

Projektstudie über die Gelegesuche mittels
Wärmebildkameradrohne am Beispiel des Großen Brachvogels
(*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Masterarbeit
im Studiengang Landnutzungsplanung
Hochschule Neubrandenburg

Vorgelegt von:

Caroline Michel

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2022-0068-8

Erstgutachter:
PD Dr. Robert Sommer

Zweitgutachter:
Diplom Landschaftsökologe Tobias Dahms

Neubrandenburg, 31. Januar 2023

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig, ohne andere Hilfsmittel als die angegebenen, verfasst habe. Die Stellen, welche im Wortlaut oder dem Sinn von Werken anderer Autoren entnommen sind, habe ich durch die Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht veröffentlicht und keinem anderen Prüfungsamt vorgelegt.

Greifswald, 31. Januar 2023

Ort, Datum





Für Markus.

Danksagung

Mein großer Dank geht an Herrn Tobias Dahms und seine Firma „thermal DRONES“ zur Verfügungsstellung von Zeit, Materialien und unermüdlichen Stunden in Feld, Flur und am Computer.

Auch Herrn Robert Sommer danke ich sehr für seine Unterstützung und dafür, dass ich mit meinen Ideen und Vorstellungen immer offen aufgenommen wurde.

Bei Michael Heiß bedanke ich mich dafür, dass er immer da ist – egal ob es Probleme oder Fragen gibt.

Last but not least danke ich meiner Familie, vor allem meiner Mutter, für die moralische Unterstützung.

Zusammenfassung

Die zunehmende Nutzung von Drohnen (UAVs) in Landwirtschaft und Ökologieforschung wirft die Frage auf inwieweit fliegende Drohnen eine negative Wirkung als Stressor auf brütende Vögel haben könnten. Im Folgenden wurden die Verhaltensreaktionen von brütenden Großen Brachvögeln (*Numenius arquata*) gegenüber den zwei Wärmebildkameradrohnenmodellen „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ im Transekt- und Schwebeflug untersucht. Ergänzend wurde der generelle Einfluss von Wärmebildkameradrohnenmodellen, Flugarten und Menschen im Rahmen mehrstündiger Befliegungen auf das Bebrütungsverhalten (Bebrütungsfrequenz) der Brachvögel untersucht. Die brütenden Brachvögel reagierten geringfügig mit v. a. Warnrufen nur auf Transektflüge, nicht auf Schwebeflüge. Das Wärmebildkameradrohnenmodell hatte keine Wirkung auf die Verhaltensreaktionen. Der allgemeine Bruterfolg schien nicht durch die Befliegungen beeinflusst worden zu sein, da alle Gelege schlüpften und der allgemeine Bruterfolg in der Population sehr hoch war. Der Großteil der Brutpaare änderte im direkten Vergleich eines Vor- und Nachtages mit einem Befliegungstag seine Bebrütungsfrequenzen wenig bis nicht. Es gab einige Brutpaare, bei denen gehäufte Nesttemperaturschwankungen während eines Befliegungstages gab. Zudem gab es Brutpaare, bei denen die Bebrütungsintensivität während eines Befliegungstages höher war als an den Vergleichstagen. Es könnte demnach sein, dass einige Brutpaare ihr Bebrütungsverhalten aufgrund der Wärmebildkameradrohnen geändert haben. Um eine umfassendere Aussage über fliegende Wärmebildkameradrohnen als Stressoren während der Brut tätigen zu können, müssten die Forschungen um eine noch genauere Temperaturerfassung, Videobeobachtungen der Verhaltensreaktionen und die An-/Abwesenheit eines Brutvogels erweitert werden, sowie ggf. eine Messung von direkt erlebten Stressmomenten wie z. B. über die Herzschlagratenfrequenz wiederholt werden.

Schlüsselwörter/Keywords: Großer Brachvogel, Eurasian Curlew, *Numenius arquata*, Wiesenbrütermanagement, Wärmebildkameradrohne, thermal drones, unmanned aerial vehicle, Wärmesignatur, incubation, Störreaktionen, breeding disturbance.

Abkürzungsverzeichnis

BfN	Bundesamt für Naturschutz
BP	Brutpaar
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten
FFH-Gebiet	Flora-Fauna-Habitat-Gebiet
FW2022	Fliegender Wildretter 2022
IBA	Important Bird Area (Vogelschutzgebiet)
juv.	juvenil (Jungtier)
LUNG MV	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
MV	Mecklenburg-Vorpommern
M2EA	Mavic 2 Enterprise Advanced
NABU	Naturschutzbund Deutschland
SPA-Gebiet	Special Protection Areas (Vogelschutzgebiete)
RGB-Bild-Kamera	Rot-Grün-Blau-Farbraum: Kamera mischt drei Grundfarben zum
RP	abgebildeten Gesamtbild Revierpaar
StALU	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
Vogelschutz-RL	Vogelschutz-Richtlinie(n)
♂	Männchen
♀	Weibchen

Abbildungsverzeichnis

Titelbild	Vollgelege des Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) mit präpariertem Thermologger. C. Michel.....	
Abbildung 1	Verbreitungskarte des Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) in Deutschland. BfN (2019).....	21
Abbildung 2	Verbreitungskarte des Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) in Mecklenburg-Vorpommern. Aus: VÖKLER (2014).....	22
Abbildung 3	Darstellung verschiedener Großer Brachvögel (<i>Numenius arquata</i>): A. Balzendes Pärchen, B. Brütender Brachvogel und C. Brachvogelküken im Dunenkleid. C. Michel.....	24
Abbildung 4	Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes Borken (Mecklenburg-Vorpommern) mit eingezeichneten Schutzgebieten und Flugverbotsbereichen. Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), WMS-Layer: BUNDESAMT FÜR DIGITALES (DIPUL) (2023), bearbeitet C. Michel.....	26
Abbildung 5	Herzschlagraten eines brütenden Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) bei verschiedenen überfliegenden Prädatoren und einer Drohne. Aus: WULF & PIETSCH (2021).....	32
Abbildung 6	Arbeitsschritteschema der Masterarbeit. C. Michel.....	33
Abbildung 7	Kartierte Revieraktivitäten des Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) vom 01.04.-20.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aus: HEISS ET AL. (2022).....	35
Abbildung 8	Veranschaulichung der visuellen Gelegesuche bei Bodenbrütern. Aus: NABU-BUNDESVERBAND (2020).....	36
Abbildung 9	Aufgebauter Gelegeschutzzaun und nahrungssuchender Großer Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). C. Michel.....	36
Abbildung 10	A. Vollgelege des Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) im Nest und daneben liegenden präparierten Thermologger. B. Eingesetzter präparierter Thermologger im Nest. C. Michel.....	40
Abbildung 11	Schemazeichnung eines eingesetzten, präparierten Thermologgers und der Wärmefluktuationen als aufgezeichnete Nesttemperaturen. C. Michel.....	40
Abbildung 12	Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes Borken (Mecklenburg-Vorpommern) mit den Standorten der Gelege- und Referenzthermologgern in der Brutsaison April-Juli 2022, sowie eingezeichneten Schutzgebieten und Flugverbotszonen. Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), WMS-Layer: BUNDESAMT FÜR DIGITALES (DIPUL) (2023), bearbeitet. C. Michel.....	42
Abbildung 13	Die zur Datenerfassung verwendeten Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA). C. Michel.....	43
Abbildung 14	Die Wärmebildkameradrohnenbefliegungsrouten am 26.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.....	45
Abbildung 15	Die Wärmebildkameradrohnenbefliegungsrouten am 06.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.....	45
Abbildung 16	Die Wärmebildkameradrohnenbefliegungsrouten am 23.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022),	

	bearbeitet C. Michel.....	46
Abbildung 17	Schemadarstellung zu den Befliegungsarten mittels Wärmebildkamera-Drohnen: A. Kollage zum Schwebeflug. C. Michel. B. Aufbau eines Transektfluges. Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.....	47
Abbildung 18	Brutpaar 1 (BP 1, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	52
Abbildung 19	Brutpaar 1 (BP 1, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	54
Abbildung 20	Brutpaar 1 (BP 1, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	55
Abbildung 21	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	56
Abbildung 22	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	58
Abbildung 23	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	59
Abbildung 24	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	60
Abbildung 25	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	62
Abbildung 26	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	63
Abbildung 27	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	64
Abbildung 28	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	66
Abbildung 29	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	67
Abbildung 30	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	68
Abbildung 31	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	70
Abbildung 32	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	

	diagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	71
Abbildung 33	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	72
Abbildung 34	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	74
Abbildung 35	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	75
Abbildung 36	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	76
Abbildung 37	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	78
Abbildung 38	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	79
Abbildung 39	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	80
Abbildung 40	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	82
Abbildung 41	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	83
Abbildung 42	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	84
Abbildung 43	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	86
Abbildung 44	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	87
Abbildung 45	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	88
Abbildung 46	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	90
Abbildung 47	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufdiagramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	91
Abbildung 48	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	92

Abbildung 49	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufsdigramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	94
Abbildung 50	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufsdigramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	95
Abbildung 51	Brutpaar 11 (BP11, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Boxplots zur Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	96
Abbildung 52	Brutpaar 11 (BP11, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturverlaufsdigramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	98
Abbildung 53	Brutpaar 11 (BP11, <i>Numenius arquarta</i>) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Temperaturdifferenzverlaufsdigramm der Umgebungs- und Nesttemperatur. C. Michel.....	99
Abbildung 54	Optimale und suboptimale Befliegungszeiten im gesamten Brutverlauf (16.04.-04.06.2022) aller Großen Brachvogelbrutpaare (<i>Numenius arquarta</i>) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). C. Michel.....	101
Abbildung 55	Absolute Häufigkeiten der beobachteten Verhaltensreaktionen brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten „Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 26.04.2022. C. Michel.....	102
Abbildung 56	Absolute Häufigkeiten des beobachteten Verhaltensspektrums brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten „Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 26.04.2022. C. Michel.....	103
Abbildung 57	Absolute Häufigkeiten der beobachteten Verhaltensreaktionen brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten „Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 06.05.2022. C. Michel.....	105
Abbildung 58	Absolute Häufigkeiten des beobachteten Verhaltensspektrums brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten „Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 06.05.2022. C. Michel.....	105
Abbildung 59	Absolute Häufigkeiten der beobachteten Verhaltensreaktionen brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten „Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 23.05.2022. C. Michel.....	106
Abbildung 60	Absolute Häufigkeiten des beobachteten Verhaltensspektrums brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten „Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 23.05.2022. C. Michel.....	108
Abbildung 61	Zusammenfassung der relativen Häufigkeiten der Verhaltensreaktion und des Verhaltensspektrums brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquarta</i>) gegenüber den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und den Flugarten	

	„Schwebeflug“ und „Transektflug“ am 26.04., 06.05. und 23.06.2022. C. Michel.....	109
Abbildung 62	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-14 Uhr. C. Michel.....	111
Abbildung 63	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	112
Abbildung 64	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	113
Abbildung 65	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	114
Abbildung 66	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	115
Abbildung 67	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	117
Abbildung 68	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	118
Abbildung 69	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquarta</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	119
Abbildung 70	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	120
Abbildung 71	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	122
Abbildung 72	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	123
Abbildung 73	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquarta</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	124

Abbildung 74	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 7-10 Uhr. C. Michel.....	125
Abbildung 75	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	127
Abbildung 76	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	128
Abbildung 77	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	129
Abbildung 78	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-14 Uhr. C. Michel.....	130
Abbildung 79	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	132
Abbildung 80	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	133
Abbildung 81	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	134
Abbildung 82	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	135
Abbildung 83	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	138
Abbildung 84	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	139
Abbildung 85	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	140
Abbildung 86	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit	

	Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-14 Uhr. C. Michel.....	141
Abbildung 87	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	143
Abbildung 88	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	144
Abbildung 89	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	145
Abbildung 90	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	146
Abbildung 91	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	148
Abbildung 92	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	149
Abbildung 93	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	150
Abbildung 94	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-14 Uhr. C. Michel.....	151
Abbildung 95	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	153
Abbildung 96	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	154
Abbildung 97	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	155
Abbildung 98	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	156

Abbildung 99	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	158
Abbildung 100	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	159
Abbildung 101	Brutpaar 5 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	160
Abbildung 102	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-14 Uhr. C. Michel.....	161
Abbildung 103	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	163
Abbildung 104	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	164
Abbildung 105	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	165
Abbildung 106	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	166
Abbildung 107	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	168
Abbildung 108	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	169
Abbildung 109	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	170
Abbildung 110	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-14 Uhr. C. Michel.....	171
Abbildung 111	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (25.04.2022), am (26.04.2022) und einen Tag nach (27.04.2022) dem Befliegungstag mit	

	Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	173
Abbildung 112	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	174
Abbildung 113	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (26.04.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	175
Abbildung 114	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	176
Abbildung 115	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	178
Abbildung 116	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	179
Abbildung 117	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	180
Abbildung 118	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	181
Abbildung 119	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	183
Abbildung 120	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	184
Abbildung 121	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	185
Abbildung 122	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 7-10 Uhr. C. Michel.....	186
Abbildung 123	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nest-	

	temperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	189
Abbildung 124	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	190
Abbildung 125	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	191
Abbildung 126	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	192
Abbildung 127	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	194
Abbildung 128	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	195
Abbildung 129	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	196
Abbildung 130	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 7-10 Uhr. C. Michel.....	197
Abbildung 131	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	199
Abbildung 132	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	200
Abbildung 133	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärm bildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	201
Abbildung 134	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 5-12 Uhr. C. Michel.....	202
Abbildung 135	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (05.05.2022), am (06.05.2022) und einen Tag nach (07.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärm bildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	204
Abbildung 136	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der	

	Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	205
Abbildung 137	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (06.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	206
Abbildung 138	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen im Zeitraum 7-10 Uhr. C. Michel.....	207
Abbildung 139	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) einen Tag vor (22.05.2022), am (23.05.2022) und einen Tag nach (24.05.2022) dem Befliegungstag mit Wärmbildkameradrohnen: A. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturverlaufs. B. Liniendiagramm des Umgebungs- und Nesttemperaturdifferenzverlaufs. C. Michel.....	209
Abbildung 140	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „Fliegender Wildretter“ (FW2022): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	210
Abbildung 141	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) am Befliegungstag (23.05.2022) mit der Wärmbildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA): Umgebungs- und Nesttemperaturverläufe im A. Transektflug. B. Schwebeflug. C. Michel.....	211

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Projektübersicht zur „Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (<i>Numenius arquata</i>) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)“ der Projektjahre 2015-2021. Zusammenstellung aus: OLSTOORN (2015); OLSTOORN (2016); BOETSCHI ET AL. (2017); HEISS ET AL. (2018); HEISS ET AL. (2019); HEISS ET AL. (2020); HEISS ET AL. (2021).....	27
Tabelle 2	Übersichtstabelle zu den erfassten Daten, die für das Einsetzen der präparierten Thermologger dokumentiert wurden. C. Michel.....	41
Tabelle 3	Übersichtstabelle der technischen Daten zu den Wärmebildkameradrohnenmodelle „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA). Zusammenstellung aus: NABU-BUNDESVERBAND (2020).....	44
Tabelle 4	Aufstellung der getätigten Transekt- und Schwebeflüge mit den Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) am 26.04., 06.05. und 23.05.2022. C. Michel.....	47
Tabelle 5	Verhaltensreaktionskriterien brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquata</i>) gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen und die Flugarten der Drohnen für die Erfassungen am 23.04., 06.05. und 26.05.2022. Nach: C. MICHEL (2021).....	48
Tabelle 6	Farbskalierung zur Einstufung der Nesttemperaturdifferenzen um potentielle Störreaktionen brütender Großer Brachvögel (<i>Numenius arquata</i>) gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen feststellen zu können. C. Michel.....	50
Tabelle 7	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.04.2022), am (26.04.2022) und nach dem (27.04.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	111
Tabelle 8	Brutpaar 1 (BP1, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	116
Tabelle 9	Brutpaar 2a (BP2a, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.04.2022), am (26.04.2022) und nach dem (27.04.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	121
Tabelle 10	Brutpaar 2b (BP2b, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (22.05.2022), am (23.05.2022) und nach dem (24.05.2022) Befliegungstag von 7-10 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	126
Tabelle 11	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.04.2022), am (26.04.2022) und nach dem (27.04.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	131
Tabelle 12	Brutpaar 3 (BP3, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	136
Tabelle 13	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.05.2022), am (26.05.2022) und nach dem (27.05.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen	

	Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	142
Tabelle 14	Brutpaar 4 (BP4, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	147
Tabelle 15	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.04.2022), am (26.04.2022) und nach dem (27.04.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	152
Tabelle 16	Brutpaar 5 (BP5, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	157
Tabelle 17	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.04.2022), am (26.04.2022) und nach dem (27.04.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	162
Tabelle 18	Brutpaar 6 (BP6, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	167
Tabelle 19	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (25.04.2022), am (26.04.2022) und nach dem (27.04.2022) Befliegungstag von 5-14 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	172
Tabelle 20	Brutpaar 7 (BP7, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	177
Tabelle 21	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	182
Tabelle 22	Brutpaar 8 (BP8, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (22.05.2022), am (23.05.2022) und nach dem (24.05.2022) Befliegungstag von 7-10 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	187
Tabelle 23	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (05.05.2022), am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	193
Tabelle 24	Brutpaar 9 (BP9, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (22.05.2022), am (23.05.2022) und nach dem (24.05.2022) Befliegungstag von 7-10 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	198
Tabelle 25	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) am (06.05.2022) und nach dem (07.05.2022) Befliegungstag von 5-12 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	203

Tabelle 26	Brutpaar 10 (BP10, <i>Numenius arquata</i>) vor dem (22.05.2022), am (23.05.2022) und nach dem (24.05.2022) Befliegungstag von 7-10 Uhr mit allen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten: Absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen. C. Michel.....	208
Tabelle 27	Übersichtstabelle der in die Großen Brachvogelgelege (<i>Numenius arquata</i>) eingesetzten, präparierten Thermologger von Brutpaar (BP) 1-11 und des Referenzthermologgers (R1) mit Datum und Uhrzeit des Einsetzens ins Nest bzw. ins Untersuchungsgebiet, Datum und Uhrzeit der Entnahme der präparierten Thermologger, der Anzahl der Erfassungstage der Thermologger, den Startuhrzeiten der Wärmebildkameradrohnenbefliegungstage am 26.04.2022, 06.05.2022 und 23.05.2022. C. Michel.....	216
Tabelle 28	Gegenüberstellung der erfassten Temperaturen (min., max., Median und durchschnittliche Temperatur) der präparierten Thermologger der im gesamten Erfassungsraum, am Befliegungstag 26.04.2022 von 5-14 Uhr, am 06.05.2022 von 5-12 Uhr und am 23.05.2022 von 7-10 Uhr. C. Michel.....	218

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Abkürzungsverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	14
1. Einleitung.....	19
1.1. Wiesenbrüter im Spannungsfeld mit der Landwirtschaft.....	19
1.2. Der Große Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>).....	20
1.2.1. Brutbiologie und Bruthabitatansprüche.....	22
1.3. Vorstellung des Untersuchungsgebietes: Der Borken.....	25
1.4. Das Projekt zum Schutz und Erhalt des Großen Brachvogels auf dem Borken.....	27
1.4.1. Aktueller Forschungsstand zum Großen Brachvogel auf dem Borken.....	28
1.5. Drohnen.....	28
1.5.1. Drohnen in der Landwirtschaft und Ökologieforschung.....	29
1.5.2. Drohnen in ornithologischen Forschungen.....	29
2. Material und Methoden.....	33
2.1. Allgemeine Maßnahmen des Projekts.....	34
2.1.1. Die „klassische“ visuelle Gelegesuche und der Aufbau der Gelegeschutzzäune.....	37
2.1.2. Die großen Kükenschutzzäune.....	37
2.1.3. Absprachen und Begleitungen mit hiesigen Landwirten und Jägern auf den Projektflächen.....	37
2.2. Datenerfassungen und -auswertungen im Rahmen der Masterarbeit.....	39
2.2.1. Die Thermologger.....	39
2.2.2. Die Befliegungen mit Wärmebildkameradrohnen.....	42
2.2.2.1. Die Erfassung der Störreaktionen der brütenden Großen Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen.....	47
2.2.3. Die Auswertung der Daten der Thermologger und Beobachtungen.....	48
2.2.3.1. Die Auswertung der Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen.....	49
2.2.3.2. Die Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen.....	49
3. Ergebnisse.....	51
3.1. Projektbezogene Ergebnisse.....	51
3.2. Ergebnisse im Rahmen der Masterarbeit.....	52
3.2.1. Die Temperaturverläufe der Nester während der Bebrütungsphasen.....	53
3.2.2. Die Störreaktionen der brütenden Großen Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen.....	100
3.2.2.1. Beobachtete Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber	

Wärmebildkameradrohnen.....	100
3.2.2.2 Störreaktionen und Bebrütungsfrequenzen (Nestwärmesignaturen): Brutverhalten vor, während und nach einem Befliegungstag.....	109
4. Diskussion.....	212
4.1 Das allgemeine Brutverhalten und der Bruterfolg in der Projektsaison 2022, sowie der Einfluss von fliegenden Wärmebildkameradrohnen auf das Brutgeschehen.....	212
4.2 Intensivierung der Forschungsfragestellung: Ist eine Störung durch Wärmebildkameradrohnen durch die Bebrütungsfrequenz erfassbar?.....	213
4.3 Mögliche Anwendungsbereiche im Brachvogelprojekt für die Nutzung von Wärmebildkameradrohnen auf dem Borken.....	214
5. Anhang.....	216
6. Literaturverzeichnis.....	2119

1. Einleitung

1.1. Wiesenbrüter im Spannungsfeld mit der Landwirtschaft

Anfang des 20. Jahrhunderts wurden jedes Frühjahr die Erstgelege von Rotschenkeln (*Tringa totanus*), Kampfläufnern (*Calidris pugnax*), Kiebitzen (*Vanellus vanellus*), Großen Brachvögeln (*Numenius arquata*) und anderen sog. Wiesenbrütern als Delikatesse verzehrt (KOOIKER & BUCKOW 1980; STIEFEL & SCHEUFLER 1984). Die Bodenbrüter waren häufige Arten der Moore, Sümpfe, Niederungen, Marschen und Grünlandwiesen (NABU-BUNDESVERBAND 2020; KOOIKER & BUCKOW 1980; FISCHER & WALKER 2015; MAKATSCH 1981; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995; ZIESEMER 1986), deren Populationen trotz Entnahmen einiger Gelege nicht rückläufig waren (KOOIKER & BUCHOW 1980). Viele Wiesenbrüterarten profitierten zudem von der Schaffung weiter Offenlandschaften wie bei der extensiven Grünlandnutzung, da sie optimale Brut- und Aufzuchtbedingungen boten und wurden zu Kulturlandschaftsfolgern (KOOIKER & BUCKOW 1980; KUSCHERT 1983; JOEST & ILLNER 2013; NABU-BUNDESVERBAND 2020; NABU-INSTITUT FÜR VOGELSCHUTZ & INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ SINGEN 2004; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; ZIESEMER 1986). Die Industrialisierung und damit einhergehende Intensivierung der Landwirtschaft veränderte ihre Bruthabitate zu maßgeblich (DÜTTMANN ET AL. 2006; JOEST & ILLNER 2013; KOOIKER & BUCKOW 1980; MACDONALD & BOLTON 2008; NABU-BUNDESVERBAND 2020; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; ZIESEMER 1986): Es kam zu vermehrten Meliorationen von Mooren, die u. a. auch zur Grünland- und Ackernutzung umgewandelt wurden (KUSCHERT 1983; NABU-BUNDESVERBAND 2020; NABU-INSTITUT FÜR VOGELSCHUTZ & INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ SINGEN 2004; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON FRISCH 1995; ZIESEMER 1986). Erhöhte Drainierungen trockneten die Torfböden aus (DÜTTMANN ET AL. 2006; HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; KUSCHERT 1983; NABU-BUNDESVERBAND 2020; NABU-INSTITUT FÜR VOGELSCHUTZ & INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ SINGEN 2004; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON FRISCH 1965; ZIESEMER 1986), in Flussniederungen wurden Flüsse begradigt, eingedeicht und trocken gelegt (STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON FRISCH 1965; ZIESEMER 1986). Aus extensiven Grünlandnutzungen wurden intensive (DÜTTMANN ET AL. 2006; KOOIKER & BUCKOW 1980; MACDONALD & BOLTON 2008; NABU-INSTITUT FÜR VOGELSCHUTZ & INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ SINGEN 2004; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; ZIESEMER 1986), die besonders aufgrund der Silageherstellung (BLINDOW 1987; BUSCHE 2011; ZIESEMER 1986) häufigen und frühere Bearbeitungsschritten im Frühling und Sommer unterliegen (BLINDOW 1987; BUSCHE 2011; KOOIKER & BUCKOW 1980; NABU-BUNDESVERBAND 2020; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; ZIESEMER 1986). Hierzu zählt auch die Bodenverdichtung durch Walzen und häufiges Befahren mit Traktoren etc., die die Nahrungsverfügbarkeit an Invertebraten mindert (DÜTTMANN ET AL. 2006; KUSCHERT 1983). Grünlandwiesen und -weiden wurden und werden zunehmend überdüngt (BUSCHE 2011; KUSCHERT 1983; JOEST & ILLNER 2013; NABU-BUNDESVERBAND 2020; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; SCHEUFLER & STIEFEL 1989; ZIESEMER 1986), diverse ertrags- und Protein-reiche Grassaaten neu eingesät, sodass sich die Pflanzengesellschaften erheblich verändert haben (KUSCHERT 1983; NABU-BUNDESVERBAND 2020; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; SCHEUFLER & STIEFEL 1989; ZIESEMER 1986) und die Vegetation dichter und undurchlässiger für die Küken ist (NABU-BUNDESVERBAND 2020). Die landwirtschaftlichen Bearbeitungen kollidieren zudem immer häufiger mit dem Brutgeschehen der Wiesenbrüter, indem während der Brut Gelege überwalzt (DÜTTMANN ET AL. 2006; KOOIKER & BUCKOW 1980; KUSCHERT 1983; NABU-BUNDESVERBAND 2015; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; ZIESEMER 1986) und Küken während der Mahd von Mähwerken erfasst werden (BUSCHE 2011; DÜTTMANN ET AL. 2006; KOOIKER & BUCKOW 1980; KUSCHERT 1983; NABU-BUNDESVERBAND 2015; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; ZIESEMER 1986). Bei Beweidungen können hohe Viehdichten zu massivem Vertritt von Eiern und Küken führen, wenn die Weiden zeitgleich von Wiesenbrütern zum Brüten und zur Kükenaufzucht genutzt werden (BLINDOW 1987; FISCHER & WALKER 2015; HAAS 2019; HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; KOOIKER & BUCKOW 1980; KUSCHERT 1983; MACDONALD & BOLTON 2008; NABU-BUNDESVERBAND 2020;

SCHEUFLER & STIEFEL 1985; SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965) und es kann zu Störungen während der Brut kommen (SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Zugleich fehlt durch den erhöhten Verbiss des Viehs ausreichend Deckung für die Küken, die schneller von Prädatoren erfasst werden können (BLINDOW 1987). Die erheblichen Veränderungen von abiotischen und biotischen Faktoren in den Bruthabitaten verändern auch die Zusammensetzung der Biozöosen des Grünlandes (MACDONALD & BOLTON 2008): Ein erhöhtes Aufkommen an Beutetieren wie bspw. Wühlmäusen (Arvicolinae), die die trockenen Böden des ehemaligen Feuchtgrünlandes nun massenhaft besiedeln können, da ihre Baue nicht mit Wasser volllaufen, führt zu einem erhöhten Prädatorenaufkommen vor Ort (SCHRÖPFER & DÜTTMANN 2020; HÖNISCH ET AL. 2008; NABU-BUNDESVERBAND 2020). Diese Prädatoren können auch potentielle Gelege- und Kükenprädatoren für Wiesenbrüter sein, hierzu zählen u. a. Fuchs (*Vulpes vulpes*), Hermelin (*Mustela erminea*), Marderhund (*Nyctereutes procynoides*), Mäusebussard (*Buteo buteo*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*) und Rotmilan (*Milvus milvus*) (GORETZKI 1998; HÖNISCH ET AL. 2008; KAUALA & VON RÉGE 1998; KOOIKER & BUCKOW 1980; NABU-BUNDESVERBAND 2020; SCHRÖPFER & DÜTTMANN 2020; SEELIG & SEELIG 2001; SEYMOUR 1999; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965). Im Bruterfolg geschwächte Wiesenbrüterarten unterliegen zudem während des Frühlings- und Herbstzuges dem menschlichen Jagddruck (KOOIKER & BUCKOW 1980; STIEFEL & SCHEUFLER 1984 ;VON BOLTZHEIM ET AL. 2001), sowie dem Mangel an geeigneten Rastgebieten mit ausreichend Nahrung (STIEFEL & SCHEUFLER 1984) und wenig Störungen (SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Gesunde Populationen, die demografisch und genetisch weit aufgestellt sind, können einige Individuenverluste während der Brut (Gelege, Küken und auch Alttiere) und des Vogelzuges (Jung- und Alttiere) kompensieren, wenn der allgemeine Bruterfolg über mehrere Jahre nicht dauerhaft stagniert (BAIRLEIN 1996; BUSCHE 2011). Verschlechtert sich die Qualität des Bruthabitates jedoch weiter und korreliert mit einem schlechten Bruterfolg, können langfristig Populationen altern, ohne, dass neue, junge Individuen diese Populationen „auffrischen“ (BAIRLEIN 1996; BUSCHE 2011; HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; SCHRÖPFER & DÜTTMANN 2020; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Es kommt zur genetischen Verarmung der Populationen, die somit lokal bedroht sind und zum Aussterben einer ganzen Art führen kann (BAIRLEIN 1996 ; SCHRÖPFER & DÜTTMANN 2020). Besonders Wiesenbrüter des Feuchtgrünlandes zählen zu den am stärksten gefährdeten Vögeln Mitteleuropas (HÖTKER & TEUNISSEN 2006). Viele von ihnen sind sehr brutortstreu Wiesenbrüterarten (sog. „konservative Arten“), die über Jahrzehnte die gleichen Brutreviere nutzen und immer wieder zu diesen zurückkehren – egal in welcher Qualität die Brutreviere vorliegen (SEELIG & SEELIG 2001; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Sie sind nicht in der Lage sich den zu schnellen Veränderungen ihrer Umwelt anzupassen und würden ohne Hilfsmaßnahmen aussterben (SCHRÖPFER & DÜTTMANN 2020). Eine dieser sehr brutortstreuen Wiesenbrüterarten in der nun intensiven Grünlandwirtschaft, die vom Aussterben bedroht ist, ist der Große Brachvogel (SEELIG & SEELIG 2001).

1.2 Der Große Brachvogel (*Numenius arquata*)

Der Große Brachvogel ist eine Limikolenart, die zur Familie der Schnepfenvögel (Scolopacidae) und Gattung *Numenius* gehört, die gegenwärtig in neun Arten vertreten ist (KUMARI 1977; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Ihnen allen gemein ist der gebogene Schnabel (KUMARI 1977; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Vier Gattungen bewohnen Eurasien, darunter Zwergbrachvogel (*N. minutus*), Dünnschnabel-Brachvogel (*N. tenuirostris*), Isabellbrachvogel (*N. madagascariensis*) und Großer Brachvogel (*N. arquata*), drei Arten sind in Nordamerika vertreten, dies sind Eskimo-Brachvogel (*N. borealis*), Rostbrachvogel (*N. americanus*) und Borstenbrachvogel (*N. tahitiensis*) und eine Art bewohnt holoarktische Regionen, dies ist der Regenbrachvogel (*N. phaeopus*) (KUMARI 1977; MAKATSCH 1981). Der Große Brachvogel (folgend Brachvogel genannt) ist die einzige der Arten, die in Mitteleuropa und somit Deutschland brütet (VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Er ist etwa hühnergroß mit einer bräunlich-gestreiften Gefiederfärbung und einem langen, gebogenen Schnabel (MAKATSCH 1981; VON FRISCH 1995; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001) (Abb. 3: A.). Sein Verbreitungsareal ist paläarktisch geprägt (VON

BOLTZHEIM ET AL. 2001) und reicht in seinem nördlichsten Verbreitungsgebiet von den Britischen Inseln und Island, über Russland im Osten bis hin zum Ural, westlich bis nach Ostfrankreich und im Süden bis zum Alpenraum, der als natürliche Verbreitungsgrenze gilt (MAKATSCH 1981; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Das Verbreitungsareal ist untergliedert in die Überwinterungsgebiete, die vor allem in den Küstengebieten Großbritanniens, über die Nordseeküste von Deutschland bis Frankreich und das Mittelmeer reichen, und die Brutgebiete (VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995), die folgend in Deutschland genauer betrachtet werden.

In Deutschland ist der Brachvogel ein regionaler Brutvogel mit stark zurückgehenden Tendenzen (DDA 2021; HÖTKER & TEUNISSEN 2006). Zwischen 2011-2016 wurden ca. 3.600-4.800 Brutpaare (BP) erfasst (DDA 2021). Sein Verbreitungsschwerpunkt liegt im Norden Deutschlands (BfN 2019) (Abb. 1), wobei sich im Bundesland Niedersachsen derzeit ca. 60 % des Brutbestandes befinden (VÖKLER 2014). Weitere nördliche Bestände befinden sich in Schleswig-Holstein, Bremen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern (BfN 2019). Im Süden gibt es noch vereinzelt größere Populationen in Bayern und Baden-Württemberg (BfN 2019). Sehr kleine Restpopulationen befinden sich zudem in Sachsen, Hessen und Rheinland-Pfalz (BfN 2019). Die Art ist in ihrer Verbreitung lokal an weitläufige Grünlandstandorte, Talmoore und große Flussniederungen gebunden (VÖKLER 2014). Der Brachvogel ist in Deutschland laut Bundesnaturschutzverordnung eine streng geschützte Art (Anlage 1), die auf der Roten Liste in die Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht) eingestuft worden ist (DDA 2021).

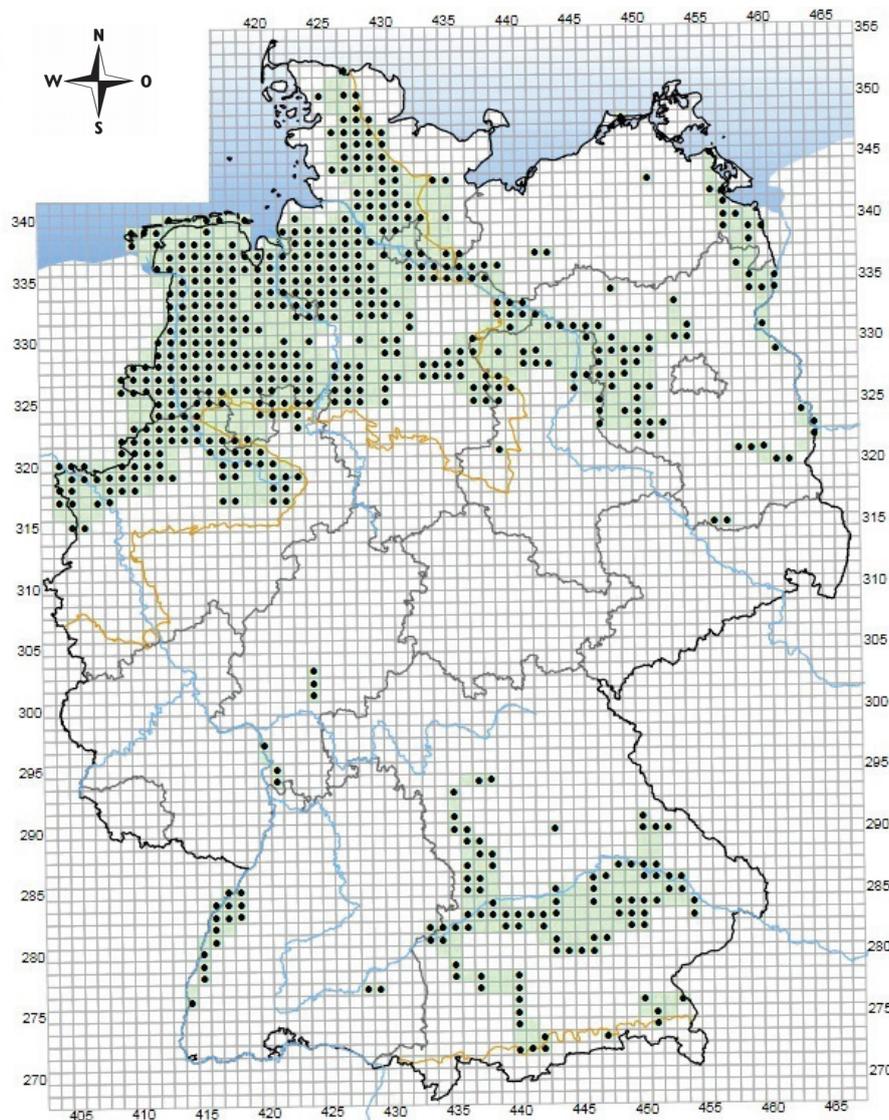


Abb. 1: Verbreitungskarte des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) in Deutschland (Stand 2019). Dargestellt sind das Verbreitungsgebiet (■) und das Vorkommen der Art (●) als Brutvogel. Ergänzend sind biogeografische Regionen (—), Flüsse (—) und die deutsche sowie Bundeslandesgrenzen eingezeichnet (—). Der Brachvogel hat seinen Verbreitungsschwerpunkt in Norddeutschland, vor allem in Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Weitere Populationen befinden sich in Bremen, im Norden Nordrhein-Westfalens, in Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Im Süden Deutschlands gibt es weitere Populationen in Bayern und Baden-Württemberg. Populationsreste befinden sich zudem in Hessen und Rheinland-Pfalz. Der Brachvogel ist eine rückläufige Art, deren Verbreitungsgebiet und tatsächliches Vorkommen erkennbar abnehmen. Gegenwärtig ist der Brachvogel auf der Roten Liste Deutschlands als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft. BfN (2019), Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/BKG (2019).

In Mecklenburg-Vorpommern ist der Brachvogel ein mittlerweile seltener Brutvogel (VÖKLER 2014). Die Bestände sind stark rückläufig: Von 1978-1982 gab es etwa 100-150 BP/Revierpaare (RP), 1994-

1997 44-58 BP/RP und 2005-2009 30-40 BP/RP (VÖKLER 2014) (Abb. 2). Letzte Populationen gibt es im Westen im Mecklenburgischen Elbtal, in den Südwestlichen Talsandniederungen der Flüsse Elde, Rögnitz, Sude und Lewitz, sowie im Osten im Kleinen Haff, der Großen Friedländer Wiese und den Niederungen der Flüsse von Uecker und Randow (VÖKLER 2014). Die meisten BP hatten in den letzten Erfassungsjahren laut VÖKLER (2014) keinen Bruterfolg. Auf der Roten Liste Mecklenburg-Vorpommerns ist der Brachvogel der Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht) zugeordnet (DDA 2021).

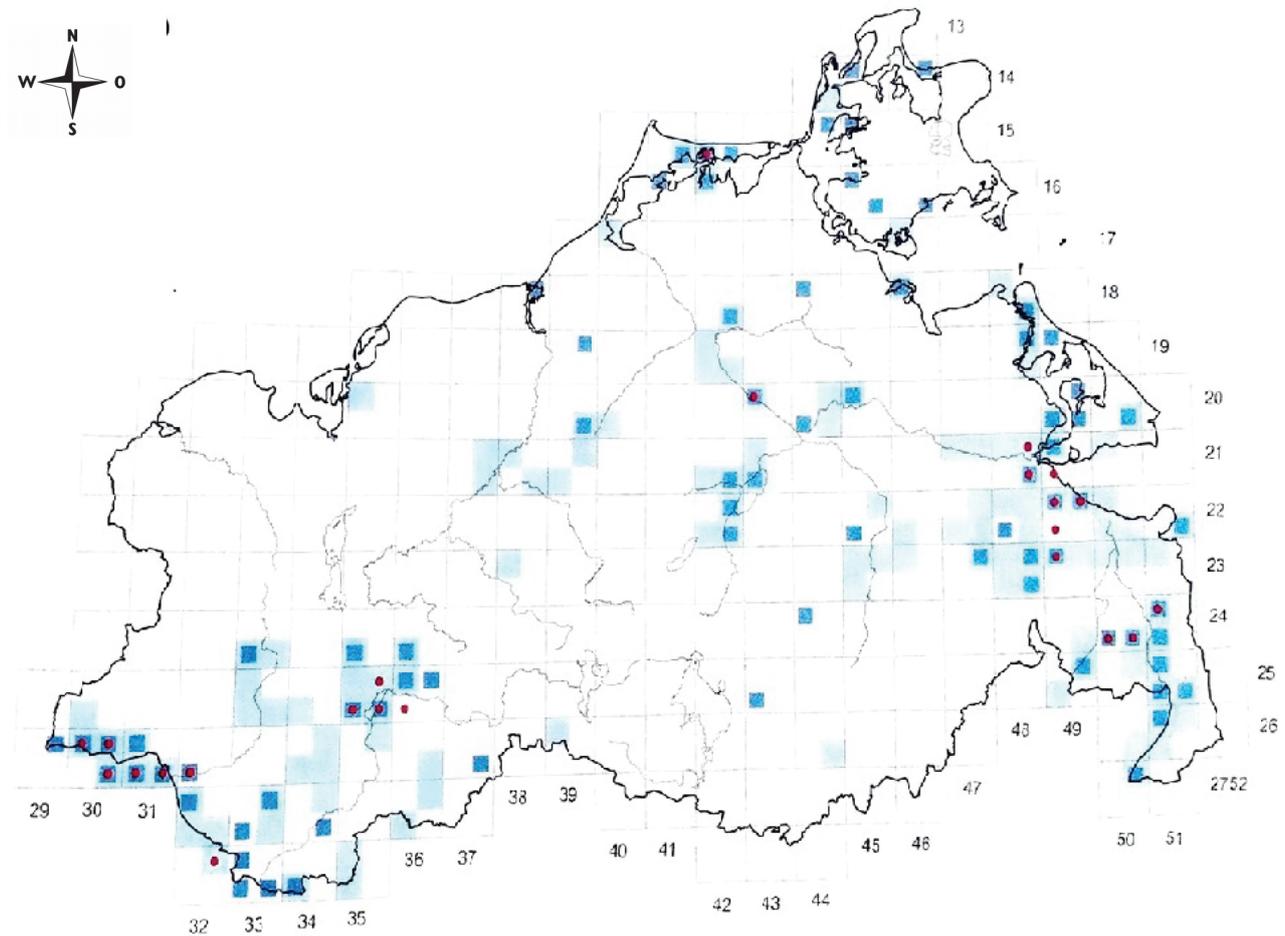


Abb. 2: Verbreitungsübersichtskarte des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) im deutschen Bundesland Mecklenburg-Vorpommern (Stand 2014). Aufgezeigt werden die verschiedenen Kartierungsergebnisse dreier Erfassungszeiträume, wobei Brut- und Revierpaare (BP und RP) als gleichwertig erachtet wurden. Die BP/RP-Kartierungen von 1978-1982 sind hellblau (□) und die BP/RP-Kartierungen von 1994-1998 sind dunkler blau (■) dargestellt. Die BP/RP-Kartierungen von 2005-2009 sind als rote Punkte eingezeichnet (●). Die Bestandserfassungen sind gegenwärtig die aktuellsten für Mecklenburg-Vorpommern. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Bestände des Brachvogels rückläufig sind, viele Vorkommen wie bspw. auf den Inseln Rügen und Usedom und im Binnenland Mecklenburg-Vorpommerns scheinen erloschen zu sein. Restpopulationen existierten nachweislich bis 2009 im Westen Mecklenburg-Vorpommerns in der Nähe bei Schwerin und Ludwigslust, angrenzend zu Sachsen-Anhalt, im Norden bei Fischland-Darß-Zingst, mittig bei Demmin und im Osten bei Anklam und Pasewalk. Aus: VÖKLER (2014).

