. Kapitel 3.3.1). Eigene Beobachtungen sowie die Beobachtungen anderer Autor*innen (BRÖRING et al. 1993, SKIBA 2007, HÜPPOP 2009 u.a.; vgl. auch Kapitel 2.2.2) zeigen jedoch, dass auf Helgoland offenbar regelmäßig nicht nur vereinzelt Fledermäuse auftreten. Abgesehen von Untersuchungen auf Helgoland liegen aus der Zone II keinerlei weitere Fledermaus-Langzeituntersuchungen vor. Untersuchungen an OWEA vor der niederländischen Küste zeigen jedoch auf, dass in einer der Zone II entsprechenden Entfernung zur Küstenbasislinie – der untersuchte OWP „*Egmond aan Zee*“ liegt ca. 10-18 km vor der Küste – hinsichtlich des groben Aktivitätsniveaus den Aktivitäten auf Helgoland entsprechende Fledermausaktivitäten festgestellt werden konnten (LAGERVELD et al. 2014a, 2014b). Arbeitshypothese: Das Aktivitätsniveau von Fledermäusen ist im Bereich der Zone II an Offshore-Strukturen vermutlich geringer als in Zone I aber höher als in Zone III und wird insgesamt als hoch eingeschätzt.

Zone III: Entspricht etwa der Anschlusszone (24-Seemeilen-Zone; bis ca. 44 km vor der Basislinie). In Zone III befinden sich folgende nach dem Flächenentwicklungsplan (FEP 2020, BSH) ausgewiesene Flächen für Windenergie auf See: Die Gebiete N-1 bis N-3 (Cluster „*Nördlich Borkum*“) u.a. mit den OWP „*Borkum Riffgrund*“, „*Alpha Ventus*“ und „*Godewind*“, das Gebiet N-4 (Cluster „*Südlich Amrumbank*“) mit den OWP „*Amrumbank West*“, „*Kaskasi II*“ (genehmigt), „*Meerwind Süd / Ost*“ und „*Nordsee Ost*“ sowie mit dem OWP „*Butendiek*“ Teile des Gebiets N-5 (ehemals „*Westlich Sylt*“). Im Bereich der Gebiete N-1 bis N-3, ggf. auch im Zuge der Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans in zusätzlich ausgewiesenen Gebieten, werden weitere OWP entstehen. Nachgewiesene Aktivitäten: Am Erfassungsstandort FINO 1, welcher in der Zone III liegt, wurden in Frühjahr und Spätsommer regelmäßig Fledermäuse nachgewiesen. Mit durchschnittlich 5,75 Minutenintervallen und 2,75 Individuen im Frühjahr bzw. 5 Minutenintervallen und 3,67 Individuen im Spätsommer liegt die Aktivität dieses Standorts zwischen den Standorten Leuchtturm Alte Weser bzw. Helgoland (mit höherer Aktivität) und den Standorten FINO 3 und Nordseeboje II, die beide in Zone IV liegen und eine geringere Aktivität aufweisen (vgl. Kapitel 3.3.1). Auch HÜPPOP & HILL (2016) wiesen auf FINO 1 von 2004 bis 2015 akustisch Fledermäuse in ähnlicher Größenordnung nach (vgl. Kapitel 2.2.2). WALTER et al. (2005) beobachteten während Rast- und Zugvogelerfassungen insgesamt 5 Fledermäuse im Bereich „*Borkum Riffgrund*“. Auch wenn es sich um Zufallsfunde handelt, belegen die Beobachtungen das regelmäßige Vorkommen wandernder Fledermäuse in dieser Zone. Aus der niederländischen und belgischen Anschlusszone liegen zudem systematische Untersuchungen vor: Im etwa 23 bis 28 km vor der niederländischen Küste liegenden OWP „*Princess Amalia Wind Farm*“ wurden ebenfalls Aktivitäten auf

ähnlichem Niveau wie am Erfassungsstandort FINO 1 gemessen (LAGERVELD et al. 2014a, 2014b), ebenso in einem OWP etwa 27 bis 31 km vor der belgischen Küste (BRABANT et al. 2019a; siehe auch Kapitel 2.2.2), wobei hier bemerkt werden muss, dass die Tiere zwischen dem Festland und Großbritannien migrieren. Der Vergleich mit den im Projekt Batmove gemessenen Aktivitäten erfolgte auf Basis der Kontaktanzahl, da LAGERVELD et al. (2014a, 2014b) und BRABANT et al. (2019a) die Aktivität in „Rufsequenzen“ angeben. Arbeitshypothese: Das Aktivitätsniveau von Fledermäusen ist geringer als in Zone II, höher als in Zone IV und wird insgesamt als mittelhoch klassifiziert.

Zone IV: Entspricht weitgehend der Ausschließlichen Wirtschaftszone ab der Außengrenze der Anschlusszone. In Zone IV befinden sich Teilbereiche des OWP-Gebiets N-5 (Cluster „Westlich Sylt“) mit den OWP „Dan Tysk“ und „Sandbank“ sowie die Gebiete N-6 bis N-13. Das Gebiet N-6 (Teilbereiche ehemals „Austerngrund“) umfasst die OWP „Deutsche Bucht“, „Veja Mate“ und „Bard Offshore“, das Gebiet N-7 (Teilbereiche ehemals „Austerngrund“) mit dem OWP „He Dreih“ (genehmigt) und das Gebiet N-8 (Cluster „Östlich Austerngrund“) die OWP „Albatros“, „Global Tech“ und „Hohe See“. Auch in den Gebieten N-9 bis N-13 sind zahlreiche Windparks geplant, darunter der bereits genehmigte OWP Kaikas im Gebiet N-10. In den Gebieten N-6 bis N-13 sowie ggf. durch Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans in zusätzlich ausgewiesenen Gebieten ist mit einem großflächigen Ausbau von OWP zu rechnen. Nachgewiesene Aktivitäten: Mehrjährige Fledermausdaten aus Zone IV liegen von der Plattform FINO 3 sowie der Nordseeboje II vor. Auf FINO 3 wurden in den zwei Untersuchungsjahren 2017 und 2019 im Frühjahr bislang keine Fledermäuse nachgewiesen, an der Nordseeboje fehlen hierzu Erfassungen. Im Spätsommer liegt an beiden Standorten die mittlere Anzahl besetzter Minutenintervalle wie auch die aus den akustischen Daten ermittelte Individuenzahl jeweils bei eins (vgl. Kapitel 3.3.1). Dies entspricht den Beobachtungen von S. LAGERVELD im Spätsommer 2016 auf FINO 3, dass hier nur vereinzelt Fledermäuse registriert werden (pers. Mitt. S. LAGERVELD). Arbeitshypothese: Das Aktivitätsniveau von Fledermäusen wird als gering eingestuft.

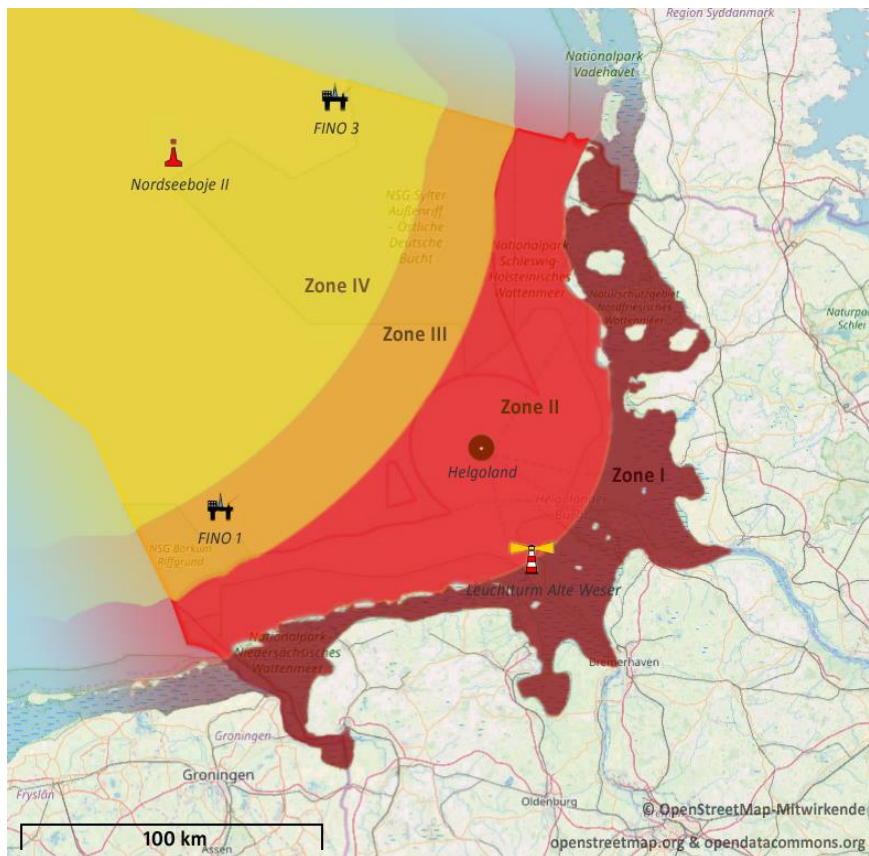


Abbildung 5-2: Mögliche Entfernungszonierung im Bereich der Nordsee mit Untersuchungsstandorten. Die dargestellte Zonierung basiert auf der Arbeitshypothese, dass die Fledermausaktivität mit der Entfernung von der Küste abnimmt. Zwischen den Zonen sind unscharfe Übergangsbereiche zu erwarten.

5.3.2 Ausmaß der Fledermausmigration in der Ostsee

Für die Ostsee ergibt sich aus den im Projekt erhobenen Aktivitätsdaten kein geographisches Muster in dem Sinne, dass klar abgrenzbare Verdichtungsräume erkennbar wären. Die aus den akustischen Daten ermittelten Individuenzahlen an den unterschiedlichen Standorten sprechen eher für eine mehr oder weniger gleichverteilte Aktivität. Dies gilt im Frühjahr für nahezu alle Standorte (vgl. Kapitel 3.3.3 und 3.4.4). Im Spätsommer sind die an den beiden Standorten „Großtonne Fehmarn Belt“ und „Tonne E69“ erfassten Aktivitäten (aus den akustischen Daten ermittelte Individuen) jedoch im Mittel dreimal so hoch wie an den anderen Standorten (vgl. Kapitel 3.3.3 und 3.4.4). In der Summe reicht die Datengrundlage zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht aus, um die Frage nach der Existenz von Verdichtungsräumen mit hinreichender Sicherheit zu beantworten. Bislang liegen für die meisten Standorte nur Daten aus einem Untersuchungsjahr vor. Ob außerdem die Auflösung der Erfassungsstandorte kleinräumig genug ist, um eventuell vorhandene Verdichtungsräume sicher zu erkennen, kann bislang nicht abgeschätzt werden. Um gesicherte Aussagen treffen zu können, wäre die Weiterführung der Dauererfassungen unter Ausweitung des Erfassungsnetzes erforderlich (vgl. Kapitel 3.4.4).

Der Umstand, dass im Bereich der Ostsee im Frühjahr eine eher homogene Anzahl an Individuen an den unterschiedlichen Erfassungsstandorten ermittelt wurde ermöglicht es jedoch, innerhalb enger Grenzen ausgewählte Erfassungsergebnisse auf einen definierten Bereich hochzurechnen und somit eine Aussage zur Größenordnung der hier migrierenden Individuenzahlen im Sinne einer überschlägigen Abschätzung zu treffen.

Die Tabelle 5-1 fasst zum Zwecke der nachfolgend begründeten Auswahl der geeigneten Erfassungsergebnisse die Anzahl der untersuchten Frühjahre sowie die ermittelten Individuenzahlen für die Ostseestandorte zusammen.

Tabelle 5-1: Anzahl der erfassten Frühjahre und aus den akustischen Erfassungsdaten ermittelte Individuenzahlen an den Ostseestandorten (von West nach Ost).

Standort	Erfasste Frühjahre	Im Frühjahr 2017 ermittelte Individuen	Im Frühjahr 2018 ermittelte Individuen	Entfernung zum vorgenannten Standort in km
Großtonne Fehmarn Belt	1	-	20	-
Tonne E69	2	17	19	60
Tonne E70	1	-	20	10
Tonne DS-W	1	-	2	48
FINO 2	1	-	20	39
Arkonatonne	2	12	21	47
Plattform Arkona	0	-	-	23

Wir halten aus nachfolgenden Gründen die beiden Tonnenstandorte E69 und E70 für die für eine Hochrechnung am besten geeigneten Erfassungsstandorte. Weiterhin wird erläutert, welche Annahmen wir der Hochrechnung zugrunde legen.

1. Räumliche Lage und Stichprobenumfang: Die beiden Standorte sind nur 10 km voneinander entfernt (vgl. Tabelle 5-1) und sind quer zur in der Fledermausliteratur angenommenen Migrationsrichtung (z.B. HUTTERER et al. 2006) Südwest-Nordost / Ost angeordnet (vgl. Abbildung 5-3). Wir gehen davon aus, dass sie als räumliche Einheit betrachtet werden und Erfassungsdaten beider Standorte in die Hochrechnung einfließen können.
2. Alle anderen im Ostseeraum untersuchten Standorte, für die Frühjahrserfassungen vorliegen, sind weiter voneinander entfernt (vgl. Tabelle 5-1). Die Standorte, die in zweitgeringster Entfernung zueinander liegen, sind mit 23 km Entfernung die Standorte „Arkonatonne“ und „Plattform Arkona“. Für die Plattform Arkona liegen jedoch keine Frühjahrserfassungen vor, zudem schwanken die Erfassungsergebnisse im Standort „Arkonatonne“ zwischen in beiden untersuchten Frühjahren stark (vgl. Tabelle 5-1). Wir halten es aufgrund der größeren Entfernung der anderen Standorte zueinander nicht für legitim, die

Erfassungsdaten von zwei anderen Standorten für eine Hochrechnung zu verwenden. Eine Hochrechnung auf der Basis alternativer Standorte würde somit auf den Daten eines Einzelstandorts basieren und höchstens zwei Frühjahre (Arkonatonne) bzw. ein Frühjahr (Großtonne Fehmarn Belt, Tonne DS-W, FINO 2) umfassen.

3. Stichprobenumfang und homogene Verteilung: Insgesamt liegen an den beiden Standorten Erfassungen aus drei Frühjahren vor, wobei in einem Jahr an beiden Standorten gleichzeitig erfasst wurde (vgl. Tabelle 5-1). Die akustisch erfassten Individuenzahlen schwanken zwischen den Standorten und Jahren nur wenig: Die mittlere Individuenzahl beträgt 18,7 Tiere, die Standardabweichung 1,5. Wir gehen aufgrund der eher homogenen Individuenzahlen an den beiden Standorten und ihrer räumlichen Nähe davon aus, dass auch im weiteren Bereich von ein bis zwei Dutzend Kilometern um die Standorte die Aktivität eher gleichförmig ist, also die Anzahl der in der näheren Umgebung der Untersuchungsstandorte migrierenden Fledermäuse gleich verteilt ist.
4. An den meisten anderen Standorten (Großtonne Fehmarn Belt, Tonne DS-W, FINO 2) liegen nur Erfassungen aus einem Frühjahr (Plattform Arkona: keine Frühjahrserfassungen), nur am Standort „Arkonatonne“ aus zwei Frühjahren vor. Letztere schwanken jedoch im Vergleich zu den anderen Standorten stark zwischen den Jahren.
5. Vollständige Erfassung der Migrationsperiode: An den Standorten „Tonne E69“ und „Tonne E70“ wurde in allen Frühjahren die Mindesterfassungsdauer erreicht (Tabelle 3-3). Wir nehmen deshalb an, dass wir die Migrationsperioden vollständig erfasst haben und die Erfassungsergebnisse die Periode der Frühjahrsmigration repräsentieren.
6. Individuenbezug: Wir gehen im Wesentlichen davon aus, dass ein querendes Tier nur einmal erfasst wird. An den Standorten „Tonne E69“ und „Tonne E70“ entspricht die Anzahl der besetzten Minutenintervalle in etwa der Anzahl der aus den akustischen Daten ermittelten Individuen, sodass Erkundungsverhalten als sehr gering eingestuft werden kann: Die Anzahl der Minutenintervalle pro Individuum beträgt im Frühjahr an der Tonne E69 1,2 (2017) bzw. 1,1 (2018) und an der Tonne E70 1,0 (2018) (vgl. auch 3.3.1). Die besetzten Minutenintervalle treten also nicht in dem Sinne geklumpt auf, dass angenommen werden könnte, registrierte Tiere würden in regelmäßigen Abständen die Tonne wiederholt passieren. Gleichzeitig halten wir die Wahrscheinlichkeit für ausgesprochen gering, dass unter den isolierten räumlichen Verhältnissen ein registriertes Individuum 20 Minuten nicht und nach 20 Minuten erneut registriert wird. Deshalb wurde ein „Individuum“ dann abgegrenzt, wenn für etwa 20 Minuten keine Fledermausaktivität aufgezeichnet wurde (vgl. Kapitel 3.2.6).
7. Detektionsreichweite: Ultraschallmikrofone können Ultraschalllaute der Frequenz von 40 kHz, wie sie für die Echoortungsrufe der Rauhautfledermäuse typisch sind, unter definierten, optimalen Versuchsbedingungen bis in eine Entfernung von im Mittel ca. 20 bis 30 m aufnehmen (BEHR et al. 2015). WEBER et al. (2018) gehen von 17 bis 24 m, RUNKEL (2020) unter optimalen Bedingungen (direkte Schalleinwirkung auf das Ultraschallmikrofon, geringe Luftfeuchte) von einer Detektionsreichweite von 17 m aus. Wir legen hier deshalb eine mittlere (gerichtete) Erfassungsreichweite von Rauhautfledermäusen von 20 m zugrunde.

Ergänzend ist zu beachten, dass eine Attraktionswirkung durch die grüne Befeuerung der Tonnen (vgl. VOIGT et al. 2017) nicht ausgeschlossen werden kann. Die von VOIGT et al. (2017) gefundene Anziehung aus einer Entfernung von 23 m hätte zumindest in dem Richtungsausschnitt, den das Mikrofon abdeckt, keine erhebliche Auswirkung auf die vorgeschlagene Berechnung, da wir von einer (geringfügig) geringeren Erfassungsreichweite der Detektoren (von 20 m) ausgehen. Aus zeitgleichen akustischen Erfassungen mittels zweier in gegensätzliche Richtung weisender, an einer Tonne angebrachter Detektoren wissen wir zudem, dass jeweils nur etwa 75-80 % der tatsächlich durchfliegenden Tiere an einem der beiden Detektoren erfasst werden, während sich 20-25 % der rufenden Fledermäuse entweder im Schallschatten der Tonne befinden, der Auftreffwinkel des Schalls auf das Mikrofon ungünstig ist oder die Schallenergie zu gering ist, um eine Aufnahme am Detektor auszulösen (POMMERANZ mdl. Mitt. 2020; diese Erfassungen waren nicht Teil des Batmove-Projektes). Bei Anziehung von Fledermäusen durch die grüne Befeuerung aus der weiteren Umgebung müsste die hier durchgeführte Schätzung entsprechend – um einen derzeit jedoch nicht bekannten – Korrekturfaktor angepasst werden.

Für eine beispielhafte Hochrechnung der zu erwartenden, im Frühjahrszeitraum wandernden Individuen bietet sich im unmittelbaren Umfeld der betrachteten Tonnen E69 und E70 die Strecke zwischen Gedser (Falster, Dänemark) im Nordwesten und dem Darß (Darßer Ort) im Südosten an. Diese beispielhaft ausgewählte Querschnittsstrecke weist eine Länge von etwa 35 km auf (siehe Abbildung 5-3) und liegt quer zur – im Frühjahrszeitraum in nordöstliche Richtung verlaufenden – Migrationsrichtung. Unter der Annahme, dass während der Frühjahrswanderung im Mittel $18,7 \pm 1,5$ Individuen (vgl. Tabelle 5-1) einen 20 m messenden Abschnitt des insgesamt 35 km langen Ostsee-Querschnitts durchfliegen, ergibt sich für die gesamten 35 km eine Zahl von etwa 33.000 ± 3.000 Individuen, die diesen Bereich während einer Frühjahrmigrationsphase durchqueren (Mittelwert: $35.000 \text{ m} / 20 \text{ m} * 18,7 = 32.725$ Individuen; Standardabweichung: $35.000 \text{ m} / 20 \text{ m} * 1,5 = 2.625$ Individuen).

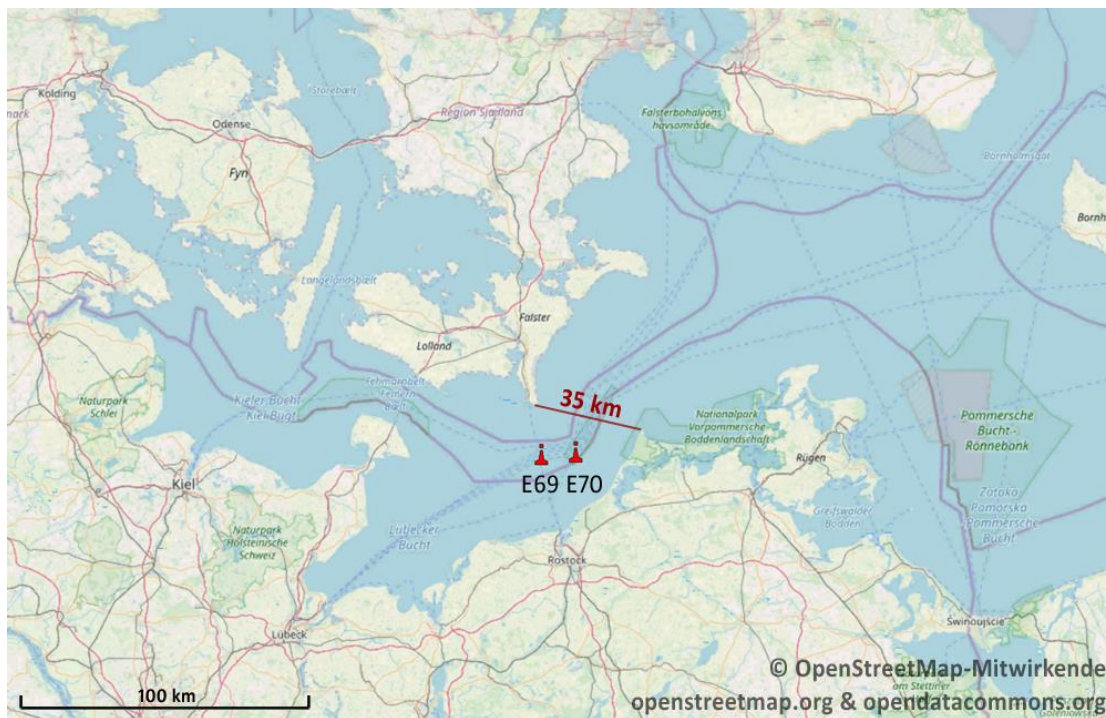


Abbildung 5-3: Für eine beispielhafte Hochrechnung angenommene Strecke zwischen Gedser (Falster, Dänemark) und dem Darß (Darßer Ort, Deutschland) mit einer Länge von etwa 35 km im Bereich der Erfassungsstandorte Tonne E69 und E70.

5.4 Bewertung des Ausmaßes der Fledermausmigration

5.4.1 Artenschutzrechtliche Relevanz von Aktivitätsdaten

Im artenschutzrechtlichen Kontext an konkreten OWEA ist das Ausmaß der Fledermauswanderung im Sinne der migrierenden Individuenzahl weniger von Bedeutung. Vielmehr ist entscheidend, welches Aktivitätsniveau in diesen Räumen jeweils an gebauten OWEA erreicht werden kann und ob es durch die Anzahl auftretender Individuen und/oder das Verhalten auch nur weniger Individuen zu einer – gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG – verbotenen Verletzung bzw. Tötung kommt.

Bei den nicht beabsichtigten, zufälligen Tötungshandlungen – wie es Fledermauskollisionen an WEA sind – tritt dieser Verbotstatbestand jedoch nur ein, wenn sich durch eine Anlage das Tötungsrisiko für eine betroffene Art „in signifikanter Weise erhöht“ (BVerwG, Urteil vom 09. Juli 2008, Rn. 91). Zu der Frage, ab wann diese Signifikanzschwelle bei Fledermauskollisionen an einer WEA erreicht bzw. überschritten wird, stellt das OVG Magdeburg fest, dass die Signifikanzschwelle „bei 1-2 toten Fledermäusen pro Jahr [...] noch nicht erreicht“ sei (OVG Magdeburg, Urteil vom 16.05.2013 AZ 2 L 80/11, Rn. 24 sowie AZ 2 L 106/10 Rn. 22 sowie Beschluss vom 4. Juni 2013, Rn. 8). In diesem Urteil gibt das Gericht zudem den Hinweis, dass eine artspezifische, projektbezogen festzustellende Signifikanzschwelle überschritten ist, wenn auf einer „hinreichend gesicherten Tatsachenbasis feststehen, dass gerade an dem konkreten Standort der zu errichtenden Windkraftanlagen und nicht nur in

dessen näherer und weiterer Umgebung zu bestimmten Zeiten [kollisionsgefährdete Tiere] in einer Zahl auftreten, die Kollisionen von mehr als nur einzelnen Individuen mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten lassen.“ (OVG Magdeburg, Urteile vom 16.05.2013 AZ 2 L 80/11, Rn. 23, sowie AZ 2 L 106/10 Rn. 21 sowie Beschluss vom 4. Juni 2013, Rn. 7). Zudem muss für einen Verstoß gegen das Tötungsverbot die „Zahl der potentiellen Opfer eine Größe überschreiten, die mit Rücksicht auf die Zahl der insgesamt vorhandenen Individuen einer Population sowie die Zahl der Individuen, die ohnehin regelmäßig dem allgemeinen Naturgeschehen [...] zum Opfer fallen, überhaupt als nennenswert bezeichnet werden kann“. Die Opferzahl muss jedoch „nicht so groß sein, dass sie sich bereits auf die Population als solche auswirkt“ (OVG Magdeburg, Urteile vom 16.05.2013 AZ 2 L 80/11, Rn. 24 sowie AZ 2 L 106/10, Rn. 22 sowie Beschluss vom 4. Juni 2013, Rn. 8). Nach dieser Auffassung stellt das Gericht die Signifikanzschwelle auch in einen Bezug zur Populationsgröße einer Art, während es das Tötungsverbot dennoch nicht erst als verwirklicht ansieht, wenn es zu negativen Auswirkungen auf die jeweilige Population kommt.

Gemäß dieser gerichtlichen Auslegung würden WEA, an denen pro Jahr 2 oder mehr Fledermäuse einer Art verletzt oder getötet werden, voraussichtlich bereits gegen das Verbot des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG verstoßen. In einigen Regionen wird der Schwellenwert auf weniger als 1 Individuum pro WEA und Jahr festgelegt (z.B. Landkreis Aurich, Landkreis Wittmund u.a.).

Das Aktivitätsniveau an konkret zu untersuchenden Standorten und das tatsächliche Verhalten von Fledermäusen an OWEA werden demnach entscheidend dafür sein, ob eine hohe Kollisionswahrscheinlichkeit von einer die Signifikanzschwelle überschreitenden Individuenzahl besteht.

Das (z.B. bei Onshore-WEA gemäß RENEBAK akustisch ermittelte) Aktivitätsniveau von Fledermäusen an einem WEA-Untersuchungsstandort kann auf unterschiedliche Weise einen erhöhten – also hinsichtlich des daraus resultierenden Kollisionsrisikos kritischen - Wert erreichen. Denn dadurch, dass es sich bei einer Anzahl „zu erwartender Kollisionsopfer“, die nicht direkt durch eine Ermittlung tatsächlicher Kollisionseignisse bestimmt wird, sondern aus anderen Messdaten abgeleitet wird (z.B. Onshore gemäß RENEBAK aus akustischen Aufnahmen), handelt es sich um eine statistische Größe. Onshore ist es so, dass erst eine mehr oder weniger große Zahl von akustischen Fledermausaufnahmen (unter Berücksichtigung weiterer Parameter wie Wetter, Standort, Jahreszeit) zu einem zu erwartenden Kollisionsopfer führt (BRINKMANN et al. 2011). Für jede akustische Registrierung wird also eine statistisch zu erwartende Anzahl verunglückter Fledermäuse berechnet, die (Onshore) immer (sehr deutlich) unter 1 liegt. Um ein statistisch auftretendes Fledermauskollisionsopfer zu erreichen, ist es nach dem für Onshore-WEA etablierten Verfahren (BRINKMANN et al. 2011) dementsprechend erforderlich eine gewisse Summe an gemessenen Registrierungen (z.B. akustische Fledermausrufaufzeichnungen) zu erreichen. Dabei ist es – da von einem sehr geringen Zulässigkeitswert von Kollisionsopfern pro WEA und Jahr auszugehen ist (s.o.) – möglich, dass eine kritische Anzahl an Registrierungen bzw. das kritische Aktivitätsniveau summarisch über eine längere Zeitspanne (mehrere Nächte bis hin zu mehreren Wochen/Monaten) oder durch (ggf. auch nur vereinzelt auftretende) intensive Ereignisse in kürzeren Zeitspannen (mehrere Minuten bis Stunden innerhalb einer Nacht) erreicht werden. Ersteres wäre der Fall, wenn ein Untersuchungsstandort in einem Bereich der Frühjahrs- und/oder Spätsommernmigration von Fledermäusen liegt und in jeder geeigneten Nacht

einige (mehr oder wenige nur „vorbeifliegende“) Fledermäuse als „Aktivität“ registriert werden. Sehr hohe „Aktivitäten“ in kurzer Zeit können dagegen von Individuen verursacht werden, die sich über in einem zeitlich unmittelbaren Zusammenhang im Registrierungsbereich (z.B. einer Mikrofonreichweite) aufhalten.

Der zuerst genannte Fall – eine Aufsummierung von „Aktivitätswerten“ über längere Zeiträume - ist dabei zunächst im Wesentlichen von den Ausgangsbedingungen des jeweiligen betrachteten Raumes (Standorts) abhängig, wobei sich durchaus nach der Realisierung eines Projektes durch derzeit nicht bewertbare Anlock- oder Meidewirkungen von OWEA auch Veränderungen eines ursprünglichen (natürlichen) Niveaus einstellen können. Signifikanzschwellenüberschreitungen könnten somit auch erst nach Realisierung eines Vorhabens feststellbar sein.

