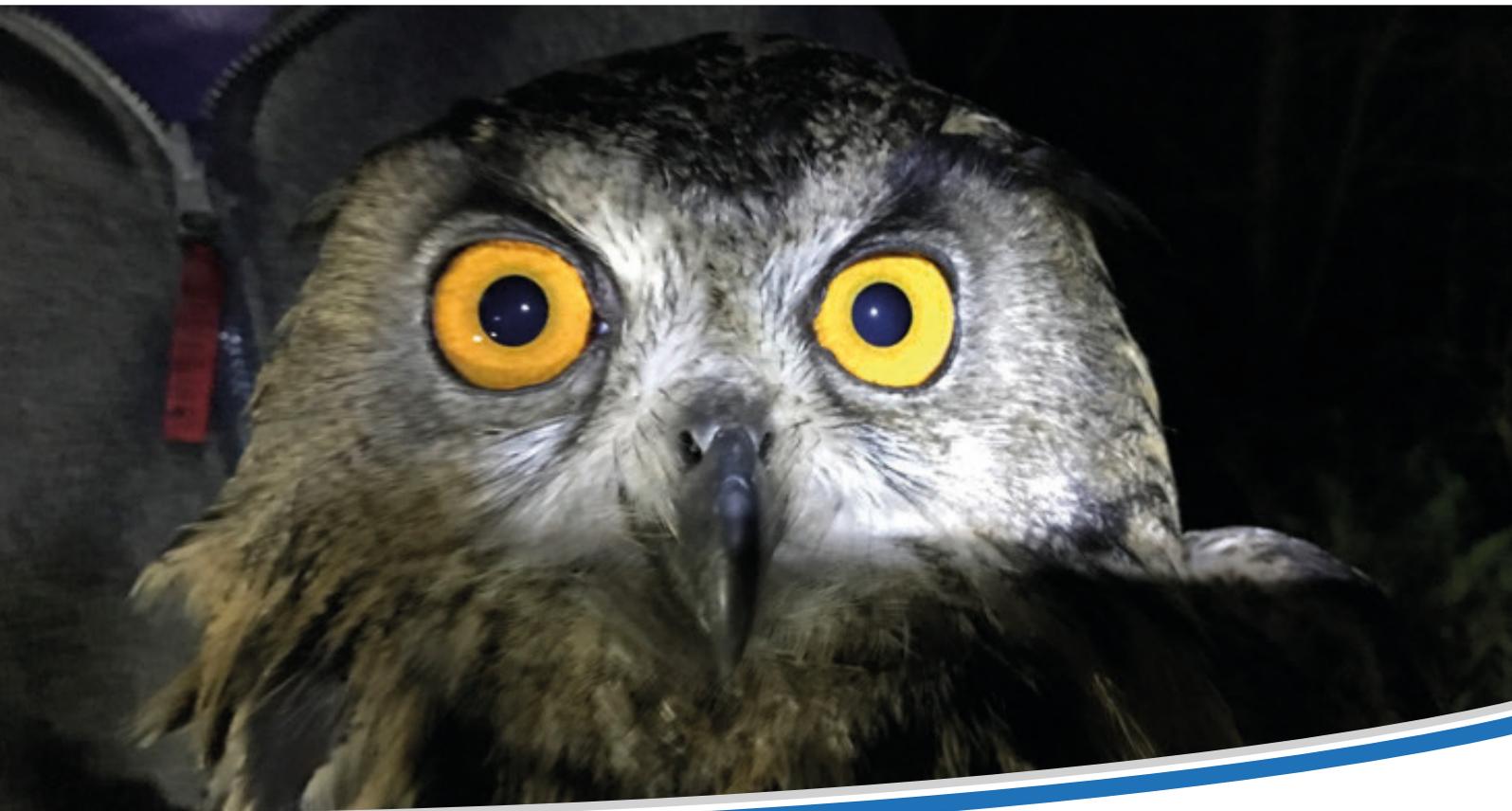


Endbericht

Erhebung von Grundlagendaten zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Uhus an Windenergieanlagen im nördlichen Schleswig-Holstein

Autoren:

Thomas Grünkorn, Jorg Welcker



Husum, August 2019

Im Auftrag des Landesverbandes Eulen-Schutz Schleswig-Holstein e. V. und
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (MELUND), Schleswig-Holstein

BioConsult SH GmbH & Co KG

Schobüller Str. 36
25813 Husum

Tel.: 04841 77 937-10
www.bioconsult-sh.de

Thomas Grünkorn,
Jorg Welcker

Bild (Titel): Thomas Grünkorn

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Untersuchungsgebiet im nördlichen Schleswig-Holstein. KI = Kiel , HH = Hamburg.	4
Abb. 2	Fangorte des Uhus in 2017 und 2018 (am Brutplatz Hochmoor(6) wurde sowohl das Weibchen in 2017 und 2018 als auch das Männchen in 2017 gefangen).....	5
Abb. 3	Brutplätze des Uhus bei Silberstedt in 2017 und 2018 mit räumlicher Nähe zu WEA (oben Brutplatz Hochmoor, unten Brutplatz Rosacker).....	6
Abb. 4	T. Grünkorn (links), J. Welcker (rechts) mit dem Weibchen Wallsbüll 2018 am 18.05.2018.	7
Abb. 5	Männchen Lindewitt 2017 mit GPS/GSM-Sender als Rucksack am 11.07.2017.....	7
Abb. 6	GPS/GSM-Batteriesender der Fa. Ornitela (www.ornitela.com) mit Teflonbändern für die Befestigung als Rucksack.	8
Abb. 7	Senderlaufzeiten nach Dekaden mit Datenaufzeichnung.....	10
Abb. 8	Streuung der Höhenmessung unter drei unterschiedlichen Versuchsbedingungen. oben: Sender stationär mit einer Ortung pro 30 Minuten, Mitte: Sender stationär mit einer Ortung pro Sekunde, unten: Sender bewegt mit einer Ortung pro Sekunde. Die Y-Achse wurde auf den Bereich -100 m bis 100 m begrenzt, im stationär langsamen Aufzeichnungsmodus lagen Messwerte außerhalb dieses Bereichs vor.	14
Abb. 9	Streuung der Höhenmessungen von drei Versuchssendern, die stationär am Standort Schobüll (links) und Standort Treia (rechts) im Aufzeichnungsintervall von 30 min in zwei Zeiträumen für jeweils drei Tage aufzeichneten. Die Y-Achse wurde auf den Bereich -100 m bis 100 m begrenzt, einige Messwerte lagen außerhalb dieses Bereichs. Die rote horizontale Linie gibt die tatsächliche Geländehöhe an den zwei Standorten an.	15
Abb. 10	Links: Streuung der Messwerte beim stationären Sender in Abhängigkeit der Zeit nach der Umstellung der Taktrate von 1 Ortung pro 30 min auf eine Ortung pro Sekunde. Rote und schwarze Höhenmessung beziehen sich auf unterschiedliche Orte bekannter Höhe („Messbolzen“). Rechts: Streuung der Höhenmessung bei stationären Sendern ohne Anfangsphase.	16
Abb. 11	Höhenmessung von drei GPS-Sendern, die mit dem Fahrrad mit 15 km/h mit einer Ortung pro Sekunde bewegt wurden. Oben: schwarz Schobüller Berg zwei Versuche, unten: rot, Strecke zwischen Treia und Silberstedt, zwei Versuche. Es wird die gemessene GPS-Höhe dargestellt.	17
Abb. 12	Vergleich der gemessenen Höhenprofile der GPS-Sender mit den Daten des Digitalen Höhenmodells.....	18
Abb. 13	Geringe Streuung der Höhenmessung der bewegten Sender mit schneller Taktrate, aber systemimmanente Abweichung der GPS Messwerte von Referenzhöhen um etwa 10 m.	19
Abb. 14	Übersicht Homeranges (Kernel 95 %).	21
Abb. 15	Beispiele der Form von Homeranges (Kernel 95 %, gleicher Maßstab, roter Punkt: Brutplatz, grüner Kreis: 1 km-Radius, schwarze Kontur: Kernel 95 Homerange.	22
Abb. 16	Homerange (Kernel 95%) im Jahresverlauf Mittelwerte der Vögel mit der längsten Untersuchungsdauer (Männchen Rosacker und Linnau/ Weibchen Kropp und Poppholz).	23

Abb. 17	Homerange (graue Fläche) im Jahresverlauf (jeder zweite Monat) beispielhaft für das Männchen Linnau 2018 (schwarze Kontur: Homerange Kernel 95% aller Daten).....	24
Abb. 18	Kumulative Flugaktivität [%] in Abhängigkeit zum Abstand zum Nest.	25
Abb. 19	Mittlere Aufenthaltsdauer an Bauernhöfen pro Nacht im Jahresverlauf.....	26
Abb. 20	Flugstrecke pro Nacht im Mittel aller Individuen im Jahresverlauf nach Halbmonaten.	27
Abb. 21	Flugstrecke pro Nacht nach Geschlechtern im Jahresverlauf nach Halbmonaten.	27
Abb. 22	Maximaler Abstand zum Nest im Jahresverlauf nach Halbmonaten.....	28
Abb. 23	Maximaler Abstand zum Nest nach Geschlechtern im Jahresverlauf nach Halbmonaten.....	28
Abb. 24	Tageszeitliches Aktivitätsmuster aller Vögel (standardisierte Tageslänge).	30
Abb. 25	Tageszeitliches Aktivitätsmuster der Männchen (links) und der Weibchen (rechts), (standardisierte Tageslänge, unterschiedliche Skalierung der Y-Achse).	30
Abb. 26	Mediane Flugdistanz [m] im Verlauf der Nacht.....	31
Abb. 27	Flugaktivität in Abhängigkeit von der Regenmenge eines Tages (Wetteramt Schleswig).....	32
Abb. 28	Flugaktivität in Abhängigkeit von der Regenmenge eines Tages (willkürlicher Schwellenwert bei 5 mm/Tag).	32
Abb. 29	Anteil der tatsächlichen und aufgrund der Flächenproportionalität erwarteten Anzahl der Ortungen pro Distanzklasse um WEA.	33
Abb. 30	Beispiel eines einzelnen Fluges mit strukturgebundenen und freien Teilflugabschnitten (Weibchen Hochmoor 2017).	34
Abb. 31	Anteil Ortungen ohne Start- und Endpunkt eines Fluges in Abhängigkeit zur Entfernung zu einem Knick im Vergleich zu erzeugten Pseudo-Ortungen (verfünffachte zufällig verteilte Ortungen einer Flugstrecke).....	35
Abb. 32	Differenz des Anteils der Uhu-Ortungen und der Pseudo-Ortungen (ohne Start- und Endpunkt eines Fluges) in Abhängigkeit zur Entfernung zu einem Knick.	35
Abb. 33	Flugdauer der telemetrierten Uhus.....	36
Abb. 34	Flugstrecken der telemetrierten Uhus.....	37
Abb. 35	Rastdauer der telemetrierten Uhus zwischen zwei nächtlichen Flügen (halbminütiges Intervall, Kappung der X-Achse bei 30 min).....	38
Abb. 36	Rastdauer in Abhängigkeit von der vorangegangenen Dauer einer Flugsequenz.	39
Abb. 37	Häufigkeit einzelner Höhenmessungen unter Anwendung des Filters Ansichtshöhe. (Flughöhen unter Null sind nicht möglich, siehe Diskussion).	41
Abb. 38	Relativer Anteil der Flughöhenklassen unter Anwendung des Filters Ansichtshöhe. (Flughöhen unter Null sind nicht möglich, siehe Diskussion).	41
Abb. 39	Flughöhe als Box-Whisker-Plot unter Anwendung des Filters Ansichtshöhe. Die obere Grenze des grauen Balkens entspricht 75 %, Flughöhen unter null sind nicht möglich, siehe Diskussion). ..	42
Abb. 40	Mittlere Flughöhe im Jahresgang (vier Vögel mit der längsten Datenaufzeichnung, zwei Männchen und zwei Weibchen).....	42

Abb. 41	Mittlere Flughöhe im Jahresgang nach Geschlechter getrennt (vier Vögel mit der längsten Datenaufzeichnung, zwei Männchen und zwei Weibchen).....	43
Abb. 42	Mittlere Flughöhe [m, \pm SE] in Abhängigkeit von der Flugdauer [s] in 10 s-Zeitklassen. Die Stichprobengröße pro Zeitklasse ist oberhalb angegeben.	43
Abb. 43	Mittlere Flughöhe [m, \pm SE] in Abhängigkeit zu verschiedenen Flugpositionen in unterschiedlichen Entfernung zu einer WEA (n < 100 m = 109 Flüge, n > 200 m = 549 Flüge).....	44
Abb. 44	Endpunkte von Flügen des Männchens Lindewitt an Strommasten (blaue Punkte) einer 110 KV-Leitung nördlich des Brutplatzes (roter Punkt).....	46
Abb. 45	Mittlere Flughöhe [\pm SE] der Querungen der A7 (n= 59 Querungen, bei denen Höhenmessungen sowohl vor und nach der Fahrbahnquerung vorlagen) westlich und östlich der A7 in Entfernungsklassen zur Fahrbahn.....	47
Abb. 46	Lage und Ausdehnung des Homerange (Kernel 95 %) benachbarter Uhreviere. Oben : zwei benachbarte Männchenreviere in unterschiedlichen Jahren (Männchen Lindewitt 2017 und Männchen Linnau 2018). Unten: zwei benachbarte Reviere im gleichen Jahr mit unterschiedlichem Geschlecht der Brutvögel (Weibchen Hochmoor 2017 und Männchen Rosacker 2017), grüner Kreis entspricht 1 km-Radius um Brutplatz.	50
Abb. 47	Relative Häufigkeit der Dauer eines Fluges (Flugsequenz) in Klassen.	55
Abb. 48	Mittlere Standardabweichung der Höhenmessung und der mittleren Flughöhe in Abhängigkeit zum Abstand vom vorangegangenen Flug.....	56
Abb. 49	Verteilung der Flughöhen ohne Anwendung eines Filters. Zur besseren Darstellbarkeit ist die Y-Achse bei -50 m und 150 m gekappt.	58
Abb. 50	Jorg Welcker mit Männchen Rosacker 2017.	67
Abb. 51	Raumnutzung des Männchens Rosacker vom 03.06.2017 bis zum 26.04.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz: roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95% blau, Kernel 50% rot, WEA grau).	68
Abb. 52	Raumnutzung des Männchens Rosacker 2017 vom 03.06.2017 bis zum 26.04.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	69
Abb. 53	Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens vom Brutplatz Rosacker 2017 und 2018.	70
Abb. 54	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Rosacker 2017.....	71
Abb. 55	Fast flügger Jungvogel am Brutplatz Lindewitt 2017 (Jagdkanzel).	73
Abb. 56	Männchen Lindewitt 2017 in der Nähe des Brutplatzes.	73
Abb. 57	Raumnutzung des Männchens Lindewitt 2017 vom 11.07.2017 bis zum 30.03.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.	74
Abb. 58	Raumnutzung des Männchens Lindewitt vom 11.07.2017 bis zum 30.03.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	75

Abb. 59	Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens Lindewitt 2017.	76
Abb. 60	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Lindewitt 2017.	77
Abb. 61	Raumnutzung des Männchens Hochmoor 2017 vom 19.07.2017 bis zum 30.07.2017 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.	79
Abb. 62	Raumnutzung des Männchens Hochmoor vom 19.07.2017 bis zum 30.07.2017 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).	80
Abb. 63	Letzter Streckenflug des Männchens Hochmoor 2017 in der Nacht vom 30. auf den 31. Juli 2017. Der nordöstliche Punkt ist der regelmäßig aufgesuchte Bauernhof in 3,2 km Entfernung zum Brutplatz (Punktwolke im Fichtenwald im Südwesten zeigt den Neststandort).	81
Abb. 64	Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens Hochmoor 2017.	82
Abb. 65	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Hochmoor 2017. ...	83
Abb. 66	Raumnutzung des Weibchens Hochmoor 2017 vom 19.07.2017 bis zum 22.11.2017 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau. Die isolierte blaue Kernel 95%-Kontur im Nordosten liegt an einem benachbarten Uhubrutplatz (Idstedt).	85
Abb. 67	Raumnutzung des Weibchens Hochmoor vom 19.07.2017 bis zum 31.12.2017 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau). Die isolierte blaue Kernel 95%-Kontur im Nordosten liegt an einem benachbarten Uhubrutplatz (Idstedt)..	86
Abb. 68	Das Weibchen Hochmoor (Flugstrecke rot) trifft auf das zeitgleich besenderte Männchen Rosacker (Flugstrecke grün) am 27.07.2017 zwischen 22:00 – 22:30 Uhr. (Das Männchen Hochmoor wird am 07.08.2017 sterben, siehe A. 1. 3). Der Ort der Begegnung (rotes Quadrat) wird im Überlappungsbereich der Homeranges dargestellt. Weibchen Hochmoor 2017 graue Linie, Männchen Rosacker schwarze Linie).	87
Abb. 69	Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Weibchens Hochmoor 2017.	88
Abb. 70	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchen Hochmoor 2017.	89
Abb. 71	Raumnutzung des Weibchens Hochmoor 2018 vom 05.05.2018 bis zum 21.07.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.	91
Abb. 72	Raumnutzung des Weibchens Hochmoor 2018 vom 05.05.2018 bis zum 21.07.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).	92
Abb. 73	Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Männchens vom Weibchens Hochmoor 2018.	93
Abb. 74	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchen Hochmoor 2018.	94

Abb. 75	Flugstrecke des Weibchens Hochmoor am Abend des 21.07.2018. Das Weibchen wurde um 21:35:59 durch ein Kraftfahrzeug auf der Landstraße nördlich von Silberstedt überfahren.	95
Abb. 76	Raumnutzung des Weibchens Kropp 2018 vom 08.05.2018 bis zum 07.04.2019 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau. Im isolierten Bereich im Westen der Kernel 95-Kontur befindet sich ein Rundballenlager aus Stroh. Dieser Platz wurde aber nur einmal aufgesucht.	97
Abb. 77	Raumnutzung des Weibchens Kropp 2018 vom 08.05.2018 bis zum 07.04.2019 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	98
Abb. 78	Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Weibchens vom Brutplatz Kropp 2018.....	99
Abb. 79	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchen Kropp 2018.	100
Abb. 80	Raumnutzung des Weibchens Wallsbüll 2018 vom 18.05.2018 bis zum 21.09.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.....	102
Abb. 81	Raumnutzung des Weibchens Wallsbüll 2018 vom 18.05.2018 bis zum 21.09.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	103
Abb. 82	Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Weibchens Wallsbüll 2018.	104
Abb. 83	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchens Wallsbüll 2018.....	105
Abb. 84	Raumnutzung des Männchens Obdrup 2018 vom 29.05.2017 bis zum 18.06.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.....	107
Abb. 85	Raumnutzung des Männchens Obdrup 2018 vom 29.05.2017 bis zum 18.06.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	108
Abb. 86	Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens vom Brutplatz Obdrup 2018.	109
Abb. 87	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Obdrup 2018.	110
Abb. 88	Raumnutzung des Weibchens Poppholz 2018 vom 29.05.2018 bis 18.05.2019 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.	112
Abb. 89	Raumnutzung des Weibchens Poppholz 2018 vom 29.05.2018 bis 18.05.2019 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	113
Abb. 90	Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten)einer Nacht des Weibchens Poppholz 2018.....	114
Abb. 91	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchens Poppholz 2018.	115

Abb. 92	Weibchen Poppolz 2018 mit Sender (Pfeil) auf dem Nachgelege von 2019.	115
Abb. 93	Drei wenige Tage alte Küken des besenderten Weibchens Poppolz am 02.05.2019. Oben im Bild zwei Wanderratten und ein Blässhuhn als Depotbeute.	116
Abb. 94	Raumnutzung des Männchens Linnau 2018 vom 19.06.2018 bis zum 15.04.2019 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.....	118
Abb. 95	Raumnutzung des Männchens Linnau 2018 vom 19.06.2018 bis zum 15.04.2019 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).....	119
Abb. 96	Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Männchens Linnau 2018.	120
Abb. 97	Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Linnau 2018.....	121
Abb. 98	Aktivitätsmuster von Januar bis Dezember (alle Vögel).	122
Abb. 99	Aktivitätsmuster nach Geschlechtern von Januar bis Dezember (alle Vögel, Quartale gegenübergestellt).....	124

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Besenderte Uhus 2017 und 2018 (Reihenfolge von Nord nach Süd, Lage des Fangortes).....	3
Tab. 2	Senderlaufzeiten und Anzahl Positionen der Uhus 2017 und 2018 (Reihenfolge nach der Dauer der Datenerhebung in Tagen).....	9
Tab. 3	Größe der Homeranges in km ² und Anteil der Ortungen innerhalb 1 km-Radius der besenderten Uhus [% der Zeit]. Für das Männchen Obdrup 2018 und Männchen Hochmoor 2017 ist die geringe Ausdehnung der Homeranges eine Folge des geringeren Datenumfanges (< 16.000 Ortungen). 20	20
Tab. 4	Zeitdauer mit Flugaktivität eines Tages (24 Stunden).	29
Tab. 5	Flugdauer und Flugstrecke eines einzelnen Fluges sowie Rastdauer zwischen einzelnen Flügen während der Aktivitätspase der einzelnen telemetrierten Uhus (Obdrup Männchen und Hochmoor Männchen wurden aufgrund des geringeren Datenumfanges für die Mittelwertsberechnungen nicht berücksichtigt).	37
Tab. 6	Mittlere und mediane Flughöhe [m] der untersuchten Uhus.	40
Tab. 7	Anzahl von WEA und Strommasten in den einzelnen Homeranges (Kernel 95%).....	45

1 EINLEITUNG

Die Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) kann in einem artenschutzrechtlichen Konflikt mit den Bestimmungen des § 44 (1)1. BNatSchG (Tötungsverbot) stehen, wenn diese das Tötungsrisiko von besonders geschützten Arten signifikant erhöhen. Vögel können mit WEA kollidieren, bzw. von den sich drehenden Rotoren erfasst werden und für eine Reihe von Arten wird ein artspezifisch erhöhtes Kollisionsrisiko angenommen. Von Kollisionen mit WEA sind vornehmlich tagaktive Arten, die in den Windparks zur Nahrungssuche gehen, betroffen und bei Greifvögeln wird teilweise von bestandswirksamen Kollisionsraten ausgegangen (s. HÖTKER et al. 2017, GRÜNKORN et al. 2016). Für den Uhu (*Bubo bubo*) wird die artspezifische Gefährdung durch WEA unterschiedlich beurteilt. So stuft BREUER (2015) den Uhu als kollisionsgefährdete Art ein und die Länderarbeitsgemeinschaft der Staatlichen Vogelschutzwarten schlägt einen Abstand zwischen zu errichtenden WEA und bekannten Uhubrutplätzen von mindestens 1.000 m zur Vermeidung von Kollisionen vor (LAG-VSW 2015). In der Schlagopferkartei der Vogelschutzwarte Brandenburg („Dürr-Liste“, DÜRR 2019) sind bisher jedoch nur (Stand Januar 2019) 18 Totfunde für Deutschland, europaweit 39 Totfunde gelistet, was, etwa gegenüber 163, bzw. 327 Seeadlern, eine eher niedrige Anzahl ist. In Schleswig-Holstein wurde trotz eines hohen Bestandes von 400 Paaren (KOOP & BERNDT 2014) bisher kein Uhu als Kollisionsopfer an WEA gefunden. Auch im Rahmen der PROGRESS-Studie wurden bei intensiven systematischen Kollisionsopfersuchen im gesamten norddeutschen Tiefland ebenfalls keine toten Uhus gefunden (GRÜNKORN et al. 2016).

Da Uhus primär nachts aktiv sind, ist bislang nur wenig über die Raumnutzung und ihr Flugverhalten, insbesondere hinsichtlich eines potenziellen Meideverhaltens der Art an WEA, bekannt. Dies trifft auch auf die Flughöhe zu, der bei der Abschätzung des Kollisionsrisikos besondere Bedeutung zukommt. Während manche Autoren angeben, dass Uhus während Distanz- und Balzflügen regelmäßig Höhen von >50 m erreichen (z. B. SITKEWITZ 2009, BREUER et al. 2015, BREUER 2016) werden diese Angaben in einer Literaturstudie in Zweifel gezogen (GARNIEL et al. 2017).

In der vorliegenden Studie wurden mit Hilfe moderner GPS-Telemetrie detaillierte Daten zu Raumnutzung und Flugverhalten von Uhus im nördlichen Schleswig-Holstein, Landesteil Schleswig, erhoben. Hierbei wurden in zwei Jahren (2017 und 2018) insgesamt zehn Altvögel an Standorten besendert, die sich in der Nähe von Windparks befanden. Der daraus resultierende Datensatz umfasst knapp 2 Millionen GPS-Punkte und deckt den gesamten Jahresgang ab. Ziel der Untersuchung war es, das Flugverhalten dieser nachtaktiven Art im Nahbereich bestehender Windparks zu quantifizieren und somit eine bessere Abschätzung des Kollisionsrisikos des Uhus zu ermöglichen. Die Studie wurde im Auftrag des Landesverbandes Eulen-Schutz Schleswig-Holstein e.V. für das Ministerium für Energiewende, Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt, Naturschutz und Digitalisierung Schleswig-Holstein (MELUND) durchgeführt.

Bisher wurden in Deutschland wenige Telemetriestudien an adulten Uhus veröffentlicht: Eine ältere Studie mit einer Positionsbestimmung über Triangulation von VHF-Signalen von SITKEWITZ (2009) in Bayern und eine neuere Studie mit GPS-Sendern aus Nordrhein-Westfalen von MIOGA et al. (2015) und weiteren Bundesländern (MIOGA et al. 2019).

Folgende Punkte werden mit Hilfe des aufgezeichneten Datensatzes bearbeitet:

- Bestimmung von Reviergröße, mittleren und maximalen Flugdistanzen.
- Bestimmung der Flugdauer sowie des Anteils der Flugzeit am gesamten Zeitbudget der Vögel.
- Ermittlung der Flughöhenverteilung unter Berücksichtigung möglicher Änderungen im Jahresverlauf.
- Bewertung der Strukturgebundenheit der Flüge, insbesondere der Bedeutung von Knicks.
- Erfassung zeitlicher Muster der Flugaktivität im Verlauf der Nacht sowie möglicher Änderungen der Raumnutzungsmuster im Jahresverlauf.
- Prüfung von horizontaler und/oder vertikaler Meidung von WEA.
- Bewertung der Abstandempfehlungen (LAG VSW 2015) und des Kollisionsrisikos

Im Februar 2018 wurde im Rahmen dieses Projektes bereits ein Zwischenbericht vorgelegt. Zwischen – und Endbericht sind auf der Homepage von BioConsult SH verfügbar (<https://bioconsult-sh.de/de/projekte/uhutelemetrie/>).

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Auswahl der Uhreviere, Feldarbeit

Die Untersuchung erfolgte im nördlichen Schleswig-Holstein, Landesteil Schleswig, in einem Bereich mit einer relativ hohen Dichte von WEA. Neun Brutplätze liegen auf der Geest, ein Brutplatz (Obdrup/Satrup) liegt in der Endmoränenlandschaft des Östlichen Hügellandes. Der untersuchte Landschaftsausschnitt auf der Geest ist durch Waldarmut und intensive landwirtschaftliche Nutzung mit Grünland und Ackerbau (insbesondere Mais) gekennzeichnet und ist typisch für Geestlandschaften im Norddeutschen Tiefland.

Der Fang der Vögel fand zwischen dem 30.05. – 18.07.2017 sowie zwischen dem 03.05. – 18.06.2018 statt. Es wurden ausschließlich Altvögel im Umfeld des Neststandorts gefangen, die Jungvögel mussten zum Zeitpunkt des Fangs ein Alter von mind. 14 Tagen erreicht haben. Der Fang der Vögel erfolgte in den meisten Fällen mit einer selbstauslösenden Kastenfalle. Die Fallen wurden mit einem sogenannten Fallenmelder ausgestattet, der die Auslösung der Falle über das Mobilfunknetz meldet. Damit entfiel ein dauerhafter Aufenthalt in Fallennähe und die Störung der Vögel am Nest auf den eigentlichen Fang beschränkt und somit minimiert. Am Standort „Rosacker“ erfolgte der Fang mit einem Japannetz (siehe A.1.1).

Die räumliche Nähe der Uhreviere zu Windparks war ausschlaggebend für die Auswahl der Fangorte. Bei zwei im Raum Silberstedt bekannten Brutplätzen lagen beispielsweise insgesamt 12 WEA im potenziellen Beeinträchtigungsbereich (1 km) und 60 WEA im Prüfbereich für Nahrungsgebiete (4 km) (Abb. 3). Um die vorgesehene Stichprobengröße von zehn Brutvögel zu erreichen, mussten die Fangversuche jedoch auch auf Uhupaare im Landesteil Schleswig ausgedehnt werden, deren Neststandort größere Entfernungen zu den nächstgelegenen WEA aufwies (Abb. 2). Die acht Fangorte der zehn besenderten Brutvögel (am Brutplatz Hochmoor wurde das Männchen einmal und das Weibchen zweimal gefangen und der inaktive Sender ersetzt) zeigen Abb. 2 und Tab. 1.

Tab. 1 Besenderte Uhus 2017 und 2018 (Reihenfolge von Nord nach Süd, Lage des Fangortes).

Brutplatz/Fangort	Geschlecht	Nr. in Karte	Sender-ID	Fangdatum
Wallsbüll	W	1	17143	18.05.2018
Linnau/ Lindewitt	M	2	17441	18.06.2018
Lindewitt	M	3	17440	11.07.2017
Obdrup/ Satrup	M	4	17145	28.05.2018
Poppholz/Sieverstedt	W	5	180172	29.05.2018
Hochmoor/Silberstedt	M	6	17441	17.07.2017
Hochmoor/Silberstedt	W	6	17144	18.07.2017
Hochmoor/Silberstedt	W	6	17439	03.05.2018
Rosacker/Silberstedt	M	7	17442	30.05.2017
Kropp	W	8	17438	06.05.2018

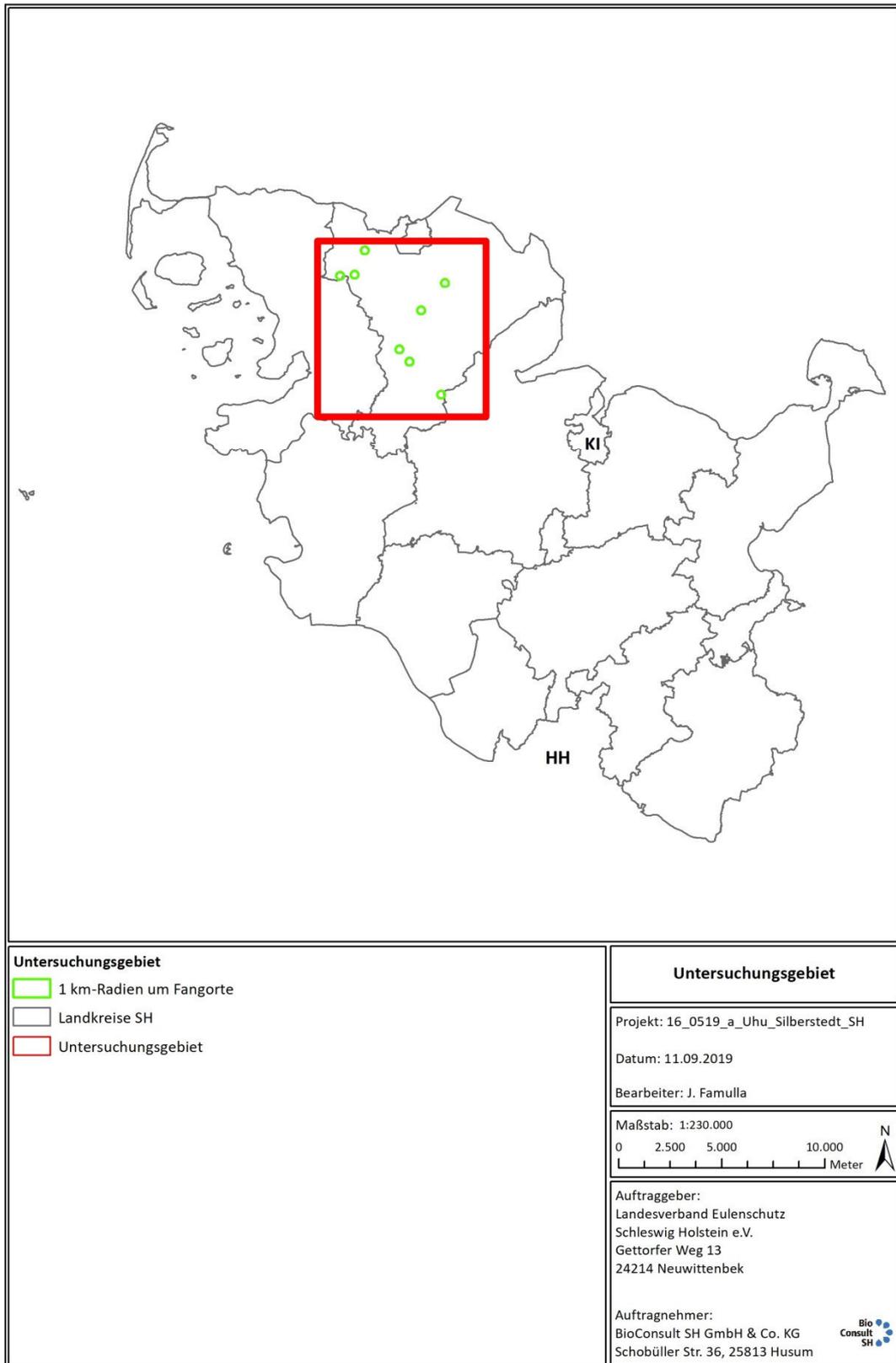


Abb. 1 Untersuchungsgebiet im nördlichen Schleswig-Holstein. KI = Kiel , HH = Hamburg.

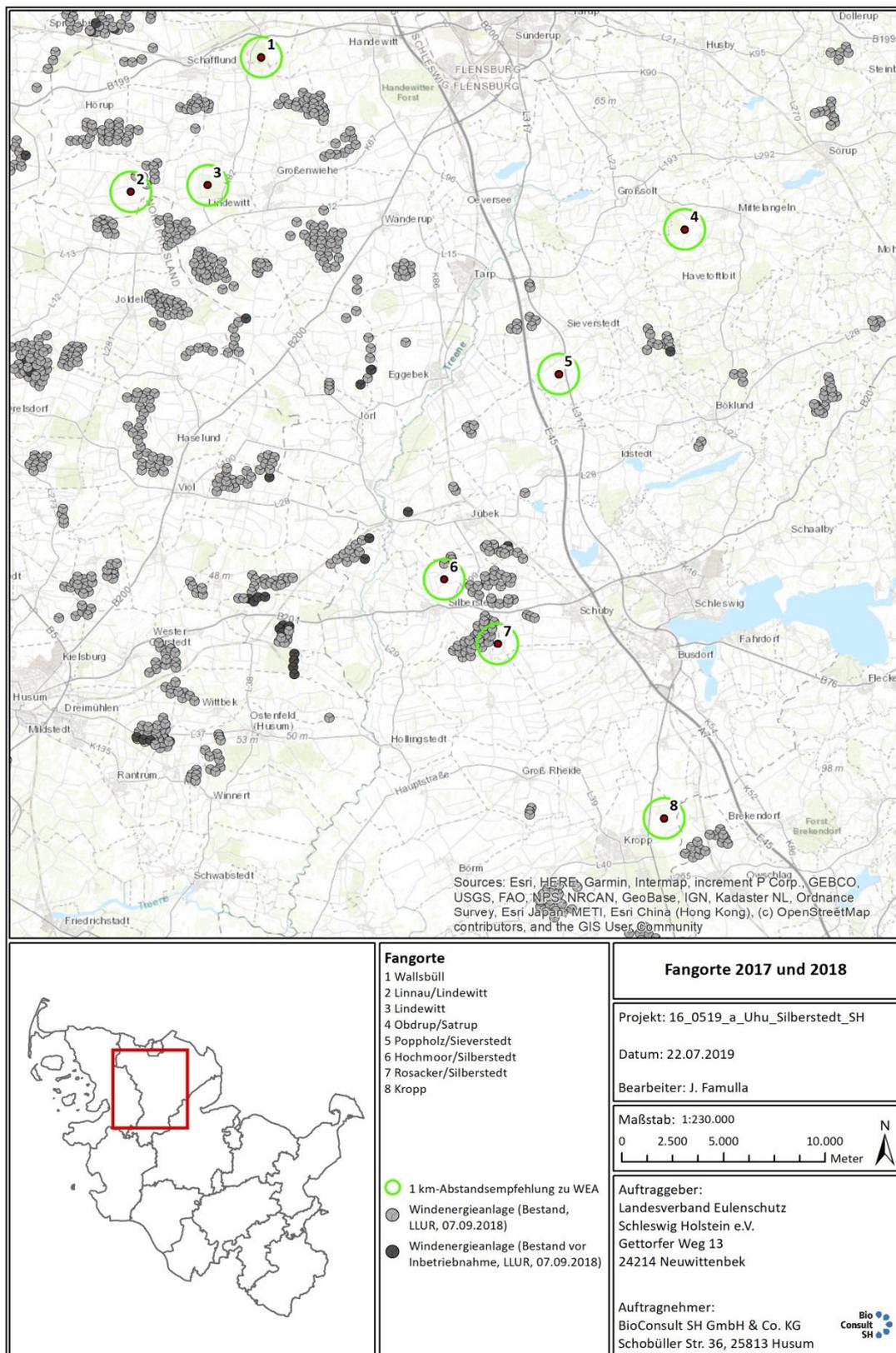


Abb. 2 Fangorte des Uhus in 2017 und 2018 (am Brutplatz Hochmoor(6) wurde sowohl das Weibchen in 2017 und 2018 als auch das Männchen in 2017 gefangen).

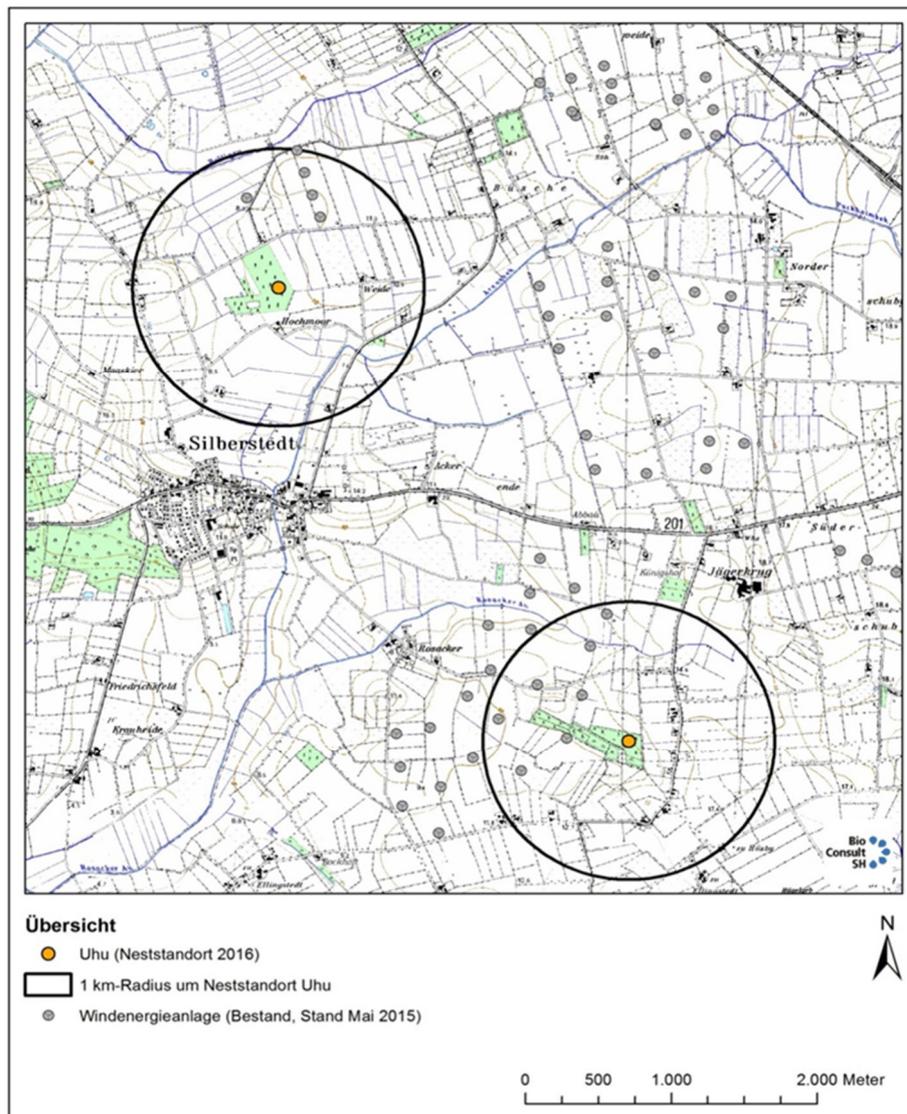


Abb. 3 *Brutplätze des Uhus bei Silberstedt in 2017 und 2018 mit räumlicher Nähe zu WEA (oben Brutplatz Hochmoor, unten Brutplatz Rosacker).*

Die Anbringung der Sender erfolgte mittels eines flachgewebten 11 mm breiten Teflonbands auf dem Rücken zwischen den Schulterblättern der Tiere als Rucksack. Das Teflonband wurde über der Brust gekreuzt und dort miteinander vernäht, um ein Verrutschen des Senders zu verhindern (siehe auch THAXTER et al. 2014). Die Unterseite des Senders wurde zusätzlich mit einem Neopren-Pad versehen, das eine weitere Stabilisierung der Senderposition erreichte und eine weiche Auflagefläche ergab.

Die Anbringung des Senders dauerte zwischen 15-30 min, unmittelbar im Anschluss wurden die Vögel freigelassen.



Abb. 4 T. Grünkorn (links), J. Welcker (rechts) mit dem Weibchen Wallsbüll 2018 am 18.05.2018.



Abb. 5 Männchen Lindewitt 2017 mit GPS/GSM-Sender als Rucksack am 11.07.2017.

2.2 Senderspezifikationen

Für dieses Projekt wurden von der Fa. Ornitela (www.ornitela.com) spezielle Sender entwickelt (Abb. 6). Normalerweise erfolgt die Aufladung des Akkus aktueller GPS-Sender mit Hilfe eines Solarpanels. Aufgrund der Lebensweise des Uhus mit weitgehendem Fehlen einer Sonnenexposition wurde für diese Untersuchung die Solareinheit durch eine Batterie ersetzt. Das Gesamtgewicht des Rucksacksenders wurde auf 80 g beschränkt, was etwa 3 % des durchschnittlichen Gewichts eines Weibchens entspricht. Diese Grenze wird allgemein für Sendergewichte empfohlen (PHILLIPS et al. 2003) und wurde bereits von MIOGA et al. (2015) beim Uhu erfolgreich eingesetzt (siehe auch VOHWINKEL et al. 2018). Für das zweijährige Projekt wurden zehn GPS/GSM-Sender genutzt.

Alle Sender wurden so programmiert, dass am Tag (wechselnde Tageslängen) eine GPS-Ortung und in der Nacht zwei GPS-Ortungen pro Stunde aufgezeichnet werden. Ein Beschleunigungssensor löste bei Bewegung des Senders eine schnelle Aufzeichnungsrate aus, so dass Flüge dann mit einer GPS-Ortung pro Sekunde aufgezeichnet wurden. Da der Beschleunigungssensor (50 Hz Taktung) dauerhaft im Hintergrund mitlief, wurden Flugbewegungen ohne Zeitverzögerung identifiziert. Damit wurde eine hochaufgelöste 3D-Aufzeichnung der Flüge erzielt. Die Datenübertragung erfolgte einmal pro Tag (ohne Aufwand im Feld) über das GSM Netz (Global System for Mobile Communication) an den Server von Ornitela. Die Daten wurden online abgerufen.



Abb. 6 GPS/GSM-Batteriesender der Fa. Ornitela (www.ornitela.com) mit Teflonbändern für die Befestigung als Rucksack.

2.3 Datengrundlage

Insgesamt zeichneten die zehn Sender knapp 2 Millionen (1.957.162) Positionen während der Projektlaufzeit auf. Die Aufzeichnungsdauer variierte dabei stark zwischen den einzelnen Vögeln (Tab. 2). Die längsten Datenaufzeichnungen reichten bis zu fast einem Jahr. Bei insgesamt fünf Vögeln wurden Daten zwischen 262 und 354 Tagen erhoben (Tab. 2). Durch unterschiedliche Aktivitätsmuster (insbesondere in Abhängigkeit des Geschlechts und der Größe des Homeranges) wurden in diesem Zeitraum zwischen 271.264 und 342.213 Positionen pro Vogel aufgenommen (Tab. 2).

In zwei Fällen sank die Batteriespannung schneller als erwartet. Möglicherweise gab es hier eine schlechtere Produktionsserie der Batterien; Hinweise auf einen technischen Defekt lagen nicht vor. Beide Sender zeichneten dennoch an 126 Tagen mehr als 100.000 Positionen (107.982 Wallsbüll Weibchen 2018) und 123.751 Hochmoor Weibchen 2017) auf (Tab. 2).

In zwei weiteren Fällen beendete der Tod des Vogels die Datenaufzeichnung: Männchen Hochmoor 2017 (mutmaßliche Sekundärvergiftung durch Rattengift; Einzelheiten siehe A.1.3) und Weibchen Hochmoor 2018 (Kollision mit Fahrzeug; Einzelheiten siehe A.1.5). In einem Fall wurde das Befestigungsband vom Vogel durchgebissen und der Sender hat sich vom Vogel gelöst (Männchen Obdrup 2018).

Aufgrund des unterschiedlichen Fangzeitpunkts der Vögel in Verbindung mit der überwiegend langen Senderlaufzeit deckten die Daten den kompletten Jahresgang ab (Abb. 7). Ende Juli bis Ende September lag dabei mit bis zu 9 Individuen die beste Datengrundlage vor, im April und Mai zeichneten hingegen nur 2-4 Sender gleichzeitig auf.

Tab. 2 Senderlaufzeiten und Anzahl Positionen der Uhus 2017 und 2018 (Reihenfolge nach der Dauer der Datenerhebung in Tagen).

Individuum	Daten		Anzahl Tage	Anzahl Positionen
	Beginn	Ende		
Poppolz W	29.05.2018	18.05.2019	354	304.894
Kropp W	08.05.2018	07.04.2019	334	271.264
Rosacker M	03.06.2017	26.04.2018	327	342.213
Linnau M	19.06.2018	16.04.2019	301	335.899
Lindewitt M	11.07.2017	30.03.2018	262	341.196
Hochmoor W	19.07.2017	22.11.2017	126	123.751
Wallsbüll W	18.05.2018	21.09.2018	126	107.982
Hochmoor W	05.05.2018	21.07.2018	77	99.626
Obdrup M	29.05.2018	18.06.2018	20	15.700
Hochmoor M	19.07.2017	30.07.2017	11	14.637
			1.938	1.957.162

2.4 Datenanalyse

Während der Projektlaufzeit wurden die Daten fortlaufend auf ihre Plausibilität sowie auf mögliche fehlerhafte Positionsaufzeichnungen (Ausreißer, „Outlier“) hin überprüft. Die Funktionalität der Flugerkenkung durch den Beschleunigungssensor ist essentiell. Da sich Uhus über nennenswerte Strecken nur fliegend fortbewegen, liegt eine vollständige Erfassung der Flüge (im sekundlichen Aufzeichnungsmodus) vor, sofern sich die aufgezeichneten Flugstrecken lückenlos aneinander anschließen. Dies war von Beginn an gegeben, eine Nachjustierung der Flugprogrammierung war nicht notwendig. Offensichtliche Outlier, definiert als einmalige Positionssprünge von >200 m, traten nur in sehr wenigen Fällen (0,06 % der Positionen) und ausschließlich bei rastenden Vögeln auf. Die Outlier wurden vor der weiteren Analyse entfernt, eine Beibehaltung der Datenpunkte hätte sich jedoch nur marginal auf die Berechnung der Homeranges (siehe unten) ausgewirkt, alle weiteren Analysen waren davon unabhängig. Alle Analysen wurden mit der Software R 3.4.4 (R CORE TEAM 2018) durchgeführt.

Die Berechnung der Homeranges erfolgte als „Kernel Density“ Schätzung für den gesamten Datensatz der einzelnen Vögel, sowie auf monatlicher Basis für Individuen mit langer Senderlaufzeit. Dabei wurden die 95 % und 50 % Kernels ermittelt, die jeweils die Fläche angeben, in dem sich die inneren 95 % bzw. 50 % der Ortungen der Vögel befinden. Für einen Vergleich der Homerange-Größe zwischen Männchen und Weibchen im Jahresverlauf wurden nur die Daten der vier Individuen verwendet, die (nahezu) den kompletten Jahresgang abdeckten (Männchen: Rosacker und Linnau; Weibchen: Kropp und Poppholz). Für die Berechnungen der Homeranges wurde das R Package „adehabitatHR“ (CALENGE 2015) verwendet, die Visualisierung der Homeranges erfolgte mit ArcGIS.