1.2.1 Brutbiologie und Bruthabitatsansprüche

Die ersten Brachvögel kehren gegen Mitte März in ihre Brutreviere zurück, wobei zumeist die Männchen als erstes ankommen und damit beginnen ihre Reviergrenzen festzulegen (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995). Die Reviergrenzen sind häufig Landmarken wie Gräben, Hecken oder Wege, die von den Männchen mittels Reviermarkierungsflügen („Gugen“) und patrouillieren gegenüber Artgenossen verdeutlicht werden (SEELIG & SEELIG 2001; VON FRISCH 1995). Die Reviere und ihre Begrenzungen können über Jahre hinweg bestehen und einem Männchen oder dem gleichen Brutpaar gehören (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON

FRISCH 1995). Gegen Ende März/Anfang April baut das Männchen mehrere Nistmulden, die es dem Weibchen präsentiert (VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Willigt das Weibchen ein, kommt es zu Paarungen (Abb. 3: A.) und das Gelege wird gegründet (VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Bevorzugt werden Niststandorte, die von einem ausreichenden pflanzlichen Bewuchs umgeben sind, um das Nest gut vor Prädatoren verbergen zu können (→ heterogene, strukturreiche Wiesen) (FISCHER & WALKER 2015; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995). Der Strukturreichtum dient später den Küken als Deckung (VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995). Die Nistmulde ist eine Kuhle im Torfboden, die mit Gräsern als Nistmaterial ausgekleidet wird (MAKATSCH 1981; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965). Die Eier werden im Abstand von ein bis zwei Tagen gelegt und erst nach Vollendung des Vollgeleges, aus meist vier Eiern, vollständig bebrütet (KUMARI 1977; MAKATSCH 1981; SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Kommt es zu einem Gelegeverlust, können erneute Bruten (→ Nachgelege) versucht werden, die oft ein bis zwei Wochen nach Gelegeverlust in einer neuen Nistmulde angelegt werden (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Die Eier sind etwa so groß wie ein Gänseei und bräunlich-oliv mit meist braunen Flecken, die sehr gut in der Nistmulde getarnt sind (Abb. 10: A. & B.) (MAKATSCH 1981; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Gleiches gilt für einen brütenden Altvogel, der durch seine Gefiederfärbung als Tarnung sehr gut mit der Umgebung verschmilzt (Abb. 24: B.) (VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Beide Elternteile beteiligen sich aktiv an der Brut und ergänzen sich beim Observieren des Brutreviers nach potentiellen Prädatoren (MAKATSCH 1981; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Gelege-, und später Kükenprädatoren, werden einzeln und/oder vom Brutpaar gemeinsam angegriffen und verjagt (VON FRISCH 1995); befinden sich weitere Brutpaare an Brachvögeln und/oder anderen Wiesenbrütern wie Kiebitz, Uferschnepfe, Rotschenkel etc. im Brutgebiet, werden Prädatoren gemeinsam verjagt (SCHEUFLER & STIEFEL 1985; STIEFEL & SCHEUFLER 1984). Solche Brutkolonien profitieren voneinander, da sie einander schneller warnen und im Kollektiv besser ihre Gelege und Küken verteidigen können (KOOIKER & BUCKOW 1980; MACDONALD & BOLTON 2008; SCHEUFLER & STIEFEL 1985, STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON FRISCH 1965). Sowohl der Brachvogel, als auch andere Wiesenbrüter nutzen spezifische Warnrufe für Prädatoren und andere potentiellen Gefahren (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995), die sowohl intra- als auch interartlich verstanden werden (STIEFEL & SCHEUFLER 1984). Die durchschnittliche Bebrütungsdauer des Geleges liegt bei etwa 29 (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995) bis 30 Tage (KUMARI 1977). Die tatsächliche Bebrütungsdauer und der Schlupfzeitpunkt werden maßgeblich durch die Faktoren der Umgebungstemperatur und die Bebrütungsintensität (Häufigkeiten und Dauer von Erwärmen ↔ Auskühlen des Geleges) bestimmt (STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Kurz vor dem Schlupf beginnen die Küken in den Eiern mit den Eltern zu kommunizieren (KOOIKER & BUCKOW 1980; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995), sodass ein möglichst koordinierter, gemeinsamer Schlupf aller Küken initiiert werden kann, bei dem die Eltern besonders gehäuft im Nest sind, um die Küken zu wärmen (KOOIKER & BUCKOW 1980; KUMARI 1977; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995) – die Körperwärme ist ein essentieller Faktor für einen erfolgreichen Schlupf der Küken (KOOIKER & BUCKOW 1980; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Der Schlupf kann ein bis zwei Tage dauern (KUMARI 1977; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Brachvogelküken sind Nestflüchter, die wenige Stunden nach dem Schlupf eigenständig, in Begleitung ihrer wachsamem Eltern, nach Nahrung suchen können (MAKATSCH 1981; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995). Sie müssen in den ersten Lebenstagen gehäuft gehudert werden, da sie ihre eigene Körpertemperatur noch nicht eigenständig regulieren können (KOOIKER & BUCKOW 1980; HÖNISCH ET AL. 2008; HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1995) (→ zeitlich begrenzt poikilotherm) und dadurch in ihrer Fähigkeit zur Nahrungssuche zeitlich eingeschränkt sind (HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; KOOIKER & BUCKOW 1980). Die Küken ernähren sich von diversen Invertebraten, die sie selbst jagen (BOSCHERT 2006; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Das Dunengefieder der Küken ist beige-bräunlich mit Flecken und verleiht ihnen eine



Abb. 3: **A.** Ein männlicher (♂) Großer Brachvogel (*Numenius arquata*) fordert seine Brutpartnerin (♀) zur Paarung auf. Die Männchen dieser Art sind etwas kleiner als das Weibchen und haben einen kürzeren Schnabel, der geradliniger ausfällt als der des Weibchens. Das sichere Unterscheiden des Geschlechts ist bei der Erfassung von Brutpaaren und -revieren wichtig, um einschätzen zu können wie viele Reviere und potentiellen Bruten in einem Gebiet vorhanden sein könnten. Bei der Paarungsaufforderung umrundet das Männchen aufgeregt flatternd mit Bettelrufen das Weibchen. Wenn dieses einwilligt, wird die Paarung vollzogen. Eine erfolgreiche Paarung ist ein sehr deutliches Indiz für ein bald folgendes oder bereits bestehendes Gelege. **B.** Ein brütender Brachvogel hat sich über sein Nest geduckt um sich zu tarnen. Seine Gefiederfärbung ähnelt verschiedenen Gräsern, sodass der Brachvogel selbst aus direkter Nähe schwer zu erkennen. **C.** Ein etwa zwei Wochen altes Brachvogelkükens im Dunenkleid. Der Schnabel des Kükens wächst bereits in die länglich-gebogene Form die die Alttiere aufweisen. Das Dunenkleid des Kükens ermöglicht dem Kükens eine gute Tarnung im Gras, da durch dieses seine Silhouette mit der Umgebung verschmilzt. Die Kükens benötigen diese Tarnung vor allem um sich vor Prädatoren zu verstecken. C. Michel.

gute Tarnung mit der grasbewachsenen Umgebung (Abb. 3: C.) (VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995), die besonders gegenüber Prädatoren wichtig ist (VON FRISCH 1965). Die Küken ducken sich instinktiv beim Auftauchen eines Boden- und Luftfeindes dicht an den Boden an (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995) und reagieren ähnlich bei Warnrufen der Eltern (SEELIG & SEELIG 2001; VON BOLTZHEIM ET AL. 2001; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995) oder anderen Wiesenbrütern in der direkten Umgebung (VON FRISCH 1995). In den ersten neun Lebenstagen der Küken ist ihre Verlustrate sehr hoch (57 %) und liegt in den ersten vierzehn Lebenstagen bei fast 70 % (HÖNISCH ET AL. 2008). Mit zunehmenden Alter und Größenwachstum sinkt die Mortalität der Küken (HÖNISCH ET AL. 2008; HOPPSTÄDTER ET AL. 2007). Nach ca. 40 bis 50 Tagen sind die Küken flügge (MAKATSCH 1981; SEELIG & SEELIG 2001; VON FRISCH 1995); sie können, bei gutem Wachstum, aber schon nach 21 Tagen kleinere Strecken fliegen (HOPPSTÄDTER ET AL. 2007). Der Bruterfolg des Brachvogels variiert jedes Jahr sehr stark, da er von vielen abiotischen und biotischen Faktoren beeinflusst wird (BUSCHE 2011; FISCHER & WALKER 2015; HÖNISCH ET AL. 2008). Er wird ermittelt durch die Anzahl juveniler Tiere (juv.)/die Anzahl der Brutpaare je Saison (SEELIG & SEELIG 2001). Ein hoher Bruterfolg ist ein wichtiges Kernelement für das Bestehen und v. a. die Entwicklung einer Population (FISCHER & WALKER 2015). Für eine Brutpopulation des Brachvogels sollten laut SEELIG & SEELIG (2001) und SCHRÖPFER & DÜTTMANN (2020) etwa 0,8 juv./BP je Saison und laut FISCHER & WALKER (2015) 0,51 juv./BP je Saison flügge werden. Da im ersten Lebensjahr die Mortalitätsrate von Jungvögeln hoch ist (68 %), wird die Anzahl junger fortpflanzungsfähiger Individuen erneut stark reduziert (VON BOLTZHEIM ET AL. 2001). Besonders junge Brachvögel sind wichtig für den genetischen Austausch benachbarter Populationen und das Auffrischen der Altersstrukturen dieser (BUSCHE 2011; SEELIG & SEELIG 2001), denn sie siedeln sich bevorzugt weiter entfernt vom Geburtsort an (bis zu 40 km) (BUSCHE 2011). Ein Wiesenbrütermanagement, das die landwirtschaftlichen Umstände auf die Brutbedürfnisse der Brachvögel abstimmt und den Prädationsdruck erheblich mindert, ist essentiell um die Art langfristig in der Agrarlandschaft erhalten zu können. Ein derartiges Wiesenbrütermanagement gibt es u. a. auf dem Borken.

1.3 Vorstellung des Untersuchungsgebietes: Der Borken

Der Borken liegt im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern im Landkreis Vorpommern-Greifswald, gehört zum Kreis Viereck und befindet sich direkt neben der Ortschaft Borken. Die nächsten nah gelegenen größeren Städte sind Torgelow im Nord-Westen und Pasewalk im Süd-Westen. Der Borken ist ein Bestandteil des Unteren Randowtals und ein ehemaliger Niedermoorbereich (SCHELLER ET AL. 2002), der gegenwärtig hauptsächlich von vier verschiedenen Landwirtschaftsbetrieben als Feuchtgrünland genutzt wird (LUNG MV 2009). Das Untersuchungsgebiet ist etwa 2000 ha groß (HEISS ET AL. 2019), grenzt im Norden an den Truppenübungsplatz „Jägerbrück“, reicht östlich in zur Ortschaft Glashütte und der Landstraße L238 und wird im Süden durch eine unbefestigte Straße begrenzt, die in Richtung Osten zur Ortschaft Borken führt (Abb. 26). In der Mitte des Borkens liegt das Naturschutzgebiet (NSG) „Wildes Moor“, das ein Torfstechkomplex ist, der sich aus unterschiedlichen Verlandungsstadien zusammensetzt (LUNG MV 2009) und teilweise zur Silagegewinnung extensiv als Feuchtgrünland bewirtschaftet wird. Der Großteil des Grünlandes wird zur Silageherstellung genutzt, wobei im Osten Intensivgründlandnutzung vorliegt (konventioneller Betrieb „Grünhof“) und Bereiche nördlich und südlich des NSGs extensiv (ökologischer Betrieb „Gut Borken“) genutzt werden. Einige dieser extensiven Wiesen werden nach dem ersten Mahdschnitt teilweise mit Rindern beweidet. Nördlich an den Truppenübungsplatz angrenzend liegen extensive Heuwiesen (ökologischer Betrieb „Ahlbeck“), die erst Ende Juni/Anfang Juli gemäht werden. Der Borken ist ein Teil folgender Schutzgebiete: Vogelschutzgebiet (Special Protected Area (SPA)) „Ueckermünder Heide“ (DE 2350-401 SPA 12) (BfN 2019), Important-Bird-Area (IBA) (SCHELLER ET AL. 2002), Fauna-Flora-Habitat (FFH) „Koblentzer See und Zerrenthiner Wiesen“ (FFH-DE 2450-301) und „Latzigsee beim Borken“ (FFH-DE 2451-301) (LUNG MV 2009). Der Brachvogel ist eine Zielart des SPA-Gebiets (BfN 2019; HEISS ET AL. 2019). Aufgrund des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG),

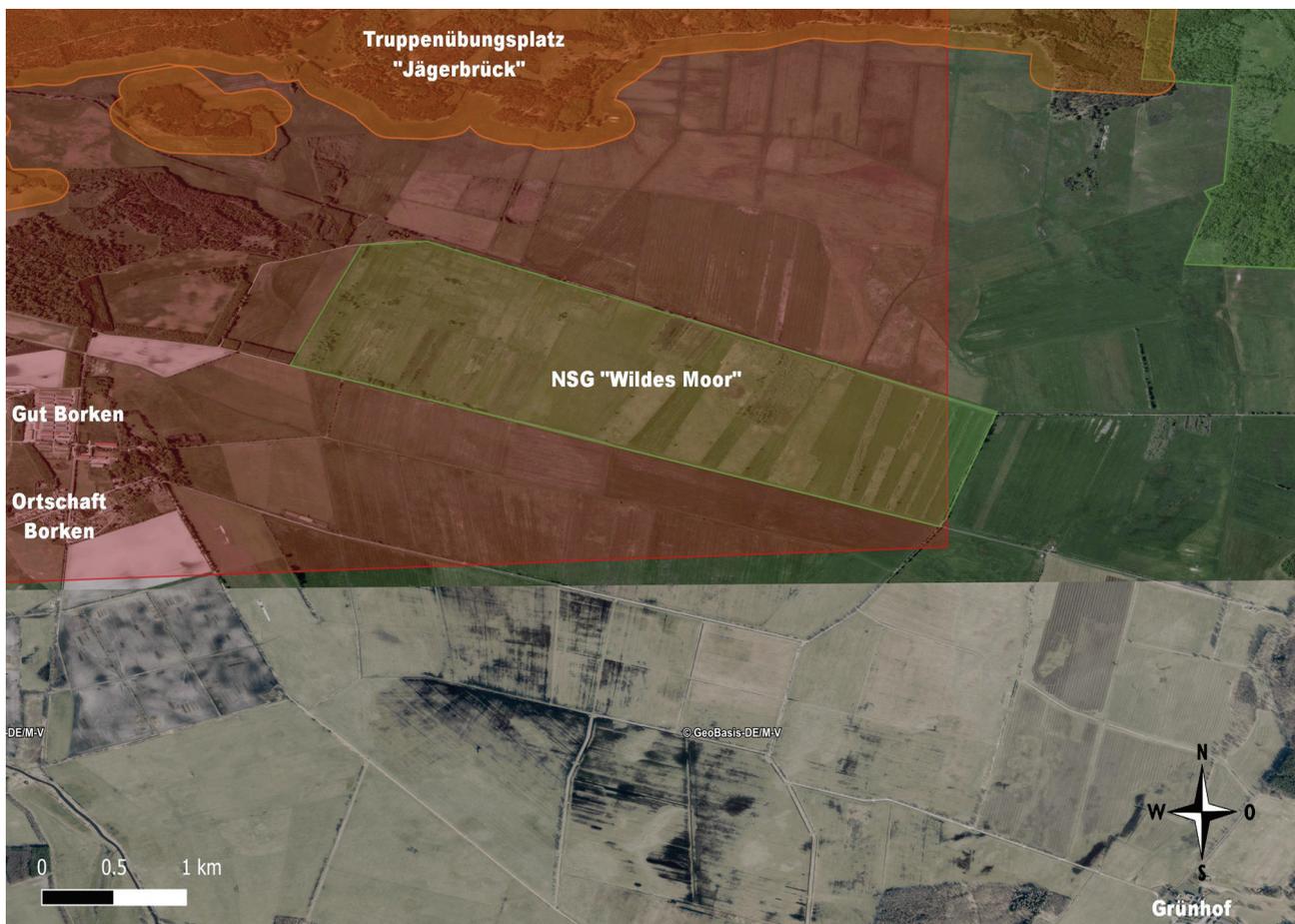


Abb. 4: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes der Brutpopulation des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Projektzeitraum April-Juli 2022. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von der Ortschaft Borken im Westen, bis zum Truppenübungsplatz „Jägerbrück“ (■) im Norden, im Osten in Richtung der Ortschaft Glashütte (nicht eingezeichnet) und Landstraße L283, bis zum landwirtschaftlichen Betrieb „Grünhof“ im Süd-Osten und der unbefestigten Straße im Süden, die zur Ortschaft Borken führt. In der Mitte des Untersuchungsgebietes liegt das Naturschutzgebiet (NSG) „Wildes Moor“ (■), das nicht zum Untersuchungsgebiet gehört und betreten wird. Der Großteil der Grünlandflächen wird zur Silageproduktion vom Betrieb „Gut Borken“ (extensiv) und „Grünhof“ (intensiv) genutzt. Eine Wiese wird von einem Betrieb zur extensiven Heuherstellung genutzt, gleiches gilt für einen den Betrieb „Ahlbeck“ direkt südlich des Truppenübungsplatzes „Jägerbrück“. Direkt durch die Mitte des Untersuchungsgebietes geht eine Teerstraße, die Landstraße und Ortschaften verbindet. Weitere Wegsysteme sind diverse Feldwege. Die Brachvögel werden von der Teerstraße und den Feldwegen von Autos aus beobachtet. Der Borken ist ein Vogel- (Special Protected Area (SPA)) und Fauna-Flora-Habitat-Schutzgebiet (FFH), sowie Bestandteil des Naturparks am Stettiner Haff. Aufgrund der Schutzgebiete herrscht ein Flugverbot im Untersuchungsgebiet. Wegen des Truppenübungsplatzes gibt es zudem eine allgemeine Flugverbotszone (■), die etwa 2/3 des Gebietes betrifft. Die Flugverbote gelten auch für UAVs (Unmanned Aerial Vehicle). WMS-Layer: BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (DIPUL) (2023); Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.

den Maßnahmenvorschlägen des Landschaftsrahmenplanes Mecklenburg-Vorpommerns und den Richtlinien/Auflagen der Schutzgebiete ergeben sich Pflichten für die Landnutzer bei den Bewirtschaftungen und der Grünlandgestaltung (LUNG 2009): Die Bewirtschaftungen der Grünlandwiesen dürfen Tiere und ihre Entwicklungsformen weder verletzen, stören oder töten; streng geschützte Arten dürfen zusätzlich nicht in ihren Reproduktionsgebieten gestört oder entnommen werden (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ & BUNDESAMT FÜR JUSTIZ 2010) – dies gilt beispielhaft auf dem Borken speziell für Gelege und Jungvögel des Brachvogels. Im Rahmen der „guten fachlichen Praxis“ ist eine Bewirtschaftung während der Brutzeit des Brachvogels auf den Brutflächen möglich, jedoch darf der Erhaltungszustand einer lokal bedrohten Population nicht weiter rückläufig sein oder sich gänzlich verschlechtern (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ & BUNDESAMT FÜR JUSTIZ 2010). In die Bewirtschaftungsabläufe können Ämter und Behörden eingreifen, wenn die Bewirtschaftungen der Landwirte den Bruterfolg maßgeblich beeinflussen (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ & BUNDESAMT FÜR JUSTIZ 2010). Die

Landwirte können alternativ im Rahmen von Artenschutzprogrammen und/oder vertraglichen Einigungen (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ & BUNDESAMT FÜR JUSTIZ 2010) wiesenbrüterfreundlich wirtschaften, wobei die Maßnahmen an die Brutbedürfnisse des Brachvogels angepasst werden müssen. Ein solches Artenschutzprogramm befindet sich auf dem Borken.

1.4 Das Projekt zum Schutz und Erhalt des Großen Brachvogels auf dem Borken

Das Projekt zur „Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Vorpommern-Greifswald)“ wurde 2015 etabliert, nachdem durch Langzeitbeobachtungen hiesiger Naturschützer eine Brutpopulation des Brachvogels auf dem Borken nachgewiesen werden konnte (OLSTOORN 2015). Auftraggeber des Projektes ist das StALU (Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern). Im Fokus des Projektes steht ein Bruterfolgsmanagement der lokalen Population, das in Absprachen mit den hiesigen Landwirten und der Jägerschaft versucht die Umstände für eine erfolgreiche Brut und Kükenaufzucht zu ermöglichen. Die Kernelemente sind hierbei eine Gelegesuche und -sicherung mittels Gelegeschutzzäunen, Mahdbegleitungen mit Anlagen von Schonstreifen als Rückzugsräume kükenführender Brachvogelfamilien, Prädatorenmanagement und ein Bruterfolgsmonitoring (OLSTOORN (2015); OLSTOORN (2016); BOETSCHI ET AL. (2017); HEISS ET AL. (2018); HEISS ET AL. (2019); HEISS ET AL. (2020); HEISS ET AL. (2021), Tab. 1). Ergänzend werden seit 2019 Kükenschutzzäune errichtet, die kükenführenden Brachvogelfamilien als Schutzbereiche vor Bodenprädatoren dienen sollen (HEISS ET AL. (2019); HEISS ET AL. (2020); HEISS ET AL. (2021), Tab. 1). Die Population auf dem Borken schwankt zwischen sieben BP (2015) und dreizehn BP (2020) (Tab. 1). Der Bruterfolg mit flüggen Küken pro Saison lag zwischen 2015-2018 bei null bis einem, eventuell drei flüggen Küken. Seit 2019 wurden neun, 2020 sechs und 2021 sechs Küken flügge (Tab. 1). Als Gründe für den geringen Bruterfolg auf dem Borken wurden v. a. der hohe Prädationsdruck und die Mahd, die viele Prädatoren anlockt, genannt (Tab. 1). Weitere mögliche Gründe wären Überschwemmungen der Gelege (BOETSCHI ET AL. 2016) und eine schlechte Nahrungsverfügbarkeit für die Küken auf den landwirtschaftlichen Flächen (OLSTOORN 2015; 2016).

Tab. 1: Projektübersicht zum Projekt zur „Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Vorpommern-Greifswald). Dargestellt sind die bisherigen Projektjahre 2015-2021, das in dem jeweiligen Jahr angewandte Projektkonzept, die Anzahl der erfassten Brutpaare (BP), die Anzahl der flüggen Küken und die beobachteten oder vermuteten Gelege- und Kükenverlustgründe. OLSTOORN (2015); OLSTOORN (2016); BOETSCHI ET AL. (2017); HEISS ET AL. (2018); HEISS ET AL. (2019); HEISS ET AL. (2020); HEISS ET AL. (2021).

Projektjahr	Projektkonzept	Anzahl Brutpaare	Anzahl flügger Küken	Gelege- und Kükenverlustgründe
2015	Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, durchgängige Prädatorenbejagung und zwei Fuchsbaubejagungen	7 BP	1 flügges Küken	Gelegeprädation durch Fuchs, Mahd (Bewirtschaftung und/oder Prädation während dessen oder danach), schlechte Nahrungsverfügbarkeit für Küken
2016	Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, durchgängige Prädatorenbejagung und Fuchsbaubejagungen	9 BP	1 flügges Küken, 3 mutmaßlich flügge Küken	Gelegeprädation, Mahd (Bewirtschaftung und/oder Prädation während dessen oder danach), schlechte Nahrungsverfügbarkeit für Küken
2017	Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, durchgängige Prädatorenbejagung und Fuchsbaubejagungen	9 BP	0 flügge Küken	Überschwemmung einiger Gelege, hoher Prädationsdruck (v. a. auf Küken)

2018	Beratungstreffen vor Projektbeginn, Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, Prädatorenbejagung nur außerhalb der Schonzeiten des Raubwildes	12 BP	0 flügge Küken	Hoher Prädationsdruck, Mahd (Bewirtschaftung und/oder Prädation während dessen oder danach)
2019	Beratungstreffen vor Projektbeginn, Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, ein Kükenschutzzaun, Prädatorenbejagung nur außerhalb der Schonzeiten des Raubwildes	12 BP	9 flügge Küken	Hoher Prädationsdruck (spezialisierte Nebelkrähen), Mahd (Bewirtschaftung und/oder Prädation während dessen oder danach)
2020	Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, zwei Kükenschutzzäune, Prädatorenbejagung nur außerhalb der Schonzeiten des Raubwildes	13 BP	6 flügge Küken	Hoher Prädationsdruck (Gelege durch Fuchs und Hermelin, spezialisierte Nebelkrähen), Mahd (Prädation)
2021	Gelegesuche und Gelegeschutzzäune, Mahdbegleitung und Schonstreifen, zwei Kükenschutzzäune, Prädatorenbejagung nur außerhalb der Schonzeiten des Raubwildes	10 BP	6 flügge Küken	Mahd (Bewirtschaftung und/oder Prädation während dessen oder danach)

1.4.1 Aktueller Forschungsstand zum Großen Brachvogel dem Borken

Der geringe Bruterfolg, der besonders auffällig in den Jahren 2015-2018 vorlag, wurde 2019 mittels zweier studentischen Abschlussarbeiten untersucht: Frau Annemarie Kurth verglich die Nahrungsverfügbarkeiten auf den Flächen des ökologischen Betriebs „Gut Borken“ mit denen des konventionellen Betriebs „Grünhof“ und stellte keine signifikanten Unterschied an verfügbarer Brachvogelkükennahrung fest (KURTH 2020). Die Brachvogelküken verhungerten demnach nicht, da die Grünlandflächen ausreichend Nahrung bieten können. Ich untersuchte den Prädationsdruck und Bruterfolg, wobei eine hohe Dichte an Fuchsbauen und Horsten, eine rege Nutzung der Heckenstrukturen im Zentrum der Population durch Greifvögel und ein spezialisiertes Nebelkrähenpaar (*Corvus cornix*) als direkte Gründe für einen geringen Bruterfolg festgestellt werden konnten (MICHEL 2021). Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichten ein besseres Verständnis zu den hiesigen Brutbedingungen und die Erstellung erweiterter Maßnahmenvorschläge für eine Optimierung des Bruterfolges. Um das Management zu erweitern wurde ein ergänzendes Monitoring mittels Wärmebildkameradrohnen für Gelege und kükenführende Brachvogelfamilien in Erwägung gezogen. Hierbei könnte die Nutzung einer Wärmebildkameradrohne die Gelegesuche vereinfachen und ggf. eine Zeitersparnis darstellen, da die Gelegesuche einer der Zeit intensivsten Arbeitsschritte im Projekt ist (siehe auch 2.1.1 Die „klassische“ visuelle Gelegesuche und der Aufbau der Gelegeschutzzäune). Da eine Arealausweitung der Population auf dem Borken bei regelmäßigem Bruterfolg in diesem Projekt und/oder benachbarten Projekten wahrscheinlich ist (HEISS ET AL. 2021), wäre eine Erforschung bisher nicht bekannter Brutpaarreviere ebenfalls mit einer Wärmebildkameradrohnen auszukundschaften.

1.5 Drohnen

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) sind unbemannte Luftfahrzeuge (GRENZDÖRFFER 2022), die mittels Fernsteuerung oder von einem Computer aus gelenkt werden (CHUSTERS 2016); im Allgemeinen werden sie als „Drohnen“ bezeichnet (CHUSTERS 2016). Der Fluggrundkörper setzt sich aus mehreren Flügeln mit Rotoren zusammen, die jeweils über einen eigenen Motor betrieben werden und in dessen Mitte sich die Elektronik mit u. a. GPS-System, Batterien oder Akku, sowie Kamera(s) + Gimbal befinden (VERGOUW ET AL. 2016). Als verwendete Kameras sind RGB-Bild-Kameras oder eine Kombination von RGB- und Wärmebild-/Thermalkameras an einer Drohne möglich (GRENZDÖRFFER 2022; VERGOUW ET AL. 2016). Wärmebildkameras ermöglichen Infrarotaufnahmen, die Temperaturvariationen der Aufnahmeumgebung darstellen (MAPES ET AL. 2020). Die emittierte Wärme eines Objektes kann auf genau 3-35 µm des elektromagnetischen Spektrums erfasst werden – eine sog. Wärmesignatur ist auf den Aufnahmen erkennbar (MAPES ET AL. 2020). Wärmebildkameras ermöglichen somit das Erkennen von Lebewesen, deren Wärmesignaturen sich von der Umgebungstemperatur abheben und die mittels einer RGB-Bild-Kamera aufgrund einer guten Tarnung (Gefieder, Eierschalen, Fellfärbung etc.) oder bei ungünstigen Lichtverhältnissen (Nacht, Dämmerung etc.) deutlich schlechter oder gar nicht erfasst werden könnten (MAPES ET AL. 2020). Im Folgenden werden kombinierte RGB- und Wärmebildkameradrohnen mit vier („Quadrocopter“) und sechs Flügeln („Hexacopter“) behandelt.

1.5.1 Drohnen in der Landwirtschaft und Ökologieforschung

In der Landwirtschaft werden immer mehr Drohnen eingesetzt um den Zustand von Kulturpflanzen und die Qualität ihrer Böden zu ergründen, wobei Drohnen in kurzer Zeit hochaufgelöste Übersichten von sehr weitreichenden Flächen ermöglichen (GRENZDÖRFFER 2022). Während landwirtschaftlicher Bearbeitungen werden zunehmend vor allem Wärmebildkameradrohnen für die Wildtierrettung verwendet, die es ermöglichen vor den Bearbeitungen Rehkitze, Junghasen, Bodenbrüter und andere Jungtiere zu lokalisieren, ehe diese von Mähmaschinen etc. erfasst werden können (CUKOR ET AL. 2019; GRENZDÖRFFER 2022; ISRAEL 2017; WULF & PIETSCH 2021).

In der Ökologieforschung werden Drohnen hauptsächlich zur Zählung und Erfassung von Arten und Populationen genutzt, die in schwer begehbaren und weitläufigen Habitaten, wie z. B. auf Klippen oder in Feuchtgebieten, leben (BARNAS ET AL. 2017; BORELLE & FLETCHER 2017; CHABOT & BIRD 2015; COLLINS ET AL. 2019; CORREGIDOR-CASTRO ET AL. 2021). So wurden bereits marine und terrestrische Säugetierpopulationen wie z. B. Orcas (*Orcinus orca*) und Bisons (*Bos bison*) via Drohnen erfasst (CHABOT & BIRD 2015). Der Gebrauch von Drohnen wird oft als kostengünstige, zeitsparende Alternative für die klassische Begehung durch Personen vor Ort betrachtet, die zugleich relativ störungsarm für empfindliche Tierarten sein soll (BARNAS ET AL. 2017; BORELLE & FLETCHER 2017; CORREGIDOR-CASTRO ET AL. 2021; COLLINS ET AL. 2019; LUQUE-FERNÁNDEZ ET AL. 2021; VALLE & SCARTON 2019; WULD & PIETSCH 2021).

1.5.2 Drohnen in ornithologische Forschungen

Besonders bei Vögeln, die sich nun durch den Gebrauch von Drohnen den Luftraum mit diesen teilen, besteht die Frage, inwieweit Drohnen als Stressoren für diese fungieren könnten (LYONS ET AL. 2017). Erfassungen von Brutplätzen mit Drohnen stellen hier eine besondere Situation dar, da in dieser Zeit Vögel sehr vulnerabel bezüglich Stressoren sind: Sie bebrüten ihre Gelege, versorgen und beschützen ihre Küken vor Prädatoren, wobei sie einen deutlich erhöhten Energieaufwand haben (BARNAS ET AL. 2017; BENNET ET AL. 1981; BORELLE & FLETCHER 2017; BRYNYCHOVA 2020; HOLTIN ET AL. 2004; KENDEIGH ET AL. 1977; KOOIKER & BUCKOW 1980; LISLEVAND 2001; LYONS ET AL. 2017; TRUNER 1996). Drohnen könnten für Brutvögel als potentielle Prädatoren für sich und/oder das Gelege, sowie ihre Küken interpretiert werden (BORELLE & FLETCHER 2017; WULF & PIETSCH 2021), die als Stressoren gewisse

Verhaltensreaktionen erzeugen und eine erhöhte Stoffwechselrate und Stresshormonausschüttung (→ Corticosterone) bedingen (WULF & PIETSCH 2021). Weiterhin könnte die Lautstärke fliegender Drohnen im Brutgebiet als Stressor fungieren, da diese in einer leisen Umgebung in einer Entfernung von 200-300 m zu hören sind (LYONS ET AL. 2017). Massive Störungen durch Drohnen könnten somit den individuellen und allgemeinen Bruterfolg einer Art negativ beeinflussen (BORELLE & FLETSCHER 2017; COLLINS ET AL. 2019; CORREGIDOR-CASTRO ET AL. 2021; ISRAEL 2017; LYONS ET AL. 2017). Potentielle Brutverlustgründe könnten u. a. stark gestresste Brutvögel sein, die vermehrt nach Nahrung suchen müssen um ihren Energiebedarf zu decken und weniger Zeit für das Bebrüten des Geleges aufwenden können (KOOIKER & BUCKOW 1980). In Folge dessen können Gelege massiv abkühlen und die Entwicklung der Embryonen in den Eiern verlangsamt werden (FRENCH 1997; LISLEVAND 2001; MORTOLA & GAONAC'H-LOVEJOY 2016; LOURENS ET AL. 2005; STIEFEL & SCHEUFLER 1984). Verzögerte Embryonalentwicklungen durch nicht konstante Bebrütungen können das Zeitfenster, in denen ein Gelege schlüpft, erheblich vergrößern (FRENCH 1997; FILHO ET AL. 2020; FUNK & BIELLIER 1944; STIEFEL & SCHEUFLER 1984) und besonders bei nestflüchtenden Arten die Aufmerksamkeit von Prädatoren auf den Neststandort ziehen (VALLE & SCARTON 2019). Häufig vom Nest abwesende Brutvögel können zudem das Nest schlechter gegen Prädatoren verteidigen als anwesende (VALLE & SCARTON 2019). Ein Auskühlen zu einem kritischen Temperaturwert von ca. 25-27°C stoppt die Embryonalentwicklung, ein fortschreitendes Auskühlen kann zum Absterben der Embryonen in den Eiern führen (LISLEVAND 2001). Weiterhin können Brutpaare ihr Gelege auch komplett aufgeben und die Brut abbrechen (SCHEUFLER & STIEFEL 1984). Kommt es zu gehäuften Störungen während der Schlupfphase, verzögert sich der Schlupf um 2-3 Tage (SCHEUFLER & STIEFEL 1985), da die Küken beim Schlupf auf Wärme von einem hudernden Elternteil angewiesen sind (HÖNISCH ET AL. 2008; KOOIKER & BUCKOW 1980; SCHEUFLER & STIEFEL 1985; VON FRISCH 1965; VON FRISCH 1995). Nach dem Schlupf müssen viele Küken nestflüchtender Arten regelmäßig von ihren Eltern gehudert werden, da sie in den ersten Tagen nach dem Schlupf nicht in der Lage sind ihre Körpertemperatur selbst zu regulieren (HÖNISCH ET AL. 2008; HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; KOOIKER & BUCKOW 1980; KUMARI 1977; LOURENS ET AL. 2005; STIEFEL & SCHEUFLER 1984; STIEFEL & SCHEUFLER 1985). Ein Auskühlen der Küken bedingt weniger Zeit zur Nahrungssuche dieser, sodass Küken erfrieren und/oder verhungern können (HOPPSTÄDTER ET AL. 2007; KOOIKER & BUCKOW 1980; STIEFEL & SCHEUFLER 1984). Zuletzt beeinflusst ein dauerhaft erhöhter Corticosteronspiegel im Blut langfristige physiologische Folgen bei Individuen (BORELLE & FLETSCHER 2017; SAINO ET AL. 2005), indem u. a. die Fitness und Fertilität der Brutpaare negativ beeinflusst wird. Dies wirkt sich auch auf die Folgegeneration gestresster Vogelweibchen aus: Es schlüpfen insgesamt weniger Küken, diese sind kleiner und haben ein weniger ausgeprägtes Gefieder (SAINO ET AL. 2005). Kleinere Küken sind zudem weniger überlebensfähig (SAINO ET AL. 2005). Die bisherige Studienlage zu Störreaktionen bei brütenden Vögeln gegenüber Drohnen ist sehr klein (BARNAS ET AL. 2017; LYONS ET AL. 2017; VALLE & SCARTON 2019; WULF & PIETSCH 2021) und bei wenigen Arten erprobt worden (LYONS ET AL. 2017; VALLE & SCARTON 2019). Hierbei wurden vor allem Verhaltensreaktionen gegenüber der Drohnen als Stressor ausgewertet (BORELLE & FLETSCHER 2017; LUQUE-FERNÁNDEZ ET AL. 2021; VAS ET AL. 2014; WULF & PIETSCH 2021); seltener wurden physiologische Reaktionen wie Herzraten oder erhöhte Corticosteronspiegel gemessen (BORELLE & FLETSCHER 2017; WULF & PIETSCH 2021). Als potentielle Stressverhaltensreaktionen wurden u. a. häufiges Flügelschlagen („Flattern“) (BORELLE & FLETSCHER 2017; LUQUE-FERNÁNDEZ ET AL. 2021), Warnrufe (BORELLE & FLETSCHER 2017), gehäuftes Abfliegen vom Nest (VALLE & SCARTON 2019), Territorialrufe (LYONS ET AL. 2017), häufigeres oder selteneres Observieren der Nestumgebung und auftretendes Komfortverhalten wie Dösen/Schlafen (BARNAS ET AL. 2017) eingestuft. Es gab Arten wie Lachmöwe (*Larus ridibundus*) (BORELLE & FLETSCHER 2017), Kanada- (*Branta canadensis*) (BORELLE & FLETSCHER 2017) und Schneegans (*Anser caerulescens*) (BARNAS ET AL. 2017; BORELLE & FLETSCHER 2017), Stockente (*Anas platyrhynchos*), Flamingo (*Phoenicopterus roseus*), Grünschenkel (*Tringa nebularia*) (BORELLE & FLETSCHER 2017; VAS ET AL. 2014), Flussseseschwalbe (*Sterna hirundo*) (BORELLE & FLETSCHER 2017), Austernfischer (*Haematopus ostralegus*) (VALLE & SCARTON 2019) und diverse Wasservögel (LYONS ET AL. 2017) bei denen keine erheblichen Verhaltensreaktionen beobachtet wurden (BORELLE & FLETSCHER 2017), wohingegen

andere Arten wie Adelpinguine (*Pygoscelis adeliae*) und Nebelkrähe deutliche Verhaltensreaktionen aufwiesen (BORELLE & FLETSCHER 2017). Der tatsächliche Stressmoment muss sich jedoch nicht direkt in einem auffälligen Verhaltensspektrum des brütenden und/oder Küken-führenden Brutvogels äußern, sondern kann auch verhaltensunauffällig erlebt werden (WULF & PIETSCH 2021). BORELLE & FLETSCHER (2017) und VAS ET AL. (2014) vermuten, dass die Störepfindlichkeiten gegenüber fliegenden Drohnen bei verschiedenen Arten unterschiedlich ausfällt und sich nach der individuellen sowie artindividuellen Sensitivität und Störungstoleranz richtet. Weitere Forschungen und die Erarbeitung von Nutzungsrichtlinien werden als wichtig erachtet um Kosten und Nutzen bei Forschungen mit Drohnen und Vögeln besser abwägen zu können (BARNAS ET AL. 2017; BORELLE & FLETSCHER 2017; LYONS ET AL. 2017; VALLE & SCARTON 2019; VAS ET AL. 2014; WULF & PIETSCH 2021). Hierbei sollten nicht nur Verhaltens- sondern auch physiologische Reaktionen erfasst werden (BORELLE & FLETSCHER 2017; VAS ET AL. 2014; WULF & PIETSCH 2021). In der Studie von WULF & PIETSCH (2021), die konkret eine Störungsanalyse beim Großen Brachvogel gegenüber fliegenden Drohnen mittels Erfassung der Herzschlagraten behandelt, hatten Drohnen auf brütende Brachvögel eine mit Greifvögeln vergleichbare negative Störwirkung (Abb. 5). Da somit nicht auszuschließen ist, dass der potentielle Stressor „Drohne“ bei Suchen nach Gelegen und Küken-führenden Brachvogelfamilien einen deutlichen Einfluss auf das Brutgeschehen (allgemeine Bebrütungsdauer und Nesttemperaturen), das Überleben und Flüggerwerden von Küken (Fitness) haben könnte, sollte auf dem Borken die Wirkung von Wärmebildkameradrohnen untersucht werden. Dabei ist ein allgemeines Verständnis für das „alltägliche“ Brutverhalten (Bebrütungsfrequenz) und die Zusammensetzungen von Wärmesignaturen verschiedener Nester wichtig, um daraus ein eventuell verändertes Brutverhalten während der Befliegungen ableiten zu können. Ergänzend sollten Verhaltensreaktionen während der Befliegungen möglichst zeitgenau erfasst werden, um diese mit dem Brutverhalten gegenüberstellen zu können. Die Masterarbeit ist demnach in zwei Großfragestellungen unterteilt:

1. Inwieweit setzt sich die Wärmesignatur eines Großen Brachvogelgeleges zusammen?
 - Wie gestaltet sich das allgemeine Brutverhalten und die entsprechende Gelegetemperatur gesamten Brutverlauf?
2. Sind die Befliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen (FW2022 und M2EA) und zwei verschiedenen Flugarten (Transekt- und Schwebeflug) eine Störung für brütende Große Brachvögel, die das Brutgeschehen maßgeblich negativ beeinflussen könnten?
 - Wie sehen die beobachtbaren Störreaktionen brütender Großer Brachvögel zu verschiedenen Befliegungsurzeiten und im Vergleich mit „Nicht-Befliegungstagen“ aus?
 - Wie gestaltet sich das Bebrütungsverhalten (Nesttemperaturfrequenzen) während verschiedener Befliegungsurzeiten im Vergleich mit „Nicht-Befliegungstagen“?
 - Ändert sich die Bebrütungsfrequenz durch die Nutzung der Wärmebildkameradrohnen?

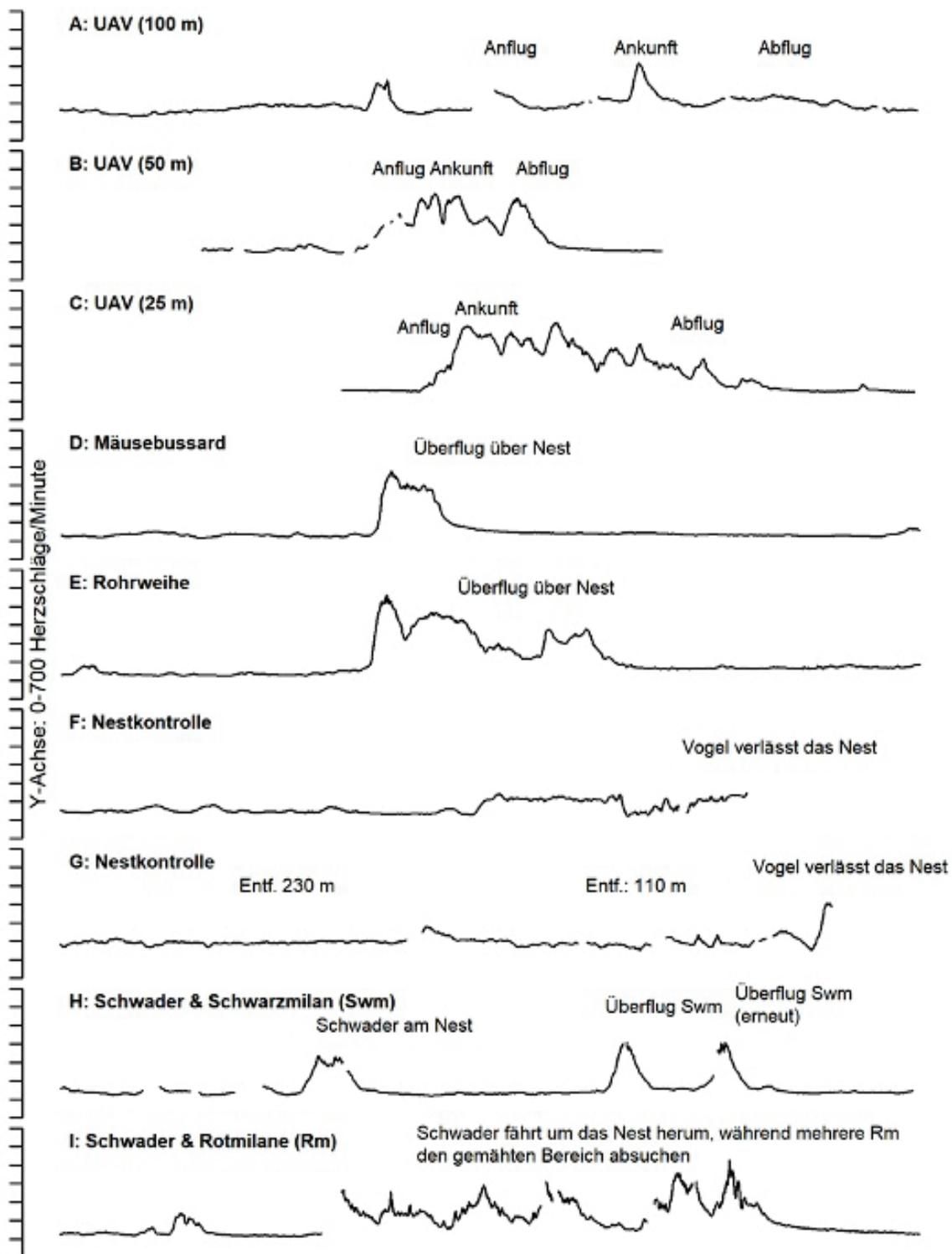


Abb. 5: Übersicht verschiedener Herzschlagraten brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) in der Secantsgrabenniederung im Altmarkkreis Salzwedel (Sachsen-Anhalt). Die Herzschlagraten wurden mit einem Handaufnahmegerät (Olympus DM 670), das an einem Kondensatormikrofon und ein Stethoskop befestigt war, erfasst, indem das Stethoskop direkt ins Nest gelegt wurde. Der Herzschlag eines Brachvogels konnte somit immer dann aufgezeichnet werden, wenn ein Brutvogel auf dem Nest saß. Erhöhte Herzschlagraten entsprachen einer Stressreaktion auf eine Gefahrensituation für den brütenden Brachvogel und/oder sein Gelege. A.-C. zeigen die Herzschlagraten bei Befliegungen mit Wärmebildkameradrohnen (UAV (Unmanned Airborne System)) in den Flughöhen 100 m, 50 m und 25 m. D. und E. zeigen das Überfliegen des Nestes von den zwei Luftprädatoren Mäusebussard (*Buteo buteo*) und Rohrweihe (*Circus aeruginosus*). F. und G. sind Nestkontrollen, bei denen zu Fuß durch Menschen der Zustand von Gelege und Technik überprüft wurde. H. und I. sind am Nest vorbeifahrende Schwader während der Mahd, bei denen einmal ein Schwarz- (*Milvus migrans*) und einmal ein Rotmilan (*Milvus milvus*) in der Nestumgebung flog. Drohnenbefliegungen beschleunigten die Herzrate in ähnlichem Maße wie überfliegende Luftprädatoren. Die Flughöhen der Drohnen über einem brütenden Brachvogel war weniger stressig, je höher sie flog und stressiger, je niedriger sie flog. Aus: WULF & PIETSCH (2021).

2. Material und Methoden

Materialien und Methoden der Masterarbeit gliedern sich in allgemeine Maßnahmen des Projektes zum Schutz des Großen Brachvogels und die Datenerfassungen samt -auswertungen im Rahmen der Masterarbeit (siehe Abb. 6): Die Grundaussgangssituation waren gefundene und somit bekannte Gelegestandorte („Projektbezogene Schritte“, gelb hinterlegt), die dann mit präparierten Thermloggern versehen wurden und während der jeweiligen Befliegungstage mit Wärmebildkameradrohnen als Thermalbilder erfasst wurden („Masterarbeitsbezogene Schritte“, hellblau hinterlegt). Weiterhin wurden die Verhaltensreaktionen der brütenden Brachvögel gegenüber zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen erfasst. Zuletzt wurden die Temperaturverläufe der präparierten Thermologger und Verhaltensreaktionen der brütenden Brachvögel statistisch ausgewertet („Datenauswertung“, dunkelblau hinterlegt).