Ob und in welchem Umfang kurzzeitige, jedoch intensive Aktivitätsspitzen durch jeweils einzelne bzw. wenige Individuen an einem Standort auftreten werden, ist im Vorhinein nicht vorhersagbar. Hier ermöglichen die Ergebnisse von Batmove jedoch eine erste Einschätzung: Die durchgeführten bioakustischen Langzeituntersuchungen an kleineren Offshore-Objekten (d.h. Tonnen in der Ostsee) zeigen, dass dort offenbar kaum Erkundungsverhalten auftritt (vgl. Kapitel 3.3.3 und 3.4.3). Derartige Objekte haben somit wohl keine besondere Attraktionswirkung auf migrierende Fledermäuse, die ein länger andauerndes Erkundungsverhalten auslösen würde. An den größeren und strukturreichen untersuchten Objekten (FINO-Plattformen, Leuchtturm Alte Weser, Plattform Arkona; vgl. Kapitel 3.3.3 und 3.4.3) wurden dagegen aus den akustischen Daten mehrere besetzte Minutenintervalle pro Individuum ermittelt, was ein klares Indiz für ein stattfindendes Erkundungsverhalten ist. Ein derartiges Verhalten an größeren Offshorestrukturen steht dabei auch im Einklang mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (z.B. AHLÉN et al. 2009).

Ab welchem Aktivitätsniveau ein Erfüllen von artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen zu erwarten ist, kann daher bislang nur für einzelne, bereits errichtete OWEA-Standorte bzw. Gruppen eng benachbarter OWEA abgeschätzt werden (derzeit per Gutachtereinschätzung, vgl. Kapitel 6).

Die Frage, inwieweit die in Batmove festgestellten Fledermausaktivitätsniveaus grundsätzlich geeignet erscheinen, gerichtlich definierte Signifikanzschwellen geschädigter Fledermausindividuen zu überschreiten, kann daher nur grob hypothetisch beantwortet werden.

Hier soll zunächst die gerichtliche Definition – das 1-2 Fledermauskollisionen/WEA/Jahr noch nicht die Verbotstatbestände des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG erfüllen – zugrunde gelegt werden. Davon ausgehend wird angenommen, dass eine Kollision von 2 Fledermäusen einer Fledermausart je WEA und Jahr das Erreichen der Signifikanzschwelle des Verletzungs- und Tötungstatbestandes bedeuten kann.

Dieser Wert ist somit derart gering, dass in der Theorie nicht ausgeschlossen werden kann, dass bereits das Eintreffen von lediglich zwei Individuen einer Art im Gefahrenbereich einer (drehenden) WEA dazu führen könnte, diese Signifikanzschwelle zu erreichen. Da das Risiko von Kollisionen mit der Anzahl an (z.B. akustisch messbaren) Aktivitäten bzw. der Aufenthaltszeit im Gefahrenbereich positiv korreliert ist (BRINKMANN et al. 2011), würden zwar zügig durch den WEA-Gefahrenbereich fliegende Individuen vermutlich nicht zu 100% kollidieren. Sobald diese Individuen jedoch in eine Interaktion mit der WEA treten und diese

z.B. längere Zeit zur Erkundung umfliegen und dabei eine größere Zahl an Flügen auch den Gefahrenbereich der Rotoren bzw. den Bereich stärkerer Wirbelschleppen betreffen, so würde sich das individuelle Risiko dieser Tiere schnell erhöhen. Längere Aufenthaltszeiten im Rotorbereich sollten immer (im Falle eines durchgeführten akustischen Fledermausmonitorings) auch zu einer höheren Anzahl an Registrierungen führen. Eine höhere Anzahl an Registrierungen von Fledermäusen im Gondelbereich erhöht statistisch immer die zu erwartende Zahl an verunglückten Fledermäusen (BRINKMANN et al. 2011).

Da bisher unbekannt ist, wie viele einzelne Individuen, die auf eine OWEA treffen, statistisch ein derartiges (zudem womöglich witterungsabhängiges) Verhalten mit einem längeren Aufenthalt im Gefahrenbereich zeigen, ist es zurzeit nicht möglich ein „kritisches Aktivitätsniveau“ anzugeben. Im ungünstigsten Fall würde ein kritisches Niveau bereits deutlich unter einer Anzahl von 2 in Gondelhöhe aufgenommenen Fledermausrufaufnahmen erreicht werden können. Denn bei einem an der Gondel einer OWEA angebrachten Mikrofon ist zu berücksichtigen, dass insbesondere die Ortungsrufe der offshore am häufigsten im Projekt festgestellten Rauhaufledermaus eine Reichweite haben, die deutlich geringer ist als die Rotorlänge moderner OWEA. Bleibt man beispielhaft bei den Rufen der Rauhaufledermaus, die eine Haupttruffrequenz von ca. 40 kHz aufweisen, so kommt es u.a. durch Luftabsorption, Brechung und Streuung dazu, dass die Fledermausrufe selbst bei optimaler, direkter Ausrichtung auf das Mikrofon rechnerisch bereits nach einer Strecke von ca. 17 bis 20 m nicht mehr von Detektoren aufgezeichnet werden, da die Schallenergie am Mikrofon dann bereits unterhalb der Auslöseschwelle der Aufnahmetechnik liegen kann (s. RUNKEL 2020). Da der Rotorradius einer modernen OWEA aber bereits heute etwa 67 bis 87 m beträgt (s. auch Kapitel 5.4.3) sind die Rotorblätter somit etwa 4- bis 5-mal länger als die Entfernung, ab der eine Rauhaufledermaus von einem am OWEA-Mast oder -Gondel angebrachten Erfassungsmikrofon überhaupt erst aufgezeichnet werden könnte. Bei der beispielhaften Zahl der zwei aufgenommenen Fledermausrufe kann die tatsächlich im potenziellen Gefahrenbereich einer OWEA aufgetretene Anzahl an Individuen oder deren dortige Aufenthaltslänge dementsprechend womöglich bereits (erheblich) unterschätzt werden. Um diese Problematik aufzulösen, wäre es erforderlich, die Rate zwischen erhobenen Fledermausregistrierungen und den daraus resultierenden tatsächlichen Kollisionsopfern neu zu bestimmen. Der naheliegendste Ansatz dazu wäre – analog zum derzeitigen Vorgehen bei Onshore-Windenergieanlagen – die Aktivität von Fledermäusen anhand von bioakustischen Untersuchungen zu bestimmen. Hierbei wäre es aber vermutlich auf Grund der sehr großen Rotorlängen – die weit über die Aufnahmedistanz der Ultraschallrufe der meisten offshore aktiven Tiere hinausgeht – notwendig, Daten von mehreren Mikrofonpositionen mit in eine Risikoberechnung einfließen zu lassen oder die Position eines eingesetzten Mikrofons weg von der WEA-Gondel – z.B. an den Turm in Höhe der unteren Rotorspitze – zu verlagern. Ziel wäre dabei immer, eine bestmögliche und vertretbare statistische Sicherheit in einer Hochrechnung zu erwartender Kollisionen zu erreichen. Diese dürfte erwartungsgemäß dann am größten sein, wenn von den Aufnahmesystemen große Bereiche des Rotorbereiches und darunter ggf. auch die Haupt-Aktivitätsräume der Fledermäuse nicht von einer (akustischen) Aktivitätserfassung abgedeckt wären. Eine besondere Herausforderung würde dabei die – parallel zur Erfassung von Fledermausaktivitäten notwendige – Erfassung tatsächlich auftretender Kollisionsoffer darstellen, die auf See nicht analog zu Onshore-WEA durch eine manuelle Nachsuche verunfallter Tiere (BRINKMANN et al. 2011) gelöst werden kann, da dort Kollisionsoffer ins Meer fallen und z.B. durch verdriften oder untergehen unauffindbar werden. Über an OWEA

auftretenden Fledermauskollisionsoffer ist – vermutlich auf Grund dieser Tatsache nichts bekannt. Um das etwaige Kollisionsgeschehen an OWEA wird es daher erforderlich sein, andere Methoden zu nutzen oder zu entwickeln. Hierbei könnte insbesondere an bestehenden OWEA erprobt werden, inwieweit z.B. durch visuelle Untersuchungen (z.B. mit Einsatz von am Markt befindlichen Systemen zur Detektion von WEA-Tierkollisionen) eine Aufklärung eines tatsächlich bestehenden Kollisionsgeschehens möglich ist.

5.4.2 Bewertung des Ausmaßes der Fledermausmigration in der Nordsee

Auf Basis der Ergebnisse der akustischen Erfassungen im Rahmen von Batmove sowie der Untersuchungsergebnisse anderer Autor*innen wurde unter Annahme eines Aktivitätsgradienten für den Nordseebereich aufbauend auf die seerechtliche Zonierung Bereiche (Zonen) mit unterschiedlichen Aktivitätsniveaus abgeleitet (vgl. 5.3.1). Die Überlegungen zur artenschutzrechtlichen Relevanz von Aktivitätsdaten (5.4.1) ermöglichen es nun, überschlägig eine erste Abschätzung zu treffen, in welchen Räumen der Nordsee aufgrund des Ausmaßes der Fledermausmigration artenschutzrechtliche Konfliktsituation eher entstehen könnten. Diese sind als gutachterliche Einschätzung zu verstehen.

Für die Zone I (Innere Gewässer mit küstennahen Inseln) und Zone II (in etwa Küstenmeer) wurde ein hohes Aktivitätsniveau abgeleitet. Hier dürften die Aktivitätsniveaus mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit artenschutzrechtlich relevant sein.

Für die Zone III (in etwa Anschlusszone) wurde das Aktivitätsniveau als mittelhoch klassifiziert. Dieser Seebereich stellt womöglich im Hinblick auf artenschutzrechtlich relevanten Fledermausschlag einen Bereich dar, in dem die für WEA an Land gerichtlich definierte Signifikanzschwelle und gegebenenfalls mit größeren Schwankungen zwischen einzelnen Jahren regelmäßig erreicht werden könnte. So wurden an FINO 1 im Jahr 2017 maximal (an einem von 2 Mikrofonen) insgesamt 18 besetzte Minutenintervalle registriert (bei 44 Rufaufnahmen), während es im Jahr 2018 lediglich 6 Minutenintervalle (bzw. 12 Rufaufnahmen) waren. In der Summe gehen wir davon aus, dass zumindest an einzelnen OWEA vermutlich Aktivität in relevanter Größenordnung auftritt, die sich jedoch voraussichtlich auf wenige Nächte eines Jahres beschränken dürfte. Ob eine artenschutzrechtliche Relevanz gegeben ist, wird voraussichtlich stark von projektspezifischen Daten geplanter OWEA (z.B. sehr geringe Rotorhöhe, küstennaher Standort) sowie dem noch unbekannten Verhalten (insb. der Verweildauer in Rotor-Gefahrenbereichen) einzelner Individuen abhängen.

Aufgrund der Tatsache, dass im „Küstenmeerstreifen“ der Untersuchungsstandort Helgoland und im westlich daran anschließenden weiteren 12 Seemeilenstreifen der Standort FINO 1 die jeweils einzigen Untersuchungsstandorte in einem jeweils ca. 7,5 bis 8 Tausend km² großen Nordseegebiet darstellen, wird deutlich, dass dieses Gebiet noch nicht ausreichend durch Untersuchungsstandorte repräsentiert sein kann und hier ein weiterer Forschungsbedarf gesehen wird.

Für Zone IV (weitgehend Ausschließliche Wirtschaftszone) wurde ein geringes Aktivitätsniveau abgeleitet. Das Aktivitätsniveau von Fledermäusen wird in dieser Zone an einzelnen OWEA und unter heutigen Bedingungen vermutlich keine relevanten Größenordnungen erreichen. Nur in dem Fall, dass sich das bisher noch ungeklärte Verhältnis zwischen akustisch messbaren Fledermausaktivitäten und OWEA-Schlagereignissen als äußerst hoch

herausstellen sollte, wäre eine artenschutzrechtliche Relevanz zu erwarten, die sich jedoch dann absehbar auf wenige konfliktträchtige Nächte eines Jahres beschränken dürfte und zudem auch sehr stark von projektspezifischen Daten geplanter OWEA (z.B. einer sehr geringen Rotorhöhe) abhängen dürfte.

Langfristig könnten durch den großskaligen Offshore-Windausbau in der Nordsee zudem auch Veränderungen im Verhalten von Fledermäusen auftreten. So könnten sich durch Entstehung von windärmeren Zonen in den Windschattenbereichen großer Windparke - den so genannten Wake-Effekt (Nachlauf-Effekt) - Fledermäuse zu Windparks hin orientieren oder innerhalb von Windparks eine (sehr) unterschiedlich verteilte Kollisionsgefahr entstehen. Da der Wake-Effekt vermutlich in den windärmeren „Hauptmigrationsnächten“ der Fledermäuse nur schwach ausgeprägt ist und Windparke generell auf geringe Nachlaufeffekte optimiert werden, um sich nicht gegenseitig zu „verschatten“, wird ein (angenommener) relevanter Effekt auf die Fledermausaktivität von BOONMAN (2018) bezweifelt, wenn auch Untersuchungen dazu fehlen. Langfristige Veränderungen im Fledermausmigrationsverhalten könnten auch durch die projektierte Schaffung künstlicher Offshore-Versorgunginseln („künstliche Nordsee-Windstrominsel“, „Energieinseln“, siehe <https://www.erneuerbareenergien.de/investoren-stehen-bereit-fuer-kuenstliche-nordsee-windstrominsel> Tilman Weber vom 25. Mai 2020 und „Beyond the waves“, siehe <https://northseawindpowerhub.eu/> abgerufen am 24.05.2021) eintreten, da hierdurch völlig neue Trittsteine auch in bisher offenen Nordseegebieten (z.B. Doggerbank) geschaffen würden.

5.4.3 Bewertung des Ausmaßes der Fledermausmigration in der Ostsee

Die Ergebnisse der akustischen Erfassungen im Rahmen von Batmove deuten im Frühjahr auf eine homogene Aktivität hin, während im Spätsommer an einigen Standorten (Großtonne Fehmarn Belt, Tonne E69) höhere aus den Akustikdaten ermittelte Individuenzahlen als an den anderen Standorten festgestellt wurden (vgl. 5.3.2). Aus gutachterlicher Sicht erscheint das Aktivitätsniveau im Bereich der Ostsee insgesamt hoch. Am Beispiel der Standorte „Tonne E69“ und „Tonne E70“ erfolgte die überschlägige Hochrechnung der Erfassungsergebnisse auf eine definierte Strecke, um eine Aussage zur Größenordnung der wandernden Individuenzahlen zu treffen (vgl. 5.3.2).

Die vorliegenden Erkenntnisse zum allgemeinen Aktivitätsniveau und das in Form einer Hochrechnung überschlägig ermittelte Ausmaß erlauben auf Basis der Überlegungen zur artenschutzrechtlichen Relevanz von Aktivitätsdaten (5.4.1) eine erste Einschätzung, inwieweit aufgrund des Ausmaßes der Fledermausmigration artenschutzrechtliche Konfliktsituation entstehen könnten.

Aufgrund des im Bereich der gesamten Ostsee festgestellten Aktivitätsniveaus kann ein Überschreiten des für WEA an Land festgestellten Signifikanzschwellenwertes von zwei Kollisionsopfern/WEA/Jahr nicht ausgeschlossen werden. Das festgestellte Aktivitätsniveau lag in sieben vollständigen Untersuchungsperioden (Frühjahrs- und Spätsommerzeitraum eines Jahres) sechsmal bei Werten zwischen 31 (Tonne DS-W) und 187 (FINO 2 Mikro 2) mit Fledermausrufen besetzten Minutenintervallen. Lediglich am Standort „Plattform Arkona“ wurde in der Untersuchungsperiode 2018 ein im Vergleich geringer Wert von 6 besetzten Minutenintervallen ermittelt. Auch am 40 km weit vom deutschen Festland entfernt liegenden

Standort FINO 2 wurden noch hohe Aktivitäten (insgesamt 289 besetzte Minutenintervalle im Erfassungsjahr 2018) festgestellt. Das Artenspektrum war dabei von der nur in geringer Distanz detektierbaren Raufhautfledermaus dominiert (s. hierzu Kapitel 6). Das Aktivitätsniveau kann somit vermutlich in der gesamten westlichen Ostsee - bzw. dem Bereich geplanter oder bestehender Windparke – regelmäßig artenschutzrechtlich relevante Größenordnungen erreichen.

Nachfolgend soll dargestellt werden, was das an den Tonnen „E69“ und „E70“ festgestellte akustische Fledermaus-Aktivitätsniveau bzw. die geschätzte Zahl im Frühjahr migrierender Fledermäuse in Bezug auf Offshore-Windenergienutzung bedeuten kann.

Dazu soll zunächst überlegt werden, wie viele Fledermausaktivitäten bzw. Fledermausdurchflüge auf der gesamten Breite einer Offshore-WEA zu erwarten wären, wenn sich diese Anlage am Standort der Tonnen E69 und E70 befinden würde. Am Standort der genannten Tonnen wurden im Mittel – wie zuvor abgeleitet – 18,7 Individuen in einer maximal 20 m weit reichenden Entfernung aufgezeichnet. Eine OWEA weist aktuell einen Rotordurchmesser zwischen 135-174 m auf. Im Jahr 2018 neu zugebaute Offshore WEA hatten einen Rotordurchmesser von 141 m (Datenquelle: [Fraunhofer IEE], http://windmonitor.iese.fraunhofer.de/windmonitor_de/4_Offshore/2_technik/1_Anlagengroesse/ abgerufen im Januar 2021). Auf der Baubreite von 141 m einer einzigen derartigen OWEA würden rechnerisch pro Jahr demnach ca. 131 Individuen zu erwarten sein. Da die zu Grunde liegenden akustischen Daten von Tonnen stammen, beschränkt sich die Annahme der insgesamt zu erwartenden Fledermausaktivitäten auf den Bereich der Wasseroberfläche bis in eine Höhe von z.B. bei der Raufhautfledermaus von etwa 17 bis 20 m (s.o.). Dies umfasst damit nicht diejenigen Fledermäuse, die tatsächlich in einem (gedachten) WEA-Rotorbereich fliegen, was aber hier auch keine Rolle spielen soll, denn ohne eine Berücksichtigung der derzeit nicht bekannten, unvorhersagbaren Verhaltensänderungen auch zunächst niedrig fliegender Fledermäuse beim Auftreffen auf eine OWEA lässt sich eine Schätzung eines Kollisionsrisikos ohnehin nicht zu. Deshalb wird auf dem derzeitigen Wissensstand für diese theoretische Betrachtung davon ausgegangen, dass alle offshore aktiven Fledermäuse – auch die niedrig an Tonnen aufgezeichneten Tiere – auch eine Relevanz hinsichtlich eines möglichen Kollisionsrisikos haben können. Die oben angegebene grobe Schätzung der in der Baubreite einer OWEA zu erwartenden Aktivitäten bezieht sich aber dennoch zunächst nur auf den Bereich einer vereinfachten zweidimensionalen Mikrofonreichweite von 20 m in der Horizontalen, die bis in eine Höhe von maximal 17 bis 20 m reicht.

Anhand dieser geschätzten Anzahl der im wasseroberflächennahen Querschnitt einer OWEA-Bauwerksbreite soll allein deutlich gemacht werden, dass hinter einer zunächst recht klein erscheinenden Anzahl von 20,3 mit Fledermausrufen besetzten Minutenintervallen bzw. 18,7 daraus ermittelten Individuen an einem Untersuchungsstandort eine erhebliche Zahl an möglichen Individuen stehen kann, die die küstenferneren Meeresflächen der Ostsee im Zuge ihrer Fernwanderungen frequentieren. Somit besteht eine hohe Relevanz der Artengruppe der Fledermäuse im Zusammenhang mit der Planung und dem Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen bzw. Offshore-Windparks.

Die Frage, ob Windparkflächen in etwaig existierenden, aber zurzeit noch nicht bekannten, „besonderen Migrationskorridoren“ von Fledermäusen liegen (vgl. hierzu Kapitel 3.4.4), ist aus Sicht einer standortplanerischen Konfliktermittlung und der Planung von

Minderungsmaßnahmen für die Fledermausfauna immer noch wichtig und gemäß Urteil des OVG Magdeburg (s.o.) auch stets projekt- oder standortspezifisch zu klären. Es spricht jedoch vieles dafür, dass das auf der Ostsee an nahezu allen betriebenen Standorten festgestellte (akustische) Aktivitätsniveau eine signifikante Gefährdung von Fledermäusen durch WEA-Schlag (mit max. zwei Fledermauskollisionen/WEA/Jahr) grundsätzlich eintreten lassen könnte.

Welche Anzahl an zu erwartenden Kollisionsopfern aus den gemessenen Fledermausaktivitäten tatsächlich resultiert, kann nicht vorhergesagt werden. Hierzu fehlen von den Meeresflächen grundlegende Informationen zu den Flughöhen der Tiere während der Migration und zum Umfang der Interaktion einzelner Tiere mit den OWEA (z.B. Änderung der Flughöhe, längere Verweildauer im potenziellen Gefahrenbereich). Diese Problematik soll nachfolgend – auch unter entsprechenden Feststellungen aus Onshore-Untersuchungen - eingehender betrachtet werden.

Dass offshore ein Erkundungsverhalten gegenüber Strukturen (z.B. Bauwerken) auftritt, wird durch die Batmove-Ergebnisse klar belegt (vgl. Kapitel 3.4.3) und auch von anderen Autor*innen beschrieben (u.a. CRYAN et al. 2014, BRABANT et al. 2019a). Unbekannt ist jedoch, wie hoch der Anteil derjenigen Tiere ist, die ihr Verhalten entsprechend verändern, sobald sie auf eine OWEA treffen. Von dieser Verhaltensänderung hängt jedoch – wie bereits erwähnt wurde – die Verweildauer an der Anlage ab und damit (bei laufenden Rotoren) auch das individuelle Risiko, von der Anlage verletzt oder erschlagen zu werden. Unbekannt ist auch, ob OWEA oder große OWP eine spontan auftretende oder sich langfristig entwickelnde Lockwirkung aufweisen können, was einer „ökologischen Falle“ entsprechen würde.

Von diesen Faktoren wäre einzig eine sehr niedrige und sich im OWEA-Umfeld auch nicht relevant ändernde Flughöhe der Tiere dazu geeignet, eine geringere Risikoeinschätzung der Kollisionsgefahr herbeizuführen, was jedoch nicht wahrscheinlich erscheint. Schließlich befanden sich mehrere Aufnahmegeräte des Projektes (z.B. auf den FINO-Plattformen) in Höhen von mehr als 10 m über dem Meeresspiegel. ECOCOM (2015) und BRABANT (2018) wiesen an OWEA auch in Nabenhöhe Fledermäuse nach. Von AHLÉN et al. (2003) liegen Beobachtungen von Abendseglern an OWEA vor, die von einer eher niedrigen Flughöhe dicht über der Wasseroberfläche bis in Höhe der Turbine aufstiegen. Anflüge sowie das Ablesen von Insekten wurden ebenfalls beobachtet.

Aus fachlicher Sicht gehen wir aus nachfolgenden Gründen jedoch offshore eher von einem höheren Kollisionsrisiko als an Land aus:

- Der Lebensraum ist nahezu frei von natürlichen Strukturen und bietet im Betrachtungsraum keinerlei natürliche Rastmöglichkeiten. Es wird dabei davon ausgegangen, dass Strukturen wie OWEA deshalb in höherem Maße von Fledermäusen erkundet werden könnten, als dies bei entsprechenden vertikalen Strukturen in einem strukturreicheren Lebensraum (Onshore) der Fall sein könnte, denn die Fledermäuse befinden sich während des Aufenthalts über der Meeresfläche auf der Wanderung durch eine für sie lebensgefährliche Umgebung, in der Möglichkeiten für Wanderungspausen normalerweise auf wenige Inseln beschränkt sind oder vollständig fehlen. Es ist davon auszugehen, dass – insbesondere nach bereits überwandener längerer Flugstrecke durch eine quasi strukturfreie Umgebung auftauchende – Strukturen eine vergleichsweise hohe Attraktivität aufweisen. Hierfür spricht, dass wir an größeren und strukturreichen

Untersuchungsstandorten (Leuchtturm Alte Weser und Plattformen) deutliche Hinweise auf Erkundungsverhalten gefunden haben (vgl. Kapitel 3.4.3). Auch die akustischen Hinweise und Beobachtungen von an OWEA übertagenden Fledermäuse stehen damit im Einklang (vgl. Kapitel 3.4.3 und 2.2.7, AHLÉN et al. 2009 u.a.).

- Es bestehen Hinweise, dass Fledermäuse durch Licht angelockt werden. Insofern könnte auch die Nachtbefeuerung der Offshore-WEA einen zusätzlichen Anlockeffekt bewirken (VOIGT et al. 2017).
- Zwar wird voraussichtlich an Offshore-WEA bei weitem nicht eine so hohe Anzahl an Fledermausregistrierungen erreicht werden, wie dies an WEA an Land (insbesondere im Nordostdeutschen Tiefland) der Fall ist, wo durchaus pro Jahr mehrere 1.000 Rufe im Gondelbereich aufgenommen werden können (GÖTTSCHE, unveröff. Fachgutachten). Jedoch ist das Artenspektrum im Offshore-Bereich der Ostsee offenbar deutlich zu den weniger weit detektierbaren Arten der Gattung *Pipistrellus* (s. WEBER et al. 2018) verschoben. Die über vergleichsweise weite Entfernungen detektierbaren Arten mit niedrigfrequenten Ultraschallrufen (Abendsegler, Kleinabendsegler, Artengruppe Nyctaloid) machen – mit einem Anteil von weniger als 7 % aller mit Fledermäusen besetzter Minutenintervalle – anders als an den meisten Festlanduntersuchungsstandorten in Nordostdeutschland nicht den Hauptteil der erfassten Arten bzw. Artengruppen aus. BACH et al. (2020a) ermittelten beispielsweise, dass für die Rauhaufledermaus im langjährigen Durchschnitt an WEA an Land im Küstenraum Nordwestdeutschlands bereits nach jeder 25. Aktivitätsminute (gemessen an der WEA-Gondel bei Nabenhöhen zwischen 60 und 138 m) mit einem Kollisionsoffer dieser Fledermausart gerechnet werden muss.
- Der rotorfreie Raum zwischen Wasser- bzw. Geländeoberfläche und dem niedrigsten Rotorpunkt (auch als Rotorhöhe bezeichnet, s. Abbildung 5-4) muss bei OWEA eine Minimalhöhe von 20 m haben, an Land ist der rotorfreie Raum oft deutlich höher (22 bis 98 m, vgl. Tabelle 5-2). In einigen Windparks der Ostsee beträgt die Rotorhöhe 20 bis 30 m (s. Tabelle 5-2, vgl. auch Abbildung 5-5). Untersuchungen zu den Einflüssen von WEA-Parametern auf die zu erwartenden Kollisionszahlen an WEA an Land ergaben für die Nabenhöhe und die Rotorhöhe (rotorfreier Raum) einen signifikant negativen Effekt. Mit ansteigender Nabenhöhe bzw. Rotorhöhe nahm – bei gleichbleibender Fledermausaktivität, gleicher Windgeschwindigkeit und gleichem Rotordurchmesser – die Schlagrate von Fledermäusen ab (ARNETT et al. 2008, NAGY et al. 2018).

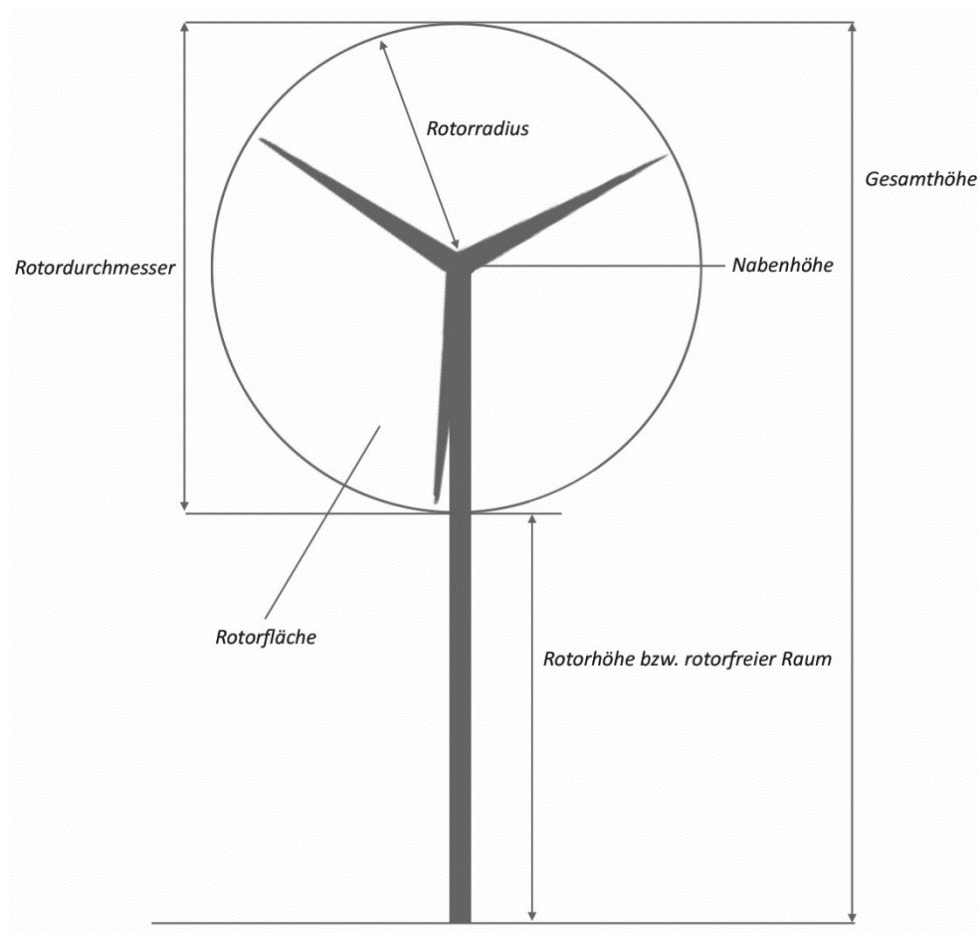


Abbildung 5-4: Schematische Darstellung einer Windenergieanlage mit ihren wichtigsten Bemaßungsbegriffen

Tabelle 5-2: Technische Kenngrößen von aktuellen und zukünftigen OWEA (Auswahl) und WEA aus den Onshore-Fledermausstudien RENEBAT I bis III

WEA-Typ	Windpark	Rotor-durch-messer [m]	Rotor-fläche [m²]	Nabenhöhe [m]	Rotorhöhe [m]	Erhöhung der zu erwartenden Schlagopferzahl gegenüber RE-NEBAT*
AREVA WIND M5000-135	Wikinger	135	14.378	97,55	29,9	3,7
Siemens Gamesa SWT-6.0-154	Arkona Becken Südost	154	18.627	102	25	4,8
MHI Vestas V174-9,5 MW	Arcadis Ost 1 (gem. Genehmigung vom 31.03.2021)	174	23.779	107	20	6,2

WEA-Typ	Windpark	Rotor-durch-messer [m]	Rotor-fläche [m²]	Nabenhöhe [m]	Rotorhöhe [m]	Erhöhung der zu erwartenden Schlagopferzahl gegenüber RE-NEBAT*
GE Haliade X	12 MW-Test-anlage Rotterdam Hafen	220	38.013	150 (?) Testanlage Rotterdam 138	40 (?) Testanlage Rotterdam 28	9,9
Enercon E70	RENEBAT I	70	3.848	57, 64, 75, 85, 98, 114	22 - 79	-
Enercon E82	RENEBAT I-III	82	5.281	78, 84, 85, 98, 108, 138	37 - 97	-
Enercon E101	RENEBAT III	101	8.012	99, 124, 135, 149	48,5 – 98,5	-

* gemäß BEHR & RUDOLPH (2013): angepasste Schlagopferzahl = $K \times d^2$ (Flächenkorrekturfaktor $K = 0,000204$, d = Rotordurchmesser der WEA). Der Korrekturfaktor wurde für nicht in den RENEBAT-Projekten voruntersuchte WEA entwickelt und kann deshalb nicht für die in den Projekten RENEBAT I-III untersuchten Anlagen angewendet werden.