Da zu Beginn der Studie festgestellt wurde, dass Uhus häufig Hofanlagen mit Tierställen und Silagemieten aufsuchten, wurde die Aufenthaltsdauer pro Nacht an Höfen im Jahresgang bestimmt. Dazu wurden innerhalb der einzelnen Homeranges Hofanlagen auf Satellitenaufnahmen identifiziert und eine zentrale Koordinate bestimmt (bei sehr großen Betrieben wurden mehrere Koordinaten gewählt) und die Hoffläche mit Hilfe eines Radius von 100 m um die Koordinaten definiert. Anschließend wurde für jedes Individuum die Aufenthaltsdauer pro Nacht (Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang; in %) auf diesen Flächen berechnet und als Mittelwert im Jahresgang dargestellt.

Für die weitere Analyse wurden zunächst die einzelnen Flüge der Vögel voneinander abgegrenzt und deren Start- und Endpunkt bestimmt. Die Flugaktivität der Uhus wurde prinzipiell über den Bewegungssensor der Sender erkannt. Dabei wurde auch die Zeitdauer berücksichtigt, die der GPS Sender benötigt, um nach Aktivierung des Flugmodus durch den Bewegungssensor die erste Position zu bestimmen. Im Mittel lag diese Zeit bei 4 - 6 Sekunden, in einzelnen Fällen wurden jedoch auch Werte von > 30 Sekunden erreicht. Bei sehr kurzen Flügen konnte daher die Zeit zwischen der Bestimmung der ersten Position während eines Flugs und Beendigung des Flugs zu kurz für eine Messung der Fluggeschwindigkeit durch den GPS Sender sein. In diesen Fällen wurde eine Distanz von mindestens 20 m zwischen der ersten Position eines Flugs und der vorangegangenen Position als Kriterium herangezogen. Diese Definition stellte sich als guter Kompromiss heraus zwischen dem „Verpassen“ einzelner sehr kurzer Flüge (Flugdistanz < 20 m bei gleichzeitig überdurchschnittlicher Zeit bis zur ersten Positionsbestimmung) und der fälschlichen Einstufung von GPS-Messfehlern als

Flugaktivität. Das Ende eines Flugs wurde definiert als der Zeitpunkt an dem die Fluggeschwindigkeit unter 1 km/h sank, der Flugmodus des Senders lief aus technischen Gründen noch etwa 10 s länger.

Insgesamt enthält der Datensatz 100.587 Flüge. Für alle Flüge wurden die jeweils zurückgelegte Strecke sowie die Dauer berechnet. Die Flugstrecke ergab sich aus der Summe der Distanzen zwischen den sekundlichen Positionen zuzüglich der Strecke zwischen der ersten Flugposition und der letzten Rastposition. Die Flugdauer wurde prinzipiell auf gleiche Weise berechnet, die Dauer zwischen erster Flugposition und letzten Raststandort entsprach dabei der Zeit zwischen Einsetzen des Flugmodus und erster GPS-Flugortung („GPS time to fix“). Für Flüge, die bereits beendet waren, bevor der GPS Sender die erste Flugposition ermittelte (5.178 Flüge oder 5,1 %), konnte keine Flugdauer berechnet werden. Diese wurden von der weiteren Auswertung der Flugdauer ausgeschlossen, flossen aber in die Analyse der Flugstrecke mit ein.

Für die Bestimmung der tageszeitlichen Aktivitätsmuster wurde der Anteil Flugaktivität pro Tagesstunde bestimmt und über alle Individuen gemittelt. Um die zeitliche Verschiebung von Sonnenauf- und -untergang zu berücksichtigen, wurden die tageszeitlichen Aktivitätsmuster auf monatlicher Basis berechnet. Zusätzlich wurden die Daten des gesamten Jahres zusammengefasst und das Aktivitätsmuster auf Basis normierter Uhrzeit bestimmt, bei der der Zeitpunkt des Sonnenaufgangs auf 06:00 Uhr und des Sonnenuntergangs auf 18:00 Uhr terminiert ist.

Zusätzlich wurde der Einfluss von Niederschlag auf die Flugaktivität des Uhus bestimmt. Dafür wurde die gemessene Niederschlagsmenge [mm] pro Tag der Wetterstation Schleswig (Daten des Deutschen Wetterdienstes Schleswig) verwendet.

Für die Prüfung der Strukturebundenheit der Flüge wurden uns die georeferenzierten, digitalen Daten der Knicks, Baumreihen und andere linienhaften Gehölzstrukturen vom LLUR zur Verfügung gestellt. Die Frage der Strukturebundenheit der Flüge wurde auf Basis eines Vergleichs der tatsächlichen Lage der Flüge mit zufällig verteilten „Pseudo“-Flügen geprüft. Dazu wurde zunächst für jede tatsächliche Flugposition die kürzeste Entfernung zum nächstgelegenen Knick berechnet. Anschließend wurde die Flugstrecke jedes tatsächlichen Fluges fünfmal zufällig im Homerange des jeweiligen Individuums verteilt und die entsprechende Distanzberechnung für diese Pseudo-Flüge durchgeführt. Der Anteil der Ortungen in Abhängigkeit zur Entfernung zum nächstgelegenen Knick wurde dann in 10 m-Abstandsklassen für tatsächliche und Pseudo-Flüge dargestellt und die Differenz berechnet. Dabei wurde berücksichtigt, dass Anfangs- und Endpunkt eines Fluges häufig auf Bäumen von Baumreihen und Knicks (insbesondere Überhälter) lagen. Daher blieben für den Vergleich der Lage der Flüge die ersten und letzten beiden Flugpositionen von tatsächlichen und Pseudo-Flügen unberücksichtigt.

Zur Prüfung einer potenziellen horizontalen Meidung von WEA wurde der Anteil der Uhu-Ortungen im Nahbereich der WEA mit dem aufgrund der Flächenverhältnisse zu erwartenden Anteil verglichen. Die Anzahl der GPS-Positionen wurde dabei in 25 m-Abstandsklassen bis zu einer Entfernung von 125 m um den Turbinenstandort summiert und der entsprechenden Flächengröße der Abstandsbänder gegenübergestellt. Turbinen, die näher als 250 m an einer benachbarten Anlage liegen, d. h. deren 125 m Abstandsklassen überlappten, wurden von der Analyse ausgeschlossen.

2.4.1 Flughöhe

Für die Bewertung des Kollisionsrisikos von Uhus mit WEA ist die Flughöhe von besonderer Bedeutung. Die Genauigkeit der Höhenangabe (Z-Koordinate) von GPS-Modulen ist systemimmanent geringer als die der Ortsbestimmung auf der Fläche (X- und Y-Koordinate). Generell ist die Präzision der GPS-Koordinaten bei sich bewegenden Objekten höher als bei statischen. Zudem können GPS-Höhenangaben einen ortsabhängigen systematischen Fehler enthalten. Generell messen GPS-Logger die Höhe über dem Referenzellipsoid des World Geodetic Systems (WGS84). Die in den Uhu-Sendern verbauten Einheiten rechnen die ellipsoidische Höhe mit Hilfe eines Geoidmodells in die Höhe über dem Meeresspiegel um. Um zu überprüfen, inwiefern die auf diese Weise erhaltene Höhenangabe des GPS-Geräts von der tatsächlichen Höhe im Untersuchungsraum abwich, führten wir eine Versuchsreihe mit dem Ziel durch, über eine Höhenkorrektur einen möglichen systematischen Fehler der Höhenmessung auszugleichen. Zusätzlich sollte in diesem Versuch geklärt werden, ob die Streuung der Höhenmessungen vom Aufzeichnungsintervall (30 min vs. 1 s) abhängt sowie davon, ob der Sender stationär oder in Bewegung ist.

Für die Versuchsreihe im November/Dezember 2018 wurden drei der GPS/GSM Sender verwendet, die auch die Flugdaten im Projekt aufzeichneten. Der Versuch wurde an drei Orten durchgeführt, für die uns über das Katasteramt Husum die exakte Geländehöhe („Höhenbolzen“) bekannt war: Schobüll/NF, Treia/SL und Silberstedt/SL. Die Sender zeichneten in Schobüll und Treia in zwei unterschiedlichen Zeiträumen für jeweils drei Tage stationär mit einem Aufzeichnungsintervall von 30 min und anschließend für je 30 min im sekundlichen Intervall auf. Im Anschluss daran wurden die Sender für weitere 30 min im sekundlichen Modus mit einer Geschwindigkeit von etwa 15 km/h (Fahrrad) bewegt. Darüberhinaus wurden die Sender im schnellen Aufzeichnungsmodus vom Standort Treia zum Standort Silberstedt transportiert (15 km/h). Ziel war es hierbei zu überprüfen, inwiefern die GPS-Sender geringfügige Änderungen in der Höhe aufzeichneten. Die gemessenen Höhenprofile wurden mit dem Digitalen Höhenmodell (DGM) verglichen.

Wie die Auswertung ergab, wiesen die stationären Sender mit langsamer Ortungsfrequenz die größte Streuung der Messwerte auf. Der stationäre Sender mit schneller Ortungsfrequenz hatte bereits eine deutlich geringere Streuung der Messwerte und der bewegte Sender mit kurzem Ortungsintervall zeigt die geringste Streuung der Höhenmessungen unter den drei Versuchsvarianten (Abb. 8). Die letzte Konfiguration kommt dem Uhuflug am nächsten. Der Vergleich der Daten der einzelnen Sender zeigte, dass nur marginale senderspezifische Unterschiede in Streuung und Mittelwert der Höhenmessung vorlag (Abb. 9).

Weiterhin zeigte sich, dass beim Umschalten von langsamer auf schnelle Ortungsrate (1 Ortung pro Sekunde, stationär) die Streuung erst nach durchschnittlich etwa zehn Sekunden abnahm (Abb. 10 links). Bei einer Kappung der Höhenmessungen ohne die Anfangsphase trat bereits beim stationären Sender eine geringe Streuung auf (Abb. 10 rechts). Die Bewegung des Senders verringerte die Streuung der Messwerte nicht weiter.

Die mittlere Abweichung der Höhenmessung von der bekannten Geländehöhe variierte leicht zwischen den Versuchsmodi und lag zwischen -2,6 m (stationär langsam) und -9,9 m (bewegt schnell; Abb. 8).

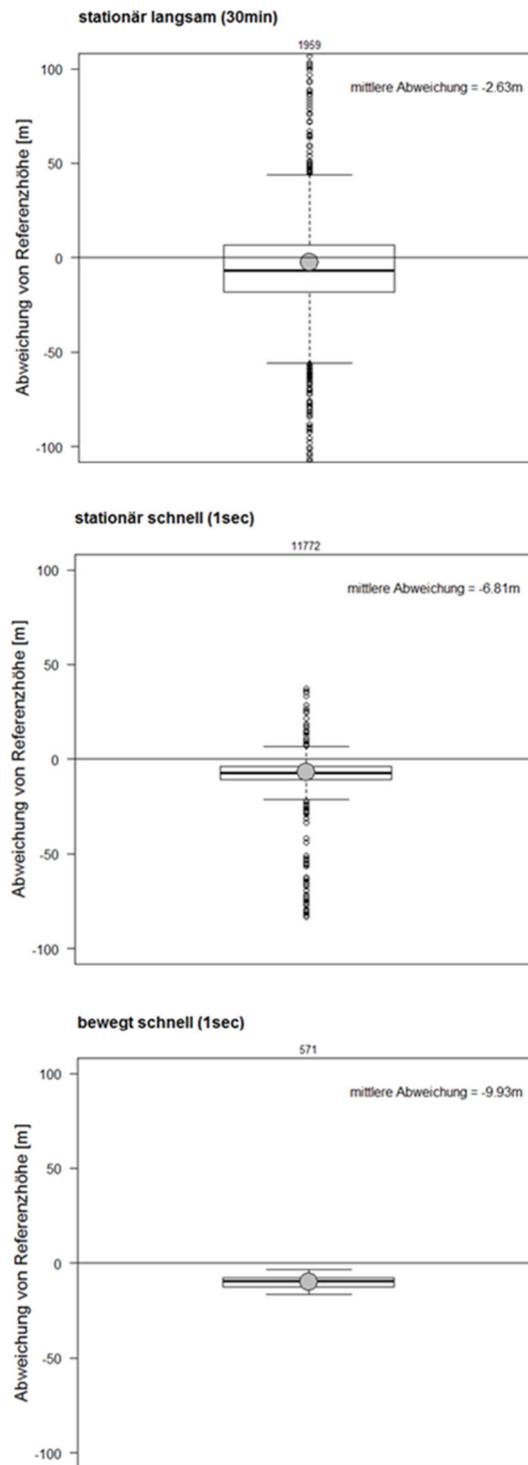


Abb. 8 Streuung der Höhenmessung unter drei unterschiedlichen Versuchsbedingungen. oben: Sender stationär mit einer Ortung pro 30 Minuten, Mitte: Sender stationär mit einer Ortung pro Sekunde, unten: Sender bewegt mit einer Ortung pro Sekunde. Die Y-Achse wurde auf den Bereich -100 m bis 100 m begrenzt, im stationär langsamen Aufzeichnungsmodus lagen Messwerte außerhalb dieses Bereichs vor.

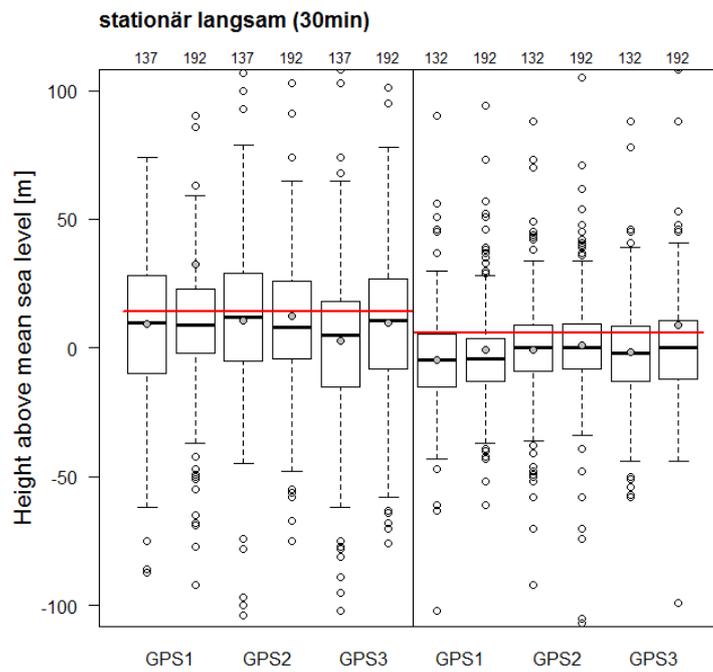


Abb. 9 Streuung der Höhenmessungen von drei Versuchssendern, die stationär am Standort Schobüll (links) und Standort Treia (rechts) im Aufzeichnungsintervall von 30 min in zwei Zeiträumen für jeweils drei Tage aufzeichneten. Die Y-Achse wurde auf den Bereich -100 m bis 100 m begrenzt, einige Messwerte lagen außerhalb dieses Bereichs. Die rote horizontale Linie gibt die tatsächliche Geländehöhe an den zwei Standorten an.

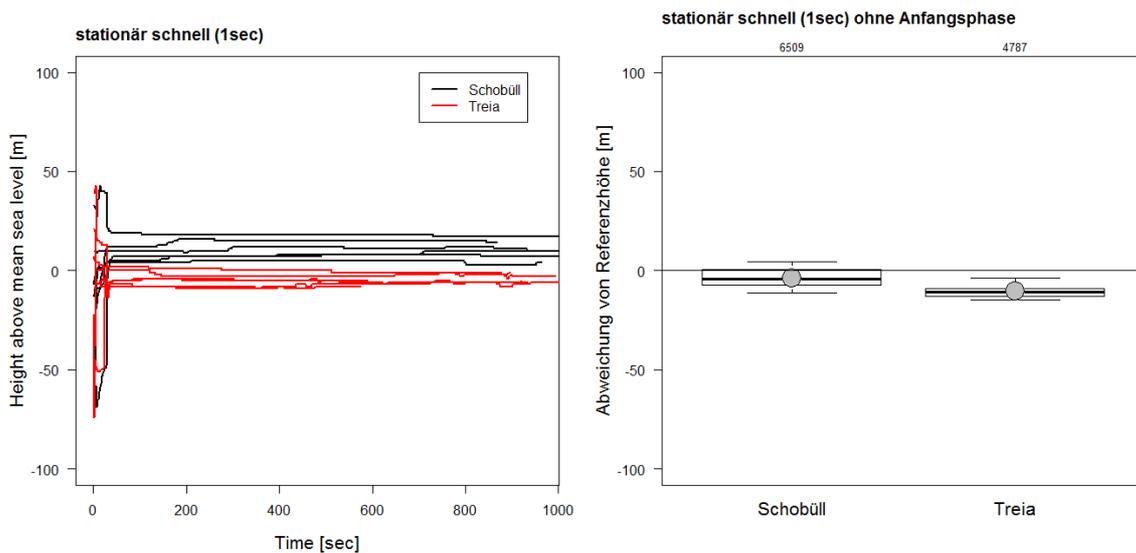


Abb. 10 Links: Streuung der Messwerte beim stationären Sender in Abhängigkeit der Zeit nach der Umstellung der Taktrate von 1 Ortung pro 30 min auf eine Ortung pro Sekunde. Rote und schwarze Höhenmessung beziehen sich auf unterschiedliche Orte bekannter Höhe („Messbolzen“). Rechts: Streuung der Höhenmessung bei stationären Sendern ohne Anfangsphase.

Im Streckenprofil zeigte sich, dass die Sender auch geringfügige Höhenveränderungen (wenige Meter) genau aufzeichneten. Die Abweichung zwischen den einzelnen Sendern war dabei wiederum gering (Abb. 11). Der Vergleich mit dem digitalen Höhenmodell bestätigte die korrekte Messung der Höhenveränderung durch die GPS-Geräte (Abb. 12). Jedoch lag auch hier ein systematischer Fehler vor, da die Höhe des Digitalen Höhenmodells im Mittel 8,9 m höher lag als der GPS Messwert.

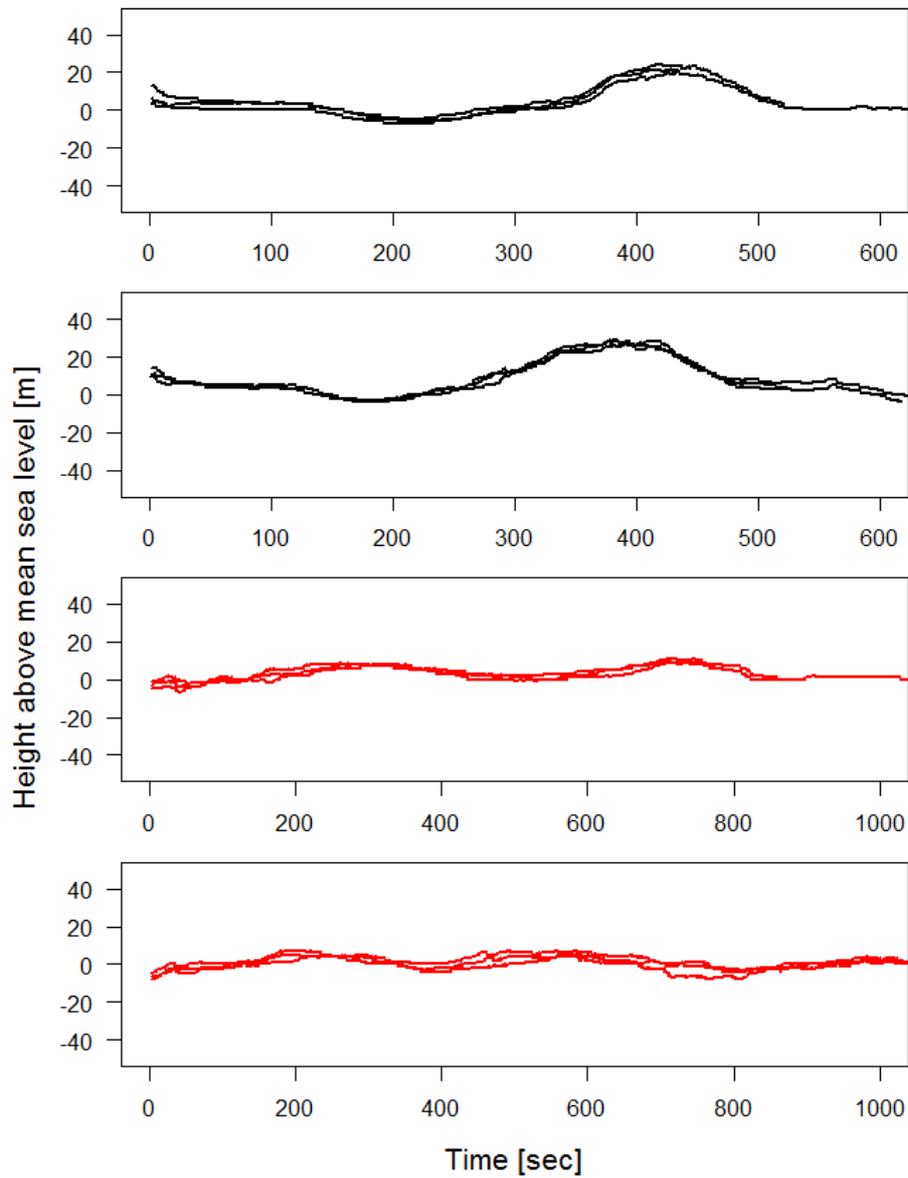


Abb. 11 Höhenmessung von drei GPS-Sendern, die mit dem Fahrrad mit 15 km/h mit einer Ortung pro Sekunde bewegt wurden. Oben: schwarz Schobüller Berg zwei Versuche, unten: rot, Strecke zwischen Treia und Silberstedt, zwei Versuche. Es wird die gemessene GPS-Höhe dargestellt.

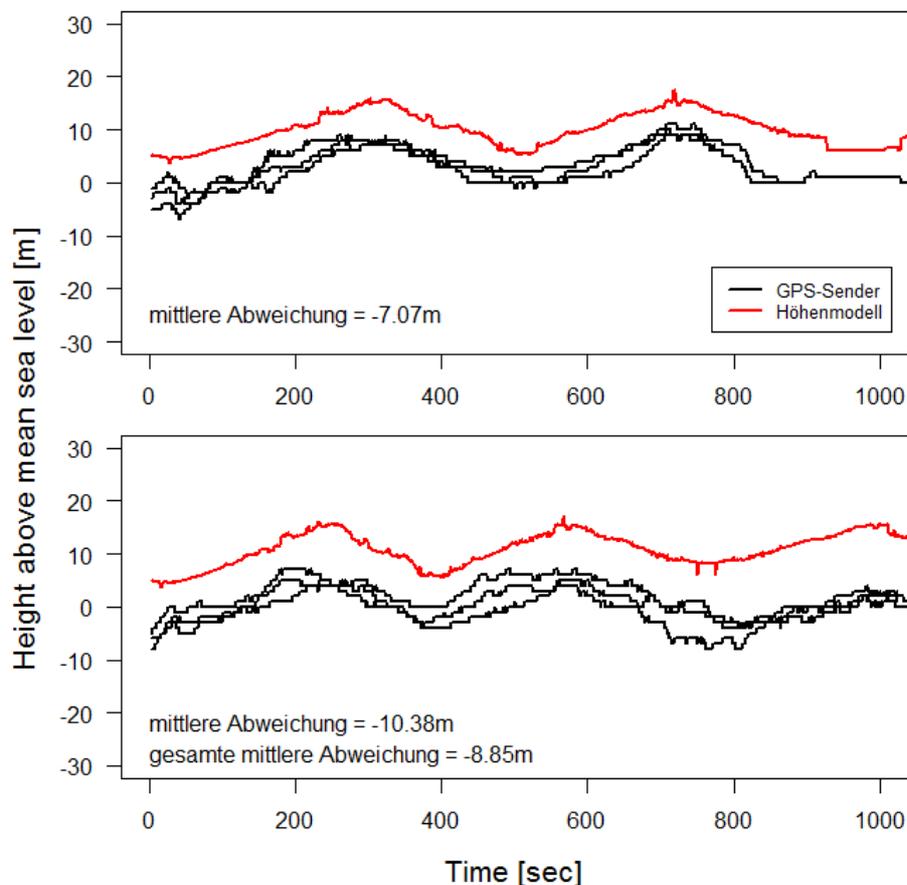


Abb. 12 Vergleich der gemessenen Höhenprofile der GPS-Sender mit den Daten des Digitalen Höhenmodells.

Wie die Ergebnisse der Höhenversuche insgesamt zeigten, lag nur eine marginale Abweichung der Höhenmessungen zwischen den einzelnen Sendern vor und eine senderspezifische Korrektur war somit nicht notwendig. Die Versuche zeigten jedoch auch, dass eine systematische Abweichung der gemessenen Höhe von der Referenzhöhe sowie vom Digitalen Höhenmodell vorliegt (Abb. 13). Vor der weiteren Analyse der Flughöhen wurde daher für diese Abweichung korrigiert. Wir wählten dafür die mittlere Abweichung von -9.93 m, die im bewegten, schnellen Aufzeichnungsmodus ermittelt wurde und die beste Annäherung an den Flug des Uhus darstellt.

Um die tatsächliche Flughöhe der Uhus über der Geländeoberfläche („über Grund“) zu erhalten wurde für jede GPS-Höhenmessung die jeweilige Geländehöhe des Digitalen Höhenmodells abgezogen sowie der Korrekturwert von 9,93 für den systematischen Messfehler addiert. Die auf diese Weise errechneten Flughöhen über Grund wiesen insgesamt eine breite Streuung auf (Abb. 49) und enthielten zahlreiche fehlerhafte Höhenbestimmungen. Daher wurde der Datensatz gefiltert, um Flüge mit realistischen Flughöhen von Messfehlern bzw. großen Messungenauigkeiten zu trennen. Ein Flug musste mit einer im Gelände möglichen Ansitzhöhe beginnen und enden, was bei den örtlichen Gegebenheiten mit Werten über 0 m und unter 70 m (Baum-, Mast- oder Haushöhe) gegeben ist.

Im Zwischenbericht dieser Untersuchung war der systematische Messfehler noch nicht bestimmt worden (GRÜNKORN & WELCKER 2018, <https://bioconsult-sh.de/de/projekte/uhutelemetrie/>). Zu diesem Auswertungszeitpunkt war daher der Anteil von Flügen mit negativem Vorzeichen höher. Es wurde bei der Auswertung des Zwischenberichtes ein Filter verwendet, bei dem ein Flug in einem Bereich zwischen 0 und 50 m starten und enden musste. Im vorliegenden Endbericht wurde der obere Wert dieses Filter auf 70 m gesetzt, um An- und Abflüge zu hohen Sitzwarten auf Hochspannungsmasten und Gondeln der WEA nicht auszuschließen. Die relative Verteilung der Flughöhen blieb unter Verwendung der Höhenkorrektur und des Filters jedoch nahezu gleich.

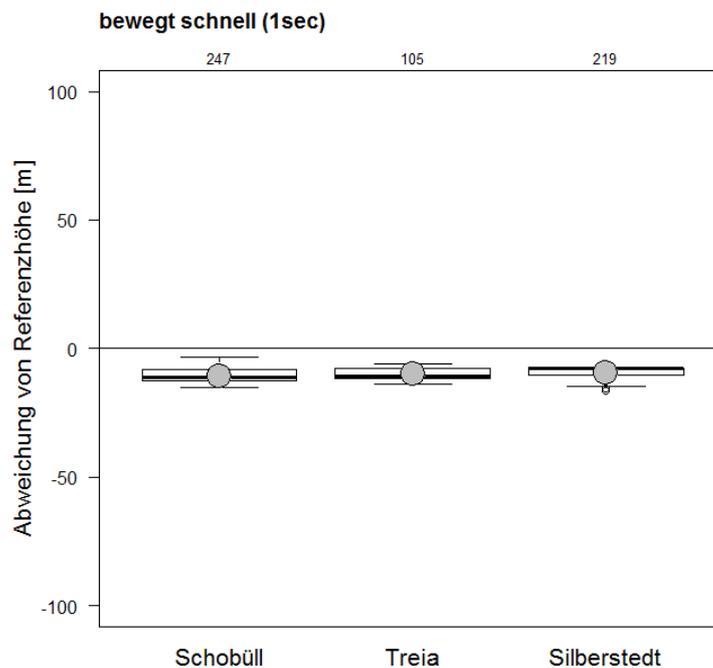


Abb. 13 Geringe Streuung der Höhenmessung der bewegten Sender mit schneller Taktrate, aber systemimmanente Abweichung der GPS Messwerte von Referenzhöhen um etwa 10 m.

3 ERGEBNISSE

3.1 Flächennutzung und Flugaktivität

3.1.1 Größe und Lage der Homeranges

Homeranges beschreiben die Verteilung der Lokalisationen der telemetrierten Vögel und stellen Aufenthaltswahrscheinlichkeiten in ausgewählten Klassen als Kontur oder Fläche als sog. Kernel-Berechnungen (z. B. Kernel 50 %, Kernel 95%) dar. Homeranges sind eine standardisierte statistische Beschreibung der Flächennutzung. Die Form des 95%-Homeranges, (95% Wahrscheinlichkeit, dass die Lokalisation in der berechneten Fläche liegt), war bei allen untersuchten Individuen relativ kompakt und arrondiert (Abb. 14). Der Brutplatz lag dabei häufig im Zentrum des Homerange. In mehreren Fällen nutzen Vögel aber auch vermehrt Gebiete in einer Richtung vom Neststandort auf (z. B. Weibchen Wallsbüll, siehe Abb. 15). Bei Neststandorten in der Nähe von Windparks überlappeten Homeranges die Windparkflächen (Abb. 14). Eine detaillierte Darstellung der Homeranges aller besenderten Uhus befindet sich im Anhang A.1.

Die Ausdehnung des Homerange (Kernel 95) lag im Mittel bei 13,9 km² und variierte zwischen 10,9 und 20,8 km² für Individuen mit mindestens 120 Tagen Senderlaufzeit (Tab. 3). Ausnahme war der weibliche Vogel Popp Holz mit einem 95%-Homerange von nur 5,5 km² (siehe auch Abb. 88 und Abb. 89). Die Größe des 50%-Homerange lag im Mittel bei 1,3 km² und schwankte zwischen 0,8 – 2,6 km² (Tab. 3). Ausnahme war hier wiederum der Vogel Popp Holz, der ein nur 0,4 km² großen Kernel 50 aufwies. Dementsprechend fand 81,4 % der Flugaktivität dieses Individuums innerhalb des 1 km-Radius um den Neststandort statt. Bei den übrigen Vögeln lag dieser Wert zwischen 35,0 und 61,2 % (Tab. 3).

Tab. 3 Größe der Homeranges in km² und Anteil der Ortungen innerhalb 1 km-Radius der besenderten Uhus [% der Zeit]. Für das Männchen Obdrup 2018 und Männchen Hochmoor 2017 ist die geringe Ausdehnung der Homeranges eine Folge des geringeren Datenumfanges (< 16.000 Ortungen).

Sendervogel	W/M	Kernel_95	Kernel_50	% in 1 km
Hochmoor_2017	W	20.8	1.2	50.2
Lindewitt	M	17.8	2.6	35.0
Linnau	M	16.1	1.9	55.1
Kropp	W	14.4	0.9	60.1
Rosacker	M	14.0	1.5	56.3
Hochmoor_2018	W	11.5	0.8	61.2
Wallsbüll	W	10.9	1.2	51.3
Popp Holz	W	5.5	0.4	81.4
Hochmoor	M	(6,2)	(1,6)	(29,8)
Obdrup	M	(2,2)	(0,2)	(85,7)
Mittelwert		13.9	1.3	56.3

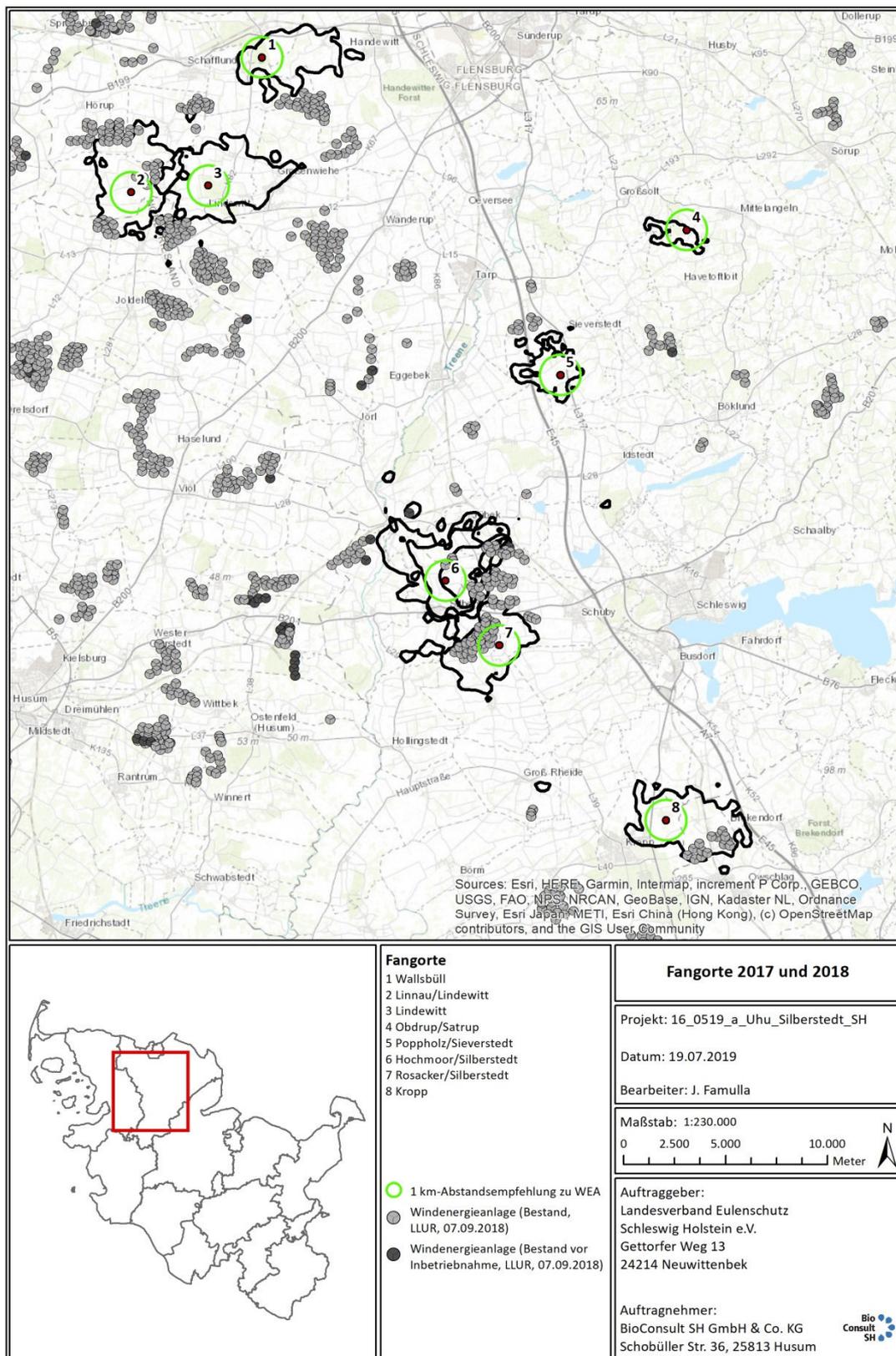


Abb. 14 Übersicht Homeranges (Kernel 95 %).

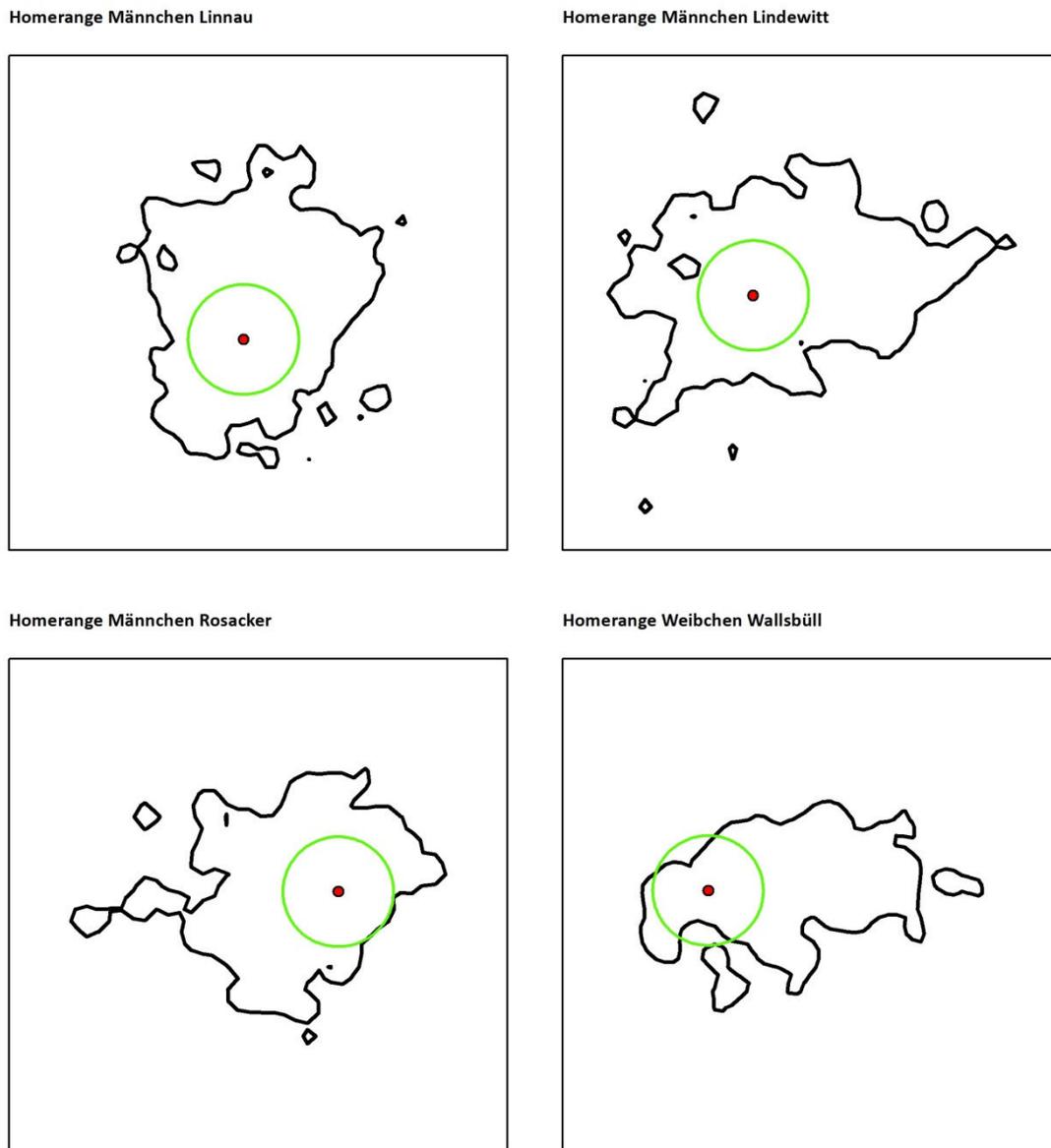


Abb. 15 Beispiele der Form von Homeranges (Kernel 95 %, gleicher Maßstab, roter Punkt: Brutplatz, grüner Kreis: 1 km-Radius, schwarze Kontur: Kernel 95 Homerange).

Der Vergleich der Homeranges von Männchen und Weibchen im Jahresverlauf zeigt deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede. Die Größe des 95 %-Homerange der Weibchen war von Oktober bis Januar und insbesondere während der Bebrütungs- und frühen Jungenaufzuchtphase von Februar bis April erheblich kleiner als das der Männchen (Abb. 16). Während der späten Aufzuchtphase und nach dem Flüggewerden der Jungvögel nahm die Größe der weiblichen Homeranges deutlich zu und übertraf in den Sommermonaten Juli, August und September die Größe der Homeranges der Männchen. Die Männchen zeigten demgegenüber nur eine geringe Variation der Homerange-Größe im Jahresgang mit annähernd gleichbleibender Ausdehnung zwischen Oktober und

Juni (Abb. 16). Am Beispiel des Männchens Linnau 2017 wird die nur wenig wechselnde Lage des Homerange im Jahresverlauf dargestellt (Abb. 17).

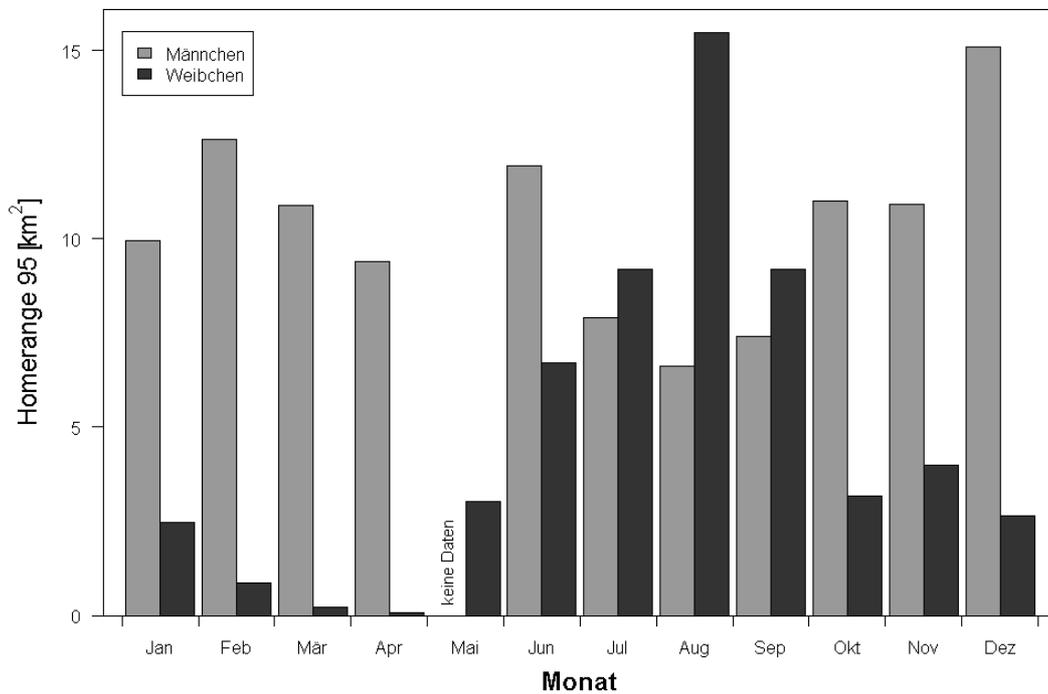


Abb. 16 *Homerange (Kernel 95%) im Jahresverlauf Mittelwerte der Vögel mit der längsten Untersuchungsdauer (Männchen Rosacker und Linnau/ Weibchen Kropp und Poppholz).*



Abb. 17 *Homerange (graue Fläche) im Jahresverlauf (jeder zweite Monat) beispielhaft für das Männchen Linnau 2018 (schwarze Kontur: Homerange Kernel 95% aller Daten).*

Uhus hielten sich, unter Berücksichtigung der großen Ausdehnung der Homeranges im Untersuchungsraum, auch außerhalb des Radius von 1 km vom Brutplatz (= Abstandsempfehlung der LAG VSW 2015) auf. Der 1 km-Radius schloss im Mittel etwas mehr als die Hälfte der Flugbewegungen (56,3 %) um den Neststandort ein. Um einen größeren Teil der Flugbewegungen zu berücksichtigen, müssten höhere Distanzen angesetzt werden. Wie Abb. 18 zeigt, fanden 70, 80 und 90 % der Flugbewegungen innerhalb eines Radius von 1,3, 1,8 und 2.4 km statt.

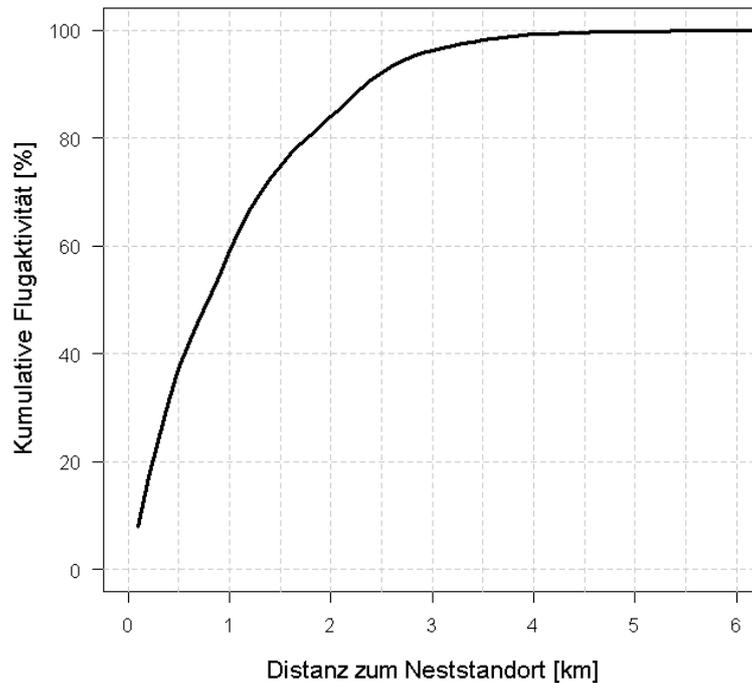


Abb. 18 Kumulative Flugaktivität [%] in Abhängigkeit zum Abstand zum Nest.

3.1.2 Aufenthaltszeiten an Bauernhöfen

Für mehrere der telemetrierten Uhus zeigte sich eine auffällige Konzentration der nächtlichen Aktivität an nahegelegenen landwirtschaftlichen Betrieben. Die Aufenthaltsdauer von Uhus an den Bauernhöfen zeigte im Mittel für alle Individuen einen auffälligen Jahresgang mit geringen Werten im Winterhalbjahr (< 5 %, Dezember bis April) und hohen Werten im Sommerhalbjahr (Juni bis Oktober) (Abb. 19). In diesen Monaten verbrachten die telemetrierten Vögel im Durchschnitt bis zu 30 % der Nacht an Höfen.

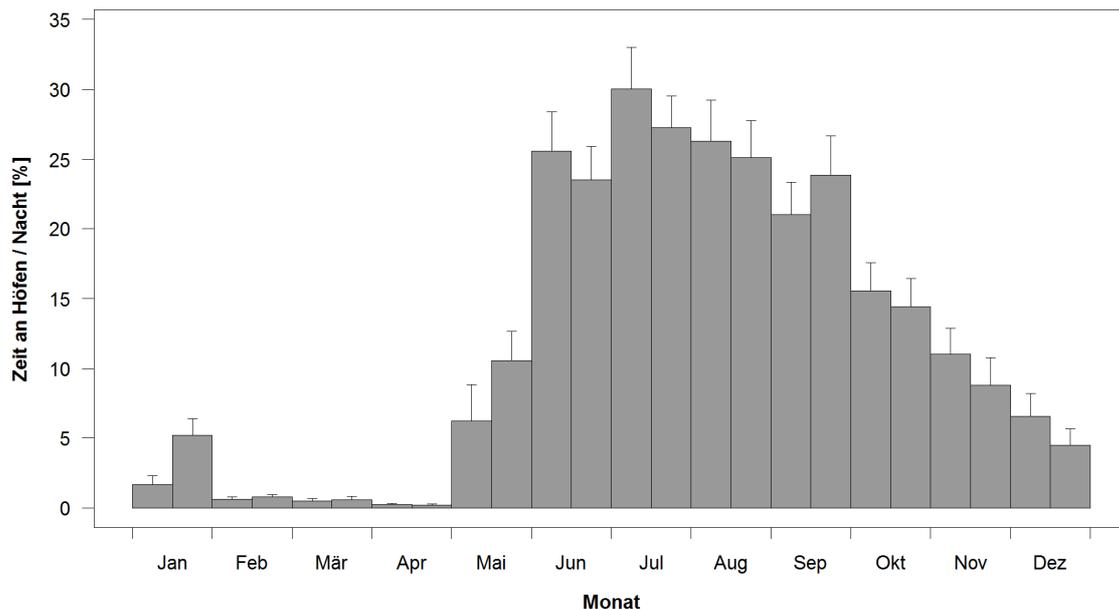


Abb. 19 Mittlere Aufenthaltsdauer an Bauernhöfen pro Nacht im Jahresverlauf.

3.1.3 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung vom Brutplatz während einer Nacht

Uhus legten unter Berücksichtigung aller Individuen im Mittel während einer Nacht recht einheitlich eine Gesamt-Flugstrecke von etwa 6 km zurück (der Jahresmittelwert aller Individuen betrug 6.183 m pro Nacht). In 15,7 % der Nächte lag die Flugstrecke >10 km, die maximal in einer Nacht zurückgelegte Strecke betrug 26,99 km (Vogel Lindewitt am 01.03.2018). Bei einer Differenzierung der Geschlechter zeigte sich für die Monate Februar bis April in der Phase der Eiablage, Bebrütung und frühen Fütterungsphase ein deutlicher Unterschied der während einer Nacht zurückgelegten Flugstrecke. In diesen Monaten flogen die untersuchten Männchen im Mittel eine 5-fach längere Strecke pro Nacht (>10 km) als die Weibchen (im Mittel < 2 km; Abb. 21). In der Zeit der späteren Jungenaufzuchtphase sowie nach Flüggewerden der Jungen wurden hingegen nahezu identische Flugstrecken der Geschlechter festgestellt.