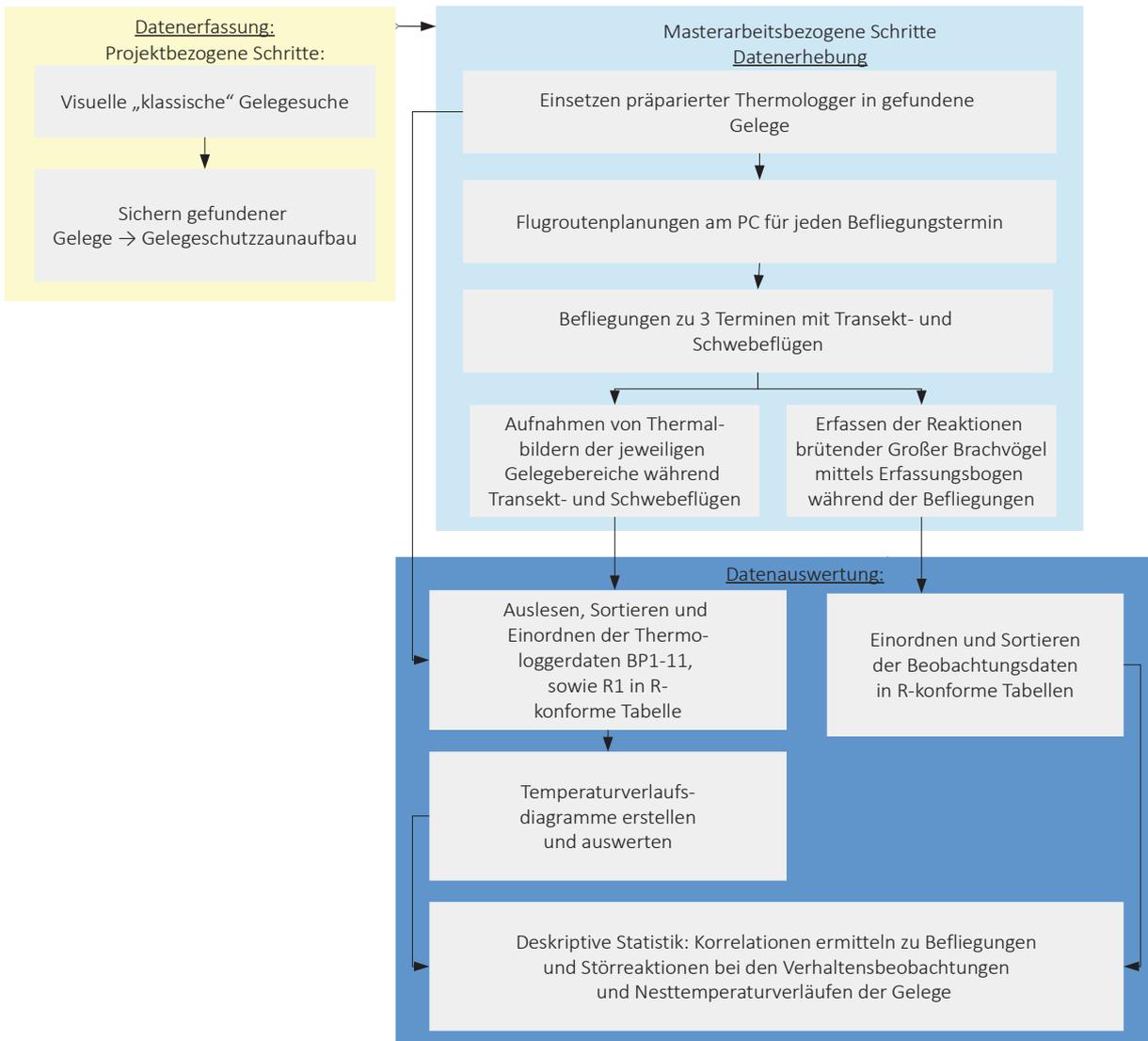


Abb. 6: Arbeitsschoppenschema der Masterarbeit „Projektstudie über die Gelegesuche mittels Wärmebildkameradrohne am Beispiel des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)“. Zuerst wurden die Gelege mittels der visuellen „klassischen“ Gelegesuche lokalisiert und mit einem Gelegeschutzzaun gesichert („Projektbezogene Schritte“, gelb hinterlegt). Die „Masterarbeits-bezogenen Schritte“ sind untergliedert in die Datenerhebung und -auswertung. Für die Datenerhebung (hellblau hinterlegt) wurden die gefundenen Gelege mit präparierten Thermloggern ausgestattet. Für die Befliegungstermine wurden Flugrouten erstellt, bei denen die jeweils aktuell bebrüteten Gelege mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen im Transekt- und Schwebeflug zum Erheben von Thermalbildern befliegen wurden. Zusätzlich wurden die Reaktionen der brütenden Brachvögel in einem Erfassungsbogen dokumentiert. Bei der Datenauswertung (dunkelblau hinterlegt) wurden die Rohdaten der Thermologger (Temperaturverläufe) und Beobachtungen der Störreaktionen sortiert und in das Statistikprogramm „R“ eingelezen. Daraufhin wurden die Temperaturverläufe ausgewertet und statistische Korrelationen zur Störwirkung der fliegenden Wärmebildkameradrohnen bei brütenden Brachvögeln ermittelt.

2.1 Allgemeine Maßnahmen des Projektes

Die Projektsaison 2022 um die Gebietsbetreuung zum Schutz des Großen Brachvogels auf dem Borken setzte sich aus dem Auffinden und Sichern der Gelege mittels Umzäunung vom 01.04.-20.05.2022, sowie der Errichtung, Wartung und dem späteren Abbau zweier Kükenschutzzäune vom 21.05.-15.07.2022 zusammen (HEISS ET AL. 2022). Zusätzlich wurde ein wiesenbrüterfreundliches Beweidungskonzept auf einer Fläche des Gut Borkens erprobt (HEISS ET AL. 2022).

2.1.1 Die „klassische“ visuelle Gelegesuche und der Aufbau der Gelegeschutzzäune

Für die „klassische“ Gelegesuche wurden zuerst sämtliche Brachvögel im Projektgebiet optisch mittels Fernglas (Swarovski EL 10x42 und Zeiss Terra ED 10x42) und Spektiv (Marke 25-55x82 und Swarovski ATS 65 HD 25-50x) erfasst. Die Beobachtungen fanden stets vom Auto aus statt, das als „Tarnzelt“ fungierte und die Vögel am wenigsten störte, da sie Fahrzeuge durch die Straße und Wege im Gebiet kannten. Beobachtet wurde größtenteils von Wegen und Straße aus, wobei stellenweise auch Wiesenauffahrten und -ränder genutzt wurden. Das Verhalten und die Flächen, auf denen sich die Brachvögel aufhielten, wurde mittels der App „MapIt“ (2017 mapitGIS-designed by Press Customizr) auf dem Tablett (Samsung Galaxy Tab A 8.0) erfasst. Dabei wurde das Verhalten unterteilt in Punkte für Standorte und Linien für Flugrichtungen (Abb. 7). Aus den Daten ergaben sich erste Vermutungen über die Anzahl der diesjährigen Revierpaare und ihrer potentiellen Reviergrenzen. Ein Revier- und/oder Brutverdacht wurde daraufhin überwacht, wobei folgende Verhaltenskriterien einen Brutverdacht erhärteten oder bestenfalls bestätigten (vergl. 1.2.1 Brutbiologie und Bruthabitatansprüche):

- Imponierverhalten und/oder Scheinkämpfe in Revieren und an Reviergrenzen mit anderen Brachvögeln
- Reviermarkierungsflug („Gugen“)
- Mulden-Drehen eines Männchens vor einem Weibchen und/oder Mulde dem Weibchen präsentieren
- Paarungsaufforderungen, Paarungsversuche und erfolgreiche Paarungen
- Sitzendes, Gras zurückstreichendes Weibchen
- „Bauch pinseln“ als Gelegehudern
- Gehäuftes Aufsuchen einer immer wieder gleichen Stelle mit „hinsetzen“ eines Altvogels und großer Aufmerksamkeit der Altvögel („vorsichtig umgucken“) in diesem Bereich
- Abwehren von Luft- und Bodenprädatoren mit Warnrufen, Warnflügen, Angriffen und/oder Verteidigungen, danach aufmerksames Zurückkehren zum potentiellen Niststandort mit Gras zurückstreichen, hinsetzen und brüten

Wenn ein Bereich als konkreter Gelegestandort eingestuft wurde, wurde dieser zu Fuß aufgesucht. Hierbei wurden zuerst vom Beobachtungspunkt aus Landmarken im Hintergrund gesucht um eine direkte Sichtachse zum Gelegestandort bilden zu können (geeignete Landmarken waren bspw. Zaunpfosten, markante Bäume oder Büsche, Strommasten, Verkehrsschilder, Kanzeln usw.). Folgend wurden in direkter Nestnähe markante Fixpunkte wie bspw. Maulwurfshügel, hohe oder andersfarbige Grasbüschel, offen Torfbereiche etc. gesucht um Kreuz- und Orientierungspunkte für den potentiellen Gelegestandort bilden zu können (siehe Abb. 8). Oftmals wurden ergänzend auch Fotos vom potentiellen Gelegestandort und seiner direkten Umgebung, sowie des Hintergrundes gemacht, um sich im Bereich des Kreuzpunktes besser orientieren zu können. Anhand der Sichtachse wurde dann der Bereich um den Kreuzpunkt und das potentielle Gelege zu Fuß aufgesucht, wobei hierbei immer darauf geachtet wurde gleichzeitig den Boden abzusuchen, um das Gelege nicht unbeabsichtigt zu zertreten. Gleichzeitig wurde das Verhalten des Brutpaares

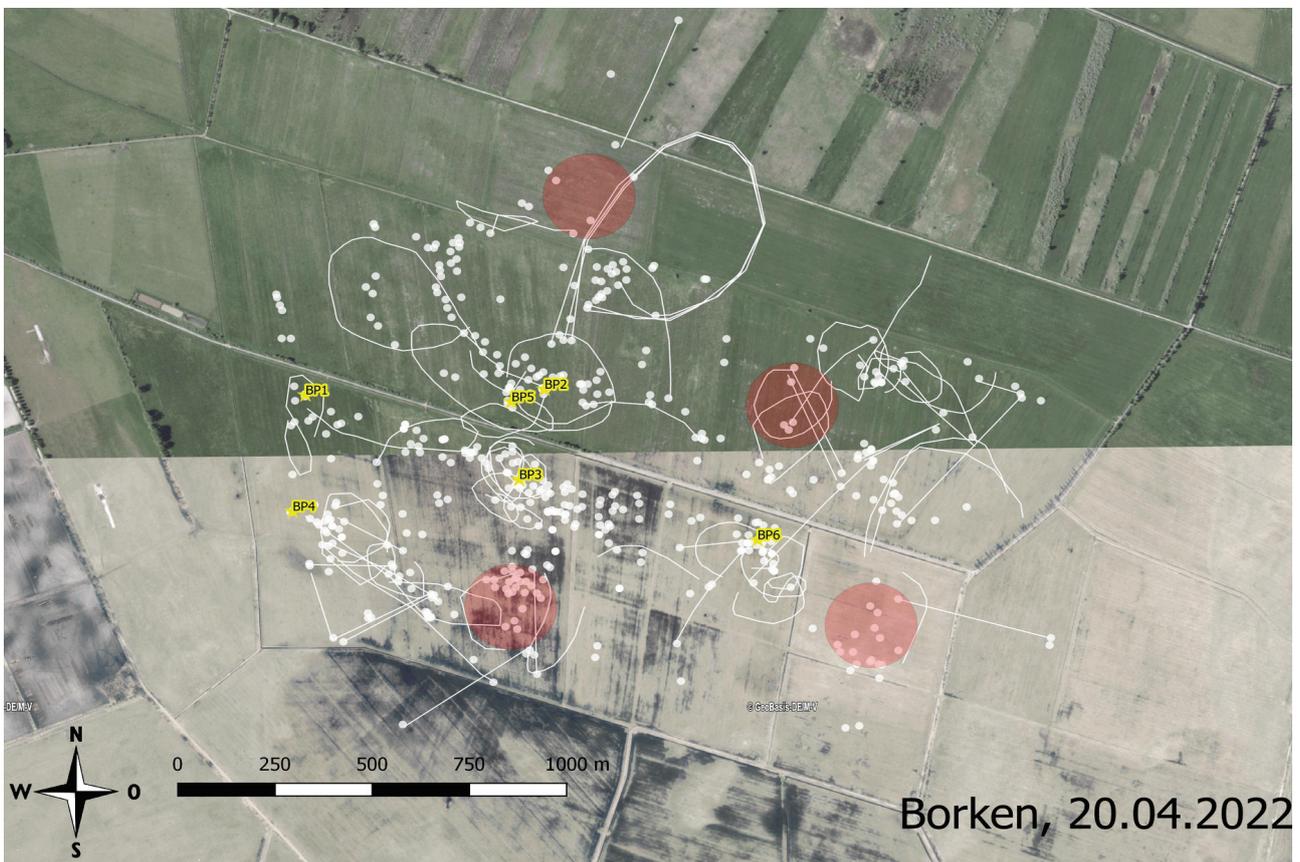


Abb. 7: Übersichtskarte zu den Revieraktivitäten Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) vom 1.04.-20.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern), die während der „klassischen“ visuellen Gelegesuche mittels Fernglas und Spektiv zusammengestellt wurde. Aufenthaltsbereiche sind als Punkte und Flugbewegungen als Linien dargestellt, die mittels der App Maplt (2017 mapitGIS-designed by Press Customizr) dokumentiert wurden. Die Daten wurden mit dem Programm QGIS visualisiert. Aus den Punkten und Linien ergaben sich erste Vermutungen über die Anzahl potentieller Reviere und Brutpaare, besonders, wenn diese gehäuft in bestimmten Bereichen auftraten. Bereits gefundene Gelege wurden mittels gelber Sterne bereits eingetragen (BP1-6). Weitere Brutvermutungen wurden als rote Kreise vermerkt und folgend im Untersuchungsgebiet genauer beobachtet. Aus: HEISS ET AL. (2022).

beobachtet, da manchmal noch ein Altvogel auf dem Gelege saß, während sich Menschen diesem auf wenige Meter genähert hatten. Damit der gut getarnte Altvogel sein Gelege nicht selbst beim hastigen Auffliegen zerstörte, wurde sich langsam genähert. In der Regel entfernten sich die Alttiere unauffällig von ihrem Gelege und überflogen das Brutrevier mit Warnrufen. Wenn ein Gelege gefunden wurde, wurde der Standort als GPS-Punkt mit der App Maplt gespeichert, wobei dem Punkt weitere Informationen zugeordnet wurden: Brutpaarnummer, Anzahl der Eier, Belegfotos und Funddatum. Ein gesetzter GPS-Punkt besitzt bei Maplt eine gewisse Variation von etwa drei Metern, sodass ein direktes Wiederauffinden des Punktes zwar nicht möglich ist, jedoch ungefähr bekannt ist wo sich das Nest befindet. Jedes erneute Aufsuchen eines Geleges war somit erschwert. Ein Markieren des Geleges mittels farbiger Äste, Fähnchen und Ähnlichem wurde nicht vorgenommen, da diese Markierungen für potentielle Prädatoren ebenfalls gut einsehbar hätten sein können. Es wurde versucht möglichst innerhalb einer Stunde den Gelegeschutzzaun um das Gelege zu errichten, damit dieses nicht unnötig auskühlte und/oder die Störung durch den Menschen für das brütende Revierpaar nicht zu lange andauerte. Ein Gelegeschutzzaun bestand aus 3 Zaunteilen á 50 m, der kreisförmig bis oval um das Gelege aufgebaut wurde (Abb. 9). Die Zaunteile waren an eine Autobatterie á 10.000 Volt und Erdungsstäben angeschlossen, sodass der Zaun konstant unter Strom gestellt war. Wichtig war, dass die Zaunteile stramm aufgebaut wurden, die unterste Litze auf dem Boden auflag und die Zaunteile untereinander gut und lückenlos verbunden waren. Das Errichten der Gelegeschutzzäune diente einerseits als Schutz vor Raubsäugetieren wie z. B. dem Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) und vor landwirtschaftlichen Tätigkeiten wie z. B. Walzen, Schleppen oder Mahd auf den Wiesen.

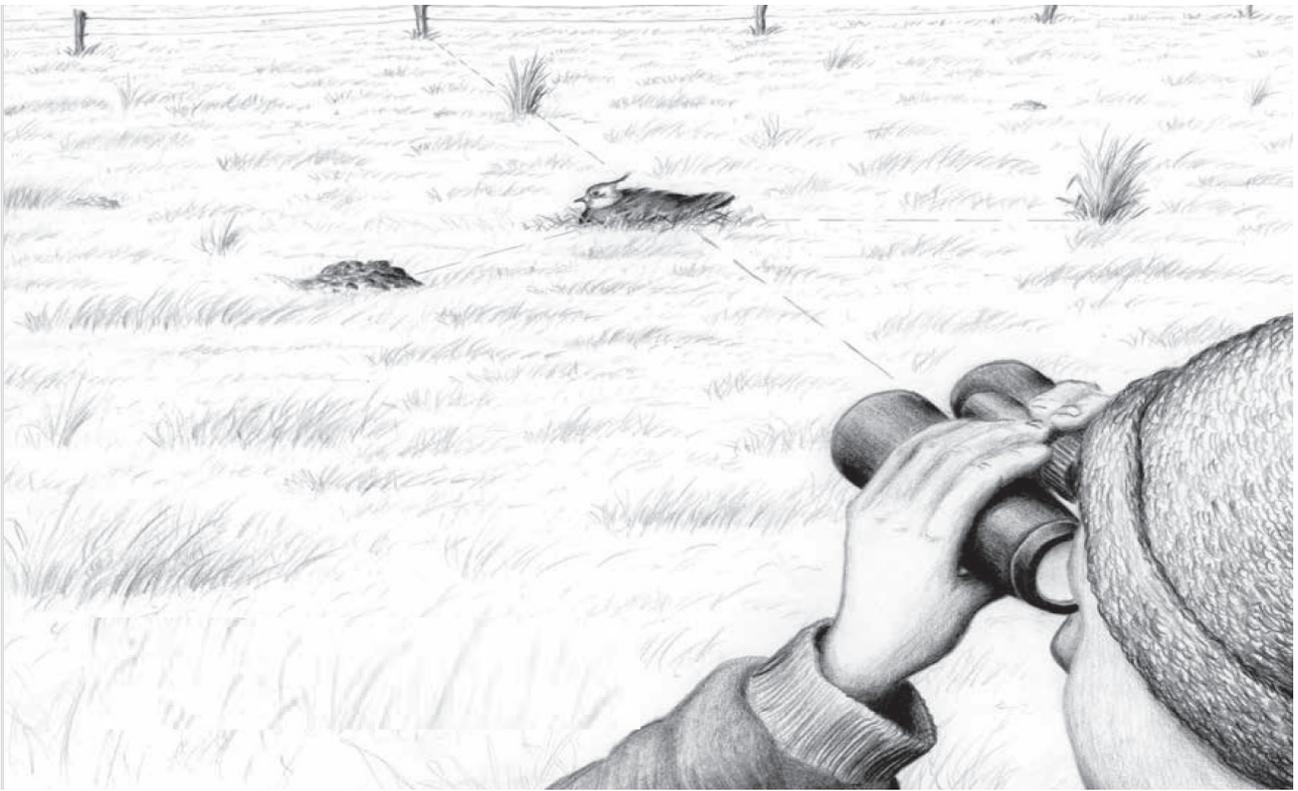


Abb. 8: Veranschaulichung zur „klassischen“ visuellen Gelegesuche mittels Fernglas oder Spektiv bei einem konkreten Brutverdacht, hier mit einem brütenden Kiebitz (*Vanellus vanellus*, Bildmitte). Im offenen, zumeist sehr homogenen, Wiesenlandschaftsbild sollten Sichtachsen zur Orientierung gewählt werden. Im Beispiel stehen im Hintergrund Zaunpfosten, die der Beobachter als direkte Sichtachse zum Nest gewählt hat. Weitere markante Fixpunkte in direkter Nähe des Nestes (bspw. Maulwurfshügel oder hohe, andersfarbige Grasbüschel) ergeben einen Kreuzpunkt, in dessen Umfeld sich das Nest befindet. Beim langsamen Nähern des Beobachters sollten die Sichtachsen und Fixpunkte so gut wie möglich eingehalten, gegebenenfalls nachkorrigiert werden. Ab einer gewissen Nähe zum brütenden Vogel wird dieser auffliegen, sodass es noch schwieriger wird das gut getarnte Nest aufzufinden. Im direkten Umfeld des Kreuzpunktes sollte genau darauf geachtet werden, dass das Gelege beim Suchen nicht zufällig zertreten wird. Das „klassische“ visuelle Gelegesuchen wird vereinfacht, wenn zwei Personen gleichzeitig suchen, wobei eine Person den Kreuzpunkt beim Laufen anvisiert und die andere Person den Boden absucht. Dadurch wird ein Übersehen des Gelegestandortes und sich über den Kreuzpunkt hinweg bewegen weniger wahrscheinlich. Um die Sichtachse einzuhalten, kann auch ein Spektiv in direkter Fluchtrichtung zu einem z. B. Zaunpfosten aufgestellt werden. Dadurch ist ein Nachkorrigieren und Orientieren im Feld leichter, wenn der Betrachter die Zaunpfosten und die Ausrichtung des Spektives als durchgängige Sichtachse nutzt. Aus: NABU-BUNDESVERBAND (2020).



Abb. 9: Vollständig aufgebauter Gelegeschutzzaun mit einem nahrungssuchenden Großen Brachvogel (*Numenius arquata*, roter Pfeil) im inneren eines Gelegeschutzzaunes auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die Altvögel setzten ihre Brut nach Errichten des Zaunes und in Abwesenheit von Menschen zeitnah wieder fort. C. Michel.

Die Gelegeschutzzäune blieben während der Brutzeit und im Zeitraum junger, frisch geschlüpfter Küken ungestört und wurden nur bei konkreten Verdachtsituationen wie einem aufgegebenen oder prädierten Gelege, einem nicht mehr vollends funktionierenden Zaun oder zur Wartung aufgesucht. Auch hier wurde wieder darauf geachtet, dass jegliche Tätigkeiten schnell und möglichst störungsarm stattfanden.

Die Brachvögel nahmen im Allgemeinen die Tätigkeiten des Zaufaufbaues und der Wartung nicht als sehr störend wahr. Sie entfernten sich während des Geschehens zumeist um einige Meter fliegend und warnend, kehrten jedoch nach kurzer Zeit, sobald sich die Menschen entfernt hatten, wieder zu ihrem Gelege zurück und brüteten weiter. Nach dem Schlupf konnten die Küken den Zaun problemlos durch die unterste Litze, die keinen Strom führt, verlassen und ihren Eltern ins offene Gelände folgen.

2.1.2 Die großen Kükenschutzzäune

Ergänzend zu den elf aufgebauten Gelegeschutzzäunen wurden zwei Kükenschutzzäune, einer á 30 ha und einer á 40 ha, im Zentrum des Untersuchungsgebiets errichtet. Die Kükenschutzzäune sollten einen zusätzlichen Schutz vor Bodenprädatoren für die später schlüpfenden Küken bieten. Jeder Kükenschutzzäun führte im Idealfall 10.000 Volt und wurde durch eine Solarpanelinstallation mit Strom gespeist. Dabei wurden vier Brutpaare (BP5, BP2a, BP3 und BP9) eingezäunt, während sieben Brutpaare (BP1, BP4, BP6, BP7, BP8, BP10 und BP11) nicht durch einen weiteren Kükenschutzzäun umgeben waren. Alle Brutpaare brüteten zum Zeitpunkt des Kükenschutzzäunaufbaus. Im größeren Kükenschutzzäun á 40 ha wurde zusätzlich eine dreiteilige Rinderweide errichtet, die partiell beweidet wurde und Schonflächen beinhaltete, die von der Beweidung ausgespart wurden. Die Rinderweide wurde mindestens einmal am Tag durch Landwirte mittels Auto zwecks Wasser- und Viehkontrolle aufgesucht. Hierbei kam es zu Ansammlungen aller Rinder auf der Weide, die dem Auto rasch folgten.

Die Kükenschutzzäune unterlagen somit drei potentiellen Störungen durch Menschen während der Brut und später während des Kükensführens:

- Kükenschutzzäunerrichtung
- Wartungsarbeiten an den Kükenschutzzäunen (Ablaufen, Löcher und Durchlässe verschließen, Stromleistung überprüfen, ggf. Fuchs oder andere potentielle Prädatoren aus dem Zaun jagen, ggf. Tiere wie Rehe oder Feldhasen, die sich im Zaun verfangen haben, aus dem Zaun befreien/entfernen)
- Viehkontrollen am und im großen Kükenschutzzäun

2.1.3 Absprachen und Begleitungen mit hiesigen Landwirten und Jägern auf den Projektflächen

Auf den Projektflächen wurden landwirtschaftliche Tätigkeiten wie Düngen, Walzen, Boden Durchlüften, Mahd, Heuwenden, etc. begleitet. Dadurch sollten Störungen im Brutgebiet möglichst gering gehalten werden. Es begleitete immer mindestens eine Person die Bewirtschaftungen und schaute, ob zuvor unentdeckte Gelege durch auffliegende, warnende Altvögel vor einer Zerstörung bewahrt werden konnten oder kükensführende Brachvogelfamilien auf den Flächen waren. Die kükensführenden Brachvogelfamilien wurden gegebenenfalls langsam in ungestörte Bereiche getrieben oder die Aufenthaltsstandorte durch die Traktoristen ausgespart. Die Landwirte informierten einige Tage vorher über geplante Bewirtschaftungen. Bei einem bereits bestehenden Brutverdacht wurden die geplanten Bewirtschaftungsbereiche intensiv abgesucht, um das Gelege vorher zu finden und mit einem Gelegeschutzzaun zu sichern. Mahdtermine wurden mit allen vier Landwirtschaftsbetrieben abgesprochen und durch drei Personen begleitet. Dabei wurden im Projektgebiet Bereiche während der Mahd ausgespart, die als Schonstreifen und Rückzugsorte für

die kükenführenden Familien fungierten. Nach den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungen wurde stets während eines nachträglichen Monitorings überprüft ob Gelege weiter bebrütet wurden, inwieweit kükenführende Brachvogelfamilien Kükenverluste durch die Bewirtschaftungen und/oder Prädatoren erlebt hatten oder wohin die kükenführenden Brachvogelfamilien abgewandert sein könnten. Die Ergebnisse wurden ebenfalls mit der App MapIt dokumentiert. Durch das nachträgliche Monitoring sollten die Maßnahmen, ihre Wirkungen und Ursachen möglicher Verluste evaluiert werden, um die Zusammenarbeit mit den Landwirten zukünftig verbessern zu können.

Mit dem Jagdaufseher des „Gut Borken“ bestand ein Austausch über Rotfuchsbauten, -sichtungen und weiteren potentiellen Prädatoren im Projektgebiet. Wie in den Vorjahren des Projektes sollte so sicher gestellt werden, dass bei einem massiven Prädatorenaufkommen eingegriffen werden konnte, wie bspw. 2019 bei einem auf Brachvogelgelege spezialisierten Nebelkrähenpaar oder einem Rotfuchs, der nicht mehr aus einem Gelege- oder Kükenschutzzaun herauszutreiben war (HEISS ET AL. 2019; MICHEL 2021).

2.2 Datenerfassungen und -auswertungen im Rahmen der Masterarbeit

Vorbereitend für die Datenerfassungen wurden im Januar und Februar 2022 mehrere Besprechungen und Planungen für ein Masterarbeitsthema mit Herrn Tobias Dahms von der Firma thermal DRONES GmbH durchgeführt. Im Fokus der Planungen stand die Frage inwieweit ein Gelegesuchemonitoring auf dem Borken umsetzbar wäre. Hierbei mussten verschiedene Genehmigungen eingeholt werden, da der Borken Teil eines Vogelschutzgebiets (SPA) ist, der Militärtruppenübungsplatz „Jägerbrück“ in 10 km Entfernung angrenzt und im Zentrum des Projektgebietes das NSG „Wildes Moor“ liegt. Es wurden Fluggenehmigungen für April bis Mai erteilt, wobei die Fluggenehmigung des Militärtruppenübungsplatzes aufgrund des gegenwärtigen Ukraine Konflikts mit Sonderauflagen versehen war: Gegen sechs Uhr jedes Befliegungstermines musste sich telefonisch beim Truppenübungsplatz gemeldet werden, um über eine Befliegung zeitig zu informieren. Weiterhin war die Flughöhe auf < 50 m begrenzt und durfte nicht überschritten werden. Bei weiteren Verschärfungen des Ukraine Konflikts hätte auch ein komplettes Befliegungsverbot erteilt werden können. Wichtig für das Stellen der Anträge war auch, dass projektintern ein Drohnenführerschein „Nachweis für Fernpiloten (A1/A3)“ über das Luftfahrt-Bundesamt gemacht wurde.

Die Datenerfassung im Rahmen der Masterarbeit geschah vom 15.04.-20.06.2022 und setzte sich aus dem Einsetzen und späteren Bergen präparierter Thermologger und den drei Befliegungen der Gelege mit Wärmebildkameradrohnen zusammen. Dabei wurden nur bekannte, mit Gelegeschutzzäunen versehene, Gelegestandorte befliegen und nicht aktiv nach neuen, unbekanntem Gelegestandorten mittels Wärmebildkameradrohnen gesucht.

2.2.1 Die Thermologger

Die Thermologger sollten die allgemeinen Temperaturen und ihre Verläufe während aller Uhrzeiten in den Nestern erfassen. Hierzu wurden dreizehn Thermologger der Marke „iButton“ des Typs „DS1925L-F5# - High-Capacity Temperatur Logger, 122 KB“ verwendet. Die Thermologger wurden mittels 1-Wire-Adapter (iButton: DS9490R#) und Anschlusskabel (iButton: DS1402D-DR8+, Blue Dot) am Computer angeschlossen und mit dem Begleitprogramm „OneWireViewer“ von iButton eingeschaltet, eingestellt und später, nach Thermologgerentnahme aus dem Nest, ausgelesen. Das Einschalten der Thermologger geschah von Zuhause aus, ehe die Thermologger in die Nester eingesetzt wurden, da vorher überprüft wurde, ob sie ordnungsgemäß aufzeichneten. Der Aufzeichnungsintervall jedes Thermologgers wurde auf alle 5 Minuten je einen Temperaturwert in Celsius eingestellt. Weiterhin wurden die Thermologger vor dem Einsetzen präpariert, damit sie unauffällig und gut befestigt im Nest verbleiben konnten. Hierzu wurde je ein Thermologger auf dem Schraubenkopf einer 25 cm langen Edelstahlschraube (OBI-Baumarkt, Eigenmarke) gelegt und mit selbstverschweißendem, schwarzem Reparaturklebeband (Coll & Roll: PIB Power Tape) befestigt und versiegelt (Abb. 10: A.). Die präparierten Thermologger wurden entweder während eines direkten Fundes samt Gelegeschutzzaunaufbau eingesetzt oder ein bis zwei Tage nach einem Fund und dem Gelegeschutzzaunaufbau. Der Zeitpunkt des Einsetzens richtete sich nach der Anzahl verfügbarer eingestellter und präparierter Thermologger vor Ort. Da zu Beginn der Saison schwer einzuschätzen war, wie viele Gelege in der Brutsaison 2022 aufkommen würden, wurden nicht alle fünfzehn gekauften Thermologger gleichzeitig an einem Tag Zuhause eingeschaltet, sondern immer zwei Thermologger, die dann vor Ort auf dem Borken verfügbar waren. Dadurch sollte das „leere Aufzeichnen“ nicht genutzter eingeschalteter Thermologger vermieden werden, damit eingesetzte, präparierte Thermologger möglichst lange in den Nestern Temperaturen aufzeichnen würden. Um unterscheiden zu können, wann genau ein präparierter Thermologger in ein Nest eingesetzt worden war, wurde das Datum und die Uhrzeit des Einschaltens notiert. Weiterhin wurden beim Einsetzen eines präparierten Thermologgers in ein Nest Datum und Uhrzeit des Einsetzens erfasst. Bei der



Abb. 10: **A.** Vollgelege eines Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) und ein präparierter Thermologger auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) 2022. Der präparierte Thermologger setzte sich je Gelege zusammen aus einer 25 cm langen Edelstahlschraube (OBI-Baumarkt, Eigenmarke) und einem Thermologger (iButton: DS1925L-F# - High-Capacity Temperatur Logger, 122 KB), der mittels selbstverschweißendem, schwarzem Reparaturklebebandes (Coll & Roll: PIB Power Tape) auf dem Schraubenkopf befestigt wurde. **B.** Ein in ein Nest eingesetzter präparierter Thermologger (roter Pfeil). Die Thermologger wurden möglichst tief mittig im Nest in den Boden gedrückt, sodass der Thermologger knapp über dem Boden herausragte. Die Eier wurden vor dem Einsetzen an die Seite und danach wieder an ihre ursprünglichen Plätze zurückgelegt. Das Einsetzen eines Thermologgers dauerte wenige Minuten, um die Störung des Geleges und der brütenden Altvögel möglichst gering zu halten. Jeder eingesetzte präparierte Thermologger sollte je Nest die Nesttemperatur in °C kontinuierlich alle 5 Minuten erfassen und aufzeichnen. Ergänzend wurden zwei präparierte Thermologger als Referenzthermologger in der Nähe des Weidezaungerätes des großen Kükenschutzzaunes und nicht in Nester eingesetzt. Die Referenzthermologger sollten die allgemeine Umgebungstemperatur im Untersuchungsgebiet aufzeichnen um sie später mit Bebrütungs- und Nesttemperaturen gegenüberstellen zu können. C. Michel.

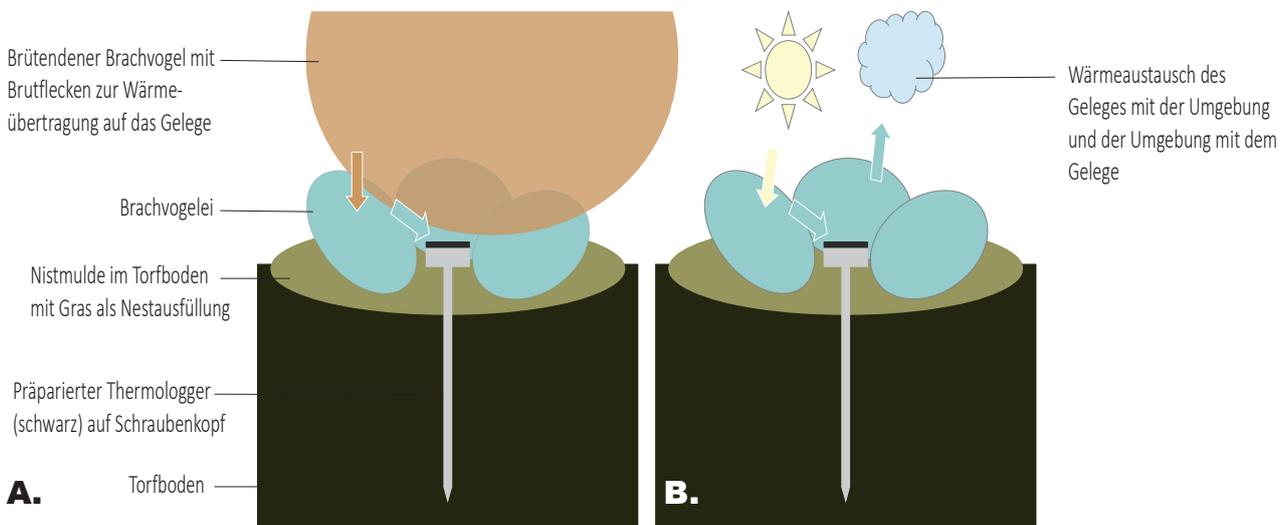


Abb. 11: Schemazeichnung des eingesetzten präparierten Thermologgers in ein Nest eines Großen Brachvogels (*Numenius arquata*). Der Thermologger war an einer Schraube befestigt, die in die Mitte des Nestes in den Torfboden gedreht wurde. Dadurch befand sich der Thermologger zwischen Nistmaterial und Eiern, wobei die Eier um den Thermologger herum lagen (siehe Nestquerschnitt). Die durch den präparierten Thermologger erfassten Temperaturintervalle entsprachen somit nicht der direkten Ei- und Gelegetemperatur, sondern der des Nestes. **A.** Wenn ein Brachvogel auf dem Gelege sitzt und brütet (braunes Oval), gibt dieser über seinen Brutflecken und die aufgeplusterte Befiederung eigene Körperwärme an die Eier unter ihm ab (brauner Pfeil). Dadurch wird das Gelege in einem bestimmten Temperaturbereich (Temperaturoptimum) gehalten. Die Eier strahlen die aufgenommene Wärme an ihre Nestumgebung ab (blauer Pfeil), hierbei auch an den eingesetzten Thermologger, der die Temperaturen im Nest alle fünf Minuten erfasst. **B.** Sitzt ein Brachvogel nicht auf dem Gelege und brütet, kommt es zu einem erhöhtem Wärmeaustausch zwischen dem Gelege und der Umgebung. D. h., dass Wärme vom Gelege in die Umgebung abgestrahlt werden kann (blauer Pfeil vom Nest weg) oder von der Umgebung Wärme von den Eiern absorbiert wird (gelber Pfeil zum Nest hin). Der Wärmeaustausch zwischen Gelege und Umgebung wird als Nesttemperatur von dem präparierten Thermologger alle fünf Minuten erfasst. C. Michel.

Entnahme eines präparierten Thermologgers aus einem geschlüpften Nest wurden ebenfalls Datum und Uhrzeit vermerkt (Tab. 2). Um später mögliche Aussagen über die Bebrütungsfrequenz und den Entwicklungszustand des jeweiligen Nestes tätigen zu können, wurden zusätzlich die Anzahl der Eier je Gelege am Fundtag und am Tag des Einsetzens eines jeden präparierten Thermologgers notiert. Die präparierten Thermologger wurden bei einem gefundenen Nest mittig in die Erde gedrückt, sodass der Schraubenkopf samt Thermologger leicht oberseits des Bodens lag und ins Nest ragte. Die Eier wurden vorher neben das Nest gelegt, um diese nicht zu beschädigen und nach dem Einsetzen wieder zurück ins Nest, um den Thermologger herum, gelegt (Abb.10 : B.). Insgesamt wurden zwölf präparierte Thermologger in zwölf Gelege eingesetzt (BP1, BP2a, BP2b, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9, BP10 und BP11). Das Nachgelege von BP2b, das sein vorheriges Gelege (BP2a) verlor, erhielt einen neuen präparierten Thermologger. Ergänzend zu den eingesetzten Thermloggern in den Brachvogelnestern wurden zusätzlich zwei „Referenzthermologger“ (R1 und R2) genutzt, die die allgemeinen Temperaturen im Untersuchungsgebiet außerhalb der Nester aufzeichnen sollten. Die beiden „Referenzthermologger“ wurden in der Nähe des Weidezaungerätes des großen Kükenschutzzaunes in den Boden gedrückt und zum späteren wiederfinden im Gras markiert (Abb. 12: Übersichtskarte Thermologger). Die „Referenzthermologger“ zeichneten die Umgebungstemperaturen im gesamten Erfassungszeitraum auf, d. h. sie wurden vor dem ersten präparierten Thermologger, der in ein Nest eingesetzt wurde, an ihrem Standort eingesetzt und nach der Entnahme des letzten präparierten Thermologgers eines Nestes selbst entnommen.

Tab. 2: Übersicht zu den erfassten Daten der präparierten Thermologger in Großen Brachvogelgelegen (*Numenius arquata*) und des Referenzthermologgers (R1) während der Untersuchungen vom 15.04.-20.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Bei den präparierten Thermloggern, die in Gelege eingesetzt wurden (Bsp. BP1), wurden vor dem Einsetzen der Thermologger das Datum und die Uhrzeit des Einschaltens, sowie die Anzahl der Eier eines jeden Geleges am Fundtag samt der zugeordneten Brutpaarnummer notiert. Beim Einsetzen eines jeden präparierten Thermologgers wurde das Datum und die Uhrzeit während des Einsetzens, sowie die aktuelle Anzahl der Eier eines jeden Geleges erfasst. Zuletzt wurde bei jedem präparierten Thermologger das Datum und die Uhrzeit notiert. Bei den m R1 wurden Datum und Uhrzeit beim Einschalten, sowie beim Einsetzen und der späteren Entnahme notiert. Die Angaben von BP1 und R1 sind als Beispiele aus den Aufzeichnung der Untersuchungen entnommen.

Brutpaarnummer oder Referenz-loggernummer	Anzahl Eier am Fundtag	Anzahl Eier beim Einsetzen des Thermologgers	Datum und Uhrzeit beim Einschalten des Thermologgers	Datum und Uhrzeit beim Einsetzen des Thermologgers	Datum und Uhrzeit beim Bergen des Thermologgers
BP1	1 Ei (11.04.2022)	4 Eier (16.04.2022)	15.04.2022, 22:17 Uhr	16.04.2022, 16:21 Uhr	16.05.2022, 18:09 Uhr
R1	/	/	14.04.2022, 12:00 Uhr	15.04.2022, 16:23 Uhr	20.06.2022, 14:21 Uhr

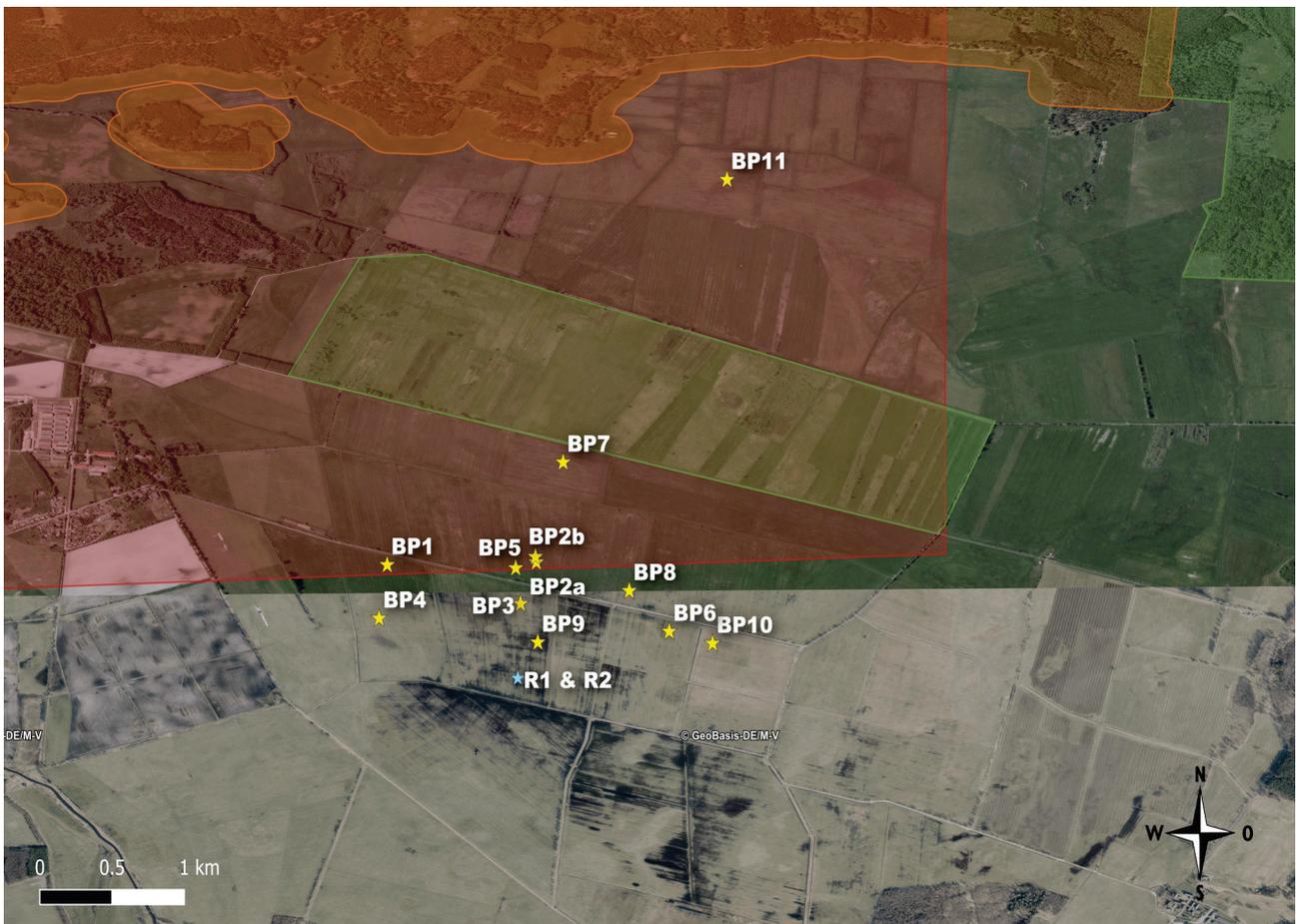


Abb. 12: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes der Brutpopulation des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Projektzeitraum April-Juli 2022. Aufgezeigt werden einige Flugverbotsbereiche für Unmanned Aerial Vehicle (UAVs) wie der Truppenübungsplatz „Jägerbrück“ (■) im Norden, die dazugehörige allgemeine Flugverbotszone (■) und das Naturschutzgebiet (NSG) „Wildes Moor“ (■) in der Mitte. Ergänzend sind die Gelegestandorte der Brachvögel mit den dazugehörigen Brutpaarnummern (BP, gelber Stern ★) aufgetragen, die alle mit insgesamt zwölf präparierten Thermologgern versehen wurden (BP1-11). Die präparierten Thermologger zeichneten die Nesttemperaturen während der Brut auf auf. BP2a verlor sein Gelege und das Brutpaar versuchte eine erneute Brut, die BP2b genannt wurde. BP11 brütete nördlich des NSGs, nahe des Truppenübungsplatzes und somit weit entfernt der Kernpopulation südlich des NSGs. Ergänzend wurden zwei präparierte Referenzthermologger (R1 und R2, blauer Stern ★) im Untersuchungsgebiet während der gesamten Brutzeit in den Boden gesteckt, die die allgemeinen Umgebungstemperaturen aufzeichneten. Die Verteilung der Gelege im Untersuchungsgebiet wurde für die Befliegungsplanungen mit Wärmebildkameradrohnen im Rahmen der Masterarbeit genutzt. WMS-Layer mit relevanten Flugverbotszonen für UAVs (Unmanned Aerial Vehicle): BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (DIPUL) (2023); Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.

2.2.2 Die Befliegungen mit Wärmebildkameradrohnen

Die Befliegungen der Brachvogelgelege fanden an drei Terminen statt: Am 26.04.2022 von 5-14 Uhr, am 06.05.2022 von 5-12 Uhr und am 23.05.2022 von 7-10 Uhr. Es wurde versucht möglichst früh am Morgen mit den Befliegungen zu starten um im Verlauf zum Nachmittag hin möglichst viele Aufnahmen verschiedener Temperaturen der Gelege und ihrer Umgebungen zu erhalten. Dadurch sollte ein möglichst breites Spektrum an möglichen Befliegungsszenarien mit sich aufheizenden Böden, Umgebungstemperaturen, etc. abgedeckt werden, das auch verschiedene Verhaltensweisen der brütenden Brachvögel beinhaltete. Unter anderem könnte es sein, dass die brütenden Altvögel morgens länger auf den Gelegen sitzen, damit diese nicht auskühlen und erst später mit der Nahrungssuche oder einer Brutablösung durch den Partner beginnen. Ein auf dem Gelege sitzender Altvogel könnte die Wärmesignatur der Nesttemperatur anders beeinflussen, als ein offen liegendes Gelege, das im Morgenverlauf unterschiedlichen Umgebungstemperaturen ausgesetzt ist.



Abb. 13: Die zwei verwendeten Wärmebildkameradrohnenmodelle während der Untersuchungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) am 26.04.2022, 06.05.2022 und 23.05.2022. Links: Der kleine, graue Quadrocopter „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA). Rechts: Der große weiße Hexacopter „DJI enterprise advanced: thermal Drones Fliegender Wildretter 640“ (FW2022). Die zwei unterschiedlichen Wärmebildkameradrohnenmodelle wurden für die Untersuchungen gewählt, da sie von unterschiedlicher Größe und Färbung sind. Dadurch sollte das Verhalten der brütenden Großen Brachvögel (*Numenius arquata*) bei zwei unterschiedlichen Wärmebildkameradrohnenmodellen und zwei unterschiedlichen Befliegungsarten („Transektflug“ und „Schwebeflug“) erprobt werden. Beide Drohnen konnten durch eine Fernbedienung (siehe Ecke auf der graue Box) bedient werden. Die Flugrouten wurden zuvor am Computer mit der Software „POI Studio, Version 0.418“ erstellt, konnten jedoch auch manuell an der Fernbedienung ergänzt und geändert werden. Die Wärmebildkameradrohnen starteten und landeten auf der goldglänzenden runden Matte, die als Markierung für die Wärmebildkameradrohne fungierte. C. Michel.