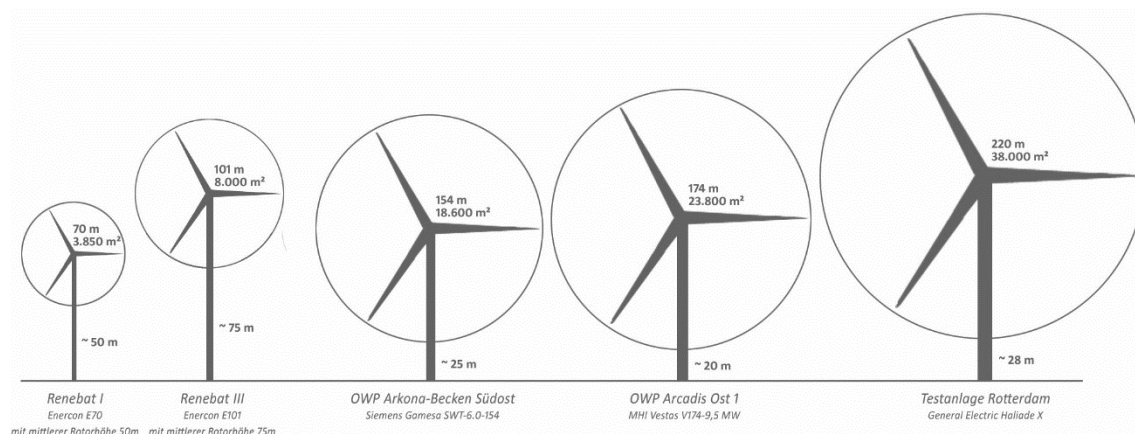


Abbildung 5-5: Schematische Darstellung aktueller und zukünftiger OWEA (Auswahl) und WEA aus den Onshore-Fledermausstudien RENEBAT I und III

So wie sich mit moderneren und leistungsfähigeren OWEA-Typen mit zunehmender Rotorlänge der rotorfreie Raum auf das minimal zulässige Maß von 20 m zu verringern scheint (s. Tabelle 5-2, genehmigter OWP Arcadis Ost 1), vergrößert sich mit der zunehmenden Rotorblattlänge gleichzeitig ein weiteres wichtiges Maß für die Zahl zu erwartender Fledermauskollisionen: die vom Rotor überstrichene Fläche. Während diese Fläche zum Zeitpunkt des ersten Projektes von BRINKMANN et al. (2011) für die größten untersuchten WEA-Typen noch ca. 5.281 m² betrug (Enercon E82, Rotordurchmesser 82m), so weisen die o.g. OWEA

bereits eine überstrichene Fläche zwischen 14.377 und 23.778 m² auf, was eine Vergrößerung um die Faktoren 2,7 bis 4,5 bedeutet. Derzeitige Prototypen von WEA der 12 MW-Klasse wie die 12 MW-Offshore Windturbine Haliade X von GE, die 2021 in Serie gehen soll, weisen sogar einen Rotordurchmesser von 220 Meter auf, was einer Fläche von 38.013 m² entspricht und somit um den Faktor 7,2 größer sein wird als die größeren Untersuchungs-WEA aus dem Projektzeitraum der Onshore-Studie (BRINKMANN et al. 2011). Die für diese Anlagen anzuwendenden Anlagen-Korrekturfaktoren für abweichende Rotordurchmesser sind – anders als Nabenhöhe bzw. Rotorhöhe – im Schlagopfer-Prognose- und WEA-Betriebs-Optimierungstool „ProBat“ implementiert. Um selber rechnerisch von den Anlagenparametern aus dem Projekt (durchschn. Rotordurchmesser 70 m) vereinfacht auf die zu erwartende Schlagopferzahl an WEA mit größeren Rotordurchmesser hochrechnen zu können, veröffentlichten BEHR & RUDOLPH (2013) einen einfachen (pragmatischen, nicht auf Felddaten beruhenden) Flächenkorrekturfaktor (K) von 0,000204, der mit d² (d = Rotordurchmesser der WEA) multipliziert die angepasste Schlagopferzahl ergeben sollte. Wendet man diesen (sicherlich groben) Korrekturfaktor zum Beispiel auf OWEA mit einem Rotordurchmesser von 174 m an (z.B. wie im OWP Arcadis Ost 1 vorgesehen, Tabelle 5-2), so könnte allein diese Rotorlänge (bei gleichbleibender Fledermausaktivität, gleicher Windgeschwindigkeit und gleicher Nabenhöhe/Rotorhöhe) im Vergleich zu den Ergebnissen der Studie von BRINKMANN et al. (2011) zu einer Erhöhung der zu erwartenden Schlagopferzahl um den Faktor 6,2 führen (angepasste Schlagopferzahl für die oben genannten OWEA-Typen: siehe Tabelle 5-2).

5.5 Hinweise zur Weiterentwicklung bestehender Untersuchungsstandards

Mit der Veröffentlichung des aktualisierten Standarduntersuchungskonzepts (StUK4, Standard - Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt) durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) im Jahr 2013 wurden erstmalig einheitliche Standards zur Untersuchung von Fledermäusen im Zuge von Offshore-Windenergieprojekten im Bereich der Ostsee (AWZ) veröffentlicht. Diese sehen eine Basisaufnahme in Form der akustischen Erfassung parallel zur nächtlichen Ruferfassung der Zugvögel in windstillen Nächten (bis 3 Bft) in zwei aufeinander folgenden vollständigen Jahrgängen vor (StUK4, S. 40). Die Zugvogelerfassungen sollen an insgesamt sieben Tagen pro Monat während März bis Mai und Mitte Juli bis November, nicht im Block an insgesamt mindestens 50 Untersuchungstagen stattfinden (S. 30). Für die Fledermäuse wird als Zeitraum, in dem die Erfassungen parallel zu den Zugvogelerfassungen durchgeführt werden sollen, Mitte April bis Mitte Juni und Mitte August bis Ende Oktober angegeben (S. 70 ff). Es sind Mindestanforderungen an die zu verwendenden akustischen Erfassungssysteme definiert, die u.a. eine hohe Empfindlichkeit bei 16 bis 25 kHz (Ruffrequenzbereich des Abendseglers, der von einigen Erfassungssystemen am Markt nicht mit hoher Empfindlichkeit abgedeckt wird), die Kalibrierbarkeit und einen Referenzsignalgeber umfassen. Vorgesehen ist die Erfassung von Sonnenuntergang bis zwei Stunden nach Sonnenaufgang in fester Ankerposition mittels drei Mikrofonen. Die Ergebnisse sollen als Artenzahl und Aktivität (Rufsequenzen) im Jahres- und Tagesverlauf sowie im Wetterverschnitt angegeben werden.

Die vorliegenden Erfahrungen aus dem Projekt Batmove geben Hinweise zu Defiziten in den StUK-Vorgaben und deren Umsetzung und ermöglichen nunmehr die zielgerichtete Fortschreibung des Methodenstandards. Demnach sollten aus fachlicher Sicht folgende

Mindeststandards erfüllt werden. Diese sollten naturgemäß nicht nur für die AWZ gelten, sondern analog auch bei OWP-Projekten im Küstenmeer angewandt werden.

Für das Küstenmeer gibt es keine einheitlichen Standards, da die Zuständigkeit bei den Bundesländern liegt. In Mecklenburg-Vorpommern ist keine standardisierte Vorgehensweise z.B. durch einen Erlass oder eine Richtlinie vorgehen. In der Praxis werden Fledermäuse aktuell jedoch insofern weitreichend berücksichtigt, dass die zuständige Genehmigungsbehörde die für WEA an Land entwickelte Richtlinie seit 2019 auch für das Küstenmeer anwendet. Dies betrifft bislang die beiden OWP „Gennaker“ (Genehmigung 2019) und „Arcadis Ost 1“ (Genehmigung 2021). Beim OWP „Gennaker“ ist jeweils ein Betriebsmonitoring für die ersten zwei sowie darauffolgend alle zwölf Jahre vorgesehen (Höhenmonitoring untere Hälfte Rotorraum sowie unterhalb Rotorraum). Im Falle einer signifikanten Erhöhung des Kollisionsrisikos erfolgt die temporäre Abschaltung, um einen Schwellenwert von 2 Schlagopfern je OWEA einzuhalten (Berechnung mittels ProBat-Tool). Der Behörde sind die Nutzungsrechte an den Daten für die behördliche Überprüfung einzuräumen. Zur behördlichen Evaluation kann ein von der Behörde beauftragter unabhängiger Sachverständiger auf Kosten der Genehmigungsinhaberin hinzugezogen werden. Ggf. können die Abschaltzeiten durch einen gesonderten Bescheid angepasst werden. Aufgrund der im Gutachten dargelegten und als gering bewerteten Fledermausaktivität während der Erfassungen 2014 und 2016 wird davon ausgegangen, dass kein erhöhtes Kollisionsrisiko besteht und pauschale Abschaltzeiten im ersten Betriebsjahr somit nicht erforderlich sind. Beim OWP „Arcadis Ost 1“ nordöstlich von Rügen sind für das erste und falls erforderlich auch für das zweite Betriebsjahr pauschale Abschaltzeiten während der Migrationsperioden vorgesehen, von denen abgewichen werden kann, wenn vor Betriebsbeginn durch zusätzliche Erfassung eines Jahres nachgewiesen wird, dass gemäß Aktivitätsindex nach Kepel et al. (2011) keine Abschaltung erforderlich ist. Die restlichen Beauftragungen entsprechen denen vom OWP Gennaker (Höhenmonitoring in den ersten beiden Betriebsjahren sowie darauffolgend alle 12 Jahren; Schwellenwert von 2 Schlagopfern je OWEA).

Im Küstenmeer im Bereich der Nordsee sind zwei Windparke in der Zuständigkeit des Landes Niedersachsens in Betrieb (OWP Riffgat seit 2014 und OWP Nordergründe seit 2017), bei denen Fledermäuse nicht untersucht oder berücksichtigt wurden. Im Küstenmeer des Landes Niedersachsen sind zurzeit keine weiteren OWP geplant.

In den Küstenmeeren des Landes Schleswig-Holstein wurden bislang keine OWP geplant oder genehmigt.

5.5.1 StUK-relevante Empfehlungen

Basisuntersuchung im Bereich der Nordsee

Bislang erfolgt im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für OWEA ausschließlich in der Ostsee eine Basisaufnahme. Im Rahmen des Batmove-Projektes wurden an allen im Nordseebereich untersuchten Standorten regelmäßig Fledermäuse festgestellt. Die Nachweise sind fast ausschließlich den Migrationsperioden zugeordnet. Dies zeigt, dass die Deutsche Bucht im Kontext einer zielgerichteten Wanderung genutzt wird und Fledermausmigration im Rahmen von Batmove (vgl. Kapitel 3.4.5) als auch durch weitere Untersuchungen mittlerweile sicher belegt ist (BACH et al. 2009, HÜPPOP 2009, HÜPPOP & HILL 2016, BACH et al.

2017 u.a.). Der erreichte Kenntnisstand kann nicht die vorhabenspezifische Basisuntersuchung ersetzen. Die vorliegenden Erfassungen sind noch lückenhaft (vgl. AKUSTIK), insbesondere weil zusätzliche Untersuchungsstandorte für ein wissenschaftliches Monitoring fehlen. Vor dem Hintergrund ggf. notwendigen ertragsmindernden Vermeidungsmaßnahmen ist zudem auch aus wirtschaftlichen Gründen eine Vorab-Einschätzung der örtlichen Fledermausaktivität durch eine Basiserfassung erforderlich. Insgesamt ist es aus fachlicher Sicht zwingend notwendig, auch in der Nordsee in gleichem Umfang wie in der Ostsee eine zweijährigen Basisuntersuchung vorzusehen.

Insbesondere bei Windparkplanungen, die nur wenig außerhalb des Küstenmeers angesiedelt sind (vgl. Zonierung 5.3.1), könnten die jährlich auftretenden Fledermausregistrierungen (auf FINO 1 z.B. insgesamt 34 besetzt Minutenintervalle in 2017) durchaus dazu führen, dass die für WEA an Land etablierte artenschutzrechtliche Signifikanzschwelle für Fledermausschlag (max. 2 Individuen/WEA/Jahr) erreicht werden könnte (vgl. Kapitel 5.4.2). Da bislang nicht bekannt ist, welches Verhältnis zwischen akustisch messbaren Fledermausaktivitäten und OWEA-Schlagereignissen besteht, könnten auch die im Rahmen von Batmove nachgewiesenen, eher geringen Aktivitäten im Bereich der Zone IV (entspricht weitgehend der Ausschließlichen Wirtschaftszone; vgl. 5.3.1) z.B. aufgrund bestimmter, das Kollisionsrisiko erhöhender Verhaltensweisen wie Erkundungs- und Rastverhalten abhängig von den projektspezifischen Daten geplanter OWEA (z.B. geringe Rotorhöhe) eine artenschutzrechtliche Relevanz innehaben (vgl. Kapitel 5.4.2).

Basiserfassung von Tonnen aus

Im Rahmen des Batmove-Projektes konnte die Methode der akustischen Dauererfassung an Tonnen etabliert werden. Die an zwölf unterschiedlichen Offshore-Standorten (sechs Tonnen, vier Plattformen, ein Leuchtturm, eine Insel) durchgeführten akustischen Erfassungen zeigen, dass sich Tonnen deshalb besonders als Untersuchungsstandort eignen, weil hier kaum Erkundungsverhalten auftritt. Wir werten dies als ein Zeichen dafür, dass Tonnen keine Attraktions- oder Meidungswirkung auf Fledermäuse entfalten (vgl. Kapitel 3.4.3).

An großen und strukturreichen Erfassungsstandorten (Forschungsplattformen, Leuchtturm) treten dagegen in starkem Maße Erkundungsverhalten auf, was sich in den größeren Unterschieden zwischen den besetzten Minutenintervallen und den aus den akustischen Daten ermittelten Individuenzahlen an den Standorttypen vom Typ „Struktur“ im Vergleich zu Tonne-Standorten zeigt (vgl. Kapitel 3.4.3). Ob von diesen Standorttypen auch in dem Sinne eine Attraktionswirkung ausgeht, dass Fledermäuse aus einem weiteren Umfeld angezogen werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht sicher beantwortet werden. Auch ist nicht bekannt, ob das Ausmaß des Erkundungsverhaltens grundsätzlich an großen Strukturen höher ist oder ob das Ausmaß von bestimmten Kenngrößen der Standorttypen abhängt (z.B. Höhe, Breite, Anzahl und Größe von Kleinstrukturen, Beleuchtung u.a.). Es ist zwar zu erwarten, dass auch an OWEA als eher große und strukturreiche Standorttypen Erkundungsverhalten auftritt (vgl. Kapitel 3.4.3). Rückschlüsse vom Ausmaß des Erkundungsverhaltens an großen Strukturen auf das Ausmaß an geplanten OWEA sind jedoch nicht möglich. Somit eignen sich größere Strukturen wie Forschungsplattformen zum jetzigen Zeitpunkt nicht, um gesicherte Abschätzungen zum zu erwartenden Kollisionsrisiko an einem Standort zu erlangen. Hierfür wären Untersuchungen an bereits in Betrieb befindlichen OWEA nötig, die bisher aber an der

Kooperationsbereitschaft der OWP-Betreiber*innen und fehlenden Vorgaben der Genehmigungsbehörden gescheitert sind (vgl. 5.5.2).

Bei Erfassungen von ankernden oder fahrenden Schiffen aus besteht der Verdacht, dass Fledermäuse unterrepräsentiert sein könnten (vergleichsweise geringere Aktivitäten von Schiffen aus im Vergleich zu anderen Erfassungsstandorten: MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013). Gründe könnten in der eher hohen Anbringung der Mikrofone, der Verlärmung (z.B. Fledermausrufe werden von anderen Ultraschallgeräuschen maskiert) und/oder Meideeffekten liegen. Gesicherte Aussagen hierzu liegen nicht vor. Hierfür wären zeitgleiche und in räumlicher Nähe durchgeführte Erfassungen erforderlich, um die verschiedenen Standorttypen direkt zu vergleichen.

Nach heutigem Kenntnisstand sollten aus fachlichen Gründen im Rahmen von Basisuntersuchungen Erfassungen von Schiffen oder Plattformen aus vermieden werden. Im Rahmen der Basisuntersuchungen steht mit den Tonnen ein Standorttyp zur Verfügung, der für die Methode der akustischen Langzeiterfassung geeignet ist und zudem positionsgenau ausgebracht werden kann. Wenn möglich sollten – um Einflüsse von Licht auszuschließen – unbeleuchtete Tonnen eingesetzt werden.

Erhöhung der Anzahl der Basisuntersuchungs-Standorte

Die Ergebnisse der mehrjährigen akustischen Erfassungen an insgesamt zwölf Untersuchungsstandorten zeigen, dass die festgestellten Aktivitäten insbesondere während der Spätsommermigration zwischen den Standorten erheblich schwanken können. Trotz ihrer relativen räumlichen Nähe von etwa 23 km wurden z.B. im Jahr 2018 im gleichen Zeitraum im Spätsommer an der „Arkonatonne“ 17, an der „Plattform Arkona“ 4 aus den Akustikdaten ermittelte Individuen registriert. Es ist deshalb fachlich geboten, die Anzahl der Mindesterfassungsstandorte für Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an die Art und Anzahl der geplanten OWEA und Form des OWP zu koppeln. Dabei sollte die Anzahl der Erfassungsstandorte mindestens drei umfassen. Um die querenden Fledermäuse möglichst gut und auf ganzer Breite des geplanten OWP abzubilden, sollten die Erfassungsstandorte quer zur Hauptmigrationsrichtung so angeordnet werden, dass das Vorhabengebiet gleichmäßig abgedeckt wird (z.B. west-nordwestliche Außengrenze, ost-südöstliche Außengrenze, mittig bzw. bei mehr als drei Standorten gleichmäßig verteilt zwischen den Standorten an den Außengrenzen). Aufgrund der unterschiedlichen Kenngrößen von OWP (Fläche, OWEA-Anzahl, Ausrichtung, OWP in der Umgebung u.a.) kann aus fachlicher Sicht (noch) keine Anzahl erforderlicher Erfassungsstandorte je Flächeneinheit angegeben werden.

Betriebsmonitoring und pauschale Abschaltzeiten

Bislang erfolgt im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für OWEA in der Ostsee (AWZ) ausschließlich eine Basisaufnahme. Für Windenergieanlagen an Land sind dagegen vorsorgliche pauschale Abschaltzeiten zum Schutz von Fledermäusen und ein begleitendes Betriebsmonitoring vorgesehen. Auf Basis des Betriebsmonitorings können die pauschalen Abschaltzeiten an die spezifischen standörtlichen Bedingungen angepasst werden. Das Vorgehen ist wissenschaftlich begründet und in entsprechenden Landesverordnungen verankert. Eine analoge Vorgehensweise erfolgt bereits bei ersten OWEA im Küstenmeer

(Genehmigung zum OWP Gennaker, StALU Vorpommern 2019; Genehmigung zum OWP Arcadis Ost 1, StALU Vorpommern 2021).

Vor dem Hintergrund der im Zuge von Batmove – auch an kleineren Offshore-Objekten wie Tonnen – festgestellten Fledermausaktivität und der daraus sehr wahrscheinlich resultierenden erheblichen Kollisionsgefahr für migrierende Fledermäuse, sollte in allen geplanten Offshore-Windparks, neben einer Standort-Voruntersuchung an Tonnen (s.o.), zudem ein Betriebsmonitoring an mehreren, repräsentativ auszuwählenden (randlich und zentral im OWP positionierten) OWEA im Verbund mit pauschalen Abschaltzeiten durchgeführt werden. Auf Grund der im Offshore-Bereich geringen rotorfreien Räume von 20 - 30 m bei Rotorlängen von 60 m oder mehr sollte zur Erfassung von *Pipistrellus*-Fledermausarten neben einem standardmäßig vorzusehenden (nach unten ausgerichteten) Gondelmikrofon gemäß der RE-NEBAT konformen Einbau- und Betriebsweise ein weiteres (zeitlich synchron laufendes) Aufnahmesystem am Turm vorgesehen werden. Die Mikrofonhöhe sollte sich knapp (ca. 10 m) oberhalb des niedrigsten Rotorpunktes befinden. Ohne ein solches zusätzliches Turmmikrofon kann nicht sichergestellt werden, dass alle Fledermausrufe im unteren Gefahrenbereich der sehr langen Rotorblätter noch hinlänglich erfasst und entsprechend in einer Risikoanalyse berücksichtigt werden können (BACH et al. 2020b, LINDEMANN et al. 2018). Eine vergleichbare Vorgehensweise für Onshore-WEA wird seit einigen Jahren in Nordwestdeutschland angewandt und wurde in Schleswig-Holstein bei geringer Rotorhöhe (< 30 m) im Jahr 2020 durch einen Ministerialerlass zur Untersuchungsanforderung festgesetzt. Dort ist seit Sommer 2020 zusätzlich zur üblichen Gondeluntersuchung an niedrigen WEA auch eine bodennahe Untersuchung der Fledermausaktivität (analog und synchron zum Gondelmonitoring) durchzuführen (MELUND 2020).

Abdeckung der vollständigen Migrationsperioden im Rahmen von Basisuntersuchung und Betriebsmonitoring

Die im Projekt Batmove gewonnenen und ausgewerteten Daten zeigen, dass – abhängig von den Witterungsbedingungen – die Frühjahrmigration in der Regel zwischen Mitte April und Anfang/Mitte Juni und die Spätsommermigration zwischen Mitte August und Ende Oktober stattfinden (vgl. Kapitel 2.2.5 und 3.4.7). Die Wanderzeiten können sich je nach Wetterbedingungen (kaltes/warmes Frühjahr; kalter, regnerischer/warmer, trockener Sommer) jedes Jahr verschieben. Frühere (Anfang April bzw. Anfang August) und vor allem im Spätsommer/Herbst auch spätere Aktivitäten (Anfang/Mitte November) sind zwar selten, kommen aber vor. Ein wesentliches Merkmal der (Offshore-) Migration ist, dass die Aktivität innerhalb der jeweiligen Wanderungszeiten gehäuft auftritt, sich also zeitliche Aktivitätsschwerpunkte zeigen. Der Zeitpunkt eines solchen Aktivitätsschwerpunktes ist dann stark abhängig von den Witterungsbedingungen, insbesondere von der Windgeschwindigkeit und deshalb von Jahr zu Jahr unterschiedlich (vgl. Kapitel 2.2.5 und 3.4.7). Zur Erfassung der Fledermausaktivitäten im Rahmen von Umweltverträglichkeitsuntersuchungen ist deshalb die vollumfängliche Abdeckung der Migrationsperioden erforderlich. Ansonsten bestünde die Gefahr, dass eine Migrationsspitze und somit u.U. ein Großteil der aufgetretenen Aktivitäten nicht erfasst würde. Um die tatsächlich auftretenden Aktivitäten sicher zu erfassen, sollte die Erfassung zudem einige Zeit vor den ersten im Regelfall auftretenden Aktivitäten im Frühjahr beginnen und bis einige Zeit nach Auftreten der letzten regelhaften Aktivitäten im Spätsommer

andauern. Somit werden auch seltene, aber durchaus auftretende Aktivitäten außerhalb der regelhaften Migrationszeiten erfasst. Die Erfassung der Offshore-Migration von Fledermäusen sollte aus diesen fachlichen Erwägungen heraus eine Mindesterfassungsdauer vom 01.04. bis 15.06. (Frühjahr) und vom 01.08. zum 15.11. (Spätsommer/Herbst) eines Jahres abdecken.

Definierter Wetterschutz der Ultraschallmikrofone

Die rauen Offshore-Bedingungen erfordern einen erhöhten Schutz der Mikrofone vor Wellenschlag, Gischt und anderen Witterungseinflüssen. Aus diesem Grunde ist im StUK4 vorgesehen, das Mikrofon durch eine wasserdichte Mikrofonverkleidung zu schützen. Vorgeschlagen wird das 2 cm tiefe Einschieben in ein PU-Rohr.

Hier ist aus fachlicher Sicht eine verbindliche und klare Vorgabe erforderlich, um ein zu tiefes Einschieben zu vermeiden. Durch ein zu tiefes Einschieben in die Schutzröhre kann der Schalleintrittswinkel u.U. so stark eingeschränkt werden, dass Fledermäuse nur noch in einem kleinen Ausschnitt erfasst werden. Insbesondere bei den üblicherweise verwendeten Mikrofonen mit eher kleinem Durchmesser (um 2 cm) kommt es beim Einschieben in eine Tiefe von 2 cm, wie sie im StUK vorgeschlagen wird, zu einer starken Reduzierung des möglichen Schalleintrittswinkels auf die Mikrofonkapsel.

Um die verlässliche Erfassung sicherzustellen sollte die Einschubtiefe auf 1 cm begrenzt werden. Zudem sollten die mittels vorgeschriebenen Referenzsignalgeber regelmäßig durchzuführenden Funktionstests protokolliert werden, um die Funktion nachzuweisen.

Berücksichtigung kumulativer Aspekte

Im Rahmen des Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland ist es das erklärte Ziel der Bundesregierung, eine Windenergieleistung von 20 GW bis zum Jahr 2030 und 40 GW bis zum Jahr 2040 auf See in Betrieb zu nehmen (vgl. Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See, Windenergie-auf-See-Gesetz vom 13. Oktober 2016, Bundesgesetzblatt Teil I S. 2258, 2310, das zuletzt durch Artikel 19 des Gesetzes vom 21. Dezember 2020, Bundesgesetzblatt Teil I S. 3138, geändert worden ist). Die Errichtung von OWP wird in Clustern vorgenommen. Die artenschutzrechtliche Bewertung auf Ebene eines OWP oder gar auf Ebene einer OWEA greift hier zu kurz, weil sie nur Teilwirkungen berücksichtigt (vgl. auch LINDEMANN et al. 2018). Aus diesem Grunde ist es zwingend erforderlich, auch kumulative Aspekte vieler zusammenwirkender OWPs zu berücksichtigen.

5.5.2 Weitere Empfehlungen

Untersuchungen von Offshore-Windenergieanlagen aus

Für WEA an Land ist ein erhebliches Kollisionsrisiko für Fledermäuse belegt. Es besteht kein Grund, warum an Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) kein Kollisionsrisiko bestehen sollte. Die Ergebnisse von Batmove zeigen, dass an großen und strukturreichen

Erfassungsstandorten (Forschungsplattformen, Leuchtturm) Erkundungsverhalten auftritt (vgl. Kapitel 3.4.3). Hinweise für Übertragungen liegen ebenfalls vor (vgl. Kapitel 3.4.3). Beides steht im Einklang mit den Beobachtungen und Nachweisen anderer Autor*innen (vgl. Kapitel 2.2.7).

Aus fachlichen Überlegungen heraus ist aufgrund der besonderen Randbedingungen offshore eher von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für eine Kollisionsgefährdung auszugehen: OWEA befinden sich in einer nahezu strukturfreien Umwelt. In diesem strukturfreien Raum wandernde Fledermäuse könnten in höherem Maße von auftretenden Strukturen angelockt werden, als wenn sich diese in einer vergleichsweise strukturreichen Umgebung an Land befinden.

ECOCOM (2012, 2015) und BRABANT et al. (2019a) legten erste Erkenntnisse zur Fledermausaktivität in unterschiedlichen Höhen an OWEA vor, die zeigen, dass Fledermäuse sowohl am Mastfuß als auch in Nabenhöhe vorkommen. Das Auftreten in Nabenhöhe geht mit einem erhöhten Kollisionsrisiko einher. An den im Projekt Batmove untersuchten großen und strukturreichen Erfassungsstandorten (Forschungsplattformen, Leuchtturm) traten zudem in erheblichen Ausmaß Erkundungsverhalten auf. Am Leuchtturm Alte Weser beispielsweise wurden Erkundungsverhalten zeigende Fledermäuse am sich im oberen Bereich befindlichen Mikrofon erfasst. Das zeigt, dass sich die Tiere ggf. von einer bodennahen Flughöhe bis in den Rotorbereich hinein bewegen. Daraus resultiert eine längere Aufenthaltsdauer an der Struktur (auch in verschiedenen Höhen) als wenn Fledermäuse nur passieren würden. AHLÉN et al. (2009) beobachteten an OWEA in Schweden, dass sich Fledermäuse in kurzer Zeit von einer bodennahen Flughöhe in Rotorhöhe bewegten. Sowohl eine erhöhte Verweildauer als auch ein möglicher Attraktionseffekt können das Kollisionsrisiko für Fledermäuse an OWEA deutlich erhöhen.

Eine fachlich gesicherte Bewertung von Aktivitätsdaten aus Basiserfassungen kann nur erfolgen, wenn der Kenntnisstand zum Verhalten von Fledermäusen an OWEA verbessert wird. Obgleich Erkenntnisse zum Verhalten von Fledermäusen an OWEA dringend benötigt werden, besteht nach wie vor ein erhebliches Kenntnisdefizit. Der wesentliche Grund ist die in der Regel fehlende Genehmigung zur Durchführung akustischer Erfassungen an OWEA. Die Methode des Höhenmonitorings, bei dem akustische Erfassungssysteme in unterschiedlichen Höhen an Windenergieanlagen installiert werden, ist an Land etabliert und wird mittlerweile auch an OWEA durchgeführt (BRABANT et al. 2019a, ECOCOM 2015) bzw. gefordert (Genehmigung zum OWP Gennaker bzw. Arcadis Ost 1, StALU Vorpommern 2019 bzw. 2021). Deshalb sollte für zukünftige Genehmigungen die akustische Erfassung von Fledermausrufen an OWEA mindestens in Nabenhöhe (Gondelmikrofon) und am Mast (Turmmikrofon, vgl. BACH et al. 2020b) im Rahmen des Betriebsmonitorings beauftragt werden.