Die maximale Entfernung vom Brutplatz zeigte ein ähnliches Muster mit insgesamt geringer Variation im Jahresverlauf (Abb. 22) aber einer deutlichen Differenzierung der Geschlechter in den Monaten Dezember bis April (Abb. 22 und Abb. 23). Im Mittel aller Individuen entfernten sich die Uhus

maximal 1.720 m vom Neststandort. Die maximal gemessene Nestentfernung variierte zwischen den Individuen zwischen 3,7 km (Poppolz) und 8,7 km (Hochmoor Weibchen). Die individuellen Details zu Flugstrecke und Nestentfernung ist in Anhang A.1 aufgeführt.

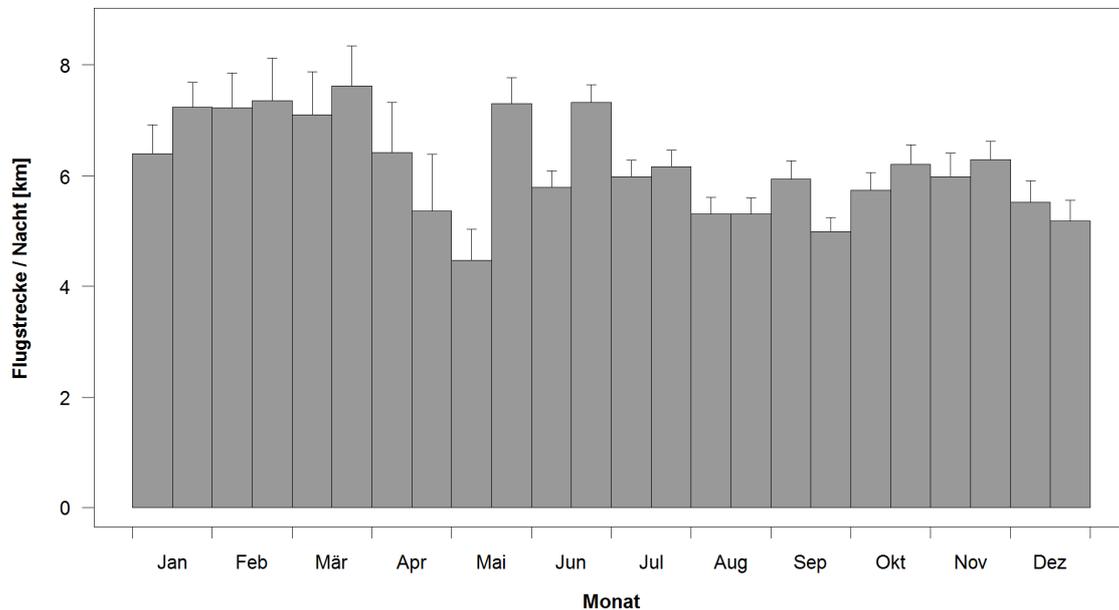


Abb. 20 Flugstrecke pro Nacht im Mittel aller Individuen im Jahresverlauf nach Halbmonaten.

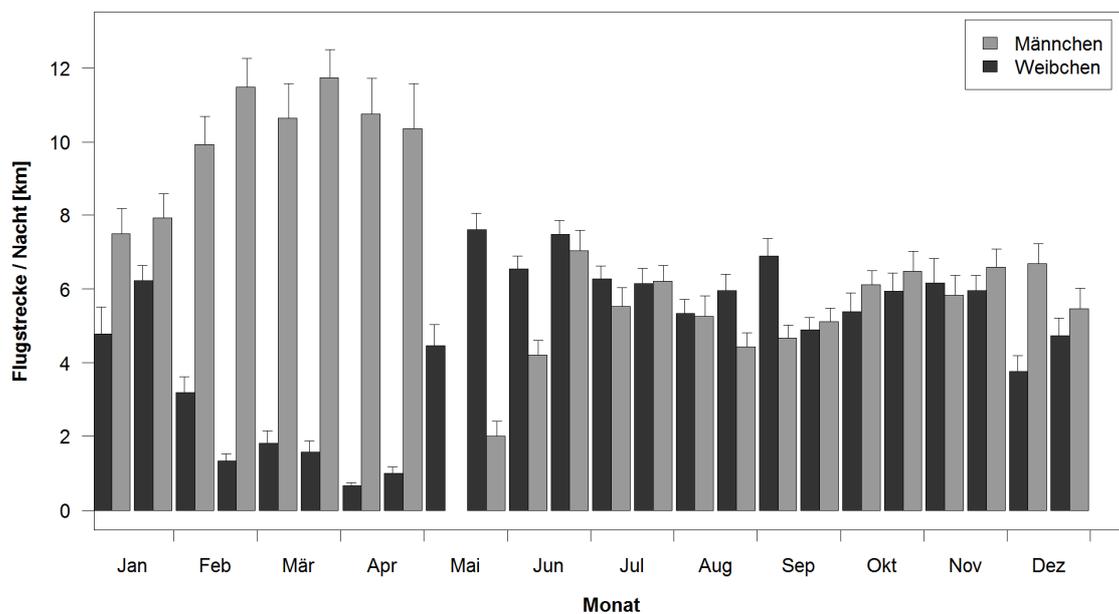


Abb. 21 Flugstrecke pro Nacht nach Geschlechtern im Jahresverlauf nach Halbmonaten.

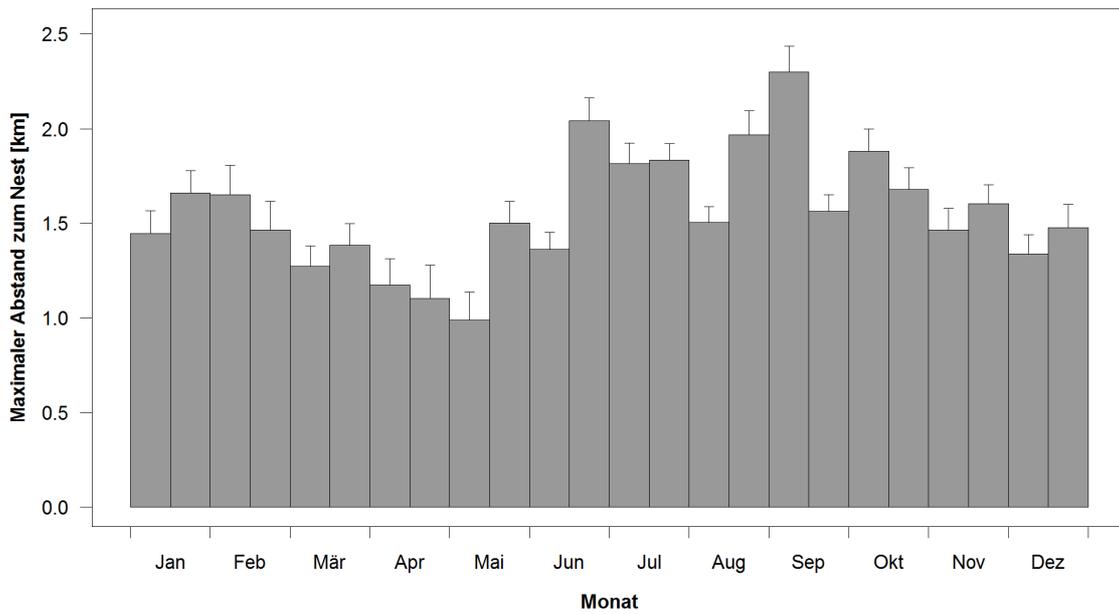


Abb. 22 Maximaler Abstand zum Nest im Jahresverlauf nach Halbmonaten.

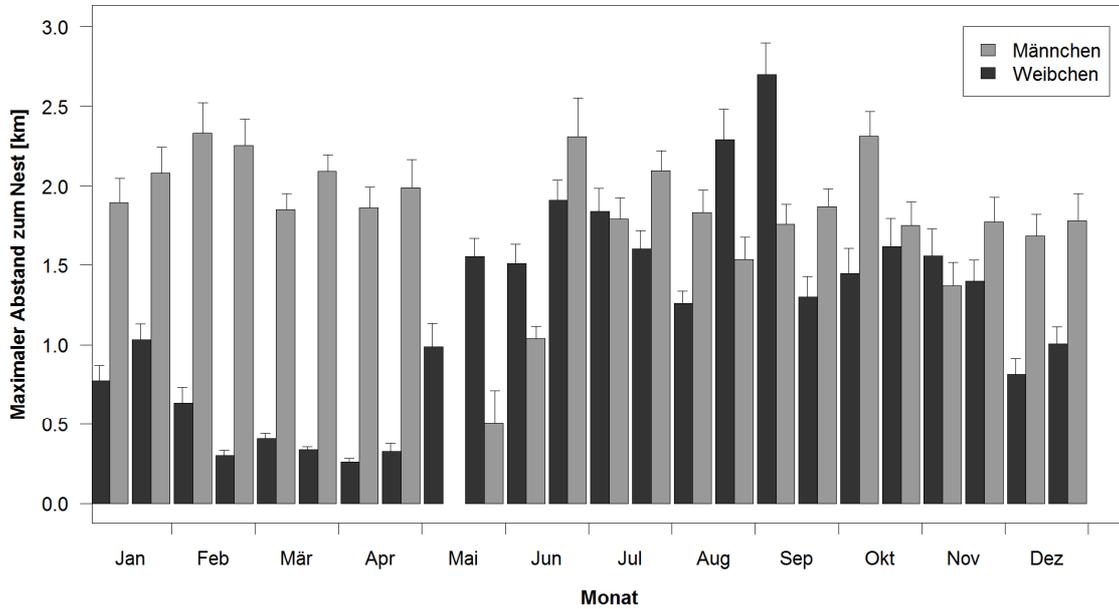


Abb. 23 Maximaler Abstand zum Nest nach Geschlechtern im Jahresverlauf nach Halbmonaten.

3.1.4 Flugaktivität und tageszeitliche Aktivitätsmuster

Die summarische Dauer der aufgezeichneten Flugaktivität war sehr gering und betrug zwischen 0,71 und 1,15 % der Zeit eines Tages (24 Stunden; Tab. 4). Die mittlere Flugzeit aller Vögel betrug 0,89 % eines Tages, was weniger als einer Viertelstunde entspricht.

Tab. 4 Zeitdauer mit Flugaktivität eines Tages (24 Stunden).

Individuum	Geschlecht	Flugaktivität [%]
Rosacker	M	0.90
Lindewitt	M	1.15
Hochmoor	M	1.08
Hochmoor_2017	W	0.82
Hochmoor_2018	W	1.08
Kropp	W	0.71
Wallsbüll	W	0.73
Opdrup	M	0.75
Popholz	W	0.73
Linnau	M	0.98
Mittelwert		0.89

Der Verlauf der Flugaktivität im Tagesgang ist in Abb. 24 im Mittel aller untersuchten Individuen und mit normierter Uhrzeit (siehe Kap. 2.4) dargestellt. Abbildungen der Tagesmuster pro Monat sowie getrennt nach Geschlecht sind im Anhang (A. 2) zu finden. Bei dieser nachtaktiven Vogelart wurden erwartungsgemäß nur wenige Flüge in den Stunden mit Tageslicht festgestellt. Geringe Flugaktivität am Tage fand nur in der Zeit der Jungenaufzucht (April bis August) statt und betraf primär weibliche Vögel (Abb. 25 sowie A. 2). Die Flugaktivität in der Nacht zeigte zwei deutliche Aktivitätsspitzen kurz nach Sonnenuntergang und kurz vor Sonnenaufgang (Abb. 24). Dieses nächtliche zweigipfelige Aktivitätsmuster fand sich bei beiden Geschlechtern gleichermaßen (Abb. 25).

Die erhöhte Flugaktivität zu Beginn und am Ende der Nacht ging einher mit einer leicht erhöhten Flugstrecke pro Flug (Abb. 26). So lag der Median der Flugdistanz in den ersten Stunden nach Sonnenuntergang etwa 15 m höher als in der Mitte der Nacht. Zu Ende der Nacht lag der Unterschied bei etwa 10 m.

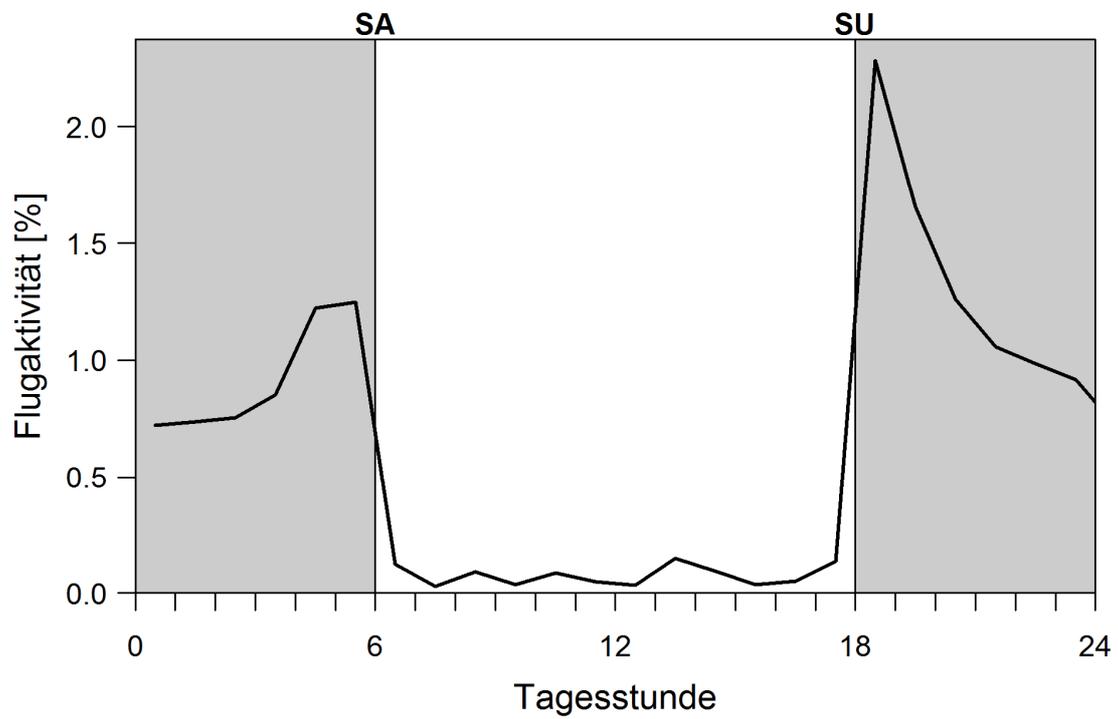


Abb. 24 Tageszeitliches Aktivitätsmuster aller Vögel (standardisierte Tageslänge).

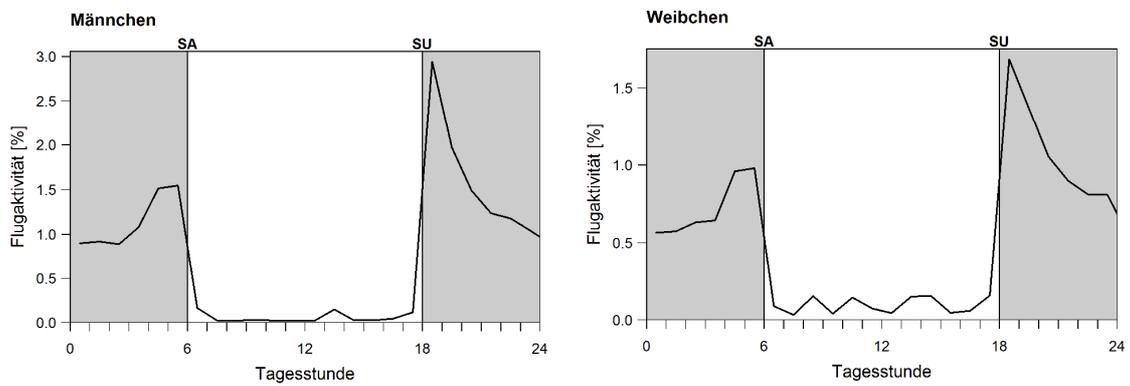


Abb. 25 Tageszeitliches Aktivitätsmuster der Männchen (links) und der Weibchen (rechts), (standardisierte Tageslänge, unterschiedliche Skalierung der Y-Achse).

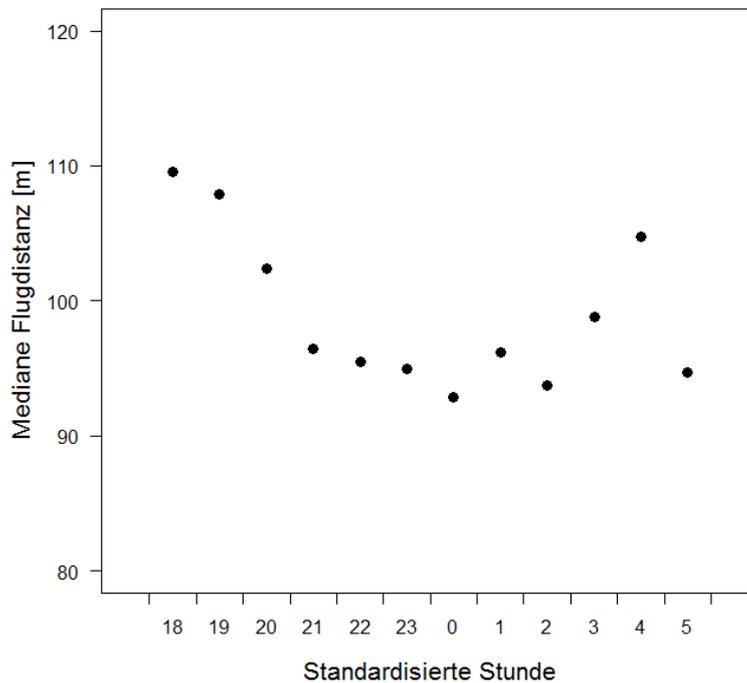


Abb. 26 Mediane Flugdistanz [m] im Verlauf der Nacht.

Einen Einfluss auf die Flugaktivität hatte der Niederschlag. Die Flugaktivität (% der Zeit eines Tages) nahm mit zunehmender Niederschlagsmenge signifikant ab (Abb. 27). Besonders deutlich war die Flugaktivität bei Starkregenereignissen mit über 5 mm Niederschlag verringert (Abb. 28).

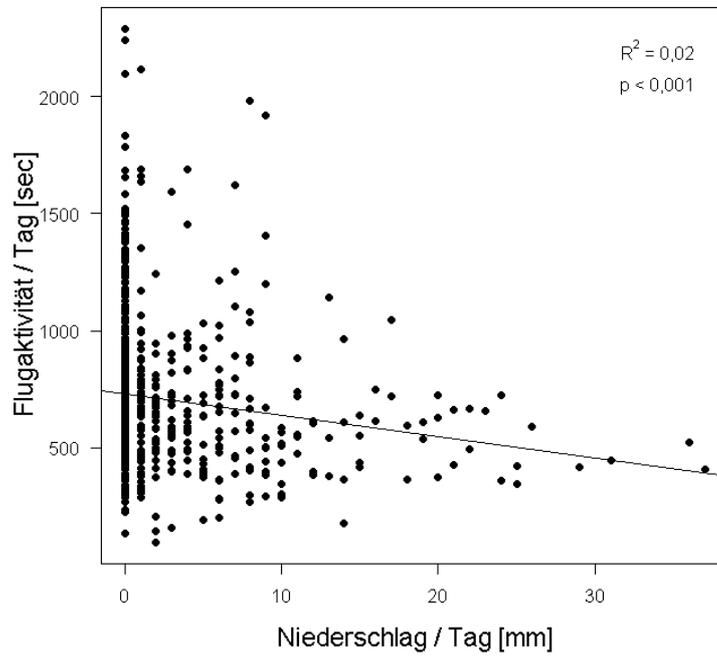


Abb. 27 Flugaktivität in Abhängigkeit von der Regenmenge eines Tages (Wetteramt Schleswig).

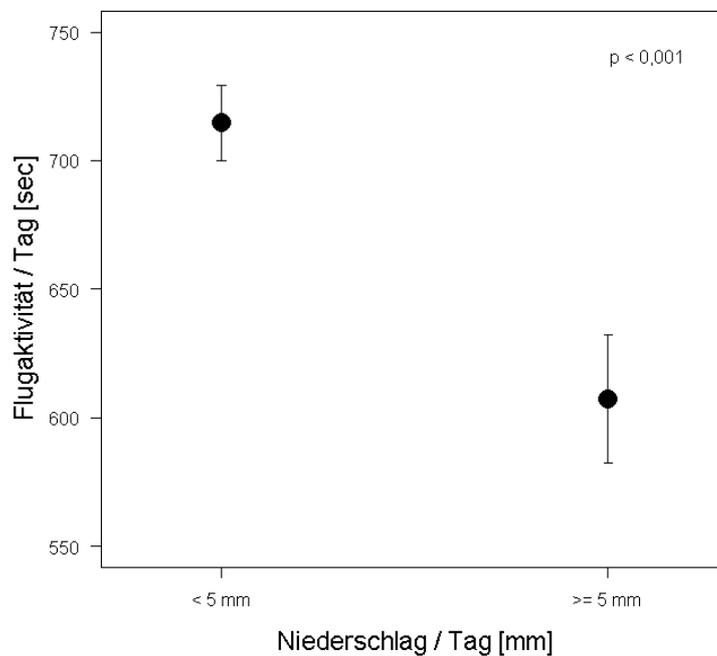


Abb. 28 Flugaktivität in Abhängigkeit von der Regenmenge eines Tages (willkürlicher Schwellenwert bei 5 mm/Tag).

3.1.5 Prüfung der Meidung von WEA

Zur Prüfung einer potenziellen Meidung von WEA wurde der festgestellte Anteil der Uhu-Ortungen im Umkreis von bis zu 125 m um die Turbinen in 25 m-Abstandsklassen verglichen mit dem Flächenanteil dieser Abstandsbänder. Bei einer horizontalen Meidung wäre ein geringerer Anteil Ortungen im Vergleich zum Flächenanteil in der Nähe der WEA zu erwarten. Die relative Verteilung der Ortungen aller untersuchten Uhus entsprach jedoch genau der Flächengröße einer Entfernungsklasse (Abb. 29). Diese flächenproportionale Verteilung der Ortungen belegt eine fehlende Meidung von WEA durch Uhus in dem betrachteten Maßstab.

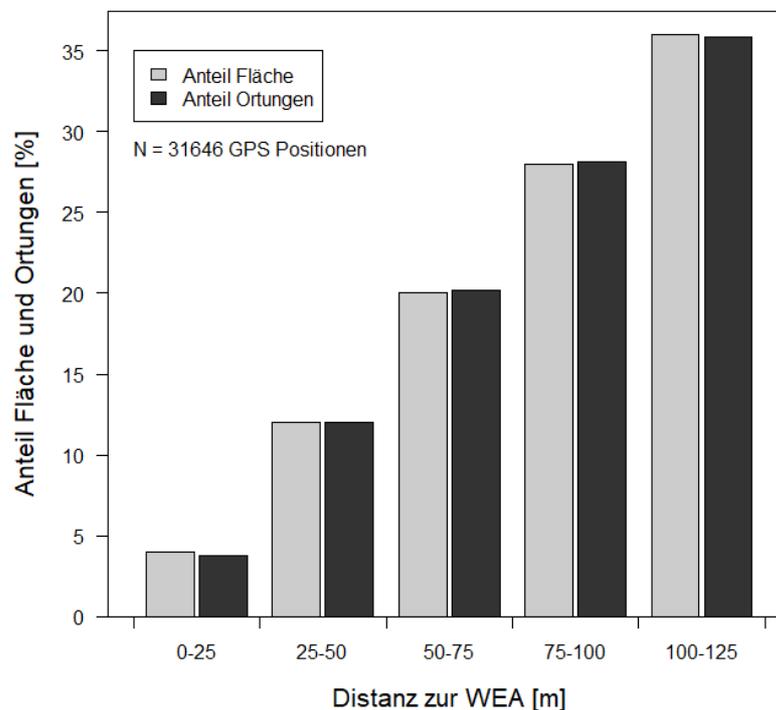


Abb. 29 Anteil der tatsächlichen und aufgrund der Flächenproportionalität erwarteten Anzahl der Ortungen pro Distanzklasse um WEA.

3.1.6 Prüfung der Strukturgebundenheit der Flüge

Ein Beispiel eines einzelnen Fluges mit strukturgebundenen und freien Teilflugabschnitten zeigt die Abb. 30 (Weibchen Hochmoor 2017).

Aus dem Vergleich der Verteilung der Pseudo-Ortungen und der tatsächlichen Uhuortungen in Abhängigkeit zur Entfernung von Knicks konnte eine schwache Bevorzugung linearer Strukturen gefolgert werden („Generalized additive model“ mit binomialer Fehlerstruktur, $\chi^2 = 8921$, $p < 0,001$). Die beiden ersten Entfernungsklassen zeigen eine positive Abweichung vom Referenzwert (Abb. 31). Da der Anteil der Flugpositionen bis zu 20 m zu einer vertikalen Struktur jedoch nur etwa 6 % über dem Erwartungswert (bei strukturunabhängiger Flugweise) lag, konnte eine nur gering ausgeprägten Strukturgebundenheit der Flüge im Untersuchungsraum gezeigt werden (Abb. 32).

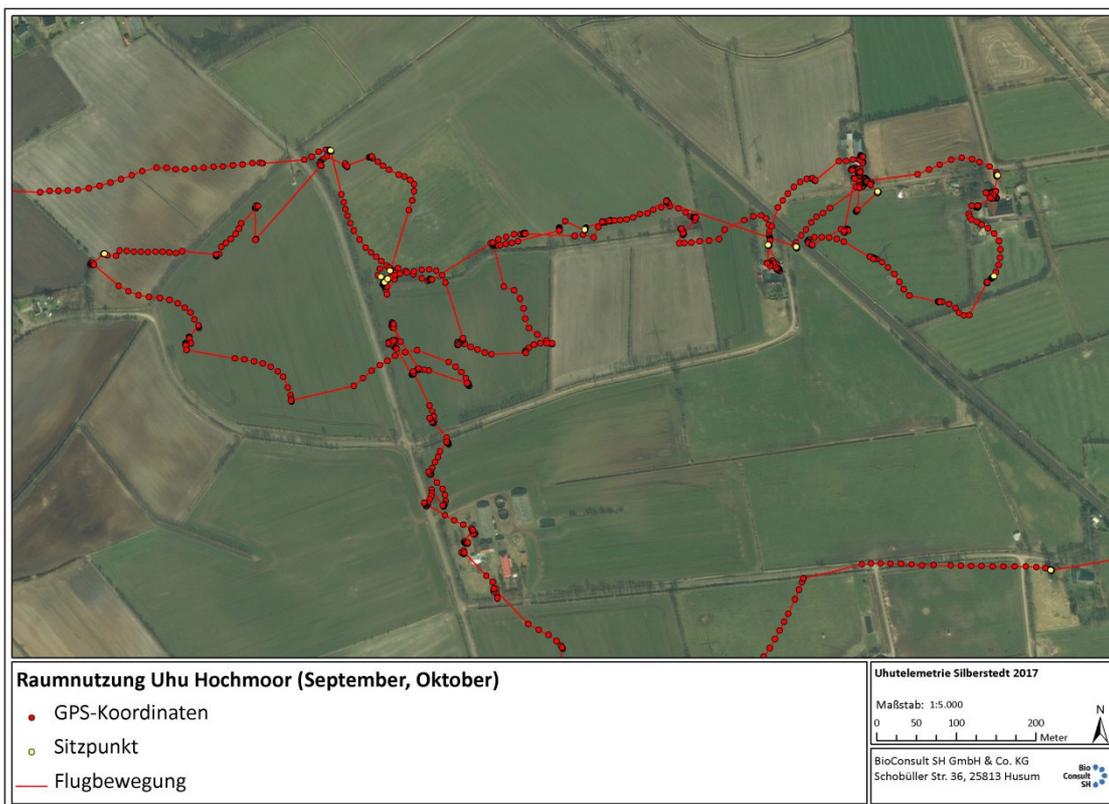


Abb. 30 Beispiel eines einzelnen Fluges mit strukturgebundenen und freien Teilflugabschnitten (Weibchen Hochmoor 2017).

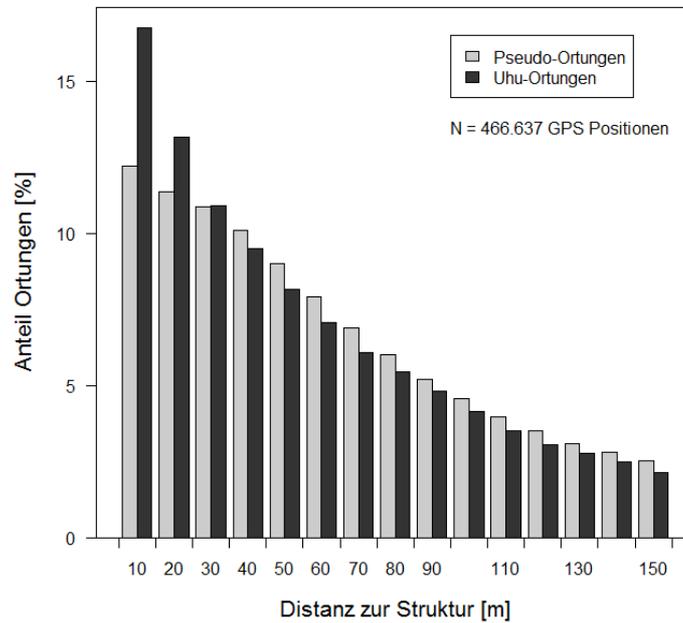


Abb. 31 Anteil Ortungen ohne Start- und Endpunkt eines Fluges in Abhängigkeit zur Entfernung zu einem Knick im Vergleich zu erzeugten Pseudo-Ortungen (verfünffachte zufällig verteilte Ortungen einer Flugstrecke).

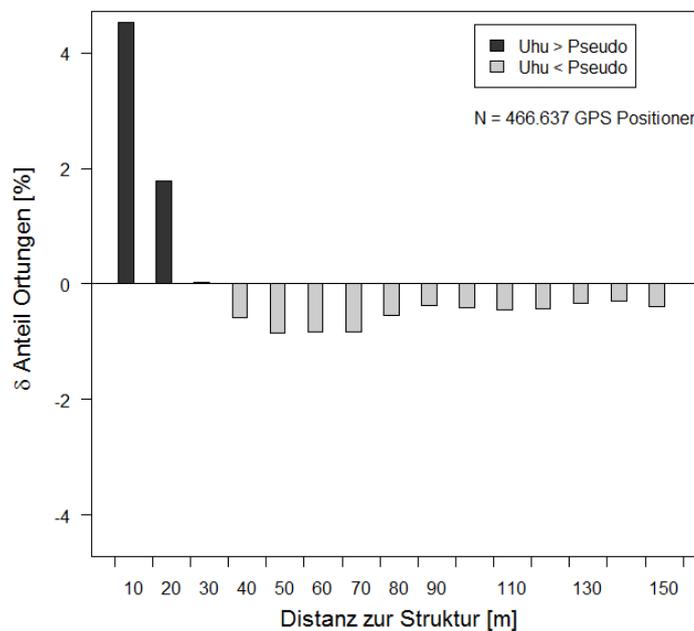


Abb. 32 Differenz des Anteils der Uhu-Ortungen und der Pseudo-Ortungen (ohne Start- und Endpunkt eines Fluges) in Abhängigkeit zur Entfernung zu einem Knick.

3.2 Flugweise

3.2.1 Dauer und Strecke einer Flugsequenz und Rastdauer

Die Dauer der einzelnen Flugsequenzen war in der Regel sehr kurz (Abb. 33). Der Median der Flugdauer aller Flugsequenzen betrug 11,1 Sekunden ($n=95.409$). 81,8 % der Flugsequenzen hatten eine Dauer bis zu 20 Sekunden und 98,6 % hatten eine Dauer bis zu 40 Sekunden. Die längste festgestellte Flugdauer betrug 108,5 Sekunden. Die individuelle Variation in der Flugdauer war sehr gering; der Median der Flugdauer schwankte bei den acht über einen längeren Zeitraum telemetrierten Uhus zwischen 10 und 13 Sekunden (Tab. 5).

Dementsprechend war auch die während eines Fluges zurückgelegte Strecke sehr kurz (Abb. 34). Der Median der Flugstrecke aller Flugsequenzen betrug 94,6 Meter ($n=95.409$). Auch die Flugstrecke variierte nur in geringem Maße zwischen den Individuen; für acht über einen längeren Zeitraum telemetrierte Uhus lag der Wert zwischen 81 und 104 m (Tab. 5). Die längste gemessene Flugdistanz erstreckte sich über 1.622 m.

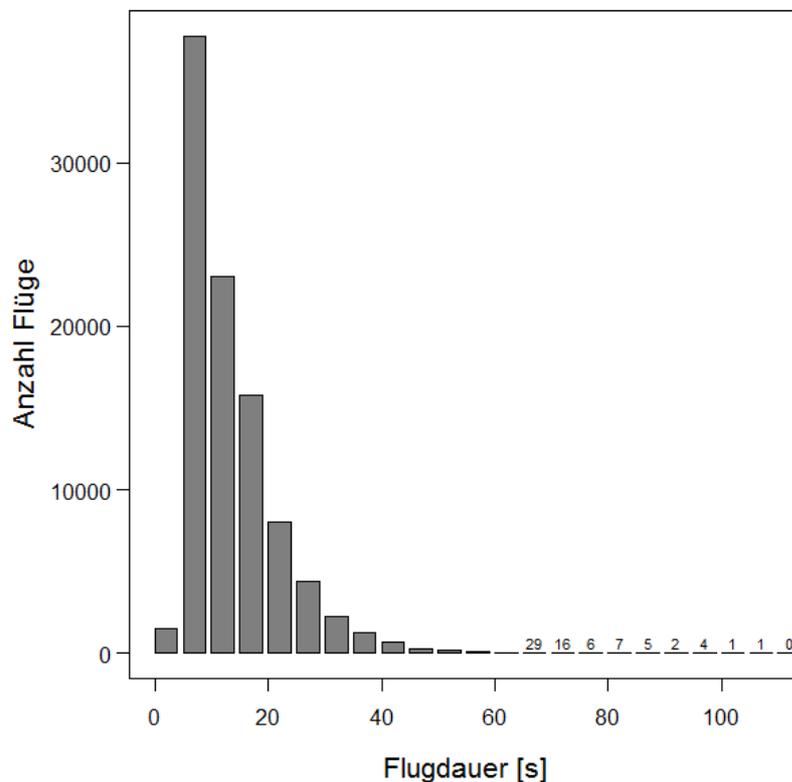


Abb. 33 Flugdauer der telemetrierten Uhus.

Tab. 5 *Flugdauer und Flugstrecke eines einzelnen Fluges sowie Rastdauer zwischen einzelnen Flügen während der Aktivitätspase der einzelnen telemetrierten Uhus (Obdrup Männchen und Hochmoor Männchen wurden aufgrund des geringeren Datenumfanges für die Mittelwertsberechnungen nicht berücksichtigt).*

Individuum	Geschlecht	Median	Median	Median
		Flugdauer [s]	Flugstrecke [m]	Rastdauer [min]
Rosacker	M	13	96	3.5
Lindewitt	M	12	97	5.0
Hochmoor_2017	W	11	91	5.3
Hochmoor_2018	W	10	84	4.9
Kropp	W	11	97	4.7
Wallsbüll	W	12	104	3.5
Popp Holz	W	10	81	4.0
Linnau	M	13	111	4.9
Mittelwert		12	94	4.5
Obdrup	M	*10	*66	*9,8
Hochmoor	M	*14	*136	*6,3

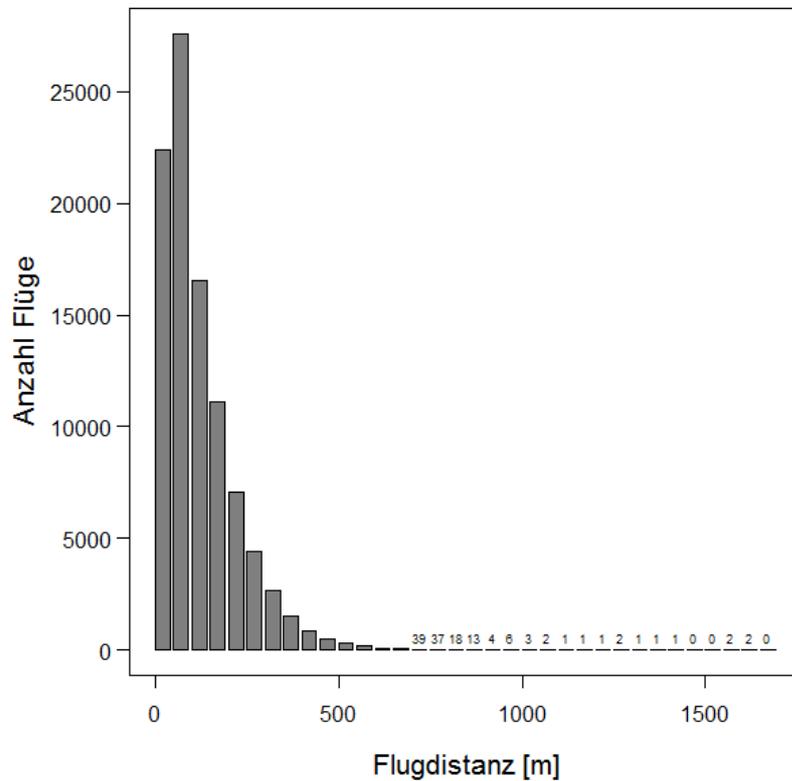


Abb. 34 *Flugstrecken der telemetrierten Uhus.*

Die Rastdauer der Uhus zwischen zwei nächtlichen Flügen variierte sehr stark und lag zwischen wenigen Sekunden bis zu mehreren Stunden. Am häufigsten wurden Rastdauern von etwa zwei Minuten festgestellt, 81 % der Rastphasen dauerten bis zu 10 Minuten und 94 % bis zu 20 Minuten (Abb. 35).

Der Median der acht über einen längeren Zeitraum telemetrierten Uhus lag bei 4,5 Minuten (Tab. 5). Die Rastdauer war nicht abhängig von der Dauer der vorangegangenen Flugsequenz (Abb. 36).

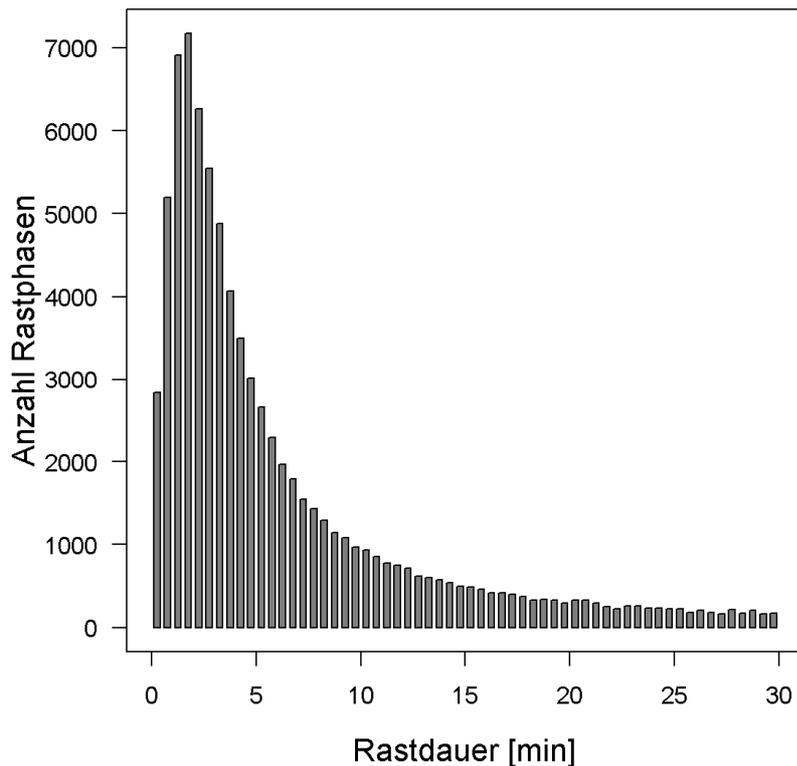


Abb. 35 Rastdauer der telemetrierten Uhus zwischen zwei nächtlichen Flügen (halbminütiges Intervall, Kappung der X-Achse bei 30 min).

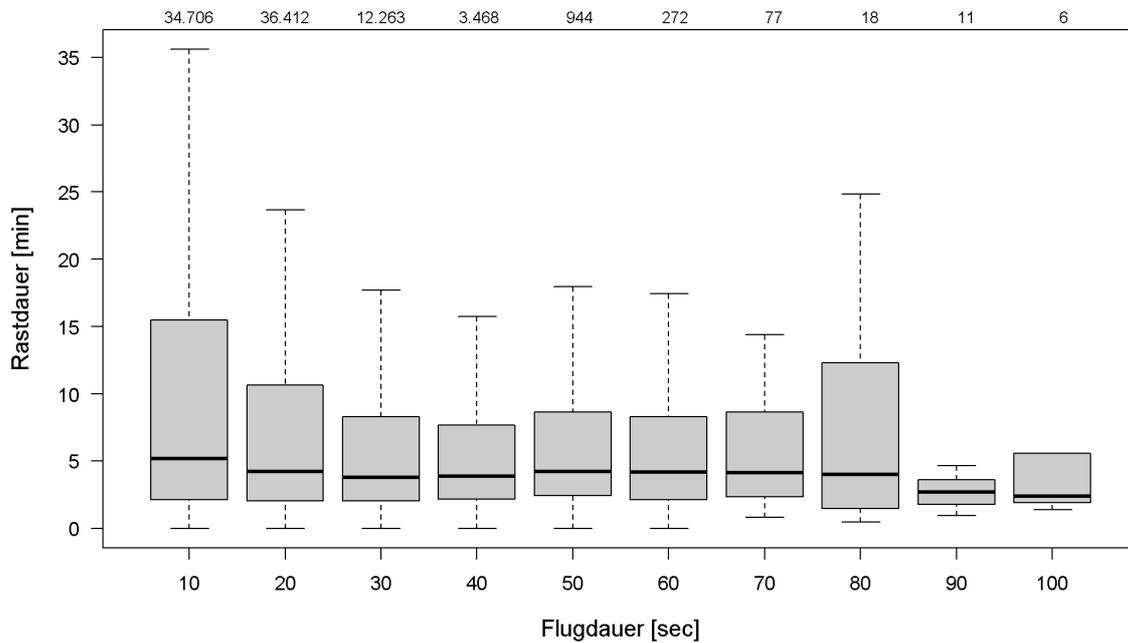


Abb. 36 Rastdauer in Abhängigkeit von der vorangegangenen Dauer einer Flugsequenz.

3.2.2 Flughöhe

Die aufgezeichneten Flugdaten zeigten eine überwiegend bodennahe Flugweise der untersuchten Uhus. Der Median der Flughöhe aller registrierten Flüge lag bei 10,9 m, der Mittelwert bei 13,5 m über Gelandehöhe. Auch die Flughöhe variierte nur geringfügig zwischen den einzelnen Individuen (Median Range 8,9 - 13,2 m; Tab. 6). 8,5 % der Flugpositionen ($n = 670.574$) lagen über 30 m und lediglich 3,3 % der Flugpositionen lagen über 40 m (Abb. 38).

Tab. 6 Mittlere und mediane Flughöhe [m] der untersuchten Uhus.

Individuum	Geschlecht	Mittelwert Flughöhe [m]	Median Flughöhe [m]
Rosacker	M	11.35	8.86
Lindewitt	M	13.39	10.87
Hochmoor_2017	W	14.14	11.58
Hochmoor_2018	W	13.06	10.14
Kropp	W	12.50	10.31
Wallsbüll	W	15.83	13.17
Poppholz	W	15.70	13.11
Linnau	M	12.05	9.11
Mittelwert		13.50	10.89
Obdrup	M	*12.68	*11.94
Hochmoor	M	*19.12	*15.16

In drei Darstellungen wird die Verteilung der ermittelten Flughöhen dargestellt:

Abb. 37 Häufigkeit der Ortungen einzelner Flughöhen,

Abb. 38 Relative Verteilung der Flughöhen in 5 m-Klassen,

Abb. 39 Box-Whisker-Plot der Höhenmessungen.

Für die vier Vögel (zwei Männchen und zwei Weibchen) mit der längsten Datenaufzeichnung zeigte sich nur eine geringfügige Schwankung der mittleren Flughöhe im Jahresverlauf (Abb. 40). Bei der Differenzierung der Geschlechter waren die mittleren Flughöhen der Weibchen von Februar bis Ende April höher als die der Männchen (Abb. 41).

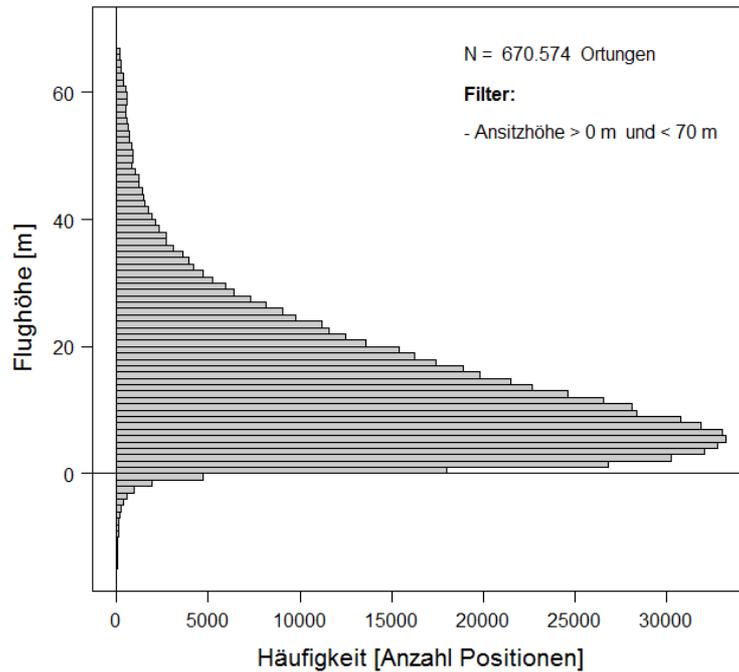


Abb. 37 Häufigkeit einzelner Höhenmessungen unter Anwendung des Filters Anstichtöhe. (Flughöhen unter Null sind nicht möglich, siehe Diskussion).

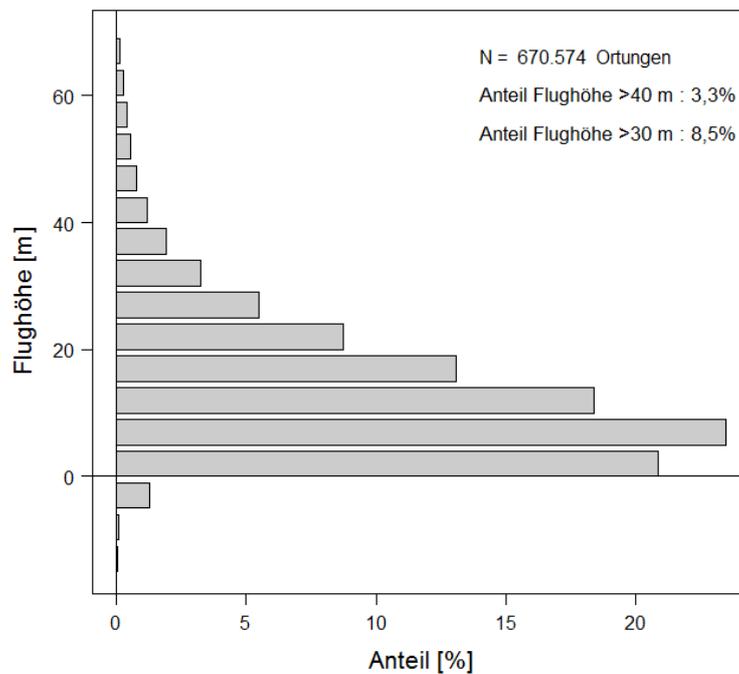


Abb. 38 Relativer Anteil der Flughöhenklassen unter Anwendung des Filters Anstichtöhe. (Flughöhen unter Null sind nicht möglich, siehe Diskussion).