Ein Befliegungstermin setzte sich aus Transekt- und Schwebeflügen zusammen (Abb. 17: A. & B.), die mit der großen Drohne „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (folgend: FW2022); siehe Abb. 13 und Tab. 3) und der kleinen Drohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (folgend: M2EA); siehe Abb. 13 und Tab. 3) mehrfach wiederholt wurden. Die zwei unterschiedlichen Wärmebildkameradrohnenmodelle wurden ausgewählt um erfassen zu können, ob die unterschiedlichen Wärmebildkameradrohne eine potentielle Störung für brütende Brachvögel darstellen könnten. Die Flugrouten beider Wärmebildkameradrohnen wurden zuvor am Computer mittels der Software „POI Studio, Version 0.418“ erstellt, wobei die Flugrouten für jeden Befliegungstermin variierten: Am 26.04.2022 wurden die Gelege von BP1, BP2a, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9 und BP10 (Abb. 14), am 06.05.2022 die Gelege von BP1, BP2a, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9 und BP10 (Abb. 15) und am 23.05.2022 die Gelege von BP2b, BP8, BP9 und BP10 befliegen (Abb. 16). Das Gelege von BP11, das nördlich des NSG „Wildes Moor“ befand, wurde nicht befliegen, da es sich zu nah am Militärtruppenübungsplatz „Jägerbrück“ befand und dort Befliegungen untersagt waren (Abb. 12). Die unterschiedlichen Flugrouten der Befliegungstermine ergaben sich durch die unterschiedlichen Stadien der Bebrütungen jedes einzelnen Geleges. Sobald die Küken eines Geleges geschlüpft waren, wurde das Gelege aus der Befliegung ausgenommen und die Route wurde abgeändert. Es wurde versucht die Flugrouten je Runde möglichst in einem Zug abzufliegen, wobei hier der limitierende Faktor die jeweiligen Akkus der Wärmebildkameradrohnen waren: Die Akkus hatten im Schnitt eine Laufzeit von etwa 20 Minuten und mussten danach ausgewechselt werden. Für einen Akkuauswechselforgang flog die jeweilige Wärmebildkamera-drohne zurück zum Startpunkt und flog danach i. d. R. zum letzten Aufnahmepunkt zurück. Manchmal begann sie jedoch eine Flugroute erneut und musste manuell zum letzten aktuellen Aufnahmepunkt geflogen werden. Dadurch variierte der Befliegungszeitraum für eine Flugroute um eine halbe bis ganze Stunde pro Flugroute. Als Start- und Landepunkt wurde eine Wiesenauffahrt im Zentrum des Untersuchungsgebietes gewählt (siehe Abb. 14, 15 und 16, türkises Sechseck), die für

der brütenden Brachvögel der Wiese selbst durch Hecken optisch etwas abgeschirmt war. Von diesem Punkt aus konnten alle Brutpaare mittels Fernglas (Zeiss Terra ED 10x42) und Spektiv (Swarovski ATS 65 HD 25x50) beobachtet werden. Der Start- und Landepunkt wurde zusätzlich durch eine goldglänzende runde Matte, die auf den Boden gelegt wurde, markiert (Abb. 13). Die Steuerung beider Wärmebildkameradrohnen geschah über eine Fernbedienung, durch die Geschwindigkeit, Ausrichtung und Höhe der Wärmebildkameradrohnen bestimmt werden konnten. Gegebenenfalls konnte mittels der Fernbedienung auch in die vorgegebenen, zuvor programmierten, Flugrouten eingegriffen werden (Abb. 13). Sollte sich bspw. ein Brutpaar derart von einer überfliegenden Wärmebildkameradrohne gestört fühlen, hätte die Flugroute abgebrochen werden können. Allgemein wurde darauf geachtet, dass bei den Befliegungsterminen das Wohl der Brachvögel im Fokus stand: Bei einem Angriff eines oder mehrerer Altvögel wäre die Befliegung aufgrund möglicher Verletzungsrisiken für Altvögel und Gelege abgebrochen worden. Gleiches galt, wenn die Altvögel sich seit fast einer Stunde nicht auf ihr Gelege zum Brüten getraut hätten. Ehemalige Gelegestandorte und direkte Bereiche um diese, bei nun kükenführenden Brachvogelfamilien, wurden bei den Befliegungen ausgespart, um zusätzlichen Stress, ein massives Abwandern der Brachvogelfamilie oder das Anlocken von zusätzlichen Prädatoren, die durch laute Rufe zwischen Küken und Alttieren hätten angelockt werden können, zu unterbinden.

Tab. 3: Gegenüberstellung der technischen Details der Wärmebildkameradrohne „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (FW2022) und der Wärmebildkameradrohne „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA). Dargestellt sind der Kameratypus, der sich einmal aufgliedert in die des Farbbildes und die des Wärmebildes, das Gewicht, die dazugehörigen Akkuleistungen bzw. maximale Flugzeit und der Drohnentypus der jeweiligen Wärmebildkameradrohnen. Zusammenstellung aus: Drohnen.de (2023a); thermal Drones (firmenintern).

Wärmebild-kameradrohnen-modell	Kameratypus		Gewicht	Akkuleistung bzw. maximale Flugzeit	Drohnentypus
	Farbbild	Wärmebild			
DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640“ (FW2022)	X	- FLIR Boson 640 - Sensor: consumer grade Vox micro-bolometer - 640 x 512 Pixel, 9 Hz - Brennweite: ca. 14 mm - Pixel pitch: 12 µm - Bodenauflösung: 4,3 cm/Pixel	- 2.400 g	- 25 Minuten	- Hexacopter
DJI Mavic 2 enterprise advanced (M2EA)	- Auflösung (maximal): 8.000 x 6.000 - Videoauflösung: 3840 x 2160 Bilder/Sekunde - Blende: f/2,8	- Sensor: consumer grade Vox micro-bolometer - Auflösung: 640 x 512 Pixel, 30 Hz - Brennweite: ca. 9 mm - Pixel pitch: 12 µm Bodenauflösung: 6,5 cm/Pixel	- 909-110 g	- 31 Minuten (bei 25 km/h und ohne Wind)	- Quadrocopter

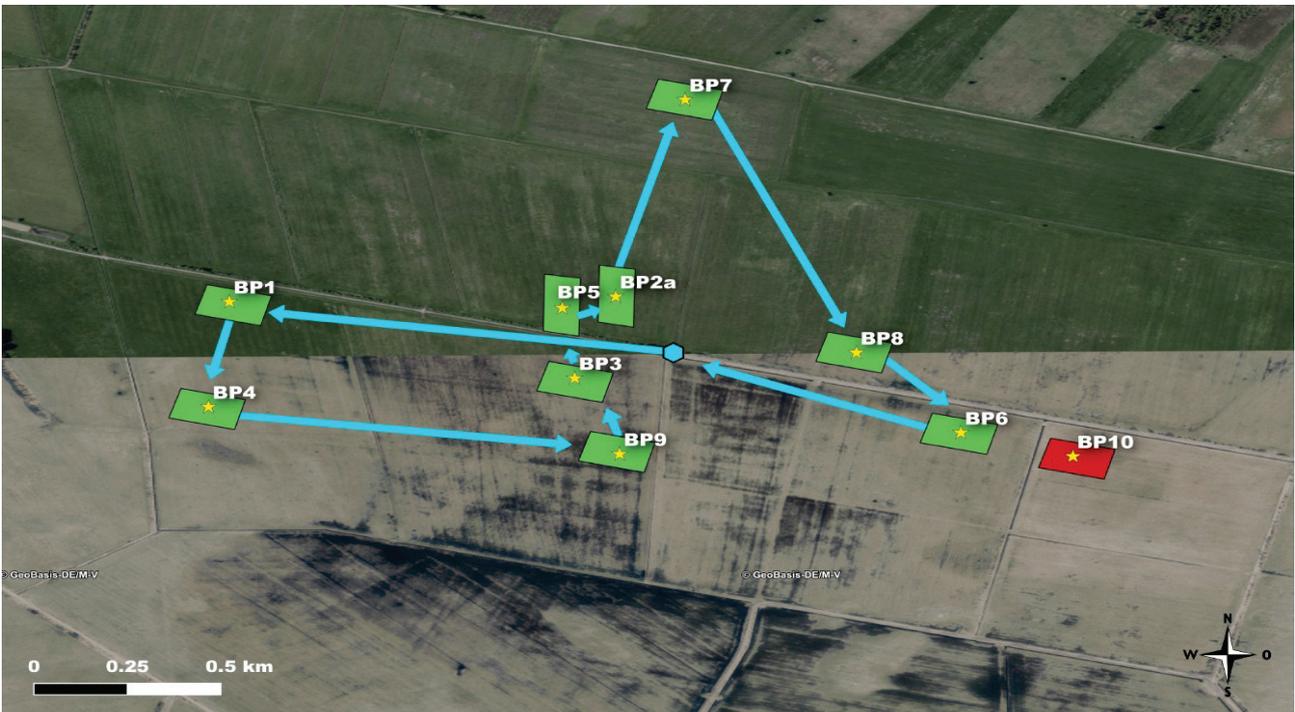


Abb. 14: Allgemeine Befliegungsrouten der Großen Brachvogelgelege (*Numenius arquata*, gelber Stern ★) mittels der Wärmebildkameradrohnen „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (FW2022) am 26.04.2022 von 5-14 Uhr auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege BP1-9 (■); BP10 (■) brütete zu diesem Zeitpunkt noch nicht und wurde bei der Flugroute ausgespart. Die grünen und roten Rechtecke entsprechen den Transektflugbereichen. Schwebeflüge wurden direkt 50 m für 30 s über dem Gelegestandort durchgeführt. Beide Brutversuche von BP2 lagen nah beieinander, während der Befliegung brütete BP2a. Der Start- und Endpunkt (●) jeder Befliegung lag zentral im Untersuchungsgebiet. Die Flugrichtungen einer Flugroute sind als blauer Pfeil dargestellt (➔). Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.



Abb. 15: Allgemeine Befliegungsrouten der Großen Brachvogelgelege (*Numenius arquata*, gelber Stern ★) mittels der Wärmebildkameradrohnen „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (FW2022) am 06.05.2022 von 5-12 Uhr auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege BP1-10 (■). Die grünen Rechtecke entsprechen den Transektflugbereichen. Schwebeflüge wurden direkt 50 m für 30 s über dem Gelegestandort durchgeführt. Beide Brutversuche von BP2 lagen nah beieinander. Während der Befliegung brütete BP2a nicht mehr, der Brutstatus war zum Befliegungszeitpunkt jedoch noch nicht bekannt und das Gelege von BP2a war deswegen Bestandteil der Flugroute. Der Start- und Endpunkt (●) jeder Befliegung lag zentral im Untersuchungsgebiet. Die Flugrichtungen sind als blauer Pfeil dargestellt (➔). Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.



Abb. 16: Allgemeine Befliegungsrouten der Großen Brachvogelgelege (*Numenius arquata*, gelber Stern ★) mittels der Wärmebildkameradrohnen „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (FW2022) am 23.05.2022 von 7-10 Uhr auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege BP2b, 8, 9 und 10 (■); die Gelege von BP1, 3, 4, 5, 6 und 7 (■) wurden bei der Flugroute ausgespart, da diese Gelege zu diesem Zeitpunkt nicht mehr bebrütet wurden und einige Brutpaare Küken führten. Die grünen und roten Rechtecke entsprechen den Transektflugbereichen. Schwebeflüge wurden direkt 50 m für 30 s über dem Gelegestandort durchgeführt. Beide Brutversuche von BP2 lagen nah beieinander; während der Befliegung brütete BP2b. Der Start- und Endpunkt (●) jeder Befliegung lag zentral im Untersuchungsgebiet. Die Flugrichtungen sind als blauer Pfeil dargestellt (→). Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.

Transekt- und Schwebeflüge wurden sowohl mit der M2EA, als auch mit dem FW2022 durchgeführt (Tab. 13). Dabei wurden die Befliegungen jedes Mal mit dem FW2022 begonnen, da morgens Nebel vorherrschte, der für den Sensor der M2EA Aufnahme Probleme ergab. Zuerst wurden 1-2 Transektflüge mit dem FW2022 vorgenommen, darauf folgte, je nachdem ob sich der Nebel gelichtet hatte, ein Transektflug mit der M2EA, oder, wenn der Nebel noch da war, ein Schwebeflug mit dem FW2022. Während der einzelnen Flugrunden wurden die Akkus der beider Wärmebildkameradrohnen wieder mittels Akkus aufgeladen, wobei der limitierende Faktor der Befliegungen die Verfügbarkeit ausreichend geladener Akkus war. Daraus ergaben sich insgesamt am häufigsten Transektflüge, weil diese mehr Energie kosteten als Schwebeflüge, wobei die Transektflüge häufiger mittels des FW2022 durchgeführt wurden. Für die Schwebeflüge wurde jeweils der Gelegestandort in 50 m Höhe angefliegen, während sich die Wärmebildkameradrohne 30 s über dem Nest befand (Abb. 17: A.). Danach flog die Wärmebildkameradrohne das nächste Gelege an. Bei den Transektflügen wurde ein 1 ha großes Rechteck über einen Gelegestandort gelegt und der Transekt in 50 m Höhe mit einer Geschwindigkeit von 5 m/s abgeflogen (Abb. 17: B.). Die Reihenfolge der befliegenen Gelege orientierte sich sowohl bei den Schwebeflügen, als auch bei den Transektflügen an der festgelegten Reihenfolge des Befliegungstages am 26.04.2022, 06.05.2022 oder 23.05.2022 (siehe Abb. 14, 15 und 16). Zu den beobachteten Reaktionen (siehe 2.2.2.1 Die Erfassung der Störreaktionen der brütenden Großen Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen und Tab. 5) wurde zusätzlich der Zeitpunkt notiert an dem die Drohne den Transektflug am jeweiligen Nest oder beim Schwebeflug direkt über dem Nest zu schweben begann (Tab. 4).

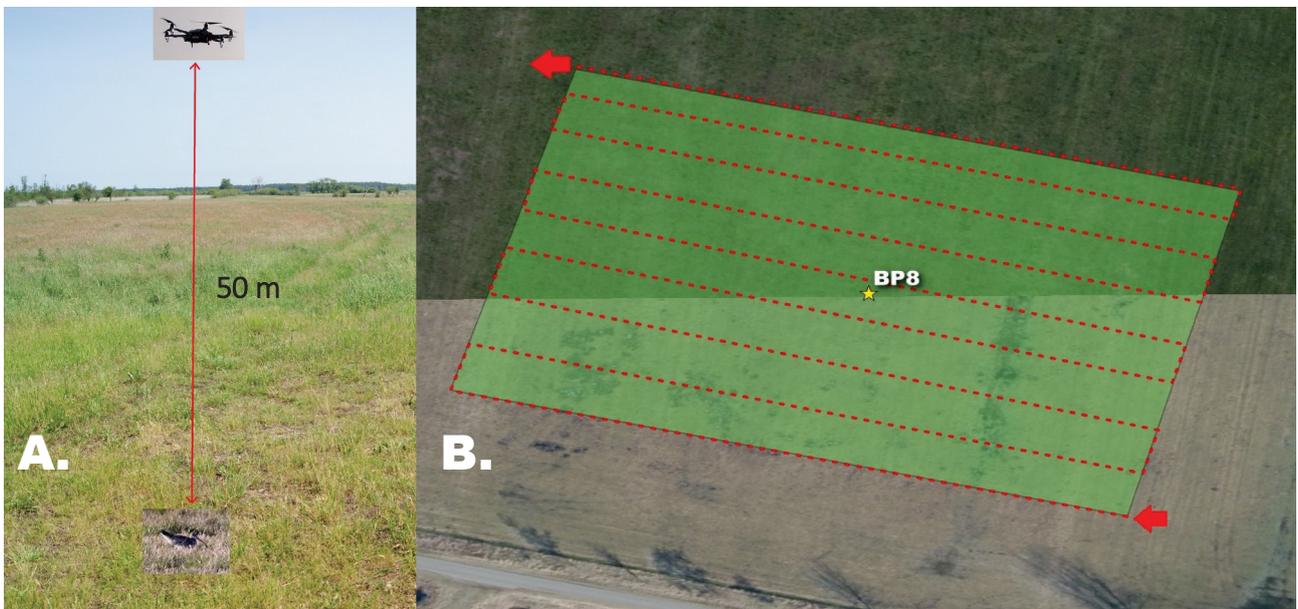


Abb. 17: Schematische Kollage zweier Befliegungsarten mit den Wärmebildkameradrohnenmodellen „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (FW2022), die über brütenden Großen Brachvogelgelegen (*Numenius arquata* (gelber Stern ★)) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) vorgenommen wurden. Die Befliegungen mit den zwei Wärmebildkameradrohnenmodellen und den zwei Befliegungsarten wurden genutzt um herauszufinden, ob fliegende Wärmebildkameradrohnen von brütenden Brachvögeln als Störung wahrgenommen werden könnten. Die Befliegungsarten wurden je Flugroute einmal mit der M2EA und einmal mit dem FW2022 durchgeführt. Die Reihenfolge der Befliegungsarten der einzelnen beflogenen Gelege geschahen im Rahmen der Befliegungsrouten vom 26.04.2022, 06.05.2022 und 23.05.2022 (vergl. Abb. 14 15 & 16). **A.** Beim Schwebeflug flog das jeweilige Wärmebildkameradrohnenmodell zu einem Brachvogelgelege, verblieb in 50 m Höhe für 30 s über diesem schwebend und flog dann zum nächste Brachvogelgelege. C. Michel. **B.** Beim Transektfluges flog das jeweilige Wärmebildkameradrohnenmodell in einem rechteckigen Gelegebereich von 1 ha (■), hier bei Brutpaar 8 (BP8), einen zuvor festgelegte Transektstrecke ab. Der Transektflug begann in einer Ecke Rechteckes (hier roter Pfeil unten rechts) und zog sich in Bahnen unten nach oben, wobei stets eine Höhe von 50 m und eine Fluggeschwindigkeit von 5 m/s eingehalten wurde. War ein Gelegebereich komplett befliegen, wurde der nächste Gelegebereich eines weiteren BPs in der vorgegebenen Flugroute angefliegen. Kartenhintergrund: GEOBASIS-DE/MV (2022), bearbeitet C. Michel.

Tab. 4: Aufstellung der getätigten Transekt- und Schwebeflüge mittels der Wärmebildkameradrohnenmodelle „DJI Mavic 2 enterprise advanced“ (M2EA) und „DJI enterprise advanced „thermal Drones Fliegender Wildretter 640““ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) am 26.04.2022, 06.05.22 und 23.05.2022 zur Erfassung von Gelegen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*).

Befliegungs-termin	Transektflüge FW2022 Wärmebildkamera-drohne	Transektflüge M2EA Wärmebildkamera-drohne	Standflüge FW2022 Wärmebildkamera-drohne	Standflüge M2EA Wärmebildkamera-drohne
26.04.2022	4	2	2	1
06.05.2022	3	1	2	1
23.05.2022	3	2	1	1

2.2.2.1 Die Erfassung der Störreaktionen der brütenden Großen Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen

Um die Störwirkung der fliegenden Wärmebildkameradrohnen auf die brütenden Brachvögel zu untersuchen und zu differenzieren, ob Brachvögel die fliegenden Wärmebildkameradrohnen als potentiellen Luftprädatoren für ihr Gelege und/oder sich erachten, wurde das Verhalten der brütenden Brachvögel beobachtet und Reaktionskategorien zugeordnet (Tab. 5): Die Reaktionskategorien entsprachen Verhaltensweisen von Brachvögeln gegenüber Prädatoren, aufgeteilt in Reaktionen wie Warnrufen, Warnflügen, Angriffen, Verteidigungen, Flucht und keine Reaktionen und in Reagierende, wie dem Weibchen (♀), Männchen (♂), dem Brutpaar gemeinsam,

2.2.3.1 Die Auswertung der Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen

Die beobachteten Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten wurden nach ihren zuvor festgelegten Kategorien (nach Tab. 5) mit absoluten und relativen Häufigkeiten grafisch als Balken- und Kuchendiagramme gegenübergestellt, beschrieben und diskutiert.

2.2.3.2 Die Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen

Zuerst wurden die allgemeinen Temperaturverläufe jedes einzelnen Brutpaares während der Bebrütungsphasen in einem Liniendiagramm mit den jeweiligen Temperaturverläufen der Umgebungstemperatur gegenübergestellt. Die Liniendiagramme wurden visuell betrachtet und beschrieben. Somit sollte ein breites Spektrum an Wärmesignaturen von Nestern und Bebrütungsverhalten erfasst und dargestellt werden können. Um eine Übersicht zu der Häufigkeitsverteilung der Temperaturen eines Geleges und der Umgebungstemperatur zu erhalten, wurden Boxplots erstellt, visuell betrachtet und ebenfalls beschrieben.

Aus den erfassten Temperaturverläufen von jedem Nest wurden die Temperaturdifferenzen (ΔT) gebildet, die sich aus dem ersten erfassten Temperaturwert (T_1) und dem zweiten erfassten Temperaturwert (T_2) innerhalb von fünf Minuten ergeben ($\Delta T = T_1 - T_2$) (HAAS 2012). Aus dem Verlauf der Temperaturdifferenzen eines jeden BPs und der Umgebungstemperatur wurde ein Liniendiagramm der gesamten Bebrütungsphase eines jeden BPs erstellt, dieses wurde visuell betrachtet und beschrieben. Die erstellten Temperaturdifferenzliniendiagramme dienten als gedankliche Vorlage für die Definition der Bebrütungs- bzw. Störfrequenzen der Nester. Diese wurden als Häufigkeitsanzahl/Werteabfolge folgender Ereignisse definiert und kategorisiert:

- Nesttemperatur ist konstant bei -0,5, 0 und +0,5°C
- Nesttemperatur ist nicht konstant und liegt bei > 1°C:
 - Erkennbare Nesttemperaturveränderung um 1°C
 - -1°C und +1°C
 - Deutlich erkennbare Nesttemperaturveränderung um mehr als 1°C
 - -1,5°C und +1,5°C
 - Sehr deutlich erkennbare Nesttemperaturveränderung um 2°C
 - -2°C und +2°C
 - Starke Nesttemperaturveränderung um mehr als 2°C
 - -2,5°C und +2,5°C
 - Sehr starke Nesttemperaturveränderung um 3°C
 - -3°C und +3°C
 - Erhebliche Nesttemperaturveränderung um mehr als 3°C
 - -3,5°C, +3,5°C, -4°C, +4°C, -5°C, +5°C (usw.: >-5°C und >+5°C)

Die Nesttemperaturdifferenzveränderungskategorien wurden einer Farbskalierung zugeordnet (Tab. 6) und in Balkendiagrammen (stacked barplot) dem jeweiligen Befliegungszeitraum einen Tag vor, während und nach einem Befliegungstag gegenübergestellt und beschrieben. Große Temperaturdifferenzen entsprechen demnach Nesttemperaturabkühlungen und/oder -erwärmungen, die aus der Ab- und/oder Anwesenheit gegenwärtig nicht brütender und/oder gerade wieder brütender Brachvögel resultieren. Das Nest wäre demnach häufigen Nesttemperaturschwankungen unterlegen. Ein potentieller Grund für die Nesttemperatur-

schwankungen könnte die Störung der fliegenden Wärmebildkameradrohnen sein, deren Aktivitätszeitraum bekannt war. Geringe Temperaturdifferenzen (= konstante Nesttemperatur) entsprächen einer gegenwärtigen Bebrütung des Nestes, da der Brachvogel die Nesttemperatur relativ konstant erhielt und wenige Nesttemperaturschwankungen vorlägen. Die Bebrütungs- bzw. Störfrequenzen wurden anhand der grafischen Ausarbeitungen diskutiert. Da die Zeiträume einer Befliegungsrouten sehr stark um eine halbe bis ganze Stunde durch das Wechseln des Wärmebildkameradrohnenmodells, die durchgeführten Flugarten und die gewechselten und aufgeladenen Akkus variierten, wurden die betrachteten Nesttemperaturdifferenzen hier nicht nach Wärmebildkameradrohnenmodell und Flugart aufgeschlüsselt, sondern als potentielle Gesamtstörung betrachtet. Hierbei müsste auch der zusätzliche Störfaktor der Befliegungsbasis (vergl. Abb. 14, 15 und 16: Start- und Landepunkt) mit der Präsenz von Menschen, Fahrzeugen etc. miteinbezogen werden.

Tab. 6: Farbskalierung zur Einstufung der Nesttemperaturdifferenzen um potentielle Störreaktionen brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen evaluieren zu können. Die Farbgebung wurde folgend in „3.2.3.2 Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber Wärmebildkameradrohnen“ grafisch auf Balkendiagrammen angewandt und diese dann beschrieben. Verglichen wurden die Nesttemperaturdifferenzen eines festgelegten Zeitraumes vor, während und nach einem Befliegungstag. Die Nesttemperaturdifferenzen wurden unterteilt in konstante (-0,5°C, 0°C und +1,5°C) und nicht konstante Werte. Die nicht konstanten Werte wurden unterteilt in erkennbare (-1°C und +1°C), deutlich erkennbare (-1,5°C und +1,5°C), sehr deutlich erkennbare (-2°C und +2°C), starke (-2,5°C und +2,5°C), sehr starke (-3°C und +3°C) und erhebliche (>-3,5°C und >+3,5°C) Nesttemperaturdifferenzveränderungen. Die Häufigkeiten der Kategorien soll als Maß für die Intensität der Bebrütung bzw. nicht-Bebrütung fungieren, anhand derer potentielle Störungen belegt oder widerlegt werden könnten.

Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C

3. Ergebnisse

3.1 Projektbezogene Ergebnisse

Insgesamt brüteten in der Projektsaison 2022 auf dem Borken elf Brutpaare (BP1-11), wobei BP2 zwei Bruten versuchte (BP2a und BP2b), da ein Gelegeverlust vorlag. BP11, das sein Gelege sehr nördlich des NSGs „Wildes Moor“ hatte, könnte ein bisher unentdecktes BP oder ein Neuansiedlungsversuch eines bisher unbekanntes BPs gewesen sein (HEISS ET AL. 2022). Aus den erfolgreich bebrüteten Gelegen schlüpften 35-39 Küken, von denen 14-16 Küken flügge wurden (HEISS ET AL. 2022). Als maßgeblichen Bruterfolgswert wurde das Beweidungskonzept erachtet, das offenbar ausreichend Deckung und Nahrung bot (HEISS ET AL. 2022). Erstmals wurden zudem sechs fast flügge Küken beringt (HEISS ET AL. 2022).

3.2 Ergebnisse im Rahmen der Masterarbeit

Die Ergebnisse der Masterarbeit sind untergliedert in die Zusammensetzung der Wärmesignaturen während der Brutphase als „3.2.1 Die Temperaturverläufe der Nester während der Bebrütungsphasen“ und „3.2.1 Die Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen“.

3.2.1 Die Temperaturverläufe der Nester während der Bebrütungsphasen

Jedes Brutpaar wurde mit seinen Temperaturverläufen und -differenzen einzeln betrachtet, um ein möglichst breites Spektrum an Nestwärmesignaturen verschiedener Gelegestandorte und -brutpaare darstellen zu können.

Temperaturverläufe von BP1

Die Nesttemperaturen von BP1 wurden insgesamt vom 16.04.-16.05.2022 zu 31 Tagen erfasst, wobei BP1 ein Vollgelege mit vier Eiern am 16.04.2022 aufwies, das am 15.05.2022 schlüpfte (Abb. 19: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 8663$ Temperaturwerte je Thermologger von BP1 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP1 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal 14°C bis maximal 25°C auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $-1,5^{\circ}\text{C}$

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 1 (BP1) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

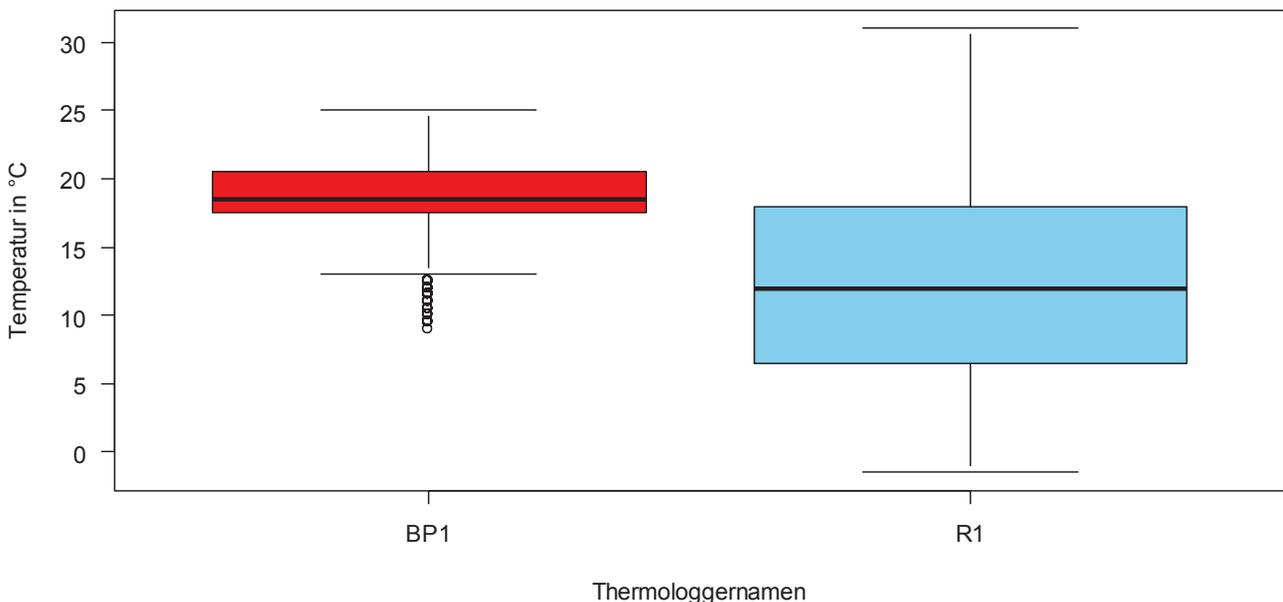


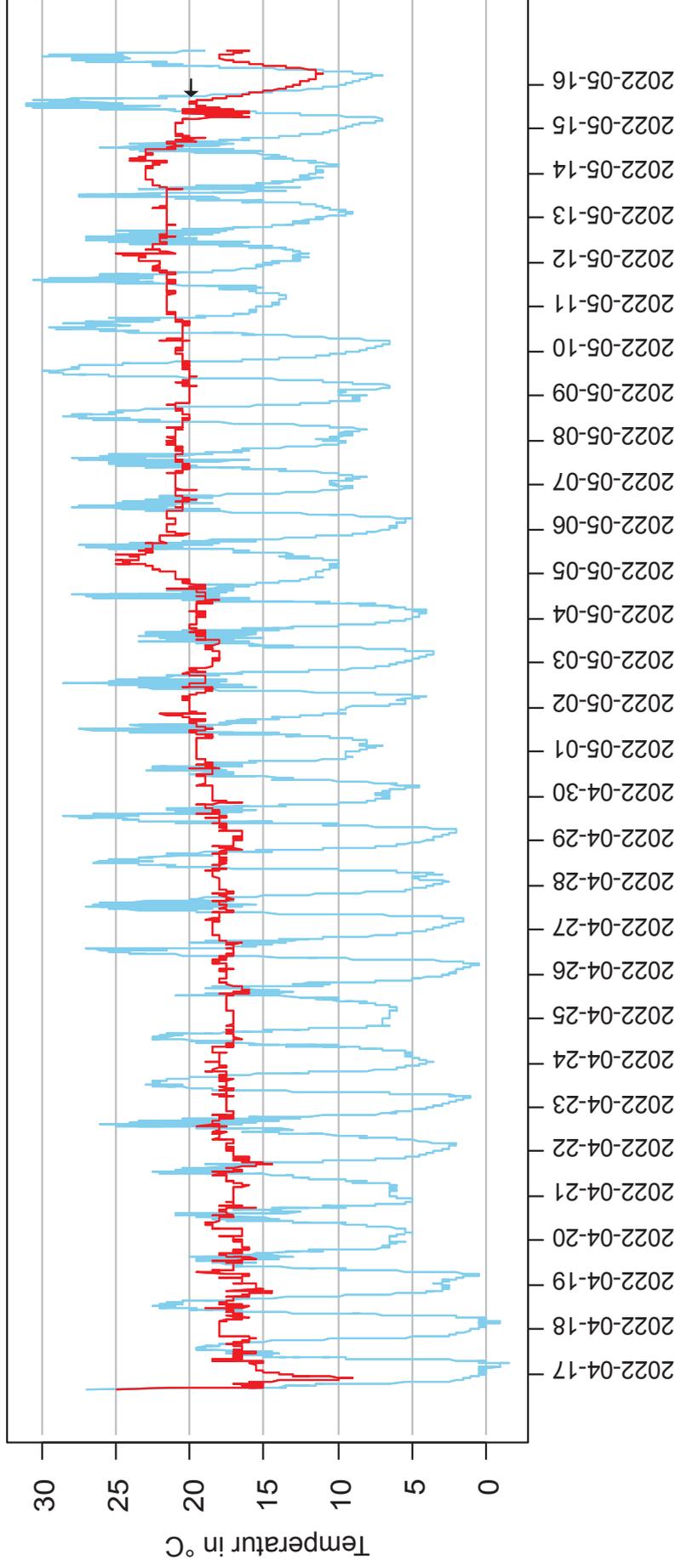
Abb. 18: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 1 (BP1, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 17.326$ (2×8663)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 31 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP1 lag bei $18,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei 14°C und das Maximum bei 25°C . Das erste Quartil lag bei $17,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil bei $20,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen acht Ausreißer zwischen $8-13^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Nestes von BP1 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 12°C , das Minimum bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei 31°C . Das erste Quartil lag bei $6,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei 18°C . Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

bis maximal 31,5°C aufwies (Abb. 18). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP1 um den Median von 18,5°C, das erste Quartil mit 17,5°C und das dritte Quartil mit 20,5°C. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 18,8°C. Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 19 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^\circ\text{C}$ zu erkennen, die zwischen 15-20°C bis ca. 04.05.2022 und dann fortlaufend zwischen 20-25°C lag. Die einzigen auffälligen Temperaturschwankungen sind eine Auskühlung des Nestes in der Nacht zwischen dem 17.04. und 18.04.2022 von 15°C zu 9°C und eine Erwärmung des Nestes zwischen dem 05.05. und 06.05.2022 von 20°C zu 25°C. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 12°C, das erste Quartil mit 6,5°C und das dritte Quartil mit 18°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP1. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12,6°C. In Abb. 18 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20°C vorlagen. Der Schlupf von BP1 am 15.05.2022 und das Abwandern der Küken aus dem Nest führten zu einem Auskühlen des Neststandortes (Abb. 19: Schwarzer Pfeil), der nun auch erkennbaren Temperaturschwankungen, ähnlich der Umgebungstemperatur, unterlag.

Temperaturdifferenzen von BP1

Zu Beginn der Brut wies die Nesttemperatur von BP1 gehäuft große Nesttemperaturdifferenzen zwischen -1°C , $+1^\circ\text{C}$ und -2°C und $+2^\circ\text{C}$ auf, die etwa bis zum 20.04.2022 anhielten (Abb. 20). Danach lagen die Nesttemperaturdifferenzen bei -1°C , $+1^\circ\text{C}$ und waren häufiger konstant bei $-0,5^\circ\text{C}$, $+0,5^\circ\text{C}$ und 0°C . Vereinzelt Nesttemperaturdifferenzenausreißer tauchten im allgemeinen Brutverlauf immer wieder auf, waren jedoch eher Einzelereignisse eines Tages, als ein gehäuftes Tagesereignis (bspw. eine Nesttemperaturdifferenz am 04.05.2022 um erst -3°C und dann $+3^\circ\text{C}$). Zum Schlupfbeginn zwischen dem 14.05. und 15.05.2022 kam es gehäuft zu Nesttemperaturdifferenzen um $-0,5^\circ\text{C}$ und $+0,5^\circ\text{C}$. Zwischen dem 15.05. und 16.05.2022 gleichen die Nesttemperaturdifferenzen deutlich denen der Umgebungstemperatur und die Brachvogelfamilie scheint mit seinen Küken das Nest verlassen zu haben (Abb. 20: Schwarze Pfeile).

Temperaturverläufe eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 1 (BP1) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

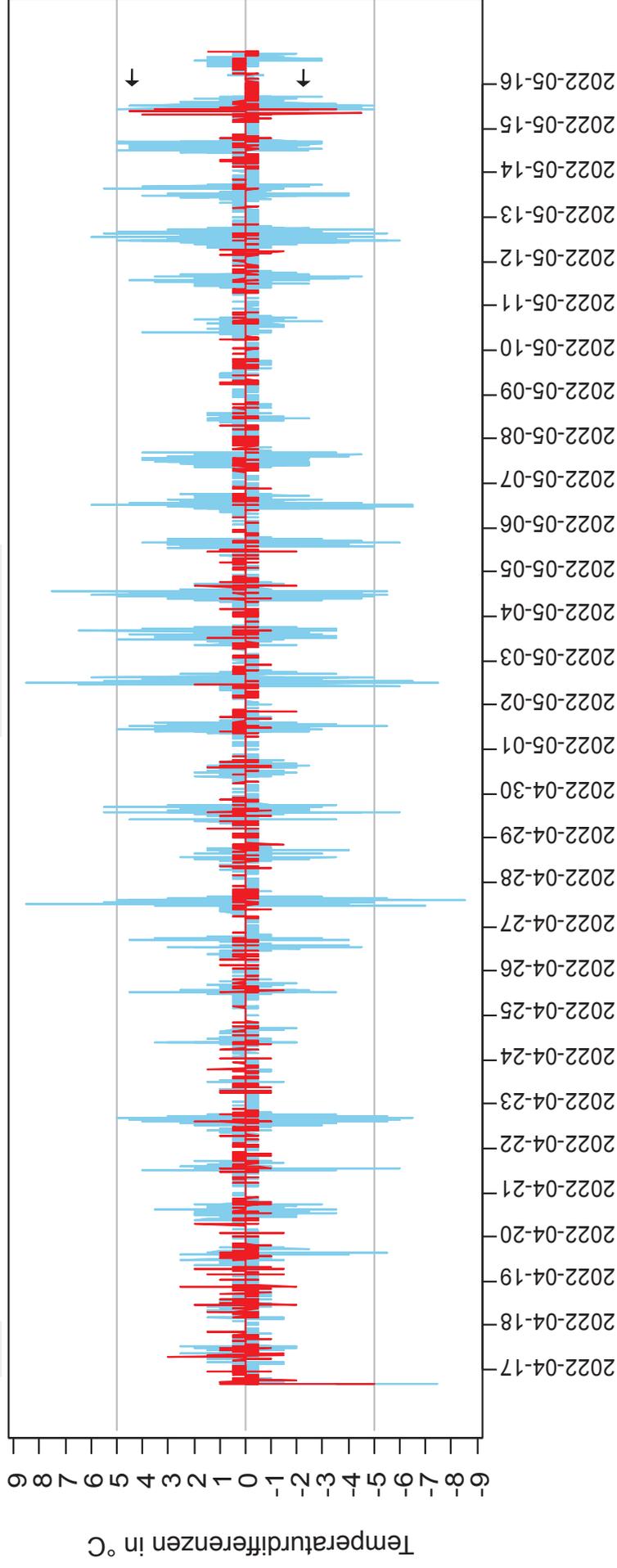


Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 19: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022. Das Gelege von BP1 wurde am 22.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP1 am 16.04.2022 um 16:21 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befand sich ein Vollgelege von vier Eiern im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 16.05.2022 um 18:07 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 31 Tagen. Die Thermologger zeichnen alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 17.326$ (2×8663)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 18,8°C, die niedrigste bei 9°C und die höchste bei 25°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12,6°C, die niedrigste bei -1,5°C und die höchste bei 31°C. Das Gelege von BP1 schlüpfte am 15.05.2022 und die Brachvogelfamilie verließ am 16.05.2022 den Neststandort (schwarzer Pfeil →), woraufhin sich die Temperaturverläufe der Thermologger BP1 und R1 erkennbar annäherten. BP1 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befolgt (siehe Abb. 14. und 15).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 1 (BP1) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 20: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 16.04.-16.05.2022. Das Gelege von BP1 wurde am 22.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP1 am 16.04.2022 um 16:21 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befand sich ein Vollegelege von vier Eiern im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 16.05.2022 um 18:07 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 31 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 17.325$ (2×8663), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_2 - T_1$). Das Gelege von BP1 schlüpfte am 15.05.2022 und die Brachvogelfamilie verließ am 16.05.2022 den Gelegestandort (schwarze Pfeile \rightarrow), woraufhin sich die Temperaturdifferenzen der Thermologger BP1 und R1 erkennbar annähernten, da die Temperaturdifferenzen nun höher waren als während der Bebrütungsphase. BP1 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameradrohnen befliegen (siehe Abb. 14. und 15).

Temperaturverläufe von BP2a

Die Nesttemperaturen von BP2a wurden insgesamt vom 16.04.-14.05.2022 zu 29 Tagen erfasst wobei BP2a ein Vollgelege mit vier Eiern am 16.04.2022 aufwies. Das Gelege von BP2a schlüpfte nicht, da es zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 prädiert oder entwendet wurde (Abb. 22: Schwarzer Pfeil). Das Nachgelege von BP2a ist BP2b. Es ergaben sich $n = 8069$ Temperaturwerte je Thermologger von BP2a und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP2a eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal $12,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $22,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $-1,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $30,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 21). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP2a um den Median von $17,5^{\circ}\text{C}$, das erste Quartil mit 16°C und das dritte Quartil mit $18,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $16,8^{\circ}\text{C}$. Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 22 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die zwischen $15-20^{\circ}\text{C}$ lag. Der einzige auffällige Temperatúrausreißer ist eine Auskühlung des Nestes in der Nacht zwischen dem 17.04. und 18.04.2022 von 15°C zu 9°C . Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von $11,5^{\circ}\text{C}$, das erste Quartil mit $6,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $17,5^{\circ}\text{C}$ zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur:
Brutpaar 2a (BP2a) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

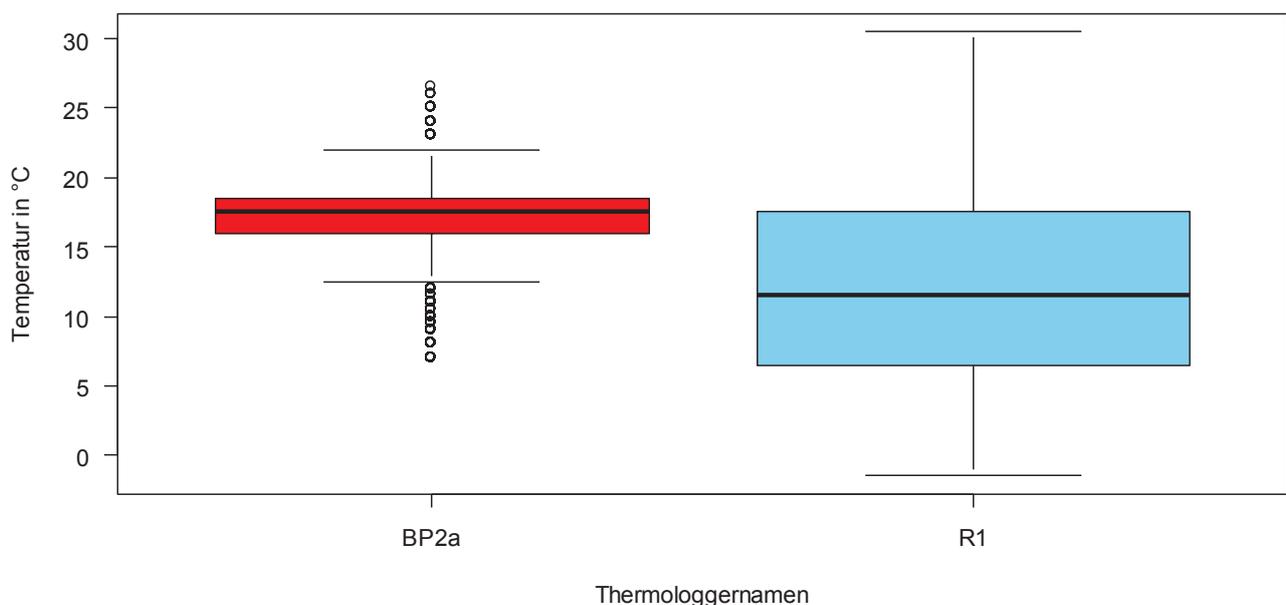


Abb. 21: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Gelegetemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 2a (BP2a, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 16.138$ (2×8069)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 29 Tagen. Der Median der Gelegetemperatur von BP2a lag bei $17,5^{\circ}\text{C}$, das Maximum bei $22,5^{\circ}\text{C}$ und das Minimum bei $12,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 16°C und das dritte Quartil lag bei $18,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen vierzehn Ausreißer zwischen $6-12^{\circ}\text{C}$ und $23,5-27,5^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Geleges von BP2a unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei $11,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $30,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $6,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $17,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP2a. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12,3°C. Die abrupte Prädation oder Entnahme des Geleges führte zu einem Auskühlen des Neststandortes (Abb. 22: Schwarzer Pfeil), der nun auch erkennbaren Schwankungen, ähnlich der Umgebungstemperatur, unterlag.

Temperaturdifferenzen von BP2a

Zu Beginn der Brut wies die Nesttemperatur von BP2a gehäuft große Nesttemperaturdifferenzen zwischen -1°C, +1°C, -2°C, +2°C, -3°C und +3°C auf, die etwa bis zum 23.04.2022 anhielten (Abb. 20). Danach lagen die Nesttemperaturdifferenzen bei -1°C, +1°C und waren häufiger konstant bei -0,5°C, +0,5°C und 0°C. Vereinzelt Nesttemperaturdifferenzausreißer tauchten im allgemeinen Brutverlauf ca. ab dem 04.05.2022 auf und fielen dann zwischen dem 05.05. und 06.05.2022, im Zeitraum der Gelegeprädation oder -entnahme, deutlich gehäuft zwischen -4°C bis +4°C aus. Die Nesttemperaturdifferenzen ähnelten fortan in ihrem Verlauf dem der Umgebungstemperaturdifferenzen und zeigen deutlich, dass nun keine Bebrütung mehr stattfand (Abb. 23: Schwarzer Pfeil).