Zur Abschätzung von Kollisionsrisiken für Fledermäuse an bestehenden bzw. bereits genehmigten OWEA sollte die Möglichkeit zur akustischen Erfassung mindestens in Nabenhöhe und am Mast zu Forschungszwecken beauftragt werden.

Datenverfügbarkeit

Die im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (Flächen-Voruntersuchungen, Basisuntersuchung, Betriebsmonitoring) erhobenen Daten werden bislang häufig als Betriebs- und

Geschäftsgeheimnis behandelt. Insbesondere zur Abschätzung kumulativer Effekte sollten die Daten aus den Umweltuntersuchungen anderen Behörden und wissenschaftlichen Einrichtungen verfügbar gemacht werden.

5.5.3 Fazit

Ein wesentliches Defizit des vorliegenden StUK4 sind fehlende Bewertungsvorgaben für die im Zuge von Untersuchungen festgestellten Fledermausaktivitäten. Da die während der gemäß dem derzeit gültigen StUK durchgeführten Stichprobenuntersuchungen festgestellten Registrierungen in der Regel in einzelnen Nächten vergleichsweise gering ausfallen werden, besteht eine große Gefahr, die rechnerisch im gesamten Jahr auftretenden Fledermauskollisionen zu unterschätzen. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn eine Migrationsspitze und somit u.U. der Großteil der auftretenden Aktivitäten zufällig nicht erfasst wird. Unabhängig vom tatsächlichen Ausmaß der Fledermausmigration kann der zurzeit für WEA an Land relevante Signifikanzwert von maximal 2 Fledermauskollisionsopfern/WEA/Jahr auch erreicht werden, wenn in jeder geeigneten Migrationsnacht (nicht nur den Stichproben-/Untersuchungsnächten) ein rechnerisch kleiner Teil an Fledermauskollisionen auftritt, der auch weit unter 1 liegen kann. Entscheidend für eine artenschutzrechtliche Relevanz ist ein jährlicher, summarischer Wert, der zu unterschreiten ist. Aufgrund fehlender Erkenntnisse zum Kollisionsrisiko offshore wandernder Fledermäuse lässt sich jedoch bislang keine Schätzung zur Anzahl aufgezeichneter Fledermausrufe (bzw. besetzter Minutenintervalle) pro erwartbarer Fledermauskollision angeben. Deutlicher wird dies mit Angaben wie in BACH et al (2020a), wenn also eine gewisse Anzahl an besetzten Minutenintervallen einem statistisch auftretenden Kollisionsereignis zugewiesen werden kann. Hier wurde für die WEA an Land in Norddeutschland ein Schätzwert von 27 akustischen Aktivitäten für jeden Totfund ermittelt. Dies entspricht einem Verhältnis zwischen 0,3 Aktivitäten pro Nacht und WEA und 0,7 tatsächlichen Totfunden pro WEA pro Jahr.

Dennoch bieten die Ergebnisse aus Batmove deutliche Hinweise dafür, wie offshore erhobene Fledermausdaten in Bezug auf ein mögliches erhebliches Fledermausschlagrisiko eingeordnet werden können. Ein (womöglich auch statistisch abgesichertes) belastbares Bewertungsverfahren kann voraussichtlich jedoch erst entwickelt werden, wenn Untersuchungsergebnisse von OWEA vorliegen, die Aufschlüsse über bedeutende Faktoren, wie bspw. Anlockwirkungen, das Verhalten von Fledermäusen an OWEA sowie ihr tatsächliches Kollisionsrisiko ergeben. Aus diesem Grunde ist es zwingend erforderlich, rasch die Möglichkeit zur akustischen Fledermausuntersuchung an OWEA zum Zwecke der Grundlagenforschung festzuschreiben. Dies ersetzt naturgemäß nicht die erforderlichen Untersuchungen, die Betreiber*innen selbst zur Sicherstellung der Umweltverträglichkeit ihres Vorhabens durchführen.

5.6 Zusammenfassung

Die Ergebnisse von Batmove tragen dazu bei, die Bedeutung der Fledermauswanderung über Nord- und Ostsee im Hinblick auf Offshore-Windenenergienutzung besser einzuschätzen. Sie können als grundlegende Datenbasis zur Bearbeitung artenschutzrechtlicher Fragestellungen in Genehmigungsverfahren dienen und von Gutachter*innen und

Genehmigungsbehörden dazu herangezogen werden, offshore erhobene Fledermausdaten hinsichtlich ihrer möglichen Relevanz für diese Tiergruppe einzuordnen.

Für die Bewertung der artenschutzrechtlichen Relevanz wurden besetzte Minutenintervalle als Maß für die Aktivität, das die Aufenthaltsdauer im Erfassungsbereich des Mikrofons widerspiegelt, genutzt. Zum Vergleich der Aktivitätsdaten der unterschiedlichen Standorttypen, an denen in verschiedenem Ausmaß Erkundungsverhalten auftritt, wurden aus den Akustikdaten Individuen ermittelt. Die Daten wurden somit hinsichtlich des Aspekts „Erkundungsverhalten“ normalisiert und konnten zur Bewertung der Größenordnung der Fledermausmigration herangezogen werden.

An konkreten OWEA ist das Ausmaß der Fledermauswanderung im Sinne der migrierenden Individuenzahl hinsichtlich der artenschutzrechtlichen Relevanz weniger von Bedeutung. Entscheidend ist, welches Aktivitätsniveau in diesen Räumen jeweils an gebauten OWEA erreicht werden kann und ob es durch die Anzahl auftretender Individuen und/oder das Verhalten auch nur weniger Individuen zu einer – gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG – verbotenen Verletzung bzw. Tötung kommt. Diese tritt ein, wenn sich durch eine WEA das Tötungsrisiko für eine betroffene Art „in signifikanter Weise erhöht“ (BVerwG, Urteil vom 09. Juli 2008, Rn. 91). Nach dem Urteil des OVG Magdeburg (16.05.2013) wird die „Signifikanzschwelle“ mit 2 getöteten Individuen erreicht. In einigen norddeutschen Regionen wird der Schwellenwert auf weniger als 1 Individuum pro WEA und Jahr festgelegt (z.B. Landkreis Aurich, Landkreis Wittmund u.a.). Bei WEA an Land wird aus der festgestellten Anzahl von akustischen Aufnahmen die Anzahl zu erwartender Kollisionen bestimmt. Das kann z.B. eine kritische Anzahl von Registrierungen summarisch über einen langen Zeitraum auftreten (z.B. mehrere Nächte bis hin zu mehreren Wochen oder Monaten) oder auch durch Aktivitätsspitzen in viel kürzeren Zeiträumen (z.B. mehrere Minuten bis Stunden einer Nacht). Die Ergebnisse von Batmove erlauben eine erste Einschätzung, ob kurzzeitige intensive Aktivitätsspitzen durch ein oder wenige Individuen an einem Standort auftreten werden. Die akustischen Langzeituntersuchungen an kleinen Offshore-Objekten (Tonnen in der Ostsee) zeigen, dass hier offenbar kaum Erkundungsverhalten auftritt, während an den größeren, strukturreichen Erfassungsstandorten (FINO-Plattformen, Leuchtturm Alte Weser, Plattform Arkona) Erkundungsverhalten stattfindet. Die Frage, inwieweit die in Batmove festgestellten Aktivitätsniveaus grundsätzlich geeignet sind, die gerichtlich definierte Signifikanzschwelle zu überschreiten, kann nur hypothetisch beantwortet werden: Aufgrund des Erkundungsverhaltens kann nicht ausgeschlossen werden, dass bereits 2 Individuen einer Art im Jahr im Gefahrenbereich einer OWEA zum Erreichen dieser Signifikanzschwelle führen können. Jede Interaktion der Fledermaus mit der WEA, ihre Umflüge zur Erkundung und längere Aufenthaltszeiten führen zu einer höheren Anzahl an Registrierungen. Diese erhöht statistisch immer die zu erwartende Zahl an verunglückten Fledermäusen. Es ist bisher unbekannt, wie viele einzelne Fledermäuse, die auf eine OWEA treffen, derartiges Verhalten mit längerem Aufenthalt im Gefahrenbereich zeigen. Aufgrund der großen Rotorlängen, die weit über die Aufnahmedistanz der Fledermaus-Ultraschallrufe hinausgehen, ist es notwendig, dass Daten von mehreren Mikrofon-Positionen - z.B. zusätzlich am Turm - mit in die Risiko-Berechnung einfließen. Ziel ist die bestmögliche und vertretbare statistische Sicherheit in der Hochrechnung der zu erwartenden Kollisionen. Diese ist am größten, wenn von den Erfassungssystemen genügend große räumliche (Rotorraum) und zeitliche (Aktivitätszeiträume) Bereiche abgedeckt sind.

Ausmaß und Bewertung der Fledermausmigration in der Nord- und Ostsee

Aus den Ergebnissen der akustischen Erfassungen zeichnet sich auf der Nordsee ein Gradient ab, der eine zur hohen See hin abnehmende Fledermausaktivität aufweist. Unter der Annahme, dass dieser Aktivitätsgradient besteht, könnten auf Grundlage der seerechtlichen Zonierung vier Aktivitätsbereiche bestehen. In Zone I, den inneren Gewässer mit küstennahen Inseln, treten nach bisheriger Arbeitshypothese die meisten Fledermaus-Aktivitäten auf. In Zone II, die weitgehend dem Küstenmeer entspricht (12-Seemeilen-Zone), wird die Aktivität insgesamt als hoch eingeschätzt. In Zone III, die im Wesentlichen die Anschlusszone (24-Seemeilen-Zone) wieder spiegelt, wird die Aktivität als mittelhoch klassifiziert. Für Zone IV, die weitgehend der Ausschließlichen Wirtschaftszone entspricht, wird das Aktivitätsniveau als gering angesehen. Die artenschutzrechtliche Relevanz in den vorgeschlagenen Aktivitätsbereichen hängt insgesamt stark vom noch unklaren Verhältnis zwischen Aktivitäten und OWEA-Schlagereignissen und projektspezifischen Daten konkreter OWEA (z.B. sehr geringe Rotorhöhe) ab. Die gutachterliche Einschätzung ergibt, dass die hohen Aktivitätsniveaus in Zone I und Zone II artenschutzrechtlich relevant sein dürften. Die artenschutzrechtliche Relevanz in Zone III mit mittelhohem Aktivitätsniveau wird voraussichtlich stark von projektspezifischen Daten geplanter OWEA (z.B. sehr geringe Rotorhöhe, küstennaher Raum) sowie dem noch unbekannten Verhalten einzelner Individuen an OWEA abhängen (Verweildauer im Gefahrenbereich der WEA). Bei dem festgestellten geringen Aktivitätsniveau in Zone IV dürften vermutlich nur artenschutzrechtlich relevanten Größenordnungen – und dann auch nur in wenigen Nächten - erreicht werden, wenn sich das bisher noch ungeklärte Verhältnis zwischen akustisch messbaren Fledermausaktivitäten und OWEA-Schlagereignissen als äußerst hoch herausstellen sollte.

In der Ostsee ergibt sich aus den in Batmove erhobenen Daten an den unterschiedlichen Standorten – insbesondere im Frühjahr - eine mehr oder weniger gleichverteilte Aktivität. Die Erfassungsergebnisse können deshalb innerhalb enger Grenzen und unter bestimmten Voraussetzungen auf einen definierten Bereich hochgerechnet werden, um eine Aussage zur Größenordnung der hier wandernden Fledermäuse im Sinne einer überschlägigen Abschätzung zu treffen. Für den ausgewählten Bereich zwischen Gedser (Falster, Dänemark) und Darß (Darßer Ort, Deutschland) könnten demnach 33.000 ± 3.000 Individuen im Frühjahr queren. Es spricht vieles dafür, dass das festgestellte Aktivitätsniveau hier wie in der gesamten westlichen Ostsee eine signifikante Gefährdung von Fledermäusen durch WEA-Schlag grundsätzlich eintreten lassen könnte. Die Frage, ob Windparkflächen in derzeit nicht bekannten „besonderen Migrationskorridoren“ von Fledermäusen liegen, ist aus Sicht einer standortplanerischen Konfliktermittlung und der Planung von Minderungsmaßnahmen für die Fledermausfauna immer noch wichtig und gemäß Urteil des OVG Magdeburg auch stets projekt- oder standortspezifisch zu klären.

Insgesamt kann nicht vorhergesagt werden, welche Anzahl an zu erwartenden Kollisionsopfern aus den gemessenen Fledermausaktivitäten tatsächlich resultiert. Hierzu fehlen von den Meeresflächen grundlegende Informationen zu den Flughöhen der Tiere während der Migration und zum Umfang der Interaktion einzelner Tiere mit den OWEA (z.B. Änderung der Flughöhe, längere Verweildauer im potenziellen Gefahrenbereich). Die Autor*innen gehen offshore aus fachlichen Gründen von einem höheren Kollisions-Risiko als an Land aus und beschreiben die zugrunde liegenden Faktoren für Fledermäuse: eine durch Bauwerke attraktive Strukturierung im sonst strukturfreien Raum, eine Rastmöglichkeit, eine Anlockung durch

Licht, den offshore deutlich geringeren rotorfreien Raum bei zunehmender Rotorblattlänge, die Verschiebung im festgestellten Artenspektrum hin zu Arten der Gattung *Pipistrellus* und deren artspezifischem Kollisions-Risiko, die geringe Naben- und Rotorhöhe sowie die größeren Rotordurchmesser.

Hinweise zur Weiterentwicklung bestehender Untersuchungsstandards

Mit dem StUK4 (Standard - Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt) wurden 2013 einheitliche Standards zur Untersuchung von Fledermäusen im Zuge von Offshore-Windenergieprojekten im Bereich der Ostsee (AWZ) veröffentlicht. Die vorliegenden Erfahrungen aus dem Projekt Batmove ermöglichen eine zielgerichtete Weiterschreibung der Standards. Für das Küstenmeer gibt es keine einheitlichen Standards, die Zuständigkeit liegt bei den Bundesländern. In Niedersachsen wurden bei den beiden im Küstenmeer errichteten OWP keine Fledermäuse berücksichtigt. In Schleswig-Holstein wurden im Küstenmeer bislang keine OWP geplant oder genehmigt. In Mecklenburg-Vorpommern wenden die Genehmigungsbehörden seit 2019 die für WEA an Land entwickelte Richtlinie an, die u.a. pauschale Abschaltzeiten und ein Betriebsmonitoring vorsieht.

Aus fachlicher Sicht ergeben sich für eine Überarbeitung des StUK folgende Empfehlungen:

- Basisuntersuchung auch im Bereich der Nordsee
- Basiserfassung von Tonnen aus
- Erhöhung der Anzahl der Basisuntersuchungs-Standorte
- Betriebsmonitoring und pauschale Abschaltzeiten
- Abdeckung der vollständigen Migrationsperioden im Rahmen von Basisuntersuchung und Betriebsmonitoring
- Definierter Wetterschutz der Ultraschallmikrofone
- Berücksichtigung kumulativer Aspekte

Um die Grundlage für eine fachlich gesicherte Bewertung von Aktivitätsdaten aus Basiserfassungen zu erarbeiten, muss vordringlich der Kenntnisstand zum Verhalten von Fledermäusen an OWEA verbessert werden. Der wesentliche Grund für das erhebliche Kenntnisdefizit ist die in der Regel fehlende Genehmigung zur Durchführung akustischer Erfassungen an OWEA. Deshalb sollte für bestehende, bereits genehmigte und zukünftige Genehmigungen die akustische Erfassung von Fledermausrufen an OWEA mindestens in Nabenhöhe (Gondelmikrofon) und am Mast (Turmmikrofon) zu Forschungszwecken bzw. im Rahmen des Betriebsmonitorings beauftragt werden. Zudem müssen die Daten aus Umweltuntersuchungen zur Abschätzung kumulativer Effekte verfügbar gemacht werden.

6 Maßnahmen zur Minderung von Kollisionsrisiken von Fledermäusen an Offshore-Windenergieanlagen

Michael Götttsche, Lothar Bach, Petra Bach, Antje Seebens-Hoyer, Sandra Vardeh, Henrik Pommeranz, Reinhold Hill, Matthias Götttsche, Hinrich Matthes, Christian Voigt

6.1 Einleitung

Seit nunmehr zwei Jahrzehnten ist bekannt, dass regelmäßig Fledermäuse an Windenergieanlagen (WEA) an Land zu Tode kommen (DÜRR 2001, DÜRR 2002, DÜRR & BACH 2004). Aus diesem Grund wurde damit begonnen, im Zuge von Windparkplanungen verstärkt systematische Fledermaus-Voruntersuchungen durchzuführen. Bereits kurz vor dem Bekanntwerden der Fledermausschlagproblematik auch an WEA in Deutschland waren erste Methodempfehlungen (RAHMEL et al. 1999) sowie Hinweise zur Berücksichtigung solcher Erfassungsergebnisse in der Planung von Windparks (Bach et al. 1999) veröffentlicht worden. Es folgten – mit einigen Jahren Abstand – weitere Fachveröffentlichungen und erste Fachveranstaltungen, welche die Beobachtungen und Ergebnisse aus den ersten Voruntersuchungen im Hinblick auf zu erwartende Auswirkungen einschließlich der Tötung durch Schlag sowie weitere negative Auswirkungen von WEA auf Fledermäuse einzuordnen versuchten (u.a. BACH 2001, BACH & BURKHARDT 2003, DIETZ 2003). Diese Veröffentlichungen beinhalteten auch Hinweise für die Erfassungs- und Planungspraxis. So wurden als mögliche relevante Auswirkungspfade von WEA auf Fledermäuse Störungen durch Ultraschallemissionen, Verluste von bedeutenden Jagdgebieten durch Überbauung und Meideeffekte, Barriereeffekte auf Flugkorridore sowie Rotorkollisionen diskutiert. Darauf basierend wurden systematische und umfassende Untersuchungen im Zuge von Windparkplanungen gefordert sowie auch schon eine Betriebsbeschränkung von WEA bzw. ein Ausschluss von Windkraftnutzung in Bereichen mit festgestelltem Fledermauszug genannt (BACH & RAHMEL 2004). Wie die Erfassungsmethodik im Vorfeld von Windparkplanungen konkret aussehen sollte, wurde u.a. von den gleichen Autoren (RAHMEL et al. 2004) ebenfalls vorgeschlagen: Voruntersuchungen von Windparks sollten sowohl die Lokalpopulation, als auch die wandernden Fledermauspopulationen zeiträumlich erfassen können. Als Methode wurde eine Kombination aus Detektorbegehungen und stationären Ultraschalldetektoren („Horchboxen“) – in Wäldern auch Netzfängen – empfohlen, wobei auf weiteren Forschungsbedarf (u.a.) zur Erfassung von Fledermäusen in größeren Flughöhen hingewiesen wurde. Das LAND BRANDENBURG (2003) gab – parallel zu diesen Fachveröffentlichungen – als erstes Bundesland anzuwendende Kriterien zur Untersuchung tierökologischer Parameter im Zusammenhang mit Windenergievorhaben heraus. Mit zunehmendem Kenntnisstand über das Ausmaß an Fledermauskollisionsopfern (DÜRR & BACH 2004) und deren Zusammenführung in einer bundesweiten Funddatei, kam immer mehr die Frage auf, warum und unter welchen Bedingungen es zu Kollisionen von Fledermäusen mit WEA kommt. Dabei war zu dieser Zeit noch ungeklärt, ob die Fledermausaktivität (der offenbar besonders betroffenen Arten) im Bereich der WEA-Gondeln nicht eventuell sogar höher ausfallen könnte als in Bodennähe. Um diese Frage zu klären, wurde in den Jahren 2004/2005 (BEHR & v. HELVERSEN 2005) und 2006 (GÖTTSCHE et al. 2007) unabhängig voneinander im Südwesten und Nordosten Deutschlands damit begonnen, bioakustische Fledermaus-Langzeituntersuchungen an WEA in Bodennähe und an Gondeln mit einer parallel laufenden Kollisionsopfersuche zu verbinden. Beide Untersuchungen zeigten

schnell den starken Zusammenhang der Anzahl aufgezeichneter Fledermausrufe mit den herrschenden Wetterbedingungen, insbesondere der Windgeschwindigkeit. Während damit der Fokus sehr stark auf die – für die betroffenen Individuen ja auch gravierenden, da potenziell tödlichen – Auswirkungen von Rotorkollisionen gelegt wurden, gibt es nach wie vor keine bekannten wissenschaftlichen Untersuchungen zu den anderen anfangs diskutierten Wirkungspfaden. Dies liegt vermutlich einerseits daran, dass die an WEA auftretenden Kollisionen zu dem Eindruck führen, dass etwaige Störungs-, Meidungs- oder Barriereeffekte entweder (bei aktuell dimensionierten WEA) nicht vorhanden sind oder keine ausreichende Relevanz entfalten. Da sich im Zuge von Windpark-Genehmungsverfahren die Betrachtung in den letzten Jahren natürlich auf die zu prüfenden Verbotstatbestände der streng geschützten Fledermausarten gemäß § 44 BNatSchG beschränkt hat und dabei die Schwelle einer Erheblichkeit durch z.B. Störungen von Fledermäusen in (auch erst einmal nachzuweisenden) essenziellen Jagdhabitaten in der Praxis nach dem derzeitigen Wissensstand kaum zu belegen und damit auch nicht zu erreichen ist. Genau betrachtet sind derartige Effekte aber nie durch Studien untersucht worden. Gerade im Trend, der momentan wieder geringer werdender Rotorhöhen geplanter und gebauter WEA könnte, die Betrachtung auch anderer Wirkungspfade aber wieder an Bedeutung gewinnen, vielleicht insbesondere für diejenigen Arten, die kaum als Kollisionsoffer an WEA festgestellt werden und für die es schon einmal Hinweise auf mögliche Meideeffekte gegeben hat wie beispielsweise bei der Breitflügelfledermaus (BACH & RAHMEL 2004).

6.2 Erkenntnisse aus Onshore-Projekten

BEHR & V. HELVERSEN (2005) waren daraufhin vermutlich die Ersten in Deutschland, die auf einer konkreten Datenbasis beruhend, als Maßnahme zur Minderung von erheblichem Fledermausschlag eine Empfehlung zur Abschaltung der WEA gaben und zugleich eine konkrete Abschaltwindgeschwindigkeit bezifferten und einem Zeitraum vorschlugen. In diesem Fall betrug die Abschaltwindgeschwindigkeit 5,5 m/s und umfasste 93,5 % der an der Gondel aufgezeichneten Fledermausrufe. Durch die durchgeführten Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass am betroffenen Standort die Haupt-Fledermausaktionszeit auf den Zeitraum von Juli bis September fiel. Dementsprechend wurden die empfohlenen Anlagenabschaltungen auf die Nächte innerhalb dieses Zeitraums beschränkt. Im Zuge von begleitenden Wirksamkeitsuntersuchungen konnte festgestellt werden, dass die ergriffenen Maßnahmen unmittelbar zu einer deutlich erkennbaren Reduktion der auffindbaren Kollisionsoffer führten. Eine vollständige Vermeidung von Kollisionsoffern konnte jedoch nicht erreicht werden. Als Gründe für die weiterhin auftretenden Kollisionsoffer führen die Autoren an, dass eine erstmals zu entwickelnde automatische Anlagensteuerung, die zur Abschaltung der WEA bei Erreichen des Windgeschwindigkeitsschwellenwertes führen sollte, noch nicht fehlerfrei funktionierte.

Das Projekt von BEHR & V. HELVERSEN (2005) bildete vom Aufbau und den aufgeworfenen Fragen – z.B. ob es aus Sicht des Artenschutzes gelingen könnte, „Faktoren herauszufiltern, die es ermöglichen, die Gefährdung von Fledermäusen an WEA zeitlich und räumlich vorherzusagen“ und dabei einen möglichst ökonomischen WEA-Betrieb weiter zu ermöglichen – die Grundlage für das im Jahr 2007 gestartete BMU-geförderte Forschungsvorhaben „*Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von*

Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen“, das auch unter der Bezeichnung RE-NEBAT I bekannt ist (BRINKMANN et al. 2011). Eines der Hauptziele dieses Projektes war es, ein Modell zu entwickeln, mit dem sich zunächst die Anzahl der an einer WEA zu erwartenden Fledermausschlagopfer allein aus akustischen Fledermausdaten möglichst präzise berechnen lässt, um dann im Weiteren ermitteln zu können, unter welchen Rahmenbedingungen an einem Windkraftstandort eine bestimmte (wählbare) Anzahl an Kollisionsopfern nicht überschritten wird, indem die Windenergieanlage in bestimmten Zeiträumen und unter definierten Wetterbedingungen – insbesondere der Windgeschwindigkeit – abgeschaltet und in den Trudelbetrieb versetzt wird. Dieses Vorgehen soll es ermöglichen, Windenergieanlagen aus ökonomischer Sicht optimiert betreiben zu können, ohne gegen artenschutzrechtliche Verbotstatbestände des § 44 BNatSchG zu verstoßen, der wie folgt formuliert ist:

(1) Es ist verboten,

1. wild lebenden Tieren der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören,

Mit der Veröffentlichung der Studienergebnisse ist insbesondere die methodische Herangehensweise zunehmend in die Gutachter- und Planungspraxis sowie auch in verschiedene Methodenempfehlungen der Bundesländer übernommen worden. Die Berechnung von zu erwartenden Schlagopfern aus den erfassten akustischen Daten im Gondelbereich von WEA (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011) und die Ermittlung der für einen rechtskonformen WEA-Betrieb notwendigen „fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmen“ (BEHR et al. 2011) war jedoch noch kompliziert und erfolgte daher zunächst meist nur „holzschnittartig“. Die aus dem Projekt entwickelte Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse auf Basis eines modifizierten N-mixture Modells war offenbar für viele Anwender*innen in Planungsbüros und Behörden zu kompliziert und fand dadurch – zumindest in der direkten Anwendung als Rechenmodell – kaum Anwender*innen. In der Praxis verbreiteter war die „grobe“ Ermittlung von pro Nacht zu erwartenden Fledermausschlagopfern auf Basis einer in KORNER-NIEVERGELT et al. (2011) zu entnehmenden Abbildung, die die im Forschungsvorhaben ermittelten Zusammenhänge zwischen der (Gondel-) Windgeschwindigkeit und der gemessenen Fledermausaktivität (Anzahl Rufaufnahmen) pro Nacht darstellt. Hier war jedoch nur eine grobe Zuordnung gemessener Fledermausaktivitäten und Windgeschwindigkeiten möglich. Außerdem bezogen sich alle Werte auf nächtliche Mittelwerte (Windgeschwindigkeit) bzw. Nachtsummen (Fledermausrufaufnahmen), so dass eine zeitliche Auflösung der Schlagopferprognose ebenfalls „nur“ auf ganze Nächte möglich war.

Da das o.g. Projekt – abgesehen von der ohnehin noch nicht in dem Projekt erfolgten Überprüfung der Wirksamkeit der entwickelten Methoden und Rechenmodelle in der Praxis – noch offene Fragen hinterlassen hatte, wurde im Zuge des Projektes *„RENEBAT II – Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen“* (2011-2013; BEHR et al. 2015) eine Weiterentwicklung der Methoden vorgenommen und das Ziel verfolgt, die mit dem Projekt verbundenen statistischen Berechnungen für Anwender*innen wie Gutachterbüros und Fachbehörden so zu gestalten, dass sie einfacher selbst durchzuführen waren und die Ergebnisse somit auch verstärkt in die Praxis übernommen werden konnten.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2014 erstmals das auf den Ergebnissen des ersten Projekts basierende und in RENEBAT II begonnene Software-Tool „ProBat“ herausgegeben.

Mit diesem Microsoft Access-basierten Programm war es den Anwender*innen mit geringem Aufwand möglich, aus den aufgezeichneten Fledermausaufnahmen, den 10-minütigen Windgeschwindigkeits-Mittelwerten der untersuchten WEA sowie einigen Standort- und Anlagenparametern eine automatische Berechnung der am Standort zu erwartenden jährlichen Schlagopferzahl durchzuführen. Unter der Vorgabe einer maximal zulässigen Anzahl an Kollisionsopfern durch den Nutzer konnte mit ProBat zudem ein pauschaler oder zeitlich weiter differenzierter fledermausfreundlicher Betriebsalgorithmus in Form einer so genannten „cut-in“-Windgeschwindigkeit (Abschaltwindgeschwindigkeit) bestimmt werden. Diese „cut-in“-Windgeschwindigkeiten können in die Anlagensteuerung der Windenergieanlage übernommen werden, so dass die Anlage bei Unterschreiten der jeweiligen Windgeschwindigkeit abgeschaltet wird.

Ein drittes Projekt zu Fledermäusen und Onshore-Windenergieanlagen – *RENEBAT III – Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis* (2013-2016; BEHR et al. 2018) – hatte das Ziel, eine weitere Optimierung aus anlagentechnischer Sicht zu erreichen und diente zur Weiterentwicklung und Aktualisierung der bisher in den Vorgängerprojekten entwickelten Methoden und statistischen Modelle. Ein Vergleich mehrerer Detektortypen ermöglichte zudem die Verwendung des vorhandenen Datensatzes auch bei Einsatz weiterer, bisher nicht im Projekt verwendeter (aber bewährter und verbreiteter) Detektormodelle.