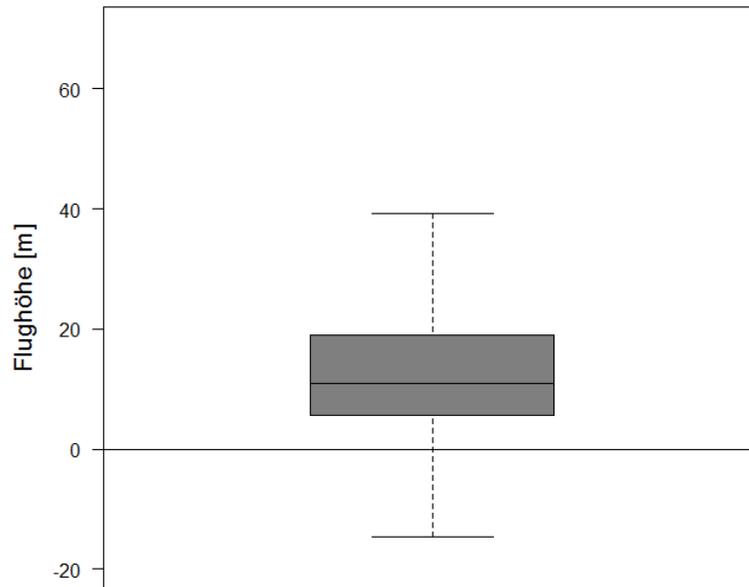


Abb. 39 *Flughöhe als Box-Whisker-Plot unter Anwendung des Filters Ansichtshöhe. Die obere Grenze des grauen Balkens entspricht 75 %, Flughöhen unter null sind nicht möglich, siehe Diskussion).*

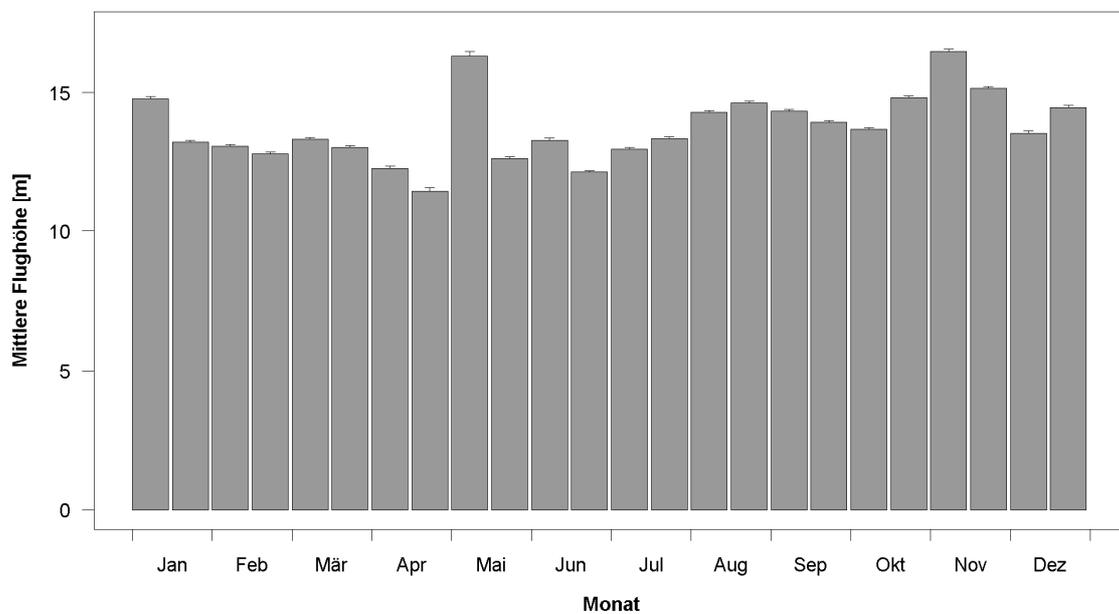


Abb. 40 *Mittlere Flughöhe im Jahresgang (vier Vögel mit der längsten Datenaufzeichnung, zwei Männchen und zwei Weibchen).*

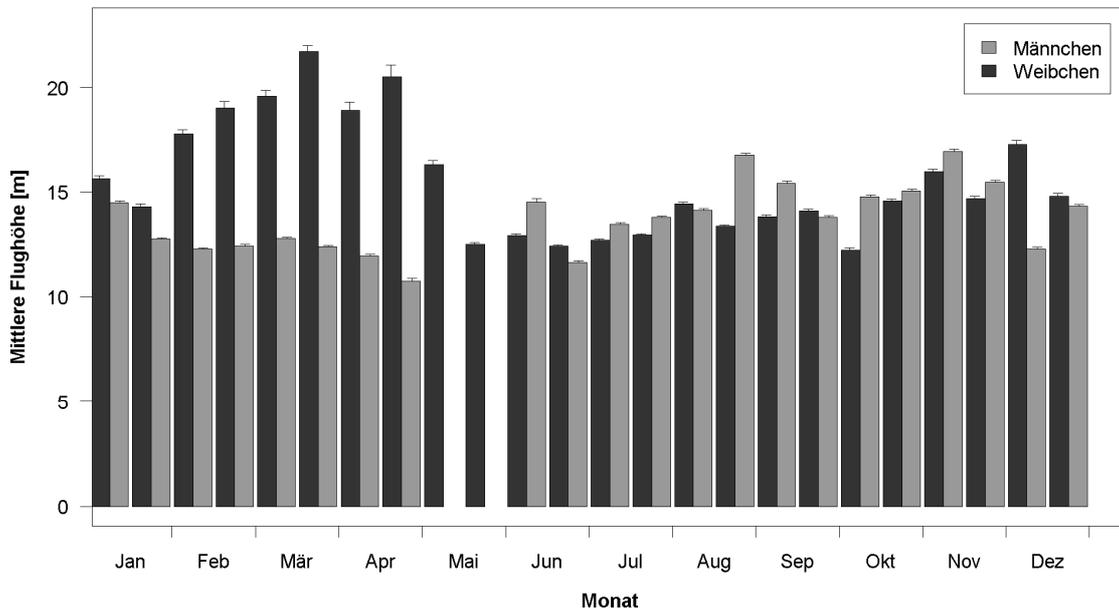


Abb. 41 Mittlere Flughöhe im Jahresgang nach Geschlechter getrennt (vier Vögel mit der längsten Datenaufzeichnung, zwei Männchen und zwei Weibchen).

Die mittlere Flughöhe war nicht von der Länge einer Flugsequenz abhängig. Die lediglich 9 von 68.970 Messwerten über 80 Sekunden sind von sehr geringer Aussagekraft.

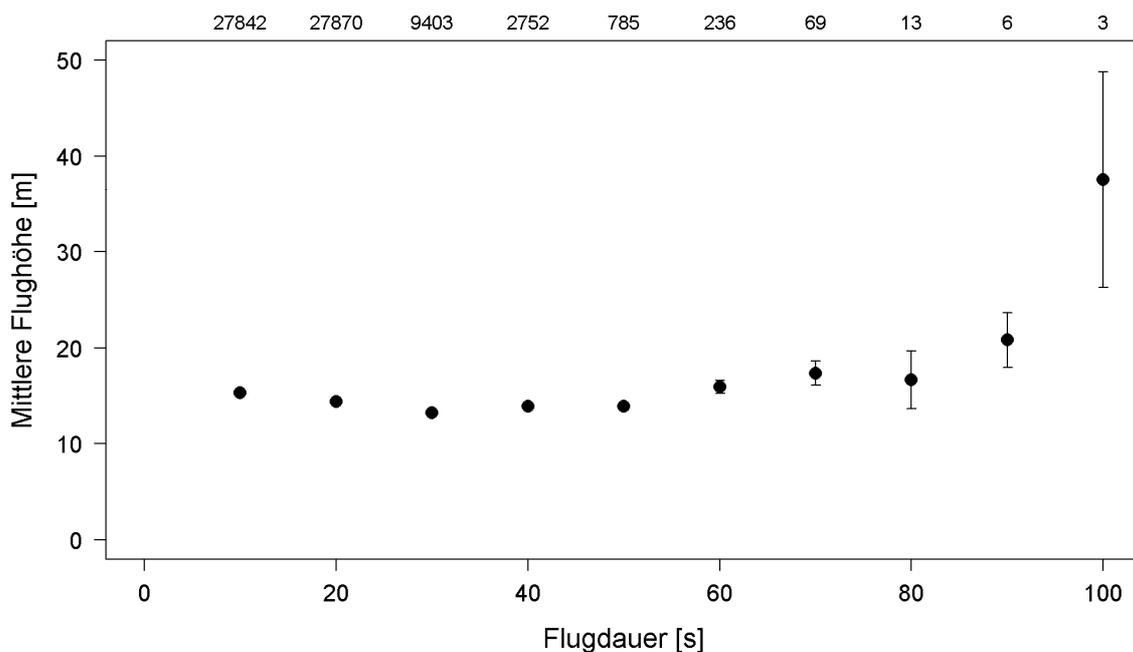


Abb. 42 Mittlere Flughöhe [m, ±SE] in Abhängigkeit von der Flugdauer [s] in 10 s-Zeitklassen. Die Stichprobengröße pro Zeitklasse ist oberhalb angegeben.

Anhand der Flughöhendaten wurde zudem geprüft, ob Uhus vertikales Ausweichverhalten an WEA zeigen. Dafür wurde für jeden Flug der minimale Abstand zur nächstgelegenen WEA gemessen und die Daten auf Flüge reduziert, die mindestens 5 Flugpositionen vor und nach Erreichen des minimalen Abstands zur WEA aufwiesen. Auf diese Weise wurde gewährleistet, dass ausreichend Flugpunkte zur Verfügung standen, um eine Höhenreaktion zu detektieren. Zudem wurde der Datensatz auf Flüge reduziert, die eine anfängliche Flughöhe von mind. 20 m aufwiesen. Dadurch wurde sichergestellt, dass nur Flüge betrachtet wurden, die im potenziellen Gefährdungsbereich der Rotoren stattfanden. Die mittlere Flughöhe dieser Flüge zu Beginn des Flugs, 5 Positionen vor der Turbine, am nächsten Punkt zur Turbine, 5 Positionen nach der Turbine sowie am Ende des Flugs wurden dann verglichen zwischen Flügen, die sich näher als 100 m an eine Turbine annäherten und Flügen, die zu keinem Zeitpunkt näher als 200 m von einer Turbine stattfanden.

Der Vergleich der Flughöhen von Uhus an WEA zeigte eine hohe Übereinstimmung zwischen Flügen, die sich näher als 100 m an eine Turbine annäherten und Flügen, die weiter als 200 m von der nächstgelegenen WEA stattfanden (Details siehe Kap. 2.4.1). Die mittlere Flughöhe sank bei Annäherung an eine WEA ab, jedoch fand sich die gleiche Abnahme auch bei nicht durch eine Kollision gefährdeten Positionen in über 200 m Entfernung zu einer WEA. Eine kleinräumige Ausweichreaktion auf eine WEA durch die Änderung der Flughöhe war daher nicht zu erkennen (Abb. 43).

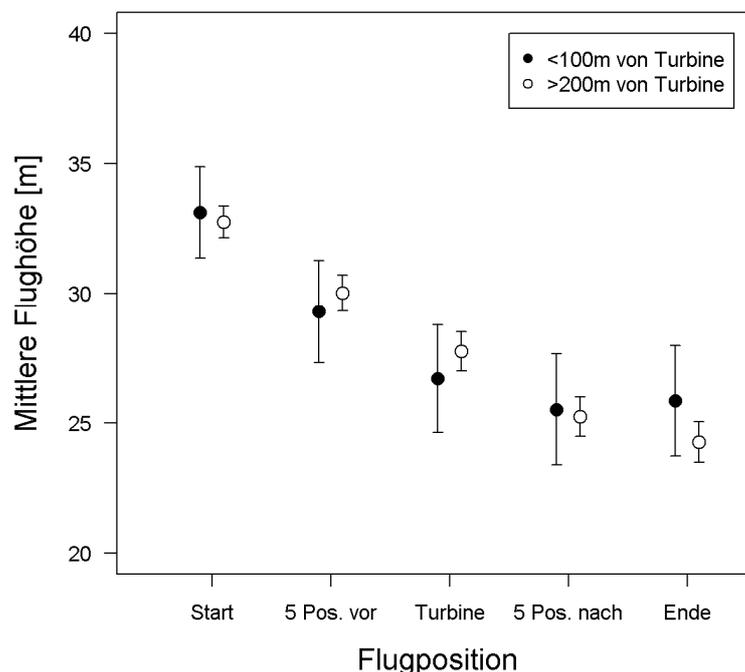


Abb. 43 Mittlere Flughöhe [m, \pm SE] in Abhängigkeit zu verschiedenen Flugpositionen in unterschiedlichen Entfernung zu einer WEA ($n < 100$ m = 109 Flüge, $n > 200$ m = 549 Flüge).

3.2.3 Landungen im Nahbereich von WEA und Strommasten

Im Homorange (Kernel 95%) der einzelnen untersuchten Uhus kommen WEA und Strommasten in unterschiedlicher Häufigkeit vor (Tab. 7). Die Entfernung dieser Vertikalstrukturen zum Brutplatz wird hier nicht berücksichtigt.

Tab. 7 Anzahl von WEA und Strommasten in den einzelnen Homoranges (Kernel 95%).

Revier	Anzahl WEA	Anzahl Strommasten
Weibchen Hochmoor 2017	16	8
Männchen Hochmoor	14	3
Weibchen Hochmoor 2018	7	4
Kropp	14	0
Poppholz	0	0
Lindewitt	3	16
Linnau	16	2
Obdrup	0	0
Rosacker	28	15
Wallsbüll	0	7

Um zu prüfen, inwieweit diese Vertikalstrukturen gezielt angefliegen werden, wurden aus den insgesamt 95.409 Flugsequenzen diejenigen herausgesucht, die in einer Entfernung von bis 25 m von einer WEA oder Strommast endeten. Nur ein geringer Anteil der Flüge endete im Nahbereich einer WEA (0,1 %) oder eines Strommasts (0,5 %) (Tab. 8). Im Nahbereich der WEA landeten die Vögel im Median bei 4,6 m Höhe. Landehöhen von > 50 m wurden nicht gemessen, so dass eine Nutzung der Gondeln oder stillstehender Rotoren als Ansitzwarte im vorliegenden Datensatz nicht nachgewiesen werden konnte. Zudem legen der mittlere Landeabstand zum Turmfuß von 15,7 m sowie eine visuelle Überprüfung der Positionen nahe, dass nicht die eigentliche WEA sondern umliegende Strukturen Ziel der Flüge darstellten. Die Flugendpunkte an Strommasten deuten hingegen daraufhin, dass Uhus diese gezielt als Rastpunkte anfliegen. Die mediane Höhe des Endpunktes von 9,6 m sowie fehlende Höhen > 50 m belegen die Nutzung des zumeist unteren Bereiches der Strom-Stahlgittermasten.

Tab. 8 Parameter der Flüge, welche an WEA und Strommast endeten.

Flüge zur Vertikalstruktur	WEA	Mast
Anzahl Flüge < 25 m	107	468
Anzahl Flüge %	0,11	0,49
Höhe des Endpunktes (Median) [m]	4,6	9,6
Anzahl Endpunkte > 50 m	0	0
mittlere Entfernung [m] Vertikalstruktur	15,7	7,0

Das Männchen Lindewitt suchte die Strommasten einer etwa 500 m entfernten 110 KV-Leitung etwas häufiger auf (Abb. 45). Für dieses Revier betrug der Anteil der Flüge, die an einem Strommast endeten, 1,1 %. Im Homerange des Männchens Rosacker befanden sich 15 Strommasten mehrerer Stromleitungen (geringste Entfernung 800 m). In diesem Revier betrug der Anteil der Flüge, die an einem Strommast endeten, 0,8 %.

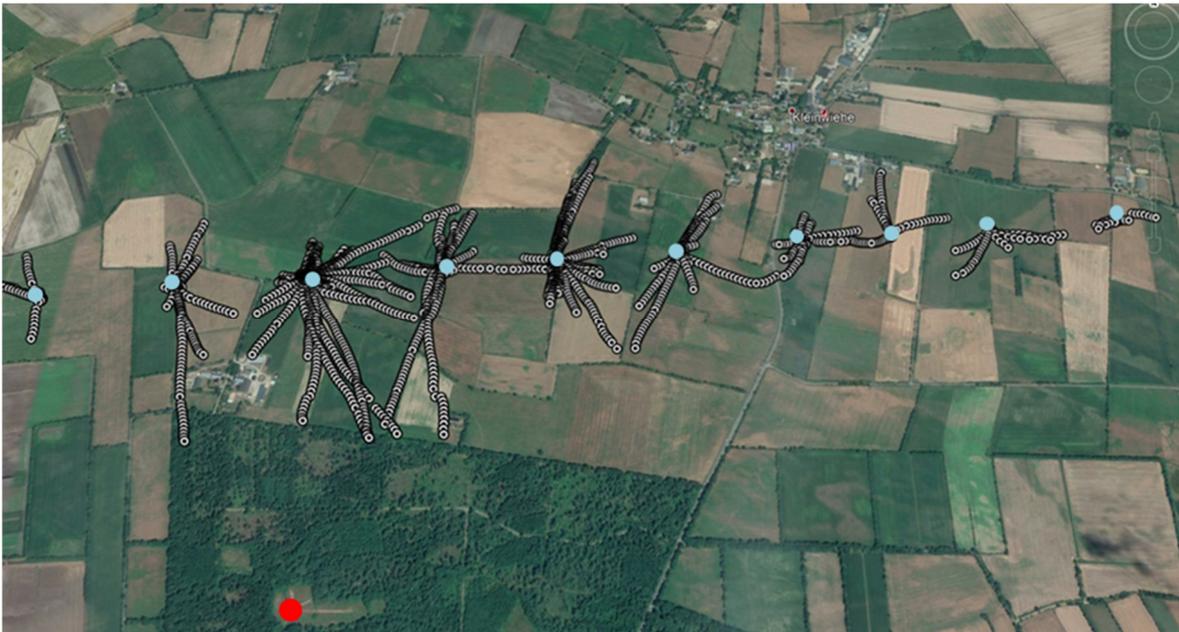


Abb. 44 Endpunkte von Flügen des Männchens Lindewitt an Strommasten (blaue Punkte) einer 110 KV-Leitung nördlich des Brutplatzes (roter Punkt).

3.2.4 Flughöhe des Weibchens Poppolz bei der Querung der A7

Der Brutplatz Poppolz befand sich etwa 1,5 km östlich der A7 (A.1.9) und zahlreiche Flüge querten die Autobahn. Bei 59 Querungen wurden Höhenmessungen sowohl vor als auch nach dem Fahrbahnüberflug aufgezeichnet, die einen Vergleich der gemessenen Höhen und damit Rückschlüsse auf eine eventuelle Ausweichreaktion vor dem Kraftfahrzeugverkehr ermöglichten. Die Flughöhe über der Fahrbahn war mit durchschnittlich 9,5 m nur geringfügig höher als in 60-100 m Entfernung zur Autobahn (durchschnittlich 7,3 m). Eine ausgeprägte Ausweichreaktion vor Kraftfahrzeugen durch Höhengewinn konnte daher nicht festgestellt werden (Abb. 45).

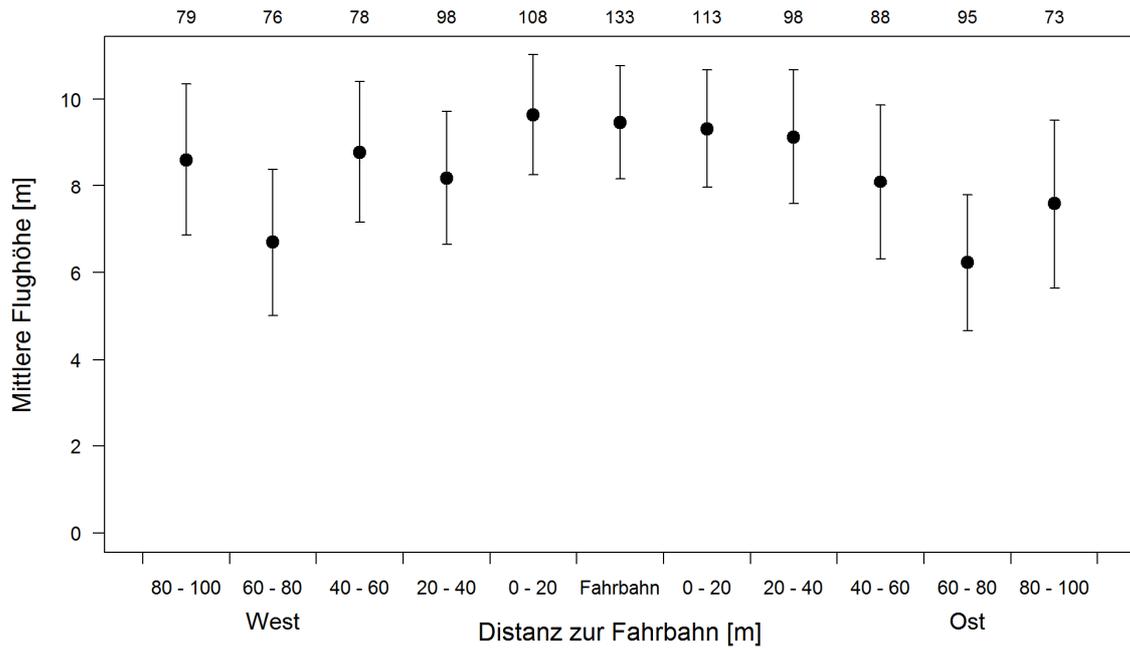


Abb. 45 *Mittlere Flughöhe [\pm SE] der Querungen der A7 (n= 59 Querungen, bei denen Höhenmessungen sowohl vor und nach der Fahrbahnquerung vorlagen) westlich und östlich der A7 in Entfernungsklassen zur Fahrbahn.*

4 DISKUSSION

4.1 Anbringung des Senders als Rucksack

Die externe Anbringung von Sendern als Rucksack bei Landvögeln ist gängige Praxis und führt nur in Ausnahmefällen zu Beeinträchtigungen des Vogels (z. B. SERGIO et al. 2015). Auch beim Uhu wurden mit dieser Methode bisher positive Erfahrungen gemacht (MIOSGA et al. 2015,2019; VOHWINKEL et al. 2018). VOHWINKEL et al. (2018) schildern die grundsätzliche Verträglichkeit der Anbringung von Sendern (88 g) als Rucksack.

Die Aktivitätsmuster der besenderten Vögel zeigten keine Hinweise auf Beeinträchtigungen durch den Sender. Zudem zeigten die Vögel, deren Senderlaufzeit die nachfolgende Brutsaison zumindest teilweise mit abdeckte, keine Beeinträchtigung der Bereitschaft zur Brut und des Brutverlaufs. So brüteten die Weibchen Hochmoor, Kropp und Popp Holz (siehe auch Anhang A.1 und Abb. 92 und Abb. 93) in der folgenden Brutsaison ebenso erfolgreich, wie die Männchen Rosacker und Linnau. Lediglich das Männchen Lindewitt brütete nicht in der Folgesaison, dies war jedoch vermutlich Folge des Todes des Weibchens.

Der männliche Vogel Obdrup verlor den Sender nach 20 Tagen, nachdem er das Befestigungsband an zwei Stellen durchbiss. Ein ähnliches Verhalten wurde bei einem Uhu festgestellt, der in einem weiteren Projekt in gleicher Weise besendert wurde (eigene unveröff. Daten). Beim weiblichen Vogel Hochmoor, der innerhalb der Studie erst wiedergefangen und dann Opfer einer Verkehrskollision wurde, war das Teflonband hingegen vollständig intakt und zeigte keinerlei Spuren von Entfernungsversuchen. Ebenso berichten VOHWINKEL et al. (2018) von Uhu-Wiedergefangenen, deren Bänder auch nach längerer Zeit keine Bissspuren aufwiesen. Es ist daher davon auszugehen, dass die Mehrzahl der Uhus sich schnell an die Sender gewöhnt und kaum Abwehrreaktionen zeigen, einzelne Individuen jedoch den Rucksacksender nicht tolerieren.

Das Männchen Hochmoor ist 22 Tage nach dem Fang und der Besenderung gestorben. Daher muss die Frage nach der Todesursache und des eventuellen Einflusses des Senders diskutiert werden. Dieser Uhu war bis zum 30.06.2017 mit 1,1 % Flugzeit einer der aktivsten Sendervögel (Tab. 4). Das Männchen Hochmoor zeigte zudem die längsten Flugdauern und Flugstrecken der besenderten Vögel (Tab. 5). Damit ergibt sich kein Hinweis auf eine stärkere Beeinträchtigung dieses Sendervogels. Der letzte Streckenflug dieses Vogels führte zu einem regelmäßig aufgesuchten Bauernhof in 3,2 km Entfernung vom Brutplatz (Kap. A.1.3 Abb. 63). Die Jagd dieses Vogels in Hofnähe kann zu einer Sekundärvergiftung mit Rattengift geführt haben. Nach diesem letzten langen Jagdflug ist der Vogel abrupt inaktiv geworden und in der Nacht vom 06. auf den 07. August in der Nähe des Brutbaumes gestorben. Die Todesursache bleibt ungeklärt, eine Folge der Besenderung wird aber als unwahrscheinlich erachtet.

Mit dem weiblichen Vogel Hochmoor ist ein weiterer Vogel innerhalb der Versuchslaufzeit gestorben. Dieses Individuum wurde Opfer eines Verkehrsunfalls (siehe Kap. A.1.5 und Abb. 75), ein Zusammenhang mit der Besenderung ist daher nicht anzunehmen.

4.2 Flächennutzung und Flugaktivität

4.2.1 Größe, Lage und Form der Homeranges

Die Homeranges der besenderten Uhus waren relativ groß: Die Kernel 95-Flächen von sieben der acht über einen längeren Zeitraum untersuchten Uhus betragen 11 bis 21 km². Lediglich ein Weibchen nutzte eine mit etwa 6 km² deutlich kleinere Fläche. Im Vergleich dazu wurden im Raum Münster stark variierende und insgesamt deutlich kleinere Kernel 95-Flächen ermittelt. Hier betragen die Homeranges zwischen 0,3 und 10,4 km² (MIOGA et al. 2015). Der Untersuchungszeitraum in dieser Studie war jedoch auf etwa 4-5 Monate begrenzt und umfasste lediglich Sommer und Herbst. Da die Größe von Homeranges auch abhängig vom Untersuchungszeitraum ist, war das Jahres-Homerange dieser Vögel vermutlich größer. Der Abstandsradius, innerhalb dessen 90 % der Flugbewegungen stattfanden, lag für 13 Individuen aus dem Münsterland und weiteren Gebieten bei 1,55 km (MIOGA et al. 2019). Aufgrund der geringeren Größe der Homeranges dieser Vögel umfasste die aktuelle Abstandsempfehlung der LAG VSW einen höheren Anteil an Lokalisationen als in unserer Studie.

SITKEWITZ (2007) stellte in Nordwest Bayern eine Homerangegröße von 11,3 – 26,4 km² fest. Demgegenüber ermittelte eine weitere Telemetrie-Studie im Südwesten Spaniens Jahres-Homeranges (90%-Kernel) von im Mittel nur 2,2 km² Größe (CAMPIONI et al. 2013).

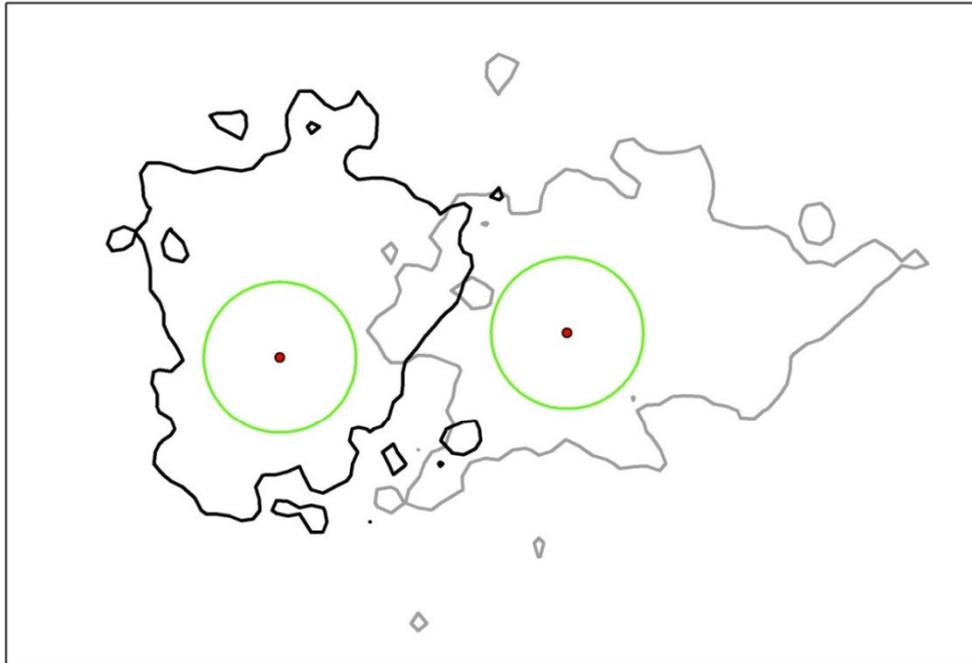
CAMPIONI et al. (2013) und LOURENÇO et al. (2015) zeigten, dass die Größe von Uhu-Homeranges in der Regel von der Heterogenität der Habitatstrukturen und der Nahrungsverfügbarkeit abhängt. Die Homerange-Größe nahm dabei mit zunehmender Heterogenität ab und mit abnehmender Verfügbarkeit des Hauptbeutetiers zu. Im Rahmen dieses Projektes wurde die Nahrungsverfügbarkeit einzelner Uhureviere nicht untersucht. Damit bleibt offen inwieweit unterschiedliche Nahrungsverfügbarkeit oder Habitatstruktur die unterschiedliche Größe der Homeranges im Landesteil Schleswig und im Vergleich zum Münsterland (MIOGA et al. 2015) beeinflusste.

Videokameras an Nestern des Mäusebussards im Landesteil Schleswig (Untersuchungsflächen um Silberstedt und Bergenhusen) zeigten für die Zeit Mai und Juni 2017 ein Latenzjahr und für 2018 ein Gradationsjahr der Feldmaus (GRÜNKORN & WELCKER 2017, 2018). Da Feldmäuse auch das Hauptbeutetier des Uhus sein können (LANGE 2014), wären für 2018 kleinere Homeranges zu erwarten gewesen. Dies war im Mittel der Vögel mit langer Senderlaufzeit der Fall (2017: 17,5 km², 2018: 11,7 km²). Hier ist neben der geringen Stichprobenzahl jedoch auch zu beachten, dass auch das Geschlecht eine wesentliche Rolle spielen kann (Männchen haben über das Jahr im Mittel ein größeres Homerange als Weibchen (CAMPIONI et al. 2013) und unsere Stichprobe 2018 einen höheren Anteil Weibchen beinhaltete.

Benachbarte Homeranges überlappten sich nur geringfügig, was als Beanspruchung und Verteidigung eines Nahrungsrevieres gedeutet werden kann (Abb. 46). Die Anzahl und Lage bekannter Uhu-Brutplätze und die mittlere Ausdehnung der Homeranges lässt für den untersuchten Landschaftsausschnitt eine vollständige Abdeckung mit Homeranges (Kernel 95) erwarten. Uhus kennen vermutlich ihren Nachbarn und monopolisieren ihr Territorium. Das Weibchen Hochmoor 2017 hat

zumindest ein benachbartes Uhurevier gezielt aufgesucht (Kap. A.1.4, Abb. 67) und ist dem benachbarten Männchen Rosacker begegnet (Kap. A.1.4, Abb. 68).

Homeranges Männchen Linnau 2018 (schwarz) und Männchen Lindewitt 2017 (grau)



Homeranges Weibchen Hochmoor 2017 (schwarz) und Männchen Rosacker (grau)

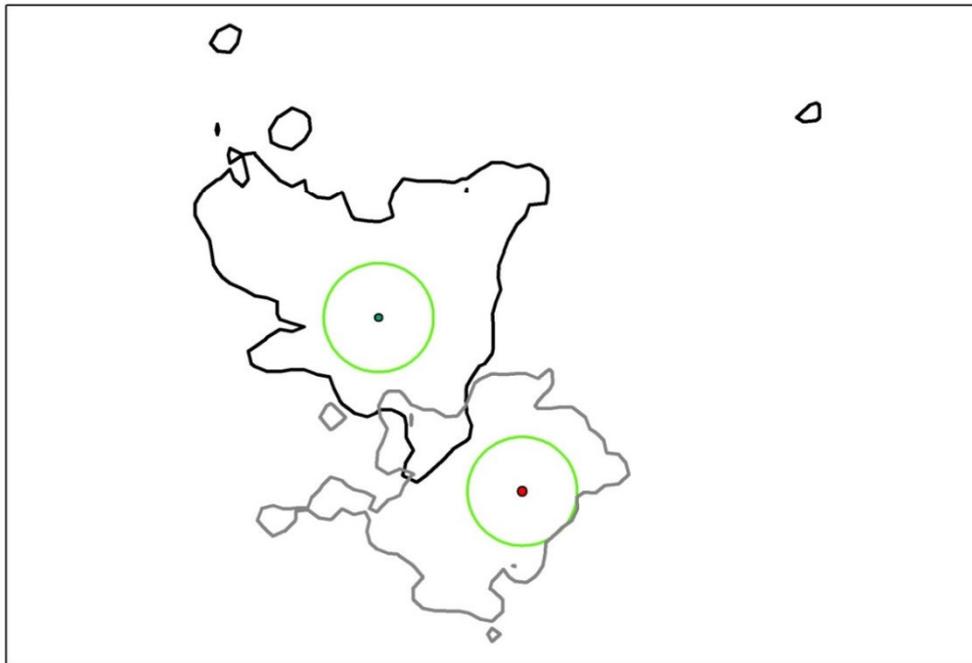


Abb. 46 Lage und Ausdehnung des Homerange (Kernel 95 %) benachbarter Uhureviere. Oben : zwei benachbarte Männchenreviere in unterschiedlichen Jahren (Männchen Lindewitt 2017 und Männchen Linnau 2018). Unten: zwei benachbarte Reviere im gleichen Jahr mit unterschiedlichem Geschlecht der Brutvögel (Weibchen Hochmoor 2017 und Männchen Rosacker 2017), grüner Kreis entspricht 1 km-Radius um Brutplatz.

Unsere Berechnung der Homeranges beruhte auf allen Ortungen der jeweiligen Individuen. Die Autokorrelation der Daten wurde wie auch in den zitierten Vergleichsstudien nicht berücksichtigt. Da unsere Daten im Untersuchungszeitraum keine Stichprobe im eigentlichen Sinne darstellen, sondern sämtliche von den jeweiligen Vögeln realisierten Aufenthaltsorte enthalten, beschreiben die Homeranges den tatsächlichen Aufenthaltsraum dieser Individuen während der Senderlaufzeit. Rückschlüsse zur Wahrscheinlichkeit des Aufenthaltsorts zu anderen Zeitpunkten sind auf Basis dieser Berechnungen nur eingeschränkt möglich.

4.2.2 Aufenthaltszeiten an Bauernhöfen

Es gab einen deutlichen jahreszeitlichen Unterschied in der Häufigkeit von Uhupositionen in der Nähe von Bauernhöfen. Vermutlich sind Bauernhöfe primär durch das dortige Vorkommen von Ratten für Uhus attraktiv. Wanderratten können an einzelnen Brutplätzen die Bedeutung von Wühlmäusen übertreffen. Am Uhu-Brutplatz Keller/RD wurden 89 Wanderratten unter insgesamt 285 Beutetierresten in Uhugewöllen gefunden. Da Wanderratten eine etwa zehnmals höhere Masse als Wühlmäuse haben, war hier der Anteil von Wanderratten am Beutetiergewicht noch wesentlich höher (LANGE 2014). Aufenthaltszeiten von durchschnittlich bis zu 30 % pro Nacht während der Jungenaufzuchtphase lassen einen hohen und gut vorhersehbaren Jagderfolg auf Höfen vermuten. Bei Betrieben mit Viehhaltung können Ratten vom gelagerten Viehfutter (Maissilage, Kraftfutter) oder bei Ackerbaubetrieben vom Saatgut profitieren. Inwieweit die Häufigkeit oder die Verfügbarkeit von Ratten für Uhus sich im Jahresgang ändert ist uns nicht bekannt. Gespräche mit Landwirten haben diesbezüglich keine weiteren Anhaltspunkte ergeben.

Bauernhöfe befinden sich in diesem Landschaftsraum sowohl in Ortsrandlagen als auch als „Aussiedlerhöfe“ in Alleinlage, was eine recht gleichmäßige Verteilung zur Folge hat. Ein Einfluss der Lage der Bauernhöfe auf die Lage und Größe der Homeranges wurde nicht geprüft.

4.2.3 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung vom Brutplatz während einer Nacht

Die im Mittel während einer Nacht (12:00 bis 12:00 des Folgetages) zurückgelegte Flugstrecke war im Jahresverlauf unter Berücksichtigung beider Geschlechter etwa gleich. Eine deutliche Zunahme der Flugstrecke zur Zeit des höchsten Nahrungsbedarfs der Jungvögel war ebenso wenig zu erkennen, wie eine Abnahme der Flugaktivität nach dem Selbstständigwerden der Jungen. Dies spricht dafür, dass der erhöhte Nahrungsbedarf im Sommer durch eine erhöhte Beuteverfügbarkeit kompensiert wird (vergl. die in Jahreszeiten unterschiedlich intensive Nutzung von Bauernhöfen). Alternativ ist denkbar, dass die Flugstrecke außerhalb der Jungenaufzuchtphase von anderen Faktoren als die Jagdaktivität maßgeblich beeinflusst wird.

In den Monaten der Eiablage, Bebrütung und Fütterung kleiner Jungvögel im Nest gibt es eine deutliche Rollenverteilung zwischen den Geschlechtern. In diesen Monaten versorgen die Männchen das Weibchen und die Jungvögel mit Nahrung, was an der gegenüber dem Weibchen stark erhöhten Flugstrecke erkennbar wird. Die mittlere nächtliche Flugstrecke der Männchen ist in diesem Zeitraum 5-10-fach länger als die der Weibchen und annähernd doppelt so lang wie während des

übrigen Jahres. Der maximale Abstand zum Nest bleibt bei den Männchen während des gesamten Jahresverlaufs jedoch weitgehend gleich, so dass die erhöhte Flugaktivität nicht zu einer Ausweitung des Aktionsraums, sondern eher zu einer intensiveren Nutzung des vorhandenen Revieres führt.

Vergleichbare Daten zur nächtlichen Flugstrecke von Uhus stammen von einer Telemetriestudie aus Spanien (CAMPIONI et al. 2013). Im Jahresmittel legten die 27 in dieser Studie untersuchten Uhus 6,32 km pro Nacht zurück, was fast genau den in der vorliegenden Studie ermittelten 6,18 km entspricht.

4.2.4 Tageszeitliche Aktivitätsmuster

Eine allgemein geringe Flugaktivität des Uhus war zuvor bekannt (MIOGA et al. 2015). Das Ausmaß der geringen Flugaktivität war dennoch überraschend. Die untersuchten Uhus dieser Studie flogen in einer Nacht im Mittel weniger als eine Viertelstunde, sie flogen nur während durchschnittlich 0,89 % der Zeit. Bei Uhus im Münsterland wurde im Durchschnitt Flugaktivität in 2,27 % der Zeit ermittelt (MIOGA et al. 2015); unter Einbezug weiterer Daten aus anderen Regionen wird eine Flugzeit von etwa 4 % angegeben (MIOGA et al. 2019). Ob dieser Unterschied tatsächlich auf generell unterschiedliche Verhaltensweisen der Uhus in den Untersuchungsräumen hinweist oder lediglich Folge der höheren zeitlichen Auflösung der Flugdaten in der vorliegenden Studie ist, kann nicht beantwortet werden. Beide Studien zeigen jedoch übereinstimmend, dass Uhus nur einen sehr geringen Teil der Zeit im Flug verbringen.

Im Verlauf der Dunkelphase zeigt sich eine zweigipfelige Aktivitätskurve mit einem kurzen Zeitraum (ca. 2 h) nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang mit erhöhter Flugaktivität. Im Mittel verbrachten die Uhus jedoch auch in den Zeiträumen erhöhter Flugaktivität nur etwa 1,2 – 2,1 % der Zeit im Flug. Wie die Analyse der Flugdistanzen im Nachtverlauf zeigte, legten die Uhus zu Beginn und am Ende der Nacht nur geringfügig größere Strecken pro Flug zurück. Hinweise auf lange Streckenflüge ins Jagdgebiet oder Rückflüge zum Nest (Beuteeintrag) wurden dementsprechend nicht gefunden.

Die allgemeine Flugaktivität war von der Menge des Niederschlages und insbesondere vom Auftreten von Starkregenereignissen abhängig. Mehrere Gründe können zu einer geringeren Flugaktivität bei Regen führen. Möglicherweise versuchen Uhus nicht nass zu werden aufgrund der Auskühlung oder geringeren Jagderfolges bei vermehrten Fluggeräuschen durch nasse Federn. Ebenso ist denkbar, dass Beutetiere bei Regen inaktiver oder aufgrund der Umgebungsgeräusche bei Regen weniger gut hörbar sind.

4.2.5 Meidung von WEA

Die Ergebnisse dieser Studie ergaben keine Hinweise auf eine Meidereaktion von Uhus gegenüber WEA. Auch im unmittelbaren Nahbereich der Anlagen (< 25 m) wurden Uhus in einer Häufigkeit festgestellt, die der nach dem Flächenproporz der Entfernungsklasse um eine WEA zu erwartenden Häufigkeit entsprach. Die überwiegende Flughöhe in Bodennähe ließ mit Kenntnis der bodengebundenen Flugweise eine Meidereaktion auch nicht erwarten, sie wäre überhaupt nur für

Flughöhen im Rotorbereich zu erwarten. Die fehlende Meidung von WEA birgt – in Abhängigkeit der Flughöhe - ein grundsätzliches Kollisionsrisiko. Damit scheinen sich Uhus ähnlich wie zahlreiche Greifvögel (z. B. Seeadler und Rotmilan) zu verhalten, die keine größere Ausweichbewegungen vor einer WEA (macro-avoidance), sondern lediglich kleinräumige Ausweichbewegungen vor einem Rotorflügel (micro-avoidance) zeigen. Hierfür wurden anatomische Gründe (MARTIN 2011) und situatives Verhalten (Blick nach unten bei der Suche nach Kleinsäußern, U. MAMMEN für den Rotmilan und B. GRAJETZKY für die Wiesenweihe in HÖTKER et al. 2013, siehe auch MARQUES et al. 2014) verantwortlich gemacht. Ein kleinräumiges Ausweichverhalten durch Änderung der Flughöhe bei Annäherung eines Uhus an eine WEA konnte mit den vorliegenden Daten nicht gezeigt werden. So nahm die Flughöhe von Flügen, die im Höhenbereich der Rotoren lagen, im Verlauf der Flugbewegung ab. Dies war aber unabhängig von einer Annäherung an eine Turbine und daher vermutlich Folge der prinzipiell bodennahen Flugweise der Uhus. Der fehlende Nachweis kleinräumiger vertikaler Ausweichbewegungen in unseren Daten ist wahrscheinlich auf die sehr geringe Anzahl von Flügen im Nahbereich der Rotoren sowie fehlende Informationen zu Windrichtung, Rotorstellung und Abschaltzeiten der WEA zurückzuführen und erlaubt keine Aussage darüber, ob Uhus im Einzelfall solche Verhaltensweisen zeigen.

Uhus verunglücken an Freileitungen und Strommasten und kollidieren mit dem Schienen- und Straßenverkehr. Uhus zeigen auch hier keine Meidung von technischen Strukturen und Bauwerken.

4.2.6 Strukturgebundenheit der Flüge

In geringem Umfang konnte eine Bindung der Flüge an Knicks, Baumreihen und andere linienhafte Habitatstrukturen festgestellt werden. Die zwei Entfernungsklassen bis 20 m zu einer Linienstruktur wurden überproportional häufig gegenüber zufällig verteilten Flugstrecken genutzt. Dies deutet darauf hin, dass sich die Flüge der Uhus in geringem Maße an diesen Linienstrukturen orientieren. Da sich die Abweichung der Häufigkeit in Knicknähe nur im einstelligen Prozentbereich befand, ist jedoch davon auszugehen, dass Flugstrecken der Uhus des Untersuchungsgebiets weitgehend unabhängig von Knickstrukturen stattfinden. Dabei könnte die allgemein hohe Strukturdichte im Untersuchungsraum eine Rolle spielen. Dies ermöglicht es den Vögeln vermutlich auch bei knickunabhängiger Flugweise in kurzer Abfolge geeignete Ansitzwarten vorzufinden. Eine strukturarme Agrarlandschaft mit großen Ackerschlägen und geringer Knickdichte – wie in Schleswig-Holstein in der Küstenmarsch und Ostholstein zu finden - wurde nicht untersucht. Hier könnte eine Bindung an Knicks und andere Strukturen ausgeprägter sein.

Eine grundsätzliche Kollision an WEA auf freiem Feld ist damit möglich. Es ist zumindest davon auszugehen, dass das geringe Ausmaß der Strukturgebundenheit der Flüge nicht zu einer signifikanten Senkung des Kollisionsrisikos führt.

4.3 Flugweise

4.3.1 Strecke und Dauer von Flugsequenzen und Rastdauer

Die Dauer der Flüge von Uhus war meist sehr kurz, im Median aller Flüge 11 Sekunden was gut mit der Untersuchung von MIOGA et al. (2015) übereinstimmt. Die Studie im Raum Münster zeigt einen Anteil von bis zu 20 Sekunden langen Flügen von 75 %. Die hier vorgestellten Daten ergeben einen etwas höheren Wert von 85 % für diese Klasse (Abb. 47). Das Ortungsintervall in der Studie von MIOGA et al. (2015) lag anfänglich bei einer Ortung pro zwei Minuten und später bei einer Ortung pro zehn Sekunden. Hier blieben vermutlich zahlreiche kurze Flüge unerkannt.

Kurze Flüge und zahlreiche, wenige Minuten lange Rastperioden sind vermutlich Charakteristika der Jagdweise der Uhus. Die häufigen Unterbrechungen können als akustische Raumerkundung mit dem Ziel des Beutefanges interpretiert werden. Uhus fliegen eine kurze Zeit bzw. eine kurze Strecke, unterbrechen den Flug, um von einer Sitzwarte insbesondere bodennahe Säuger (z. B. Mäuse, Ratten, Igel) oder Vögel im Baum (Tauben, Greife u. a.) zu hören. Nach wenigen Minuten erfolgt eine erneute Flugsequenz, entweder ein Sitzwartenwechsel oder ein Beuteflug. Damit ist das Hören von Beutetiergeräuschen von einer Sitzwarte das wesentliche Element der Jagd und Uhus suchen in kurzen Abständen neue nahegelegene Sitzwarten auf, um einen neuerlichen Lauschangriff zu beginnen. Nach der Wahrnehmung eines Beutetieres ist dessen Fang dann offensichtlich sehr effizient und erfordert nur eine geringe Flugaktivität, vermutlich zumeist den kurzen Flug von der Sitzwarte zum Boden.

Die hohe Knickdichte des Untersuchungsgebietes mit im Landesvergleich geringer Schlaggröße bietet Uhus in kurzer Entfernung Ansetzmöglichkeiten, im Bereich von landwirtschaftlichen Betrieben wird häufig ein Dach als Sitzwarte genutzt.

Inwieweit beim Uhu morphologische oder physiologische Ursachen für die kurzen Flugstrecken eine Rolle spielen, muss offen bleiben. Die Rastdauer war unabhängig von der Länge des vorangegangenen Fluges. Es gibt daher keinen Hinweis auf eine eventuelle Ermüdung nach einem längeren Flug oder eine daraufhin geringere Motivation für einen folgenden Flug.

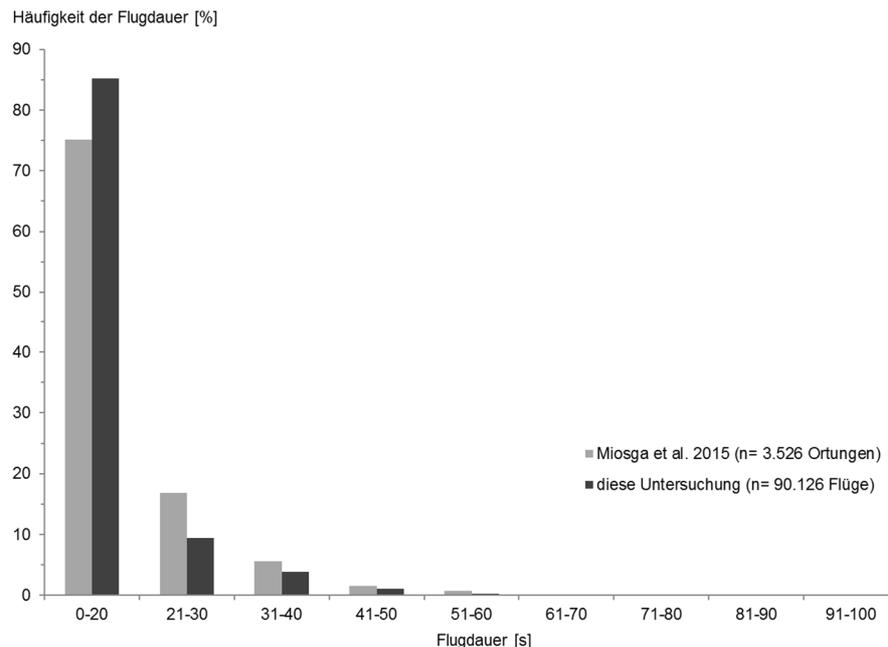


Abb. 47 Relative Häufigkeit der Dauer eines Fluges (Flugsequenz) in Klassen.

4.3.2 Flughöhe

Genauigkeit der Höhenmessung

Die Versuche zur Genauigkeit der Höhenmessung der eingesetzten GPS/GSM-Sender konnten einen Korrekturwert für die GPS-internen Referenzhöhe des Meeresspiegels für das Untersuchungsgebiet von etwa 10 m (9,93 m) bestimmen. Es gab keine Unterschiede in der Genauigkeit der Höhenmessung der einzelnen Sender. Bei barometrischen Höhenmessungen unterscheidet sich dagegen die Empfindlichkeit einzelner Barometer von verschiedenen Sendern, so dass hier eine senderspezifische Korrektur notwendig wird (HEUCK briefl., Rotmilantelemetrie Hessen).