Temperaturverläufe eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 2a (BP2a) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

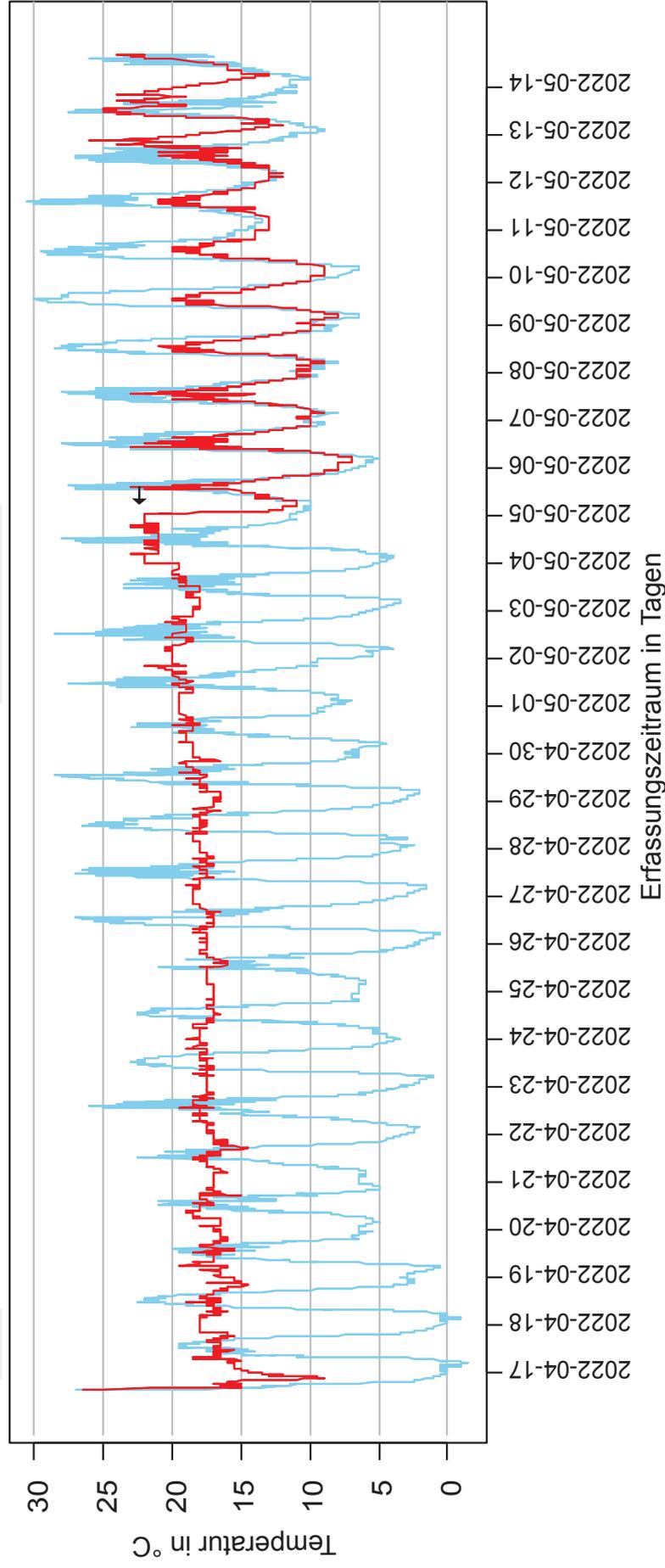
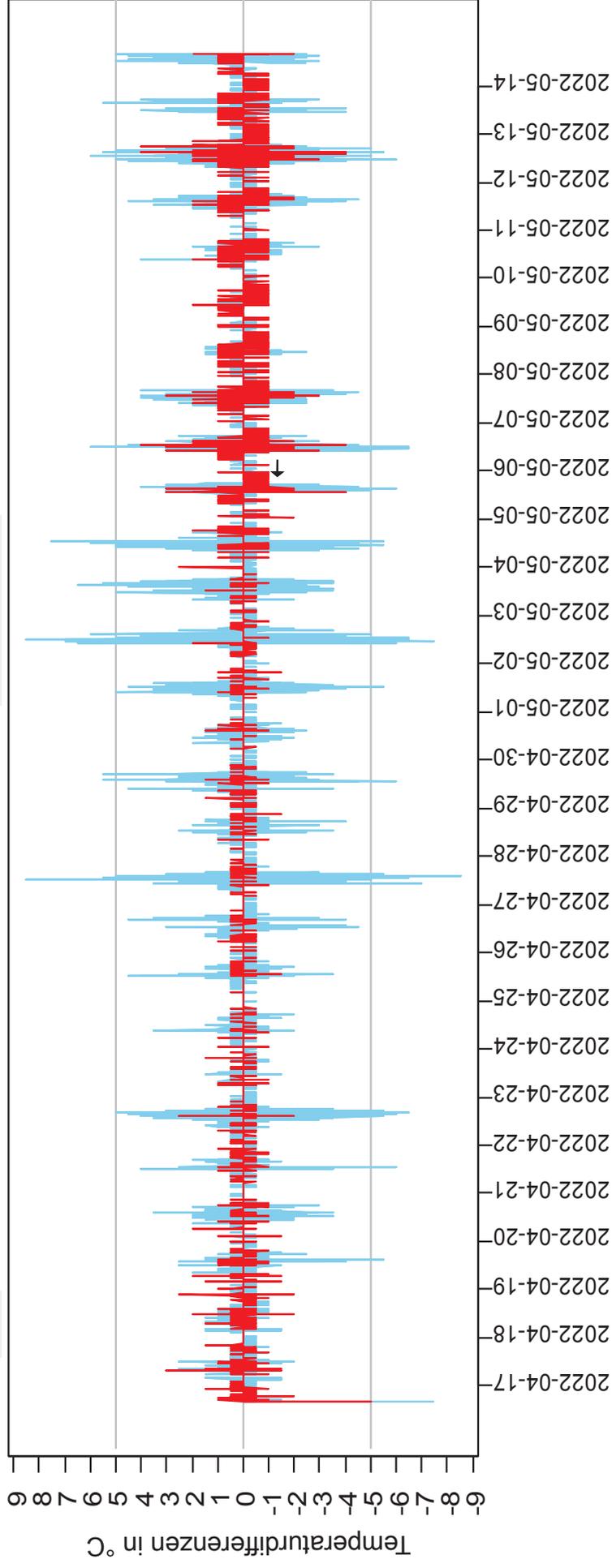


Abb. 22: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2a (BP2a, rote Linie —) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie —) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022. Das Gelege von BP2a wurde am 12.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP2a am 16.04.2022 um 16:07 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befand sich ein Vollgelege von vier Eiern im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 14.05.2022 um 16:27 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 29 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 16.138$ (2×8069)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 16,8°C, die niedrigste bei 7°C und die höchste bei 26,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12,3°C, die niedrigste bei -1,5°C und die höchste bei 30,5°C. Das Gelege von BP2a wurde vor dem Schlupf zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 gegen Mitternacht prädiert und/oder entwendet (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest deutlich sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 erkennbar annäherte. Allgemein lässt sich erkennen, dass das Nest generell geringeren Temperaturschwankungen unterworfen gewesen zu sein schien, da die allgemeinen Tagestemperaturen weniger schwankten als bei R1. BP2a wurde am 26.04.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befliegen (siehe Abb. 14). Das Nachgelege von BP2a ist BP2b.

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 2a (BP2a) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 23: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2a (BP2a, rote Linie **—**) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie **—**) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 16.04.-14.05.2022. Das Gelege von BP2a wurde am 12.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP2a am 16.04.2022 um 16:07 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befand sich ein Vollgelege von vier Eiern im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 14.05.2022 um 16:27 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 29 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 16.137 (2 \times 8069)$), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Das Gelege von BP2a wurde vor dem Schlupf zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 gegen Mitternacht prädiert und/oder entwendet (schwarzer Pfeil **➔**), woraufhin die Temperaturdifferenzen im Nest deutlich anstiegen und sich denen von R1 erkennbar annähernten. Allgemein ist erkennbar, dass das Nest vor der Prädation/Entnahme geringeren Temperaturdifferenzen unterworfen gewesen zu sein schien als die allgemeinen Umgebungstemperaturdifferenzen von R1. BP2a wurde am 26.04.2022 mit Wärmebildkameradrohnen befliegen (siehe Abb. 14). Das Nachgelege von BP2a ist BP2b.

Temperaturverläufe von BP2b

Die Nesttemperaturen von BP2b wurden insgesamt vom 18.05.-19.06.2022 zu 33 Tagen erfasst wobei BP2b am 18.05.2022 drei Eier aufwies. Das Gelege von BP2b ist das Nachgelege von BP2a. BP2b wurde am 12.06.2022 prädiert (Abb. 25: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9248$ Temperaturwerte je Thermologger von BP2b und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP2b eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal $15,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $27,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal 8°C bis maximal $29,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 24). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP2b um den Median von $22,5^{\circ}\text{C}$, das erste Quartil mit $20,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $23,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $21,7^{\circ}\text{C}$. Das Nest war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. Der einzigen auffällige Temperatureausreißer ist eine Auskühlung des Nestes in der Nacht zwischen dem 20.05. und 21.05.2022 von ca. 23°C zu 14°C . In Abb. 25 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom 19.05. bis zum ca. 06.06. 2022 zwischen $20-25^{\circ}\text{C}$ und fortlaufend ab dem ca. 05.06.2022 um 25°C lag. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 17°C , das erste Quartil mit 14°C und das

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 2b (BP2b) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

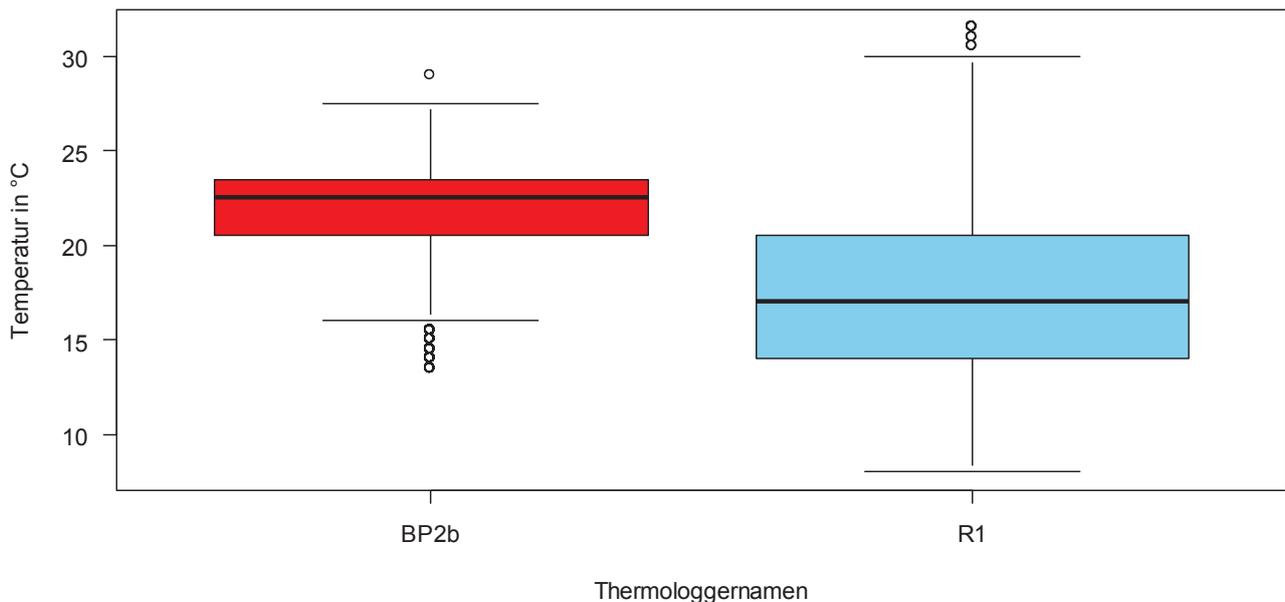


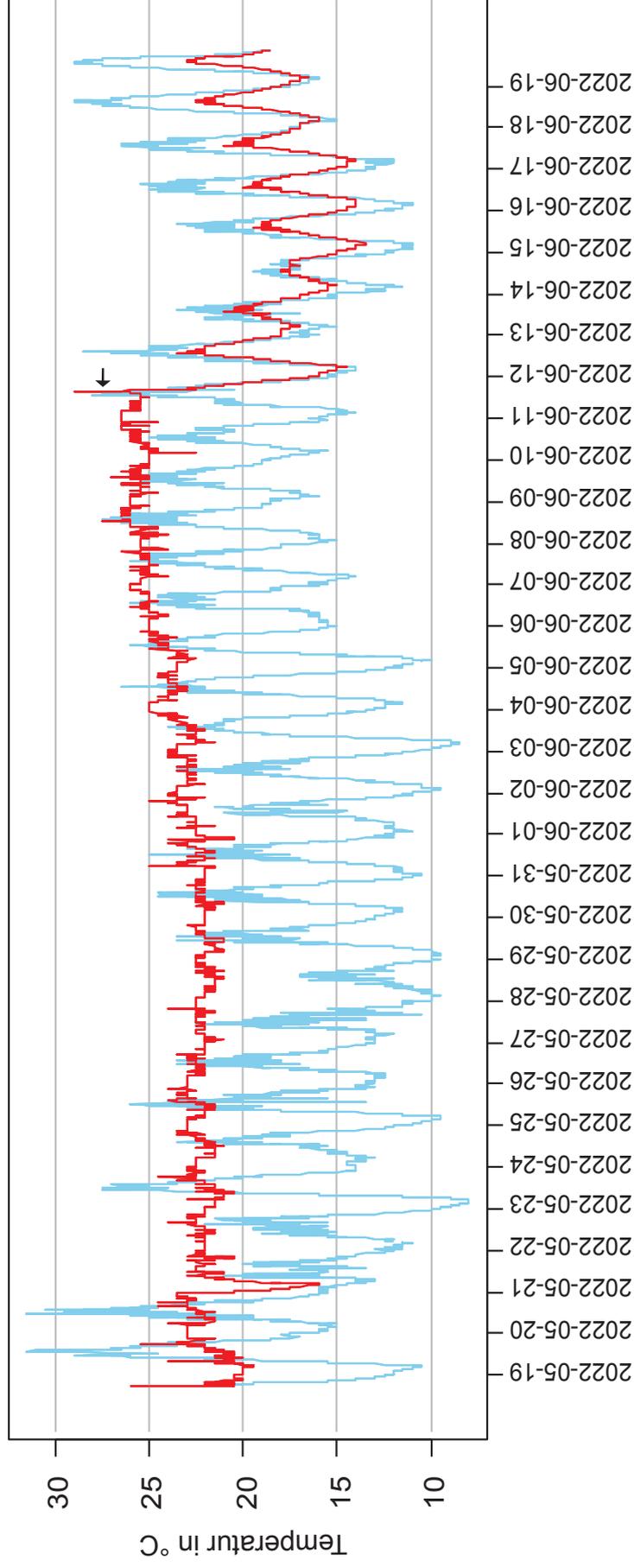
Abb. 24: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 2b (BP2b, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 18.496$ (2×9248)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP2b lag bei $22,5^{\circ}\text{C}$, das Maximum bei $27,5^{\circ}\text{C}$ und das Minimum bei $15,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $20,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $23,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen vierzehn Ausreißer zwischen $6-12^{\circ}\text{C}$ und $23,5-27,5^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturen des Nestes von BP2b unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 17°C , das Minimum bei 8°C und das Maximum bei $29,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 14°C und das dritte Quartil lag bei $20,5^{\circ}\text{C}$. Es gab drei Ausreißer bei R1, die zwischen $30,5-31,5^{\circ}\text{C}$. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

dritte Quartil mit 20,5°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP2b. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 17,3°C. In Abb. 25 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20°C vorlagen. Die Prädation des Geleges von BP2b am 12.06.2022 führten zu einem Auskühlen des Neststandortes (Abb. 25: Schwarzer Pfeil), der nun auch erkennbaren Temperaturschwankungen, ähnlich der Umgebungstemperatur, unterlag.

Temperaturdifferenzen von BP2b

Zu Beginn der Brut wies die Nesttemperatur von BP2b gehäuft große Nesttemperaturdifferenzen zwischen -1°C, +1°C, -2°C, +2°C, -3°C und +3°C auf, die etwa bis zum 24.05.2022 anhielten (Abb. 26). Danach lagen die Nesttemperaturdifferenzen bei -1°C bis +1°C und waren häufiger konstant bei -0,5°C, +0,5°C und 0°C. Vereinzelt Nesttemperaturdifferenz ausreißer tauchten im allgemeinen Brutverlauf immer wieder auf, waren jedoch eher Einzelereignisse eines Tages, als ein gehäuftes Tagesereignis (bspw. eine Nesttemperaturdifferenz zwischen dem 30.05. und 31.05.2022 um erst -3°C und dann +3°C). Ab dem 12.06.2022, am Tag der Prädation des Geleges, schwankten die Nesttemperaturdifferenzen zwischen -0,5°C, 0°C und +0,5°C, wobei die Ausprägung der Schwankungen „blockartig“ vorlagen und nicht mehr den Nesttemperaturdifferenzwerten während einer Bebrütung entsprachen (Abb. 26: Schwarzer Pfeil). Interessant ist, dass der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen sich weiterhin von denen der Umgebungstemperaturdifferenzen abhob und nicht direkt einen ähnlichen Verlauf annahm, obwohl keine Bebrütung an diesem Neststandort mehr stattfand.

Temperaturverläufe eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 2b (BP2b) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

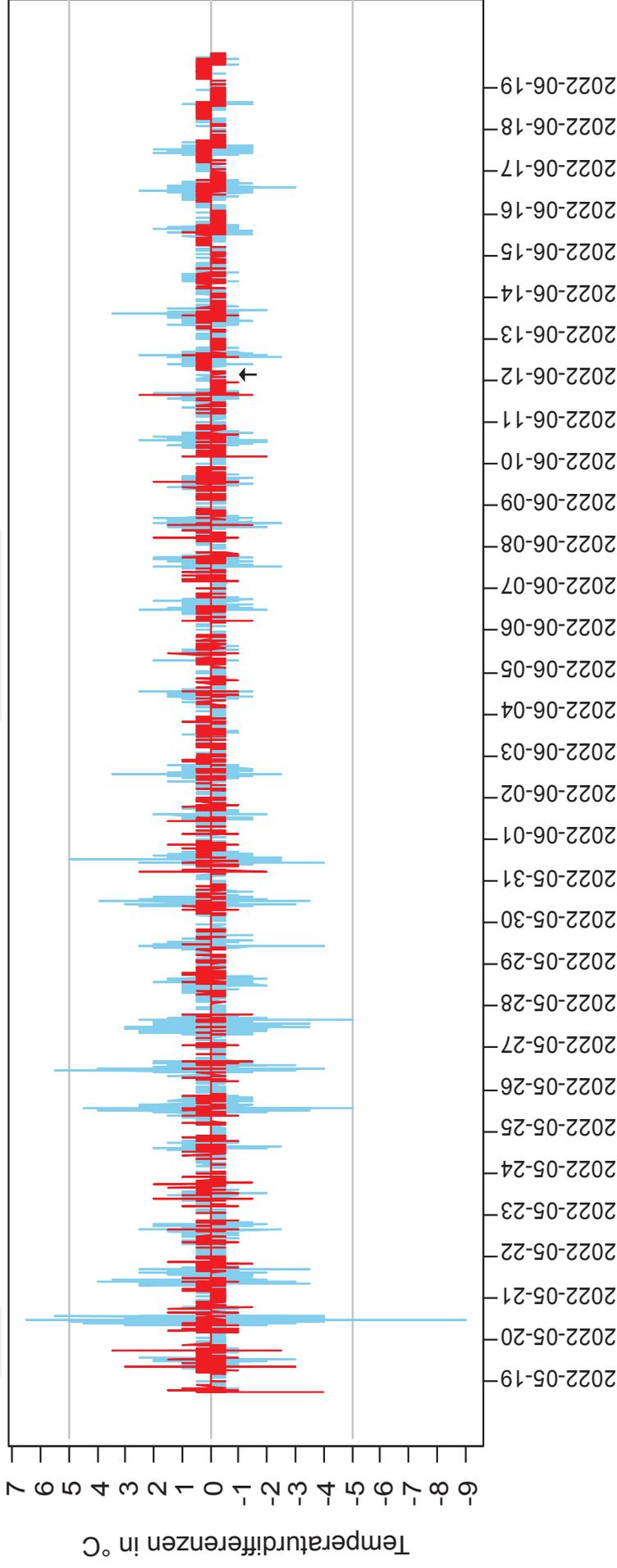


Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 25: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2b (BP2b, rote Linie —) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie —) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022. Das Gelege von BP2b wurde am 15.05.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP2b am 18.05.2022 um 17:55 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 19.06.2022 um 20:38 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 18.496$ (2×9248)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 21,7°C, die niedrigste bei 13,5°C und die höchste bei 29°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 17,3°C, die niedrigste bei 1,5°C und die höchste bei 31,5°C. BP2b war das Nachgelege von BP2a. BP2b wurde am 12.06.2022 prädiert (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest deutlich sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 erkennbar annäherte. Allgemein lässt sich erkennen, dass das Nest generell geringeren Temperaturschwankungen unterworfen gewesen zu sein schien, da die allgemeinen Tagestemperaturen weniger schwanken als bei dem R1. BP2b wurde am 23.05.2022 mit Wärmebildkameraschneebildern befliegen (siehe Abb. 16).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 2b (BP2b) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 26: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2b (BP2b, rote Linie $\color{red}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie $\color{blue}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 18.05.-19.06.2022. Das Gelege von BP2b wurde am 15.05.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP2b am 18.05.2022 um 17:55 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 19.06.2022 um 20:38 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 33 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 18.495$ (2×9248)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Das Gelege von BP2b wurde vor dem Schlupf am 12.06.2022 prädiert (schwarzer Pfeil \blackrightarrow), woraufhin die Temperaturdifferenzen im Nest konstanter und sich häufig wiederholende Temperaturwerte aufwiesen als während der Bebrütungsphase. Die Temperaturdifferenzen zwischen BP3 und R1 unterschieden sich während der Bebrütungsphase in ihrer Temperaturspanne voneinander, bei der R1 deutlich größere Temperaturdifferenzen aufwies als BP2b. BP2b wurde am 26.04.2022 mit Wärmebildkameradrohren befliegen (siehe Abb. 15). BP2b ist das Nachgelege von BP2a.

Temperaturverläufe von BP3

Die Nesttemperaturen von BP3 wurden insgesamt vom 16.04.-18.05.2022 zu 33 Tagen erfasst, wobei BP3 am 16.05.2022 zwei Eier aufwies. Das Gelege von BP3 schlüpfte am 16.05.2022 (Abb. 28: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9225$ Temperaturwerte je Thermologger von BP3 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP3 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal 7°C bis maximal 24°C auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $-1,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal 31°C aufwies (Abb. 27). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP3 um den Median von 14°C , das erste Quartil mit 12°C und das dritte Quartil mit 17°C . Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $14,1^{\circ}\text{C}$. Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 28 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom 17.04. bis zum 04.05.2022 zwischen $10-15^{\circ}\text{C}$ und zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 zwischen $15-20^{\circ}\text{C}$ lag. Die einzigen auffälligen Temperaturschwankungen sind eine Auskühlung des Nestes in der Nacht zwischen dem 17.04. und 18.04.2022 von ca. 10°C zu $7,5^{\circ}\text{C}$ und eine Erwärmung des Nestes zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 von ca. 14°C auf $17,5^{\circ}\text{C}$. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 12°C , das erste Quartil mit 7°C und das dritte Quartil mit $18,5^{\circ}\text{C}$ zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP3. Die

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 3 (BP3) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

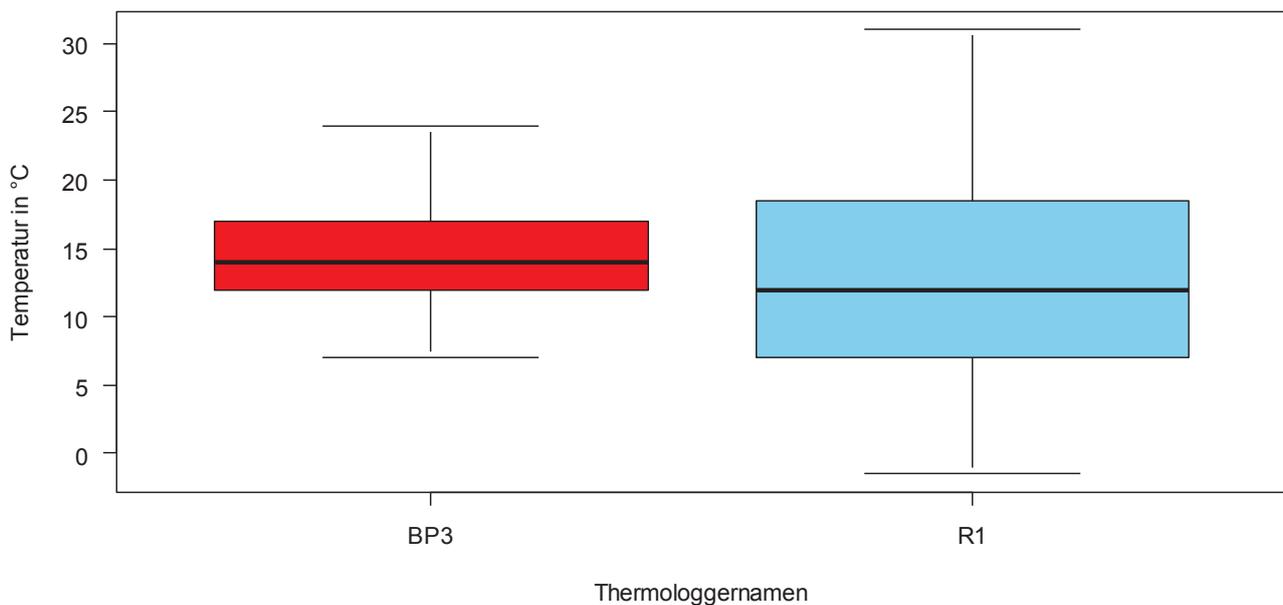


Abb. 27: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 3 (BP3, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 18.450$ (2×9225)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP3 lag bei 14°C , das Minimum bei 7°C und das Maximum bei 24°C . Das erste Quartil lag bei 12°C und das dritte Quartil lag bei 17°C . Es lagen keine Ausreißer vor. Die Temperaturschwankungen des Nestes von BP3 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 12°C , das Minimum bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei 31°C . Das erste Quartil lag bei 7°C und das dritte Quartil lag bei $18,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12,9°C. In Abb. 28 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20°C vorlagen. Das Gelege von BP3 schlüpfte am 16.05.2022, woraufhin die Nesttemperaturen deutlicheren Temperaturschwankungen, ähnlich denen der Umgebungstemperatur, unterlagen (Abb. 28: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP3

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP3 lag nahezu ausschließlich während des ganzen Brutverlaufs zwischen -0,5°C, 0°C und +0,5°C, wobei ein Nesttemperaturdifferenzausreißer am 06.05.2022 zwischen -1°C lag (Abb. 29). Es gab einige „blockartige“ Anhäufungen von Nesttemperaturdifferenzen, bei denen es häufige Wechsel von -0,5°C und +0,5°C gab (bspw. zwischen dem 12.05. und 13.05.2022). Nach dem Schlupf des Geleges waren die Nesttemperaturdifferenzen ähnlich wie während der Brut und stiegen erst am 18.05.2022 erheblich um ca. +6°C an (Abb. 29: Schwarzer Pfeil).

Temperaturverläufe eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 3 (BP3) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

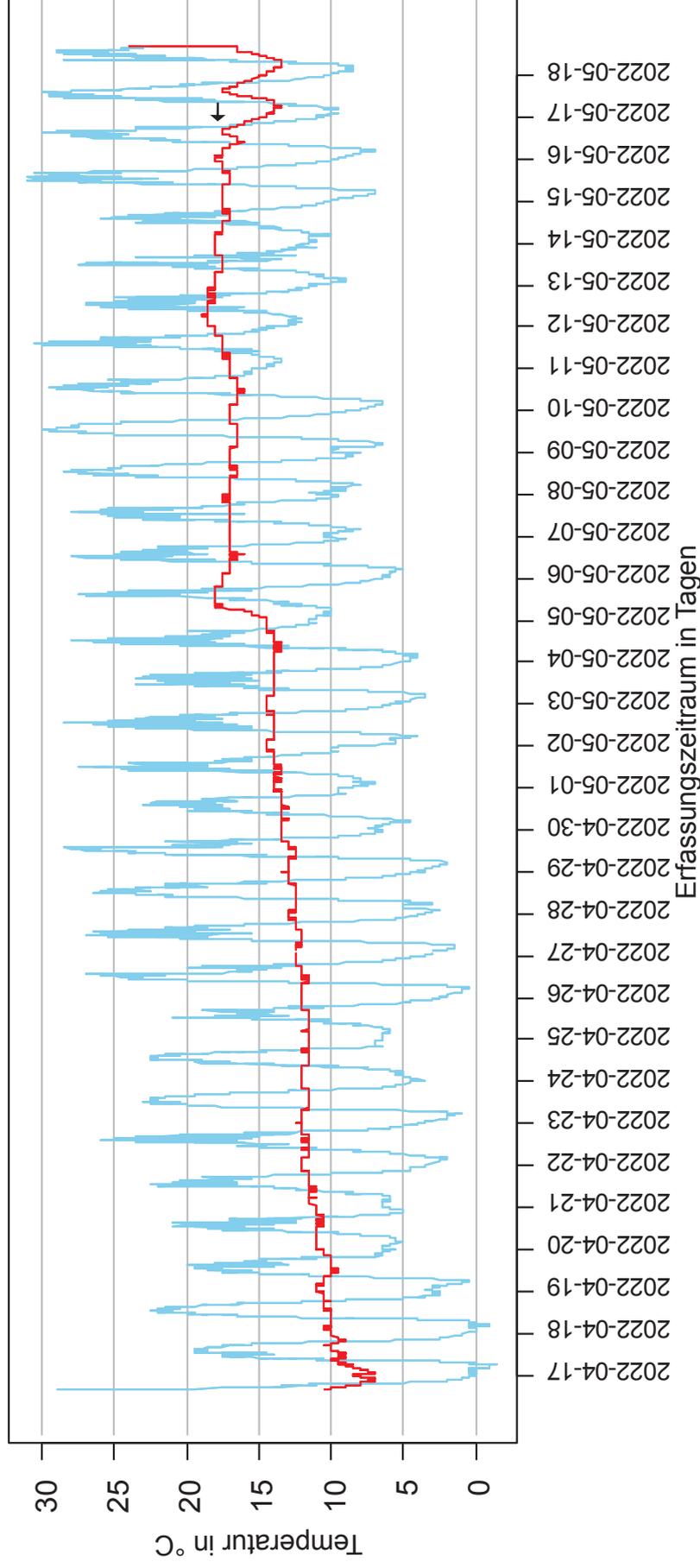


Abb. 28: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022. Das Gelege von BP3 wurde am 15.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP3 am 16.04.2022 um 15:17 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich zwei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 18.05.2022 um 16:45 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf (n = 18.450 (2 x 9225)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 14,1°C, die niedrigste bei 7°C und die höchste bei 24°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12,9°C, die niedrigste bei -1,5°C und die höchste bei 31°C. Das Gelege von BP3 schlüpfte am 16.05.2022 (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 leicht annäherte. BP3 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befolgt (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numerius arquata*) und der Umgebungstemperatur:
 Brutpaar 3 (BP3) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

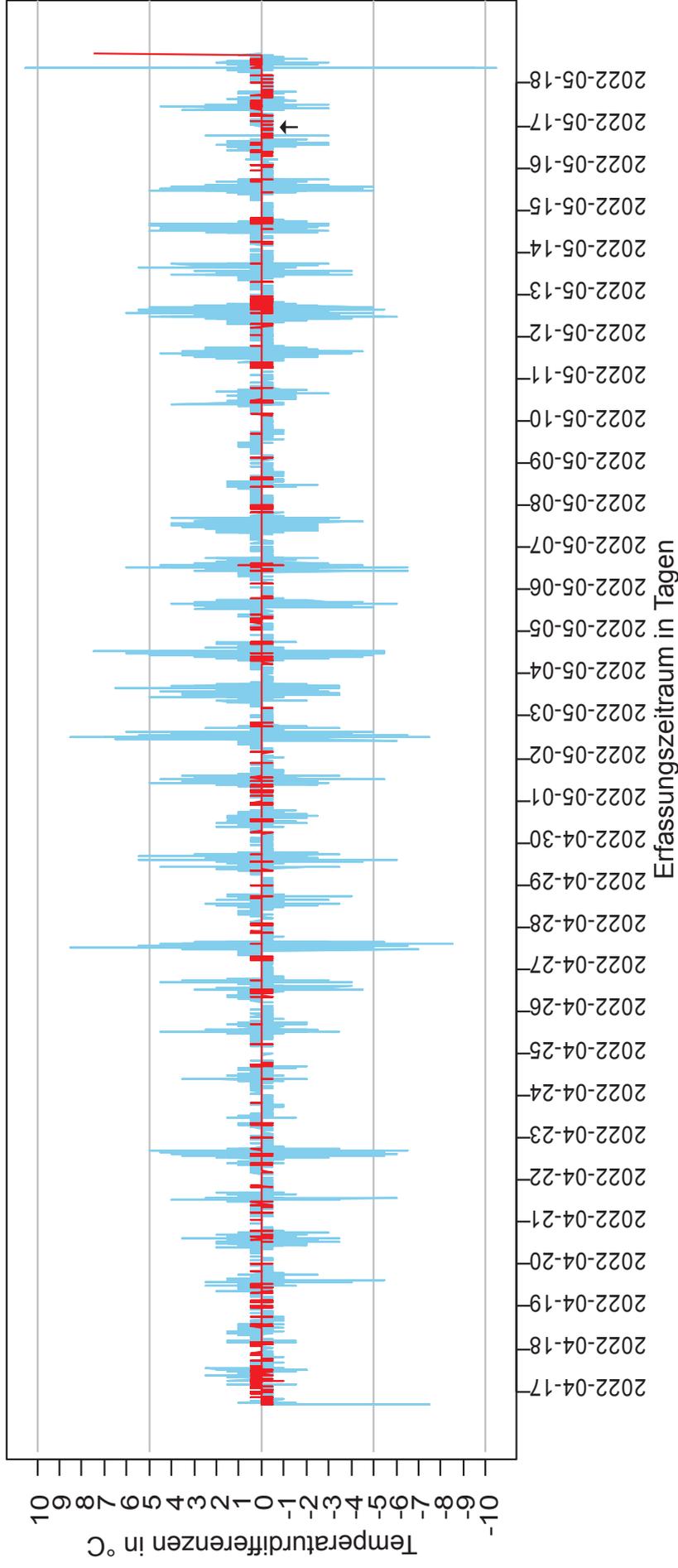


Abb. 29: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numerius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie $\color{red}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie $\color{blue}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 16.04.-18.05.2022. Das Gelege von BP3 wurde am 15.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP3 am 16.04.2022 um 15:17 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich zwei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 18.05.2022 um 16:45 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 33 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in $^{\circ}\text{C}$ innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 18.449$ (2×9225)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_2 - T_1$). Das Gelege von BP3 schlüpfte am 16.05.2022 (schwarzer Pfeil \blacktriangleright), wobei die Temperaturdifferenzen im Nest nicht erheblich schwankten sondern denen während der Bebrütungsphase ähnelten. Die Temperaturdifferenzen zwischen BP3 und R1 unterschieden sich deutlich in ihrer Temperaturspanne voneinander, bei der R1 deutlich größere Temperaturdifferenzen aufwies als BP3. BP3 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befliegen (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturverläufe von BP4

Die Nesttemperaturen von BP4 wurden insgesamt vom 20.04.-20.05.2022 zu 31 Tagen erfasst, wobei BP4 am 20.04.2022 drei Eier aufwies. Das Gelege von BP4 schlüpfte am 18.05.2022 (Abb. 31: Schwarzer Pfeil rechte Seite). Es ergaben sich $n = 8726$ Temperaturwerte je Thermologger von BP4 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP4 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal $7,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal 25°C auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $0,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 30). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP4 um den Median von 19°C , das erste Quartil mit $17,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $21,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $19,2^{\circ}\text{C}$. Das Nest war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 31 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 22.04. bis zum 04.05.2022 zwischen $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ und zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 zwischen $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ lag. Die einzigen auffälligen Temperatúrausreißer sind zwei Auskühlungen des Nestes in der Nacht zwischen dem 20.04. und 21.04.2022 von ca. $16,5^{\circ}\text{C}$ zu 7°C und zwischen dem 21.04. und 22.04.2022 von ca. $16,5^{\circ}\text{C}$ zu 7°C . Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 13°C , das erste Quartil mit $8,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $19,5^{\circ}\text{C}$ zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP4. Die

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 4 (BP4) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

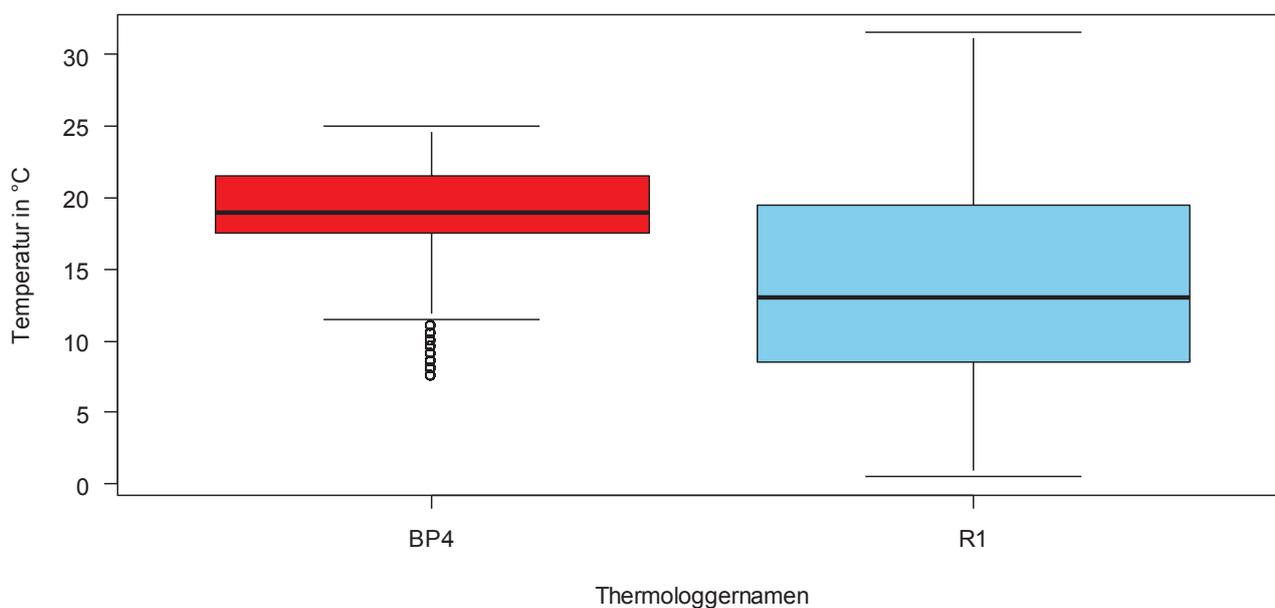


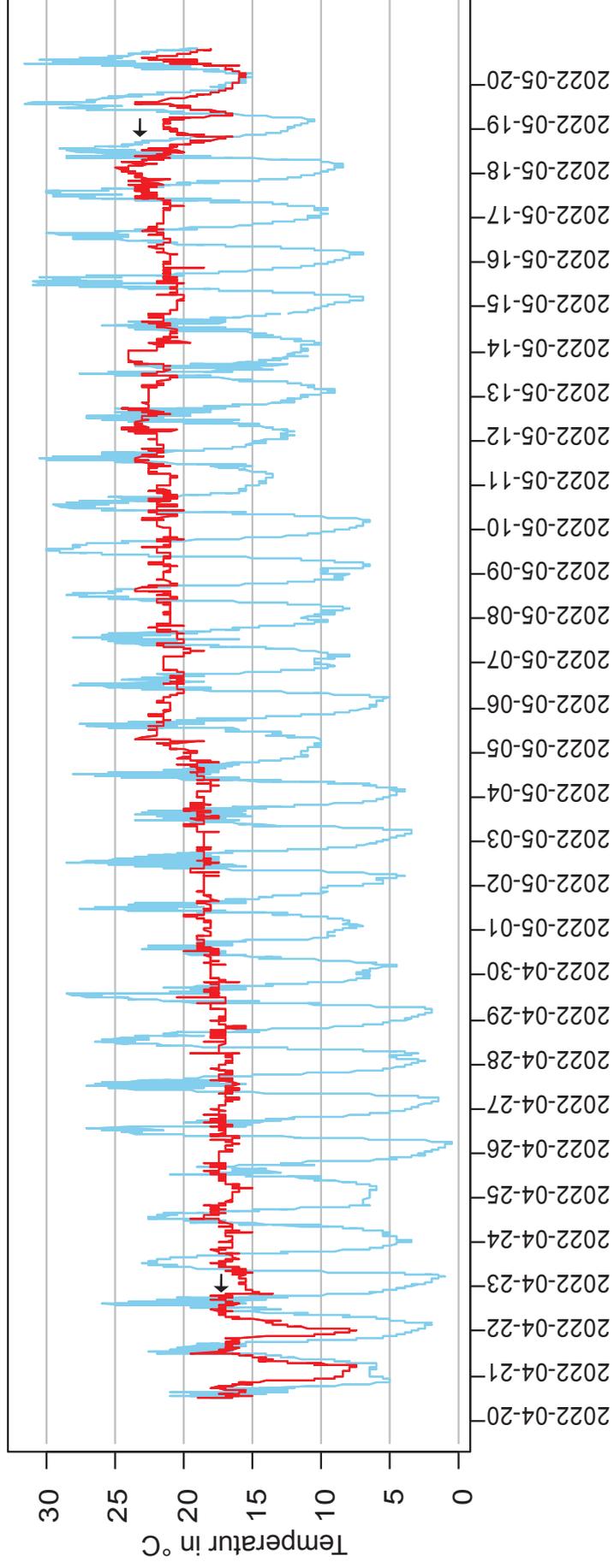
Abb. 30: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 4 (BP4, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 17.452$ (2×8726)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 31 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP4 lag bei 19°C , das Minimum bei $11,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei 25°C . Das erste Quartil lag bei $17,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $21,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen acht Ausreißer zwischen $7,5\text{-}11^{\circ}\text{C}$. Die Temperaturschwankungen des Nestes von BP4 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 13°C , das Minimum bei $0,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $8,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $19,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 13,9°C. In Abb. 31 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP4 schlüpfte am 18.05.2022, woraufhin sich das Nest um etwa 5°C abkühlte (Abb. 31: Schwarzer Pfeil). In der Nacht vom 18.05. zum 19.05.2022 kam es zu einer deutlichen, relativ konstanten Erwärmung des Nestes, die am Morgen des 19.05.2022 wieder um ca. 5°C auskühlte. Der Temperaturverlauf des Nestes verlief fortan ähnlich dem der Umgebungstemperatur. Es könnte sein, dass die kükenführende Brachvogelfamilie von BP4 den Gelegestandort zum Übernachten am 19.05.2022 aufgesucht hat.

Temperaturdifferenzen von BP4

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP4 war häufig zwischen -1°C bis +1°C und wies an vereinzelt Tagen einen Nesttemperaturdifferenzenausreißer auf (bspw. zwischen dem 29.04. und 30.04.2022) (Abb. 32). Einen Tag vor dem Schlupf am 18.05.2022 häuften sich die Nesttemperaturdifferenzen um -0,5°C und +0,5°C (Abb. 32: Schwarzer Pfeil). Auch nach dem Schlupf waren die Nesttemperaturdifferenzen zwischen -0,5°C und +0,5°C und verliefen nur geringfügig ähnlich wie die Umgebungstemperaturdifferenzen.