Darüber hinaus war es erforderlich geworden, zu untersuchen, inwieweit die entwickelten Methoden auf die inzwischen stark veränderten WEA-Typen übertragbar waren. Die genutzten standardisierten Detektoreinstellungen bedeuteten, dass Fledermäuse lediglich mit einer Erfassungsreichweite von bis zu 24 m für Tiere der Gattung *Pipistrellus* und ca. 59 m für Tiere der Gattung *Nyctalus* erfasst werden können (WEBER 2018). Während in der Zeit der Untersuchungen von BRINKMANN et al. (2011) die beprobten WEA noch Nabenhöhen von 68 bis 114 m (Median 98 m) und einen (fast einheitlichen) Rotorradius von 70 m aufwiesen, hatten sich die Anlageneigenschaften zunehmend und in kurzer Zeit weiter verändert. Während einige Hersteller zunächst (ab ca. 2012) den Rotordurchmesser beließen oder nur moderat vergrößerten und zugleich größere Turmhöhen anboten (z.B. Enercon E82 und E101 mit 135 m Nabenhöhe), schien sich die Situation zumindest für einige stärker an Strukturen gebundene, aber dennoch als besonders schlaggefahren eingeschätzte Fledermausarten wie z.B. Arten aus der Gattung *Pipistrellus* sogar zu verbessern, da diese Anlagen nun Rotorhöhen (einen rotorfreien Raum zum Boden) von 94 m bzw. 84,5 m aufwiesen, während dieser zuvor lediglich zwischen ca. 33 m und 75 m lag. Die überstrichenen Rotorflächen dieser Anlagen waren zwar bereits teilweise doppelt so groß wie im ersten Projekt (Enercon E101 = ca. 8.012 m² gegenüber Enercon E70 = ca. 3.848 m²), jedoch war die Rotorlänge bzw. der Rotorradius vergleichsweise wenig verändert (Enercon E101 = ca. 50,5m gegenüber Enercon E70 = ca. 35 m) und wies im Mittel ca. 10 m größere Längen auf, was mit den statistischen Modellen vermutlich noch vereinbar war. Die gemäß der RENEBAT I Methode durchgeführten Untersuchungen ergaben an Anlagen mit sehr großem rotorfreien Raum (Enercon E82, 138 m Nabenhöhe), dass die an der Gondel gemessene Fledermausaktivität erheblich geringer war (im Mittel n=76,5 Registrierungen), als dies zuvor mit der identischen Methode bei WEA im gleichen Windpark der Fall war, die deutlich geringere Nabenhöhen von ca. 100 m aufwiesen und an deren Gondeln im Mittel nahezu die 10-fache Anzahl an Fledermausrufaufnahmen (n = 729 Registrierungen, GÖTTSCHE et al. 2007, GÖTTSCHE 2012) anfielen.

Der Trend größerer WEA-Nabenhöhen bei nahezu gleichbleibenden Rotorblattlängen setzte sich jedoch nicht fort. Vielmehr wurde diese offenbar „fledermausfreundliche technische Anlagenkonstellation“ durch WEA-Typen abgelöst, deren Rotorblattlängen zunehmend größer wurden, während die Turmhöhe – insbesondere auch in Ermangelung noch höherer Montagekrane – vorerst im Bereich von etwa 120 bis 150 m verblieb. Dies leitete eine Entwicklung ein, in der sich der rotorfreie Raum unter den Windenergieanlagen verkleinerte.

Erst seit einigen Jahren steigt bei den WEA - neben dem kontinuierlich größer werdenden Rotordurchmesser - auch wieder die Höhe der Türme. So weisen aktuell im nordostdeutschen Binnenland (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern) geplante Anlagen wie die VESTAS V150 oder die VESTAS V162 mit einer Nabenhöhe von 166 m und einem Rotordurchmesser von 150 m bzw. 162 m wieder einen rotorfreien Raum von 91 m bzw. 85 m auf. Jedoch können nicht an allen geplanten Standorten Gesamtbauhöhen von über 240 m realisiert werden, weil z.B. die örtliche Bauleitplanung oder andere Belange eine geringere Gesamthöhe vorgeben. In Küstennähe wird, bei besseren Windbedingungen als im Binnenland - um Baukosten zu sparen - für die gleichen WEA-Typen ebenfalls zunehmend mit einer geringeren Turmhöhe geplant. Dies führt dazu, dass beispielsweise in Schleswig-Holstein derzeit mehrere Windparkplanungen betrieben werden, deren WEA oft einen rotorfreien Raum von weniger als 30 m aufweisen. In einzelnen Fällen werden an Standorten, an denen eine Gesamtbauhöhe von höchstens 150 m eingehalten werden muss, bereits WEA geplant, die lediglich noch eine Rotorhöhe von 14 m aufweisen (Typ VESTAS V136 mit einer Nabenhöhe von 82 m, siehe Tabelle 5-2).

6.3 Übertragbarkeit von Erkenntnissen auf neue Anlagentypen und Küstenstandorte

Spätestens mit dem heutigen technischen Stand moderner Windenergieanlagen und der Änderung wesentlicher Anlagenparameter wie z.B. der Nabenhöhe oder dem Rotordurchmesser stellt sich zunehmend die Frage, inwieweit die von BRINKMANN et al. (2011) im Projekt RENEBAT I entwickelten akustischen Fledermauserfassungsmethoden und die darauf basierenden statistischen Methoden zur Berechnung von zu erwartenden Kollisionsopfern bzw. anzuwendenden Abschaltwindgeschwindigkeiten zu deren Vermeidung noch auf aktuell geplante Windenergieanlagen anwendbar sind (LINDEMANN et al. 2018, RUNKEL 2017, BACH et al. 2020a und 2020b). Dieser Frage wurde entsprechend auch in einem Folgeprojekt von RENEBAT I – dem Forschungsvorhaben RENEBAT III – nachgegangen. Im Zuge von RENEBAT III wurde unter anderem der Effekt verschiedener Eigenschaften von Windenergieanlagen auf das Kollisionsrisiko von Fledermäusen betrachtet (NAGY et al. 2018). In diese Betrachtung konnten auch Daten von 12 nachuntersuchten WEA mit einfließen, die von ihrer technischen Dimensionierung dem 2018 typischerweise errichteten WEA entsprachen. Diese Windenergieanlagen hatten einen Rotorradius von 101 bis 127 m und Nabenhöhen von 99 bis 135 m. Insbesondere der Rotorradius und damit auch die Rotorfläche waren an diesen Anlagen deutlich größer als an den in RENEBAT I untersuchten WEA, die überwiegend einen Rotorradius von 70 bis 82 m aufwiesen. Die Nachuntersuchungen erfolgten – analog zu RENEBAT I - per akustischem Gondelmonitoring und einer Schlagopfersuche. Die Nachuntersuchung dieser größeren WEA führte zu dem Ergebnis, dass eine hohe Unsicherheit der Untersuchungsdaten festzustellen war und mit den angewandten (RENEBAT I-) Methoden

offenbar keine belastbare Aussage über den Effekt des Rotordurchmessers auf die Schlagrate mehr getroffen werden konnte (NAGY et al. 2018). Jedoch fanden die Autor*innen auch keinen Hinweis darauf, dass der positive Zusammenhang zwischen Rotordurchmesser und Schlagereignissen insgesamt in Frage zu stellen sei. Ein signifikant negativer Effekt auf das Schlagrisiko wurde für den Anlagenparameter Nabenhöhe ermittelt. Bei gleichbleibender Fledermausaktivität, gleicher Windgeschwindigkeit und gleichem Rotordurchmesser führte eine größere Nabenhöhe und damit einhergehend eine größere Rotorhöhe zu einer geringeren Schlagopferzahl.

Insgesamt kommen die Autor*innen dennoch zu dem Schluss, dass die statistischen Verfahren von BRINKMANN et al. (2011) – wenn auch bei zunehmenden Unsicherheiten – auch noch für aktuelle WEA anwendbar sind. Kritisch seien jedoch insbesondere WEA ab einer Rotorhöhe von weniger als 30 m, da derartige Anlagen in den Untersuchungen nicht enthalten waren. Andere Autor*innen – darunter auch Entwickler*innen von Fledermausdetektionstechnik – haben begründete Zweifel daran, dass die entwickelten statistischen Modelle für eine Schlagopferprognose an aktuellen WEA (auch bei einer Rotorhöhe von 30 m) noch ausreichend genau sind, um damit z.B. artenschutzrechtliche Verbotstatbestände sicher genug ausschließen zu können (LINDEMANN et al. 2018, RUNKEL 2017), zumindest soweit zu den berechneten „cut-in“-Windgeschwindigkeiten keine „Risikozuschläge“ aufgerechnet werden (RUNKEL 2017).

Besonders in Regionen oder an Standorten, an denen der Anteil stärker strukturgebundener Fledermausarten (z.B. Zwerg- und Mückenfledermaus, aber auch Rauhaufledermaus) an den insgesamt vorkommenden Arten besonders hoch ist, kann es dazu kommen, dass die nach BRINKMANN et al. (2011) berechnete „cut-in“-Windgeschwindigkeiten nicht zu einer ausreichenden Vermeidung von Kollisionen führen. Dies ist im Wesentlichen durch die begrenzte Detektionsreichweite der Ultraschallrufe dieser Arten begründet. So wurde bereits im Projekt RENEBAAT I festgestellt, dass Mikrofone in Bodennähe wesentlich (ca. um den Faktor 3,8) mehr Aufnahmen von Fledermäusen aufzeichneten als parallel an Mikrofonen in der Gondel aufgenommen wurden (BEHR et al. 2011). Die positiven Abweichungen betrafen alle Fledermausarten (bzw. Gattungen, Rufgruppen), waren jedoch bei den „überwiegend strukturgebunden agierenden“ Arten (bzw. Gruppen) wie bei der Zwergfledermaus (Faktor > 10) sehr deutlich ausgeprägt, aber auch bei der in der Migrationszeit auch im freien Luftraum agierenden Rauhaufledermaus noch feststellbar (ca. Faktor 2). Ausschlaggebend für die Berechnung der zu erwartenden Kollisionsopfer ist jedoch allein die Anzahl der Rufaufnahmen an der Gondel. Verändern sich nun – wie es aktuell der Fall ist – Anlagenparameter wie eine größere Rotorlänge bei gleichbleibender Nabenhöhe, reichen die Rotorspitzen der WEA womöglich in Bereiche hinein, die ungleich stärker von Fledermäusen genutzt werden, als dies bei den allermeisten RENEBAAT Untersuchungsanlagen der Fall war. Auch eine gewisse Verringerung der Nabenhöhe – die ebenfalls eine Verringerung des rotorfreien Raums zur Folge hat – muss nicht unbedingt zu einem größeren Anstieg der Fledermausregistrierungen am Gondelmikrofon führen. So kann bei derartigen WEA zwar der Gefahrenbereich an der unteren Rotorblatthöhe schon weit in den ungleich stärker von vielen Fledermausarten frequentierten struktur- bzw. bodennahen Bereich hineinragen, ohne dass sich dies entsprechend in den Aktivitätsmessungen an der Gondel widerspiegeln würde. Der Grund dafür liegt im Wesentlichen in der physikalisch bedingten starken Dämpfung von höherfrequentem Ultraschall. So können Ultraschallrufe mit einer Frequenz von 40 kHz – wie sie z.B. typisch für die

Rauhautfledermaus sind – selbst im optimalen Fall einer direkten Ausrichtung der Schallquelle auf das Mikrofon bei geringer Luftfeuchte -maximal über eine Distanz von ca. 17 m detektiert werden (RUNKEL 2020, VOIGT et al. 2021). Bei Fledermausarten wie der Zwergfledermaus (ca. 45 kHz) oder der Mückenfledermaus (ca. 55 kHz) sind die Detektionsreichweiten entsprechend noch geringer. Eine zunehmende Rotorlänge kann somit dazu führen, dass die im unteren Luftraum (< 30 m) offenbar erheblich aktiveren (überwiegend strukturgebundeneren) Fledermausarten entfernungsbedingt dennoch nicht durch eine entsprechend höhere Anzahl an Aufnahmen an einem Gondelmikrofon abgebildet werden können, soweit die Nabenhöhe der WEA – und damit die Entfernung des Gondeldetektors zum Boden - sich nicht ebenfalls deutlich verringert. Eine derartige technische Entwicklung ist bei aktuell am Markt befindlichen WEA-Typen jedoch nicht erkennbar. Vor diesem Hintergrund und der Situation, dass WEA mit einem sehr geringen rotorfreien Raum von < 30 m (bislang) auch nicht im Datenpool der RENEBA-T Vorhaben enthalten sind, ist zu erwarten, dass die Prognoseunsicherheit der nach der Methode von BRINKMANN et al. (2011) ermittelten Anzahl voraussichtlicher Fledermauskollisionen zu Ungunsten der Fledermäuse ansteigt und es zu mehr Kollisionen kommen kann als vorausberechnet wird.

Das Forschungsvorhaben RENEBA-T III – das sich u.a. auch mit den Effekten von (geänderten) Eigenschaften der Windenergieanlagen auseinandersetzt (NAGY et al. 2018) trifft diesbezüglich die eindeutige Aussage, dass WEA mit < 30 m Rotorhöhe durch die durchgeführten Untersuchungen und erstellten Modelle kritisch und derzeit nicht ausreichend statistisch abgesichert sind. NAGY et al. (2018) empfehlen daher, dass „[...] die Ergebnisse der RENEBA-T Projekte nicht ohne weitere Untersuchungen und gegebenenfalls Anpassungen der Methode verwendet werden [...]“ sollten. Dies begründen die Autor*innen ebenfalls mit der allgemeinen Zunahme der Fledermausaktivität in zunehmender Bodennähe und der Ausweitung des möglichen Kollisionsrisikos auf ein sehr viel größeres Artenspektrum, als es bisher im Zuge von RENEBA-T berücksichtigt wurde.

Mehrere Autor*innen schlagen daher vor, neben dem Gondelmikrofon ein weiteres Boden- oder Turmmikrofon einzusetzen (BACH et al. 2020b, LINDEMANN et al. 2018, NAGY et al. 2018, RUNKEL 2017), welches es bereits seit einigen Jahren von mehreren Anbieter*innen von WEA-Fledermauserfassungssystemen (z.B. als so genanntes „Turmmikrofon“) im Angebot gibt (u.a. ecoObs GmbH, bat bioacousticstechnology GmbH). Es wird in den jeweiligen Veröffentlichungen jedoch auch darauf hingewiesen, dass es ungeklärt ist, wie aus den in Bodennähe gemessenen Fledermausregistrierungen eine zu erwartende Kollisionsopferzahl ermittelt werden kann. Bodennah erhobene Fledermaus-Aktivitätsdaten aus z.B. dem RENEBA-T I Vorhaben (BRINKMANN et al. 2011) wurden jedoch nicht zur Ermittlung des Schlagopfer-Prognosemodells (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011) verwendet. Bodennah erhobene Fledermausaktivitätsdaten – bzw. sogar alle Daten die abweichend von der akustischen Methode aus RENEBA-T I erhoben wurden (z.B. Gondelmikrofone mit einer abweichenden Anbringungsposition) - dürfen dementsprechend derzeit auch nicht mit dem, nur für eine genau definierte Erfassungsmethode ausgelegten ProBat-Tool analysiert und bewertet werden. Es sind daher neue Untersuchungen erforderlich, um neue Berechnungsmodelle und -tools zu entwickeln oder um derartige Erfassungsdaten in das bestehende Berechnungstool valide einspeisen zu können, was wahrscheinlich auch neue / geänderte statistische Rechenverfahren und Bewertungsmaßstäbe erforderlich macht.

Ein weiterer Grund einer derzeit nicht möglichen Übertragbarkeit ist, dass die Berechnungsverfahren von BRINKMANN et al. (2011) zunächst auf einem bereinigten Gesamtdatenpool aller an den Gondeln der RENEBAAT-Projekt-WEA aufgezeichneten Fledermäuse entwickelt wurden. Dieser Datenpool, in dem je nach Detektormodell 79 % bzw. 70 % aller Rufaufzeichnungen der Rufgruppe Nyctaloid zuzuordnen sind (BEHR et al. 2011) – ist somit stark zu denjenigen Fledermausarten hin „verschoben“, die weit reichende, niedrigfrequenzere Ultraschallrufe nutzen und von ihrer Flug- bzw. Jagdökologie her als „wenig oder nicht strukturgebunden“ klassifiziert werden (u.a. LIMPENS et al. 1997).

Auf Regionen, in denen sich das Artenspektrum abweichend zusammensetzt und der Anteil der Nyctaloid-Rufgruppe gegenüber z.B. der Rauhauffledermaus (*Pipistrellus nathusii*) deutlich geringer ist, kann dieser Datenpool nicht übertragen werden. Eine derartige Situation liegt an küstennahen WEA-Standorten in Nordwestdeutschland vor (BACH et al. 2020a), an denen der Anteil der Rauhauffledermäuse unter den insgesamt erfassten Rufaufzeichnungen im Vergleich zu weiter im Binnenland gelegenen WEA-Standorten deutlich zunahm.

BACH et al. (2020a) kamen daher für diese küstennahen WEA-Standorte bereits zu dem Schluss, dass zur besseren Berücksichtigung der höherfrequent rufenden, aber (trotz geringerer Ultraschallreichweite) häufig registrierten Rauhauffledermäuse ein „Erhöhungsfaktor“ in die statistische Vorausberechnung von zu erwartenden Schlagopfern gemäß RENEBAAT (BRINKMANN et al. 2011) mit einfließen muss, um Fehlprognosen auf Grund eines abweichenden Artenspektrums zu vermeiden. Ein derartiger Faktor – der zu einer stärkeren Wichtung der Rauhauffledermaus führt – ist entsprechend inzwischen in die Berechnungsroutinen des aus den RENEBAAT-Vorhaben entwickelten *ProBat*-Tool implementiert worden.

6.4 Übertragbarkeit von Onshore gewonnenen Erkenntnissen auf Offshore-Standorte

Bei der Frage, inwieweit sich die in den vergangenen Jahren onshore etablierten Minderungsmaßnahmen bei Bedarf auch auf Offshore-Windparke übertragen lassen, müssen zwei Betrachtungsebenen unterschieden werden.

Auf einer ersten, gröberen Ebene, die sich von der Seite der eigentlichen Maßnahmen her nähert, kann bereits die Aussage getroffen werden, dass auch die Untersuchungsergebnisse des Batmove-Vorhabens erkennen lassen, dass die an Onshore-Standorten bestehenden signifikanten Zusammenhänge zwischen der Fledermausaktivität und der Windgeschwindigkeit (sowie in geringerem Maße auch dem Niederschlag und der Lufttemperatur) sowie den Jahreszeiträumen, auch im Offshore-Bereich bestehen (vgl. Kapitel 5). Es spricht daher derzeit vieles dafür, dass eine Verwendung von „cut-in“-Windgeschwindigkeiten während der Migrationsperioden auch an Offshore-WEA prinzipiell dazu geeignet sein werden, eine etwaig erhöhte Fledermaus-Kollisionsgefahr zu minimieren. Inwieweit sich notwendige Minderungsmaßnahmen an Offshore-WEA denen unter Onshore-Bedingungen ähneln würden, kann bislang nur überschlägig geschätzt werden, da keine RENEBAAT-konform erhobenen Fledermausdaten aus Offshore-WEA-Gondeln vorliegen. Um dennoch eine mögliche Größenordnung und Spannbreite aufzuzeigen, soll hilfsweise betrachtet werden, wie die an den Ostseestandorten Tonne E69 und der Offshoreplattform FINO II in ca. 5 m bzw. 10 m Höhe erfassten Daten sich in Hinblick auf bekannte Einflussfaktoren (z.B. der

Windgeschwindigkeit) und den dort derzeit etablierten Risiko-Ermittlungsverfahren („ProBat-Tool), wie sie von Onshore-WEA bekannt sind, verhalten.

Der Standort der Tonne E69 repräsentiert dabei eine Aufnahmesituation, die zwar durch Licht eine anziehende Wirkung haben könnte, jedoch ansonsten wenig zu erkundende Strukturen aufweist und eine kürzere durchschnittliche Verweildauer von Fledermäusen – und damit auch weniger Rufaufzeichnungen in kurzen Zeitabständen - erwarten lässt. Der Standort der Plattform FINO II bietet hingegen nicht nur durch seine Größe, sondern auch aufgrund seiner gegenüber einer Tonne größeren Komplexität mehr Anreiz für eintreffende Fledermäuse, in ein längeres Erkundungsverhalten überzugehen. FINO II ist ebenfalls beleuchtet, jedoch ungleich stärker, als dies bei Tonnen der Fall ist. Lockeffekte durch Licht könnten somit einerseits räumlich weiter reichen, andererseits könnte die Lichtintensität aber auch zum Fernbleiben von Individuen führen. Für beide Standorte liegen mindestens einjährige, zeitlich vollständige Fledermausrufaufzeichnungen vor.

Ordnet man den an diesen Standorten erfassten Fledermausrufaufnahmen die jeweilige Windgeschwindigkeit zu (vgl. Kapitel 3.3.4 und 3.4.7), lässt sich mit größerer Sicherheit sagen, dass zur Vermeidung von Kollisionen vermutlich cut-in-Windgeschwindigkeiten zwischen 4 und 6 m/s in Bodennähe (ca. 10 m Höhe) erforderlich wären, da der Großteil der erfassten Fledermausaktivitäten unterhalb dieser Windgeschwindigkeiten auftrat. Diese auf Bodennähe bezogenen Windgeschwindigkeiten entsprechen einer Windgeschwindigkeit in Gondelhöhe (100 bis 150 m), die im Bereich zwischen ca. 4,8 bis 7,5 m/s liegen würde (Berechnung mit: Windprofilrechner: www.wind-data.ch » Tools » Windprofil). Die Gondelwindgeschwindigkeit ist die Bezugsgröße, die in RENEBAAT sowie auch in ProBat angegeben werden, wenn es um die Angabe von „cut-in“ Windgeschwindigkeiten geht.

In einer zweiten, detaillierteren Betrachtungsebene muss diskutiert werden, inwieweit einerseits die in RENEBAAT gewonnen und in das derzeitige ProBat-Tool eingegangenen Daten auch für Offshore-WEA-Standorte repräsentativ sind. Wie im vorherigen Kapitel bereits erörtert wurde, könnte es dabei bereits problematisch sein, wenn sich das an den jeweiligen Untersuchungsstandorten auftretende Artenspektrum grundsätzlich unterschiedlich zusammensetzt. Ein stark unterschiedliches Artenspektrum, hinter dem letzten Endes auch andere Ultraschallreichweiten und andere artspezifische Verhaltensweise der verschiedenen Fledermausarten stehen können, kann dazu führen, dass sich das Verhältnis zwischen der Anzahl akustischen Rufaufnahmen, festgestellten Schlagopfern sowie den herrschenden Wetterbedingungen (Wind, Temperatur) und ggf. auch dem Naturraum derart verschiebt, dass es durch den RENEBAAT-Grunddatensatz nicht mehr repräsentiert wird. Da dies – wie im vorherigen Abschnitt am Beispiel der Rauhaufledermaus an WEA-Standorten in Nordwestdeutschland aufgezeigt – bereits innerhalb Deutschlands an Onshore-Windparks eine Anpassung des 2011 entwickelten Modells erforderlich machte (vgl. KORNER-NIEVERGELT et al. 2018), ist umso mehr auch für Offshore-Standortbedingungen mit einem weiteren Anpassungsbedarf in der Schlagopferprognose zu rechnen, der auch eine weitere Ergänzung des zugrunde liegenden Datenpools erforderlich macht.

Vergleicht man das Artenspektrum des RENEBAAT I-Datenpools (BEHR et al. 2011) mit dem Artenspektrum der Batmove-Untersuchungsstandorte (vgl. Kapitel 3.4.2) erkennt man als eklatanten Unterschied den an den Offshore-Standorten geringen Anteil an Rufaufnahmen von Abendseglern bzw. der Rufgruppe *Nyctaloid* (Summe der Gattungen *Nyctalus*, *Vespertilio* u.

Eptesicus). Während die Anzahl an Fledermausaufnahmen der Rufgruppe Nyctaloid in RE-NEBAT I – gemessen am WEA Fuß – ca. 57 % aller Fledermausrufe ausmachte (an den WEA-Gondeln je nach Aufnahmetechnik ca. 79 bzw. 70 %) und über alle RENEBAT-Untersuchungen nicht unter 50% lag (KORNER-NIEVERGELT et al. 2018), so beträgt der Anteil an besetzten Minutenintervallen dieser Rufgruppe im Batmove-Vorhaben insgesamt 9,35 % (vgl. Tabelle 3-6). An den Nordseestandorten (inkl. Helgoland) lag er bei 8,48 % und an den Ostseestandorten mit 12,48 % etwas höher.

Im Gegensatz dazu betrug der Anteil der Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) in RE-NEBAT I in Bodennähe untersuchter WEA lediglich 5,65 % und an den WEA-Gondeln (Geräteabhängig) 4,38 bzw. 7,48 %, während die Rauhautfledermaus aus den akustischen Erfassungen in Batmove mit einem Anteil von 85 % an allen untersuchten Minutenintervallen als die am häufigsten festgestellte Art hervorging. In der Nordsee belief sich ihr Anteil an besetzten Minutenintervallen auf ca. 87,5 % und in der Ostsee auf ca. 74,5 % (vgl. Kapitel 3.3.1).

Diese annähernde Umkehr der Anteile der Rufgruppe Nyctaloid und der Rauhautfledermaus stellt eine erhebliche Abweichung vom Grunddatenpool der RENEBAT-Vorhaben und somit auch des daraus entwickelten ProBat-Tools dar. Durch den sehr viel höheren Anteil an – über eine sehr viel geringere Distanz detektierbaren (s.o.) – Rauhautfledermäusen im Offshorebereich ist zu erwarten, dass das onshore ermittelte Verhältnis aus der Anzahl an Fledermausrufaufnahmen und den daraus rechnerisch resultierenden Schlagopfern nicht mehr zutreffend wäre. Denn bei einem (onshore) hohen Anteil an weit detektierbaren Nyctaloid - Fledermäusen (z.B. Abendsegler im Optimalfall über ca. 70-75 m), die zum Teil bereits aufgenommen werden, wenn sie sich noch nicht im unmittelbaren Gefahrenbereich der WEA-Rotoren aufhalten, ist dies bei der Rauhautfledermaus (und weiteren höherfrequent rufenden Fledermausarten) praktisch ausgeschlossen. Setzt man für beide Arten bzw. Rufgruppen ein in etwa vergleichbares Verhalten gegenüber Wettereinflüssen voraus, so ergibt sich, dass an Standorten mit einem hohen Anteil an Nyctaloid *en* die rechnerische Zahl an Fledermauskontakten, die statistisch zu einem Kollisionsereignis führt, immer höher sein wird, als an Standorten, an denen der Anteil an weit rufenden Fledermausarten nur gering ist. Mit einem Anteil von 57 bis 79 % an Onshorestandorten und 9,35 % an Offshorestandorten ist der Anteil der Nyctaloid *e* im jeweiligen Gesamtartenspektrum etwa 6-8-fach geringer.

In der Weiterentwicklung der in RENEBAT I aufgestellten Modelle zur Vorhersage des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an WEA aus akustischen Aktivitätsdaten (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011) erfolgte – neben weiteren Anpassungen – bereits eine artspezifische Berücksichtigung der Rauhautfledermaus (KORNER-NIEVERGELT et al. 2018). Entsprechend ist auch das ProBat-Tool in seiner aktuellen Version (im Feb. 2021 Version 7.0a) mit der Möglichkeit ausgestattet, parallel zur Berücksichtigung aller Fledermausrufaufnahmen die der Rauhautfledermaus gesondert auszuwerten und in der Ermittlung der „cut-in“ Windgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. KORNER-NIEVERGELT et al. (2018) berechneten, dass eine Erhöhung des Anteils der Rauhautfledermausaktivität in den Rufaufnahmen die Kollisionsrate positiv beeinflusste, wobei ein Anstieg des Rauhautfledermausanteils von 1 % auf 50 % einen Anstieg der Kollisionsrate von 0,25 auf 0,37 – also eine Erhöhung um 48 % - zur Folge hatte. Ein Anstieg von 1 % auf 85 % Rufanteil lässt eine Steigerung auf eine Kollisionsrate von ca. 0,42 – also einen Anstieg um 68 % - erkennen (KORNER-NIEVERGELT et al. 2018, Abbildung 11). Die statistische Unsicherheit des Anstiegs der Kollisionsrate durch einen höheren Anteil an Rauhautfledermausrufaufnahmen, war dabei jedoch insgesamt groß.

Besonders die obere Glaubwürdigkeitsintervallgrenze (95 % Kreditibilitätsintervall) ließe bei einem Anteil von 50 % Rauhautfledermausrufen statistisch auch noch eine Kollisionsrate von bis zu etwa 1,05 zu. Bei einem Anteil von 85 % Rauhautfledermausrufen ist die Unsicherheit derart groß, dass das 95 % Kreditibilitätsintervall der Kollisionsrate nicht mehr im Skalenbereich der Abbildung dargestellt wird und der Wert für die Kollisionsrate über 1,2 liegt. Ein sehr starker Anstieg des Anteil an Rauhautfledermausrufaufnahmen führt daher zu einer sehr starken statistischen Unsicherheit hinsichtlich höherer Kollisionsraten.

Vor einer Übertragung von Berechnungen mit ProBat auf Offshore-WEA wird es daher voraussichtlich erforderlich sein, Anpassungen des Berechnungsmodells auf das stark veränderte Artenspektrum vorzunehmen oder einen Korrekturfaktor anzuwenden, der im Sinne einer „worst-case“ Betrachtung auch die statistisch nicht ausschließbaren, besonders hohen Kollisionsraten berücksichtigt, um eine Unterschätzung berechneter Kollisionsopferzahlen ausschließen zu können. Da ein „worst-case“ orientierter Korrekturfaktor – der sich an der oberen 95 % Kreditibilitätsintervallgrenze orientiert – bei einem Aufnahmedatensatz mit 85 % Anteil der Rauhautfledermaus jedoch einen Wert zwischen 3 bis 4 auf den berechneten Wert der Kollisionsrate annehmen kann, wäre es jedoch sicherlich erstrebenswert, den Unsicherheitsbereich zu verringern, um auf Grund eines „worst-case“ Vorgehens etwaig zu hohe, nicht notwendige Betriebsbeschränkungen von WEA ebenfalls vermeiden zu können.

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor in der Frage, inwieweit das aus RENEBAT entwickelte ProBat-Tool auch offshore Verwendung finden kann, ist die absolute Zahl an Fledermausaufnahmen, die an den jeweils untersuchten WEA-Gondeln zukünftig zu erwarten sind. Dieser auch als „Aktivitätsniveau“ (Anlagenfaktor) bezeichnete Wert ist (abgesehen von Wetterdaten) der einzige anlagenspezifische Wert, der in den Berechnungen mit ProBat verwendet wird (BEHR et al. 2018). Da momentan jedoch keine gemäß den RENEBAT-Methoden erhobenen Fledermausuntersuchungsdaten von Offshore-WEA vorliegen (oder für eine Betrachtung zugänglich sind), ist das „Aktivitätsniveau“ an Offshore-WEA – wie es RENEBAT definiert (Gondelaktivität) - derzeit nahezu unbekannt. Es kann deshalb momentan nur angenommen werden, dass es im Mittel wohl (deutlich) unter dem Aktivitätsniveau von den meisten Onshore-WEA angesiedelt sein dürfte. Einige der wenigen Gondel-Fledermausdaten aus europäischen Offshore-WEA veröffentlichten BRABANT et al. (2019a) aus dem belgischen Nordsee-Windpark „Thorntonbank“. Dort stellten sie im Zuge von akustischen Messungen an den Gondeln von 4 WEA im Zeitraum vom 8. August bis 30. November 2017 ($n = 114$ d) zwischen 0 bis 6 Fledermausrufaufnahmen fest (arith. Mittel = 2,25). Im Gegensatz dazu erreichen die WEA-Standorte des RENEBAT-Datensatzes ein Aktivitätsniveau von zumeist zwischen 0,5 bis 5,0 Fledermausrufaufnahmen je Stunde (BEHR et al. 2018). Es muss daher voraussichtlich ebenfalls geprüft werden, inwieweit ProBat für Windenergieanlagen mit einem überwiegend niedrigeren Aktivitätsniveau noch eine zuverlässige Kollisionsrate berechnet.