Wie die Versuchsreihen ebenfalls ergaben, war eine hohe Genauigkeit der GPS Höhenmessung bei schneller Taktung und bewegtem Sender, sowie eine geringe Streuung der Messwerte gegeben. Einen ähnlichen Effekt der Sendertaktung auf die Genauigkeit der Höhenmessung konnten SCHAUB et al. (2019) in einer Studie zur Wiesenweihe feststellen. Nichtsdestotrotz enthielten die gemessenen Flughöhen der Uhus zahlreiche fehlerhafte Werte (z. B. Werte < 0 m) und eine vergleichsweise hohe Streuung. Dies lag vermutlich zum einen an der Tatsache, dass die Sender beim Umschalten auf die schnelle Taktung etwa 10 s brauchen, um die anfängliche Streuung der Höhenmessung deutlich zu reduzieren (Abb. 10). Da die Mehrzahl der Uhu-Flüge jedoch nur geringfügig länger dauerten und zudem im Mittel weitere 5 s bis zur ersten Ortung nach Beginn des Flugmodus vergingen, trat der stabilisierende Effekt der schnellen Taktung nur bei einem Teil der Flüge ein.

Zum anderen zeigte sich, dass die mittlere Streuung (Standardabweichung) der Höhenmessung vom Zeitabstand zum vorigen Flug abhängig war (Abb. 48). Lagen mehr als fünf Minuten zwischen den einzelnen Flügen, nahm die mittlere Standardabweichung der gemessenen Flughöhe innerhalb

eines Fluges sprunghaft zu. Der Einfluss auf die mittlere Flughöhe war hingegen marginal, so dass nur die Streuung, nicht aber die mittlere Flughöhe, eine Abhängigkeit vom Zeitabstand zeigte. Es ist zu vermuten, dass der interne Cachespeicher der GPS-Einheiten Daten zur Satellitenkonfiguration und zu vorherigen Messungen nur bis zu fünf Minuten speichert und anschließend eine neue Satellitensuche notwendig wird.

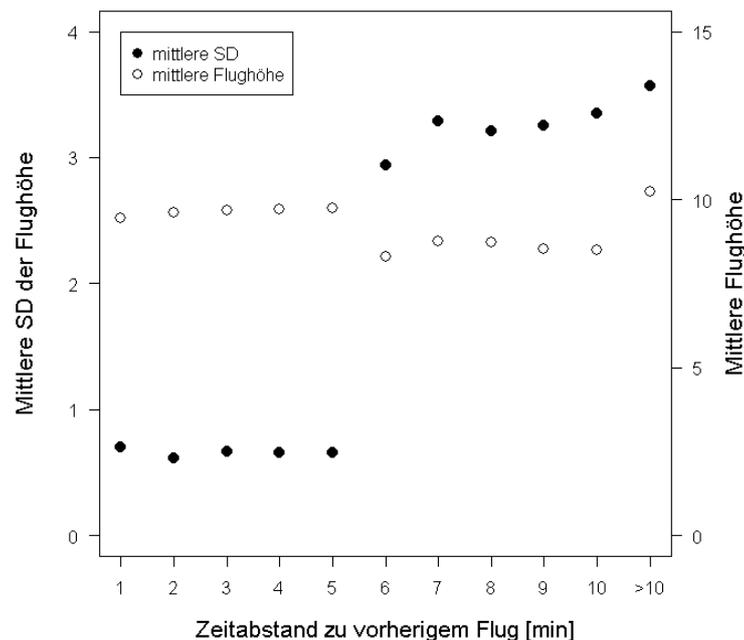


Abb. 48 *Mittlere Standardabweichung der Höhenmessung und der mittleren Flughöhe in Abhängigkeit zum Abstand vom vorangegangenen Flug.*

Um offensichtliche Messfehler bei der Auswertung der Flughöhe auszuschließen, verwendeten wir nur Flüge, die eine realistische Anstichhöhe zu Beginn und am Ende des Fluges aufwiesen. Die Höhen der möglichen Sitzwarten im Untersuchungsgebiet lagen zwischen 0 und etwa 70 m über Grund (Bäume, Häuser, Masten), so dass der Filter entsprechend gewählt wurde. Aufgrund der Kürze der Flüge ist zu erwarten, dass fehlerhafte Höhenmessungen bei Start oder Landung häufig auch falsche Höhenmessungen der dazwischenliegenden Flugpositionen zur Folge haben. Dieser Filter reduzierte die Streuung deutlich, eliminierte jedoch nicht sämtliche Messfehler. Das Vorkommen von negativen Höhen im gefilterten Datensatz kann als Maß für den verbleibenden Messfehler gedeutet werden. Da jedoch davon ausgegangen werden kann, dass dieser Fehler die unsystematische Streuung der Messwerte repräsentiert, ist ein Einfluss auf die festgestellte Flughöhenverteilung nicht anzunehmen.

Diese Annahme wird durch eine vergleichende Auswertung der ungefilterten Flughöhen gestützt. Die Senderkonfiguration mit einer Taktung von einer Ortung pro Sekunde ermöglichte 895.140 identifizierte Flugpunkte. Der benutzte Filter führte zum Ausschluss von 25,1 % der Positionen; es gingen nur 670.574 Ortungen in die Auswertung der Flughöhe ein. Die ungefilterten Daten zeigten jedoch trotz deutlich höherer Streuung der Werte insgesamt eine ähnliche Verteilung der

Flughöhen (Abb. 49). Zudem zeigt der Vergleich, dass die angewendeten Filter nicht zu einem vermehrten Ausschluss höherer Flughöhen führten (Anteil ungefilterter Flughöhen > 40 m = 3,1 %, Anteil gefilterter Flughöhen > 40 m = 3,3 %, vergl. Abb. 38 und Abb. 49). Ebenso unterschied sich der Median der Flughöhe der gefilterten Daten (10,9 m) nur geringfügig von den ungefilterten Daten (7,9 m).

Im Zwischenbericht dieses Projektes wurden zwei weitere Filter für die Flughöhen angewendet. So musste eine Fluggeschwindigkeit von mindestens 10 km/h zwischen zwei Flugpositionen gemessen worden sein und die Höhenänderung zwischen zwei Messwerten durfte nicht mehr als 50 m betragen. Diese Filter betrafen zusammen eine nur sehr geringe Anzahl von Flügen, die das Ergebnis nicht beeinflussten. Da nur möglichst wenige Filter eingesetzt werden sollten, wurden sie für diese Auswertung nicht mehr berücksichtigt. Die Flughöhenverteilung des vollen Datensatzes unterschied sich nur unwesentlich von der des Zwischenberichtes, obwohl die Flughöhen im vorliegenden Bericht aufgrund des systematischen Fehlers um 10 m korrigiert wurden. Dies ist durch die hohe Anzahl Flüge zu erklären, die ohne Höhenkorrektur unter Geländehöhe lagen und somit gefiltert wurden, nach Korrektur jedoch die Anzahl niedriger Flüge erhöhen. Die Höhenkorrektur führte also zu einer höheren Anzahl sowohl von hohen als auch von niedrigen Flügen, so dass die relative Verteilung nahezu unverändert bleibt. Bei den ungefilterten Daten führte die Höhenkorrektur jedoch zu einer geringfügigen Erhöhung der Anteile hoher Flüge (Anteil > 30 m; dieser Bericht: 7,1 %, Zwischenbericht: 5,1 %).

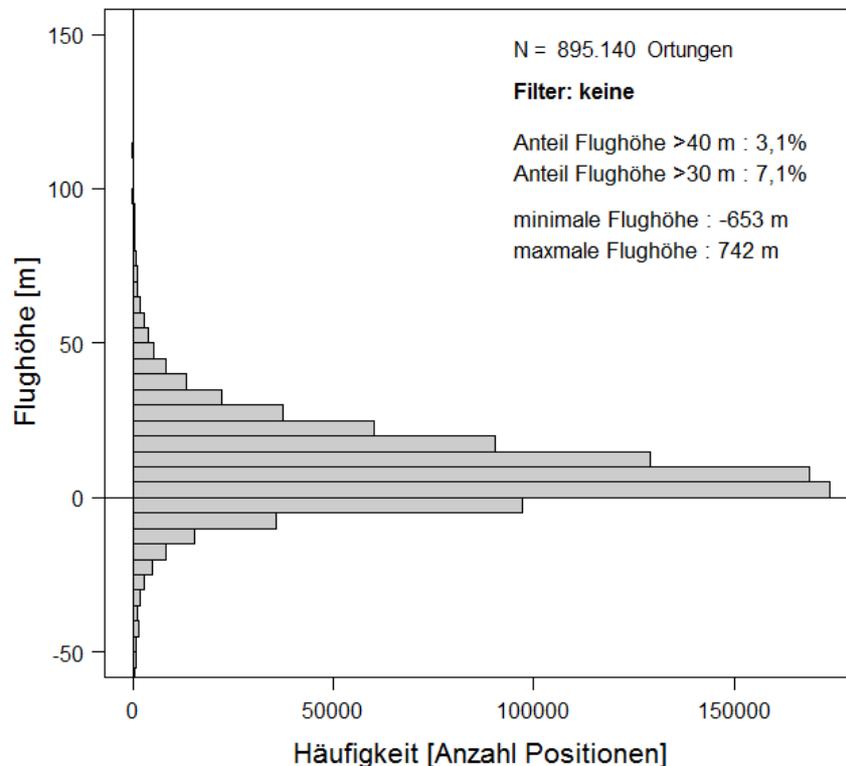


Abb. 49 Verteilung der Flughöhen ohne Anwendung eines Filters. Zur besseren Darstellbarkeit ist die Y-Achse bei -50 m und 150 m gekappt.

Insgesamt kann daraus gefolgert werden, dass die Ungenauigkeit der Höhenmessung zu einer erhöhten Varianz der Flughöhenverteilung führt, aber nach Korrektur der GPS-internen Referenzhöhe keine systematischen Fehler vorliegen. Die hohe Varianz der Höhenmessung (bei fehlendem systematischem Fehler) führt einerseits dazu, dass, insbesondere bei dem vorliegenden großen Datensatz, die Mittelwerte (Mediane) der Flughöhen verlässliche Rückschlüsse erlauben, andererseits die Höhe eines einzelnen Flugereignisses jedoch mit einer Unsicherheit behaftet ist.

Zudem kann die durch den Messfehler erhöhte Varianz auch trotz des Filterns offensichtlich fehlerhafter niedriger (< 0 m) und hoher (> 70 m Anstichhöhe) Werte zu einer Erhöhung des Anteils von Flughöhen am Rand der Höhenverteilung führen (PÉRON et al. im Druck). Vor diesem Hintergrund muss beispielsweise das Ergebnis von 3,3% (gefiltert, bzw. 3,1% ungefiltert) Flugpositionen in Höhen über 40 m als Maximalwert angesehen werden, der tatsächliche Anteil lag vermutlich niedriger.

Flughöhe

In Übereinstimmung mit der Studie von MIOGA et al. (2015) zeigen unsere Ergebnisse, dass Uhus überwiegend in geringer Höhe fliegen: Der Median der Flughöhe lag bei 11 m über Geländehöhe; dreiviertel der gemessenen Flughöhen lagen unterhalb von 20 m. MIOGA et al. (2015) zeigten eine

sehr ähnliche Flughöhenverteilung, der Median der Flughöhe der dort untersuchten Individuen lag zwischen etwa 5 – 10 m und damit etwas niedriger als in der vorliegenden Studie.

Die mittleren Flughöhen variierten nur in sehr geringem Maße im Jahresverlauf. Verschiedene Phasen im Fortpflanzungszyklus (Balz, Jungenfütterung u. a.) führten nicht zu einer Nutzung höherer Luftschichten. Frühere Aussagen zu möglicherweise erhöhten Flughöhen während Balz- und Distanzflügen (BREUER et al. 2015, BREUER 2016) konnten anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. In einer Literaturrecherche zur Flughöhe des Uhus im gesamten Jahresgang wurden ebenfalls keine Situationen identifiziert, die höhere Flüge der Uhus erwarten ließen (z. B. Balz, Thermikflüge, KIFL 2016). Ausnahme waren Überflüge von Tälern.

Bei geschlechterspezifischer Betrachtung zeigte sich, dass die Weibchen in der Bebrütungszeit und frühen Fütterungsphase im Mittel etwa 5 m höher flogen als die Männchen. Dies könnte mit dem stark reduzierten Aktionsraum der Weibchen in dieser Phase im Zusammenhang stehen. Da die Weibchen den Brutwald in diesem Zeitraum nahezu nie verlassen, spielen sich hier die Flugbewegungen im Höhenbereich der Bäume ab, während die Flüge der Männchen im gleichen Zeitraum mehrheitlich im offenen Landschaftsbereich und damit in der Regel in geringerer Höhe stattfinden.

WEA und Strommasten als Sitzwarten

Der Nahbereich von WEA wurde in geringem Umfang (0,11 % aller Flugsequenzen) als Ansitzwarte genutzt. Aus der geringen medianen Höhe des Endpunktes eines Fluges (4,6 m), der bis zu 25 m an eine WEA führte, sowie des Fehlens von Sitzhöhen >50 m kann gefolgert werden, dass nicht die eigentliche WEA (Gondel, stillstehende Rotoren) als Sitzwarte diente, sondern dessen zumeist als Brache gestalteter Umgebungsbereich einschließlich des Mastfußes. Im Untersuchungsgebiet gab es keine WEA mit Gittermasten, die eine Landemöglichkeit für Uhus im Bereich des Mastes anbieten würden.

Strommasten werden unter Berücksichtigung aller Brutplätze ebenfalls in geringem Umfang (0,49 % aller Flugsequenzen) gezielt angefliegen. Zwei Uhus nutzten Strommasten als Ruhewarte etwas häufiger (Männchen Lindewitt 1,1 % und Männchen Rosacker 0,8 % der Flugsequenzen). Die mediane Höhe von 9,6 m zeigt die Nutzung des unteren Mastbereiches als Sitzwarte. Höherliegende Bereiche der Masten einschließlich der Traversen wurden von Uhus nicht angefliegen.

An den Vertikalstrukturen WEA und Strommasten endete kein Flug in einer Höhe von mehr als 50 m. Die mediane Höhe von 11 m aller Flugsequenzen (s. o.) führte damit auch zu einer Flugunterbrechung im Stromgittermast in diesem Höhenbereich. Uhus nutzten damit weder bei WEA oder Strommasten die Möglichkeit, eine hohe Sitzwarte anzufliegen.

5 BEWERTUNG DES KOLLISIONSRISIKOS UND DES BISHERIGEN ABSTANDSKRITERIUMS

Zwei Faktoren spielen für das Kollisionsrisiko von Vögeln eine wesentliche Rolle: die Häufigkeit von Flugbewegungen in Windparks im Höhenbereich der Rotoren, sowie die Stärke der Meidereaktion der Vögel gegenüber den Turbinen. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass das Kollisionsrisiko des Uhus in der Regel als sehr gering einzustufen ist. Dies ist insbesondere auf die allgemein geringe Flugaktivität der Art sowie auf die bodennahen Flughöhen zurückzuführen.

Es konnte eine nur geringe Bindung der Flüge an Strukturen festgestellt werden, so dass auch WEA auf freier Fläche prinzipiell im von Uhus genutzten Raum liegen. Weiterhin zeigen unsere Daten, dass Uhus nur in sehr geringem Maß auf WEA reagierten, indem weder horizontales noch vertikales Ausweichen festgestellt werden konnte. Eine solche Reaktion war jedoch von den Vögeln zur Vermeidung einer Kollision mit den WEA in der Regel nicht erforderlich, da die gemessenen Flughöhen nur einen geringen Überschneidungsbereich mit den Rotoren aufwiesen.

Uhus nutzten überwiegend einen Luftraum von der Bodenoberfläche bis etwa 20 m Höhe; nur 3,3 % der Flugpositionen befanden sich oberhalb von 40 m. Dieses Ergebnis zeigt, dass das Kollisionsrisiko des Uhus in erster Linie von den Abmessungen der WEA mit Gesamthöhe, Rotorlänge und insbesondere vom unteren Rotordurchgang abhängt. Aktuell im Rahmen von Neubau und Repowering installierte WEA haben in Schleswig-Holstein in der Regel einen unteren Rotordurchgang von über 50 m. Dagegen beschreiben MIOGA et al. (2015) die Dimension moderner WEA für Nordrhein-Westfalen mit einer Gesamthöhe von 220 m und einem unteren Rotordurchgang von 90 m. WEA dieser Abmessungen bieten Uhus einen ausreichenden Flugraum unterhalb der Rotoren und bilden somit nur ein sehr geringes Kollisionsrisiko, da Uhus kaum in den Höhenbereich dieser Rotoren gelangen. Bei WEA mit niedrigerem unterem Rotordurchgang steigt das Kollisionsrisiko grundsätzlich an. In Schleswig-Holstein gilt für WEA in einigen Gebieten aus unterschiedlichen Gründen (u. a. Bundeswehr, Wetterradar, Denkmalschutz, Vogelzugkorridor) eine Höhenbegrenzung von 150 m, was in diesen Gebieten auch zu großen Rotorlängen mit niedrigen unteren Rotordurchgang führt. So liegen bei einem unteren Rotordurchgang von 20 m etwa 23 % der in dieser Studie gemessenen Flugpositionen im Höhenbereich der Rotoren.

Aus der hier vorgelegten Untersuchung von Uhus auf der reliefarmen Sandergeest von Schleswig-Holstein ergibt sich für vergleichbare Landschaftsräume keine Notwendigkeit für eine generelle Abstandsregelung bei der Errichtung von WEA in Bezug auf Brutplätze von Uhus, da das Kollisionsrisiko in dem betrachteten Landschaftsraum sehr gering ist. Sofern in einer artenschutzrechtlichen Prüfung für eine Planung ein erhöhtes Konfliktpotenzial erkannt wird, zum Beispiel weil WEA mit sehr niedrigem unteren Rotordurchlauf in einem Bereich von besonderer Bedeutung für Uhus errichtet werden sollen, so sei hier der Hinweis gegeben, dass sich dieser Konflikt vollständig durch die Erhöhung des unteren Rotordurchganges lösen ließe, wogegen eine Abstandsregelung vermutlich zu deutlich weitreichenderen Einschränkungen führen würde.

Eine 1 km-Abstandsregelung kann keine Unterschiede der regional unterschiedlichen Ausdehnung von Homeranges berücksichtigen und hat daher eine regional und naturraumspezifisch unterschiedliche Wirksamkeit. Die Sicherstellung eines Freiraumes unterhalb der Rotoren durch

Beauflagung der WEA-Abmessungen würde auch ohne einen Flächenbezug bereits eine Reduktion des Kollisionsrisikos bewirken. Ein Ausschluss von neu zu errichtenden WEA im Umfeld von Uhu-Brutplätzen ist dann nicht mehr erforderlich.

6 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Ziel der Untersuchung war es, das Flugverhalten des nachtaktiven Uhus im Nahbereich bestehender Windparks zu quantifizieren und somit eine bessere Abschätzung des Kollisionsrisikos zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Studie wurden zehn Uhus in einer reliefarmen Landschaft im nördlichen Schleswig-Holstein besendert, die Daten über den gesamten Jahresverlauf lieferten.

Die eingesetzten Sender erwiesen sich als sehr geeignet zur Untersuchung der Raumnutzung und des Flugverhaltens des Uhus. Hierbei war insbesondere die Programmierung der Flugerkennung über einen Bewegungssensor vorteilhaft, welche die Aufzeichnung hochauflösender Flugbewegungen bei gleichzeitiger Optimierung der Lebensdauer der Sender ermöglichte. Die Übertragung der Daten über das GSM-Netz minimierte zudem den Aufwand, da neben dem Fang der Vögel keine weitere Feldarbeit notwendig wurde.

Mit Versuchen zur Genauigkeit der Höhenmessung konnte ein Korrekturwert (9,93 m) für das Untersuchungsgebiet berechnet werden, mit dem die Höhendaten korrigiert wurden. Einzelne Sender unterschieden sich in ihrer Messgenauigkeit nicht.

Die untersuchten Uhus wiesen eine Reviergröße (95 %-Kernel Homerange) von durchschnittlich 13,9 km² [Range 5,5 – 20,8 km²] auf. Im Mittel entfernten sich die Uhus max. 1,7 km in einer Nacht vom Nest und flogen dabei eine Gesamtstrecke von durchschnittlich 6,2 km. Der Anteil der Flugaktivität innerhalb des im Rahmen von Windkraftplanungen empfohlenen Abstandskriteriums von 1 km um den Neststandort lag im Mittel bei 56,3 %.

Bauernhöfe spielten insbesondere in der Zeit von Juni bis September, nicht jedoch im Winterhalbjahr, eine wichtige Rolle als Jagdgebiet der besenderten Uhus, was möglicherweise mit dem dortigen Vorkommen von Ratten zusammenhängt.

Insgesamt war die Flugaktivität der Uhus gering; nur etwa 0,9 % der Zeit verbrachten die Tiere im Flug, was weniger als einer Viertelstunde pro Tag entspricht. Maxima der Flugaktivität wurden nach Sonnenuntergang und kurz vor Sonnenaufgang erreicht, während der Helligkeitsphase war die Flugaktivität erwartungsgemäß gering.

Die Flüge waren dabei von kurzer Dauer (Median 12 s; max. 108,5 s) und die dabei zurückgelegte Strecke entsprechend gering (Median 94 m; max. 1.620 m). Die zwischen den Flügen eingelegten Rastphasen waren sehr variabel, dauerten in 80 % der Fälle jedoch weniger als 10 min.

Eine Orientierung der Flüge entlang von Knicks und anderen linienhaften Habitatstrukturen lag nur in geringem Maße vor, die Mehrzahl der Flüge war strukturunabhängig. Dies ist möglicherweise auf die allgemein hohe Strukturdichte im Untersuchungsraum zurückzuführen. Ebenso konnte keine horizontale oder vertikale Meidung von WEA durch Uhus festgestellt werden. Die Standortwahl einer WEA hat aufgrund der geringen Strukturgebundenheit der Flüge keinen Einfluss auf das Kollisionsrisiko des Uhus.

Die Auswertung der Flughöhen zeigte eine überwiegend bodennahe Flugweise der Uhus, der Median der Flughöhe aller Individuen lag bei nur 10,9 m. Nur 8,5 % und 3,3 % der Flugpositionen lagen

über 30 m bzw. 40 m Höhe. Die Flughöhe war dabei im Jahresverlauf konstant, es wurden keine Phasen (z. B. Balzzeit) mit größeren Flughöhen festgestellt.

Das Kollisionsrisiko von Uhus an WEA ist aufgrund der allgemein geringen Flugaktivität sowie der bodennahen Flugweise für den betrachteten Landschaftsraum als sehr gering einzustufen. Wie die Ergebnisse der Flughöhenmessung zeigten, überschneidet sich die Flughöhenverteilung nur in geringem Maße mit den Rotorhöhen von WEA, sofern der untere Rotordurchlauf der Anlagen genügend hoch ist. Das verbleibende Kollisionsrisiko ist somit unmittelbar von den Abmessungen der WEA abhängig. Bei Anlagen mit unterem Rotordurchgang >50 m ist ein Kollisionsrisiko nahezu ausgeschlossen. Im Vergleich dazu liegen bei einem unteren Rotordurchgang von 20 m etwa 23 % der Flugpositionen auf Rotorhöhe.

Die Anzahl der telemetrierten Vögel, die Aufteilung der Geschlechter und die gute zeitliche Abdeckung des Jahresverlaufes mit allen Phasen des Fortpflanzungszyklus (Balz, Eiablage, Bebrütung, Jungenaufzucht, Auflösung des Familienverbandes, Nachbrutzeit) und der Datenumfang (2 Millionen Positionen, 95.409 Flugsequenzen, 12.020 km aufgezeichnete Flugstrecke) führen zu einer hohen Sicherheit der Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Folgerungen. Die Untersuchung erhellt die allgemeine Flug- und Jagdweise von Uhus und ist damit auf ähnlich strukturierte Landschaftsausschnitte im Norddeutschen Tiefland übertragbar. Damit ist der Uhu hinsichtlich seines Flugverhaltens und des Kollisionsrisikos mit WEA zu einer der am besten untersuchten Vogelarten geworden.

7 LITERATUR

BREUER, W. , S. BRÜCHER & L. DALBECK (2015): Der Uhu und Windenergieanlagen. NuL 47 (6): 165-172.

BREUER, W. (2016): Windenergie und Uhu - Aktuelle Aspekte eines unterschätzten Konflikts. Beitrag zu der 32. Jahrestagung der AG Eulen am 29. Oktober 2016 in Kloster Schöntal/Baden-Württemberg. http://www.egeeuken.de/files/windenergie_u_uhu.pdf

CALENGE, C. (2015): Home range estimation in R: the adehabitatHR package.

CAMPIONI, L., DEL MAR DELGADO, M., LOURENÇO, R., BASTIANELLI, G., FERNÁNDEZ, N. & PENTERIANI, V. (2013): Individual and spatio-temporal variations in the home range behaviour of a long-lived, territorial species. *Oecologia* 172/2, S: 371–385.

DÜRR, T. (2019): Vogelferluste an Windenergieanlagen in Deutschland, Stand 07.01.2019. <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

GARNIEL, R. WITTENBERG & A. WIGGERSHAUS (2017): Fachliches Grundsatzgutachten zur Flughöhe des Uhus insbesondere während der Balz. Kieler Institut für Landschaftsökologie/Kiel, Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, 40 S.

GRÜNKORN, T., J. BLEW, T. COPPACK, O. KRÜGER, G. NEHLS, A. POTIEK, M. REICHENBACH, J. von RÖNN, H. TIMMERMANN & S. WEITEKAMP (2016): Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.

GRÜNKORN, T. & WELCKER, J. (2017): Ursachenforschung zum Rückgang des Mäusebussards im Landessteil Schleswig. Unveröff Bericht zu den Untersuchungsjahren 2015-2017. Im Auftrag der Projektgruppe Seeadlerschutz mit Mitteln des MELUND Schleswig-Holstein.

GRÜNKORN, T. & WELCKER, J. (2018): Ursachenforschung zum Rückgang des Mäusebussards im Landessteil Schleswig. Unveröff. Bericht für das Untersuchungsjahr. Im Auftrag der Projektgruppe Seeadlerschutz mit Mitteln des MELUND Schleswig-Holstein.

HÖTKER, H., O. KRONE & G. NEHLS (2013): Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit., Michael-Otto-Institut im NABU, Leibnitz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Bio-Consult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum.

KOOP, B & R.K. BERNDT (2014): Brutvogelatlas. Vogelwelt Schleswig-Holsteins Band 7, Wachholz Verlag.

LAG VOGELSCHUTZWARTEN (2015): Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten. Positionspapier 29 S..

- LANGE, L. (2014): Zur Ernährung der Uhus *Bubo bubo* im Kreis Steinburg (Schleswig-Holstein) 2011 und 2012. *Corax* 22: 479-492.
- LOURENÇO, R., DELGADO, M. DEL M., CAMPIONI, L., KORPIMÄKI, E. & PENTERIANI, V. (2015): Evaluating the influence of diet-related variables on breeding performance and home range behaviour of a top predator. *Population ecology* 57/4, S: 625–636.
- MARQUES, A. T., BATALHA, H., RODRIGUES, S., COSTA, H., PEREIRA, M. J. R., FONSECA, C., MASCARENHAS, M. & BERNARDINO, J. (2014): Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation* 179, S: 40–52.
- MARTIN, G. R. (2011): Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* 153: 239-254.
- MIERWALD, U., A. GARNIEL, R. WITTENBERG & A. WIGGERSHAUS (2017): Fachliches Grundsatzgutachten zur Flughöhe des Uhus insbesondere während der Balz. Gutachten im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. 40 S.
- MIOSGA, O. , S. GERDES, D. KRÄMER, F.– B. LUDESCHER & R. VOHWINKEL (2015): Besonderes Uhu-Höhenflugmonitoring im Tiefland. *Natur in NRW* 3/2015: 35-39.
- MIOSGA, O. , S. Bäumer, S. GERDES, D. KRÄMER & R. VOHWINKEL (2019): Telemetriestudien am Uhu – Raumnutzungskartierung, Kollisionsgefährdung mit Windenergieanlagen. *Natur in NRW* 1/2019: 36-40.
- PÉRON, G. , J. M. CALABRESE, O. DURIEZ, C. H. FLEMMING, R. G. JIMÉNEZ, A. JOHNSTON, S. LAMBERTUCCINI, K. SAFI & E. L. C. SHEPARD (2019): The challenges of estimating the distribution of flight heights from telemetry or altimetry data. Preprint <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/751271v1>.
- PHILLIPS, R. A., XAVIER, J. C. & CROXALL, J. P. (2003): Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *The Auk* 120/4, S: 1082–1090.
- R CORE TEAM (2018): R: A LANGUAGE AND ENVIRONMENT FOR STATISTICAL COMPUTING. R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING.
- REISER K.-H. (2017): Jahresbericht 2016 Uhu. *Eulenwelt* 2017.
- SCHAUB, T., KLAASSEN, R. H. G., BOUTEN, W., SCHLAICH, A. E. & KOKS, B. J. (2019): Using high-resolution GPS tracking to assess the collision risk of birds with wind turbines: A case study on Montague's Harriers. Poster presentation at the Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts (CWW) 2019 in Stirling, Scotland.
- SERGIO, F., TAVECCHIA, G., TANFERNA, A., LÓPEZ JIMÉNEZ, L., BLAS, J., DE STEPHANIS, R., MARCHANT, T. A., KUMAR, N. & HIRALDO, F. (2015): No effect of satellite tagging on survival, recruitment, longevity, productivity and social dominance of a raptor, and the provisioning and condition of its offspring. *Journal of Applied Ecology* 52/6, S: 1665–1675.

SITKEWITZ, M. (2007): Telemetrische Untersuchung zur Raum- und Habitatnutzung des Uhus (*Bubo bubo*) in den Revieren Thüngersheim und Retzstadt im Landkreis Würzburg und Main-Spessart mit Konfliktanalyse bezüglich des Windparks Steinhöhe, Endbericht. Veitshöchheim (DEU), im Auftrag des Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. und Windpark Wotan Betriebs- und Verwaltungs GmbH, S: 103.

SITKEWITZ, M. (2009): Telemetrische Untersuchung zur Raum- und Habitatnutzung des Uhus (*Bubo bubo*) in den Revieren Thüngersberg und Retzstadt im Landkreis Würzburg und Main-Spessart – mit Konfliktanalyse bezüglich des Windparks Steinhöhe. In: Populationsökologie Greifvogel- und Eulenarten. Bd. 6 2009: 433-459. Halle/Saale.

THAXTER, C. B., ROSS-SMITH, V. H., CLARK, J. A., CLARK, N. A., CONWAY, G. J., MARSH, M., LEAT, E. H. K. & BURTON, N. H. K. (2014): A trial of three harness attachment methods and their suitability for long-term use on Lesser Black-backed Gulls and Great Skuas. *Ringing & Migration* 29/2, S: 65–76.

VOHWINKEL R., F. LÜDESCHER & O. MIOGA (2018): Einsatz von Rucksacksendern im Rahmen von Uhu-Telemetriestudien. *Eulenwelt* 2018: 43-47.

A ANHANG

A.1 Datengrundlage – Telemetriedaten der einzelnen Vögel

A.1.1 Männchen Rosacker 2017

Dieser Vogel wurde am 30.05.2017 mit einem Japannetz am Brutplatz gefangen (Abb. 50). Die Brut war erfolgreich, es ist mindestens ein Jungvogel flügge geworden. Auch im Folgejahr war die Brut erfolgreich. Die Kernel 50 %-Kontur zeigt einen Schwerpunkt am Brutplatz und zwei Schwerpunkte südwestlich des Brutplatzes. Diese betreffen zwei kleine Waldflächen, die der Vogel nach der Brutzeit auch als Tagesruheplatz häufig aufsuchte. Ein häufig aufgesuchter Bauernhof lag in etwa 800 m Entfernung südwestlich des Brutplatzes innerhalb der zentralen Kernel 50 %- Fläche.

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 03.06.17 – 26.04.2018 (327 Tage), 342.213 Positionen, 15.561 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 14,0 km², Kernel 50 %: 1,5 km² (Abb. 51 und Abb. 52),

Flugstrecke: insgesamt 2.082 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 26,3 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 6,4 km (Abb. 53 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,8 km (Abb. 53 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 56 % der Zeit.



Abb. 50 Jorg Welcker mit Männchen Rosacker 2017.

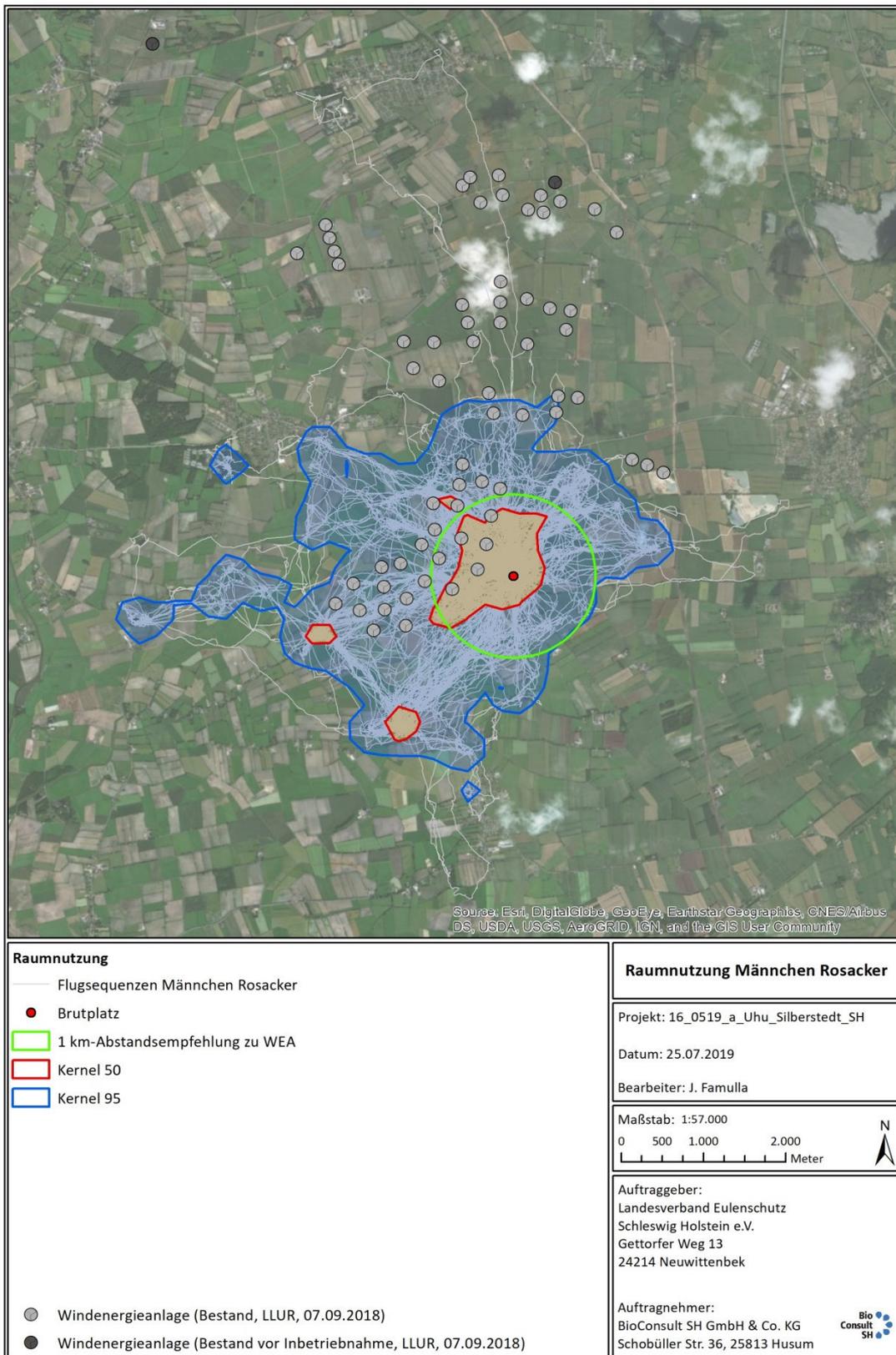


Abb. 51 Raumnutzung des Männchens Rosacker vom 03.06.2017 bis zum 26.04.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz: roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95% blau, Kernel 50% rot, WEA grau).

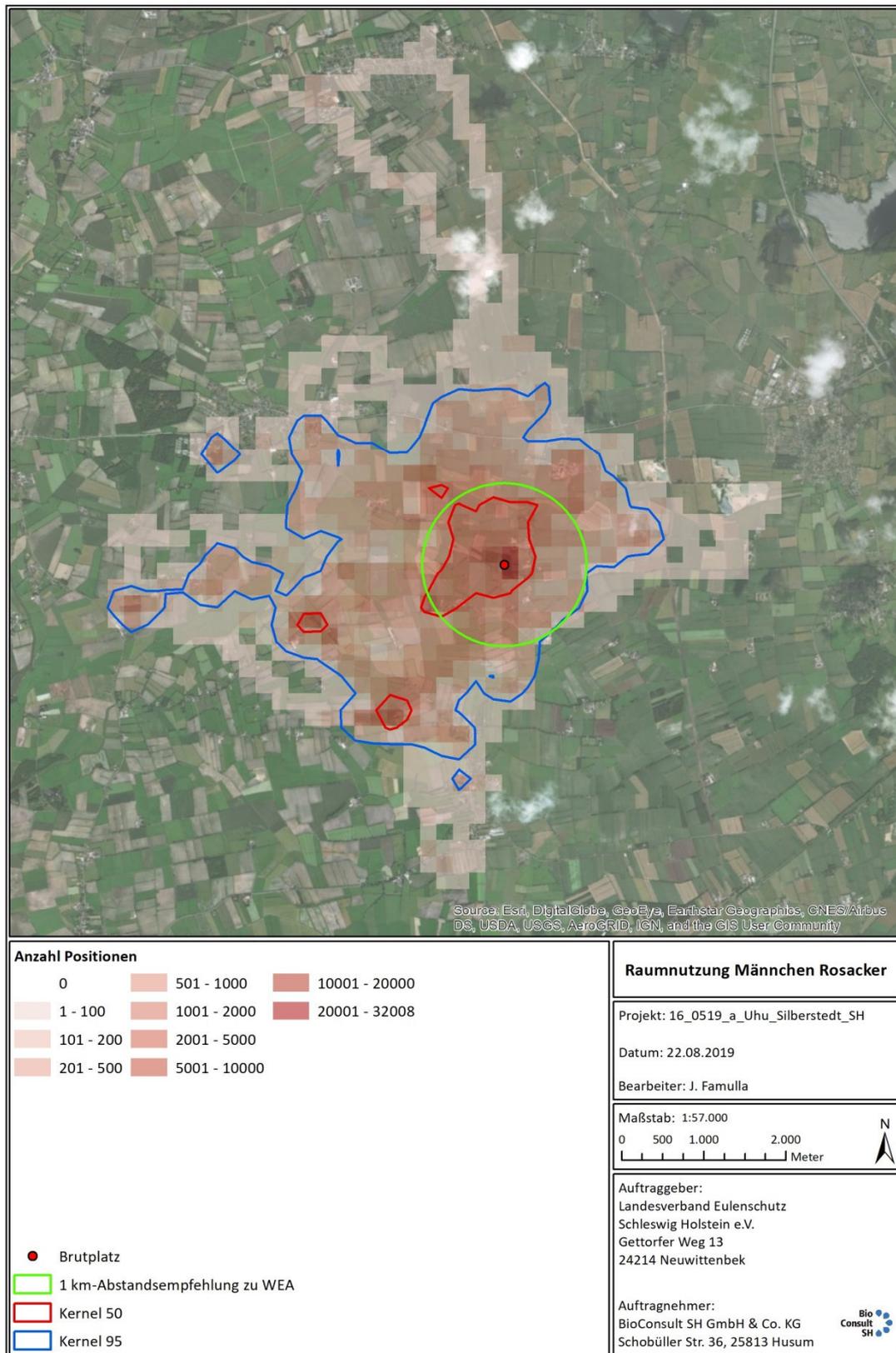


Abb. 52 Raumnutzung des Männchens Rosacker 2017 vom 03.06.2017 bis zum 26.04.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau.

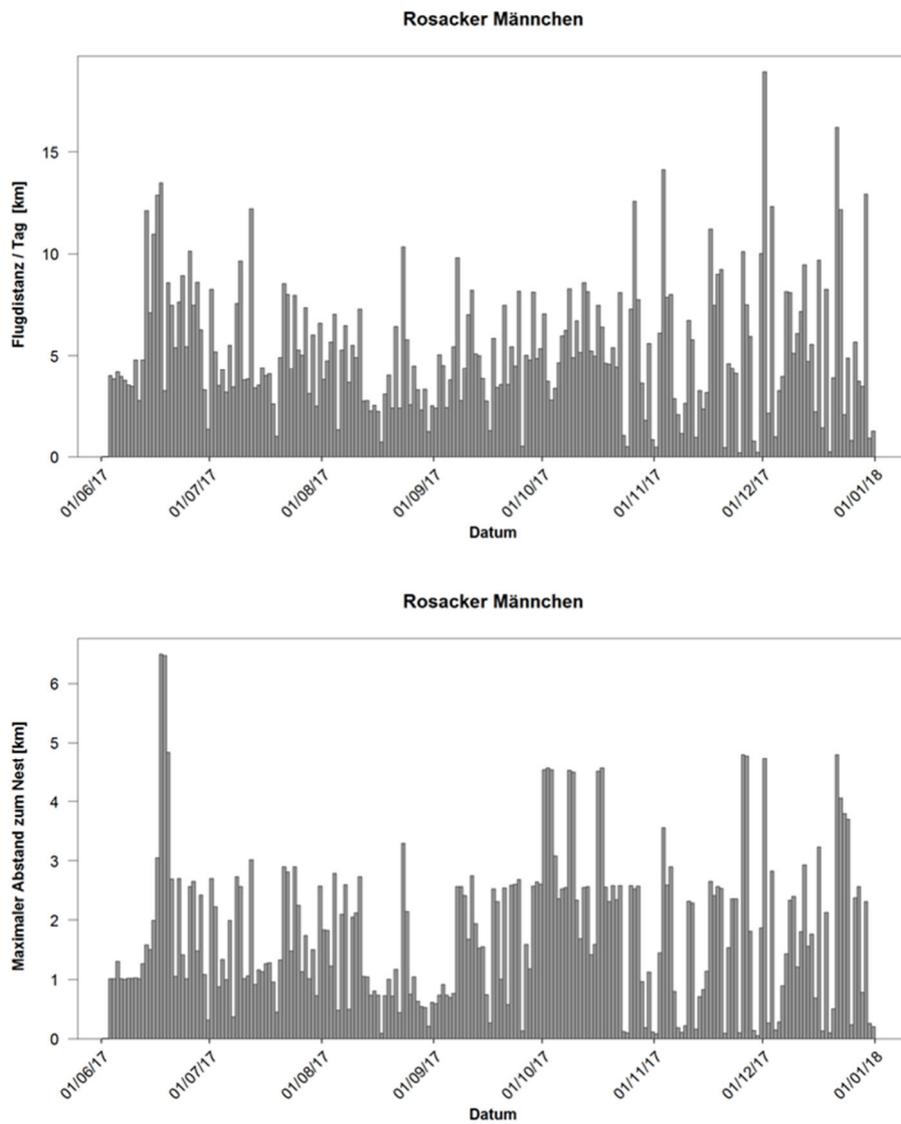


Abb. 53 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens vom Brutplatz Rosacker 2017 und 2018.

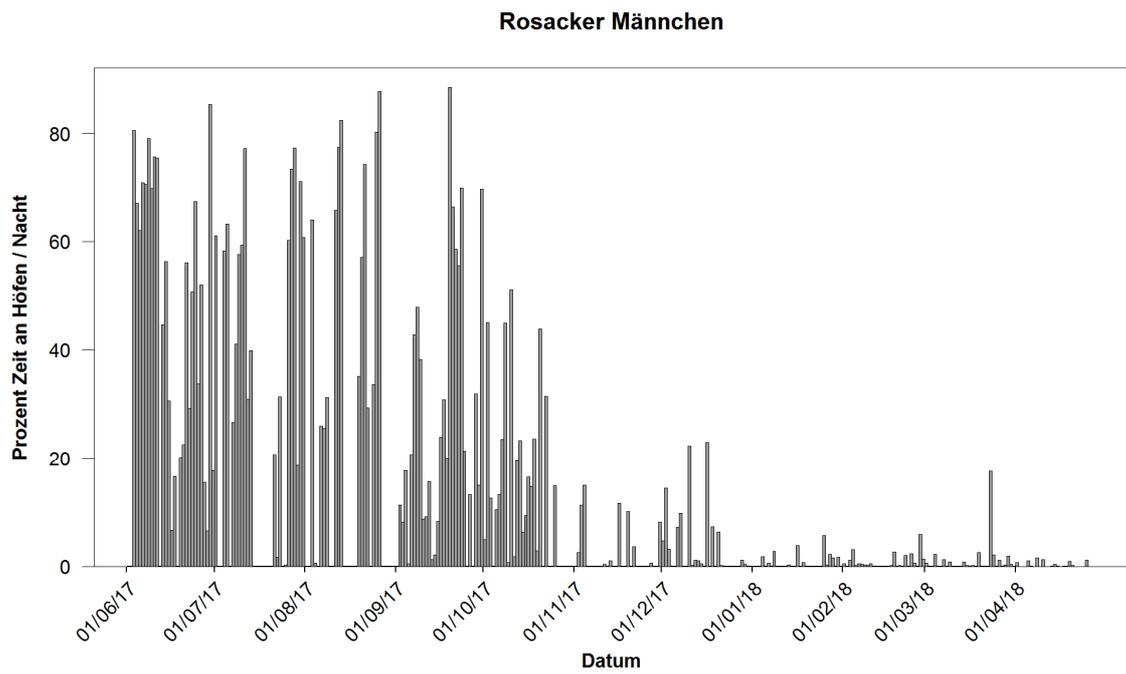


Abb. 54 *Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Rosacker 2017.*

A.1.2 Männchen Lindewitt 2017

Dieser Vogel (Abb. 56) wurde am 11.07.2017 mit einer Kastenfalle am Brutplatz gefangen. Zu diesem Zeitpunkt waren zwei fast flügge Jungvögel auf einer Jagdkanzel (Abb. 55).

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 11.07.17 – 30.03.2018 (262 Tage), 341.196 Positionen, 17.081 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 17,8 km², Kernel 50 %: 2,6 km² (Abb. 57 und Abb. 58).

Flugstrecke: insgesamt 2.153 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 27,0 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 8,2 km (Abb. 59 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 2,2 km (Abb. 59 unten.).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 35 % der Zeit. Bei diesem Wert ist zu beachten, dass der Neststandort im Folgejahr (2018) nicht besetzt wurde, vermutlich aufgrund des Verlusts des Partnervogels (Totfund eines Altvogels in Nestnähe). Der Vogel hat sich bis 2018 nicht neu verpaart und war somit an keiner Brut beteiligt. Das Aktivitätszentrum lag 2018 östlich des Brutplatzes von 2017 im gleichen Wald.



Abb. 55 *Fast flügger Jungvogel am Brutplatz Lindewitt 2017 (Jagdkanzel).*



Abb. 56 *Männchen Lindewitt 2017 in der Nähe des Brutplatzes.*

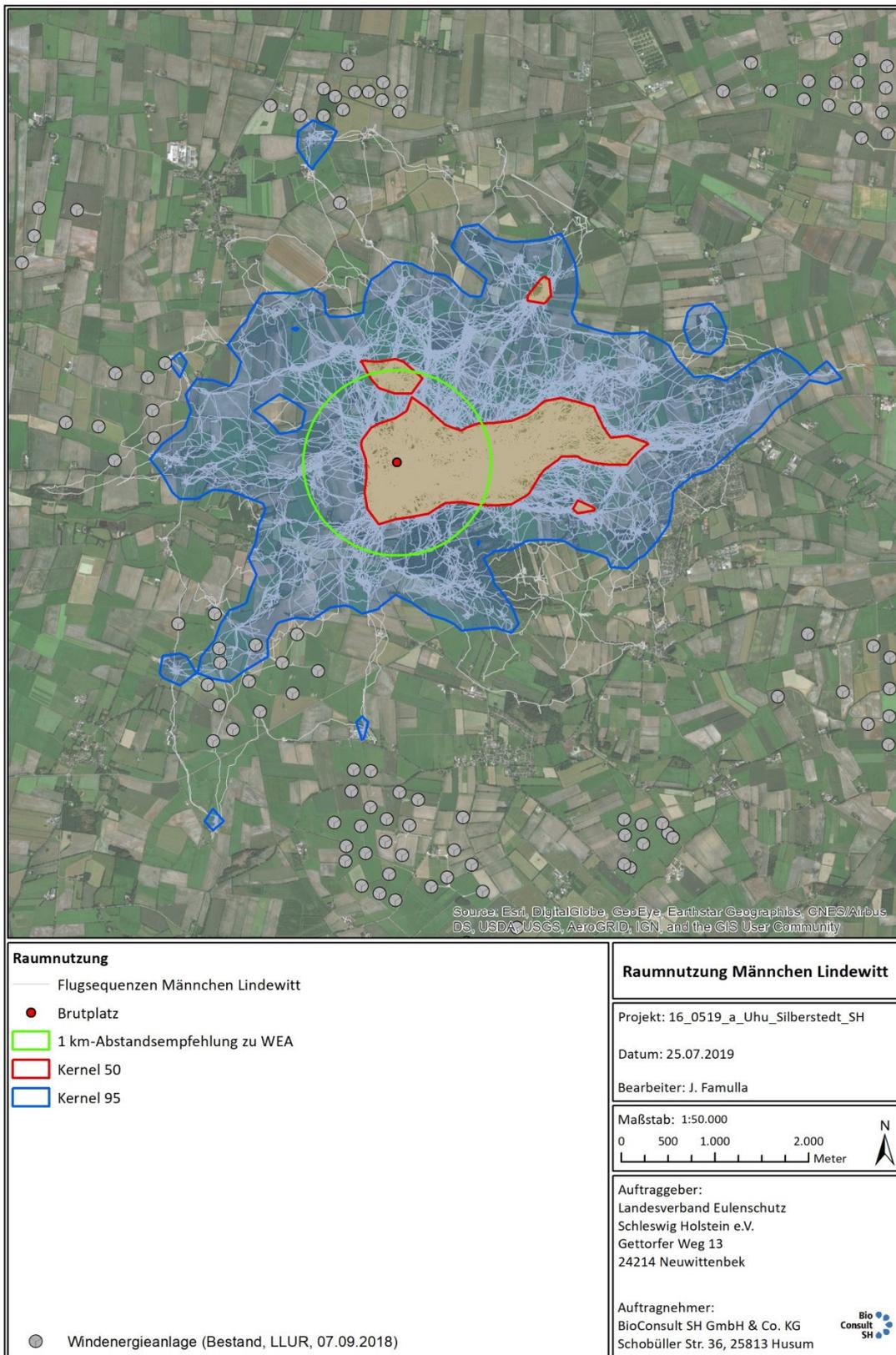


Abb. 57 Raumnutzung des Männchens Lindewitt 2017 vom 11.07.2017 bis zum 30.03.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.