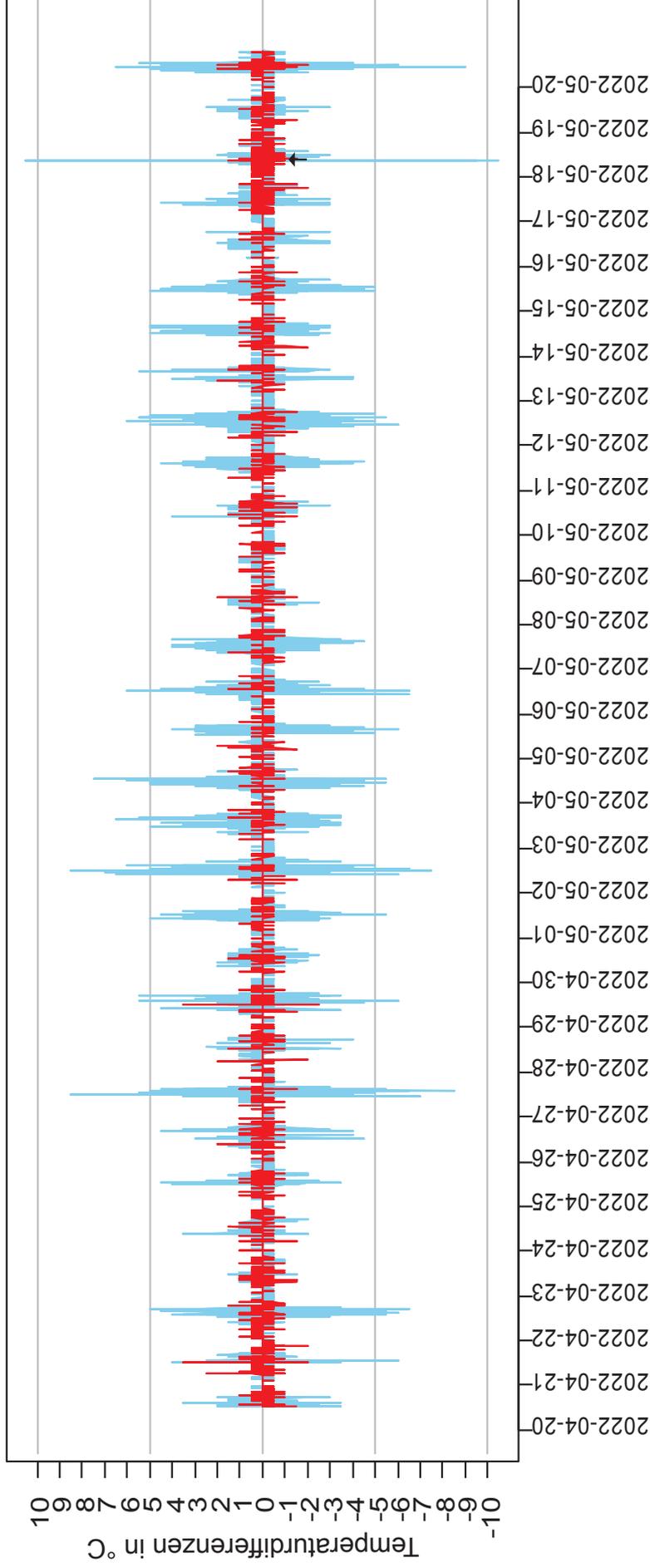
Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 4 (BP4) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 31: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022. Das Gelege von BP4 wurde am 18.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit drei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP4 am 20.04.2022 um 12:26 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 20.05.2022 um 19:38 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 31 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 17.452$ (2×8726)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 19,2°C, die niedrigste bei 7,5°C und die höchste bei 31°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 13,9°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP4 wurde bis zum 23.04.2022 unregelmäßig bebrütet (schwarzer Pfeil linke Seite \leftarrow), da die Nesttemperatur ähnliche Temperaturschwankungen ausgesetzt war, die der Umgebungstemperatur entsprachen. Die Küken von BP4 schlüpfen um den 18.05.2022 (schwarzer Pfeil rechte Seite \rightarrow), wobei das Nest um ca. 5°C abkühlte und sich wieder erwärmte. Zwischen dem 18.05. und 19.05.2022 ist eine deutliche, konstante Erwärmung des Nestes zu erkennen. Erst am 19.05.2022 wies das Nest ähnliche Temperaturschwankungen auf wie die Umgebungstemperatur von R1. BP4 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befliegen (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:
 Brutpaar 4 (BP4) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 32: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie —) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie —) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 20.04.-20.05.2022. Das Gelege von BP4 wurde am 18.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit drei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP4 am 20.04.2022 um 12:26 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 20.05.2022 um 19:38 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 31 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 17.451$ (2×8726)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Die Küken von BP4 schlüpfen um den 18.05.2022 (schwarzer Pfeil rechte Seite \rightarrow), woraufhin die Temperaturdifferenzen im Nest deutlich konstanter waren als während der Bebrütungsphase und den Temperaturdifferenzen von R1 ähnelten. Während der Bebrütungsphase näherten sich die Temperaturdifferenzen von BP4 und R1 während des Nachmittags eines Tages an, wohingegen sie Nachts deutlich unterschiedlich schwankten. BP4 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameras befliegen (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturverläufe von BP5

Die Nesttemperaturen von BP5 wurden insgesamt vom 20.04.-26.05.2022 zu 33 Tagen erfasst, wobei BP5 am 20.04.2022 drei Eier aufwies. Das Gelege von BP5 schlüpfte am 20.05.2022 (Abb. 34: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9994$ Temperaturwerte je Thermologger von BP5 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP5 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal $7,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal 30°C auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $0,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 33). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP5 um den Median von 21°C , das erste Quartil mit 19°C und das dritte Quartil mit 23°C . Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $20,8^{\circ}\text{C}$. Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 34 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 20.04. bis zum 03.05.2022 zwischen $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ und zwischen dem 05.05. und 29.05.2022 zwischen $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ lag. Der einzige auffällige Temperatúrausreißer ist eine Auskühlung des Nestes in der Nacht zwischen dem 21.04. und 22.04.2022 von ca. 17°C zu 7°C . Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 14°C , das erste Quartil mit 9°C und das dritte Quartil mit 19°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP5. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei $14,1^{\circ}\text{C}$. In Abb. 34 sind diese Temperaturschwank-

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 5 (BP5) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

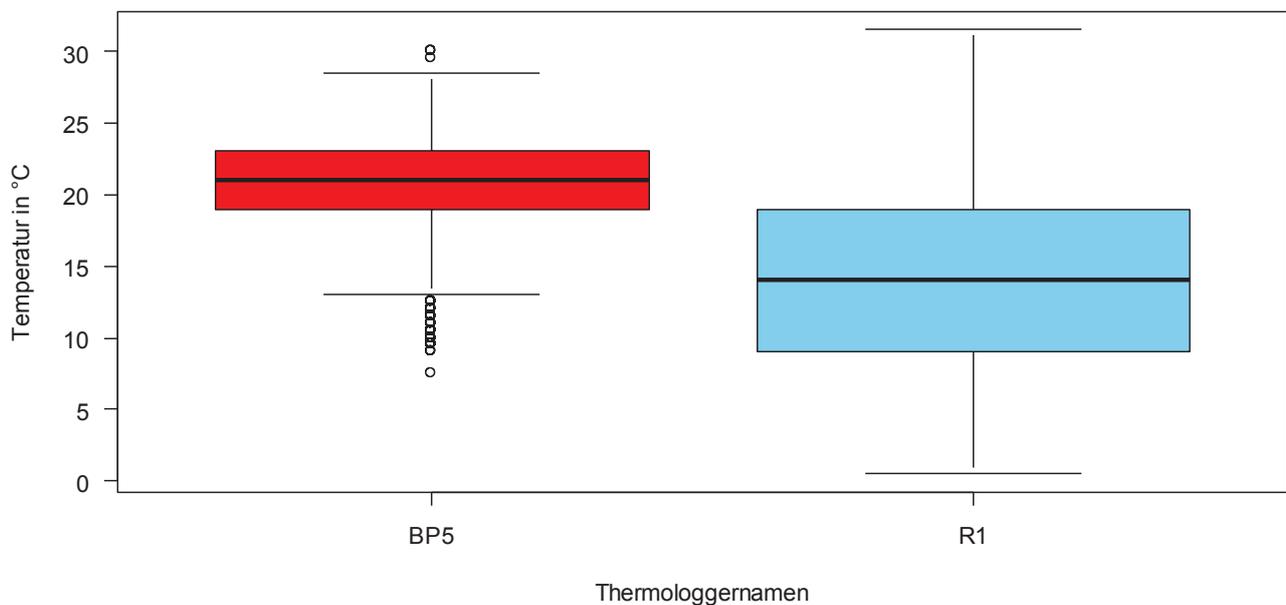


Abb. 33: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 5 (BP5, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 19.988$ (2×9994)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP5 lag bei 21°C , das Maximum bei $28,5^{\circ}\text{C}$ und das Minimum bei $13,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 19°C und das dritte Quartil lag bei 23°C . Es lagen elf Ausreißer zwischen $7,5\text{-}13,5^{\circ}\text{C}$ und $29\text{-}30^{\circ}\text{C}$. Die Temperaturschwankungen des Nestes von BP5 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 14°C , das Minimum bei $0,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 9°C und das dritte Quartil lag bei 19°C . Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP5 schlüpfte am 20.05.2022, kühlte jedoch zum Abend entsprechend dem Umgebungstemperaturverlauf ab. Ein ähnliches Temperaturverlaufsschema wiederholte sich in der Nacht zwischen dem 21.05. und 22.05.2022. Erst in der Nacht vom 22.05. zum 23.05.2022 ähnelte der Nesttemperaturverlauf dem der Umgebungstemperatur deutlich (Abb. 34: Schwarzer Pfeil). Es könnte sein, dass die kückenführende Brachvogelfamilie BP5 den Gelegestandort für zwei Nächte nach dem Schlupf zum Übernachten aufgesucht hat.

Temperaturdifferenzen von BP5

Vom 20.04. bis zum ca. 27.04.2022 verliefen die Nesttemperaturdifferenzen zwischen -1°C, +1°C, -0,5°C, +0,5°C und selten bei 0°C (Abb. 35). Danach verliefen die Nesttemperaturdifferenzen häufiger bei -0,5°C und +0,5°C und waren auch stellenweise bei 0°C. Immer wieder tauchten an einem Tag ein bis zwei Nesttemperaturdifferenzausreißer auf (bspw. zwischen dem 30.04. und 01.05.2022 Nachts von -1°C bis +2°C oder zwischen dem 12.05. und 13.05.2022 Nachts von -3°C bis +3°C). Zwischen dem 19.05. und 20.05.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen um -0,5°C bis +1°C, die vermutlich mit dem Schlupf am 20.05.2022 in Zusammenhang standen (Abb. 23: Schwarzer Pfeil). Nach dem Schlupf gab es gehäuft unterschiedliche Nesttemperaturdifferenzen, die eine sehr ähnlichen Verlauf wie die Umgebungstemperaturdifferenzen besaßen.

Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 5 (BP5) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

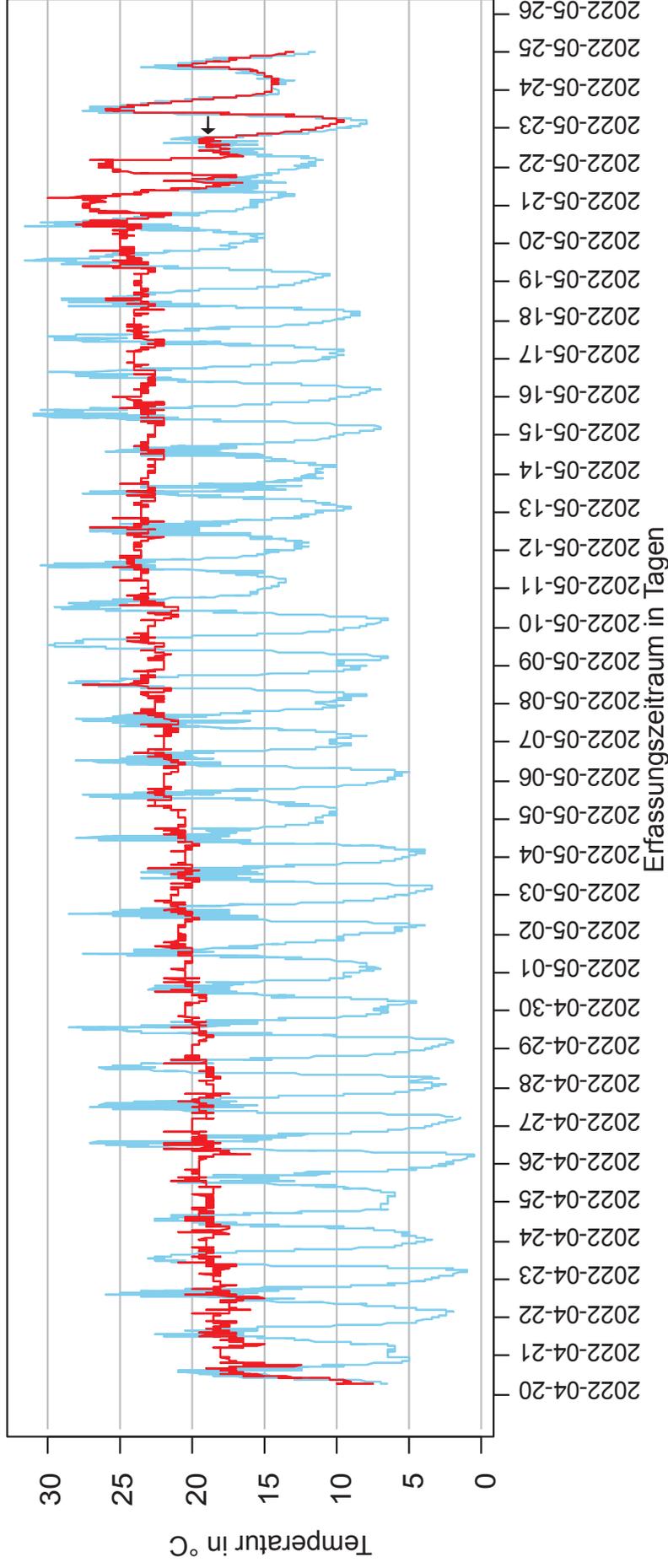
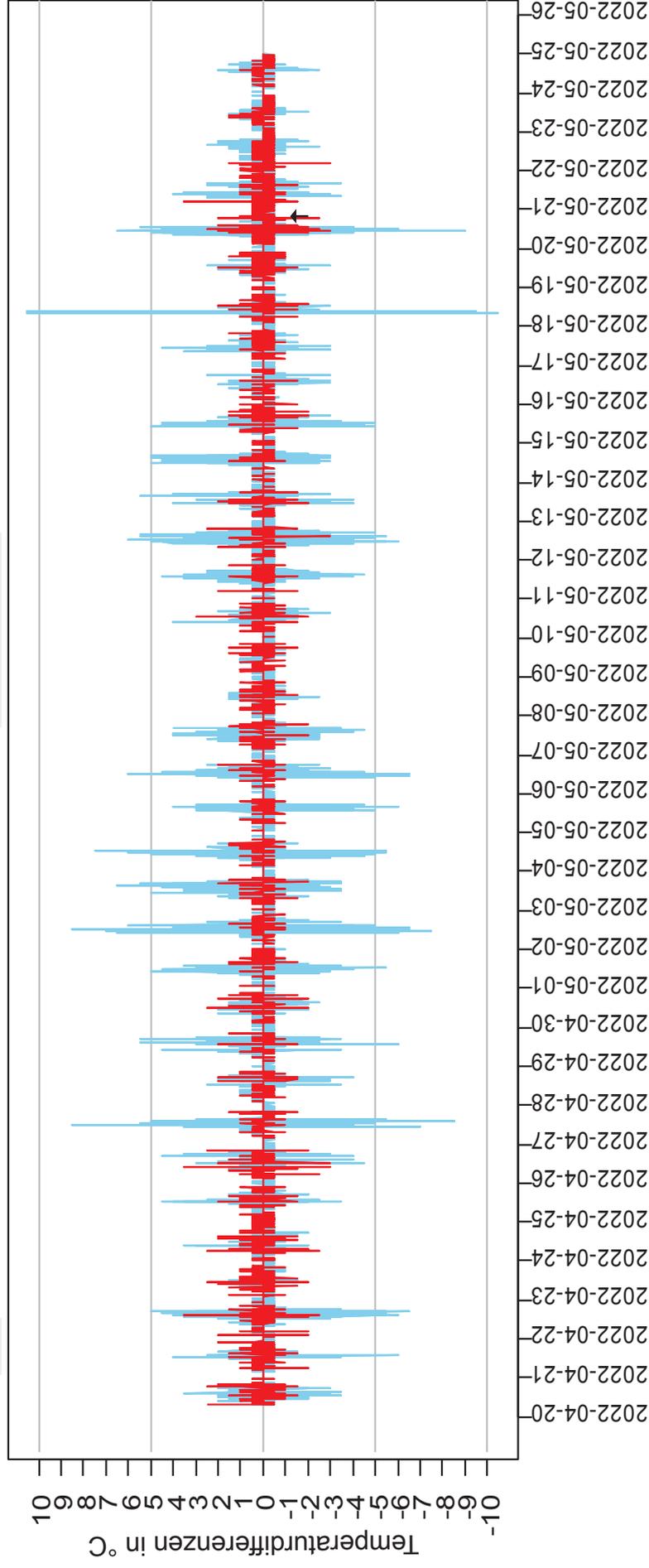


Abb. 34: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie —) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie —) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 20.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP5 wurde am 19.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit drei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP5 am 20.04.2022 um 07:11 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 26.05.2022 um 17:18 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 19.988$ (2×9994)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20,8°C, die niedrigste bei 7,5°C und die höchste bei 30°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 14,1°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP5 schlüpfte am 20.05.2022 (schwarzer Pfeil →), wobei das Nest sehr wahrscheinlich zur Nachtruhe vom 20.05. zum 21.05.2022 und vom 21.05. zum 22.05.2022 aufgesucht worden ist, da ein deutlicher Temperaturanstieg im Vergleich mit der Umgebungstemperatur zu erkennen ist. Erst vom 22.05. zum 23.05.2022 ähnelt der Nesttemperaturverlauf deutlich dem der Umgebungstemperatur. BP5 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befliegen (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:
 Brutpaar 5 (BP5) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 20.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 35: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie \color{red}) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie \color{blue}) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 20.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP5 wurde am 19.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit drei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP5 am 20.04.2022 um 07:11 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 26.05.2022 um 17:18 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 33 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 19.987$ (2×9994)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_2 - T_1$). Das Gelege von BP5 schlüpfte am 20.05.2022 (schwarzer Pfeil \blackrightarrow), woraufhin sich die Temperaturdifferenzen im Nest dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherten. BP5 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameras beobachtet (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturverläufe von BP6

Die Nesttemperaturen von BP6 wurden insgesamt vom 23.04.-26.05.2022 zu 30 Tagen erfasst, wobei BP6 am 23.04.2022 drei Eier aufwies. Das Gelege von BP6 schlüpfte am 23.05.2022 (Abb. 37: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9101$ Temperaturwerte je Thermologger von BP6 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP6 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal 12°C bis maximal $29,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $0,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 36). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP6 um den Median von $21,5^{\circ}\text{C}$, das erste Quartil mit 19°C und das dritte Quartil mit $23,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 21°C . Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 37 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 24.04. bis zum 04.05.2022 zwischen $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ und zwischen dem 05.05. und 21.05.2022 zwischen $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ lag. Es gibt sechs auffällige Temperatúrausreißer beim Brutverlauf von BP6: Zwischen dem 23.04. und 24.04.2022 kam es zu einem Temperaturanstieg von ca. $+7^{\circ}\text{C}$, der nach wenigen Stunden wieder um ca. -7°C fiel. Zwischen dem 30.04. und 01.05.2022 kam es zu einer abrupten Temperaturabkühlung im Nest von ca. $-4,5^{\circ}\text{C}$ mit einer ebenso abrupten Temperaturerwärmung um ca. $+4,5^{\circ}\text{C}$. Zwischen dem 03.05. und 04.05.2022 fiel die Nesttemperatur abrupt um ca. -5°C und stieg ebenso abrupt um

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 6 (BP6) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

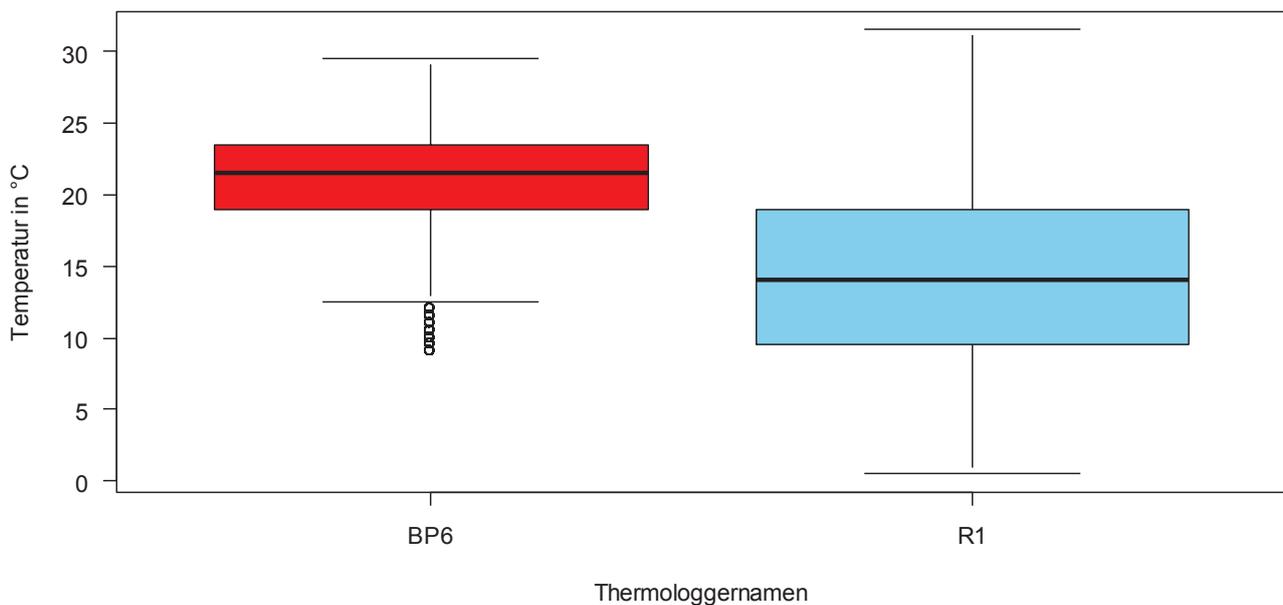


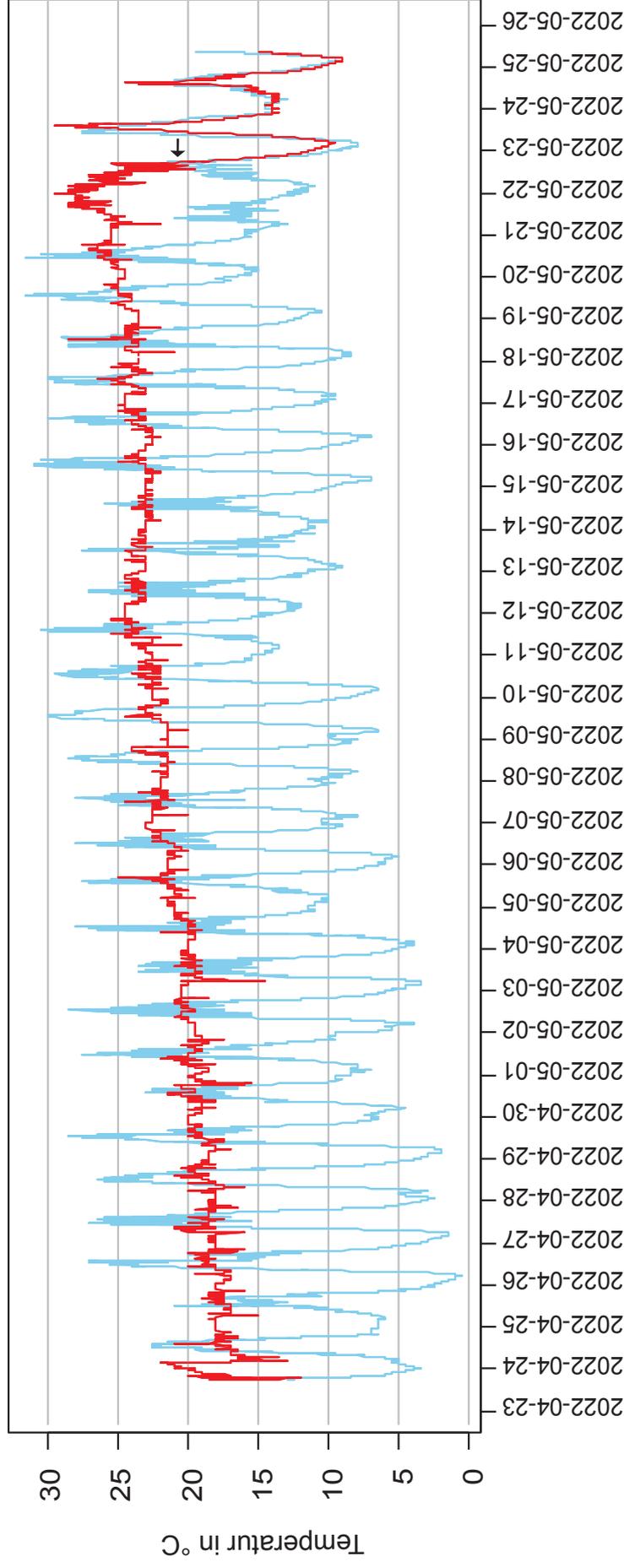
Abb. 36: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 6 (BP6, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 18.202$ (2×9101)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 30 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP6 lag bei $21,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei 12°C und das Maximum bei $29,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 19°C und das dritte Quartil lag bei $23,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen sieben Ausreißer zwischen $9\text{-}11,5^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Nestes von BP6 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 14°C , das Minimum bei $0,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $9,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei 19°C . Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

ca. +5°C. Zwischen dem 18.05. und 19.05.2022 kam es zu einer abrupten Temperaturabkühlung um ca. -4°C mit einer ebenso abrupten Temperaturerhöhung um ca. +4°C. Im Tagesverlauf vom 18.05.2022 kam es zu einem abrupten Temperaturanstieg um ca. +5°C mit einer ebenso abrupten Temperaturabkühlung von ca. -5°C. Sehr häufige Temperaturschwankungen lagen zwischen dem 21.05. und 23.05.2022 vor, die zwischen ca. 5°C variierten und sich aus abrupten Abkühlungen und Erwärmungen zusammensetzten. Die Nesttemperatur schwankte in diesem Zeitraum zwischen 20-25°C und 15-20°C. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 14°C, das erste Quartil mit 9,5°C und das dritte Quartil mit 19°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP6. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 14,4°C. In Abb. 37 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP6 schlüpfte am 23.05.2022, woraufhin die Nesttemperatur ähnlichen Temperaturschwankungen unterlag wie die der Umgebungstemperatur (Abb. 37: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP6

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP6 weist bis zum ca. 29.04.2022 häufige Schwankungen von -2°C, +2°C, -1,5°C, +1,5°C, -1°C, +1°C, -0,5°C, +0,5°C auf, wobei auch 0°C vertreten sind (Abb. 38). Im weiteren Verlauf der Brut gab es fast jeden Tag einen Nesttemperaturdifferenzausreißer, die häufig Nachts oder früh Morgens geschahen (bspw. zwischen dem 30.04. und 01.05.2022 von -3°C bis +1°C oder zwischen dem 08.05. und 09.05.2022 von -3°C bis +2°C. Ca. ab dem 21.05.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen von Nesttemperaturdifferenzen zwischen -1,5°C bis +2°C, die dann mit dem Schlupf des Geleges am 23.05.2022 abebbten (Abb. 38: Schwarzer Pfeil). Nach dem Schlupf näherten sich die Nesttemperaturdifferenzen dem Verlauf der Umgebungstemperaturdifferenzen deutlich erkennbar an.

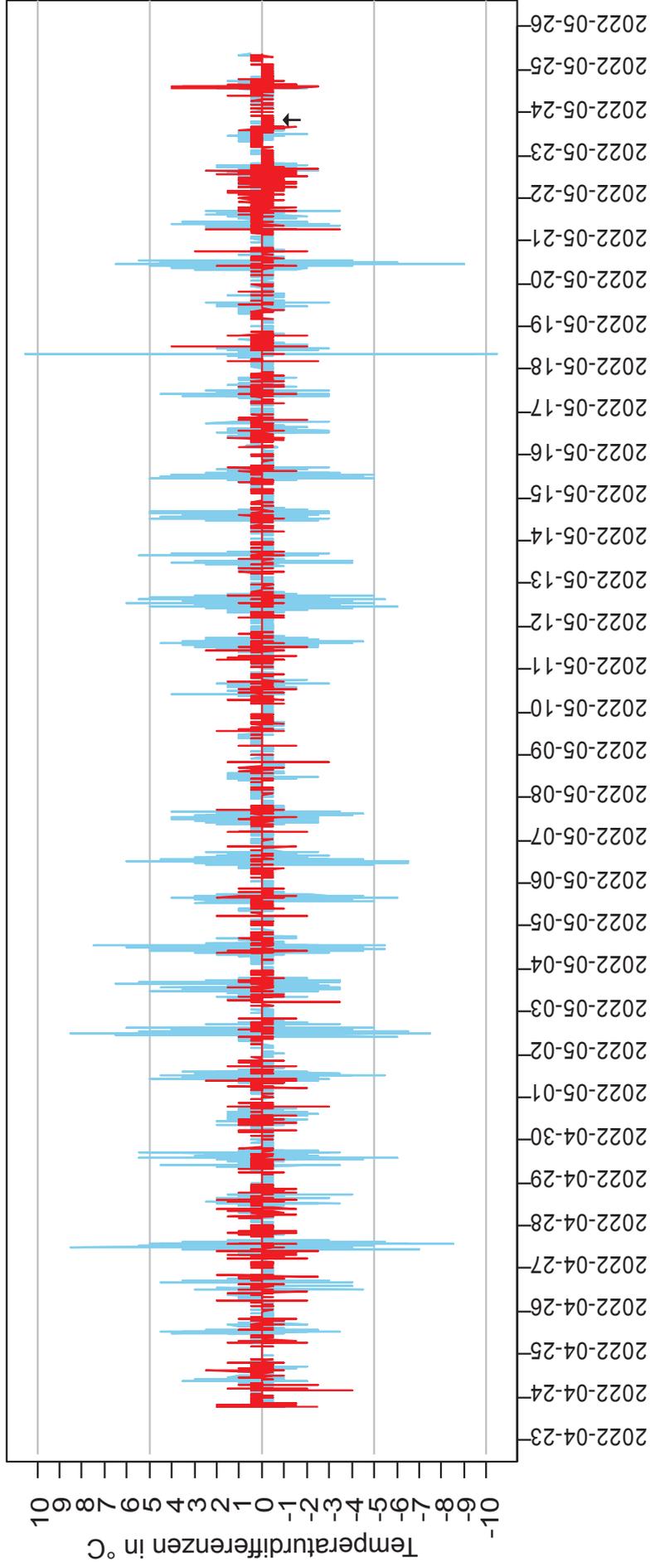
Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 6 (BP6) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 37: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP6 wurde am 20.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP6 am 23.04.2022 um 18:22 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 26.05.2022 um 16:20 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 30 Tagen. Die Thermologger zeichnen alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf (n = 18.202 (2 x 9101)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 21°C, die niedrigste bei 9°C und die höchste bei 29,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 14,4°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP6 schlüpfte am 23.05.2022 (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP6 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameras beobachtet (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:
 Brutpaar 6 (BP6) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 23.04.-26.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 38: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie \rightarrow) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie \leftarrow) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP6 wurde am 20.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP6 am 23.04.2022 um 18:22 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 26.05.2022 um 16:20 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 30 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 18.201 (2 \times 9101)$), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Das Gelege von BP6 schlüpfte am 23.05.2022 (schwarzer Pfeil \rightarrow), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP6 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameraschneebildern befolgt (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturverläufe von BP7

Die Nesttemperaturen von BP7 wurden insgesamt vom 23.04.-29.05.2022 zu 37 Tagen erfasst, wobei BP7 am 23.04.2022 drei Eier aufwies. Das Gelege von BP7 schlüpfte am 23.05.2022 (Abb. 40: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 10.495$ Temperaturwerte je Thermologger von BP7 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP7 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal $8,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $29,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $0,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 39). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP7 um den Median von $20,5^{\circ}\text{C}$, das erste Quartil mit $17,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $23,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20°C . Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 40 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 25.04. bis zum 05.05.2022 zwischen $15-20^{\circ}\text{C}$ und von dem 05.05. und 21.05.2022 zwischen $20-25^{\circ}\text{C}$ lag. Es gibt vier auffällige Temperaturschwankungen beim Brutverlauf von BP7: Zwischen dem 23.04. und 24.04.2022 kam es zu einem Temperaturanstieg von ca. $+11^{\circ}\text{C}$, der nach wenigen Stunden wieder um ca. -10°C fiel. Zwischen dem 26.04. und 27.04.2022 fiel die Temperatur im Nest um ca. -5°C , stieg dann jedoch abrupt wieder um $+5^{\circ}\text{C}$ an; ein sehr ähnlicher Temperaturverlauf geschah einen Tag später zwischen dem 27.04. und 28.04.2022, bei dem die Temperaturschwankung wieder um 5°C variierte. Zwischen

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 7 (BP7) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

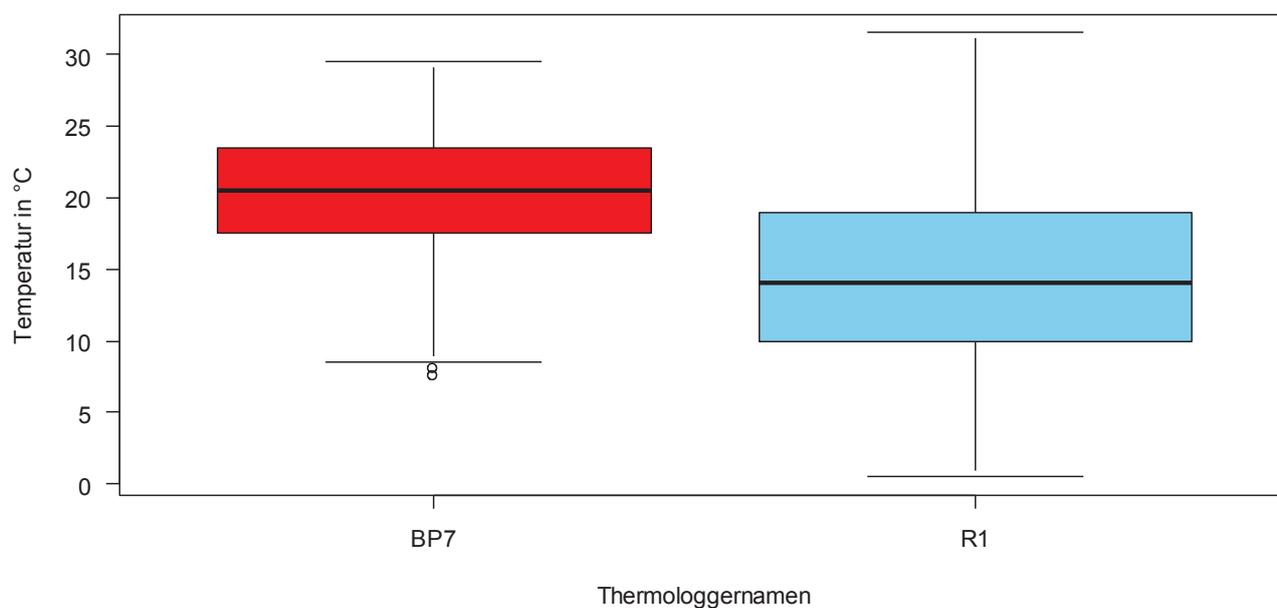


Abb. 39: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 7 (BP7, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 20.990$ (2×10.495)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 37 Tagen. Der Median der Gelegetemperatur von BP7 lag bei $20,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei $8,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $29,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $17,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $23,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen sieben Ausreißer zwischen $7,5-8^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Geleges von BP7 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 14°C , das Minimum bei $0,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 10°C und das dritte Quartil lag bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

dem 22.05. und 23.05.2022 sank und stieg die Nesttemperatur innerhalb eines Tages um ca. 10°C. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 14°C, das erste Quartil mit 10°C und das dritte Quartil mit 19°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP7. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 14,6°C. In Abb. 40 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP7 schlüpfte am 23.05.2022, woraufhin die Nesttemperatur ähnlichen Temperaturschwankungen unterlag wie die der Umgebungstemperatur (Abb. 40: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP7

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP7 wies vom 23.04. bis zum ca. 27.04.2022 Nesttemperaturdifferenzen von -1°C, +1°C, -0,5°C und +0,5°C auf, die sehr selten bei 0°C lagen (Abb. 41). Im folgenden Verlauf gab es fast jeden Tag einen größeren Nesttemperaturdifferenzausreißer, der zwischen -2°C und +2°C oder -1°C und +1°C lag. Ab ca. dem 22.05.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen von Temperaturdifferenzen zwischen -2°C und +2°C, die sehr wahrscheinlich mit dem Schlupf des Geleges am 23.05.2022 im Zusammenhang standen (Abb. 41: Schwarzer Pfeil). Nach dem Schlupf unterlag das Nest deutlicheren Temperaturschwankungen und wies Nesttemperaturdifferenzen auf, die dem Verlauf der Umgebungstemperaturdifferenzen stark ähnelten.

Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 7 (BP7) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

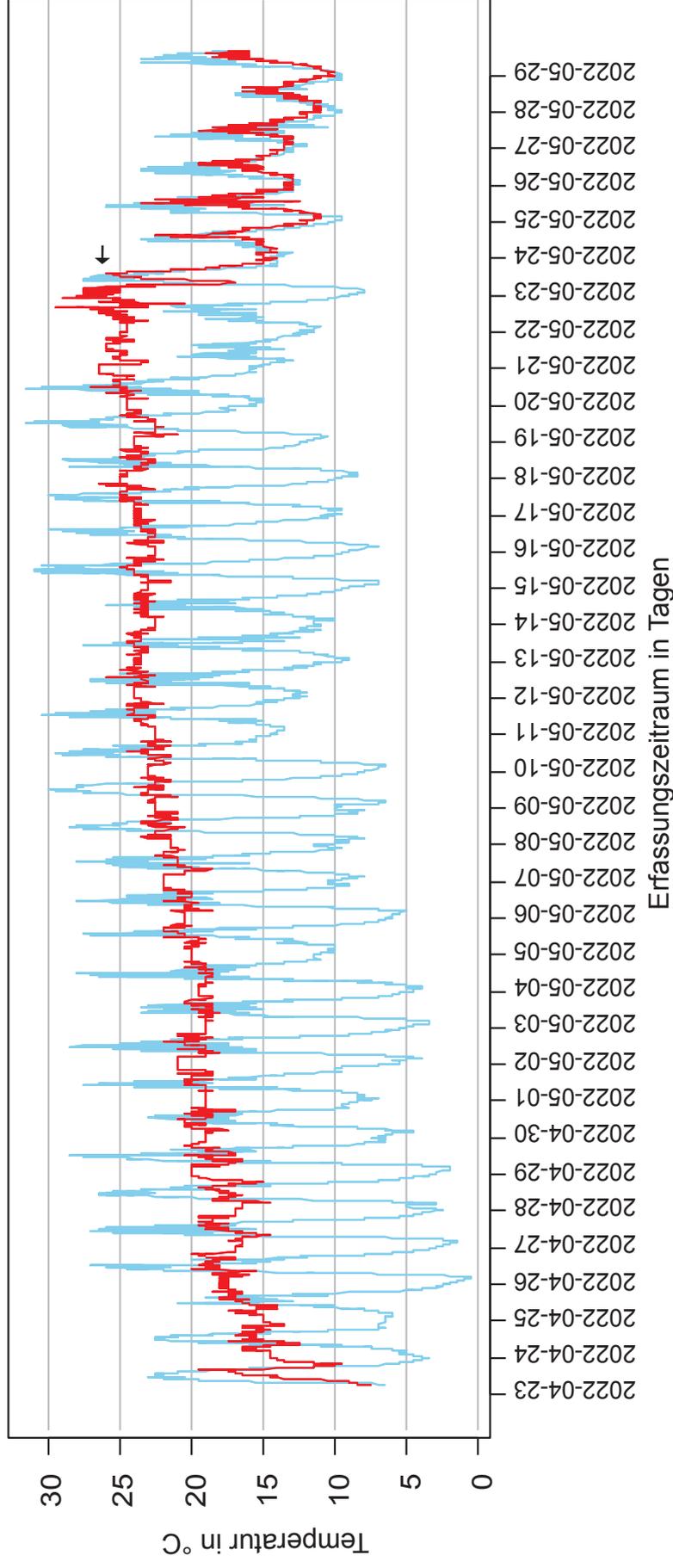
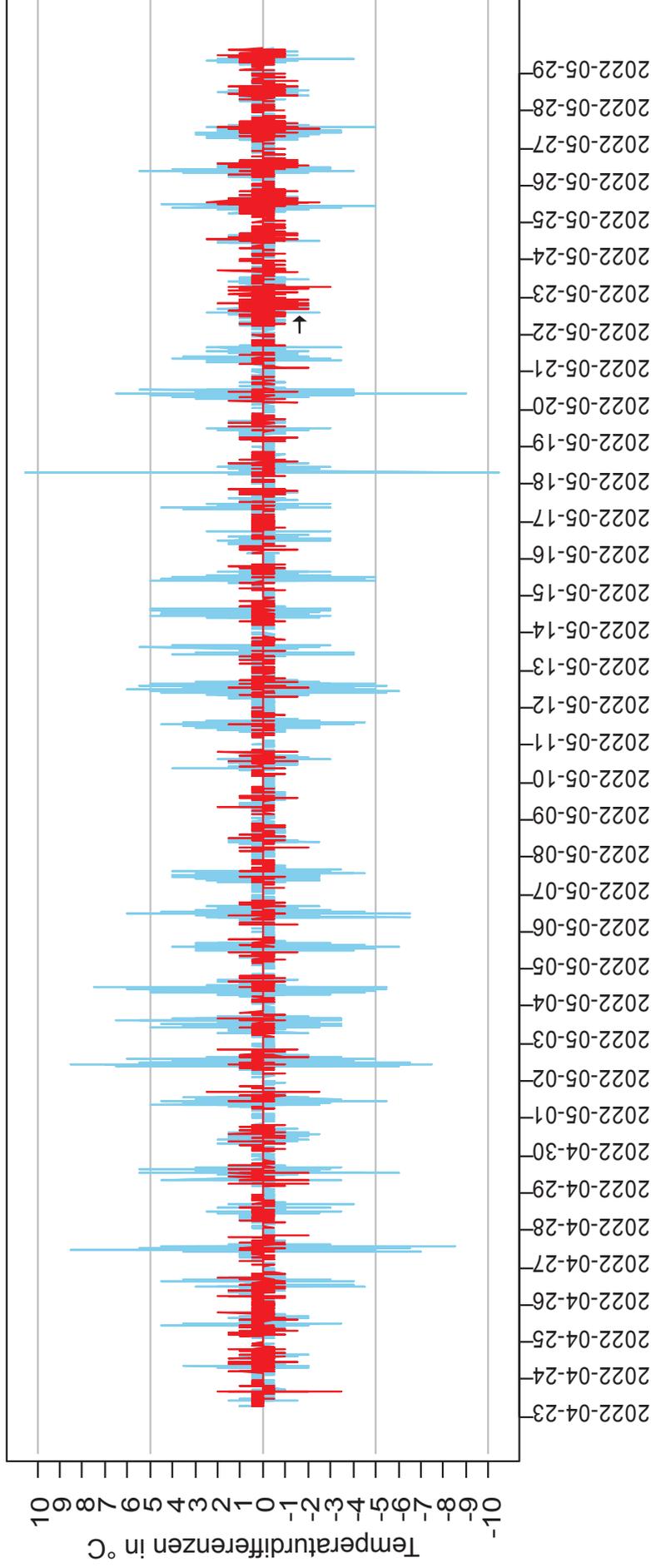


Abb. 40: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 7 (BP7, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP7 wurde am 23.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit drei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP7 am 23.04.2022 um 06:35 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 29.05.2022 um 18:25 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 37 Tagen. Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in °C, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden (n = 20.990 (2 x 10.495)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20°C, die niedrigste bei 7,5°C und die höchste bei 29,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 14,6°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP7 schlüpfte am 23.05.2022 (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP7 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameras drohnen befliegen (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 7 (BP7) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 41: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 7 (BP7, rote Linie \rightarrow) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie \leftarrow) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 23.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP7 wurde am 23.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit drei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP7 am 23.04.2022 um 06:35 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 29.05.2022 um 18:25 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 37 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in $^{\circ}\text{C}$ innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 20.981 (2 \times 10.495)$), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Das Gelege von BP7 schlüpfte am 23.05.2022 (schwarzer Pfeil \blackrightarrow), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP7 wurde am 26.04.2022 und 06.05.2022 mit Wärmebildkameras beobachtet (siehe Abb. 14 und 15).

Temperaturverläufe von BP8

Die Nesttemperaturen von BP8 wurden insgesamt vom 27.04.-29.05.2022 zu 33 Tagen erfasst, wobei BP8 am 27.04.2022 vier Eier aufwies. Das Gelege von BP8 schlüpfte am 25.05.2022 (Abb. 43: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9213$ Temperaturwerte je Thermologger von BP8 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP8 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal 14°C bis maximal $28,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal 2°C bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 42). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP8 um den Median von $21,5^{\circ}\text{C}$, das erste Quartil mit $19,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $23,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 21°C . Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 43 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 27.04. bis zum 30.04.2022 zwischen $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$, zwischen dem 01.05. und 05.05.2022 um 20°C schwankte und zwischen dem ca. 06.05. und 24.05.2022 zwischen $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ lag. Es gibt beim Brutverlauf von BP8 einige auffällige Temperaturschwankungen, die oft abrupte Temperaturerwärmungen von ca. $+3^{\circ}\text{C}$ sind und die mit vorherigen oder folgenden Temperaturabkühlungen von ca. $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$ verbunden sind, wie bspw. zwischen dem 28.04. und 29.04.2022 Nachts. Zwischen dem 24.05. und 25.05.2022 kühlte das Nest abrupt um ca. -5°C ab, erwärmte sich jedoch wieder um wieder ca. $+5^{\circ}\text{C}$ mit einer relativ konstanten

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur:
Brutpaar 8 (BP8) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

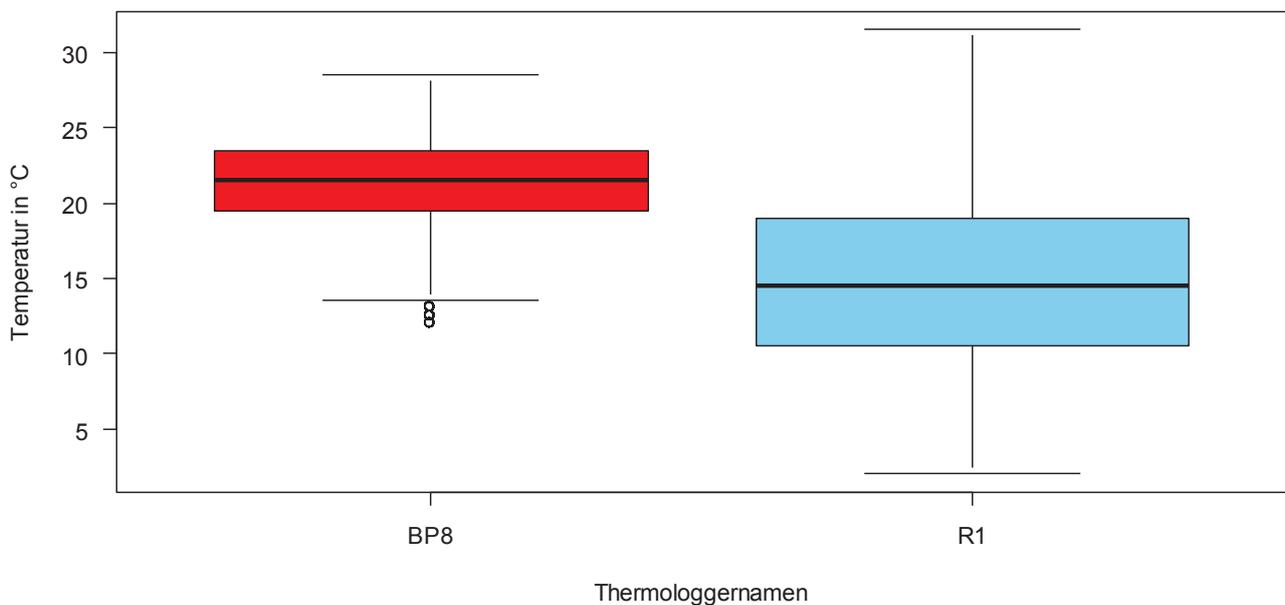


Abb. 42: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 8 (BP8, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 19.426$ (2×9213)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP8 lag bei $21,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei 14°C und das Maximum bei $28,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $19,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $23,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen drei Ausreißer zwischen $12\text{-}13,5^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Nestes von BP8 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei $14,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei 2°C und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $10,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $19,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

Temperatur von ca. 25°C. Vermutlich sind die Temperaturschwankungen mit dem Schlupf des Geleges verbunden. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 14,5°C, das erste Quartil mit 10,5°C und das dritte Quartil mit 19°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP8. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15°C. In Abb. 43 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP8 schlüpfte am 25.05.2022, woraufhin die Nesttemperatur ähnlichen Temperaturschwankungen unterlag wie die der Umgebungstemperatur (Abb. 43: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP8

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP8 wies vom 27.04. bis zum ca. 04.05.2022 erkennbare Schwankungen auf, die sich zwischen +4°C, -3°C, +3°C, -1,5°C, +1,5°C, -1°C, +1°C, 0,5°C, -0,5°C und stellenweise 0°C bewegten (Abb. 44). Fortlaufend gab es an manchen Tagen einzelne Nesttemperaturdifferenzausreißer, die häufig Nachts oder in den frühen Morgenstunden auftraten (bspw. zwischen dem 10.05. und 11.05.2022 von -2°C bis +3°C). Ab ca. dem 24.05.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen um -2°C bis +2°C, die vermutlich im Zusammenhang mit dem Schlupf am 25.05.2022 standen (Abb. 44: Schwarzer Pfeil). Nach dem Schlupf verliefen die Nesttemperaturdifferenzen ähnlich wie die Umgebungstemperaturdifferenzen.

Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 8 (BP8) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

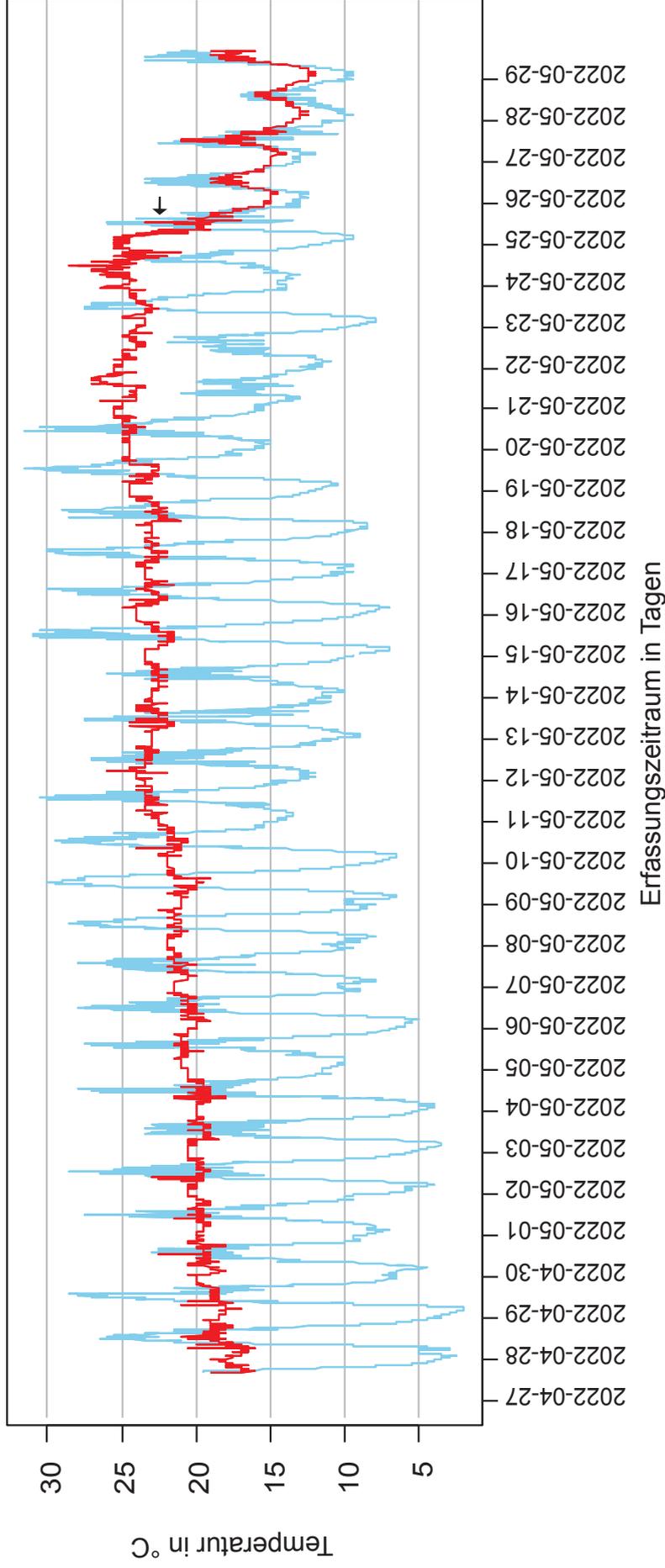
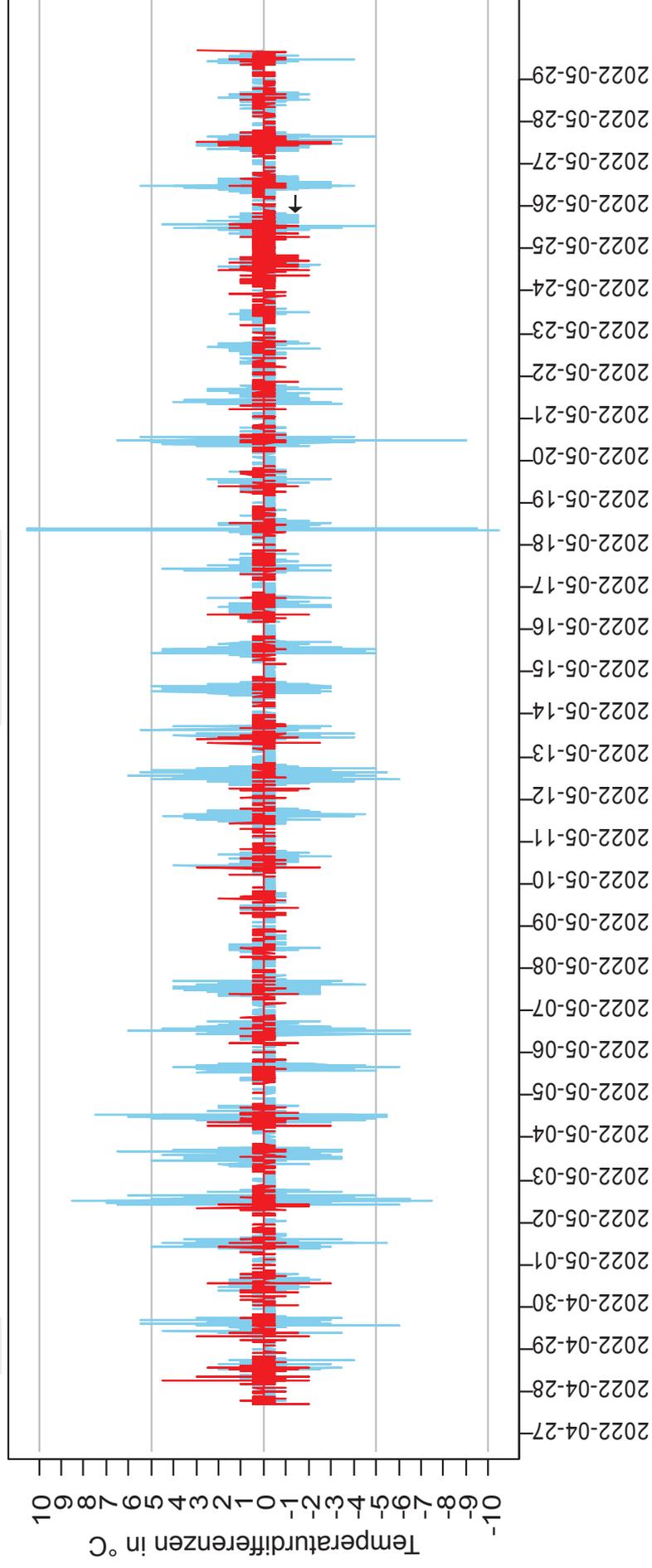


Abb. 43: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP8 wurde am 24.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit zwei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP8 am 27.04.2022 um 16:33 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich vier Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 29.05.2022 um 16:05 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entsprach 33 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 19.426$ (2×9213)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 21°C, die niedrigste bei 12°C und die höchste bei 28°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15°C, die niedrigste bei 1,6°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP8 schlüpfte am 25.05.2022 (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 leicht annäherte. BP8 wurde am 06.05.2022 und 23.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befliegen (siehe Abb. 15 und 16).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 8 (BP8) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 44: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie \rightarrow) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie \leftarrow) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP8 wurde am 24.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit zwei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP8 am 27.04.2022 um 16:33 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich vier Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 29.05.2022 um 16:05 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 33 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 19.425$ (2×9213)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Das Gelege von BP8 schlüpfte am 25.05.2022 (schwarzer Pfeil \blackrightarrow), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 leicht annäherte. BP8 wurde am 06.05.2022 und 23.05.2022 mit Wärmebildkameradrohnen befliegen (siehe Abb. 15 und 16).

Temperaturverläufe von BP9

Die Nesttemperaturen von BP9 wurden insgesamt vom 27.04.-29.05.2022 zu 33 Tagen erfasst wobei BP9 am 27.04.2022 drei Eier aufwies. Das Gelege von BP9 schlüpfte am 27.05.2022 (Abb. 46: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9209$ Temperaturwerte je Thermologger von BP9 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP9 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal 12°C bis maximal $29,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $0,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 45). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP9 um den Median von 21°C , das erste Quartil mit $18,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit $22,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $20,3^{\circ}\text{C}$. Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 46 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 27.04. bis zum 11.05.2022 zwischen $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ und zwischen dem 12.05. und 27.05.2022 zwischen $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ lag. Es gibt vier auffällige Temperaturschwankungen beim Brutverlauf von BP9: Zwischen dem 27.04. und 28.04.2022 kam es zu einem Temperaturanstieg von ca. $+5^{\circ}\text{C}$, der nach wenigen Stunden wieder um ca. -5°C fiel, um erneut wieder um ca. $+5^{\circ}\text{C}$ anzusteigen. Zwischen dem 30.04. und 01.05.2022 kam es zu einer abrupten Temperaturabkühlung und folgender Temperaturerwärmung um ca. 5°C . Zwischen dem 08.05. und 09.05.2022 kam es zu einer abrupten Temperaturabkühlung von ca. $2,5^{\circ}\text{C}$ mit

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 9 (BP9) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

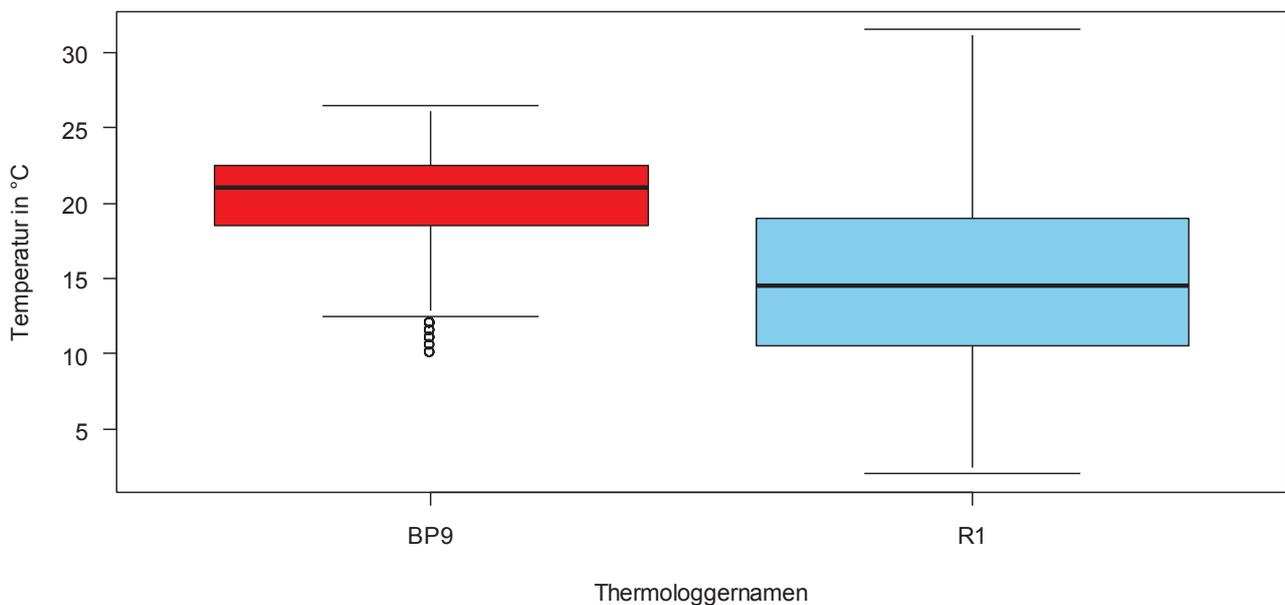


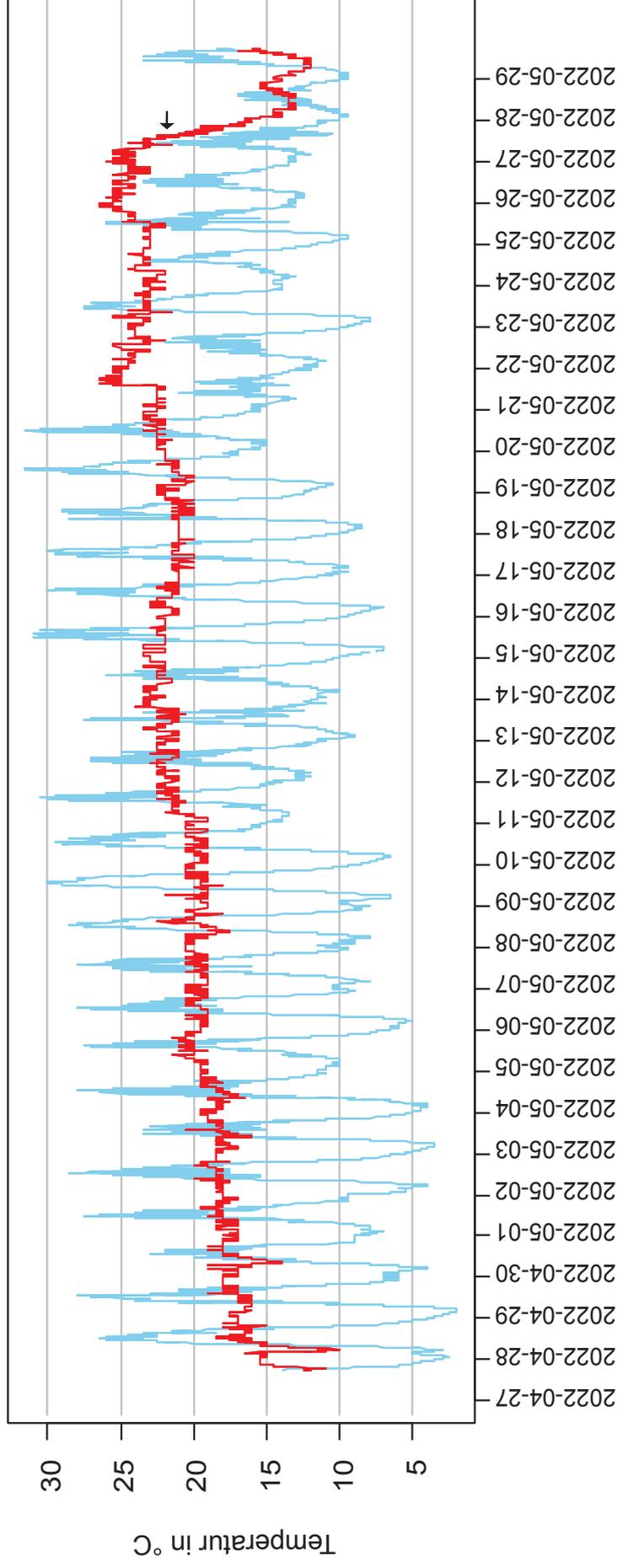
Abb. 45: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 9 (BP9, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 18.418$ (2×9209)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP9 lag bei 21°C , das Minimum bei 12°C und das Maximum bei $26,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $18,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $22,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen fünf Ausreißer zwischen $10\text{-}12,5^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturen des Geleges von BP9 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei $14,5^{\circ}\text{C}$, das Minimum bei 2°C und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $10,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $19,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

einem folgenden Temperaturanstieg um ca. +4°C. Zwischen dem 20.05. und 21.05.2022 kam es zu einem abrupten Temperaturanstieg um ca. +5°C. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 14,5°C, das erste Quartil mit 10,5°C und das dritte Quartil mit 19°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP9. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15°C. In Abb. 46 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP9 schlüpfte am 27.05.2022, woraufhin die Nesttemperatur ähnlichen Temperaturschwankungen unterlag wie die der Umgebungstemperatur (Abb. 46: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP9

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP9 bewegte sich nahezu während der ganzen Brut zwischen -1°C, +1°C, -0,5°C, +0,5°C und 0°C und wies ansonsten keine deutlich erkennbaren Nesttemperaturdifferenzausreißer auf (Abb. 47). Ab ca. dem 26.05.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen zwischen -1°C und +1°C, die sehr wahrscheinlich mit dem Schlupf am 27.05.2022 im Zusammenhang standen (Abb. 47: Schwarzer Pfeil). Nach dem Schlupf lagen die Nesttemperaturdifferenzen bei -1°C bis +1°C und ähnelten dem Verlauf der Umgebungstemperaturdifferenzen.

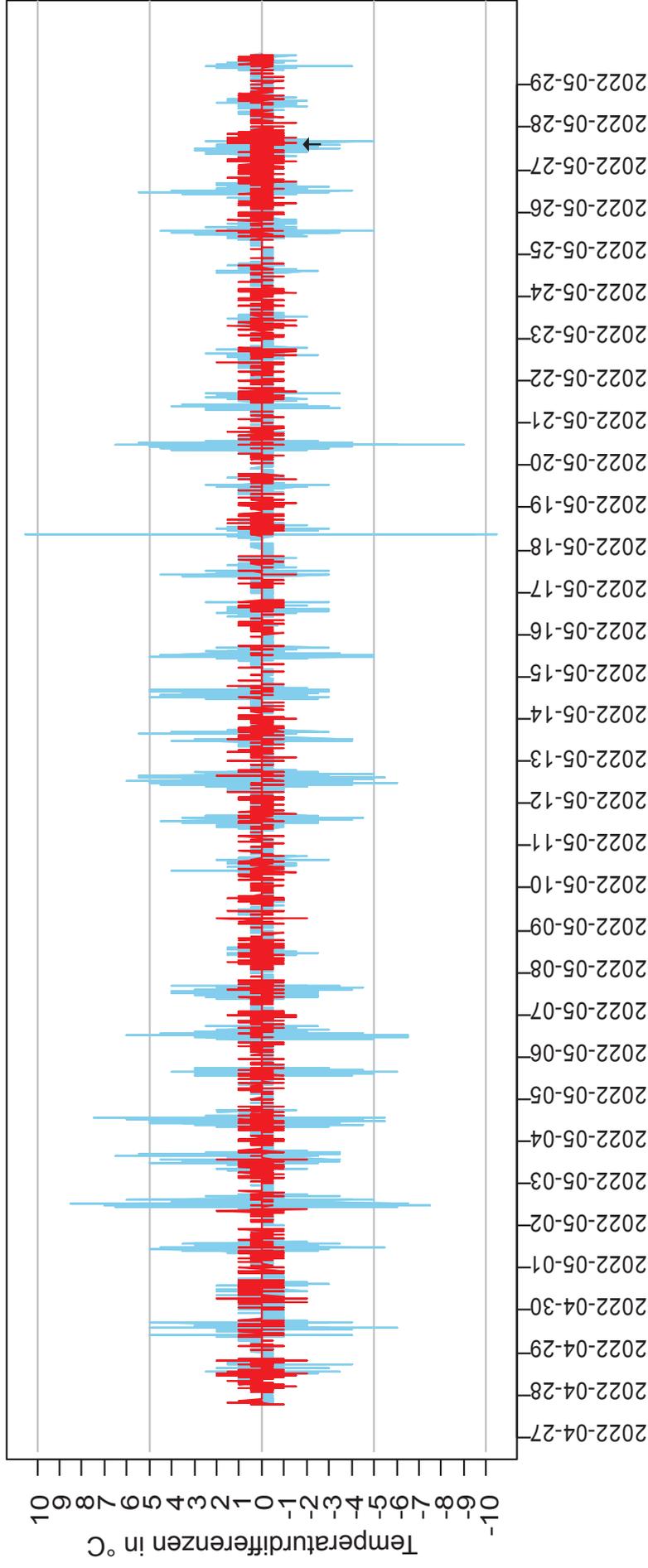
Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 9 (BP9) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 46: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP9 wurde am 24.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP9 am 27.04.2022 um 18:22 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 29.05.2022 um 17:41 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 33 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 18.418$ (2×9209)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20,3°C, die niedrigste bei 10°C und die höchste bei 26,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15°C, die niedrigste bei 1,6°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP9 schlüpfte am 27.05.2022 (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 leicht annäherte. BP9 wurde am 06.05.2022 und 23.05.2022 mit Wärmebildkameras drohnen befliegen (siehe Abb. 15 und 16).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:
 Brutpaar 9 (BP9) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 47: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie \rightarrow) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie \rightarrow) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 27.04.-29.05.2022. Das Gelege von BP9 wurde am 24.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit einem Ei gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP9 am 27.04.2022 um 18:22 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich drei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 29.05.2022 um 17:41 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 33 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 18.417$ (2 x 9209)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_2 - T_1$). Das Gelege von BP9 schlüpfte am 27.05.2022 (schwarzer Pfeil \blackrightarrow), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 leicht annäherte. BP9 wurde am 06.05.2022 und 23.05.2022 mit Wärmebildkameras beobachtet (siehe Abb. 15 und 16).

Temperaturverläufe von BP10

Die Nesttemperaturen von BP10 wurden insgesamt vom 05.05.-04.06.2022 zu 32 Tagen erfasst, wobei BP10 am 05.05.2022 vier Eier aufwies. Das Gelege von BP10 schlüpfte zwischen dem 29.05. und 30.05.2022 (Abb. 49: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 8598$ Temperaturwerte je Thermologger von BP10 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP10 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal 14°C bis maximal $25,5^{\circ}\text{C}$ auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal 5°C bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 48). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP10 um den Median von 21°C , das erste Quartil mit 19°C und das dritte Quartil mit $22,5^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20°C . Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 49 ist eine gewisse Temperaturkontinuität um $\pm 5^{\circ}\text{C}$ zu erkennen, die vom ca. 05.05. bis zum 10.05.2022 zwischen $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ und zwischen dem 11.05. und 29.05.2022 zwischen $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ lag. Im Brutverlauf von BP10 gab es sieben auffällige Temperaturschwankungen: Zwischen dem 26.05. und 27.05.2022 kam es zu einer abrupten Temperaturabkühlung von ca. -4°C , auf die eine abrupte Temperaturerwärmung um ca. $+4^{\circ}\text{C}$ folgte. Zwischen dem 08.05. und 10.05.2022 kam es zu einer Temperaturabkühlung um ca. -5°C , der um

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 10 (BP10) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

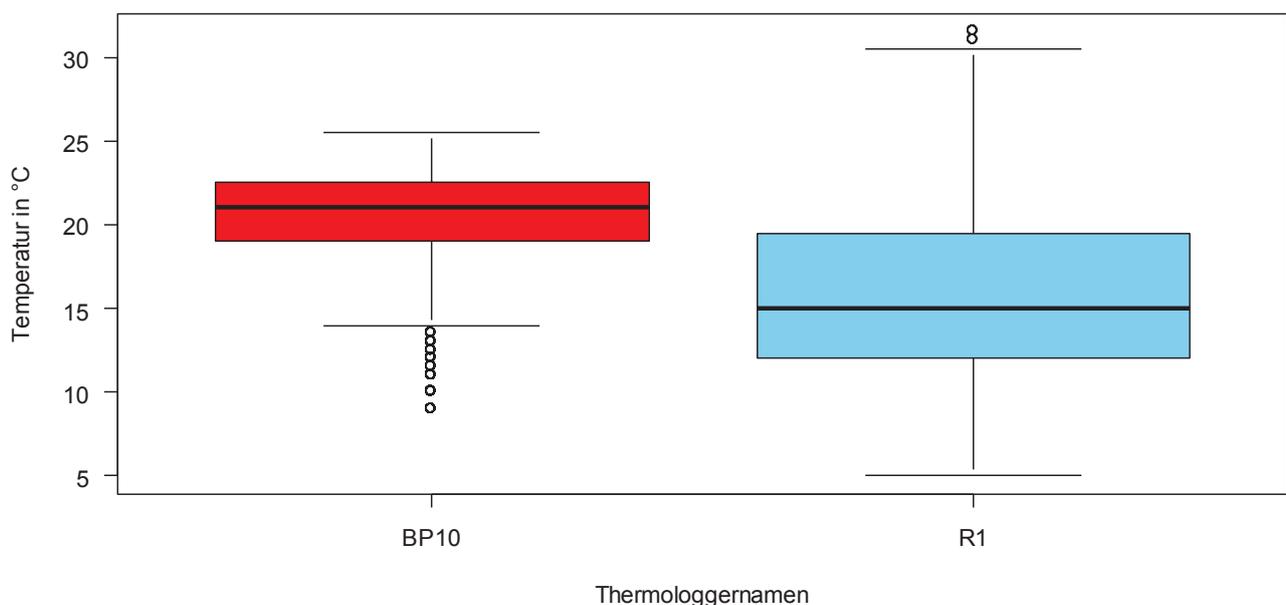


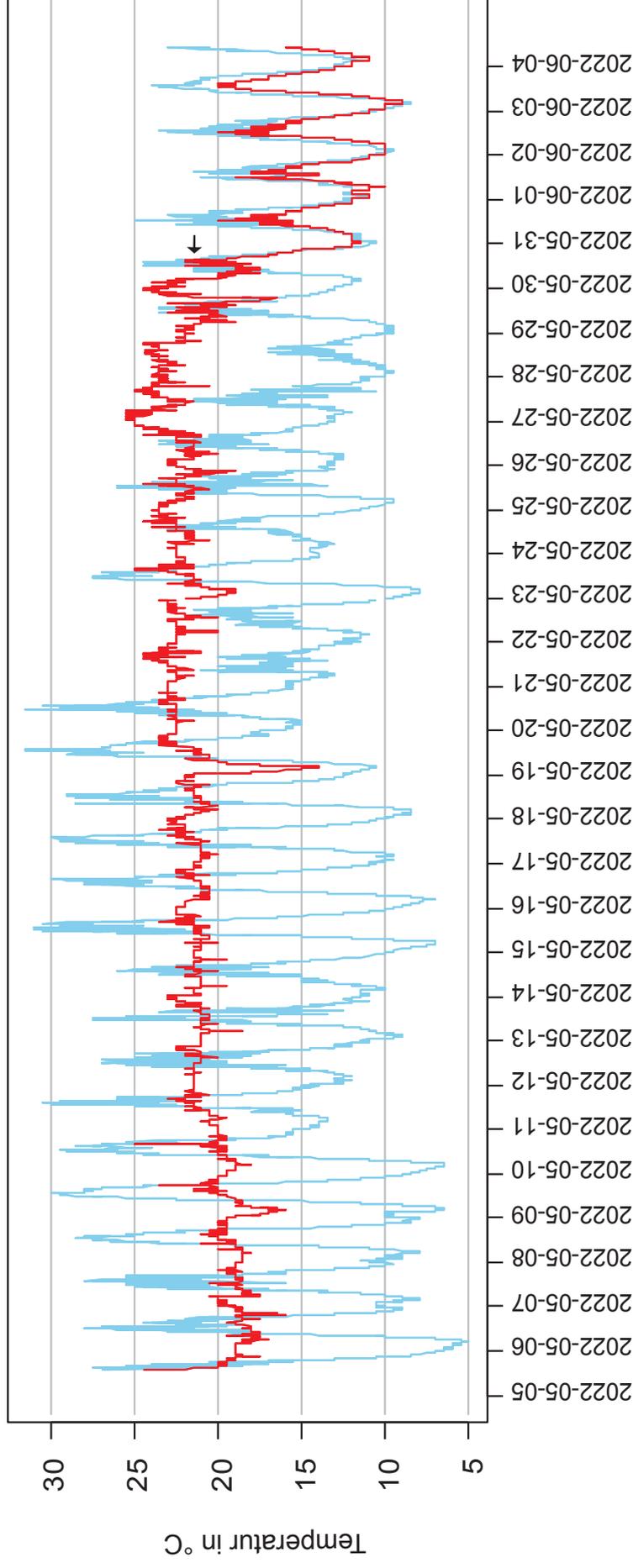
Abb. 48: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 10 (BP10, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 17.196$ (2×8598)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 32 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP10 lag bei 21°C , das Minimum bei 14°C und das Maximum bei $25,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 19°C und das dritte Quartil lag bei $22,5^{\circ}\text{C}$. Es lagen acht Ausreißer zwischen $9\text{-}13,5^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Geleges von BP10 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 15°C , das Minimum bei 5°C und das Maximum bei $30,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei 12°C und das dritte Quartil lag bei $19,5^{\circ}\text{C}$. Es gab zwei Ausreißer bei R1 zwischen $31\text{-}31,5^{\circ}\text{C}$. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

09.05.2022 bis 16,5°C fiel und dann wieder um ca. +5°C anstieg. Zwischen dem 09.05. und 10.05.2022 kam es zu einer abrupten Temperaturerwärmung um ca. +3°C, auf die eine abrupte Temperaturabkühlung um ca. -3°C folgte. Zwischen dem 10.05. und 11.05.2022 gab es eine abrupte Temperaturerwärmung um ca. +5°C, auf die eine abrupte Temperaturabkühlung um ca. -5°C folgte. Zwischen dem 18.05. und 20.05.2022 gab es eine erhebliche Temperaturabkühlung um ca. -10°C, bei der die Nesttemperatur von ca. 22°C auf 14°C fiel und dem der Umgebungstemperaturverlauf ähnelte. Die Nesttemperatur stieg zwischen dem 19.05. und 20.05.2022 wieder um ca. 9°C an. Zwischen dem 22.05. und 23.05.2022 fiel die Nesttemperatur um ca. -4°C und stieg zwischen dem 23.05. und 24.05.2022 um ca. +4°C an. Zwischen dem 25.05. und 26.05.2022 gab es eine Temperaturabkühlung von ca. -5°C mit einer folgenden Temperaturerwärmung um ca. +3,5°C. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 15°C, das erste Quartil mit 5°C und das dritte Quartil mit 19,5°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP10. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15,8°C. In Abb. 49 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP10 schlüpfte zwischen dem 29.05 und 30.05.2022, woraufhin die Nesttemperatur ähnlichen Temperaturschwankungen unterlag wie die der Umgebungstemperatur (Abb. 49: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP10

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP10 lag zu Beginn des Einsetzens am 05.05.2022 bis zum ca. 24.05.2022 häufig bei -0,5°C, 0°C und +0,5°C und wies stellenweise einzelne Nesttemperaturdifferenzausreißer an einem Tag auf (bspw. Nachts am 20.05.2022 von -4°C zu +4°C) (Abb. 50). Ab dem ca. 24.05.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen zwischen -1°C, +1°C und -0,5°C, +0,5°C. Diese „blockartigen“ Häufungen hielten einen Tag bis nach dem Schlupf am 29.05.2022 an (Abb. 50: Schwarzer Pfeil). Danach gab es gehäuft weitere „blockartige“ Häufungen, die den Schwankungen der Umgebungstemperaturdifferenzen ähnelten.

Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 10 (BP10) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

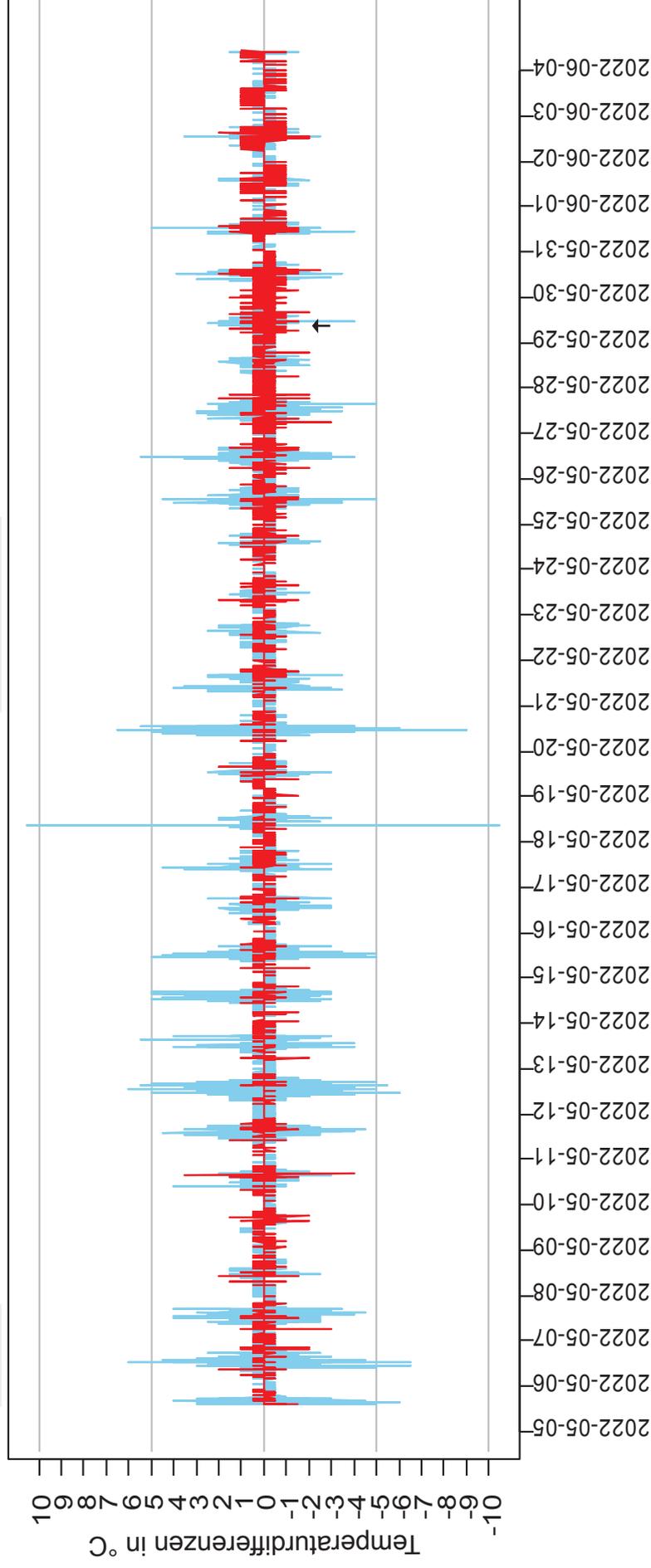


Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 49: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022. Das Gelege von BP10 wurde am 30.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit vier Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP10 am 05.05.2022 um 14:10 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich vier Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 04.06.2022 um 10:34 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 32 Tagen. Die Thermologger zeichnen alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf (n = 17.196 (2 x 8598)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20°C, die höchste bei 26,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15,8°C, die niedrigste bei 1,6°C und die höchste bei 31,5°C. Das Gelege von BP10 schlüpfte zwischen dem 29.05.2022 und 30.05.2022 (schwarzer Pfeil →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP10 wurde am 06.05.2022 und 23.05.2022 mit Wärmebildkameras beobachtet (siehe Abb. 15 und 16).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur:

Brutpaar 10 (BP10) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 50: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie $\color{red}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie $\color{blue}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 05.05.-04.06.2022. Das Gelege von BP10 wurde am 30.04.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit vier Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP10 am 05.05.2022 um 14:10 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich vier Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 04.06.2022 um 10:34 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung belief sich auf 32 Tage. Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 17.195$ (2×8598)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). Das Gelege von BP10 schlüpfte zwischen dem 29.05.2022 und 30.05.2022 (schwarzer Pfeil \blackrightarrow), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP10 wurde am 06.05.2022 und 23.05.2022 mit Wärmebildkamerasdröhnen befolgt (siehe Abb. 15 und 16).

Temperaturverläufe von BP11

Die Nesttemperaturen von BP11 wurden insgesamt vom 02.05.-04.06.2022 zu 34 Tagen erfasst, wobei BP11 am 02.05.2022 zwei Eier aufwies. Das Gelege von BP11 schlüpfte am 04.06.2022 (Abb. 52: Schwarzer Pfeil). Es ergaben sich $n = 9502$ Temperaturwerte je Thermologger von BP11 und R1. Im direkten Vergleich mit R1 wies BP11 eine deutlich geringere Temperaturspanne von minimal $13,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal 27°C auf, wohingegen R1 eine deutlich breitere Temperaturspanne von minimal $3,5^{\circ}\text{C}$ bis maximal $31,5^{\circ}\text{C}$ aufwies (Abb. 51). Die deutlich geringere Temperaturspanne äußerte sich besonders in der Häufigkeitsverteilung von BP11 um den Median von 21°C , das erste Quartil mit $11,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil mit 23°C . Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei $20,3^{\circ}\text{C}$. Das Gelege war während der gesamten Brut geringen Temperaturschwankungen unterlegen. In Abb. 52 ist zu erkennen, dass zum Beginn der Brut keine erkennbare Temperaturkontinuität sondern starke Temperaturschwankungen im Nest vorlagen. Zwischen dem 10.05. und 19.05.2022 gab es eine Temperaturkontinuität von $\pm 3^{\circ}\text{C}$, die um die 20°C lag. Zwischen dem 20.05. und 03.06.2022 lag eine Temperaturkontinuität $\pm 5^{\circ}\text{C}$ vor, die im Temperaturbereich zwischen $20-15^{\circ}\text{C}$ lag. Es gibt fünf sehr auffällige Temperatúrausreißer beim Brutverlauf von BP11: Zwischen dem 03.05. und 04.05.2022 kam es zu einer Temperaturabkühlung von ca. 5°C , die nach wenigen Stunden wieder

Die Nesttemperaturen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) während der Bebrütungsphasen im Vergleich mit der Umgebungstemperatur: Brutpaar 11 (BP11) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

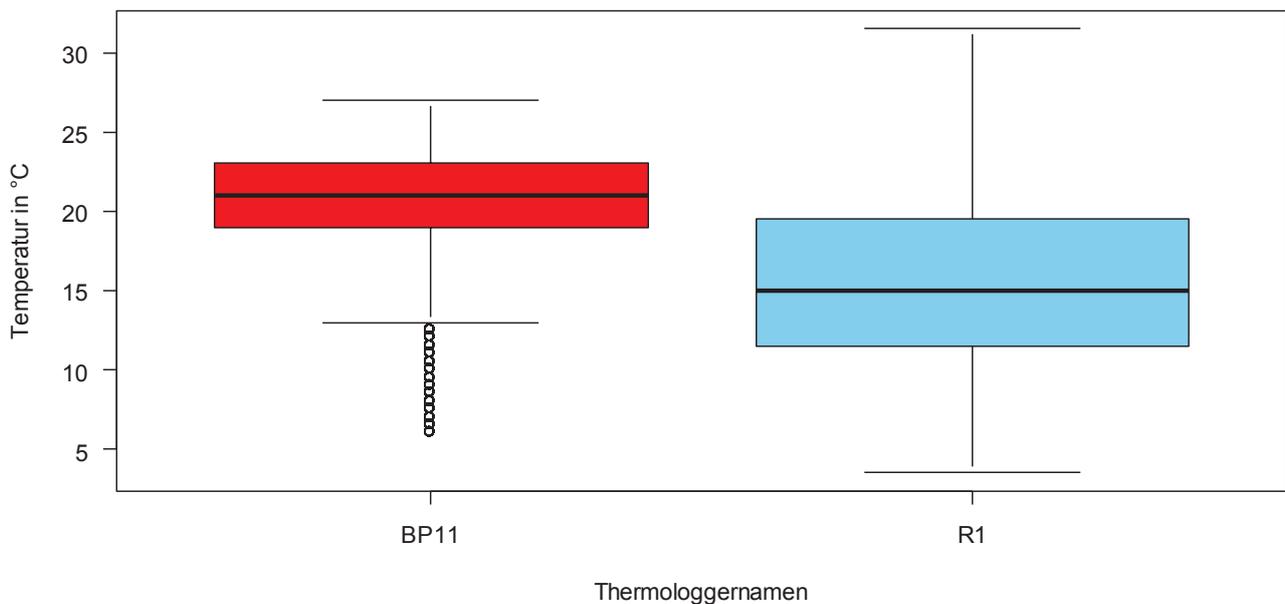


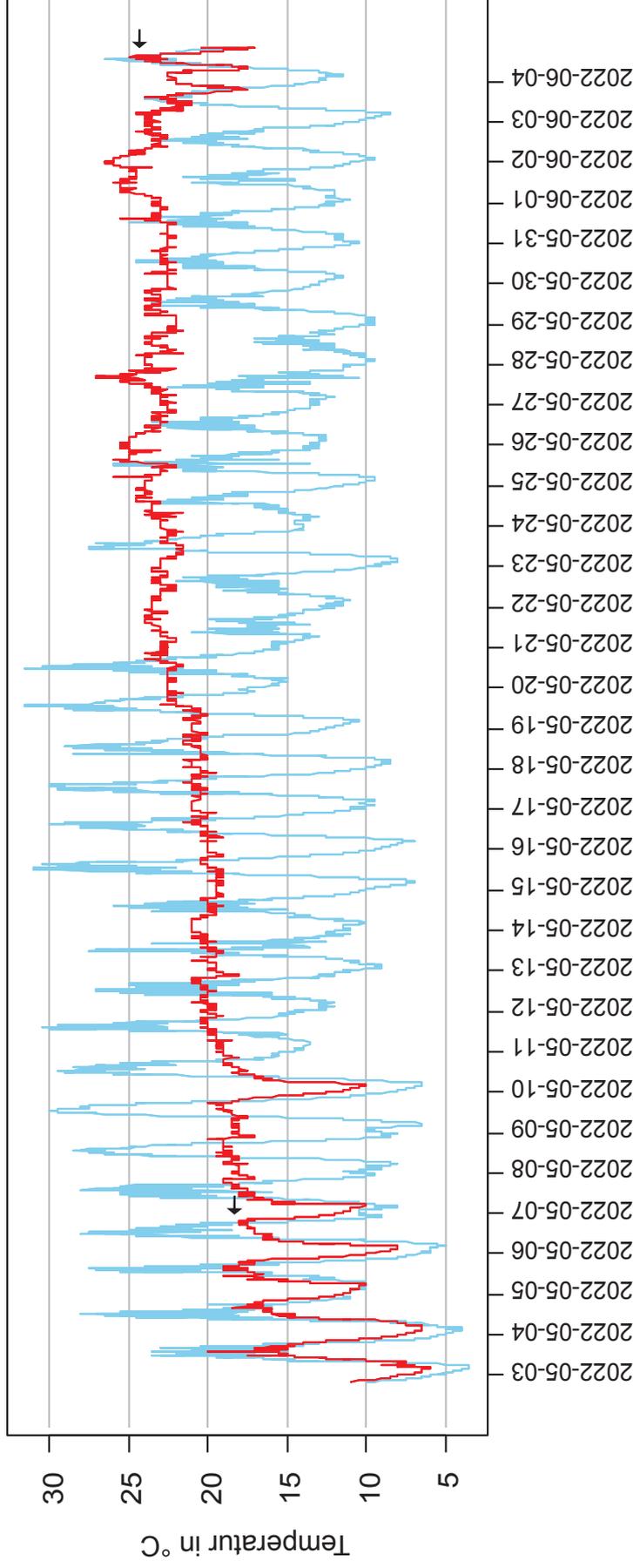
Abb. 51: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) anhand von Brutpaar 11 (BP11, ■) und der Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, ■) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die zwei Boxplots enthalten die durch die präparierten Thermologger erfassten Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$, die alle fünf Minuten aufgezeichnet wurden ($n = 19.004$ (2×9502)). Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 34 Tagen. Der Median der Nesttemperatur von BP11 lag bei 21°C , das Minimum bei $13,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei 27°C . Das erste Quartil lag bei 19°C und das dritte Quartil lag bei 23°C . Es lagen vierzehn Ausreißer zwischen $6-13^{\circ}\text{C}$ vor. Die Temperaturschwankungen des Geleges von BP11 unterlagen geringen Schwankungen und wiesen eine insgesamt geringe Temperaturspanne auf. Der Median der Umgebungstemperatur von R1 lag bei 15°C , das Minimum bei $3,5^{\circ}\text{C}$ und das Maximum bei $31,5^{\circ}\text{C}$. Das erste Quartil lag bei $11,5^{\circ}\text{C}$ und das dritte Quartil lag bei $19,5^{\circ}\text{C}$. Es gab keine Ausreißer bei R1. Die Temperaturen der Umgebung von R1 unterlagen häufigen Schwankungen und wiesen eine insgesamt breite Temperaturspanne auf.

um ca. +15°C anstieg. Zwischen dem 04.05. und 05.05.2022 gab es eine Temperaturabkühlung von ca. -15°C mit einer anschließenden Temperaturerhöhung um ca. +10°C. Zwischen dem 05.05. und 06.05.2022. Zwischen dem 06.05. und 07.05.2022 gab es eine Temperaturabkühlung von ca. -12°C mit folgender Temperaturerhöhung von ca. +10°C. Die Temperaturverläufe zu Beginn der Brut könnten eine unregelmäßige Bebrütung bedeuten, da die Temperaturverläufe des Nestes denen der Umgebungstemperatur sehr stark ähneln. Das Nest kühlte zwischen dem 09.05. und 11.05.2022 um ca. -10°C erneut aus mit folgender Erwärmung um ca. +10°C. Die deutlich breitere Temperaturspanne von R1 um den Median von 15°C, das erste Quartil mit 11,5°C und das dritte Quartil mit 19,5°C zeigt, dass die erfassten Umgebungstemperaturwerte deutlich häufiger schwankten als die Nesttemperatur von BP11. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15,6°C. In Abb. 52 sind diese Temperaturschwankungen der Umgebungstemperatur im Tagesverlauf gut zu erkennen, bei denen besonders in der Anfangszeit der Brut in der Nacht und am frühen Morgen Minusgrade und Temperaturwerte um die 0°C erreicht wurden, wohingegen tagsüber am Nachmittag Temperaturen um die 20-30°C vorlagen. Das Gelege von BP11 schlüpfte am 04.06.2022, woraufhin die Nesttemperatur ähnlichen Temperaturschwankungen unterlag wie die der Umgebungstemperatur (Abb. 52: Schwarzer Pfeil).

Temperaturdifferenzen von BP11

Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen von BP11 verlief von 03.05. bis zum ca. 07.05.2022 mit einigen Nesttemperaturdifferenzausreißern von -4°C, +2°C, -1°C, +1°C, -0,5°C und 0,5°C, bis er regelmäßiger zwischen -0,5°C, +0,5°C und 0°C lag (Abb. 53). Es gab selten einige Nesttemperaturdifferenzausreißer im weiteren Brutverlauf, die immer ein Einzelereignis an einem Tag waren (bspw. am 26.05.2022 von -1°C bis +2°C). Ab ca. dem 02.06.2022 kam es zu „blockartigen“ Häufungen von Nesttemperaturdifferenzen um -0,5°C und +0,5°C, die vermutlich mit dem Gelegeschlupf am 04.06.2022 im Zusammenhang stehen (Abb. 53: Schwarzer Pfeil).