Ebenfalls unklar ist, inwieweit sich ein an Offshore-WEA womöglich ausgeprägteres Erkundungs-/Schwärmverhalten von Fledermäusen – also ein zeitlich konzentriertes, sehr hohes Aktivitätsgeschehen – auf die Zulässigkeit des Prognosemodells von KORNER-NIVERGELT et al. (2011, 2018) auswirken würde, denn im Zuge des RENEBAT I-Vorhabens waren solche Ereignisse so selten (2x bei der Zwergfledermaus), dass ihr Auftreten nicht vorhersagbar bleibt und die Ereignisse daher gänzlich aus dem Grunddatensatz der Modellentwicklung ausgeschlossen wurden (BEHR et al. 2011). Es ist daher an Offshore-WEA ebenfalls abzuklären, ob „Massenaktivitäten“ regelmäßiger (eventuell sogar vorhersagbar) auftreten oder

dort ebenso selten und daher ggf. ebenfalls in vertretbarer Form vernachlässigbar sind, wie dies onshore der Fall war.

Das womöglich jedoch ausschlaggebendste Problem in der Nutzung von ProBat, das sowohl onshore, als auch offshore besteht, ergibt sich aus der technischen Entwicklung der Windenergieanlagen selbst. So ist festzustellen, dass zumindest in den Küstenländern die Rotorhöhe – also der Abstand zwischen dem Boden bzw. der Wasseroberfläche und dem tiefsten Rotorpunkt – der dort geplanten Windenergieanlagen zunehmend geringer wird (s.o.). Hierdurch befinden sich noch stärker auch diejenigen schlaggefährdeten Fledermausarten im potenziellen Gefahrenbereich der WEA-Rotoren, die im Hinblick auf ihr Flugverhalten bei der Jagd und auf Transferflügen – anfangs von LIMPENS et al. (1997) und heute in zahlreichen Handreichungen zur Bewertung von Artenschutzbelangen übernommen (u.a. FÖA LANDSCHAFTSPLANUNG 2009, BERNOTAT & DIERSCHKE 2016) – als „überwiegend“ oder „mittel“ strukturgebunden agierend klassifiziert werden, da sie verstärkt im niedrigeren Luftraum aktiv sind. Hierzu zählen typischerweise Arten wie die Zwerg- und die Mückenfledermaus. Aber auch für die Rauhaufledermaus sind an WEA meistens in Bodennähe oder im unteren Turmbereich z.T. deutlich größere Aktivitätszahlen festzustellen, als dies an der Gondel der Fall ist (u.a. GÖTTSCHE et al. 2007 und 2009, BACH et al. 2020b, BEHR et al. 2011), was darauf hindeutet, dass auch diese Fledermausart eine gewisse Aktivitätsbetonung im unteren Bereich von WEA-Rotoren hat.

Allein dadurch, dass BRINKMANN et al. (2011) bereits für Onshore-Standorte eine gesicherte Verwendung der entwickelten statistischen Modelle zur Vorhersage des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an WEA aus akustischen Aktivitätsdaten – und somit auch des darauf basierenden ProBat-Tools – für WEA mit einer Rotorhöhe von weniger als 30 m ausschließen, ergibt sich, dass eine direkte Nutzung für Offshore-WEA in den allermeisten aktuellen Windparkplanungen bereits dadurch ausscheidet, dass diese Anlagen ebenfalls eine Rotorhöhe von < 30 m aufweisen. Zunehmend wird sogar nur der einzuhaltende Mindestabstand zur Wasseroberfläche von 20 m erreicht.

Ob und in welchen Offshore-Bereichen überhaupt Minderungsmaßnahmen erforderlich sein werden und welchen Umfang sie hinsichtlich der „cut-in“-Windgeschwindigkeit dann ggf. tatsächlich aufweisen müssten, ist im Zuge weiterer Forschungsvorhaben zu klären und kann derzeit nicht mit der erforderlichen Sicherheit angegeben werden. Als relevante Jahreszeiträume können für die Ostsee bereits die Zeiträume von Mitte April bis Mitte Juni im Frühjahr und vom 1. August bis Ende Oktober im Spätsommer/Herbst eingegrenzt werden. Hierzu sollten auch im Zuge der aktuell geplanten und/oder genehmigten Offshore-Windparke sowohl in den Küstenmeeren, als auch in der Nord- und Ostsee ab sofort entsprechende Untersuchungen an errichteten WEA durchgeführt werden, die zumindest 1 Gondelmikrofon gemäß RENEBA-T-Methodik/Leitfaden und ein Turmmikrofon in ca. der Höhe des niedrigsten Rotorpunktes (auf Grund zu erwartender Störungen durch den Rotorbetrieb ggf. etwas darunter) in zeitlich synchroner Weise über einen Zeitraum von Anfang April bis Ende Oktober ohne größere Ausfallzeiten über mindestens 2 Untersuchungsjahre betrieben werden.

Forschungs- und im besten Fall auch Windparkuntersuchungsdaten der Betreiber sollten dann dazu dienen, neue oder auf Offshore-Bedingungen neu angepasste Verfahren zur Ermittlung der zu erwartenden Schlagopfer und angepasste Maßnahmen zu deren Vermeidung zu entwickeln.

Schwieriger als die Durchführung akustischer Untersuchungen an OWEA, für die die notwendige Technik aus jahrelanger Onshoreanwendung bewährt und vermutlich nahezu 1:1 auf den Offshorebereich übertragen werden kann, wären (ergänzende) Grundlagenuntersuchungen, die eine Anpassung des ProBat-Tools auf Offshorebedingungen (abweichend verteiltes Artenspektrum, abweichendes „Aktivitätsniveau“ an der Gondel) und insbesondere für WEA mit geringer Rotorhöhe unter Verwendung von Daten aus einem Turmmikrofon möglich machen würden.

Die Untersuchungsbedingungen sind offshore nicht nur schwieriger und aufwändiger als auf dem Festland, sondern erfordern auch Anpassungen fester methodischer Bausteine der dortigen Studien, da insbesondere die Suche nach Schlagopfern auf dem Meer nicht in der gleichen Form durchführbar ist wie an Land, sondern womöglich bestenfalls über IR- oder Wärmebildtechnik unter sehr hohem Aufwand aufklärbar ist. Daher ist zu erwarten, dass zur Erlangung aller notwendigen Grundkenntnisse für eine statistisch besser abgesicherte Berechnung von zu erwartenden Fledermauskollisionen – wie es auch onshore schon der Fall war – mehrere aufeinanderfolgende Schritte notwendig sein werden.

Zur Zusammensetzung des offshore anzutreffenden Artenspektrums und der Phänologie konnte Batmove bereits erste Ergebnisse liefern. Ebenso lassen sich durch die akustisch erfassten Fledermausdaten bereits erste Eindrücke über die Spannbreite der möglicherweise auch an OWEA – zumindest im unteren Turmbereich – auftretenden „Aktivitätsniveaus“ gewinnen. Eine starke Abhängigkeit der Fledermausaktivität von der Windgeschwindigkeit konnte ebenfalls aufgezeigt werden. Diese Ergebnisse können vermutlich bereits für erste Überlegungen genutzt werden, in welcher Weise das onshore entwickelte statistischen Modell zur Vorhersage des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an WEA aus akustischen Aktivitätsdaten (KORNER-NIEVERGELT et al. 2011 u. 2018) bzw. ProBat für die Ermittlung von fledermausfreundlichen Betriebssteuerungen von OWEA weiterentwickelt werden muss. Im Ergebnis dieser Prüfung sollte auch klar werden, welche ergänzenden Grundlagendaten für die Weiterentwicklung des Berechnungsmodells erforderlich sein werden. Dies könnten insbesondere Daten zu einer besseren räumlichen Abdeckung (Nordsee/Ostsee, Teilräume der Meere mit z.B. unterschiedlicher Lage/Entfernung zu Küsten), zum Verhalten von Fledermäusen an Offshorestrukturen (Erkundung/Schwärmen, Flughöhen), zur Vorhersage von Fledermausaktivitäten im OWEA-Gefahrenbereich anhand von Erfassungsdaten von der Wasseroberfläche sowie natürlich in besonderem Maße dem tatsächlichen Verhältnis von akustisch registrierten Fledermäusen und auftretenden Fledermauskollisionen sein.

Sollten im Zuge erster konkreter Standortuntersuchungen erhöhte Risiken für Fledermauskollisionen erkannt werden, bevor detailliertere Verfahren zu einem optimierten fledermausfreundlichen Betrieb von Offshore-WEA existieren, so kann zunächst auf den Parameter Jahreszeit sowie auch auf eine pauschale „cut-in“-Windgeschwindigkeit (mit einem entsprechenden Risikoaufschlag) zurückgegriffen werden, um möglicherweise erhöhte Kollisionsrisiken bereits zu vermeiden oder zu vermindern. Wie zuvor dargestellt wurde, stellte ein solches Vorgehen bereits in den Anfangszeiten der Fledermaus-Onshore-Untersuchungen eine effektive Methode dar, um die damals neu erkannte, erhöhte Tötungsgefahr von Fledermäusen an WEA zu vermeiden oder zumindest deutlich vermindern zu können, ohne dass dazu bereits ein fundierter Wissenstand gegeben war, wie er heute durch z.B. die RENEBAT-Vorhaben sowie zahlreiche weitere Untersuchungen an Onshore-WEA gegeben ist. Die Wirkung

von „cut-in“-Windgeschwindigkeiten zum Schutz vor erhöhten Fledermauskollisionen weist daher inzwischen eine hohe Evidenzstärke auf.

Die Ergebnisse von Batmove zeigen, dass die Offshore-Fledermausaktivität (zumindest im Ostseeraum) wie auch Onshore offenbar von der herrschenden Windgeschwindigkeit abhängen und sich zudem jahreszeitlich wohl stark auf einen Frühjahrs- und einen Spätsommer-/Herbst-Migrationszeitraum beschränken. Vor diesem Hintergrund zeichnet sich bereits grundsätzlich ab, dass zu ergreifende Minderungsmaßnahmen die Jahreszeit und aktuelle Wetterbedingungen berücksichtigen können.

Ab welchen akustischen Aktivitätsniveaus Schutzmaßnahmen für Fledermäuse ergriffen werden müssen, kann auf Grund der zuvor erörterten offenen, jedoch sehr wesentlichen, Fragen nach Abschluss dieser ersten Grundlagenuntersuchung auf einer wissenschaftlich fundierten Basis nicht beantwortet werden. Es muss damit zunächst der jeweiligen Gutachtereinschätzung überlassen werden, zu ermitteln, wie vielen rechnerischen Kollisionsopfern die gutachterlich erhobenen Fledermausaktivitätsdaten an WEA-Gondel und WEA-Turm entsprechen könnten. Dabei bleibt es unter einer entsprechenden (kritischen) Methodendiskussion vorbehalten, sich hilfsweise – in Ermangelung besserer Möglichkeiten – auch z.B. des vorhandenen ProBat-Tools für eine Erheblichkeitseinschätzung auf dem (wenn auch unzulänglichen) „Stand des Wissens“ zu bedienen. Ein weiterer Zwischenweg zur Vermeidung erheblicher Fledermauskollisionsgefahr wäre es, wenn die zuständigen Genehmigungsbehörden eine grundlegend bestehende Gefahr einer signifikant erhöhten Tötungsgefahr von Fledermäusen an OWEA auf Basis der in Batmove gewonnenen Erkenntnisse bereits frühzeitig annehmen dürften und Genehmigungen in diesen Bereichen grundsätzlich nur unter (zunächst) pauschalen, zeitlich und witterungsabhängigen Betriebsbeschränkungen erteilen würden, die einen Großteil der zu erwartenden Fledermausaktivitäten abdecken. Ein solches Vorgehen über sogenannte – später bei Bedarf durch die Anlagenbetreiber nachregulierbare – „pauschale Abschaltzeiten“ ist für Onshore-WEA in mehreren Bundesländern seit zum Teil vielen Jahren (z.B. Brandenburg) gängige Praxis und wird u.a. auch in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein in dieser Form betrieben.

Mit dem Fortschreiten des Wissenstandes zum Offshore-Fledermauszug, der Klärung wichtiger Verhaltensfragen sowie auch der Klärung des an OWEA gegebenen Verhältnisses zwischen (akustisch gemessenem) „Aktivitätsniveau“ und den daraus resultierenden (tatsächlichen) Kollisionen können dann sowohl die Empfehlungen für Fachgutachter*innen und / oder Genehmigungsbehörden jeweils auf ihre Gültigkeit überprüft und (schrittweise) zu einer größeren Genauigkeit hin weiterentwickelt werden.

Ein wesentliches, längerfristiges Ziel der weiteren Offshore-Fledermausuntersuchungen sollte es daher sein, ein statistisch valides Verfahren zu entwickeln, das es ermöglicht, anhand von akustischen Aktivitätsdaten das Kollisionsrisiko von Fledermäusen an einem Standort zu prognostizieren und in Kombination mit Wetterdaten einen fledermausfreundlichen Betriebsalgorhythmus berechnet, wie es das ProBat-Tool für (viele) Onshore-Windenergieanlagentypen leistet. Hierzu sind zwingend mehrjährige Gondelmonitoring-Untersuchungen und auf Grund der geringen Rotorhöhe auch synchrone akustische Turm-Untersuchungen an OWEA notwendig, die mit einer Untersuchung zur Registrierung von Schlagopfern gekoppelt ist.

6.5 Zusammenfassung

Der Kenntnisstand über das Ausmaß und die Entstehungssituationen von Fledermauskollisionen an Onshore-Windenergieanlagen konnte in den zurückliegenden Jahren kontinuierlich verbessert und wichtige Zusammenhänge aufgeklärt werden. Durch die aufeinander aufbauenden Forschungsprojekte – RENEBAT I bis III sowie zahlreiche weitere Fachveröffentlichungen haben sich standardisierte Wege zur Ermittlung und Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verminderung von erheblichen Fledermauskollisionen an Onshore-WEA weitgehend in allen Bundesländern etabliert.

Ein heute in der Praxis bedeutendes – wenn auch nach wie vor fachlich nicht unumstrittenes - Produkt der RENEBAT-Studien ist das Software-Tool *ProBat*. Es berechnet auf Basis der in RENEBAT erforschten statistischen Zusammenhänge zwischen bioakustisch gemessener Fledermausaktivität, dem WEA-Standort, technischen Eigenschaften der WEA, der Jahreszeit und insbesondere auch Windgeschwindigkeits- bzw. Wetterdaten eine zu erwartende Zahl von Kollisionsopfern für einen Standort. Bei der üblichen Eingabe eines Zielwertes der jährlich an einer zuvor bioakustisch untersuchten WEA zulässigen Kollisionsopfer kann die Software dann eine detaillierte (u.a. jahres- und nachtzeitabhängige) „Abschaltwindgeschwindigkeit“ („cut-in“-Windgeschwindigkeit) berechnen, unter deren Anwendung als WEA-Betriebsbeschränkung der Zielwert maximaler Kollisionsopfer rechnerisch unterschritten bleibt.

ProBat bzw. deren Entwickler müssen die Software regelmäßig an sich verändernde technischen Eigenschaften der am Markt befindlichen WEA anpassen, soweit diese sich negativ auf das gewünscht rechtssicher verwendbare Prognoseergebnis auswirken. Relevante technische WEA-Veränderungen der letzten Zeit waren oder sind z.B. die zunehmenden Rotorblattlängen und geringer werdende Rotorhöhen der Anlagen. Diese WEA-Parameter haben sich zuletzt z.T. so stark verändert, dass einige Fachautor*innen Zweifel daran äußern, dass die in RENEBAT entwickelten statistischen Modelle für eine Schlagopferprognose für derartige WEA noch genau genug sind, um mit den Berechnungsergebnissen die Kollisionsgefahr und die damit verbundenen artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände dem § 44 BNatSchG noch sicher genug ausschließen zu können.

Die naheliegende Überlegung, ob die Ergebnisse von RENEBAT bzw. das *ProBat*-Tool in seiner bestehenden Form für eine Berechnung der zu erwartenden Kollisionsopfer an Offshore-WEA genutzt werden könnte wurde geprüft. Dabei wird festgestellt, dass sich wesentliche Anlagenparameter, die für die Berechnung der Kollisionsgefahr wesentlich sind – insbesondere die Rotorlänge und Rotorhöhe – bei Offshore-WEA bereits seit längerer Zeit Realität sind, während sie sich Onshore erst in den letzten Jahren in einem relevant werdenden Umfang verändern.

Die technischen WEA-Eigenschaften, die OWEA vielfach heute schon aufweisen - werden durch *ProBat* derzeit nicht abgebildet.

Auch das bioakustisch ermittelte Artenspektrum weicht offshore deutlich von dem an Onshore-Windparks ermittelten ab. Während offshore die Rauhaufledermaus als deutlich häufigste Art auftritt sind onshore die Arten der Rufgruppe Nyctaloid die am häufigsten festgestellten Arten. Da die akustische Erfassungsreichweite von Rauhaufledermäusen deutlich geringer ist, als die von Arten der Nyctaloid-Gruppe, bleibt die Frage ungeklärt, in wie weit

der in RENEBAT verwendete Grunddatensatz statistisch gesicherte Berechnungen bei derartigen Verschiebungen im Artenspektrum und gleichzeitig sehr großen Rotorradien erlaubt, bzw. wie groß die dadurch bedingten Unsicherheiten sind.

Auch gehäuft auftretende „Aktivitätsspitzen“ wie sie offshore durch ein ausgeprägtes Erkunden von WEA durch Fledermäuse auf Grund einer besonderen Attraktivitätswirkung der wenigen auf dem Meer vorhandenen Objekte gegeben sein könnte, wäre ein Unterschied zum Verhalten der Tiere an Onshore-WEA. Zudem wurden sehr ausgeprägte „Massenaufnahmen“ an Onshore-WEA (die aber auch nur selten auftraten) bei der Entwicklung des statistischen Rechenmodells in RENEBAT aus dem Datensatz bewusst ausgeschlossen.

Eine direkte Übertragung der statistischen Berechnungen aus den RENEBAT-Projekten bzw. die Verwendung eines nicht angepassten *ProBat*-Tools, kann daher nicht empfohlen werden. Eine ausreichend statistisch abgesicherte Berechnung von zu erwartenden Fledermaus-Schlagopfern ist für Offshore-WEA somit derzeit nicht möglich.

Die in den vergangenen Jahren onshore etablierten Minderungsmaßnahmen – zeit- und wetterabhängige WEA-Abschaltungen - dürften sich aber grundsätzlich auch auf Offshore-Windparke übertragen lassen, denn die onshore herausgearbeiteten Zusammenhänge zwischen der Fledermausaktivität und (insbesondere) der Windgeschwindigkeit sowie auch den Jahres- und Nachtzeiträumen bestehen auch im Offshore-Bereich.

Es spricht daher derzeit vieles dafür, dass eine Verwendung von „cut-in“-Windgeschwindigkeiten während der Migrationsperioden auch an Offshore-WEA prinzipiell dazu geeignet sein werden, eine etwaig erhöhte Fledermaus-Kollisionsgefahr zu minimieren. Ob und in welchen Offshore-Bereichen überhaupt Minderungsmaßnahmen erforderlich sein werden und welchen Umfang sie hinsichtlich der „cut-in“-Windgeschwindigkeit dann ggf. tatsächlich aufweisen müssten, ist im Zuge weiterer Forschungsvorhaben zu klären und kann derzeit nicht mit der erforderlichen Sicherheit angegeben werden.

Als relevante Jahreszeiträume können für die Ostsee bereits die Zeiträume von Mitte April bis Mitte Juni im Frühjahr und Anfang August bis Ende Oktober im Spätsommer/Herbst eingegrenzt werden. Hierzu sollten auch im Zuge der aktuell geplanten und/oder genehmigten Offshore-Windparke sowohl in den Küstenmeeren, als auch in der Nord- und Ostsee ab sofort entsprechende Untersuchungen an errichteten WEA durchgeführt werden.

Bei einem kurzfristigen Bedarf an festzulegenden Vermeidungsmaßnahmen an Offshore-WEA kann – solange keine genaueren Forschungsergebnisse vorliegen - auf eine Kombination des Parameters Jahreszeit sowie auf eine zunächst pauschal festzulegende „cut-in“-Windgeschwindigkeit zurückgegriffen werden, um etwaig erhöhte Kollisionsrisiken vermeiden oder vermindern zu können.

Ein längerfristiges Ziel der weiteren Offshore-Fledermausuntersuchungen sollte es sein, ein statistisch valides Verfahren zu entwickeln, das es ermöglicht, anhand von z.B. akustischen Aktivitätsdaten (oder ggf. auch alternativen Parametern) das Kollisionsrisiko von Fledermäusen an einem WEA- oder Windparkstandort auch auf dem Meer prognostizieren zu können, um dann in Kombination mit Wetterdaten bei Bedarf einen angepassten, fledermausfreundlichen Betriebs-Algorithmus berechnen und anwenden zu können, wie es mit dem *ProBat*-Tool für Onshore-Windenergieanlagen bereits möglich ist.

7 Danksagung

Folgenden Personen und Institutionen danken wir für die Bereitstellung von Daten (vgl. Kapitel 2, Tabelle 2-1):

- Robert Neumann, Ommo Hüppop, Dorothea Barre, Angelika Fuß, Peter Allgeyer, Matthias Mähler, Christoph Paatsch, Sophie Ehnborn, Måns Karlsson, Ingemar Ahlén
- Thalia Jentke und Jan Decher von der Fledermaus Beringungszentrale Bonn, Zoologisches Forschungsmuseum A. König, Bonn
- Dagmar Brockmann von der Fledermausberingungszentrale des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden

Folgenden Institutionen und Personen gilt unser Dank für die Möglichkeit, akustische Erfassungssysteme anzubringen bzw. für die Durchführung der Installation, Wartung und Deinstallation sowie weitere Arbeiten:

- Nordseeboje II: Manuel Kottlau und Team vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
- FINO 1 und FINO 3: FINO-Team des Forschungs- und Entwicklungszentrums der FH-Kiel GmbH
- Helgoland: Jochen Dierschke, Klaus Müller, Ommo Hüppop und Team vom Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“
- Leuchtturm Alte Weser: Jörg Böning, Herr Schmidt und Team vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Weser-Jade-Nordsee
- Großtonne Fehmarn Belt: Manuel Kottlau und Team vom Bundesamt für Seeschifffahrt- und Hydrologie, Team vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau
- Tonne E69, Tonne E70, Tonne DS-W, Arkonatonne: Dirk Berger, Kapitän Krüger, Kapitän Nowak, Kapitän Engel und das Team des Mehrzweckschiffes Arkona vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Ostsee
- Plattform DS-W und Plattform Arkona: Robert Mars, Mike Sommer und Team vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
- FINO 2: Das FINO 2-Team der Garrad Hassan Deutschland GmbH

Für die Kalibrierung der Anabat-Geräte danken wir Ivo Niermann.

Wir danken Sophia Witte, Norina Götsche, Florian Krau und Tobias Böhme von Faunistica für die Datenaufbereitung.

Wir danken Ute Bradtler und Ommo Hüppop vom Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, dass wir ihr R-Skript für die Sonnenaufgang-/Sonnenuntergang-Abbildungen nutzen durften.

Wir danken Jürgen Galupski, Sankt Augustin, für die Möglichkeit der Nutzung seines Sonnenaufgang-/Sonnenuntergangskalenders (www.galupski.de).

Wir danken dem Deutschen Wetterdienst, dass wir seine Wetterdaten nutzen durften. Wir danken außerdem dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie für die Bereitstellung von Wetterdaten.

Wir danken Anja Luckner und Yvonne Luckner für die Stabilisotopenanalysen am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung. Wir danken den vielen ehrenamtlichen Helfern in Europa, die uns das Referenzprobenmaterial zur Verfügung stellten.

Wir danken dem Verein Jordsand zum Schutze der Seevögel und der Natur e.V, dass wir auf der Greifswalder Oie Fledermausfänge durchführen und das Stationshaus nutzen konnten. Besonderer Dank gilt Stella Klasan und ihrem Team für Ihre Unterstützung vor Ort. Wir danken Christoph Paatsch für seine Unterstützung auf der Greifswalder Oie.

Dem NABU Wasservogelreservat Wallnau und der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein gilt unser Dank für die Möglichkeit, Fledermauskästen auf ihren Flächen auszubringen.

Cecilia Kruszynski wurde über ein Stipendium der brasilianischen Forschungsgemeinschaft für wissenschaftliche und technologische Entwicklung (CNPq, Process number: 290079/2015-2) gefördert.

Wir danken den Teilnehmer*innen der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe für die wertvollen Diskussionen.

Wir danken Matthias Steitz dafür, dass er das Projekt auf den Weg gebracht hat. Wir danken Carla Kuhmann, Thomas Merck, Alexander Liebschner und Sandra Vardeh vom Bundesamt für Naturschutz, FG II 3.3 „Menschliche Einflüsse, ökologische Frage bei marinen Vorhaben“ für die Projektbetreuung und hilfreiche Zusammenarbeit.

8 Literatur

- ABERG, G. (1995): The use of natural strontium isotopes as tracers in environmental studies. *Water, Air, and Soil Pollution* 79: 309–322.
- ADOMEIT, U., O. BEHR, R. BRINKMANN, F. KORNER-NIEVERGELT & I. NIERMANN (2011): Charakterisierung der Fledermausaktivität im Umfeld von Windenergieanlagen mittels IR-Stereoaufnahmen. In: BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN & M. REICH (Hrsg.): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. Cuvillier Verlag, Göttingen: *Umwelt und Raum Band 4*: 145-176.
- AHLÉN, I. (1997): Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 62: 375–380.
- AHLÉN, I., L. BACH, H. BAAGØE & J. PETTERSSON (2007): Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Report (Nr. 5571) to the Swedish Environmental Protection Agency: 37 Seiten.
- AHLÉN, I., H. BAAGØE & L. BACH (2009): Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90 (6): 1318-1323.
- ALCALDE, J.T., M. JIMÉNEZ, I. BRILA, V. VINTULIS, C. C. VOIGT & G. PÉTERSONS (2020): Transcontinental 2200 km migration of a *Nathusius' pipistrelle* (*Pipistrellus nathusii*) across Europe. *Mammalia* 85 (2): 161-163.
- ALERSTAM, T. (1984): *Fågelflyttning*. Sigumverlag, Lund: 295 Seiten.
- AMENGUAL, B., M. LÓPEZ-ROIG & J. SERRA-COBO (2007): First record of seasonal over sea migration of *Miniopterus schreibersii* and *Myotis capaccinii* between Balearic Islands (Spain). *Acta Chiropterologica* 9 (1): 319-322.
- ARNETT, E., W.K. BROWN, W.P. ERICKSON, J.K. FIEDLER, B.L. HAMILTON, T.H. HENRY, A. JAIN, G.D. JOHNSON, J. KERNS, R.R. KOFORD, C.P. NICHOLSON, T.J. O'CONNEL, M.D. PIORKOWSKI & R.D. TANKERSLEY (2008): Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72 (1): 61-78.
- ARNETT, E.B., E.F. BAERWALD, F. MATHEWS, L. RODRIGUES, A. RODRÍGUEZ-DURÁN, J. RYDELL, R. VILLEGAS-PATRACA, C.C. VOIGT (2016): Impacts of Wind Energy Development on Bats: A Global Perspective. In: Voigt, C.C. & T. Kingston (Hrsg.): *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. Springer International Publishing, Cham: Seiten 295–323.
- BAAGØE, H. (2001): Danish bats (Mammalia: Chiroptera): Atlas and analysis of distribution, occurrence, and abundance. *Steenstrupia*, 26 (1): 1-117.
- BAAGØE, H. & D. BLOCH (1994): Bats (Chiroptera) in the Faroe Islands. *Fróðskaparrit* 41: 83-86.
- BAAGØE, H. & T. JENSEN (2007): *Dansk pattedyratlas*. Gyldendal, Copenhagen: 392 Seiten.
- BACH, L. (1983): Jahresabschlussbericht 1983 der vom Mellumrat e.V. eingerichteten Naturschutzstation Wangerooge-Ost. Teil 1. Unveröff. Bericht an den Mellumrat e.V.: 33. Seiten

- BACH, L. (2001): Fledermäuse und Windenergienutzung – Reale Probleme oder Einbildung? Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen 33: 119-124.
- BACH, L. (2009): Fledermauspotentialansprache im Projekt „Bebauungsplan Nr. 34b“. Unveröff. Gutachten i.A. von Diekmann & Mosebach: 21 Seiten.
- BACH, L. (2010): Fledermauserfassung im Projekt „Bebauungsplan Nr. 34b“. Unveröff. Gutachten i.A. von Diekmann & Mosebach: 23 Seiten.
- BACH, L., P. BACH (2015a): Fachbeitrag Fledermäuse zum FNP Norden. Unveröff. Gutachten i.A. der Stadt Norden: 74 Seiten zzgl. Karten.
- BACH, L. & P. BURKHARDT (2003): Effekte von Windenergieanlagen auf Fledermäuse. Vortragsmanuskript der Fachtagung „Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)Räder?“, 17. & 18.11.2003, Dresden.
- BACH, L. & U. RAHMEL (2004): Überblick zu Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermäuse – eine Konflikteinschätzung. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 7: 245-252.
- BACH, L., P. BACH, A. DONNING, MA. GÖTTSCHE, MI. GÖTTSCHE & H. REIMERS (2019): Fledermauswanderung entlang der schleswig-holsteinischen/hamburgischen/nieder-sächsischen Inseln. Vortrag auf der BFA-Tagung 12.-14. April 2019, Hamburg.
- BACH, L. P. BACH, S. EHNBOOM & M. KARLSSON (2015): Bat migration at Måkläppen (Falsterbo) 2010-2014. Falsterbo Report number 292: 7 Seiten.
- BACH, L. P. BACH, S. EHNBOOM, M. KARLSSON (2017): Flyttande fladdermös vid Måkläppen, Falsterbo. Fauna och Flora 112 (2): 37-45.
- BACH, L., P. BACH, A. HELGE, K. MAATZ, V. SCHWARZ, M. TEUSCHER & J. ZÖLLER (2009): Fledermauszug auf Wangerooge - erste Ergebnisse aus dem Jahr 2008. Natur- und Umweltschutz (Zeitschrift Mellumrat) 8 (1): 10-12.
- BACH L., P. BACH, M. TILLMANN & H. ZUCCHI (2012): Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 128:147–158
- BACH, P., BACH, L. & R. KESEL (2020a): Akustische Aktivität und Schlagopfer der Rauhauffledermaus (*Pipistrellus nathusii*) an Windenergieanlagen im nordwestdeutschen Küstenraum. In: VOIGT, C.C. (Hrsg.): Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben. Springer Spektrum, Berlin: 77-100.
- BACH, P., BACH, L. & R. KESEL (2020b): Akustisches Monitoring von Rauhauffledermaus an Windenergieanlagen: Ist ein zweites Ultraschallmikrofon am Turm notwendig? In: VOIGT, C.C. (Hrsg.): Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben. Springer Spektrum, Berlin: 101-119.
- BACH, L., R. BRINKMANN, H. LIMPENS, U. RAHMEL, M. REICHENBACH & A. ROSCHEN (1999): Bewertung und planerische Umsetzung von Fledermausdaten im Rahmen der Windkraftplanung. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Band 4 (Themenheft „Vögel und Windkraft“): 163-170.