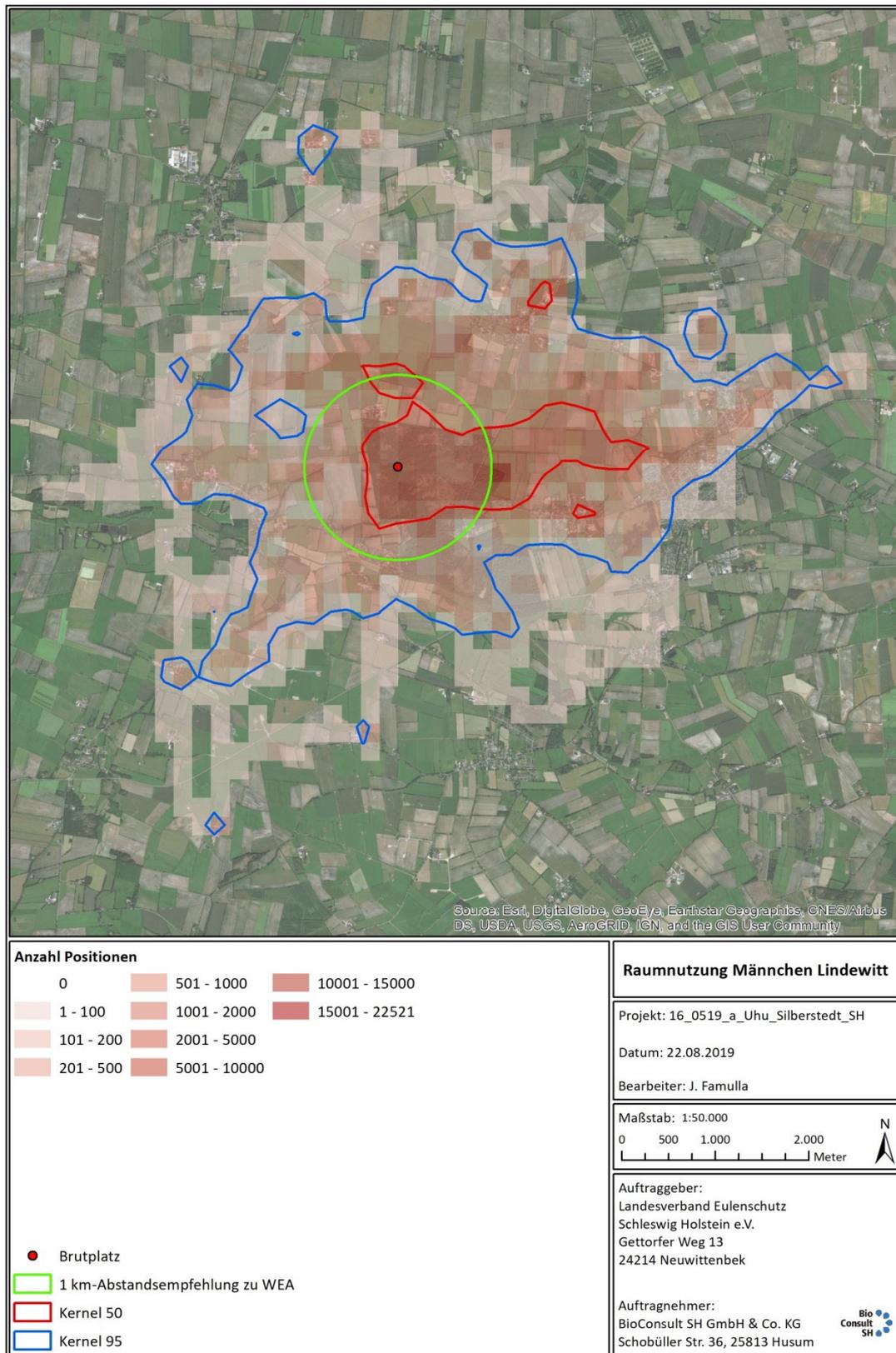


Abb. 58 Raumnutzung des Männchens Lindewitt vom 11.07.2017 bis zum 30.03.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau.

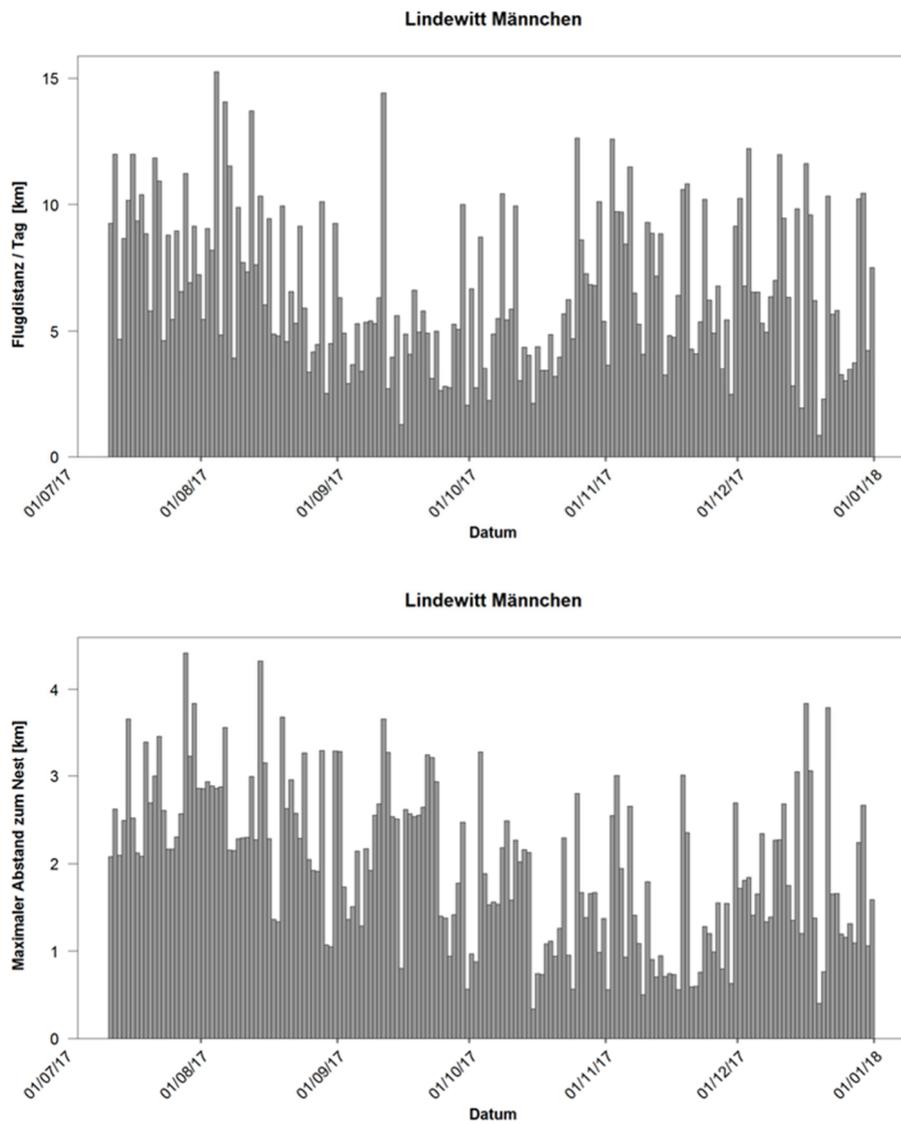


Abb. 59 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens Lindewitt 2017.

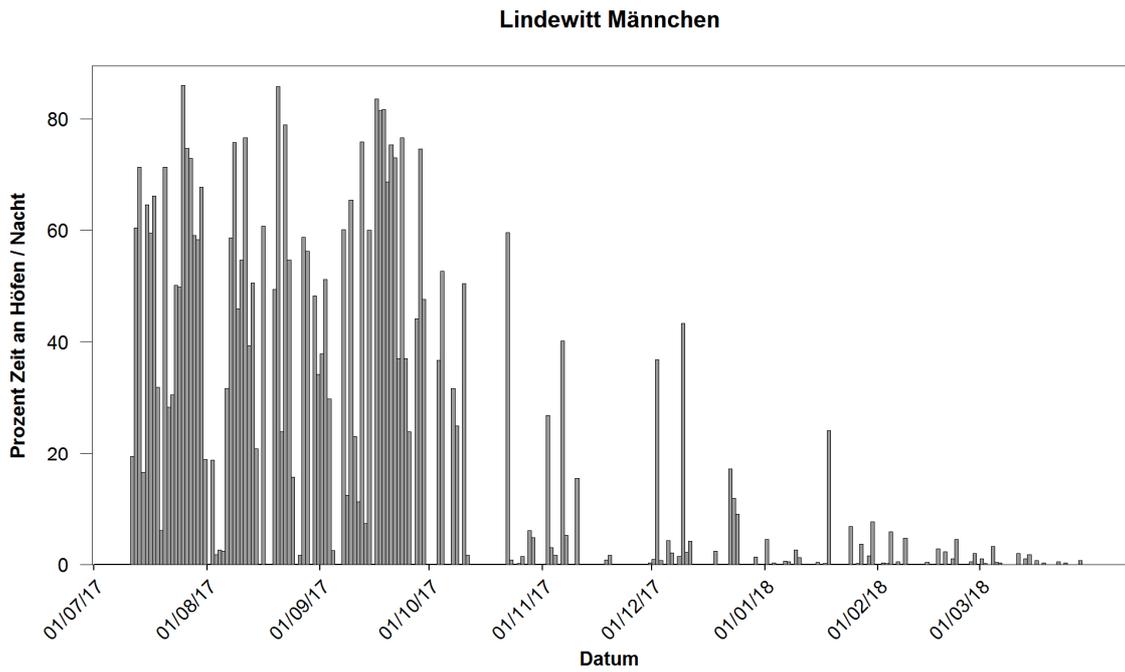


Abb. 60 Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Lindewitt 2017.

A.1.3 Männchen Hochmoor 2017

Dieser Vogel wurde am 17.07.2017 mit einer Kastenfalle in der Nähe des Brutplatzes gefangen. Der Vogel zeigte 13 Nächte mit hoher Flugaktivität, in denen er zumeist einen 3,2 km in nordöstlicher Richtung gelegenen Bauernhof aufsuchte (Abb. 61). Ab dem 01.08.2017 nahm die Aktivität sehr stark ab, indem der Vogel kaum noch flog und zuletzt den Brutwald nicht mehr verließ. Der Vogel starb in der Nacht vom 06. auf den 07. 08.2017. Einige Tage später wurde der Vogel gefunden, die Todesursache konnte nicht mehr bestimmt werden, da der Körper - vermutlich von einem Fuchs - bereits zerrissen war. Eine Sekundärvergiftung mit Rattengift auf dem häufig aufgesuchten Bauernhof kann zum Tod des Vogels geführt haben. Eine toxikologische Untersuchung wurde nicht durchgeführt. Es gibt keine Hinweise auf Auswirkungen des Fanges oder des Senders. In 2018 gab es an dem Brutplatz Hochmoor eine erfolgreiche Brut, ein neues Brutmännchen hatte sich mit dem ebenfalls besenderten Weibchen verpaart. Die geringe Ausdehnung des Home-range liegt an der kurzen Aufzeichnungszeit und ist damit eine Folge des geringen Datenumfanges.

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung mit Flugaktivität vom 19.07.17 – 30.07.2017 (11 Tage), 14.637 Positionen, 604 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 6,2 km², Kernel 50 %: 1,6 km² (Abb. 61 und Abb. 62), Werte sind aufgrund des geringen Datenumfanges wenig aussagekräftig.

Flugstrecke: insgesamt 114 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 16,5 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 9,5 km (Abb. 64 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 2,9 km (Abb. 64 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 30 % der Zeit. Wert ist aufgrund des geringen Datenumfanges wenig aussagekräftig.

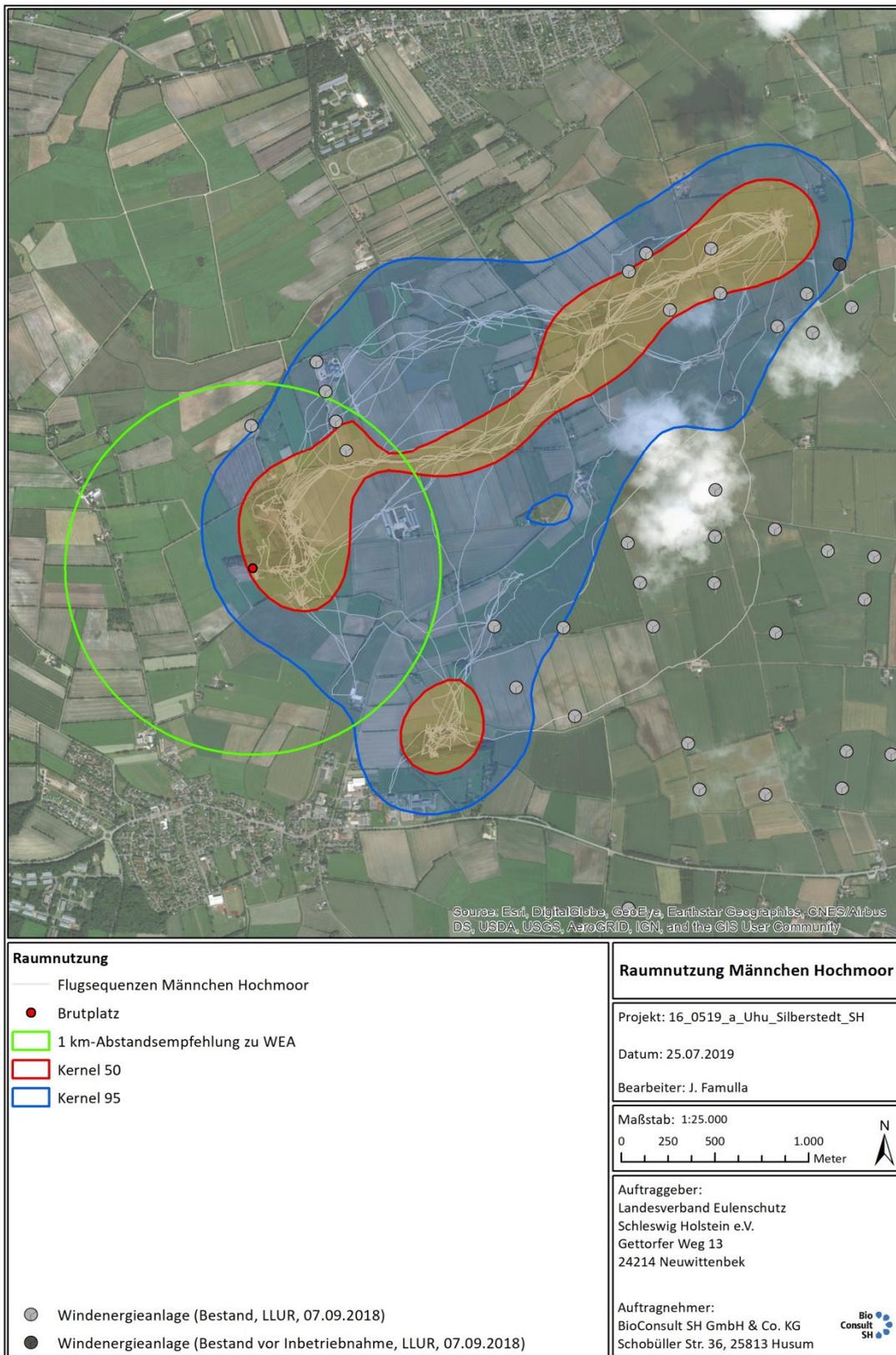


Abb. 61 Raumnutzung des Männchens Hochmoor 2017 vom 19.07.2017 bis zum 30.07.2017 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.

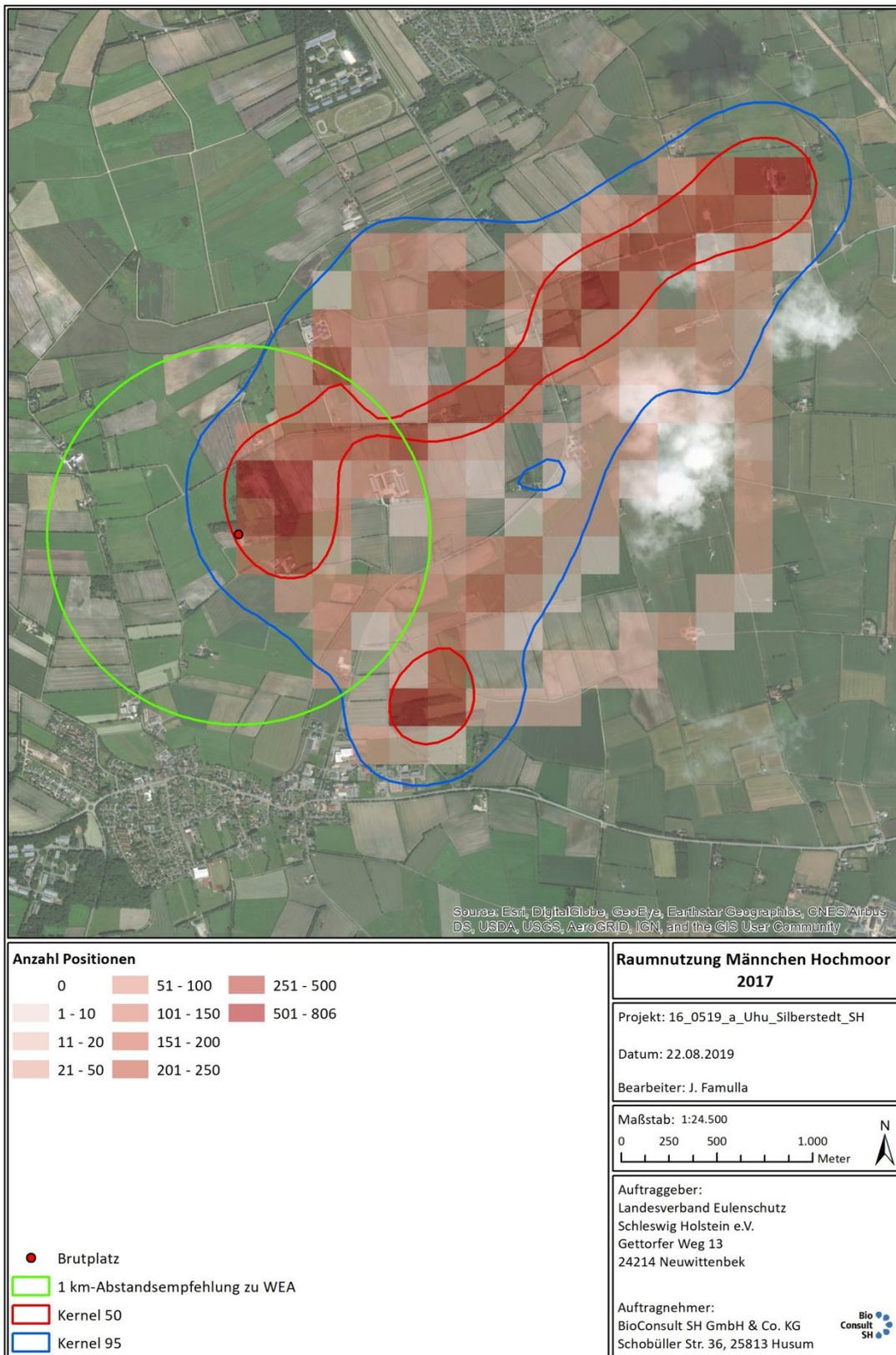


Abb. 62 Raumnutzung des Männchens Hochmoor vom 19.07.2017 bis zum 30.07.2017 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau.



Abb. 63 Letzter Streckenflug des Männchens Hochmoor 2017 in der Nacht vom 30. auf den 31. Juli 2017. Der nordöstliche Punkt ist der regelmäßig aufgesuchte Bauernhof in 3,2 km Entfernung zum Brutplatz (Punktwolke im Fichtenwald im Südwesten zeigt den Neststandort).

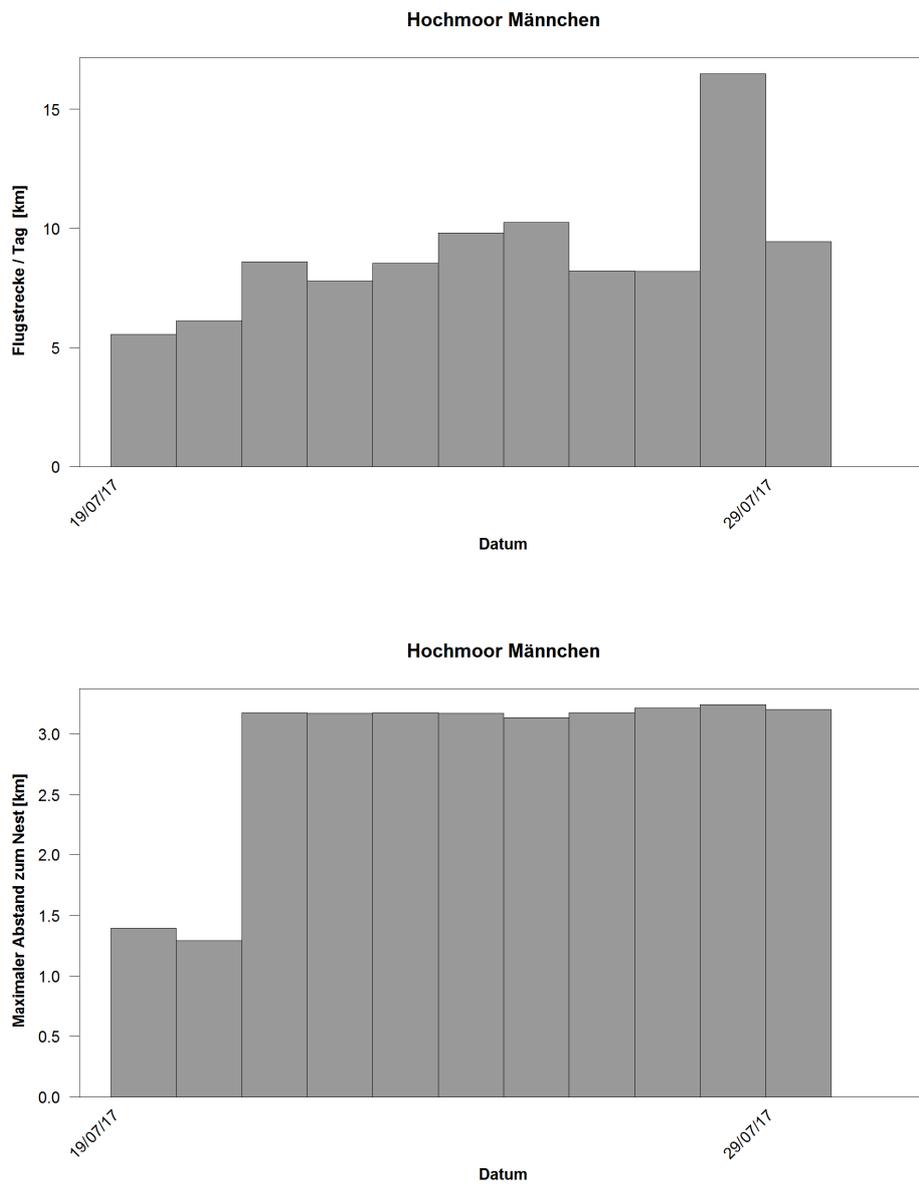


Abb. 64 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens Hochmoor 2017.

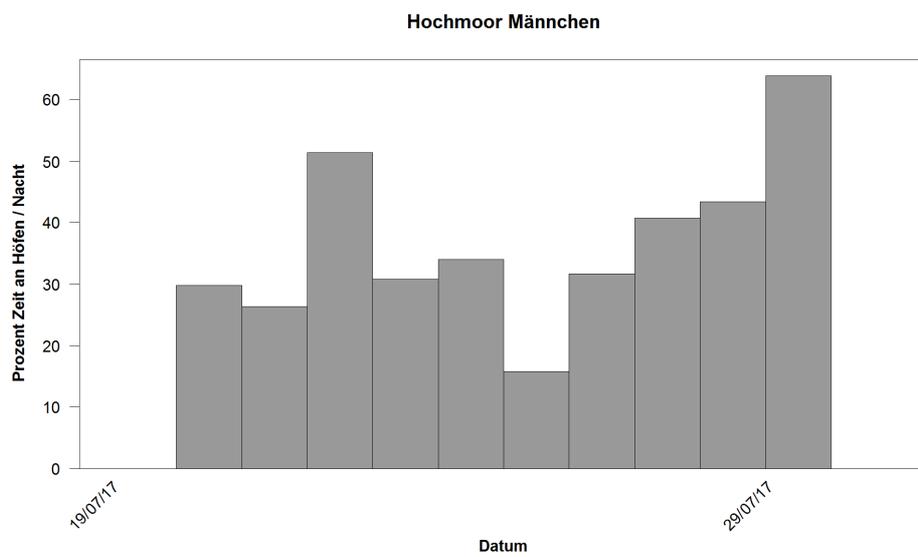


Abb. 65 *Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Hochmoor 2017.*

A.1.4 Weibchen Hochmoor 2017

Dieser Vogel wurde am 18.07.2017 mit einer Kastenfalle in der Nähe des Brutplatzes gefangen. Der Sender zeichnete bis zum 22.11.2017 kontinuierlich Daten auf. Die Laufzeit des Senders lag etwas niedriger als erwartet. Ob zu niedrige Batteriespannung zum Abbruch der Datenaufzeichnung geführt hat oder ein nicht näher bestimmbarer Defekt des Senders vorliegt konnte nicht geklärt werden.

Dieses Weibchen ist dem benachbarten ebenfalls besenderten Männchen Rosacker am 27.07.2017 zwischen 22:00 – 22:30 Uhr begegnet (Abb. 68). Zu diesem Zeitpunkt lebte das Männchen Hochmoor noch, es starb am 07.08.2017 (siehe A. 1. 3). Danach hat das Weibchen Hochmoor 2017 am 02.09.2019 von 03:15 bis 18:56 einen benachbarten Uhubrutplatz gezielt aufgesucht (Kap. A.1.4, Abb. 67).

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 19.07.17 – 22.11.2017 (126 Tage), 123.751 Positionen, 6.097 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 20,8 km², Kernel 50 %: 1,2 km² (Abb. 66 und Abb. 67),

Flugstrecke: insgesamt 743 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 21,6 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 5,8 km (Abb. 69 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,6 km (Abb. 69 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 50,2 % der Zeit.

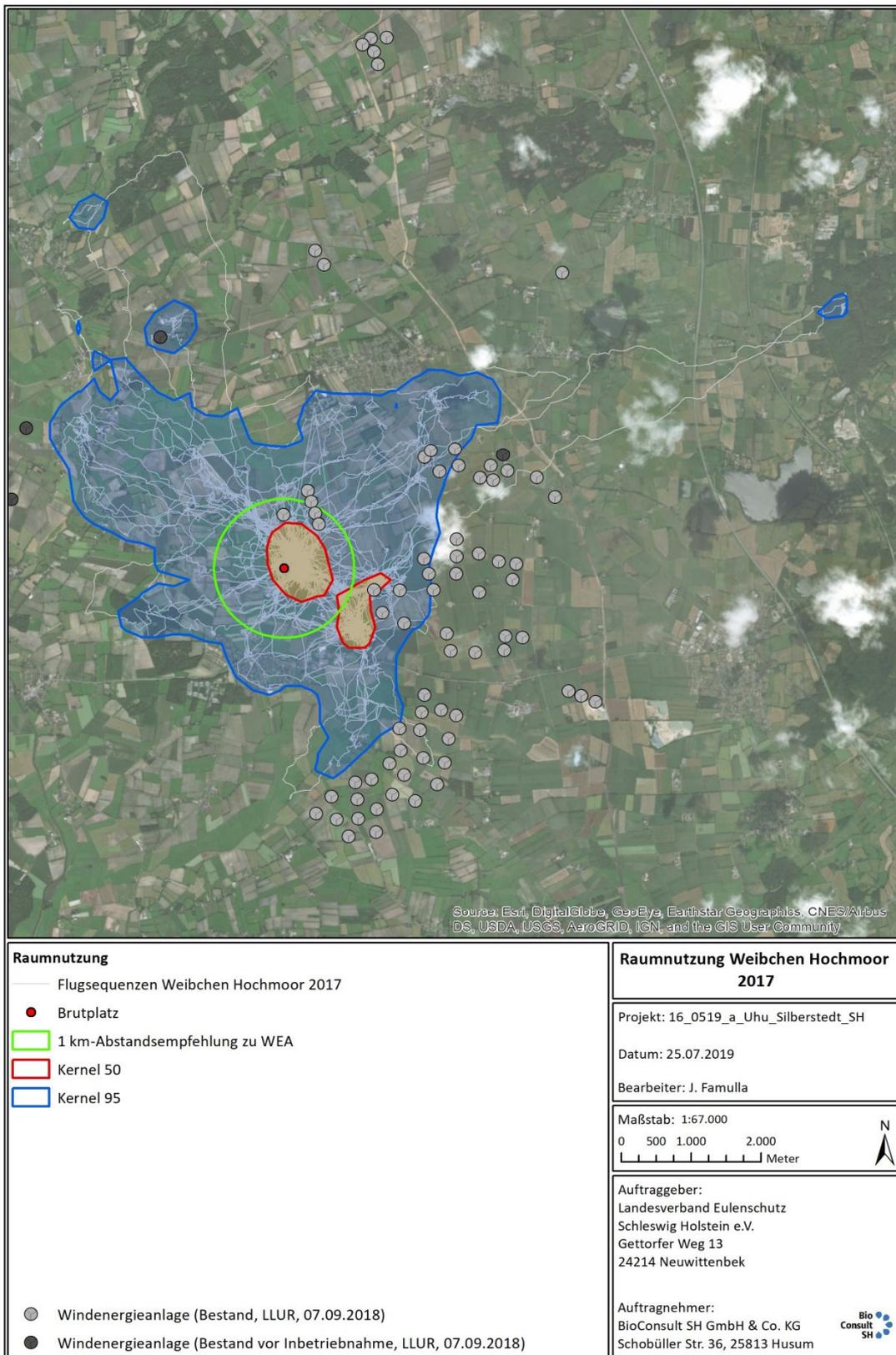


Abb. 66 *Raumnutzung des Weibchens Hochmoor 2017 vom 19.07.2017 bis zum 22.11.2017 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau. Die isolierte blaue Kernel 95%-Kontur im Nordosten liegt an einem benachbarten Uhubrutplatz (Idstedt).*

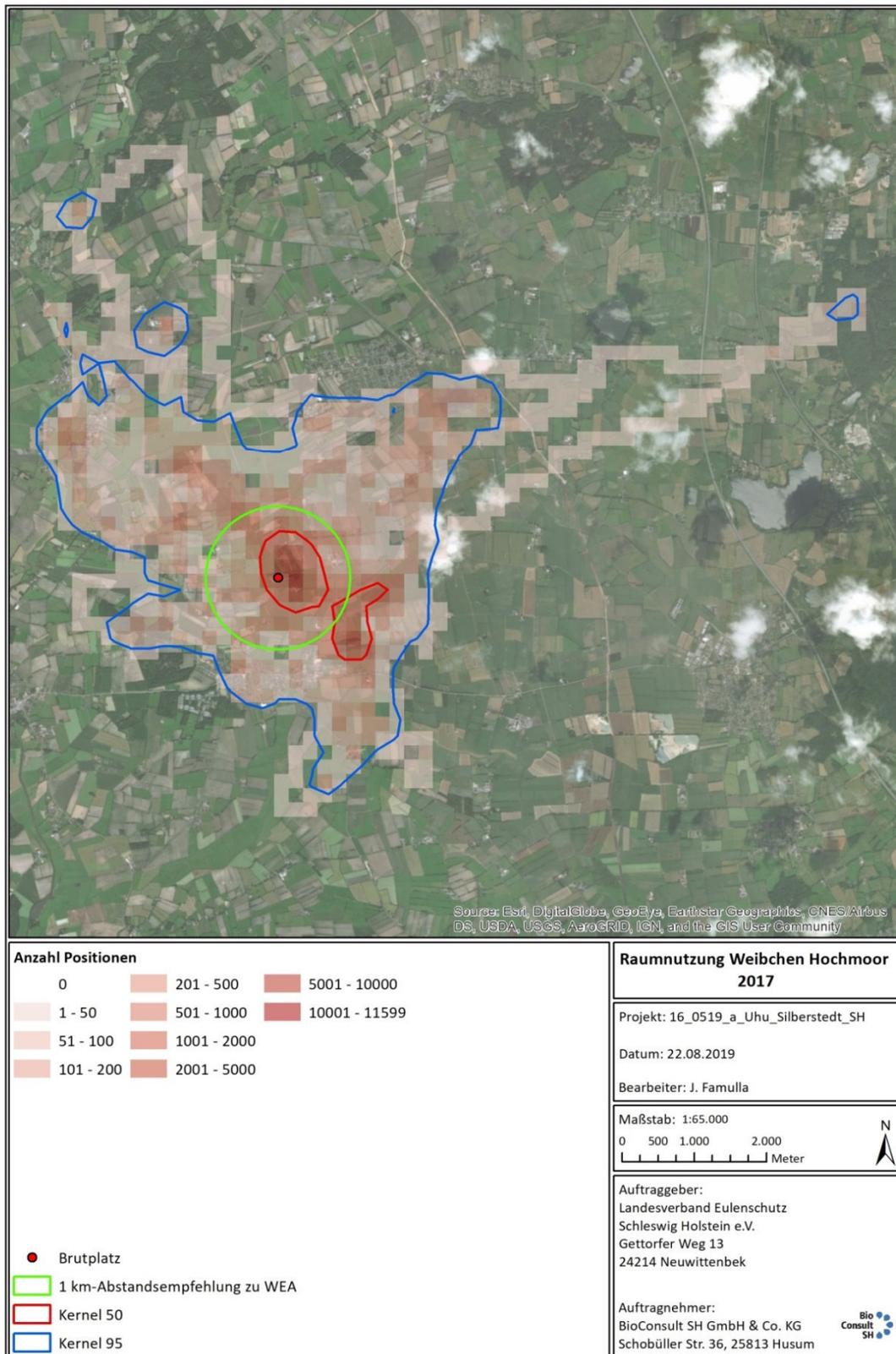


Abb. 67 Raumnutzung des Weibchens Hochmoor vom 19.07.2017 bis zum 31.12.2017 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau). Die isolierte blaue Kernel 95%-Kontur im Nordosten liegt an einem benachbarten Uhubrutplatz (Idstedt).



Abb. 68 Das Weibchen Hochmoor (Flugstrecke rot) trifft auf das zeitgleich besenderte Männchen Rosacker (Flugstrecke grün) am 27.07.2017 zwischen 22:00 – 22:30 Uhr. (Das Männchen Hochmoor wird am 07.08.2017 sterben, siehe A. 1. 3). Der Ort der Begegnung (rotes Quadrat) wird im Überlappungsbereich der Homeranges dargestellt. Weibchen Hochmoor 2017 graue Linie, Männchen Rosacker schwarze Linie).

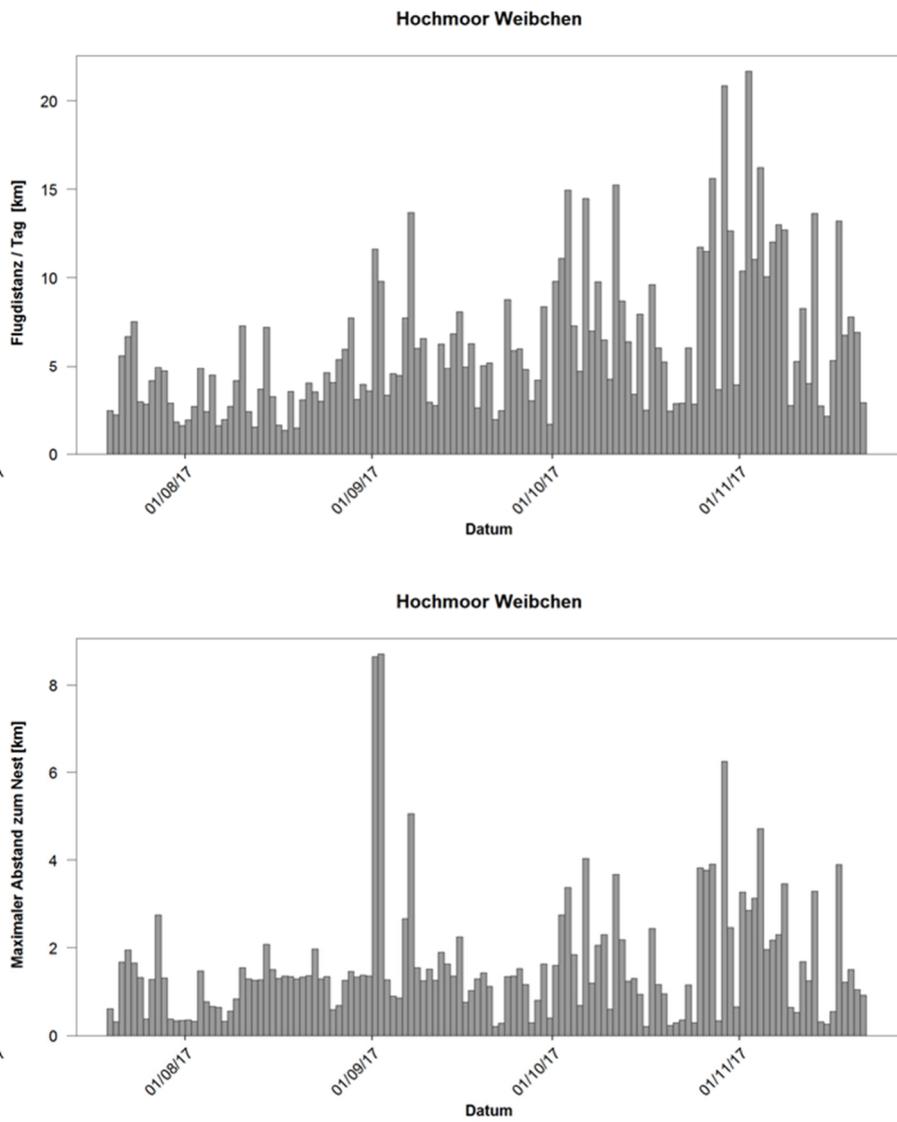


Abb. 69 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Weibchens Hochmoor 2017.

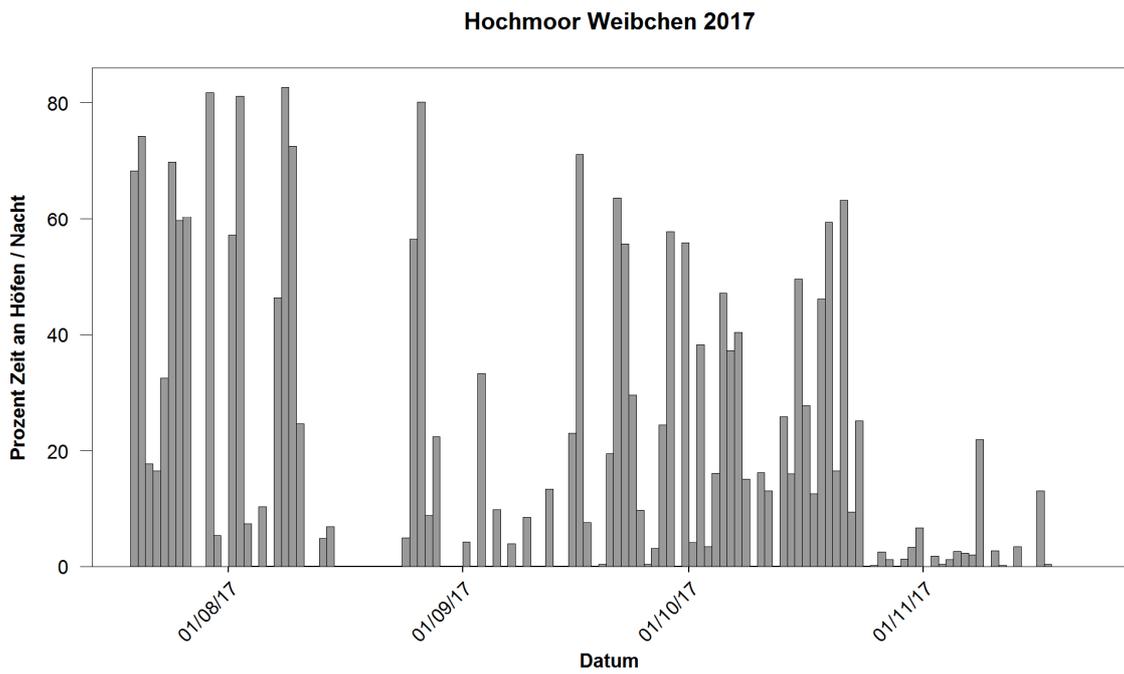


Abb. 70 Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchen Hochmoor 2017.

A.1.5 Weibchen Hochmoor 2018

Das Weibchen vom Brutplatz Hochmoor wurde am 03.05. 2018 erneut gefangen. Es trug den inaktiven Sender und den Fußring. Die Lage des Senders war einwandfrei und es zeigten sich keinerlei Scheuerstellen auf der Haut entlang der Teflonbänder des Senders. Die Auswertungen wurden für die zwei Untersuchungszeiträume dieses Vogels separat als Weibchen Hochmoor 2017 und 2018 durchgeführt.

Der Vogel ist am 21.07.2018 um 21:35:59 auf der Landstraße nördlich von Silberstedt von einem Kraftfahrzeug überfahren worden (Abb. 75).

Obwohl an diesem Brutplatz das Männchen am 07.08.2017 und das Weibchen am 21.07.2018 starben, gab es in den Jahren 2017 bis 2019 flügger Jungvögel an diesem Brutplatz. Die gestorbenen Vögel sind in beiden Fällen rechtzeitig ersetzt worden.

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 05.05.2018 – 21.07.2018 (77 Tage), 99.626 Positionen, 5.246 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 11,5 km², Kernel 50 %: 0,8 km² (Abb. 71 und Abb. 72),

Flugstrecke: insgesamt 567 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 12,9 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 7,6 km (Abb. 73 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,8 km (Abb. 73 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 61 % der Zeit.

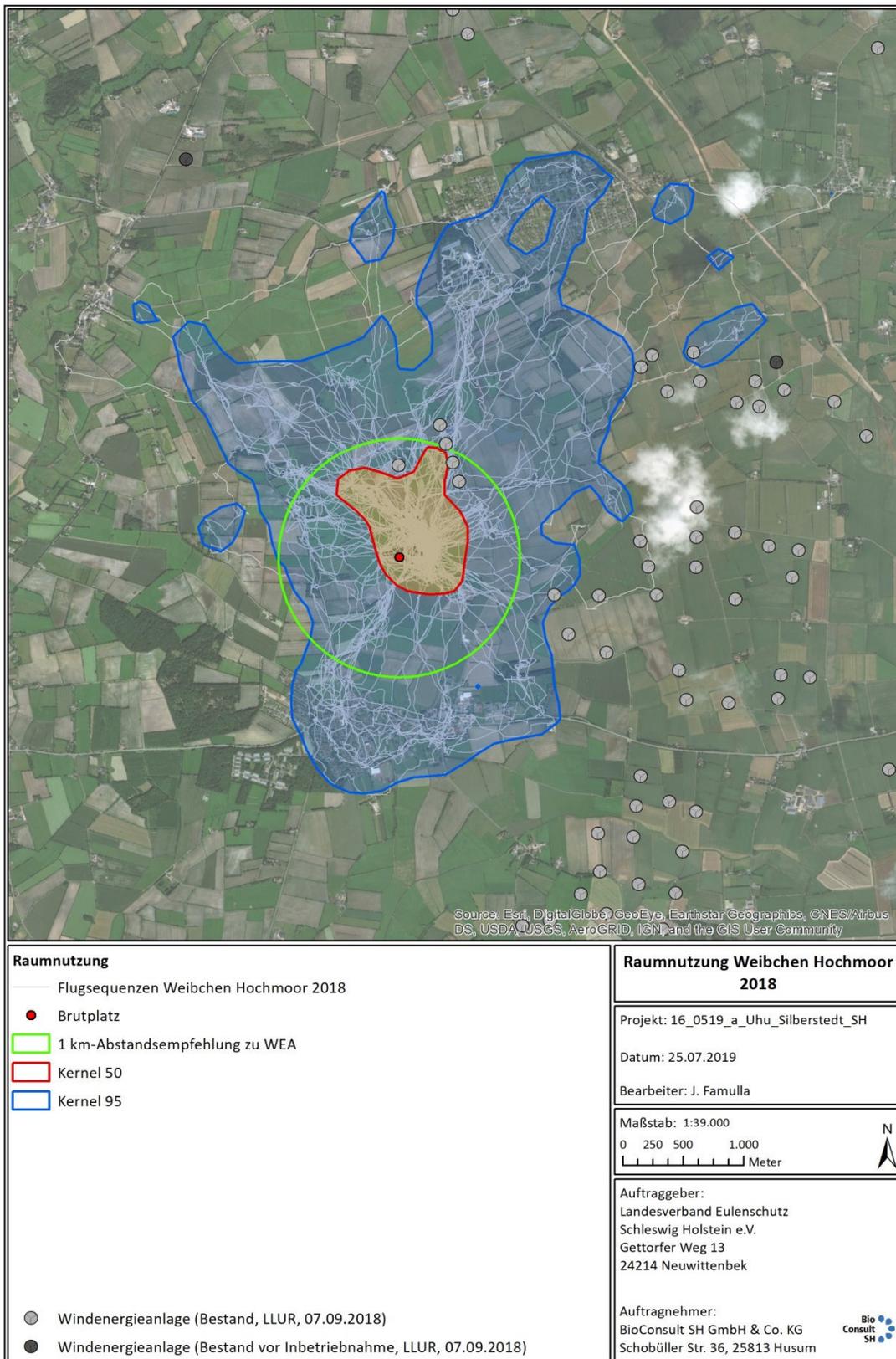


Abb. 71 *Raumnutzung des Weibchens Hochmoor 2018 vom 05.05.2018 bis zum 21.07.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.*

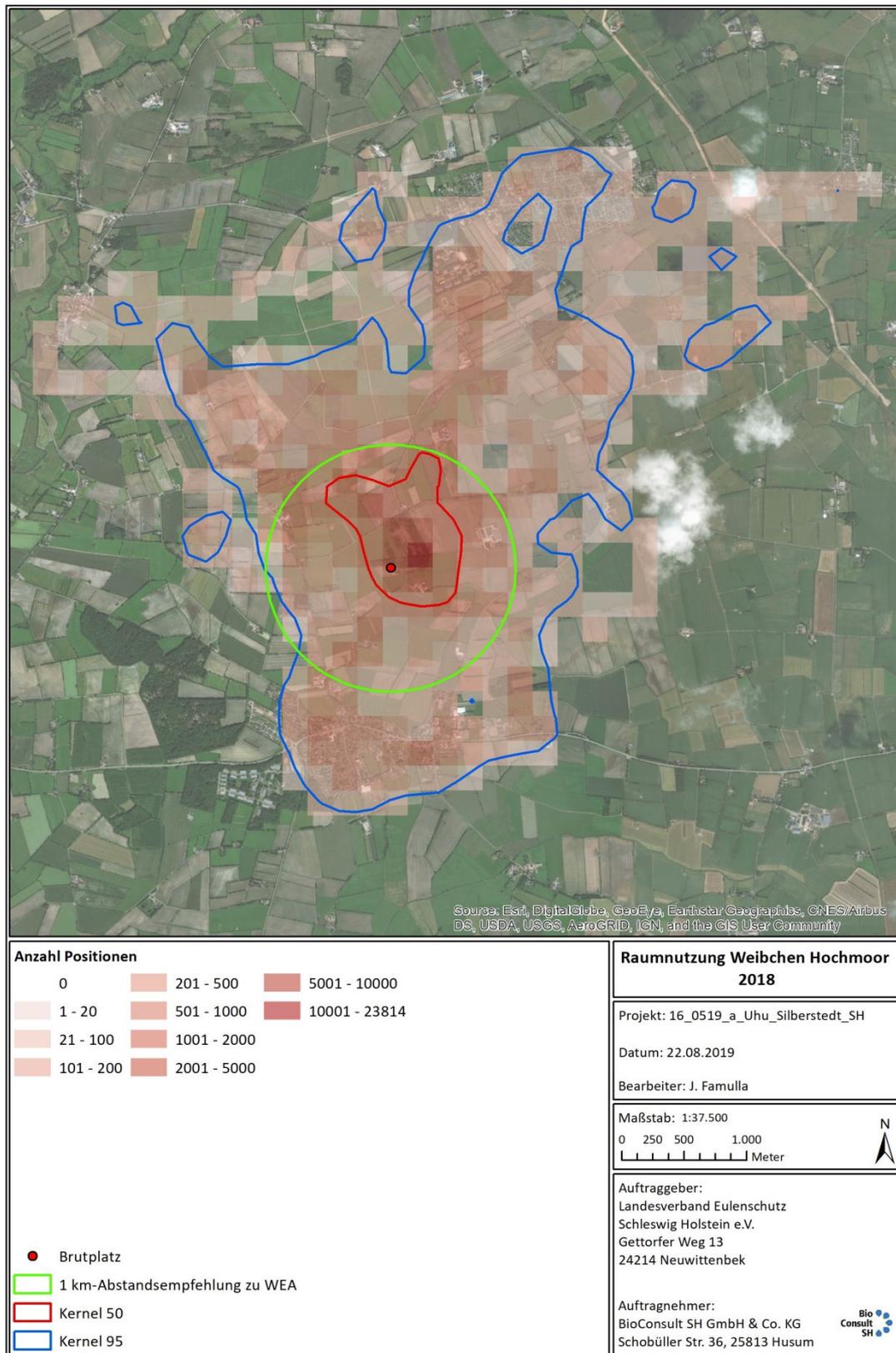


Abb. 72 Raumnutzung des Weibchens Hochmoor 2018 vom 05.05.2018 bis zum 21.07.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau.

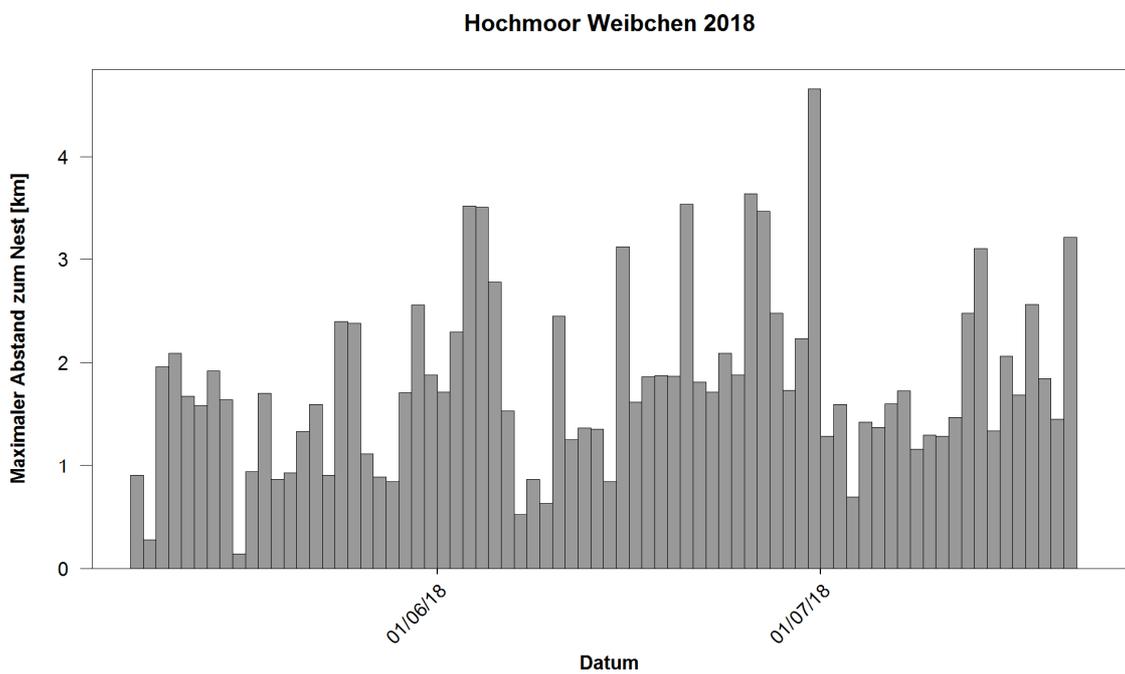
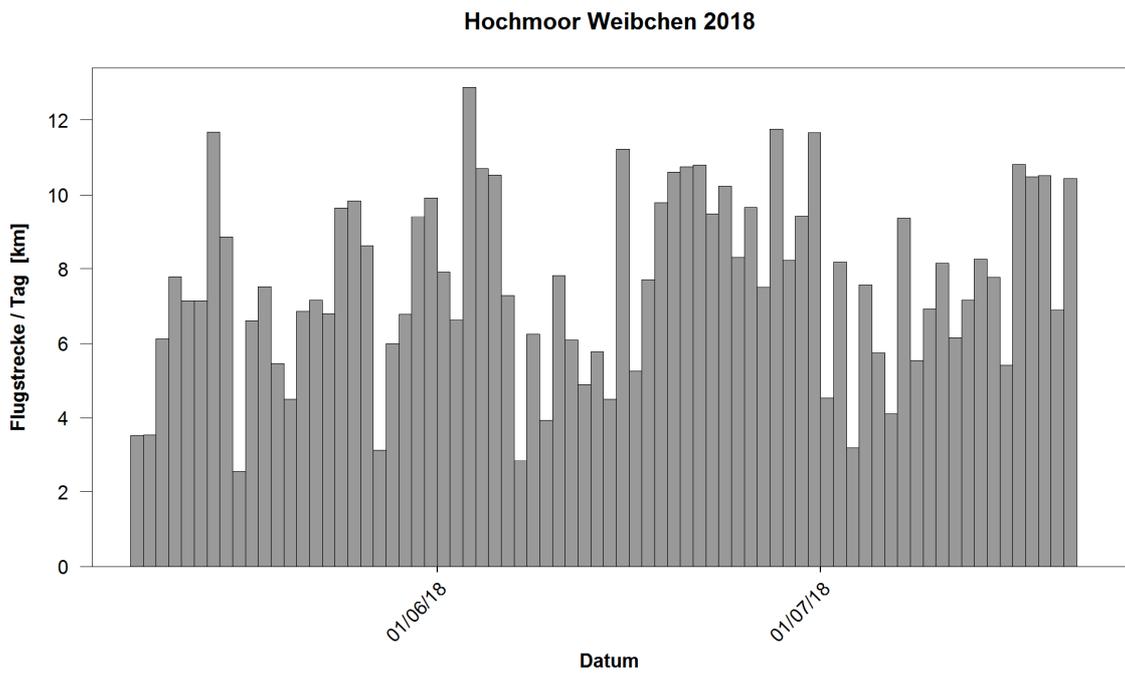


Abb. 73 *Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Männchens vom Weibchens Hochmoor 2018.*

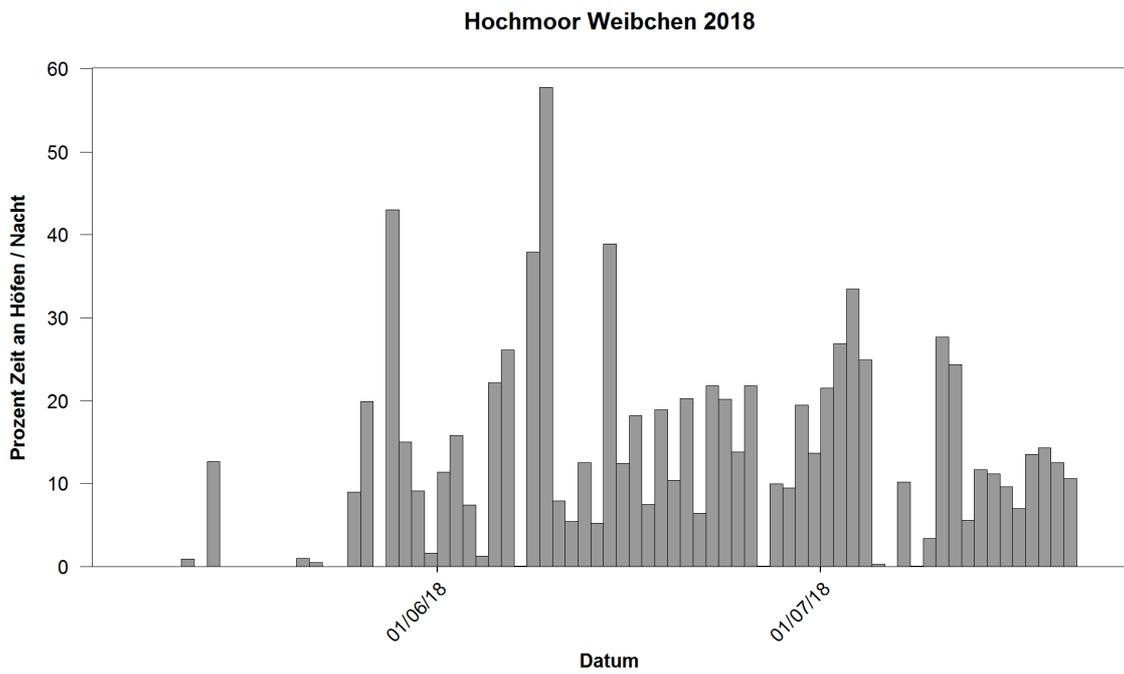


Abb. 74 Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchen Hochmoor 2018.

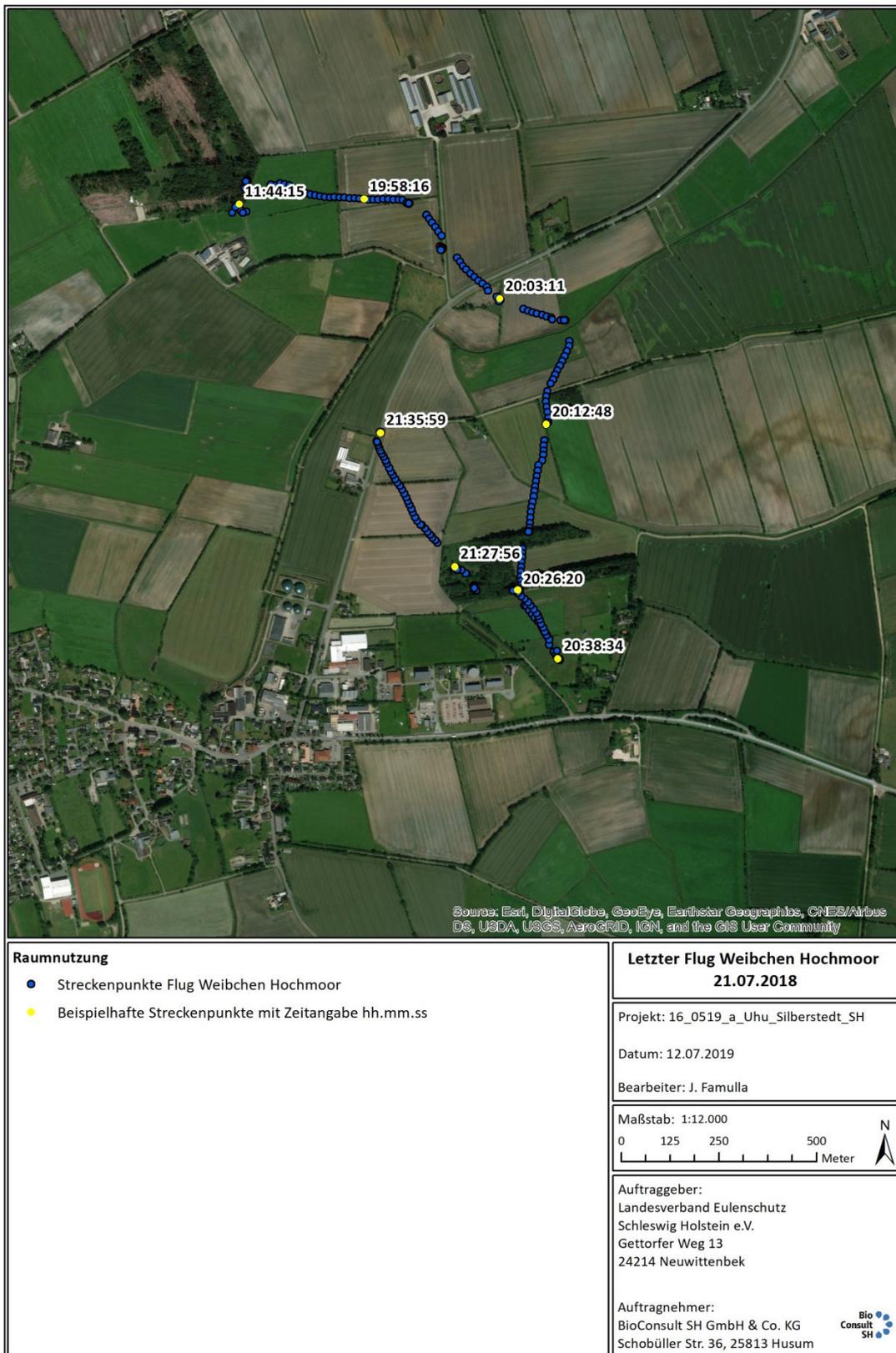


Abb. 75 Flugstrecke des Weibchens Hochmoor am Abend des 21.07.2018. Das Weibchen wurde um 21:35:59 durch ein Kraftfahrzeug auf der Landstraße nördlich von Silberstedt überfahren.

A.1.6 Weibchen Kropp 2018

Das Weibchen Kropp wurde am 06.05. 2018 mit einer Kastenfalle gefangen. Der Brutplatz lag 2018 und 2019 jeweils in einem im Vorjahr vom Habicht erbauten Nest, beide Uhubruten waren erfolgreich.

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 08.05.2018 – 07.04.2019 (334 Tage), 271.264 Positionen, 13.693 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 14,4 km², Kernel 50 %: 0,9 km² (Abb. 76 und Abb. 77),

Flugstrecke: insgesamt 1.690 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 18,9 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 5,0 km (Abb. 78 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,6 km (Abb. 78 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 60 % der Zeit.

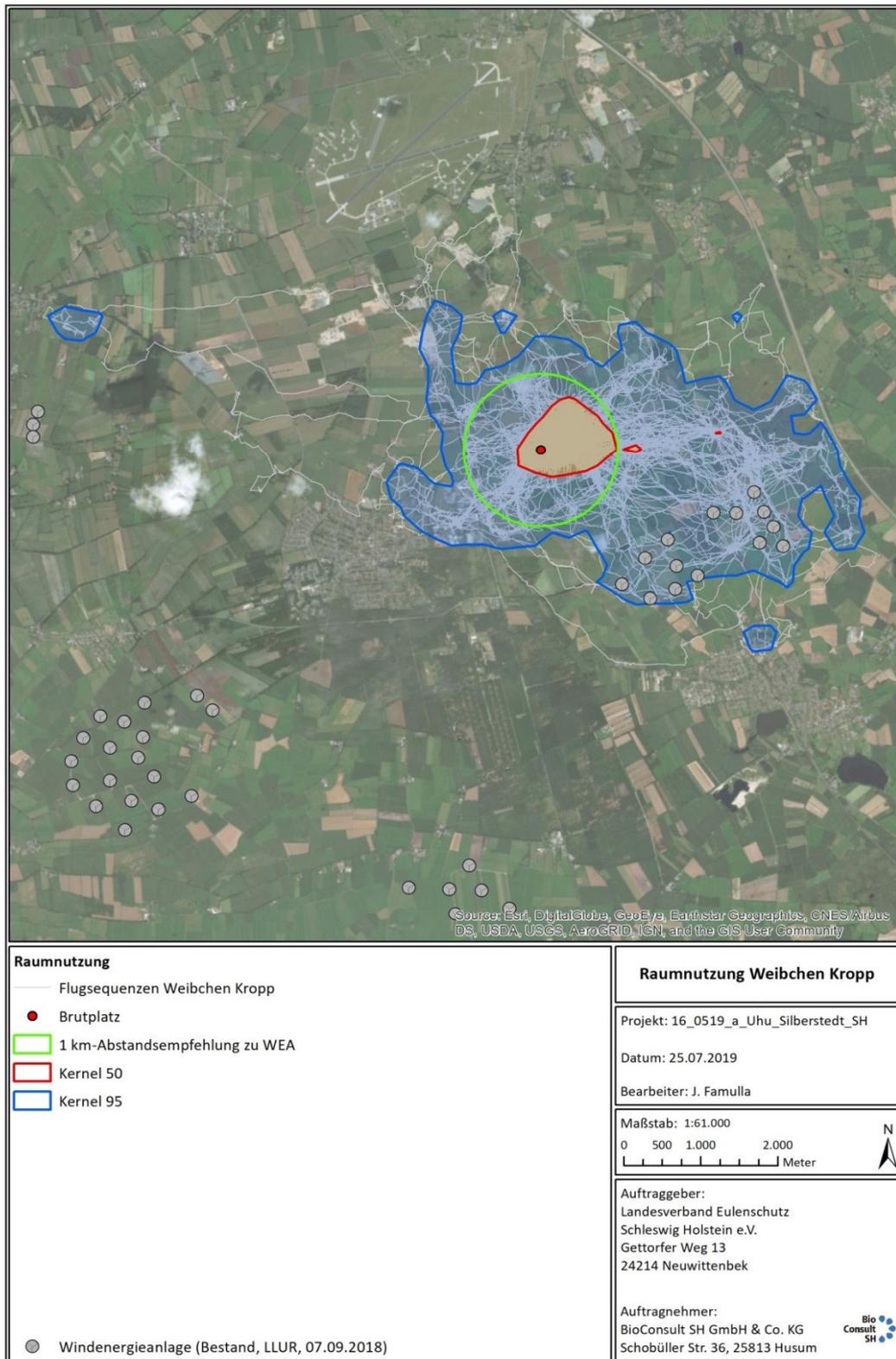


Abb. 76 *Raumnutzung des Weibchens Kropp 2018 vom 08.05.2018 bis zum 07.04.2019 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau. Im isolierten Bereich im Westen der Kernel 95-Kontur befindet sich ein Rundballenlager aus Stroh. Dieser Platz wurde aber nur einmal aufgesucht.*

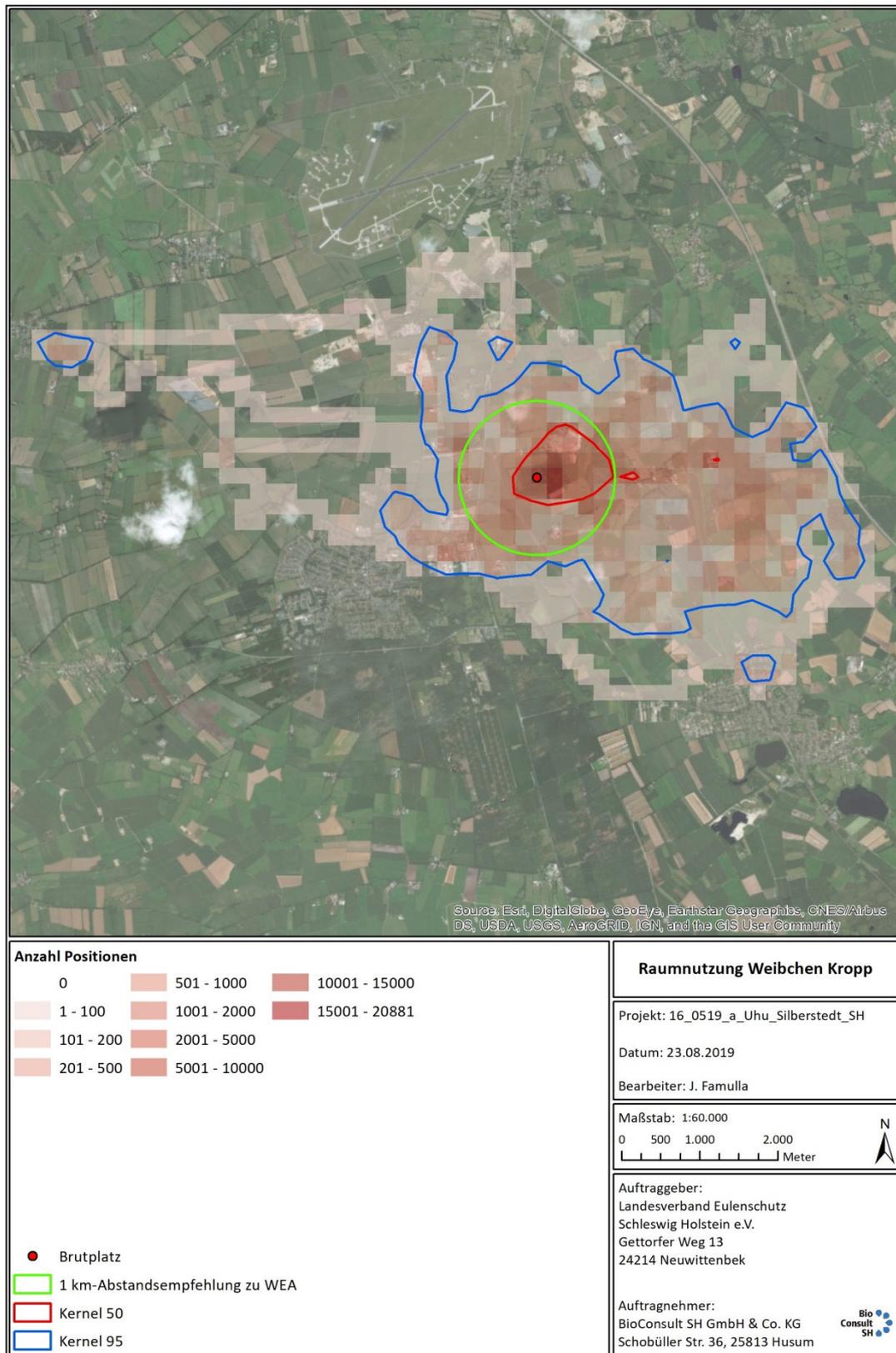
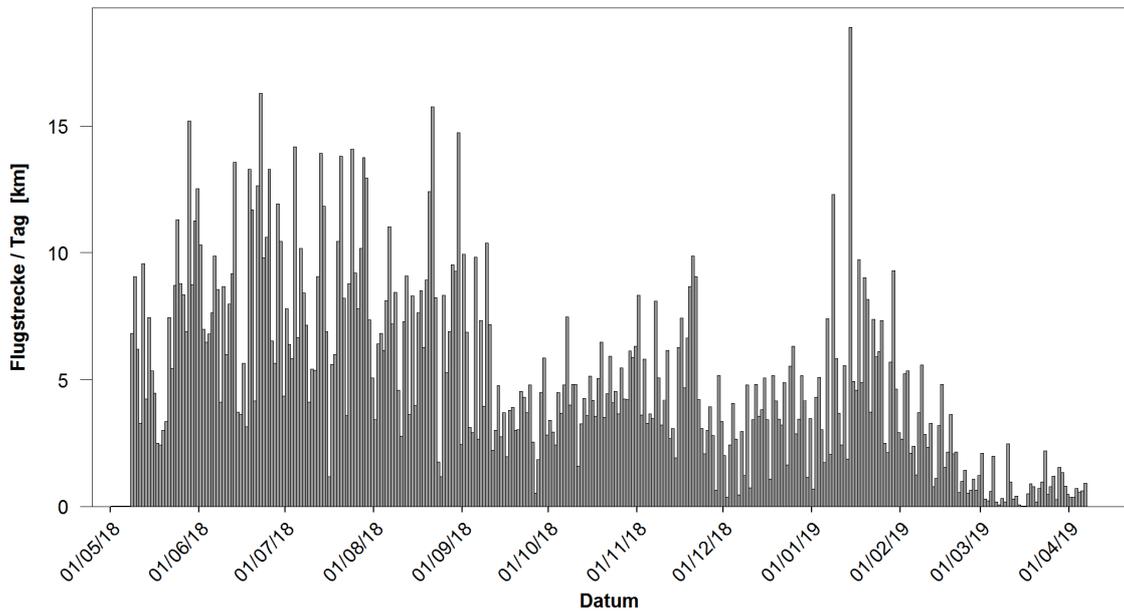


Abb. 77 Raumnutzung des Weibchens Kropp 2018 vom 08.05.2018 bis zum 07.04.2019 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).

Kropp Weibchen



Kropp Weibchen

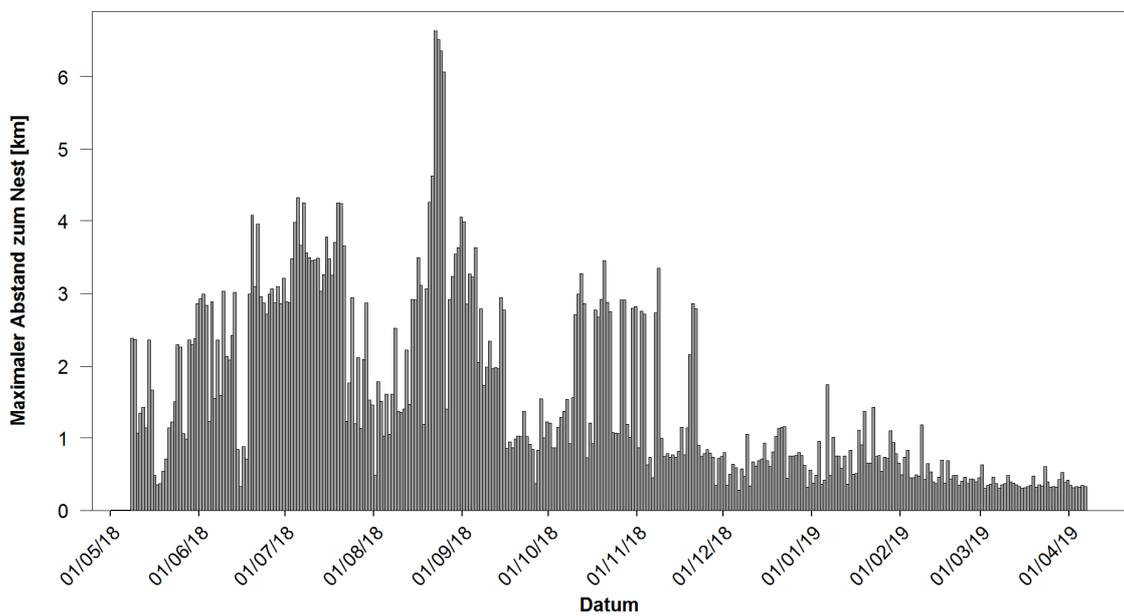


Abb. 78 Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Weibchens vom Brutplatz Kropp 2018.

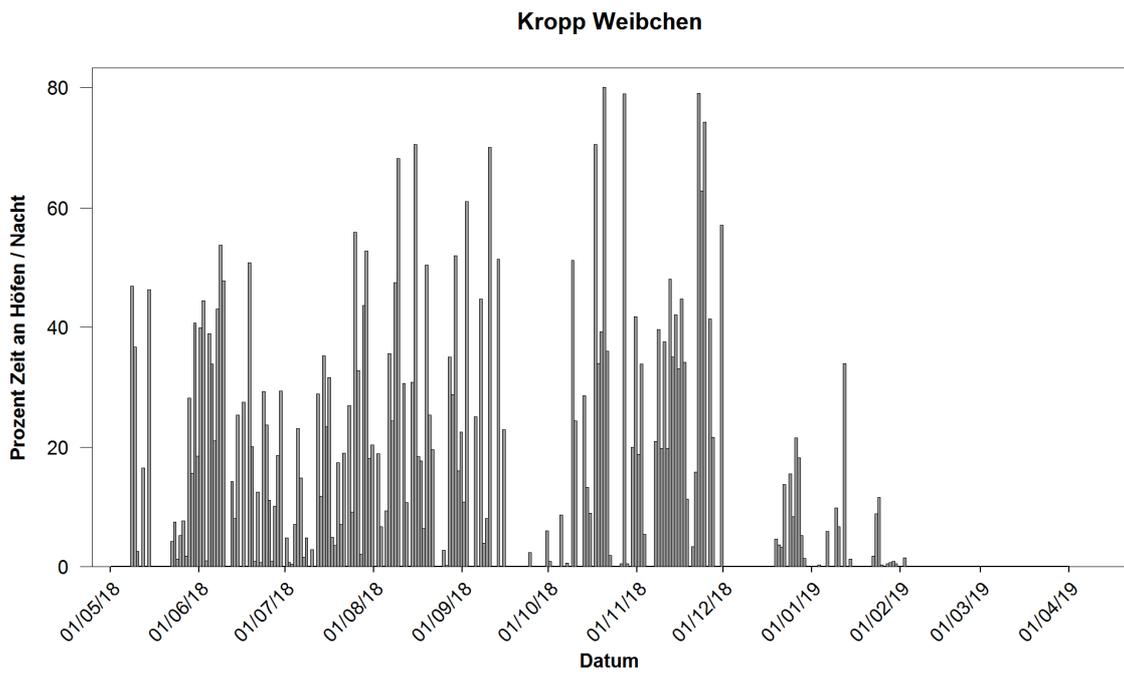


Abb. 79 *Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchen Kropf 2018.*

A.1.7 Weibchen Wallsbüll 2018

Das Weibchen wurde am 18.05.2018 mit einer Kastenfalle in der Nähe des Nests gefangen. Die Dauer der Untersuchung wurde durch eine schwache Batteriespannung früher beendet als erwartet (möglicherweise durch eine schlechtere Fertigungsqualität als weitere Batterien des Herstellers).

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 18.05.2018 – 21.09.2018 (126 Tage), 107.982 Positionen, 5.149 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 10,9 km², Kernel 50 %: 1,2 km² (Abb. 80 und Abb. 81),

Flugstrecke: insgesamt 682 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 15,8 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 5,4 km (Abb. 82 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,8 km (Abb. 82 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 51 % der Zeit.

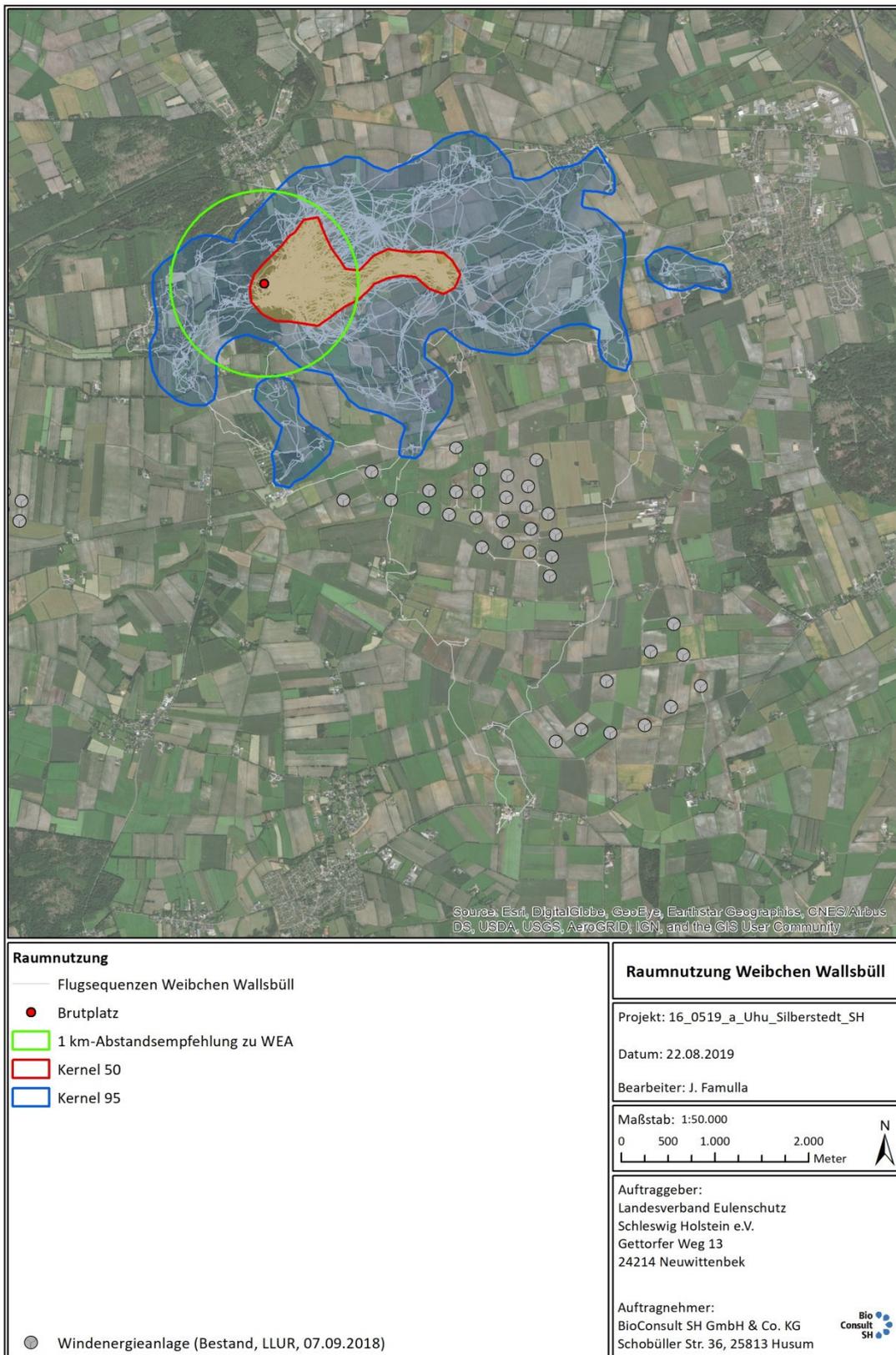


Abb. 80 Raumnutzung des Weibchens Wallsbüll 2018 vom 18.05.2018 bis zum 21.09.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.

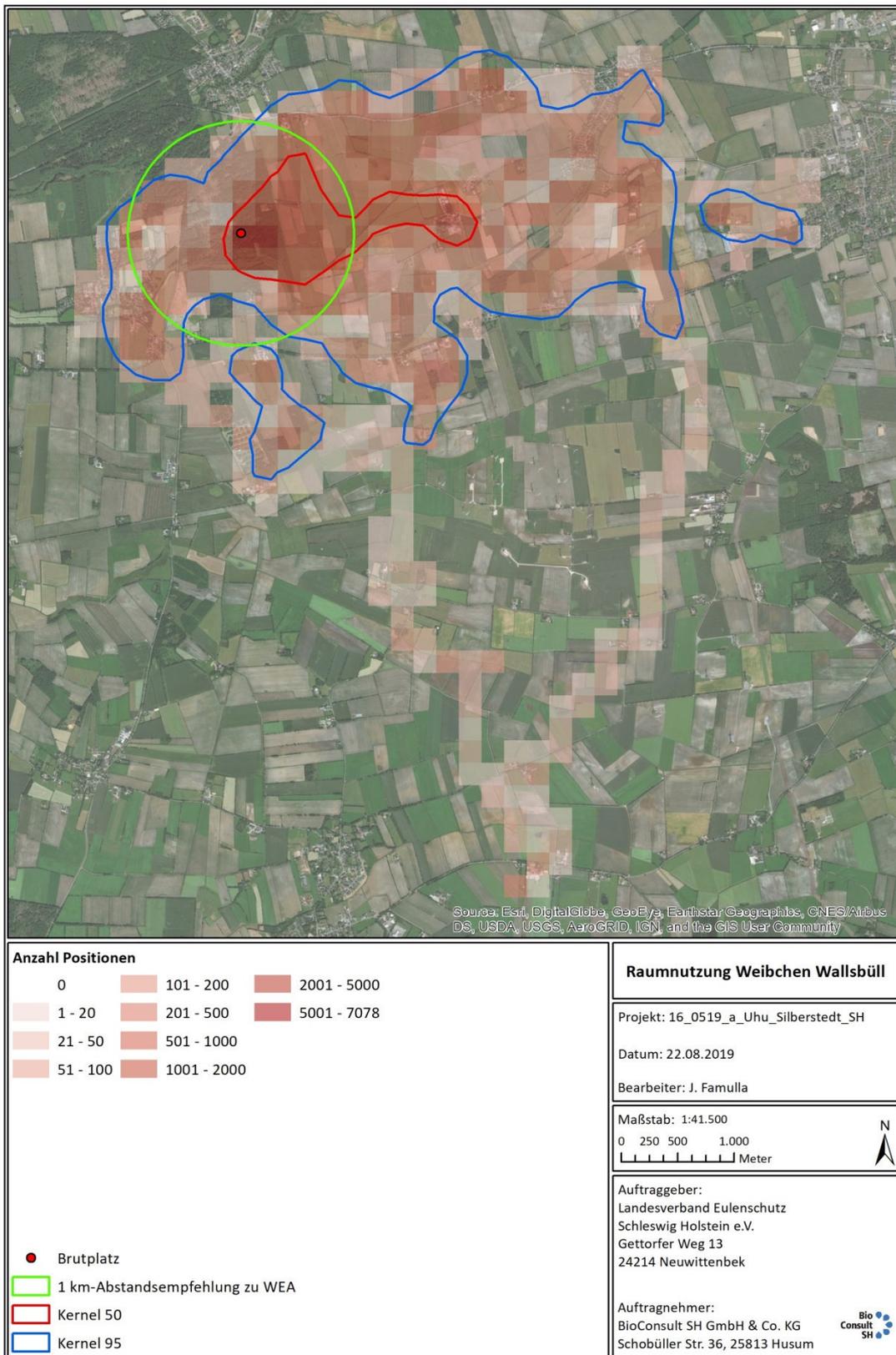
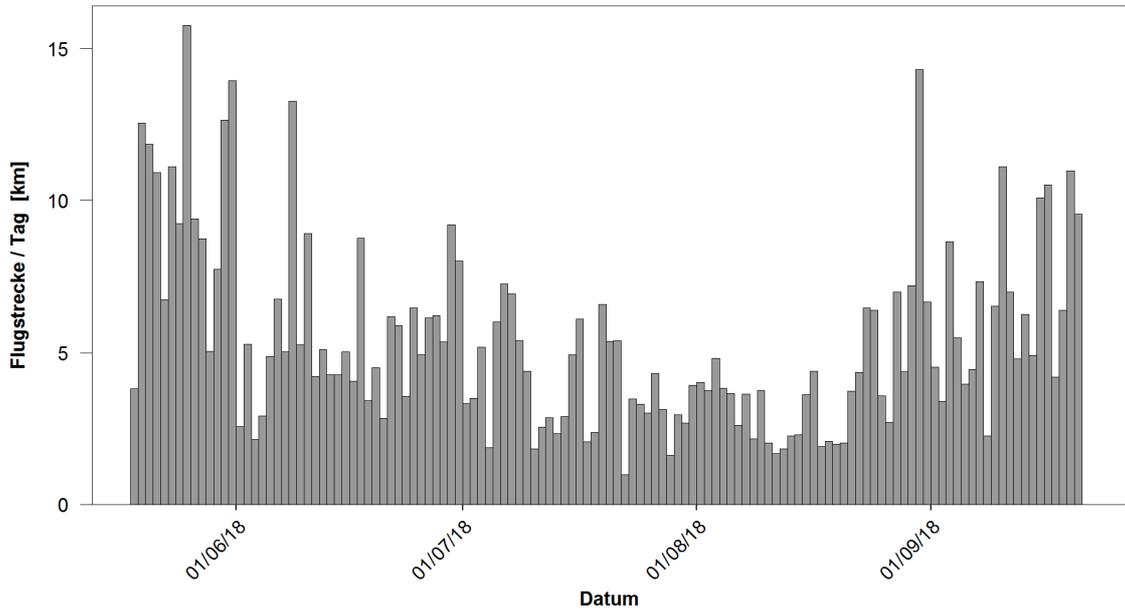


Abb. 81 Raumnutzung des Weibchens Wallsbüll 2018 vom 18.05.2018 bis zum 21.09.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).

Wallsbüll Weibchen



Wallsbüll Weibchen

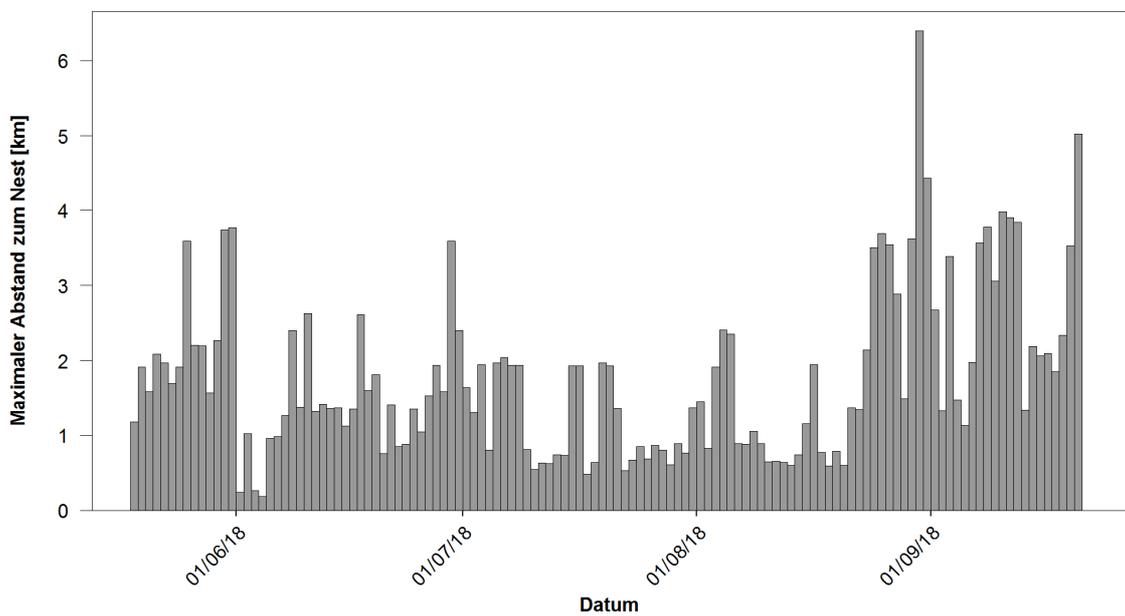


Abb. 82 Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Weibchens Wallsbüll 2018.

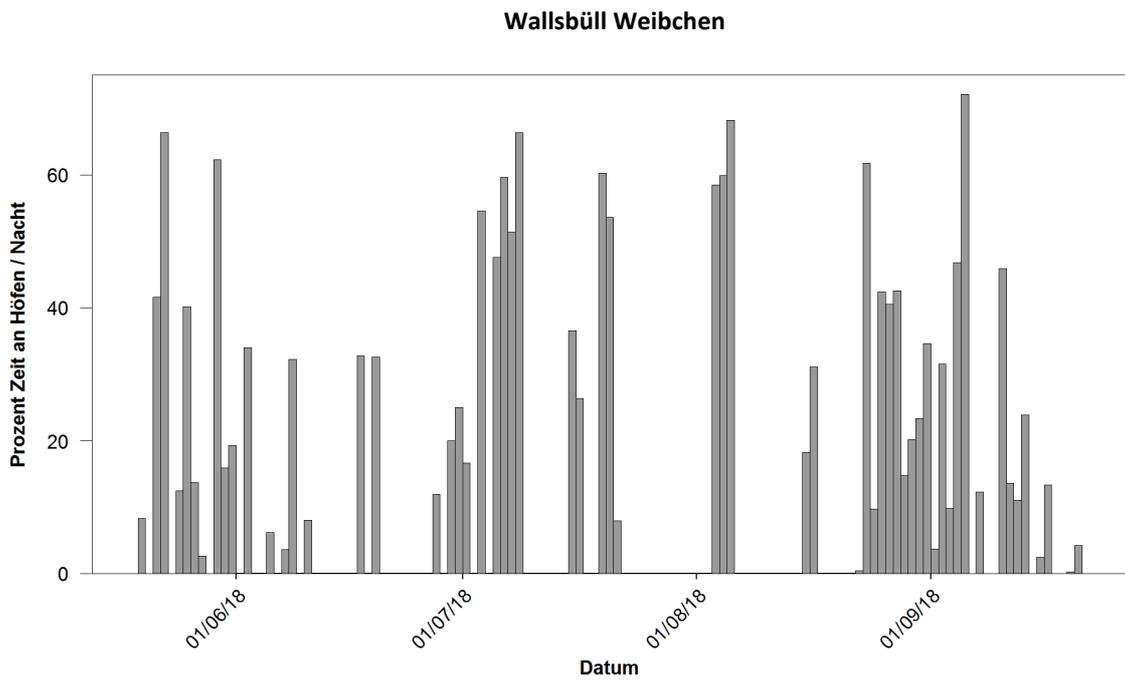


Abb. 83 Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchens Wallsbüll 2018.

A.1.8 Männchen Obdrup 2018

Nach dem Fang des Vogels am 29.05.2018 mit einer Kastenfalle hat der Vogel nach 20 Tagen die Bänder des Rucksackes durchgebissen und damit die Aufzeichnung von Aktivitätsdaten beendet.

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 29.05.18 – 18.06.2018 (20 Tage), 15.700 Positionen, 1.035 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 2,2 km², Kernel 50 %: 0,2 km² (Abb. 84 und Abb. 85), die Werte sind aufgrund der kurzen Aufzeichnungsdauer nicht aussagekräftig.

Flugstrecke: insgesamt 76 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 6,3 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 3,5 km (Abb. 86 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 0,9 km (Abb. 86 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 86 % der Zeit. Der Wert ist aufgrund des geringen Datenumfanges wenig aussagekräftig.

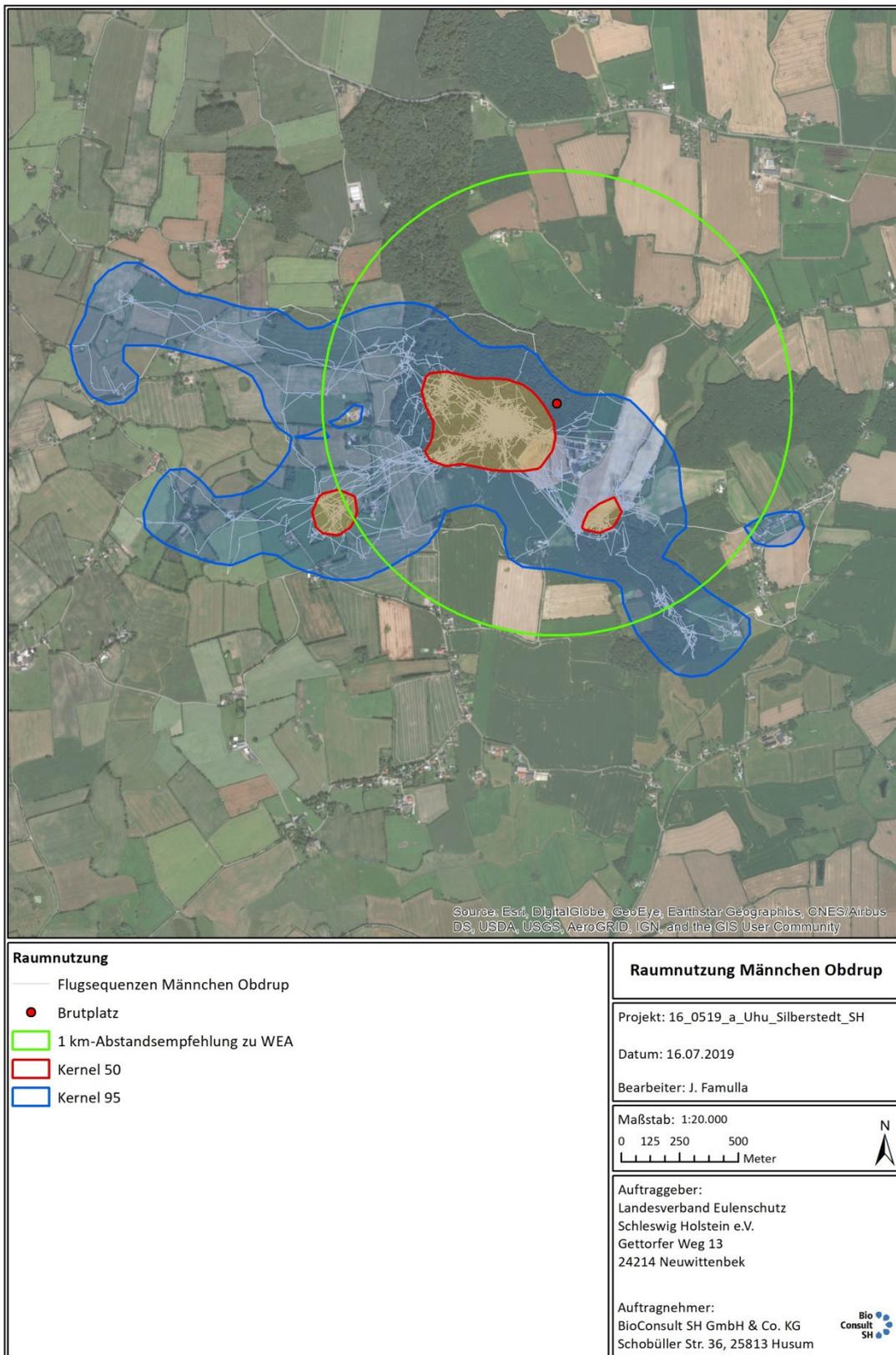


Abb. 84 Raumnutzung des Männchens Obdrup 2018 vom 29.05.2017 bis zum 18.06.2018 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.