- BACH, L. I NIERMANN & A. DONNING (2016): Sommeraktivität von Fledermäusen auf den ostfriesischen Inseln. *Natur- und Umweltschutz (Zeitschrift Mellumrat)* 15 (1): 29-32.
- BACH, P. & L. BACH (2015b): Fachbeitrag Fledermäuse zum geplanten Windparkstandort Südermeedland. unveröff. Gutachten i.A. der Rasteder Projektierungs GmbH: 49 Seiten.
- BÄCKSTRÖM, Y. & T.D. PRICE (2016): Social identity & mobility at a pre-industrial mining complex, Sweden. *Journal of Archaeological Science* 66: 154–168.
- BARATAUD, M. (2015): Acoustic ecology of European bats: Species identification, study of their habitat. Biotope & National Museum of Natural History, Paris: 344 Seiten.
- BARBOSA, K.V. de C., A.D. RODEWALD, M.C. Ribeiro & A.E. JAHN (2020): Noise level and water distance drive resident and migratory bird species richness within a Neotropical megacity. *Landscape and Urban Planning* 197: 103769.
- BARRE, D., & L. BACH (2004): Saisonale Wanderungen der Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) - Eine Europaweite Befragung zur Diskussion gestellt. *Nyctalus* 9 (3): 203–214.
- BATAILLE, C.P. & G.J. BOWEN (2012): Mapping $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ variations in bedrock and water for large scale provenance studies. *Chemical Geology* 304–305: 39–52.
- BATAILLE, C.P., B.E. CROWLEY, M.J. WOOLLER & G.J. BOWEN (2020): Advances in global bioavailable strontium isoscapes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology* 555: 109849.
- BEHR, O. & O. VON HELVERSEN (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen - Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahr 2006. Unveröff. Gutachten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Zoologie II, i.A. der regiowind GmbH & Co. Freiburg KG: 37 Seiten zzgl. Karten.
- BEHR, O. & B.-U. RUDOLPH (2013): Fachliche Erläuterungen zum Windkrafterlass Bayern. Fledermäuse – Fragen und Antworten. Bericht i.A. des Bayrischen Landesamtes für Umwelt: 20 Seiten.
- BEHR, O., R. BRINKMANN, K. HOCHRADEL, J. MAGES, F. KORNER-NIEVERGELT, H. REINHARD, R. SIMON, F. STILLER, N. WEBER & M. NAGY (Hrsg.): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (RENEBAT III). Endbericht i.A. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Industrie: 416 Seiten.
- BEHR, O., R. BRINKMANN, F. KORNER-NIEVERGELT, M. NAGY, I. NIERMANN, M. REICH & R. SIMON (Hrsg.) (2015): Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-WEA (RENEBAT II). *Umwelt und Raum* Band 7, Institut für Umweltplanung, Hannover: 368 Seiten.
- BEHR, O., BRINKMANN, R. NIERMANN, I. & F. KORNER-NIEVERGELT (2011): Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN & M. REICH (Hrsg.) *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum* Band 4, Cuvillier Verlag, Göttingen: 177 - 286.
- BEHR, O., K. HOCHRADEL, J. MAGES, A. NAUCKE, M. NAGY, R. SIMON, N. WEBER & F. KORNER-NIEVERGELT (2018): Zeitliche und räumliche Variabilität der akustischen Fledermausaktivität

- an Windenergieanlagen. In: Behr, O., R. Brinkmann, K. Hochradel, J. Mages, F. Korner-Nievergelt, H. Reinhard, R. Simon, F. Stiller, N. Weber & M. Nagy (Hrsg.): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (RENEBAT III). Endbericht i.A. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Industrie: 81-109.
- BEILSTEIN, K. (1992): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Verbreitung von Fledermausarten an der schleswig-holsteinischen Westküste. Säugetierkundliche Informationen 3 (16): 339-351.
- BEILSTEIN, K. (1994): Linientranssekt-Kartierung zum Vorkommen von Fledermäusen an der schleswig-holsteinischen Westküste. Nyctalus 5: 227-233.
- BELLION, P. (2015): Pipistrelle de Nathusius. In: GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON (Hrsg.). Atlas des Mammifères de Bretagne. Locus Solus, Châteaulin: 312 Seiten.
- BERNOTAT, D. & V. DIERSCHKE (2016): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – 3. Fassung – Stand 20.09.2016. Unveröff. Bericht: 460 Seiten.
- BERTHOLD, P. (2000): Vogelzug. 4. Auflage. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt: 280 Seiten.
- BfN/BMUB (2013): Nationaler Bericht Deutschlands nach Art. 17 FFH-Richtlinie, Stand Dezember 2013 basierend auf Daten der Länder und des Bundes. http://www.bfn.de/0316_bericht2013.html.
- BLASIUS, I. (1857): Fauna der Wirbelthiere Deutschlands und der angrenzenden Länder von Mitteleuropa. Viehweg, Braunschweig: 549 Seiten.
- BOCHOW, J. & M. WENZEL (2016): Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) für das 1. und 2. Untersuchungsjahr der Basisaufnahme zum Bau und Betrieb des Offshore-Windparks „Windanker“. Gutachten i.A. der Iberdrola Renovables Deutschland GmbH: 687 Seiten.
- BOONMANN, M. (2018): Mitigation measures for bats in offshore wind farms. Evaluation and improvement of curtailment strategies. Bureau Waardenburg Report no. 18-278. Bericht: 28 Seiten.
- BORKENHAGEN, P. (2011): Die Säugetiere Schleswig-Holsteins. Faunistisch-ökologische Arbeitsgemeinschaft (Hrsg.). Husum Druck- und Verlagsgesellschaft mbH u. Co. KG, Husum: 664 Seiten.
- BOSHAMMER, J. & J. BEKKER (2008): Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) and other species of bats on offshore platforms in the Dutch sector of the North Sea. Lutra, 51 (1): 17-36.
- BRABANT, R., Y. LAURENT, B. JONGE POERINK & S. DEGRAER (2019a): Activity and behaviour of nathusius' pipistrelles *Pipistrellus nathusii* at low and high altitude in a North Sea offshore wind farm. Acta Chiropterologica 21 (2): 341-348.
- BRABANT, R., Y. LAURENT, R.-M. LAFONTAINE, B. VANDENDRIESSCHE & S. DEGRAER (2016): First offshore observation of parti-coloured bat *Vespertilio murinus* in the Belgian part of the North Sea. Belgian Journal of Zoology 146 (1): 62-65.

- BRABANT, R., Y. LAURENT, J. MUTETI, B. JONGE POERINK & S. DEGRAER (2019b): The influence of meteorological conditions on the presence of Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) at sea. In: DEGRAER, S., R. BRABANT, B. RUMES & L. VIGIN (Hrsg.): Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, Brussels: 117-124.
- BRABANT, R., Y. LAURENT, L. VIGIN, R.-M. LAFONTAINE & S. DEGRAER (2015): Bats in the Belgian Part of the North Sea and possible impacts of offshore wind farms. Bericht: 11 Seiten.
- BREED, A., H. FIELD, C. SMITH, J. EDMONSTON & J. MEERS (2010): Bats without borders: long-distance movements and implications for disease risk management. *EcoHealth* 7: 204-212.
- BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN & M. REICH (Hrsg.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-WEA. Umwelt und Raum Band 4. Cuvillier Verlag, Göttingen: 470 Seiten.
- BRÖRING, U., R. DAHMEN, V. HAESELER, R. V. LEMM, R. NIEDRINGHAUS & W. SCHULTE (1993): Dokumentation der Daten zur Flora und Fauna terrestrischer Systeme im Niedersächsischen Wattenmeer. Berichte aus der Ökosystemforschung Wattenmeer 2 (2): 148-149.
- BRYJA, J., P. KAŇUCH, A. FORNŮSKOVÁ, T. BARTONIČKA & Z. ŘEHÁK (2009): Low population genetic structuring of two cryptic bat species suggests their migratory behaviour in continental Europe. *Biological Journal of the Linnean Society* 96: 103–114.
- BSH (2013): Standard Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-WEA auf die Meeresumwelt (StUK4). Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg: 87 Seiten.
- BUDENZ T., B. GESSNER, J. LÜTTMANN, F. MOLITOR, K. SERVATIUS & M. VEITH (2017): Up and down: *B. barbastellus* explore lattice towers. *Hystrix* 28: 272–276.
- CARDENAS-Ortiz, L., N.J. BAYLY, K.J. KARDYNAL & K.A. HOBSON (2020): Defining catchment origins of a geographical bottleneck: Implications of population mixing and phenological overlap for the conservation of Neotropical migratory birds. *The Condor* 122 (2): duaa004.
- CASPERS, H. (1942): Die Landfauna der Insel Helgoland. *Zoogeographica* 4: 127-183.
- CHARLIER, B.L.A., C. GINIBRE, D. MORGAN, G.M. NOWELL, D.G. PEARSON, J.P. DAVIDSON & C.J. OTTLEY (2006): Methods for the microsampling and high-precision analysis of strontium and rubidium isotopes at single crystal scale for petrological and geochronological applications. *Chemical Geology* 232 (3-4): 114–133.
- CIECHANOWSKI, M., A. JAKUSZ-GOSTOMSKA & M. ŽMIHOSKI (2016): Empty in summer, crowded during migration? Structure of assemblage, distribution pattern and habitat use by bats (Chiroptera: Vespertilionidae) in a narrow, marine peninsula. *Mammal Research* 61: 45-55.
- CIECHANOWSKI, M. & T. JARZEMBOWSKI (2009): Dynamics of social organization and phenology of Nathusius' pipistrelle *Pipistrellus nathusii* (Keyserling and Blasius, 1839) (Chiroptera: Vespertilionidae) occupying bird and bat boxes – interseasonal approach. *Le Rinolophe* 18: 1-6.

- COURTIOL, A., F. ROUSSET, M.-S. ROHWÄDER, D.X. SOTO, L.S. LEHNERT, C.C. VOIGT, K.A. HOBSON, L.I. WASSENAAR & S. KRAMER-SCHADT (2019): Isoscape Computation and Inference of Spatial Origins With Mixed Models Using the R package IsoriX. In: Hobson K.A. & L.I. Wassenaar (Hrsg.): Tracking Animal Migration with Stable Isotopes. 2. Auflage. Academic Press, Cambridge: 207–236.
- CRYAN, P. & R.M.R. BARCLAY (2009): Causes of bat fatalities at wind turbines: Hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy* 90 (6): 1330-1340.
- CRYAN, P.M., M.A. BOGAN, R.O. RYE, G.P. LANDIS & C.L. KESTER (2004): Stable hydrogen isotope analysis of bat hair as evidence for seasonal molt and long-distance migration. *Journal of Mammalogy* 85: 995–1001.
- CRYAN, P. & A.C. BROWN (2007): Migration of bats past a remote island offers clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. *Biological Conservation* 139 (1-2): 1-11.
- CRYAN P.M, P. MARCOS GORRESEN, C.D. HEIN, M. R. SCHIRMACHER, R. H. DIEHL, M. M. HUSO, D. T. S. HAYMAN, P.D. FRICKER, F. J. BONACCORSO, D. H. JOHNSON, K. HEIST & D. C. DALTON (2014): Behavior of bats at wind turbines. *PNAS* 111 (42): 15126-15131.
- DALLIMER, M. & N. STRANGE (2015): Why socio-political borders and boundaries matter in conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 30 (3): 132-139.
- DENSE, C. (1989): Fledermauserfassung des LK Friesland. Unveröff. Gutachten: 79 Seiten zzgl. Anhang.
- DE SELYS LONGCHAMPS, E. (1882): Excursion à l' Ile d' Helgoland en Septembre 1879. *Bulletin de la Société Zoologique de France* Volume VII: 250—279.
- DIERSCHKE, J, V. DIERSCHKE, K. HÜPPOP, O. HÜPPOP & K.F. JACHMANN (2011): Die Vogelwelt der Insel Helgoland. OAG Helgoland, Helgoland: 629 Seiten.
- DIETERICH, J. (1988): Weiterer Fernfund einer schleswig-holsteinischen Rauhaufledermaus (*Pipistrellus nathusii*). *Myotis* 26: 165.
- DIETERICH, H. & J. DIETERICH (1987): Fledermausfunde im Kreis Plön. 2. Bericht für 1982-1986. *Jahrbuch für Heimatkunde im Kreis Plön* 27: 68-80.
- DIETZ, C., O. VON HELVERSEN & D. NILL (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Kosmos Verlag, Stuttgart: 399 Seiten.
- DÜRR, T. (2001): Windkraftanlagen als Gefahrenquelle für Fledermäuse. *Mitteilungen des Landesfachausschusses Säugetierkunde Brandenburg-Berlin* 2/2002: 2-5.
- DÜRR, T. (2002): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. *Nyctalus* 8 (2): 115-118.
- DÜRR, T. & L. BACH (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen – Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. In: Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz. Band 7
- ECOCOM (2012): Studie av fladdermöss vid vindkraftspark Kårehamnsporten före etablering 2012. Unveröff. Gutachten i.A. von E.ON Sverige AB: 14 Seiten.

ECOCOM (2015): Uppföljande studie av fladdermöss vid Kårehamnporten – En jämförelse mellan förekomst och aktivitet av fladdermöss före respektive efter etablering av vindkraftverk. Unveröff. Gutachten i.A. von E.ON Sverige AB: 16 Seiten.

EPSTEIN, J., K. OLIVAL, J. PULLIAM, C. SMITH, J. WESTRUM, T. HUGHES, A. DOBSON, A. ZUBAID, S. RAHMAN, M. BASIR, H. FIELD & P. DASZAK (2009): *Pteropus vampyrus*, a hunted migratory species with a multinational home-range and a need for regional management. *Journal of Applied Ecology* 46: 991-1002.

ERIKSSON, A., P. BACH, J. DE JONG & L. BACH (2013): Studie av migrerande fladdermöss vid Södra Midsjöbanken, hösten 2012. Unveröff. Gutachten i.A. von E.ON Vind Sverige AB: 20 Seiten.

FEBl (2013). Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Fauna and Flora – Bats. Bats of the Fehmarnbelt Area – Baseline. Volume I. Report No. E3TR0016 . Gutachten i.A. der Fehmarn A/S: 65 Seiten.

FLAQUER, C., X. PUIG-MONTSERRAT, U. GOITI, F. VIDAL, A. CURCÓ & D. RUSSO (2009): Habitat Selection in Nathusius' Pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*): The Importance of Wetlands. *Acta Chiropterologica* 11: 149–155.

FLEMING, T. & P. EBY (2003): Ecology of bat migration. In: KUNZ, T. (Hrsg.): *Bat Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago: 156–208.

FLOCKHART, D.T.T., T. K. KYSER, D. CHIPLEY, N.G. MILLER & D.R. NORRIS (2015): Experimental evidence shows no fractionation of strontium isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) among soil, plants, and herbivores: implications for tracking wildlife and forensic science. *Isotopes in Environmental and Health Studies* 51: 372–381.

FÖA LANDSCHAFTSPLANUNG (2009): Leitfaden Fledermausschutz. Teilbericht zum Forschungsprojekt FE FE-Nr. 02.0256/2004/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Quantifizierung und Bewältigung verkehrsbedingter Trennwirkungen auf Fledermauspopulationen als Arten des Anhangs der FFH-Richtlinie. Entwurf Stand 10/2009: 28 Seiten.

FONT, L., G.M. NOWELL, D. GRAHAM PEARSON, C.J. OTTLEY & S.G. WILLIS (2007): Sr isotope analysis of bird feathers by TIMS: A tool to trace bird migration paths and breeding sites. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 22: 513–522.

FONT, L., G. VAN DER PEIJL, I. VAN WETTEN, P. VROON, B. VAN DER WAGT & G. DAVIES (2012): Strontium and lead isotope ratios in human hair: Investigating a potential tool for determining recent human geographical movements. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 27: 719–732.

FREY, K. (2010): Fledermauszug entlang der südlichen Nordseeküste. Masterarbeit an der Hochschule Bremen: 114 Seiten zzgl. Anhang.

FREY, K., L. BACH & P. BACH (2011): Fledermauszug auf Mellum und Wangerooge – Ergebnisse aus dem Frühjahr 2010 im Vergleich mit den Vorjahren. *Natur- und Umweltschutz (Zeitschrift Mellumrat)* 10 (1): 7-13.

FREY, K., L. BACH, P. BACH & H. BRUNKEN (2012): Fledermauszug entlang der südlichen Nordseeküste. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 128: 185-204.

- FRITZÉN, N. (2014): KvarkenBats – migreande fladdermöss i Kvarken. OA-Natur 16: 31-41.
- FRITZÉN, N. (2015): Kvarken Bats – nya resultat som stöder hypotesen om kvarkenöverskridande fladdermusmigration. OA-Natur 17: 15-27.
- FURMANKIEWICZ, J. & M. KUCHARSKA (2009): Migration of Bats along a Large River Valley in Southwestern Poland. Journal of Mammalogy 90 (6): 1310–1317
- GAULTIER, S.P., A.S. BLOMBERG, A. IJÄS, V. VASKO, E.J. VESTERINEN, J.E. BROMMER & T.M. LILLEY (2020): Bats and wind farms: the role and importance of the Baltic Sea Countries in the European context of power Transition and biodiversity conservation. Environmental Science & Technology 54 (17): 10385–10398.
- GEBHARD J. & W. BOGDANOWICZ (2004): *Nyctalus noctula* - Großer Abendsegler. In: KRAPP F. (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas. Band 4/II. AULA-Verlag, Wiebelsheim: 607-694.
- GÖTTSCHE, MI. (2012): Ermittlung und Bewertung der Fledermausaktivität und der Fledermauskollisionsgefahr an 2 WEA-Standorten im Windpark Neuenfeld. Unveröff. Gutachten i.A. der ENERTRAG AG, Dauerthal: 29 Seiten.
- GÖTTSCHE, MI., GÖTTSCHE, MA., MATTHES, H., RIEDIGER, N. (2009): Fledermausaktivitäten an Windkraftstandorten in der Agrarlandschaft Nordbrandenburgs – Phänologie und Aktivität in Abhängigkeit von Höhe, Wetter und Standortumgebung. Fachvortrag auf der Fachtagung zum Artenschutz in der Windenergieplanung im Land Brandenburg am 30.03.2009 in der Landesvertretung Schleswig-Holstein. Berlin.
- GÖTTSCHE, MI., GÖTTSCHE, MA., MATTHES, H., RIEDIGER, N. & M. FRIESE (2007): Fledermausaktivitäten und Fledermauskollisionen an Windkraftanlagen in Nordostbrandenburg. Ergebnisbericht des Pilotversuches 2006 für die Windparke Neuenfeld & Uckermark. Unveröff. Gutachten i.A. der Uckerwerke GmbH Prenzlau: 61 Seiten
- HATCH, S., E. CONNELLY, T. DIVOLL, I. STENHOUSE & K. WILLIAMS (2013): Offshore observations of Eastern Red bats (*Lasiurus borealis*) in the Mid-Atlantic United States using multiple survey methods. PLoS ONE 8 (12): e83803.
- HEDDERGOTT, M. & J. VON RÖNN (2002): Nachweise von Fledermäusen (Mammalia: Chiroptera) auf der Greifswalder Oie. Seevögel 23 (1): 9-13.
- HEDENSTÖM, A. (2009): Optimal migration strategies in bats. Journal of Mammalogy 90 (6): 1298-1309.
- HENRIQUES, S., M. BÖHM, B. COLLEN, J. LUEDTKE, M. HOFFMANN, C. HILTON-TAYLOR, P. CARDOSO, S.H.M. BUTCHART & R. FREEMAN (2020): Accelerating the monitoring of global biodiversity: Revisiting the sampled approach to generating Red List Indices. Conservation Letters 13 (2): e12703.
- HEYDEMANN, B. (1967): Der Überflug von Insekten über Nord- und Ostsee nach Untersuchungen auf Feuerschiffen. Deutsche Entomologische Zeitschrift N.F. 14, Heft I/II: 185-215.
- HOBBS, M., O. GABB & P. SHEPHERD (2014): North Sea Ferries Bat Migration Research Report. Bericht von BSG Ecology: 20 Seiten.
- HOBBS, M., O. GABB, S. BETTS & P. SHEPHERD (2013): Spurn Lighthouse, East Yorkshire Pilot Bat Migration Study 2013. Bericht von BSG Ecology: 27 Seiten.

- HOBSON, K.A. (1999): Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: A review. *Oecologia* 120: 314–326.
- HOBSON, K.A. & L.I. WASSENAAR (2019): Tracking Animal Migration with Stable Isotopes. 2. Auflage. Academic Press, Cambridge: 268 Seiten.
- Hobson, K.A., L.I. Wassenaar, G.J. Bowen, A. Courtiol, C.N. Trueman, C.C. Voigt, J.B. West, K.W. McMahon & S.D. Newsome (2019): Outlook for Using Stable Isotopes in Animal Migration Studies. In: Hobson K.A. & L.I. Wassenaar (Hrsg.): Tracking Animal Migration with Stable Isotopes. 2. Auflage. Academic Press, Cambridge: 237-244.
- HOBSON, K.A., S.L. VAN WILGENBURG, T. WESOŁOWSKI, M. MAZIARZ, R.G. BIJLSMA, A. GRENDMEIER & J.W. MALLORD (2014): A Multi-Isotope ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) Approach to Establishing Migratory Connectivity in Palearctic-Afrotropical Migrants: An Example using Wood Warblers *Phylloscopus sibilatrix*. *Acta Ornithologica* 49 (1): 57–69.
- HOFMANN, B. (1996): Gefft up Borkum Fleddermusen? Nordseebad Borkum, „Ditjes und Datjes“. Kleine Borkumer Geschichten zum Zeitvertreib: 16-25.
- HOOGWERFF, J.A., C. REIMANN, H. UECKERMANN, R. FREI, K.M. FREI, T. VAN ASWEGEN, C. STIRLING, M. REID, A. CLAYTON & A. LADENBERGER (2019): Bioavailable ^{87}Sr / ^{86}Sr in European soils: A baseline for provenancing studies. *Science of the Total Environment* 672: 1033–1044.
- HORN, J. W., E. B. ARNETT & T. H. KUNZ (2008b): Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *Journal of Wildlife Management* 72: 123–132.
- HÜPPOP, O. (2009): Bat migration on Helgoland, a remote island in the North Sea: wind assisted or wind drifted. Poster auf dem 1st International Symposium on Bat Migration, 16.-18. Januar 2009, Berlin.
- HÜPPOP, O. & R. HILL (2016): Migration phenology and behaviour of bats at a research platform in the south-eastern North Sea. *Lutra* 59 (1-2): 5-22.
- HÜPPOP, O., B. MICHALIK, L. BACH, R. HILL, S. PELLETIER (2019): Chapter 7: Migratory birds and bats. In: PERROW, M.R. (Hrsg.): Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Volume 3: Offshore: Potential Effects. Pelagic Publishing, Exeter: 142-173.
- HUTTERER, R., T. IVANOVA, C. MEYER-CORDS & L. RODRIGUES (2006): Bat Migrations in Europe - A Review of Banding Data and Literature. *Naturschutz Und Biologische Vielfalt* 28: 1–162.
- IJÄS, A., A. KAHILAINEN, V.V. VASKO & T.M. LILLEY (2017): Evidence of the Migratory Bat, *Pipistrellus nathusii*, Aggregating to the Coastlines in the Northern Baltic Sea. *Acta Chiropterologica* 19, 127.
- JENNINGS, L., O. GABB & S. BETTS (2013a): Dungeness, Kent Bat Migration Study. Bericht von BSG Ecology. 28 Seiten.
- JENNINGS, L., O. GABB, S. BETTS & P. SHEPHERD (2013b): Kent Bat Migration Research – Baseline Report. Bericht von BSG Ecology. 28 Seiten.
- JONGE POERINK, B. & R. HASELAGER (2013): Monitoring migratie vleermuizen Rottumeroog voor- en naajar 2012. Rapportage fieldwork Company, Groningen: 9 Seiten.

- JONGE POERINK B., S. LAGERVELD & H. VERDAAT (2013): Pilot study bat activity in the Dutch offshore wind farms OWEZ and PAWP (2012). IMARES report C026/13: 21 Seiten.
- KARLSSON, L. (2004): Wings over Falsterbo. Report No. 222 from Falsterbo Fågelstation. Anser 50: 180 Seiten.
- KEMPSON, I.M. & E. LOMBI (2011): Hair analysis as a biomonitor for toxicology, disease and health status. Chemical Society Reviews 40: 3915–3940.
- KLÖCKER, T. (2002): Vergleichende Untersuchung wandernder Fledermausarten in zwei Untersuchungsgebieten Schleswig-Holsteins. Diplomarbeit an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn: 145 Seiten.
- KOCH, P.L., J. HEISINGER, C. MOSS, R.W. CARLSON, M.L. FOGEL & A.K. BEHRENSMEYER (1995): Isotopic tracking of change in diet and habitat use in African elephants. Science 267 (5202): 1340–1343.
- KOH, L.P., R.R. DUNN, N.S. SODHI, R.K. COLWELL, H.C. PROCTOR & V.S. SMITH (2004): Species coextinctions and the biodiversity crisis. Science 305 (5690): 1632–1634.
- KORNER-NIEVERGELT, F., O. BEHR, I. NIERMANN & R. BRINKMANN (2011): Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessung und modifizierter N-mixture Modelle. In: BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN & M. REICH (Hrsg.) Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum Band 4, Cuvillier Verlag, Göttingen: 323 - 353.
- KORNER-NIEVERGELT, F., B. ALMASI, K. HOCHRADEL, J. MAGES, A. NAUCKE, M. NAGY, R. SIMON, N. WEBER & O. BEHR (2018): Weiterentwicklung der statistischen Modelle zur Vorhersage des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an WEA aus akustischen Aktivitätsdaten. In: BEHR, O., R. BRINKMANN, K. HOCHRADEL, J. MAGES, F. KORNER-NIEVERGELT, H. REINHARD, R. SIMON, F. STILLER, N. WEBER & M. NAGY (Hrsg.): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (RENEBAT III). Endbericht i.A. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Industrie: 111-144.
- KRAUEL, J.J. & G.F. MCCracken (2013): Recent Advances in Bat Migration Research. In: ADAMS R. & S. PEDERSEN (Hrsg.): Bat Evolution, Ecology, and Conservation. Springer New York, New York: 293–313.
- KRÜGER, F., E.L. CLARE, W.O.C. SYMONDSON, O. KEIŠS & G. PETERSONS (2014): Diet of the insectivorous bat *Pipistrellus nathusii* during autumn migration and summer residence. Molecular Ecology 23, 3672–3683.
- KRUSZYNSKI, C., L. BAILEY, A. COURTIOL, L. BACH, P. BACH, MA. GÖTTSCHE, MI. GÖTTSCHE, R. HILL, O. LINDECKE, H. MATTHES, H. POMMERANZ, A.G. POPA-LISSEANU, A. SEEBENS-HOYER, M. TICHOMIROWA & C.C. VOIGT (2020): Identifying migratory pathways of Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) using stable hydrogen and strontium isotopes. Rapid Communications in Mass Spectrometry 35 (6): e9031.
- KURVITS, T., C. NELLERMANN, B. ALFTHAN, A. KUHL, P. PROKOSCH, M. VIRTUE & J.F. SKAALVIK (Hrsg.) (2011): Living planet: Connected planet - Preventing the End of the World's Wildlife

Migrations through Ecological Networks. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal: 76 Seiten.

LAGERVELD, S., B. JONGE POERINK & P. DE VRIES (2015): Monitoring bat activity at the Dutch EEZ in 2014. IMARES Report No. C094/2014: 33 Seiten.

LAGERVELD, S., B. JONGE POERINK, H. VERDAAT & R. HASELAGER (2014a): Bat Activity in Dutch offshore wind farms in autumn 2012. *Lutra* 57 (2): 61-69.

LAGERVELD, S., B. JONGE POERINK & H. VERDAAT (2014b): Monitoring bat activity in offshore wind farms OWEZ and PAWP in 2013. IMARES Report C165/14: 16 Seiten.

LAND BRANDENBURG, O. P. (2003). Kriterien zur Untersuchung tierökologischer Parameter im Rahmen von Planungen bzw. Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen im Land Brandenburg. Windkrafteerlass, Anlage 1: 5 Seiten.

LEHNERT, L.S., S. KRAMER-SCHADT, S., SCHÖNBORN, O. LINDECKE, I. NIERMANN & C.C. VOIGT, (2014): Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. *PLoS One* 9 (8): e103106.

LEHNERT, L.S., S. KRAMER-SCHADT, T. TEIGE, U. HOFFMEISTER, A. POPA-LISSEANU, F. BONTANDINA, M. CIECHANOWSKI, D.K.N. DECHMANN, K. KRAVCHENKO, P. PRESETNIK, M. STARRACH, M., STRAUBE, U. ZOEPHEL & C.C. VOIGT (2018): Variability and repeatability of noctule bat migration in Central Europe: Evidence for partial and differential migration. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 285 (1893): 20182174.

LIMPENS H., K. MOSTERT & W. BONGERS (Hrsg.) (1997): Atlas van de Nederlandse Vleermuizen. KNNV Uitgeverij, Utrecht: 260 Seiten.

LINDEMANN, C., V. RUNKEL, A. KIEFER, A. LUKAS & M. VEITH (2018): Abschaltalgorithmen für Fledermäuse an Windenergieanlagen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50: 8.

LINDECKE, O., C.C. VOIGT, G. PETERSONS, & R.A. HOLLAND (2015): Polarized skylight does not calibrate the compass system of a migratory bat. *Biological Letters* 11 (9): 20150525.

LUNG M-V (2016): AAB-WEA. Teil Fledermäuse. Bericht: 40 Seiten.

MASING, M. (2011): How many bats migrate along Estonian coasts during late summer? In: HUTSON, M & P. LINA (Hrsg.): XII European Bat Research Symposium, Vilnius, Lithuania, 22–26 August 2011. Lithuanian Society for Bat Conservation, Vilnius, Lithuania: 37.

MAURER, A.F., S.J.G. GALER, C. KNIPPER, L. BEIERLEIN, E.V. NUNN, D. PETERS, T. TÜTKEN, K.W. ALT & B.R. SCHÖNE (2012): Bioavailable ⁸⁷Sr/ ⁸⁶Sr in different environmental samples - Effects of anthropogenic contamination and implications for isoscapes in past migration studies. *Science of the Total Environment* 433: 216–229.

MELUND (2020): Anforderungen an die Bestandserfassung und Konfliktbewertung im Hinblick auf das Tötungsverbot bei der Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) mit einem unteren Rotordurchgang kleiner als 30 m und einem Rotordurchmesser größer als 100 m. Erlass: 7 Seiten.

MESCHEDI, A., W. SCHORCHT, I. KARST, M. BIEDERMANN, D. FUCHS & F. BONTANDINA (2017): Wanderrouten der Fledermäuse. BfN-Skripten 453: 238 Seiten.

- MEYER, M. (2011): Method validation and analysis of bat migration in the Fehmarnbelt area between autumn 2009 and autumn 2010. Diplomarbeit an der Hochschule Osnabrück: 126 Seiten.
- MOHR, E. (1929): Die Landsäugetiere der schleswig-holsteinischen Inseln. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 19 (1): 59-72.
- MOHR, E. (1931): Die Säugetiere Schleswig-Holsteins. Naturwissenschaftlicher Verein Altona/Elbe. 136 Seiten.
- MOLLIS, M., R. HILL, O. HÜPPOP, L. BACH, T. COPPACK, S. PELLETIER, T. DITTMANN & A. SCHULZ (2019): Measuring bird and bat collision and avoidance. In: PERROW, M.R. (Hrsg.): Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Volume 4: Offshore: Monitoring and mitigation. Pelagic Publishing, Exeter: 167-207.
- NAGY, M., B. ALMASI, O. BEHR, N. OHLENDORF, A. SCHNEIDER, F. STILLER & F. KORNER-NIEVERGELT (2018): Der Effekt der Eigenschaften von Windenergieanlagen auf das Kollisionsrisiko von Fledermäusen. In: Behr, O., R. Brinkmann, K. Hochradel, J. Mages, F. Korner-Nievergelt, H. Reinhard, R. Simon, F. Stiller, N. Weber & M. Nagy (Hrsg.): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (RENEBAT III). Endbericht i.A. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Industrie: 147-190.
- O'CONNOR, B., S. BOJINSKI, C. RÖÖSLI & M.E. SCHAEPMAN (2020): Monitoring global changes in biodiversity and climate essential as ecological crisis intensifies. Ecological Informatics 55: 101033.
- ORAS, E., V. LANG, E. RANNAMÄE, L. VARUL, M. KONSA, J. LIMBO-SIMOVART, G. VEDRU, M. LANEMAN, M., MALVE, T.D. PRICE & T. DOUGLAS PRICE (2016) Tracing prehistoric migration: isotope analysis of bronze and pre-roman iron age coastal burials in estonia. Estonian Journal of Archaeology 20 (1): 3-32.
- PACKMORE, F., T. KLINNER, B.K. WOODWORTH, C. EIKENAAR & H. SCHMALJOHANN (2020): Stopover departure decisions in songbirds: do long-distance migrants depart earlier and more independantly of weather conditions than medium-distance migrants? Movement Ecology 8 (6): <https://doi.org/10.1186/s40462-020-0193-1>
- PALMÉN, E. (1950): Sea-drifts of insects as a factor in dispersal. In: Conference papers and proceedings, 8. International Congress of Entomology, Stockholm: 450-453.
- PELLETIER, S., K. OMLAND, K. WATROUS, & T. PETERSON (2013): Information synthesis on the potential for bat interactions with offshore wind facilities – final report. Bericht i.A. des U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Headquarters, Herndon, VA: 112 Seiten.
- PETERSEN, A., J.-K. JENSEN, P. JENKINS, D. BLOCH & F. INGIMARSSON (2014): A review of the occurrence of bats (Chiroptera) on islands in the North East Atlantic and on North Sea installations. Acta Chiropterologica 16: 169-195.
- PETERSONS, G. (2004a): Distribution patterns and seasonal migrations of the bat (Chiroptera) populations in Latvia. Doktorarbeit an der Latvijas Universitāt, Lettland: 14 Seiten.

PÉTERSONS, G. (2004b): Seasonal migrations of north-eastern populations of *Nathusius' bat* *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera). *Myotis* 41–42: 29–56.

POPA-LISSEANU, A.G., K. SÖRGEL, A. LUCKNER, L.I. WASSENAAR, C. IBÁÑEZ, S. KRAMER-SCHADT, M. CIECHANOWSKI, T. GÖRFÖL, I. NIERMANN, G. BEUNEUX, R.W. MYŚLAJEK, J. JUSTE, J., FONDERFLICK, D.H. KELM & C.C. VOIGT (2012): A Triple-Isotope Approach to Predict the Breeding Origins of European Bats. *PLoS One* 7 (1): e30388.

POPA-LISSEANU, A.G. & C.C. VOIGT (2009): Bats on the Move. *Journal of Mammalogy* 90 (6): 1283–1289.

PRICE, T.D., J.N. NIELSEN, K.M. FREI & N. LYNNERUP (2012) Sebbesund: Isotopes and mobility in an 11th-12th c. AD Danish churchyard. *Journal of Archaeological Science* 39: 3714–3720.

RAHMEL, U., L. BACH, R. BRINKMANN, C. DENSE, H. LIMPENS, G. MÄSCHER, M. REICHENBACH & A. ROSCHEN (1999): Windkraftplanung und Fledermäuse – Konfliktfelder und Hinweise zur Erfassungsmethodik. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4 (Themenheft „Vögel und Windkraft“): 155-161.

RAHMEL, U., L. BACH, R. BRINKMANN, H. LIMPENS & A. ROSCHEN (2004): Windenergieanlagen und Fledermäuse – Hinweise zur Erfassungsmethodik und zu planerischen Aspekten. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 7: 265-271.

R CORE TEAM (2020): R: A language and environment for statistical computing. *Computing* 1: 10.1890/0012-9658(2002)083[3097:CFHIWS]2.0.CO;2.

REIMER, J.P., E.F. BAERWALD, R.M.R. BARCLAY (2018): Echolocation activity of migratory bats at a wind energy facility: testing the feeding-attraction hypothesis to explain fatalities. *Journal of Mammalogy* 99 (6): 1472–1477.

REIMERS, H. (1999): Herbstaktivitäten von Fledermäusen an der Westküste Schleswig-Holsteins 1996: Stichprobenartige Erfassung unter besonderer Berücksichtigung der Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*). *Seevogel (Zeitschrift Verein Jordsand)* 20 (1): 17-20.

REUDINK, M.W., C.J. KYLE, A.E. MCKELLAR, C.M. SOMERS, R.L.F. REUDINK, T.K. KYSER, S.E. FRANKS & J.J. NOCERA (2016): Linking isotopes and panmixia: High within-colony variation in feather $\delta^{2}\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, and $\delta^{15}\text{N}$ across the range of the American white pelican. *PLoS One* 11 (3): 1–14.

RIDEAU, C. (2002): Densité et comportement reproducteur de la Pipistrelle de *Nathusius* en Normandie. *Le Petit Lérot* 59: 21–24.

ROELEKE M., T. BLOHM, S. KRAMER-SCHADT, Y. YOVEL & C.C. VOIGT (2017): Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific Reports* 6: 28961.

RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDŽA, D. KOVAČ, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI & J. MINDERMANN (2015): Guidelines for consideration of bats in wind farm projects, Revision 2014. EU-ROBATS Publication Series No. 6. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn: 133 Seiten.

RUBENSTEIN, D.R., & K.A. HOBSON (2004): From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in Ecology and Evolution* 19 (6): 256–263.

- RUNGE, K., S. HEINRICH, D. LUMMER, B. EWEST & B. KLEINSCHMIDT (2012a): Umweltverträglichkeitsstudie zum Offshore-Windpark Baltic Eagle. Gutachten i.A. der Financial Insurance GmbH: 284 Seiten.
- RUNGE, K., S. HEINRICH, D. LUMMER, B. EWEST, B. KLEINSCHMIDT & S. BAUM (2012b): Umweltverträglichkeitsstudie zum Offshore-Windpark Ostseeschatz. Gutachten i.A. der Financial Insurance GmbH: 284 Seiten.
- RUNKEL, V. (2017): Minderungsmaßnahmen an WEA: Ausreichender Schutz der Fledertiere? Posterbeitrag Tagung „Fledermäuse in der Landschaftsplanung“.
- RUNKEL V. (2020): Akustische Erfassung von Fledermäusen – Möglichkeiten und Grenzen im Bau und Betrieb von Windkraftanlagen. In: VOIGT, C.C. (Hrsg.): Evidenzbasierter Fledermausschutz in Windkraftvorhaben. Springer Spektrum, Berlin: 3-27.
- RUSS, J. (2012): British bat calls: A guide to species identification. Pelagic Publishing, Exeter: 204 Seiten.
- RUSS, J., A. HUTSON, W. MONTGOMERY, P. RACEY & J. SPEAKMAN (2001): The status of *Nathusius' pipistrelle* (*Pipistrellus nathusii* Keyserling & Blasius, 1839) in the British Isles. *Journal of Zoology* 254: 91-100.
- RYDELL, J., L. BACH, M. J. DUBOURG-SAVAGE, M. GREEN, L. RODRIGUES & A. HEDENSTRÖM (2010): Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12 (2): 261-274.
- RYDELL, J., L. BACH, P. BACH, L. DIAZ, J. FURMANKIEWICZ, N. HAGNER-WAHLSTEN, E.-M. KYHERÖINEN, T. LILLEY, M. MASING, M. MEYER, G. PÉTERSONS, J. ŠUBA, V. VASKO, V. VINTULIS & A. HEDENSTRÖM (2014): Phenology of migratory bat activity around the Baltic Sea and the south-eastern North Sea. *Acta Chiropterologica* 16 (1): 139–147.
- RYDELL, J. & A. WICKMAN (2015): Bat activity at a small wind turbine in the Baltic Sea. *Acta Chiropterologica* 17 (2): 359-364.
- SCHÄFER, G., H. EBERSBACH, H. REIMERS, P. KÖRBER, K. JANKE, K. BORGGRÄFE & F. LANDWEHR (2016): Atlas der Säugetiere Hamburgs. Artenbestand, Verbreitung, Rote Liste, Gefährdung und Schutz. Bericht i.A. der Behörde für Umwelt und Energie, Amt für Naturschutz, Grünplanung und Energie, Abteilung Naturschutz. Hamburg: 182 Seiten.
- SEEBENS, A., A. FUß, P. ALLGEYER, H. POMMERANZ, M. MÄHLER, H. MATTHES, M. GÖTTSCHE, M. GÖTTSCHE, L. BACH & C. PAATSCH (2013): Fledermauszug im Bereich der deutschen Ostseeküste. Unveröff. Gutachten i.A. des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie: 38 Seiten.
- SELICK, M.J., T.K., KYSER, M.B., WUNDER, D. CHIPLEY & D.R.NORRIS (2009): Geographic variation of strontium and hydrogen isotopes in avian tissue: Implications for tracking migration and dispersal. *PLoS One* 4 (3): 1–10.
- SJOLLEMA, A., J. GATES, R. HILDERBRAND & J. SHERWELL (2014): Offshore activity of bats along the Mid-Atlantic coast. *Northeastern Naturalist* 21 (2): 154-163.

- SKIBA, R. (1989): Die Verbreitung der Nordfledermaus, *Eptesicus nilssonii* (Keyserling & Blasius, 1839), in der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik. *Myotis* 27: 81-98.
- SKIBA, R. (2007): Die Fledermäuse im Bereich der Deutschen Nordsee unter Berücksichtigung der Gefährdungen durch WEA (WEA). *Nyctalus* 12 (2-3): 199-220.
- SKIBA, R. (2011): Fledermäuse in Südwest-Jütland und deren Gefährdung an Offshore-WEA bei Herbstwanderungen über die Nordsee. *Nyctalus* 16 (1-2): 33-44.
- SONNTAG, N., T. WEICHLER, S. WEIEL & B. MEYER (2006): Blinder Passagier – Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*) landet auf einem Forschungsschiff in der Pommerschen Bucht (südliche Ostsee). *Nyctalus* 11 (4): 277-279.
- STOV, H., M. DESHOLM, S. HEIMÄNEN, T. JOHANSEN & O. THERKILDSSEN (2015): Kriegers Flak offshore wind farm. Environmental impact assessment. Technical background report. Birds and bats. Gutachten i.A. von Energinet.dk: 198 Seiten.
- STEFFENS, R., U. ZÖPHEL, & D. BROCKMANN (2004): 40 Jahre Fledermausmarkierungszentrale Dresden: methodische Hinweise und Ergebnisübersicht. Bericht i.A. des Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden: 126 Seiten.
- ŠUBA, J., G. PÉTERSONS & J. RYDELL (2012): Fly-and-forage strategy in the bat *Pipistrellus nathusii* during autumn migration. *Acta Chiropterologica* 14: 379-385.
- TAYLOR, P., S. MACKENZIE, B. THURBER, A. CALVERT, A. MILLS, L. MCGUIRE & C. GUGLIELMO (2011): Landscape Movements of Migratory Birds and Bats Reveal an Expanded Scale of Stopover. *PloS one* 6 (11). e27054.
- TIPPLE, B.J., T. CHAU, L.A. CHESSON, D.P. FERNANDEZ & J.R. EHLERINGER (2013): Isolation of strontium pools and isotope ratios in modern human hair. *Analytica Chimica Acta* 798: 64-73.
- TIPPLE, B.J., Y. JAMEEL, T.H. CHAU, C.J. MANCUSO, G.J. BOWEN, A. DUFOUR, L.A. CHESSON, & J.R. EHLERINGER (2017): Stable hydrogen and oxygen isotopes of tap water reveal structure of the San Francisco Bay Area's water system and adjustments during a major drought. *Water Research* 119: 212–224.
- TIPPLE, B.J., L.O. VALENZUELA & J.R. EHLERINGER (2018): Strontium isotope ratios of human hair record intra-city variations in tap water source. *Scientific Reports* 8: 1–10.
- ROXELL, S., M. HOLDERIED, G. PÉTERSONS & C. VOIGT (2019): Nathusius' bats optimize long-distance migration by flying at maximum range speed. *The Journal of Experimental Biology* 222 (4): jeb176396.
- RUCZYŃSKI, I., P. ZAHOROWICZ, T. BOROWIK & Z. HALAT (2017): Activity patterns of two syntopic and closely related aerial-hawking bat species during breeding season in Białowieża Primateval Forest. *Mammalian Research* 62: 65–73.
- VAN DER MERWE, N.J., J.A. LEE-THORP, J.F. THACKERAY, A. HALL-MARTIN, F.J. KRUGER, H. COETZEE, R.H.V. BELL & M. LINDEQUE (1990): Source-area determination of elephant ivory by isotopic analysis. *Nature* 346: 744–746.
- VAUK, G. (1974): Fledermausbeobachtungen auf der Insel Helgoland. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 39: 133-135.

- VAUK, G. & T. CLEMENS (1982): Ein zweiter Nachweis der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) auf Helgoland. *Myotis* 20: 72-73.
- VOERKELIUS, S., G.D. LORENZ, S. RUMMEL, C.R. QUÉTEL, G. HEISS, M. BAXTER, C. BRACH-PAPA, P. DETERS-ITZELSBERGER, S. HOELZL, J. HOOGWERFF, E. PONZEVEA, M. VAN BOCKSTAELE & H. UECKERMANN, H. (2010): Strontium isotopic signatures of natural mineral waters, the reference to a simple geological map and its potential for authentication of food. *Food Chemistry* 118 (4): 933–940.
- VOGEL, J.C., B. EGLINGTON & J.M. AURET (1990): Isotope fingerprints in elephant bone and ivory. *Nature* 346, 747–749.
- VOIGT, C.C. & L.S. LEHNERT (2019): Tracking of Movements of Terrestrial Mammals Using Stable Isotopes. In: HOBSON K.A. & L.I. WASSENAAR (Hrsg.): *Tracking Animal Migration with Stable Isotopes*. 2. Auflage. Academic Press, Cambridge: 116-135.
- VOIGT, C.C., M. FRITZE, O. LINDECKE, D. COSTANTINI, G. PETERSONS & G.A. CZIRJAK (2020): The immune response of bats differs between pre-migration and migration seasons. *Scientific Reports* 10: 17384.
- VOIGT, C.C., D. LEHMANN & S. GREIF (2015a): Stable isotope ratios of hydrogen separate mammals of aquatic and terrestrial food webs. *Methods in Ecology and Evolution* 6: 1332-1340.
- VOIGT, C.C., L. S. LEHNERT, G. PETERSONS, F. ADORF & L. BACH (2015b): Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research* 61: 213–219.
- VOIGT, C., L. LEHNERT, A. POPA-LISSEANU, M. CIECHANOWSKI, P. ESTÓK, F. GLOZA-RAUSCH, ... & T. TEIGE (2014): The trans-boundary importance of artificial bat hibernacula in managed European forests. *Biodiversity and Conservation* 23 (3): 617-631.
- VOIGT, C.C., O. LINDECKE, S. SCHNBORN, S., KRAMER-SCHADT & D. LEHMANN (2016): Habitat use of migratory bats killed during autumn at wind turbines. *Ecological Applications* 26: 771-783.
- VOIGT, C.C., A.G. POPA-LISSEANU, I. NIERMANN & S. KRAMER-SCHADT (2012): The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153, 80–86.
- VOIGT C.C., M. ROELEKE, L. MARGGRAF, G. PETERSONS & S.-L. VOIGT-HEUCKE (2017): Migratory bats respond to artificial green light with positive phototaxis. *PLoS ONE* 12 (5): e0177748.
- VOIGT, C.C., D. RUSSO, V. RUNKEL & H.R. GOERLITZ (2021): Limitations of acoustic monitoring at wind turbines to evaluate fatality risk of bats. *Mammal Review*: 10.1111/mam.12248.
- VOIGT, C.C., K. SCHNEEBERGER, S.L. VOIGT-HEUCKE & D. LEWANZIK (2011): Rain increases the energy cost of bat flight. *Biological Letters* 7: 793–795.
- VOIGT, C., K. SÖRGEL, J. ŠUBA, O. KEIŠS & G. PETERSONS (2012): The insectivorous bat *Pipistrellus nathusii* uses a mixed-fuel strategy to power autumn migration. *Proceedings of the Royal Society B* 279: 3772-3778.

- VON DALLA TORRE, K. W. (1889): Die Fauna von Helgoland. Zoologisches Jahrbuch, Jena: 1-99.
- WALTER, G., H. MATTHES & M. JOOST (2007): Fledermauszug über Nord- und Ostsee – Ergebnisse aus Offshore-Untersuchungen und deren Einordnung in das bisher bekannte Bild zum Zuggeschehen. *Nyctalus* 12: 221-233.
- WALTER, G. & N. STÖBER (2020): Gutachten zum Vorkommen von Fledermäusen im Rahmen der Voruntersuchung der Fläche O-1.3. Gutachten i.A. des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie: 35 Seiten.
- WASSENAAR, L.I. & K.A. HOBSON (2000): Stable-carbon and hydrogen isotope ratios reveal breeding origins of red-winged blackbirds. *Ecological Applications* 10: 911–916.
- WAWRA, C. (2016): Fachgutachten Fledermäuse für das Offshore-Windparkprojekt „Gennaker“. 2. Jahr der Basisaufnahme. Gutachten i.A. der OWP Gennaker GmbH: 35 Seiten.
- WAWRA, C., F. WOLF & B. RUSSOW (2015): Fachgutachten Fledermäuse für das Offshore-Windparkprojekt „Gennaker“. Basisaufnahme. Betrachtungszeitraum Frühjahr 2014 – Herbst 2014. Gutachten i.A. der OWP Gennaker GmbH: 49 Seiten.
- WEBER, N., M. NAGY, K. HOCHRADEL, J. MAGES, A. NAUCKE, A., SCHNEIDER, F. STILLER, O. BEHR & R. SIMON (2018): Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Behr, O., R. Brinkmann, K. Hochradel, J. Mages, F. Korner-Nievergelt, H. Reinhard, R. Simon, F. Stiller, N. Weber & M. Nagy (Hrsg.): Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis (RENEBAT III). Endbericht i.A. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Industrie: 31-57.
- WELCKER, J. & R. VILELA (2020): ProBird – Prognose des regionalen und lokalen Vogelzugs und des kumulativen Vogelschlagrisikos an offshore WEA. Endbericht i.A. des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit: 72 Seiten.
- WERNER, C. & F.-W. GERSTENGARBE (2010): Katalog der Grosswetterlagen Europas nach Paul Hess und Helmut Brezowsky (1881-2009). 7. verbesserte und ergänzte Auflage. PIK-Report Nr. 119, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., Potsdam: 146 Seiten.
- WIERMANN, A. & H. REIMERS (1995): Zur Verbreitung der Fledermäuse in Hamburg. *Nyctalus* 5 (6): 509-528.
- Wright, P.G.R., J. Newton, P. Agnelli, I. Burdinski, I. di Salvo, C. Flaquer, A. Fulco, P. Georgiakakis, A. Martinoli, M. Mas, M. Mazija, M. Mucceda, E. Papadatou, B. Petrov, L. Rodríguez, F. Mathews & D. Russo (2020): Hydrogen isotopes reveal evidence of migration on *Miniopterus schreibersii* in Europe. *BMC Ecology* 20: 52.
- WUNDER, M.B. (2012): Determining geographic patterns of migration and dispersal using stable isotopes in keratins. *Journal of Mammalogy* 93: 360-367.
- WUNDER, M.B., C.L. KESTER, F.L. KNOPF & R.O. RYE (2005): A test of geographic assignment using isotope tracers in feathers of known origin. *Oecologia* 144: 607–617.

9 Zusatzdaten

Tabelle 9-1: Ermittlung der Individuenzahl aus akustischen Erfassungsdaten am Beispiel der Standorte Tonne E69 und FINO 2 (N.noc *Nyctalus noctula*, N.spec: *Nyctaloid*, P.pyg: *Pipistrellus pygmaeus*, P.nat: *Pipistrellus nathusii*). Zur Abgrenzung zwischen Individuen wurde eine Pause zwischen aufgetretenen Aktivitäten von 20 Minuten gewählt. Tritt eine erneute Aktivität einer Art innerhalb von 20 Minuten auf, wird sie dem gleichen Individuum zugerechnet, tritt sie nach 20 Minuten Pause auf, wird sie einem zweiten Individuum zugerechnet.

Lfd. Nr.	Standort	Zeitstempel	Art	Besetzte Minuten	Individuen	Bemerkungen
1	Tonne E69	27.08.2017 00:57	P.nat	1	1	
2	Tonne E69	27.08.2017 01:24	P.nat	1	1	
3	Tonne E69	28.08.2017 22:44	P.nat	1	1	
4	Tonne E69	29.08.2017 01:44	P.pyg	1	1	
5	Tonne E69	29.08.2017 01:56	N.spec	1	1	Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 4 geringer als 20 min, jedoch andere Art.
6	Tonne E69	29.08.2017 21:54	N.spec	1	1	
7	Tonne E69	29.08.2017 22:02	N.noc	1	1	
8	Tonne E69	29.08.2017 23:19	P.nat	1	1	
9	Tonne E69	01.09.2017 22:02	P.nat	1	1	
10	Tonne E69	01.09.2017 23:24	N.noc	1	1	
11	Tonne E69	01.09.2017 23:25	N.noc	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 10 geringer als 20 min

Lfd. Nr.	Standort	Zeitstempel	Art	Besetzte Minuten	Individuen	Bemerkungen
12	Tonne E69	02.09.2017 22:14	P.nat	1	1	
13	Tonne E69	02.09.2017 23:52	P.nat	1	1	
14	Tonne E69	05.09.2017 02:55	N.spec	1	1	
15	Tonne E69	10.09.2017 21:34	P.nat	1	1	
16	Tonne E69	11.09.2017 04:50	P.nat	1	1	
17	Tonne E69	16.09.2017 21:23	P.nat	1	1	
18	Tonne E69	16.09.2017 22:03	P.nat	1	1	
19	Tonne E69	16.09.2017 22:10	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 18 geringer als 20 min
20	Tonne E69	16.09.2017 23:08	P.nat	1	1	
21	FINO 2	18.09.2018 23:57	P.nat	1	1	
22	FINO 2	20.09.2018 00:04	P.nat	1	1	
23	FINO 2	20.09.2018 22:38	N.spec	1	1	
24	FINO 2	26.09.2018 01:24	P.nat	1	1	
25	FINO 2	06.10.2018 00:51	P.nat	1	1	
26	FINO 2	06.10.2018 22:32	N.spec	1	1	

Lfd. Nr.	Standort	Zeitstempel	Art	Besetzte Minuten	Individuen	Bemerkungen
27	FINO 2	06.10.2018 22:34	N.spec	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 26 geringer als 20 min
28	FINO 2	06.10.2018 22:55	P.nat	1	1	
29	FINO 2	06.10.2018 23:05	N.noc	1	1	Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 28 zwar geringer als 20 min, jedoch andere Art
30	FINO 2	06.10.2018 23:08	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 28 (letztmalige Registrierung Art P.nat) geringer als 20 min
31	FINO 2	06.10.2018 23:09	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 30 geringer als 20 min
32	FINO 2	07.10.2018 04:12	P.nat	1	1	
33	FINO 2	16.10.2018 22:26	N.noc	1	1	
34	FINO 2	17.10.2018 22:20	P.nat	1	1	
35	FINO 2	17.10.2018 22:21	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 34 geringer als 20 min
36	FINO 2	17.10.2018 22:22	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 35 geringer als 20 min
37	FINO 2	17.10.2018 22:23	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 36 geringer als 20 min
38	FINO 2	17.10.2018 22:24	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 37 geringer als 20 min
39	FINO 2	17.10.2018 22:25	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 38 geringer als 20 min
40	FINO 2	17.10.2018 22:26	P.nat	1		Zeitlicher Abstand zu lfd. Nr. 39 geringer als 20 min

Tabelle 9-2: Anzahl (n) und Anteil (%) der besetzten Minutenintervalle der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten nach Erfassungsstandorten der Nordsee von West nach Ost. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.

Art	Trivialname	Nordseeboje II		FINO 3		FINO 1		Helgoland		Leuchtturm Alte Weser		Summe	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
-	-												
<i>Myotis spec.</i>	Mausohren		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	0	0,00
<i>Nyctalus noctula</i>	Abendsegler		0,00		0,00		0,00	21	0,83	2	0,47	23	0,76
<i>Nyctalus leisleri</i>	Kleinabendsegler		0,00		0,00	18	32,14	47	1,86	3	0,71	68	2,25
<i>Nyctaloid</i>	*	2	50,00		0,00		0,00	47	1,86	33	7,76	82	2,72
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Zwergfledermaus		0,00		0,00		0,00	40	1,58	4	0,94	44	1,46
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Mückenfledermaus		0,00		0,00		0,00	19	0,75		0,00	19	0,63
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	2	50,00	4	100,00	38	67,86	2.239	88,57	375	88,24	2.658	88,10
<i>Pipistrellus spec.</i>	Zwergfledermäuse		0,00		0,00		0,00	44	1,74	8	1,88	52	1,72
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbige Fledermaus		0,00		0,00		0,00	7	0,28		0,00	7	0,23
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügel Fledermaus		0,00		0,00		0,00	15	0,59		0,00	15	0,50
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfledermaus		0,00		0,00		0,00	49	1,94		0,00	49	1,62

Art	Trivialname	Nordseeboje II		FINO 3		FINO 1		Helgoland		Leuchtturm Alte Weser		Summe	
<i>Eptesicus spec.</i>	Breitflügelfledermäuse		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	0	0,00
Summe	-	4	100,00	4	100,00	56	100,00	2.528	100,00	425	100,00	3.017	100,00

Tabelle 9-3: Anzahl (n) und Anteil (%) der besetzten Minutenintervalle der durch automatische Erfassungsgeräte registrierten Fledermausarten nach Erfassungsstandorten der Ostsee von West nach Ost. Die Daten wurden inkludiert, wenn mindestens für den Monat Mai (Frühjahr) bzw. von Mitte August bis Mitte September (Spätsommer) eine vollständige Erfassung vorlag. Eventuelle Sommernachweise sind enthalten.

Art	Trivialname	Fehmarn Belt		Tonne E69		Tonne E70		Tonne DS-W		FINO 2		Arkonatonne		Plattform Arkona		Summe	
-	-	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Myotis spec.</i>	Mausohren	1	0,82		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	1	0,13
<i>Nyctalus noctula</i>	Abendsegler	10	8,20	14	6,06		0,00		0,00	11	3,81	4	5,13	1	16,67	40	5,15
<i>Nyctalus leisleri</i>	Kleinabendsegler		0,00	1	0,43		0,00	1	3,23		0,00	2	2,56		0,00	4	0,51
<i>Nyctaloid</i>	*	7	5,74	22	9,52		0,00		0,00	12	4,15	6	7,69		0,00	47	6,05
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Zwergfledermaus	1	0,82	2	0,87		0,00		0,00	45	15,57	2	2,56		0,00	50	6,44

Art	Trivialname	Fehmarn Belt		Tonne E69		Tonne E70		Tonne DS-W		FINO 2		Arkonatonne		Plattform Arkona		Summe	
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Mückenfledermaus	10	8,20	26	11,26	1	5,00	2	6,45	1	0,35	2	2,56		0,00	42	5,41
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Rauhautfledermaus	92	75,41	164	71,00	19	95,00	28	90,32	212	73,36	59	75,64	5	83,33	579	74,52
<i>Pipistrellus spec</i>	Zwergfledermäuse		0,00		0,00		0,00		0,00	8	2,77		0,00		0,00	8	1,03
<i>Vespertilio murinus</i>	Zweifarbfliedermaus		0,00	1	0,43		0,00		0,00		0,00	3	3,85		0,00	4	0,51
<i>Eptesicus serotinus</i>	Breitflügelfledermaus	1	0,82	1	0,43		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	2	0,26
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Nordfledermaus		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	0	0,00
<i>Eptesicus spec.</i>	Breitflügelfledermäuse		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	0	0,00
Summe	-	122	100,00	231	100,00	20	100,00	31	100,00	289	100,00	78	100,00	6	100,00	777	100,00

* Artengruppe: Kleinabendsegler, Abendsegler, Breitflügelfledermaus, Nordfledermaus, Zweifarbfledermaus