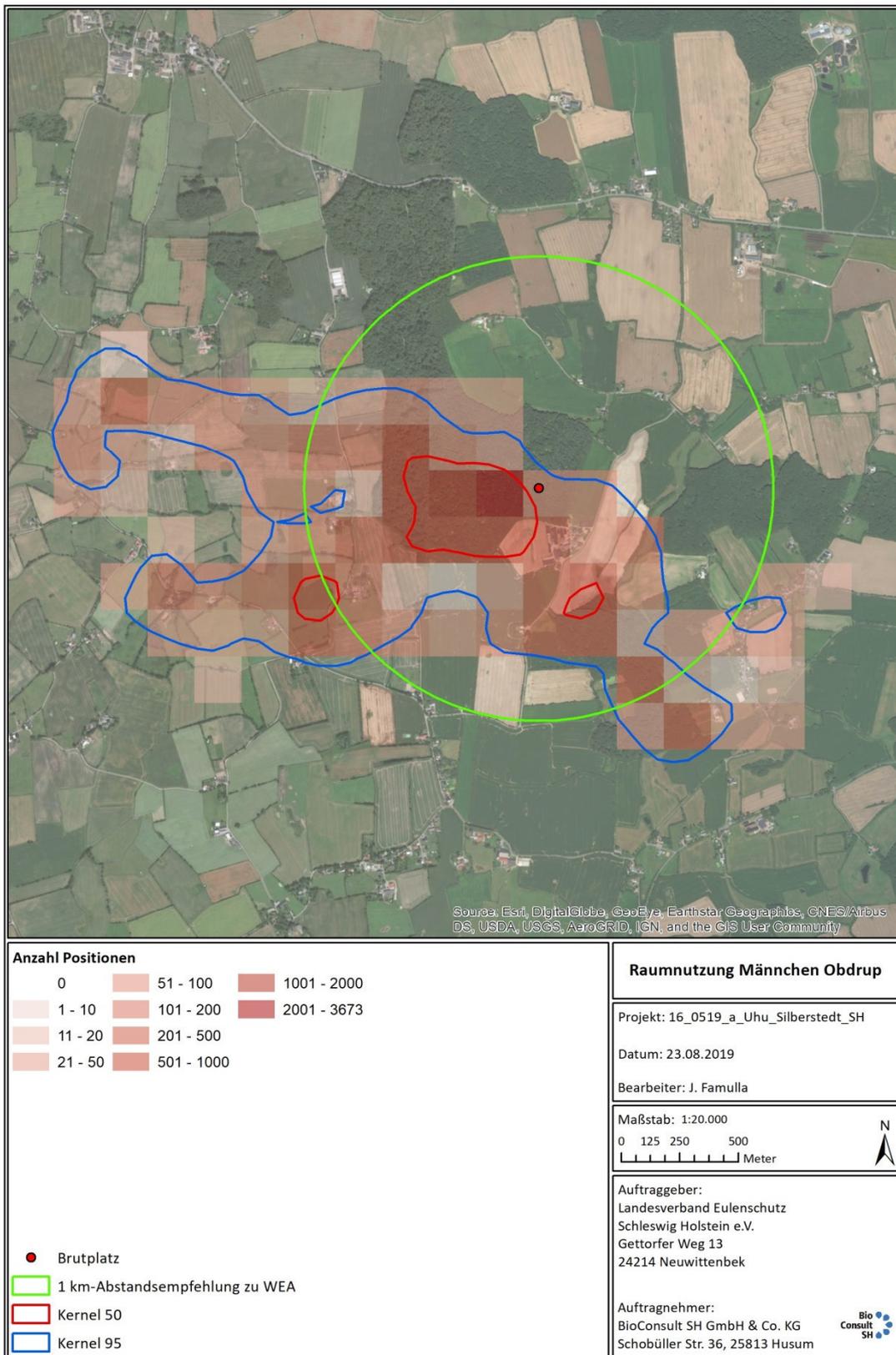


Abb. 85 Raumnutzung des Männchens Obdrup 2018 vom 29.05.2017 bis zum 18.06.2018 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau).

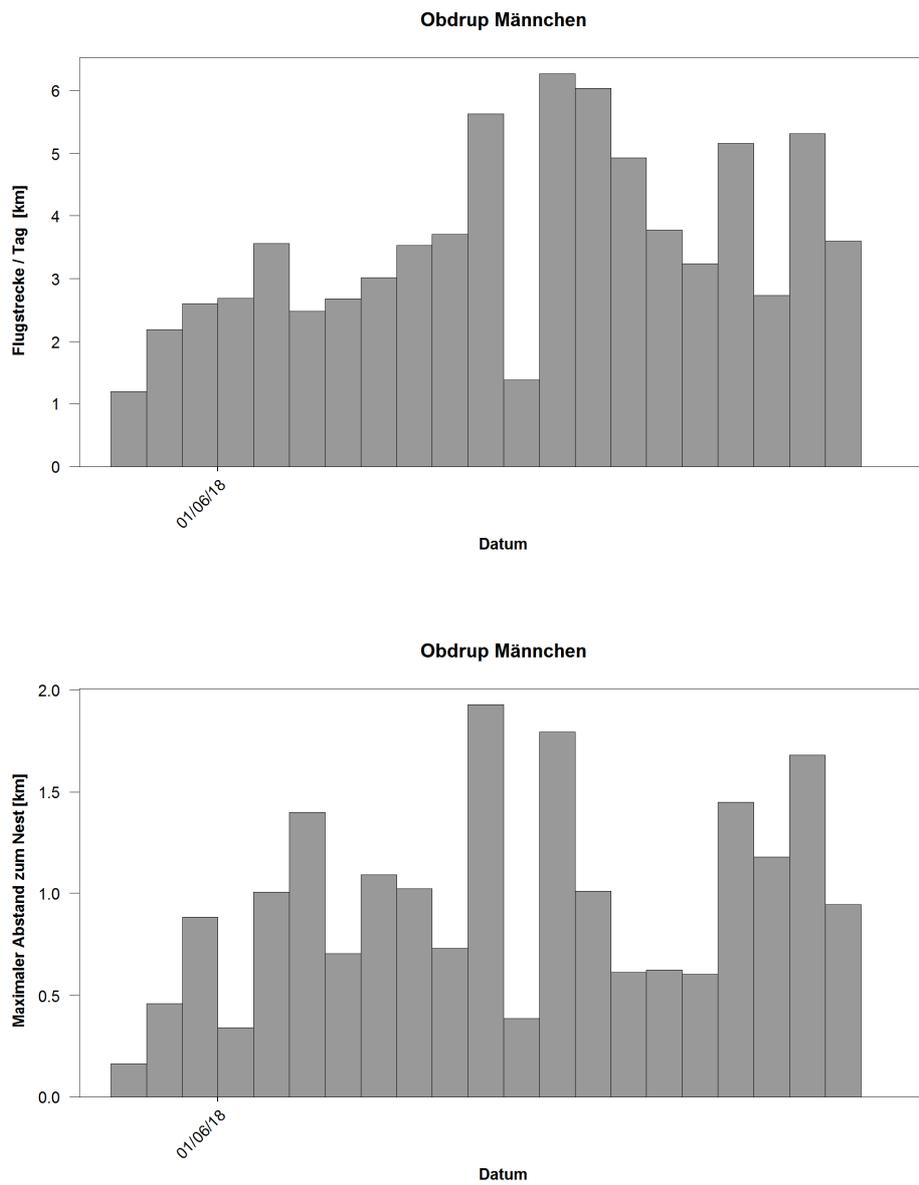


Abb. 86 Summarische Flugstrecken und maximale Entfernung zum Brutplatz einer Nacht des Männchens vom Brutplatz Obdrup 2018.

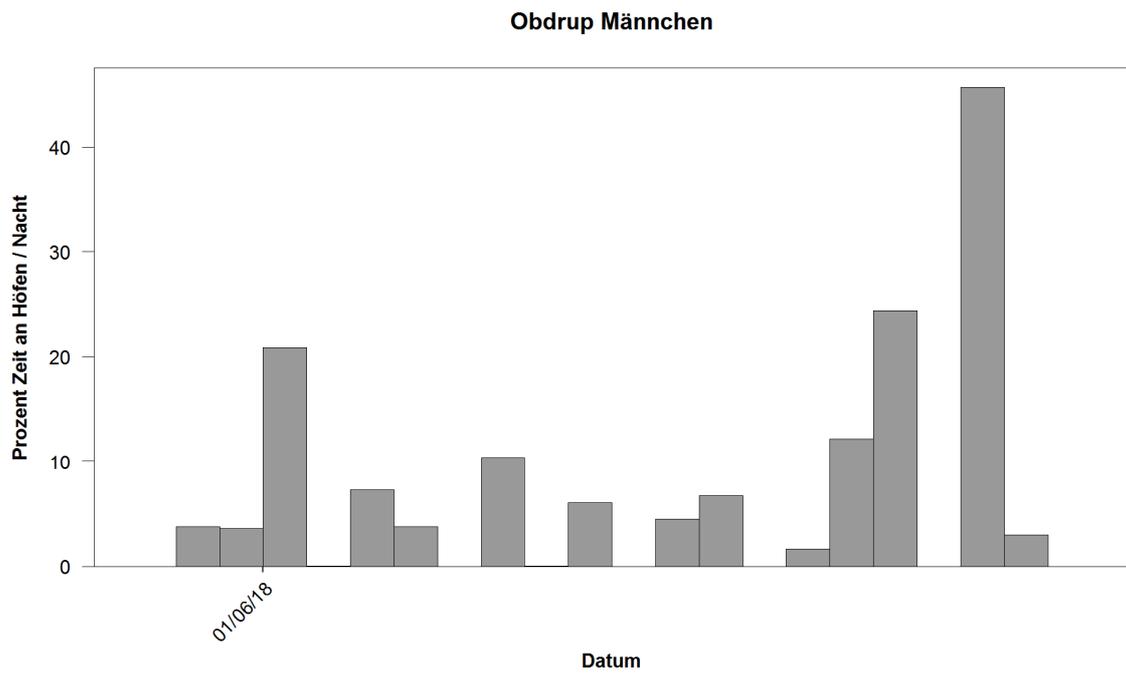


Abb. 87 Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Männchens Obdrup 2018.

A.1.9 Weibchen Poppolz 2018

Dieser Uhu wurde am 29.05.2018 am Brutplatz gefangen (mehrere flügge Jungvögel im Nahbereich). In 2019 brütete das Weibchen in der gleichen Abteilung. Von einem ersten Gelege in 2019 wurden lediglich Eischalenreste gefunden. Es erfolgte in geringer Entfernung ein Nachgelege, aus dem drei Jungvögel schlüpften (Abb. 92 und Abb. 93).

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 29.05.2018 – 18.05.2019 (354 Tage), 304.894 Positionen, 17.081 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 5,5 km², Kernel 50 %: 0,4 km² (Abb. 88 und Abb. 89),

Flugstrecke: insgesamt 1.748 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 17,3 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 4,9 km (Abb. 90), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,0 km (Abb. 90 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 81 % der Zeit.

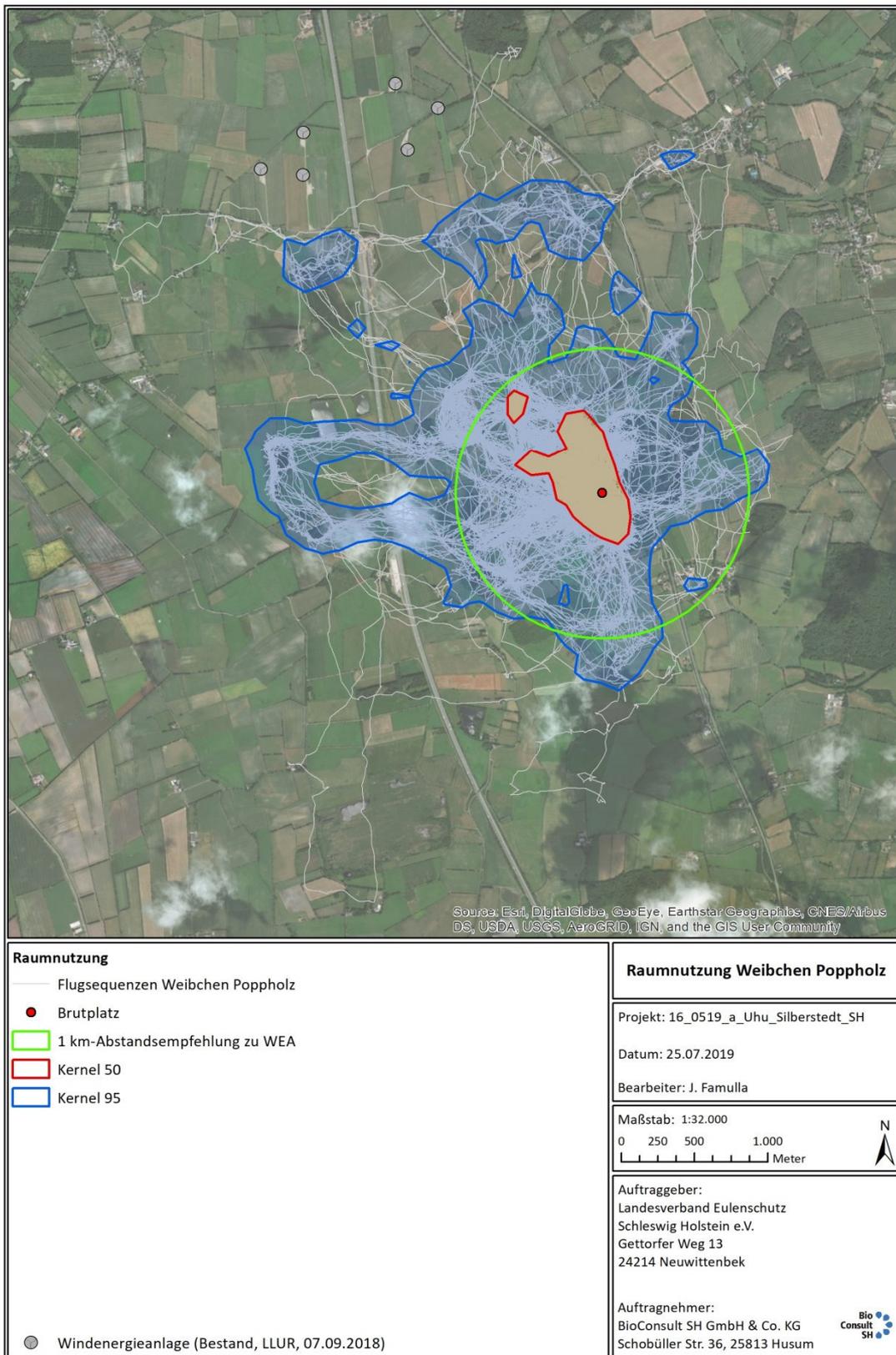


Abb. 88 Raumnutzung des Weibchens Popholz 2018 vom 29.05.2018 bis 18.05.2019 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.

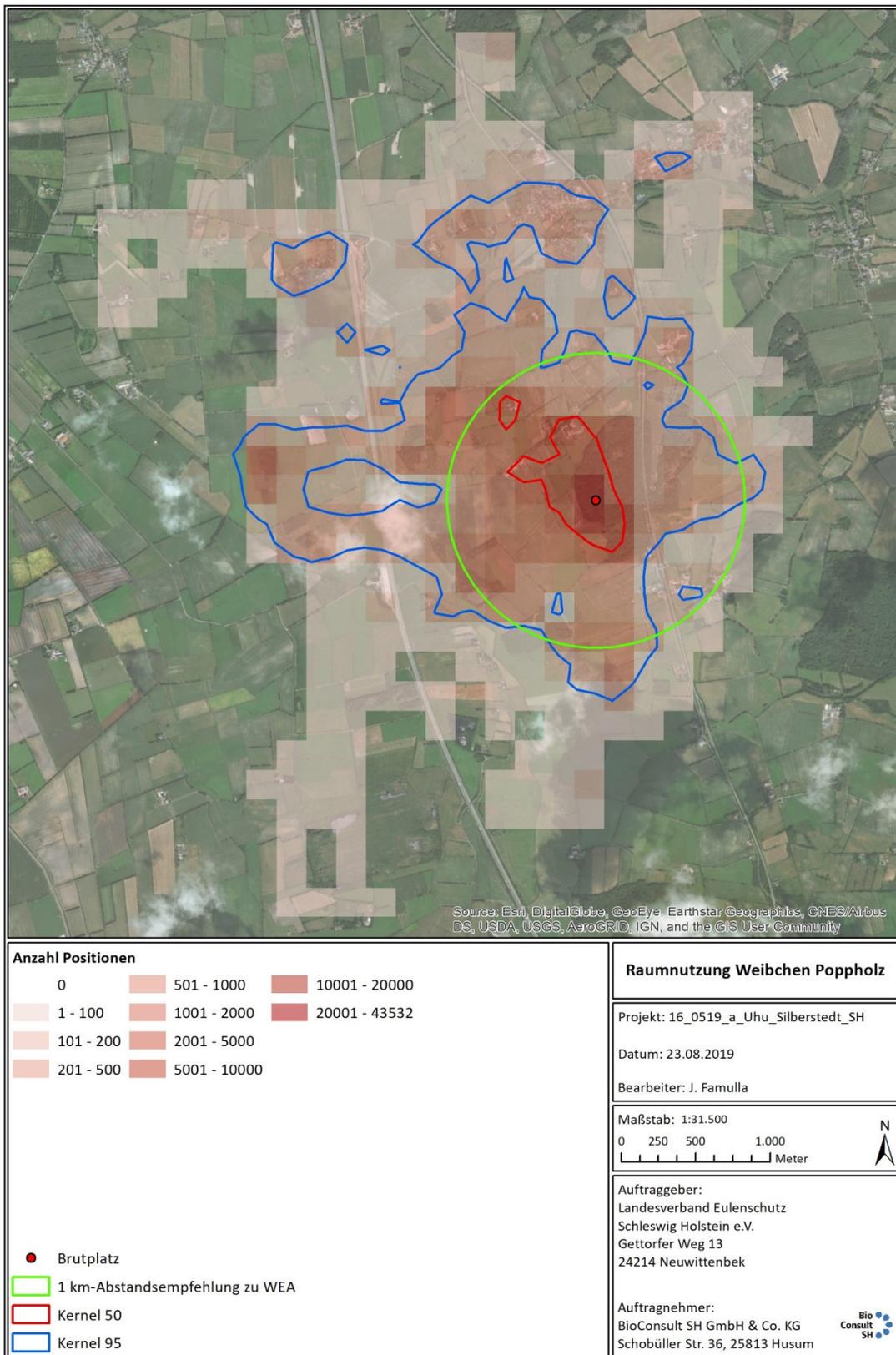
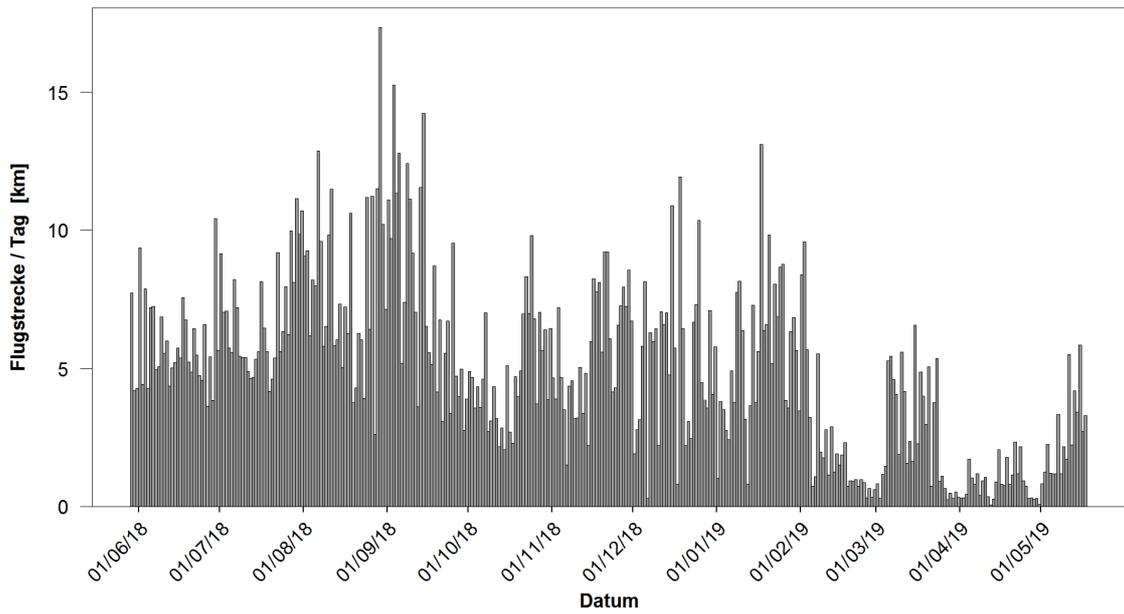


Abb. 89 Raumnutzung des Weibchens Pophholz 2018 vom 29.05.2018 bis 18.05.2019 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau.

Popp Holz Weibchen



Popp Holz Weibchen

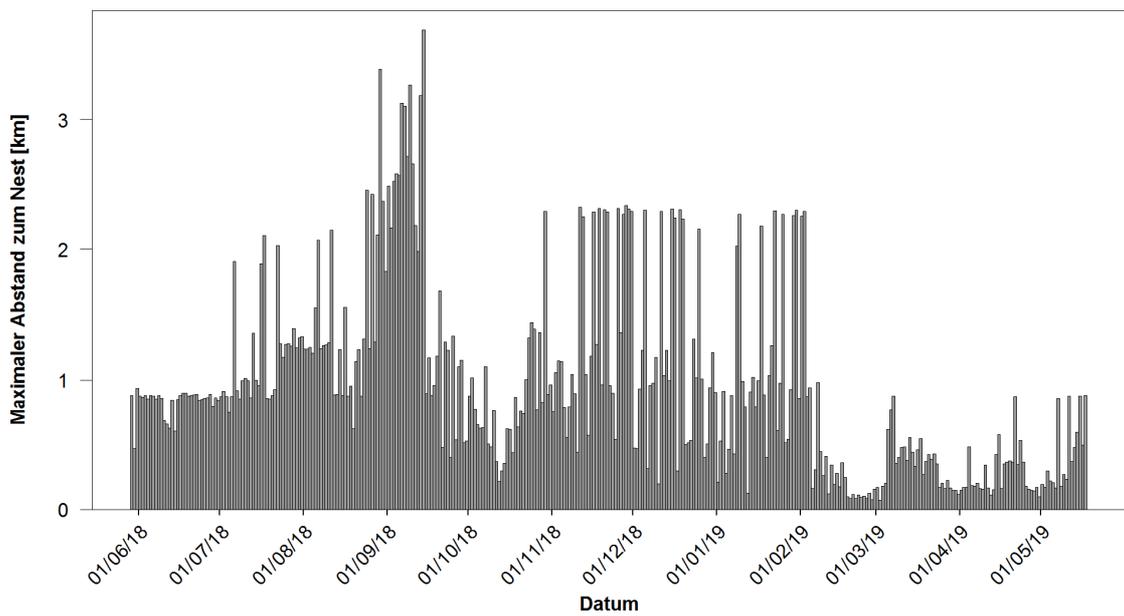


Abb. 90 Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Weibchens Popp Holz 2018.

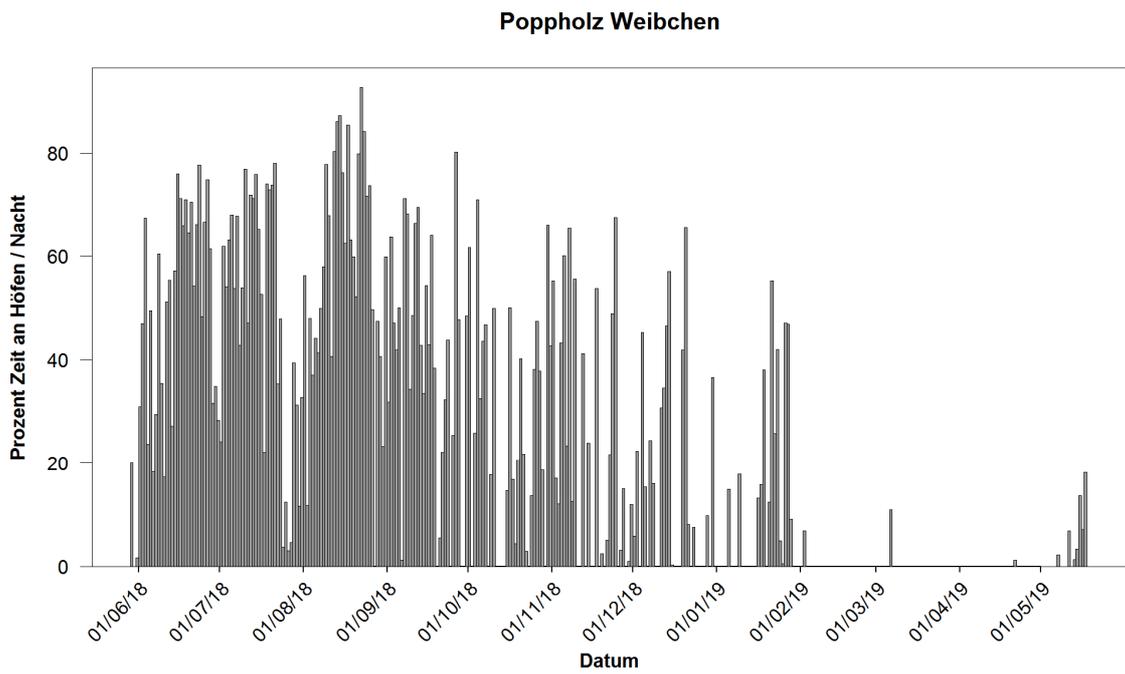


Abb. 91 Relative Zeit an Bauernhöfen [%] an der Dauer der Nacht des Weibchens Poppolz 2018.



Abb. 92 Weibchen Poppolz 2018 mit Sender (Pfeil) auf dem Nachgelege von 2019.



Abb. 93 *Drei wenige Tage alte Küken des besenderten Weibchens Poppolz am 02.05.2019. Oben im Bild zwei Wanderratten und ein Blässhuhn als Depotbeute.*

A.1.10 Männchen Linnau

Dieser Vogel wurde am 19.06.2018 mit einer Kastenfalle in Nestnähe gefangen. In 2019 brütete der Vogel am gleichen Brutplatz erfolgreich.

Daten Raumnutzung

Datenumfang: Zeitraum der Datenaufzeichnung 19.06.18 – 16.04.2019 (301 Tage), 335.899 Positionen, 16.148 Flugsequenzen.

Homerange: Kernel 95 %: 16,1 km², Kernel 50 %: 1,9 km² (Abb. 94 und Abb. 95),

Flugstrecke: insgesamt 2.166 km, maximale Flugstrecke pro Nacht 22,0 km, durchschnittliche Strecke pro Nacht 7,2 km (Abb. 96 oben), durchschnittliche maximale Entfernung vom Nest pro Nacht: 1,8 km (Abb. 96 unten).

Flugaktivität im 1 km-Radius: 55 % der Zeit.

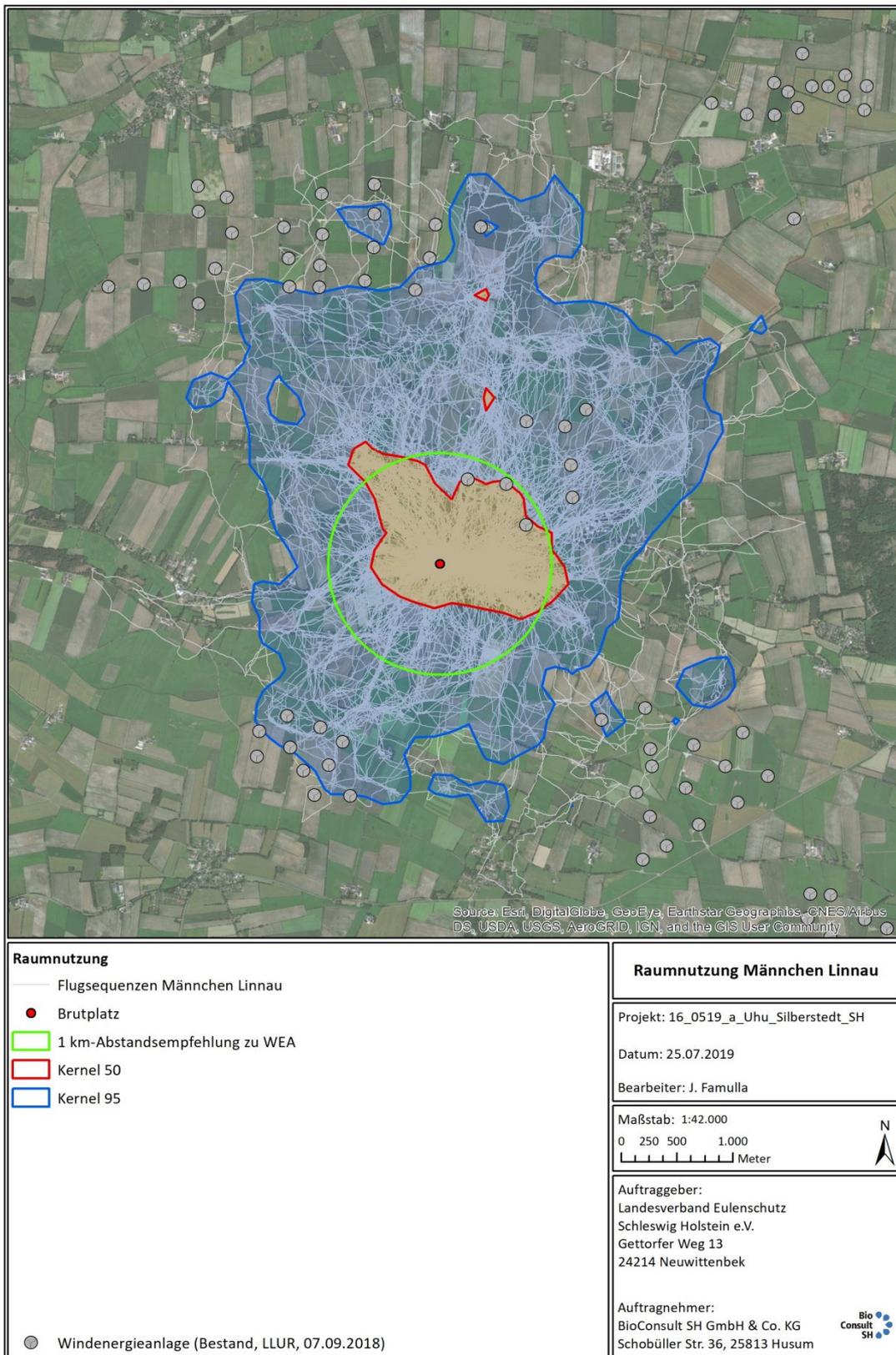


Abb. 94 *Raumnutzung des Männchens Linnau 2018 vom 19.06.2018 bis zum 15.04.2019 mit Darstellung der einzelnen Flugstrecken. Brutplatz roter Punkt, Flugstrecken weiß, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 blau, Kernel 50 rot, WEA grau.*

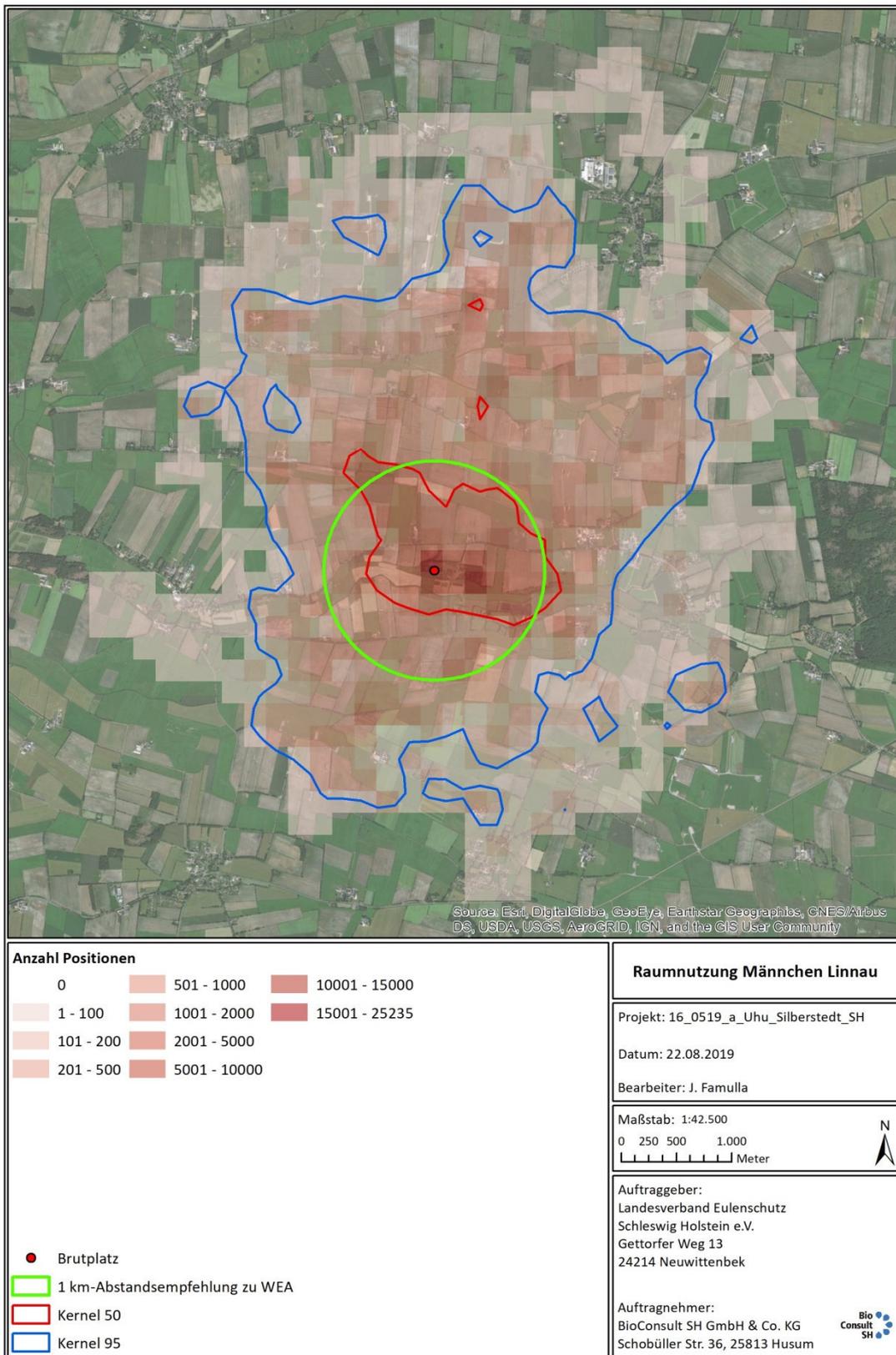


Abb. 95 Raumnutzung des Männchens Linnau 2018 vom 19.06.2018 bis zum 15.04.2019 mit der Anzahl der Positionen als Rasterfrequenz (Rasterzelle 200 x 200 m). Brutplatz roter Punkt, 1 km-Abstandsempfehlung zu WEA grün, Kernel 95 % blau, Kernel 50 % rot, WEA grau.

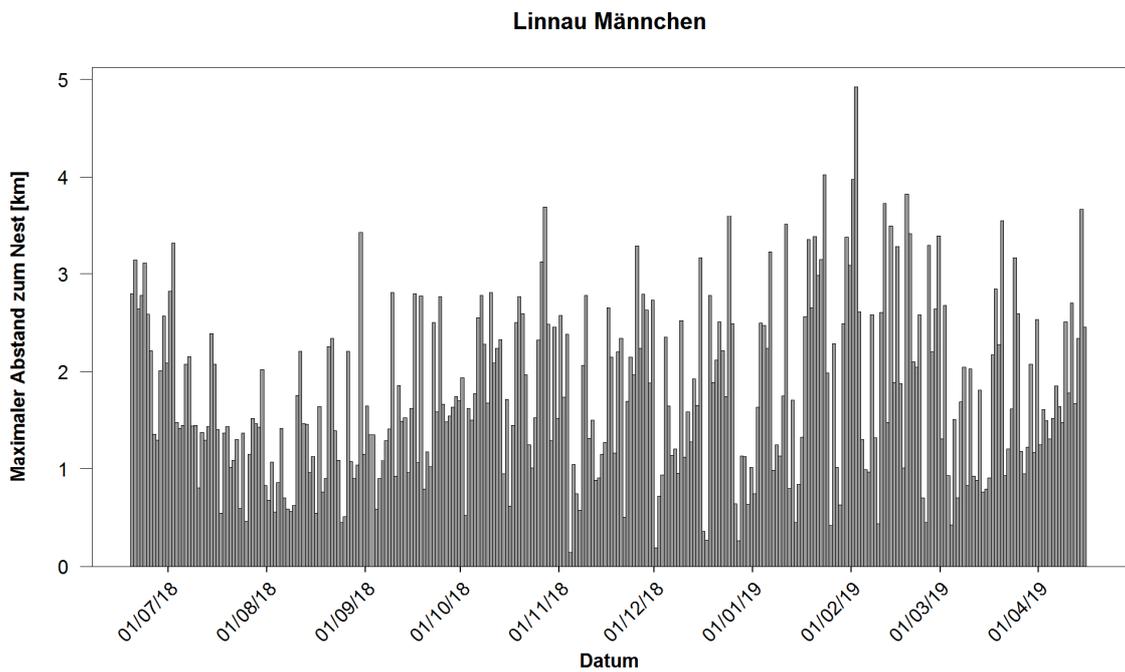
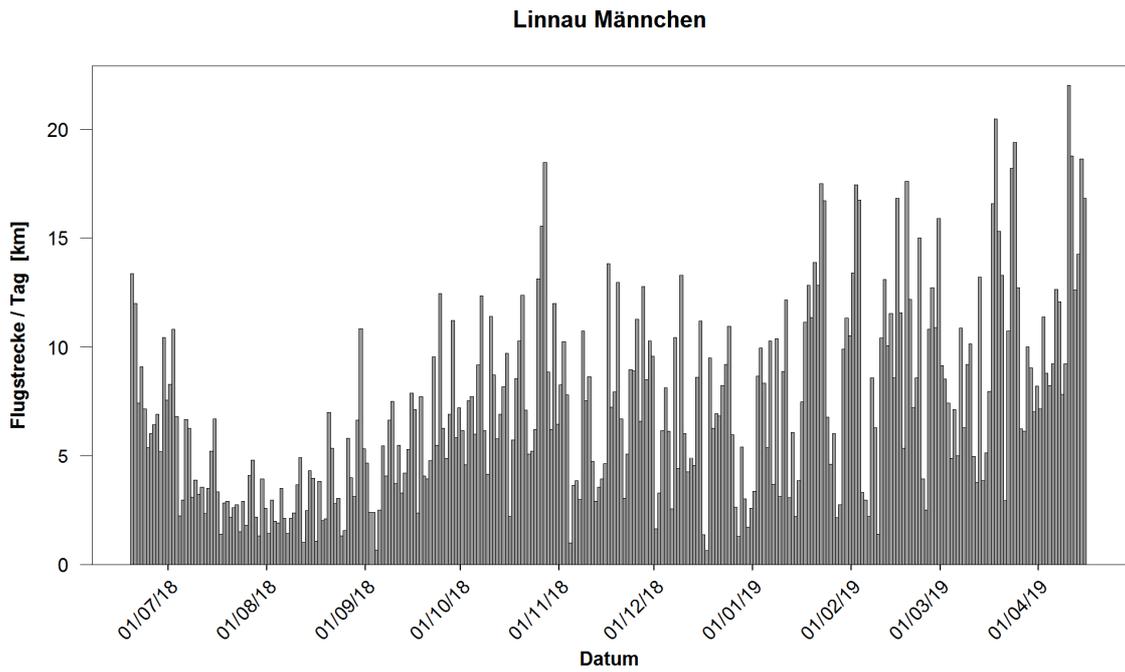


Abb. 96 Summarische Flugstrecken (oben) und maximale Entfernung zum Brutplatz (unten) einer Nacht des Männchens Linnau 2018.

A.2 Aktivitätsmuster im Jahresverlauf

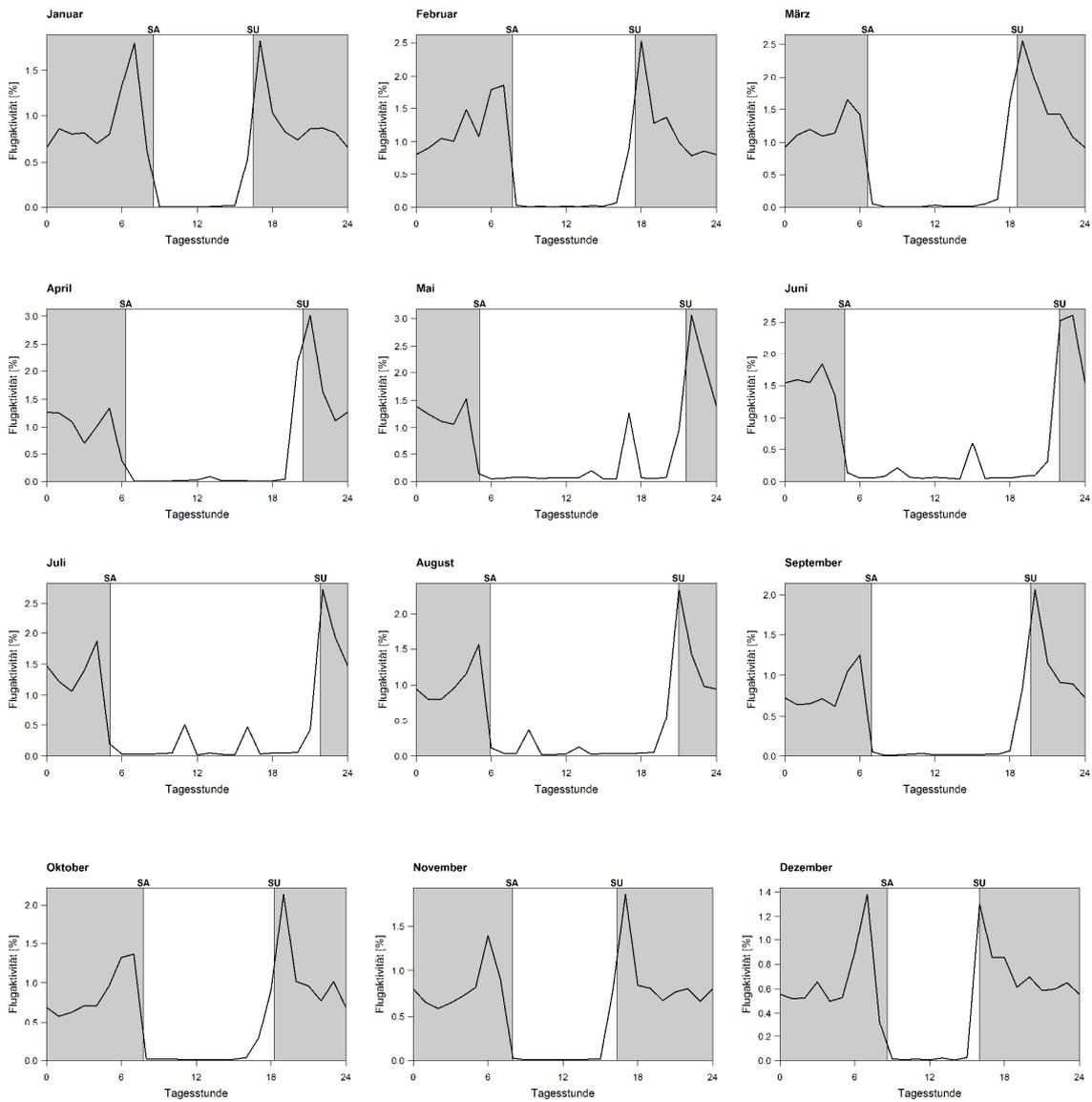
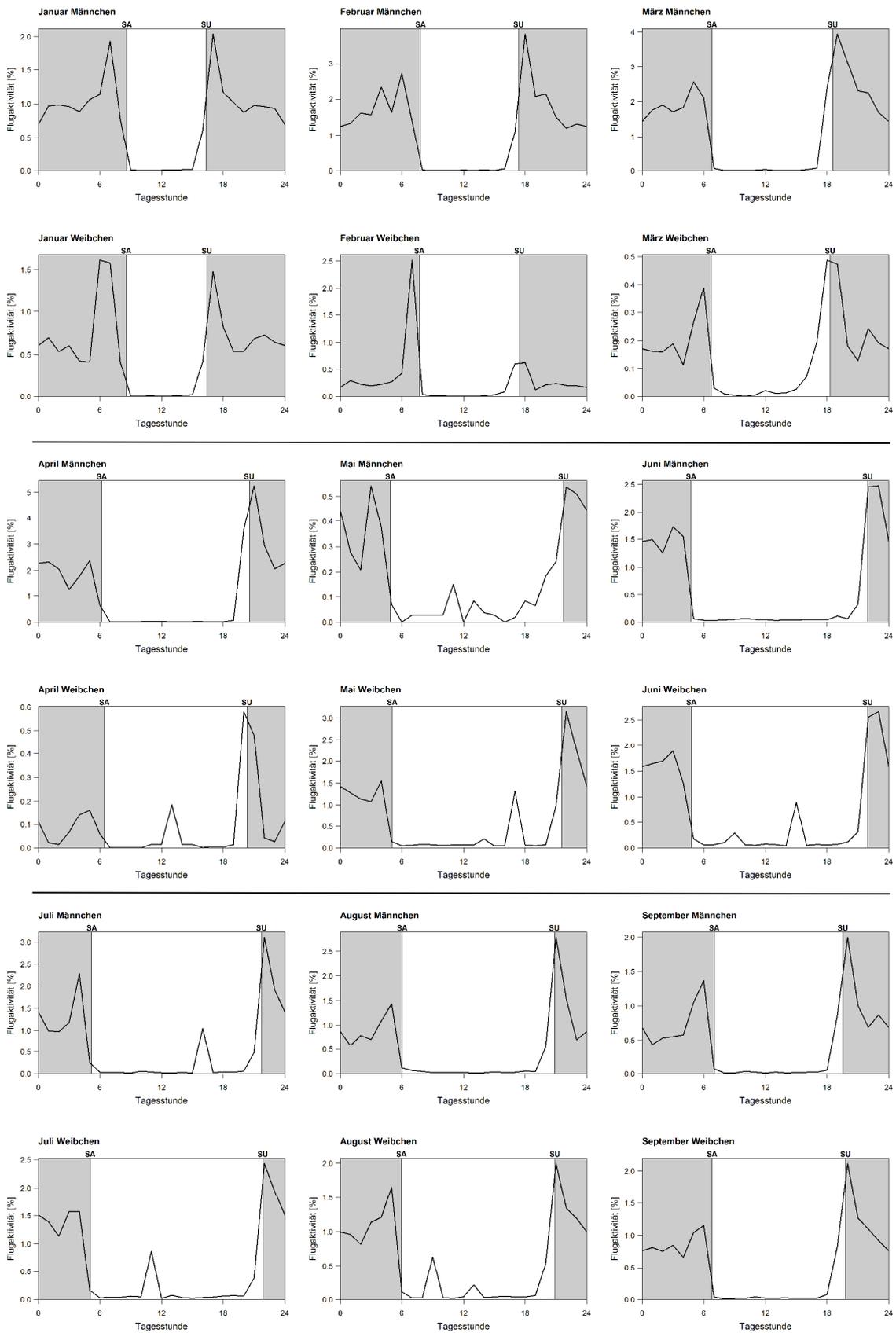


Abb. 98 Aktivitätsmuster von Januar bis Dezember (alle Vögel).



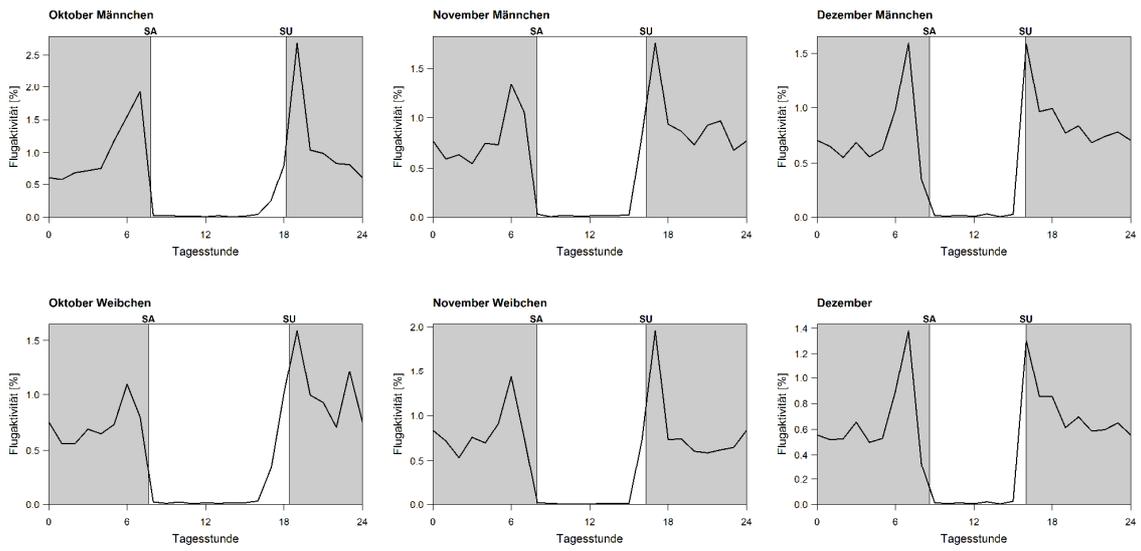


Abb. 99 Aktivitätsmuster nach Geschlechtern von Januar bis Dezember (alle Vögel, Quartale gegenübergestellt).