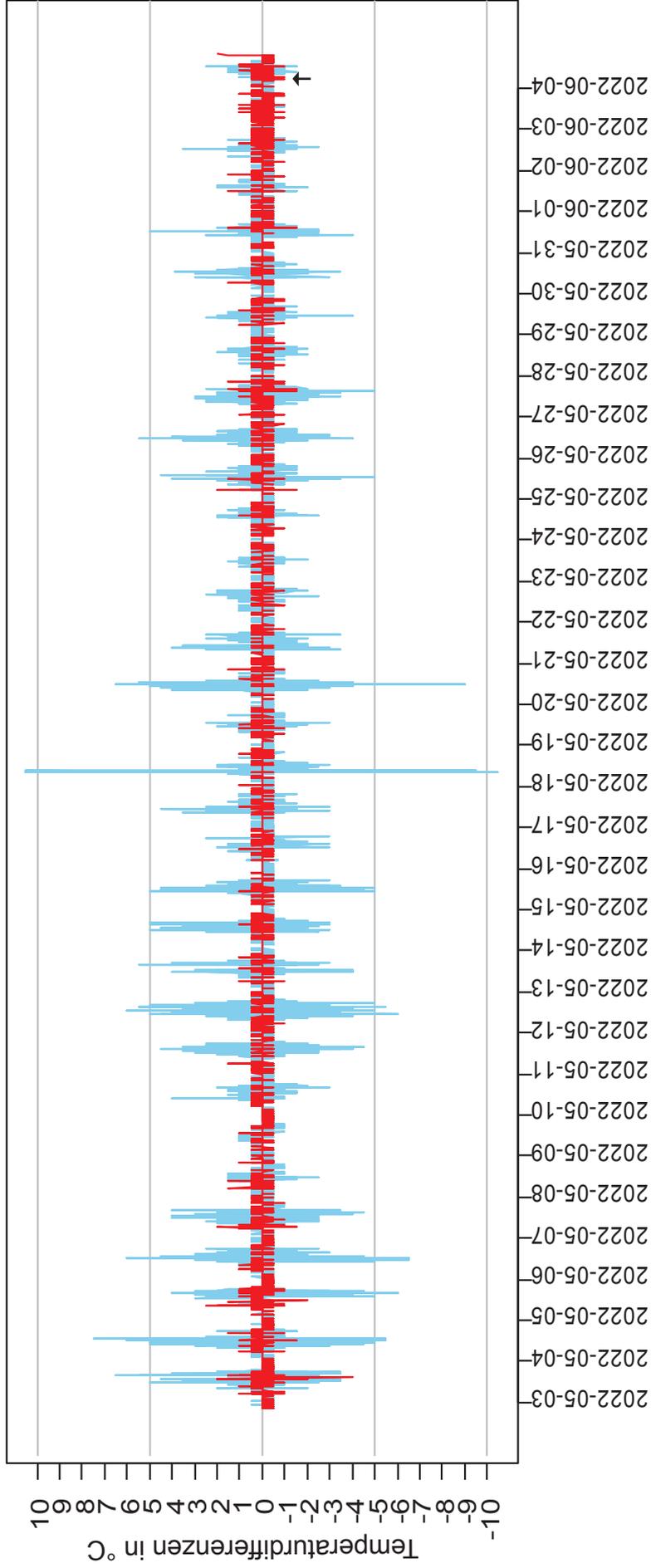
Temperaturverläufe eines Nestes vom großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 11 (BP11) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 52: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturverläufe im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 11 (BP11, rote Linie —) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie —) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022. Das Gelege von BP11 wurde am 02.05.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit zwei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP11 am 02.05.2022 um 20:19 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich zwei Eier im Nest. Das Ende des Erfassungszeitraumes ist der Tag der Entnahme aus dem Nest am 04.06.2022 um 20:04 Uhr. Die gesamte Temperaturerfassung entspricht 34 Tagen. Die Thermologger zeichneten alle fünf Minuten einen Temperaturwert in °C auf ($n = 19.004$ (2×9502)). Aufgezeigt werden die aufgezeichneten Temperaturen in °C je Tag, die jeweils einen Tagesverlauf repräsentieren. Die durchschnittliche Nesttemperatur lag bei 20,3°C, die niedrigste bei 6°C und die höchste bei 27°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 15,6°C, die niedrigste bei 1,6°C und die höchste bei 31,5°C. Die Nesttemperatur schwankte vom 02.05.-06.05.2022 deutlich (schwarzer Pfeil linke Seite →). Das Gelege von BP11 schlüpfte am 04.06.2022 (schwarzer Pfeil rechte Seite →), woraufhin die Temperatur im Nest sank und sich dem allgemeinen Temperaturverlauf von R1 deutlich annäherte. BP11 wurde nicht mit Wärmebildkameras beobachtet, da es außerhalb der Kernpopulation nördlich des NSGs „Wildes Moor“ und zu nah am Truppenübungsplatz „Jägerbrück“ lag (Abb. 12).

Temperaturdifferenzen eines Nestes vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur: Brutpaar 11 (BP11) und Referenzthermologger (R1) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 53: Liniendiagramm der mittels präparierter Thermologger erfassten Temperaturdifferenzen im Nest des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) von Brutpaar 11 (BP11, rote Linie $\color{red}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) und der allgemeinen Umgebungstemperatur (Referenzthermologger R1, blaue Linie $\color{blue}{\rule{0.4pt}{1cm}}$) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) im Erfassungszeitraum 02.05.-04.06.2022. Das Gelege von BP11 wurde am 02.05.2022 via „klassischer“ visueller Gelegesuche mit zwei Eiern gefunden. Der Beginn des Erfassungszeitraumes ist der Tag des Einsetzens des präparierten Thermologgers in das Nest von BP11 am 02.05.2022 um 20:19 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich zwei Eier im Nest. Das Gelege von BP11 schlüpfte am 04.06.2022 (schwarzer Pfeil rechte Seite \blacktriangleright). Aufgezeigt werden die Temperaturdifferenzen in °C innerhalb von 5 Minuten (ΔT , $n = 19.003$ (2×9502)), die sich aus der Differenz der ersten Temperaturerfassung (T_1) und der zweiten Temperaturerfassung nach 5 Minuten (T_2) ergibt ($\rightarrow \Delta T = T_1 - T_2$). BP11 wurde nicht mit Wärmebildkamerarohren befolgt, da es außerhalb der Kernpopulation nördlich des NSGs „Wildes Moor“ und zu nah am Truppenübungsplatz „Jägerbrück“ lag (Abb. 12).

3.2.2 Die Störreaktionen der brütenden Großen Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen

Die Ergebnisse um die Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen sind aufgegliedert in die allgemeinen visuellen Beobachtungen während der Befliegungen und die Wärmesignaturen je Gelege während vor, während und nach den drei Befliegungsterminen am 26.04., 06.05. und 23.05.2022.

3.2.2.1 Beobachtete Störreaktionen brütender Großer Brachvögel gegenüber fliegenden Wärmebildkameradrohnen

Die beobachteten Störreaktionen sind folgend nach den Befliegungstagen unterteilt, wobei die Reaktionen aller von den Befliegungen erfassten Brutpaare allgemein zusammengefasst sind. BP11, das aufgrund seiner Nestplatznähe zum Truppenübungsplatz „Jägerbrück“ nicht befliegen wurde, wurde entsprechend nicht untersucht. Zuletzt folgt eine allgemeine Zusammenfassung der Verhaltensreaktionen und des Reaktionsspektrums aller Befliegungen.

Der Befliegungstag am 26.04.2022 setzte sich aus vier Transektflügen des FW2022 (n = 36 Reaktionen), zwei Schwebeflügen des FW2022 (n = 18 Reaktionen), zwei Transektflügen der M2EA (n = 18 Reaktionen) und einem Schwebeflug der M2EA (n = 9 Reaktionen) zusammen. Dadurch ergaben sich insgesamt n = 81 zu beobachtende Reaktionen brütender Brachvögel auf zwei verschiedene Wärmebildkameradrohnenmodelle und zwei Flugarten (Abb. 55). Die Reaktionsarten sind zusätzlich noch als „Wer reagierte?“ dargestellt, folgend als Reaktionsspektrum bezeichnet (Abb. 56). Beflogen wurden BP1, BP2a, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8 und BP9 (siehe Abb. 14: Flugroute am 26.04.2022).

Verhaltensreaktionen gegenüber dem FW2022: Transektflug

Die häufigste Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Transektflug war „Keine Reaktion“ (32). Deutlich weniger häufig war der „Warnruf“ (3) und die „Flucht“ (1). Es gab keinen „Warnflug“, „Angriff“ oder „Verteidigung“ als Reaktion (Abb. 55: Linke Seite).

Verhaltensreaktionen gegenüber dem FW2022: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Schwebeflug war „Keine Reaktion“ (18). Die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Flucht“ oder „Verteidigung“ wurden nicht beobachtet (Abb. 55: Mitte Links).

Verhaltensreaktionen gegenüber der M2EA: Transektflug

Die häufigste Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Transektflug war „Keine Reaktion“ (17). Einmal trat ein „Warnruf“ (1) als Reaktion auf. Es gab keinen „Warnflug“, „Angriff“, keine „Flucht“ oder „Verteidigung“ als Reaktion. (Abb. 55: Mitte Rechts).

Verhaltensreaktionen gegenüber der M2EA: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Schwebeflug war „Keine Reaktion“ (9). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Flucht“ oder „Verteidigung“ als Reaktion (Abb. 55: Rechte Seite).

Verhaltensreaktionen brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 26.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

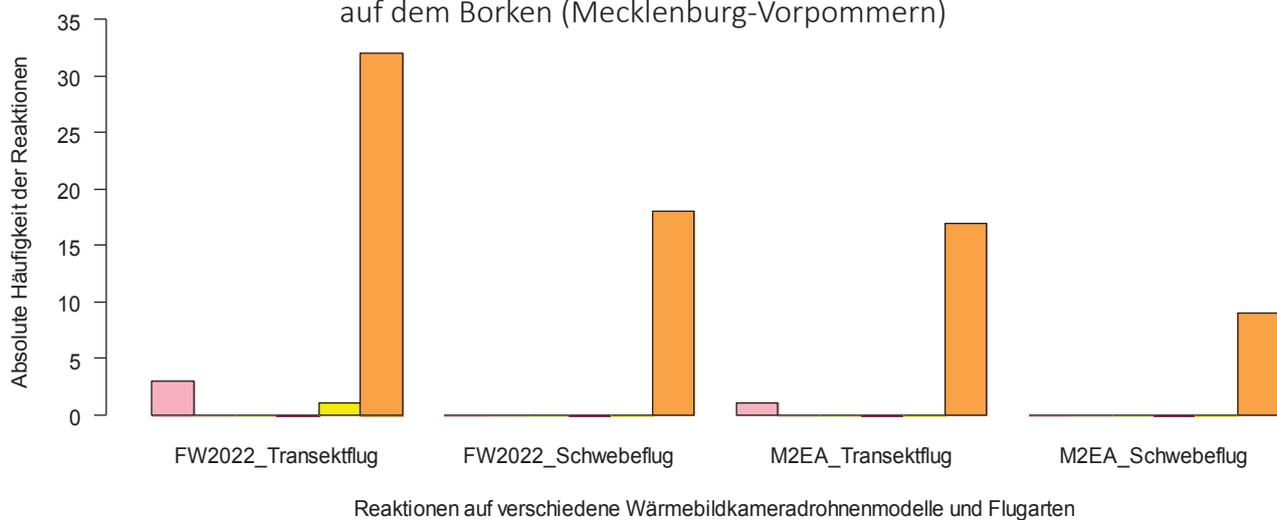


Abb. 55: Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten der beobachteten Reaktionen „Warnruf“ (pink), „Warnflug“ (purple), „Angriff“ (red), „Verteidigung“ (teal), „Flucht“ (yellow) und „Keine Reaktion“ (orange) brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) auf die zwei Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) im Transekt- und Schwebeflug am 26.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege von BP1, BP2a, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8 und BP9, wobei vier FW2022 Transekt-, zwei FW2022 Schwebeflüge, zwei M2EA Transektflüge und ein M2EA Schwebeflug durchgeführt wurden (n = 81 Reaktionen). Die häufigste Reaktion beim FW2022 Transektflug (n = 36 Reaktionen) war „Keine Reaktion“ (32), weniger häufigere Reaktionen waren der „Warnruf“ (3) und die „Flucht“ (1). Es gab keinen „Warnflug“, keinen „Angriff“ und keine „Verteidigung“. Die einzige Reaktion beim FW2022 Schwebeflug (n = 18 Reaktionen) war „Keine Reaktion“ (18), wobei „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ nicht beobachtet wurden. Die häufigste Reaktion beim M2EA Transektflug (n = 18 Reaktionen) war „Keine Reaktion“ (17). Eine weitere Reaktion war ein „Warnruf“ (1). Die Reaktionen „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ konnten nicht beobachtet werden. Die einzige Reaktion beim M2EA Schwebeflug (n = 9 Reaktionen) war „Keine Reaktion“ (9), wobei die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ nicht beobachtet werden konnten.

Reaktionsspektrum gegenüber dem FW2022: Transektflug

Die häufigste Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Transektflug war „Keiner reagiert“ (32). Deutlich weniger häufig reagierte das „Brutpaar gemeinsam“ (3), wobei hier Warnrufe ausgestoßen wurden. Einmalig reagierte das „Weibchen“ (1) mit einer Flucht zu Fuß vom Neststandort weg. Die Reaktionen eines „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. (Abb. 56: Linke Seite).

Reaktionsspektrum gegenüber dem FW2022: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Schwebeflug war „Keiner reagiert“ (18). Die Reaktionen des „Brutpaars gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 56: Mitte Links).

Reaktionsspektrum gegenüber der M2EA: Transektflug

Die häufigste Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Transektflug war „Keiner reagiert“ (17). Einmal reagierte das „Brutpaar gemeinsam“ (1) indem es einen Warnruf ausstieß. Die Reaktionen eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 56: Mitte Rechts).

Reaktionsspektrum gegenüber der M2EA: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Schwebeflug war „Keiner reagiert“ (9). Die Reaktionen des „Brutpaars gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 56: Rechte Seite).

Reaktionsspektrum brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 26.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

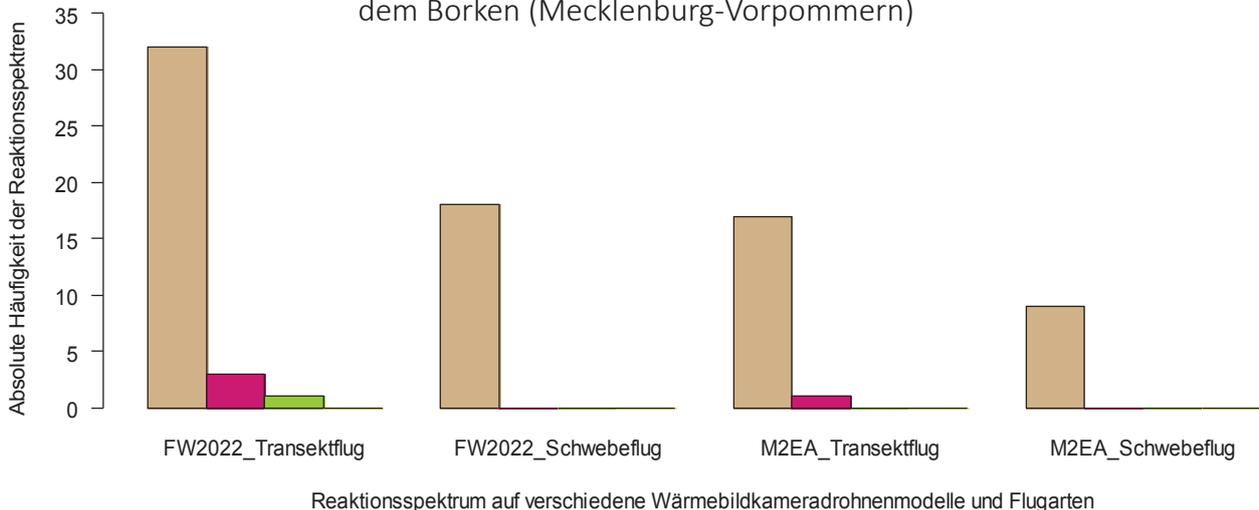


Abb. 56: Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten des Reaktionsspektrums „Keiner reagiert“ (■), „Brutpaar reagiert gemeinsam“ (■), „Weibchen (♀) reagiert“ (■), „Männchen (♂) reagiert“ (■), „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ (■) und „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ (■) brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) auf die zwei Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) im Transekt- und Schwebeflug am 26.04.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege von BP1, BP2a, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8 und BP9, wobei vier FW2022 Transekt-, zwei FW2022 Schwebeflüge, zwei M2EA Transektflüge und ein M2EA Schwebeflug durchgeführt wurden (n = 81 Reaktionen). Die häufigste Reaktion beim FW2022 Transektflug (n = 36 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (32). Deutlich weniger häufig reagierte das „Brutpaar gemeinsam“ (3), wobei es hier drei Warnrufe ausstieß. Einmalig reagierte das „Weibchen“ (1) mit einer Flucht vom Neststandort zu Fuß. Kein einziges Mal reagierte das „Männchen“ und es gab keine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und auch keine „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“. Beim FW2022 Schwebeflug (n = 18 Reaktionen) war die einzige Reaktion „Keiner reagiert“ (18). Die Reaktionen „Brutpaar gemeinsam“, nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. Die häufigste Reaktion beim M2EA Transektflug (n = 18 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (17). Eine weitere Reaktion war ein Warnruf, der durch das „Brutpaar gemeinsam“ (1) ausgestoßen wurde. Die Reaktionen nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. Die einzige Reaktion beim M2EA Schwebeflug (n = 9 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (9), wobei die Reaktionen „Brutpaar gemeinsam“, nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ nicht beobachtet werden konnten.

Der Befliegungstag am 06.05.2022 setzte sich aus drei Transektflügen des FW2022 (n = 27 Reaktionen), zwei Schwebeflügen des FW2022 (n = 18 Reaktionen), zwei Transektflügen der M2EA (n = 18 Reaktionen) und einem Schwebeflug der M2EA (n = 9 Reaktionen) zusammen. Dadurch ergaben sich insgesamt n = 72 zu beobachtende Reaktionen brütender Brachvögel auf zwei verschiedene Wärmebildkameradrohnenmodelle und zwei Flugarten (Abb. 57). Die Reaktionsarten sind zusätzlich noch als „Wer reagierte?“ dargestellt, folgend als Reaktionsspektrum bezeichnet (Abb. 58). Beflogen wurden BP1, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9 und BP10 (siehe Abb. 15: Flugroute am 06.05.2022).

Verhaltensreaktionen gegenüber dem FW2022: Transektflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Transektflug war „Keine Reaktion“ (27). Es konnte kein „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Verteidigung“ und „Flucht“ als Reaktion beobachtet werden (Abb. 57: Linke Seite).

Verhaltensreaktionen gegenüber dem FW2022: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Schwebeflug war „Keine Reaktion“ (18). Die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Flucht“ oder „Verteidigung“ wurden nicht beobachtet (Abb. 57: Mitte Links).

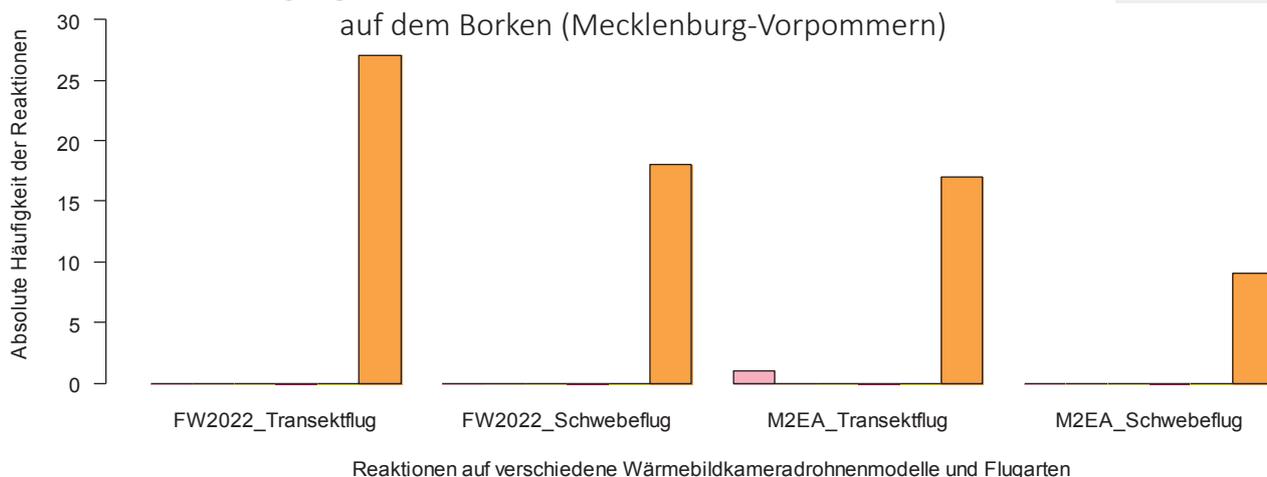
Verhaltensreaktionen gegenüber der M2EA: Transektflug

Die häufigste Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Transektflug war „Keine Reaktion“ (17). Einmal trat ein „Warnruf“ (1) als Reaktion auf. Es gab keinen „Warnflug“, „Angriff“, keine „Flucht“ oder „Verteidigung“ als Reaktion. (Abb. 57: Mitte Rechts).

Verhaltensreaktionen gegenüber der M2EA: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Schwebeflug war „Keine Reaktion“ (9). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Flucht“ oder „Verteidigung“ als Reaktion (Abb. 57: Rechte Seite).

Verhaltensreaktionen brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 06.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Reaktionen auf verschiedene Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten

Abb. 57: Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten der beobachteten Reaktionen „Warnruf (■)“, „Warnflug (■)“, „Angriff (■)“, „Verteidigung (■)“, „Flucht (■)“ und „Keine Reaktion (■)“ brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) auf die zwei Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) im Transekt- und Schwebeflug am 06.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege von BP1, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9 und BP10 wobei drei FW2022 Transekt-, zwei FW2022 Schwebeflüge, zwei M2EA Transektflüge und ein M2EA Schwebeflug durchgeführt wurden (n = 72 Reaktionen). Die einzige Reaktion beim FW2022 Transektflug (n = 27) war „Keine Reaktion“ (27). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, keinen „Angriff“, keine „Verteidigung“ und keine „Flucht“. Die einzige Reaktion beim FW2022 Schwebeflug (n = 18) war „Keine Reaktion“ (18), wobei die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ nicht beobachtet wurden. Die häufigste Reaktion beim M2EA Transektflug (n = 18) war „Keine Reaktion“ (17) und ein „Warnruf“ (1). Die Reaktionen „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ konnten nicht beobachtet werden. Die einzige Reaktion beim M2EA Schwebeflug (n = 9) war „Keine Reaktion“ (9), wobei die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ nicht beobachtet werden konnten.

Reaktionsspektrum gegenüber dem FW2022: Transektflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Transektflug war „Keiner reagiert“ (27). Die Reaktionen des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, eines „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 58: Linke Seite).

Reaktionsspektrum gegenüber dem FW2022: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Schwebeflug war „Keiner reagiert“ (18). Die Reaktionen des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 58: Mitte Links).

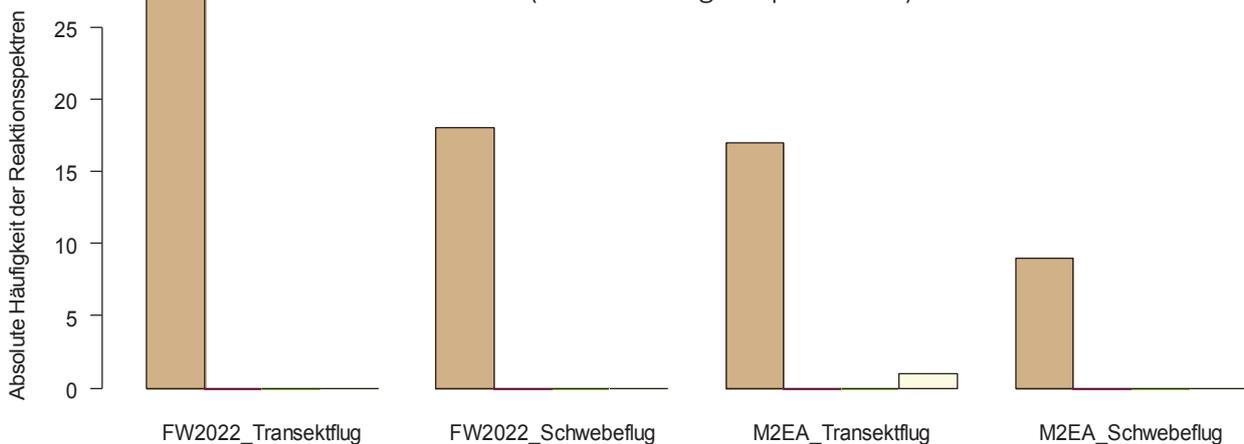
Reaktionsspektrum gegenüber der M2EA: Transektflug

Die häufigste Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Transektflug war „Keiner reagiert“ (17). Einmal reagierte ein „Männchen“ (1) indem es einen Warnruf ausstieß. Die Reaktionen eines des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 58: Mitte Rechts).

Reaktionsspektrum gegenüber der M2EA: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Schwebeflug war „Keiner reagiert“ (9). Die Reaktionen des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 58: Rechte Seite).

Reaktionsspektrum brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 06.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)



Reaktionsspektrum auf verschiedene Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten

Abb. 58: Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten des Reaktionsspektrums „Keiner reagierte“ (■), „Brutpaar reagierte gemeinsam“ (■), „Weibchen (♀) reagierte“ (■), „Männchen (♂) reagierte“ (■), „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ (■) und „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ (■) brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) auf die zwei Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) im Transekt- und Schwebeflug am 06.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege von BP1, BP3, BP4, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9 und BP10, wobei drei FW2022 Transekt-, zwei FW2022 Schwebeflug-, einen M2EA Transektflug und einen M2EA Schwebeflug durchgeführt wurden (n = 72 Reaktionen). Die einzige Reaktion beim FW2022 Transektflug (n = 27 Reaktionen) war „Keiner reagierte“ (27). Kein einziges Mal reagierte das „Brutpaar gemeinsam“, „Weibchen“ oder „Männchen“. Es gab keine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und auch keine „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“. Beim FW2022 Schwebeflug (n = 18 Reaktionen) war die einzige Reaktion „Keiner reagierte“ (18). Die Reaktionen „Brutpaar gemeinsam“, nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. Die häufigste Reaktion beim M2EA Transektflug (n = 18 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (17). Eine weitere Reaktion war ein Warnruf, der durch ein „Männchen“ (1) ausgestoßen wurde. Die Reaktionen nur das „Weibchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. Die einzige Reaktion beim M2EA Schwebeflug (n = 9 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (9), wobei die Reaktionen „Brutpaar gemeinsam“, nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ nicht beobachtet werden konnten.

Der Befliegungstag am 23.05.2022 setzte sich aus drei Transektflügen des FW2022 (n = 12 Reaktionen), einem Schwebeflug des FW2022 (n = 4 Reaktionen), zwei Transektflügen der M2EA (n = 8 Reaktionen) und einem Schwebeflug der M2EA (n = 4 Reaktionen) zusammen. Dadurch ergaben sich insgesamt n = 28 zu beobachtende Reaktionen brütender Brachvögel gegenüber zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und zwei Flugarten (Abb. 59). Die Reaktionsarten sind zusätzlich noch als „Wer reagierte?“ dargestellt, folgend als Reaktionsspektrum bezeichnet (Abb. 60). Beflogen wurden BP2b, BP8, BP9 und BP10 (siehe Abb. 16: Flugroute am 26.04.2022).

Verhaltensreaktionen gegenüber dem FW2022: Transektflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Transektflug war „Keine Reaktion“ (12). Es konnte kein „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Verteidigung“ und „Flucht“ als Reaktion beobachtet werden (Abb. 59: Linke Seite).

Verhaltensreaktionen gegenüber dem FW2022: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Schwebeflug war „Keine Reaktion“ (4). Die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Flucht“ oder „Verteidigung“ wurden nicht beobachtet (Abb. 59: Mitte Links).

Verhaltensreaktionen gegenüber der M2EA: Transektflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Transektflug war „Keine Reaktion“ (8). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Flucht“ oder „Verteidigung“ als Reaktion. (Abb. 59: Mitte Rechts).

Verhaltensreaktionen gegenüber der M2EA: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Schwebeflug war „Keine Reaktion“ (4). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Flucht“ oder „Verteidigung“ als Reaktion (Abb. 59: Rechte Seite).

Verhaltensreaktionen brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 23.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

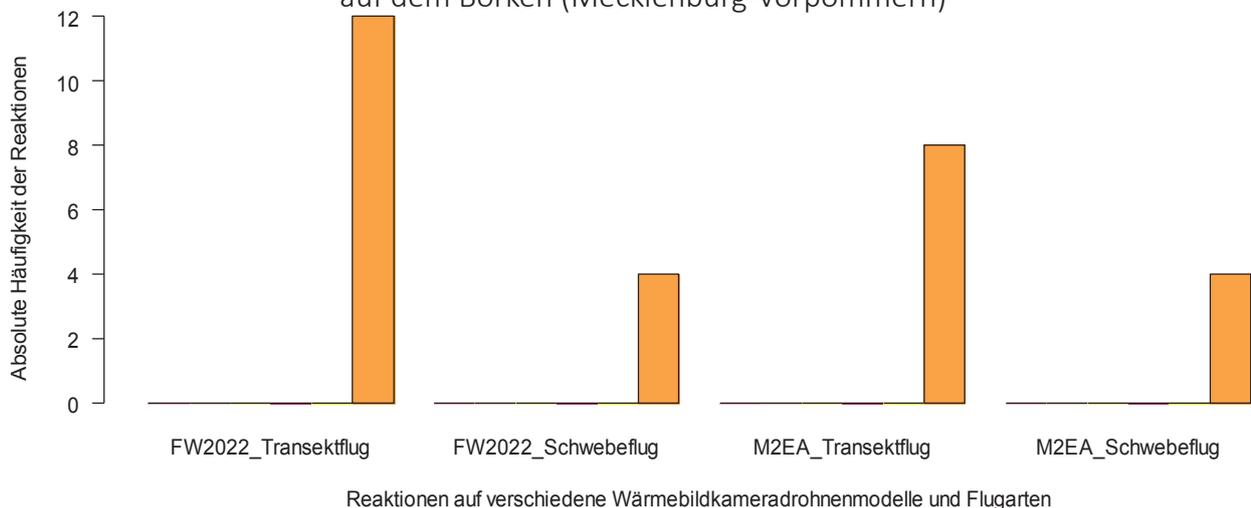


Abb. 59: Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten der beobachteten Reaktionen „Warnruf“ (■), „Warnflug“ (■), „Angriff“ (■), „Verteidigung“ (■), „Flucht“ (■) und „Keine Reaktion“ (■) brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) auf die zwei Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) im Transekt- und Schwebeflug am 23.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege von BP2b, BP8, BP9 und BP10, wobei drei FW2022 Transekt-, ein FW2022 Schwebeflug, zwei M2EA Transektflüge und ein M2EA Schwebeflug durchgeführt wurden (n = 28 Reaktionen). Die häufigste Reaktion beim FW2022 Transektflug (n = 12) war „keine Reaktion“ (12). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, keinen „Angriff“, keine „Verteidigung“ und keine „Flucht“. Die häufigste Reaktion beim FW2022 Schwebeflug (n = 4) war „keine Reaktion“ (4), wobei die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ nicht beobachtet wurden. Die einzige Reaktion beim M2EA Transektflug (n = 8) war „Keine Reaktion“ (8). Die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ konnten nicht beobachtet werden. Die einzige Reaktion beim M2EA (n = 4) war „Keine Reaktion“ (4), wobei die Reaktionen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, „Verteidigung“ und „Flucht“ nicht beobachtet werden konnten.

Reaktionsspektrum gegenüber dem FW2022: Transektflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Transektflug war „Keiner reagiert“ (12). Die Reaktionen des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, eines „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 60: Linke Seite).

Reaktionsspektrum gegenüber dem FW2022: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den FW2022 im Schwebeflug war „Keiner reagiert“ (4). Die Reaktionen des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 60: Mitte Links).

Reaktionsspektrum gegenüber der M2EA: Transektflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Transektflug war „Keiner reagiert“ (8). Die Reaktionen eines des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 60: Mitte Rechts).

Reaktionsspektrum gegenüber der M2EA: Schwebeflug

Die einzige Reaktion der brütenden Brachvögel auf den M2EA im Schwebeflug war „Keiner reagiert“ (4). Die Reaktionen des „Brutpaares gemeinsam“, eines „Weibchens“, „Männchens“, die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden (Abb. 60: Rechte Seite).

Reaktionsspektrum brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 23.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

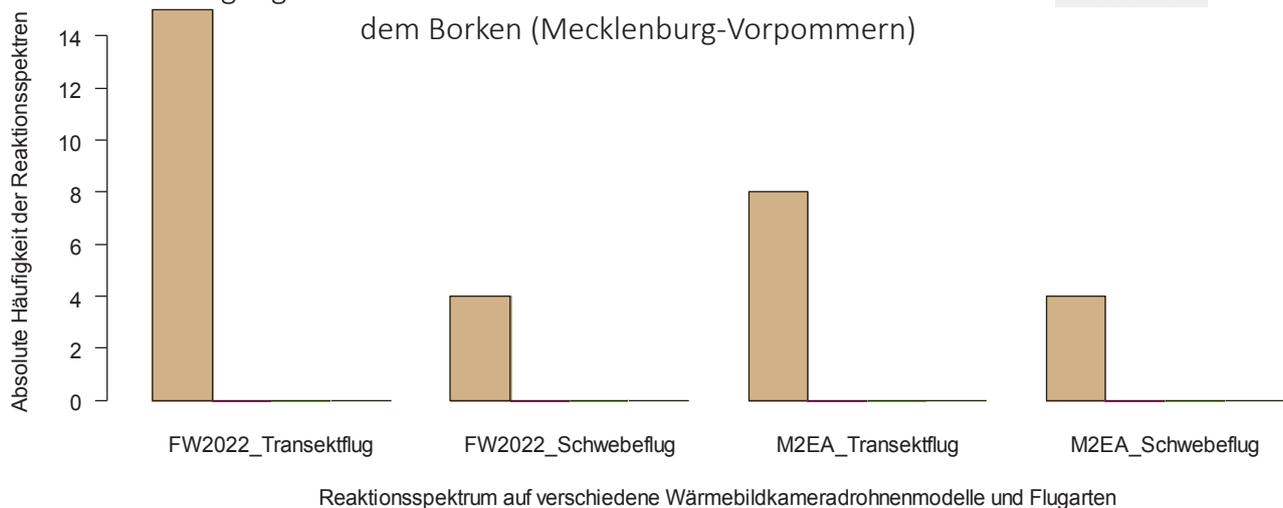


Abb. 60: Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten des Reaktionsspektrums „Keiner reagierte“ (■), „Brutpaar reagierte gemeinsam“ (■), „Weibchen (♀) reagierte“ (■), „Männchen (♂) reagierte“ (■), „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ (■) und „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ (■) brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) auf die zwei Wärmebildkameradrohnen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) im Transekt- und Schwebeflug am 23.05.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Beflogen wurden die Gelege von BP2b, BP8, BP9 und BP10, wobei drei FW2022 Transektflüge, ein FW2022 Schwebeflug, zwei M2EA Transektflüge und einen M2EA Schwebeflug durchgeführt wurden (n = 28 Reaktionen). Die einzige Reaktion beim FW2022 Transektflug (n = 12 Reaktionen) war „Keiner reagierte“ (12). Kein einziges Mal reagierte das „Brutpaar gemeinsam“, „Weibchen“ oder „Männchen“. Es gab keine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und auch keine „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“. Beim FW2022 Schwebeflug (n = 4 Reaktionen) war die einzige Reaktion „Keiner reagierte“ (4). Die Reaktionen „Brutpaar gemeinsam“, nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. Die häufigste Reaktion beim M2EA Transektflug (n = 8 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (8). Die Reaktionen nur das „Weibchen“ oder „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ konnte nicht beobachtet werden. Die einzige Reaktion beim M2EA Schwebeflug (n = 4 Reaktionen) war „Keiner reagiert“ (4), wobei die Reaktionen „Brutpaar gemeinsam“, nur das „Weibchen“ oder nur das „Männchen“ reagiert, sowie die „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ oder die „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ nicht beobachtet werden konnten.

Zusammenfassung der Verhaltensreaktionen und des Reaktionsspektrums für alle Befliegungstage (26.04.,06.05. und 23.05.2022)

Insgesamt reagierten die brütenden Brachvögel sehr selten auf die beiden Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten. In der direkten Gegenüberstellung der Wärmebildkameramodelle und den Flugarten war auffällig, dass es keine Reaktionen und Reagierenden zum Schwebeflug gab (siehe Abb. 61: B. & D.), egal welches Wärmebildkamera-drohnenmodell verwendet wurde. Einige wenige Reaktionen und Reagierende gab es beim Transektflug, wobei diese offenbar unabhängig vom Wärmebildkameradrohnenmodell reagierten (siehe Abb. 61: A. & C.). Die Befliegungsart einer Wärmebildkameradrohne scheint demnach in einem geringen Maß eine störende Reaktion bei brütenden Brachvögeln zu erzeugen.

Zusammenfassung der relativen Häufigkeiten der Verhaltensreaktionen und des Verhaltensspektrums brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber Transekt- und Schwebefliegungen mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnen am 26.04., 06.05. und 23.06.2022 auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern)

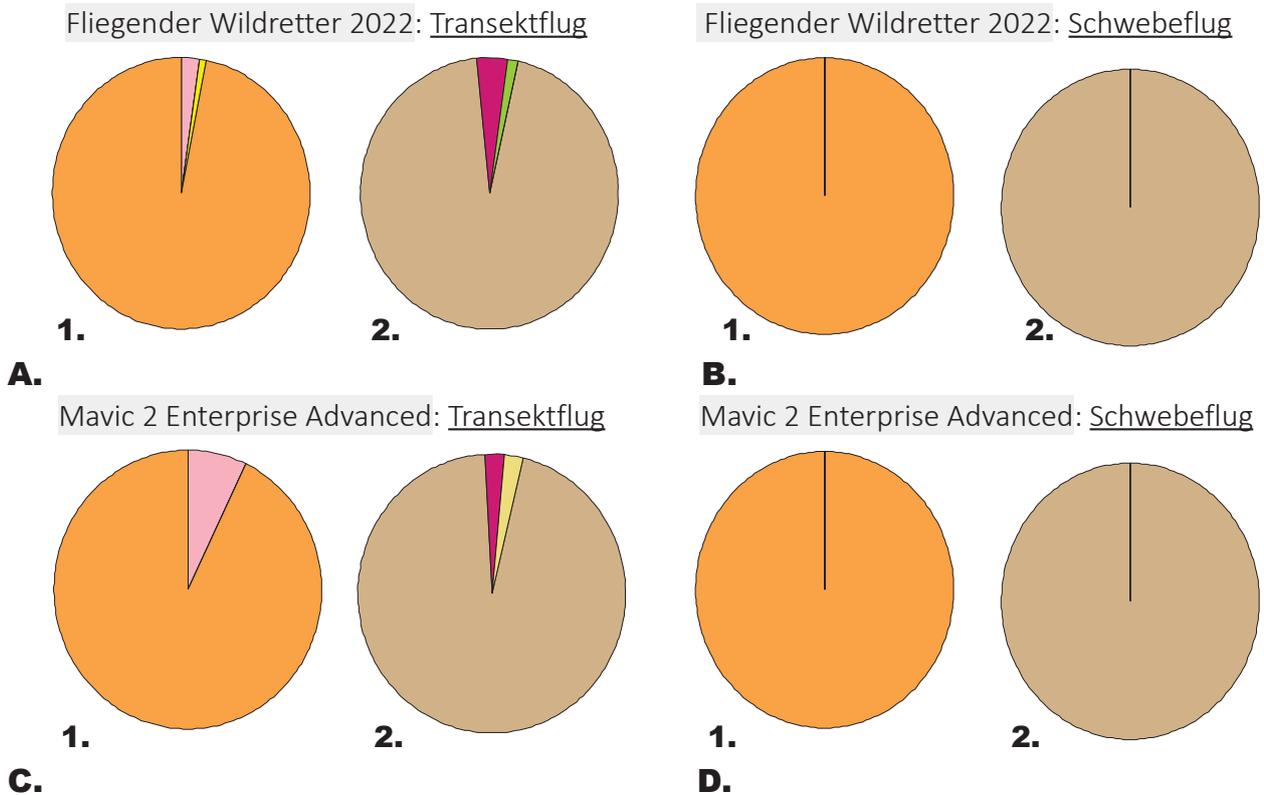


Abb. 61: Zusammenfassung der relativen Häufigkeiten der beobachteten Störreaktionen brütender Großer Brachvögel (*Numenius arquata*) gegenüber zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Die Störreaktionen sind einmal unterteilt in die Verhaltensreaktionen: „Warnruf“ (■), „Warnflug“ (■), „Angriff“ (■), „Verteidigung“ (■), „Flucht“ (■) und „Keine Reaktion“ (■) (Nr. 1), sowie in das Verhaltensspektrum: „Keiner reagierte“ (■), „Brutpaar reagierte gemeinsam“ (■), „Weibchen (♀) reagierte“ (■), „Männchen (♂) reagierte“ (■), „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ (■) und „Beteiligung anderer Wiesenbrüter“ (■) (Nr. 2). Es wurden als Wärmebildkameradrohnenmodelle der „Fliegende Wildretter 2022“ (FW2022) und die „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) und als Flugarten der Transekt- und Schwebeflug genutzt. Es sind alle Störreaktionen aller Brutpaare an allen Befliegungstagen (23.04., 06.05. und 23.06.2022) in Kuchendiagrammen zusammengefasst. Unterteilt sind diese in Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten A.-D.: **A.** FW2022: Transektflug. **1.** Die häufigste Verhaltensreaktion von n = 128 war „Keine Reaktion“ (96,88%). Deutlich seltener waren der „Warnruf“ (2,34%) und die „Flucht“ (0,78%). Es gab keinen „Warnflug“, „Angriff“ und keine „Verteidigung“. **2.** Am häufigsten gab es im Reaktionsspektrum von n = 78 „Keiner reagierte“ (94,87%). Deutlich seltener reagierten das „Brutpaar gemeinsam“ (3,85%) und das „Weibchen“ (1,28%). Es gab keine Reaktionen vom „Männchen“, keine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und „Beteiligung benachbarter Wiesenbrüter“. **B.** FW2022: Schwebeflug. **1.** Die einzige Verhaltensreaktion von n = 24 war „Keine Reaktion“ (100%). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Verteidigung“ und „Flucht“. **2.** Im Reaktionsspektrum von n = 40 gab es einzig „Keiner reagierte“ (100%). Es gab keine Reaktionen vom „Weibchen“, „Männchen“, „Brutpaar gemeinsam“, keine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und „Beteiligung benachbarter Wiesenbrüter“. **C.** M2EA: Transektflug. **1.** Die häufigste Verhaltensreaktion von n = 28 war „Keine Reaktion“ (92,86%), deutlich seltener war der „Warnruf“ (7,14%). Es gab keinen „Warnflug“, „Angriff“, keine „Verteidigung“ und „Flucht“. **2.** Im Reaktionsspektrum von n = 43 gab es am häufigsten „Keiner reagierte“ (95,46%). Deutlich seltener reagierten das „Brutpaar gemeinsam“ (2,27%) und das „Männchen“ (2,27%). Es gab keine Reaktionen durch eine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und „Beteiligung benachbarter Wiesenbrüter“. **D.** M2EA: Schwebeflug. **1.** Die einzige Verhaltensreaktion von n = 14 war „Keine Reaktion“ (100%). Es gab keinen „Warnruf“, „Warnflug“, „Angriff“, keine „Verteidigung“ und „Flucht“. **2.** Im Reaktionsspektrum von n = 22 gab es einzig „Keiner reagierte“ (100%). Es gab keine Reaktionen vom „Weibchen“, „Männchen“, „Brutpaar gemeinsam“, keine „Beteiligung benachbarter Brutpaare“ und „Beteiligung benachbarter Wiesenbrüter“.

3.2.2.2 Störreaktionen und Bebrütungsfrequenzen (Nestwärmesignaturen): Brutverhalten vor, während und nach einem Befliegungstag

Folgend werden alle BP, die mit Wärmebilddrohnen befliegen wurden, einzeln betrachtet, um ein möglichst breites Bebrütungsverhaltensspektrum unterschiedlicher BP und ihrer individuellen Neststandorte darstellen zu können. BP11, das aufgrund seiner Nestplatznähe zum Truppenübungsplatz „Jägerbrück“ nicht befliegen wurde, wurde entsprechend nicht untersucht. Für jedes BP wurden einmal die absoluten Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen im entsprechenden gesamten Befliegungszeitraum vor einem, während und nach einem Befliegungstag betrachtet. Für den Befliegungstag am 26.04.2022 wurde der Befliegungszeitraum von 5-14 Uhr, sowie der gleiche Zeitraum am 25.04. und am 27.04.2022 betrachtet. Für den Befliegungstag am 06.05.2022 wurde der Befliegungszeitraum von 5-12 Uhr, sowie der gleiche Zeitraum am 05.05. und am 07.05.2022 betrachtet. Für den Befliegungstag am 23.05.2022 wurde der Befliegungszeitraum von 7-12 Uhr, sowie der gleiche Zeitraum am 22.05. und am 24.05.2022 betrachtet. Die generelle Störung verschiedener Wärmebildkameradrohnen, ihre unterschiedlichen Flugarten, sowie der mehrstündige Aufenthalt von Menschen und Materialien (Drohnenführer, Autos, etc.) am Start- und Endpunkt wurden demnach als potentielle Gesamtstörung über einen gewissen Zeitraum betrachtet. Als nächstes wurden zwei visuelle Gegenüberstellungen des Befliegungstages, einen Tag davor und einen Tag danach beschrieben, die einmal den generellen Temperaturverlauf der Umgebungs- und der Nesttemperaturen, sowie den Verlauf der Temperaturdifferenzen von Umgebungs- und Nesttemperatur darstellen. Ein allgemeiner Temperaturverlauf der Umgebungs- und Nesttemperatur mit zeitlich genau eingezeichneten Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten wurde zuletzt beschrieben.

Brutpaar (BP1): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 variierten im direkten Vergleich maßgeblich untereinander (Abb. 62 & Tab. 7): Am Befliegungstag kam es markanten Häufungen der als konstant eingestuften Nesttemperaturdifferenz $-0,5^{\circ}\text{C}$ (90), wohingegen 0°C (7) seltener war und deutlich erkennbar $-1,5^{\circ}\text{C}$ (10) auftrat. Am Vortag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (104), seltener bei $-0,5^{\circ}\text{C}$ (2) und mit zwei Nesttemperaturdifferenzausreißern bei -1°C (1) und $+1^{\circ}\text{C}$ (1). Am Tag nach der Befliegung lagen die Häufigkeiten wieder bei 0°C (95), seltener bei $-0,5^{\circ}\text{C}$ (5), $+1^{\circ}\text{C}$ (7) und $-1,5^{\circ}\text{C}$ (1).

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP1 und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 63: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 63: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 64 und 65 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP1 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 64: A. Transektflug FW2022, Abb. 64: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 65: A. Transektflug M2EA und Abb. 65: B. Schwebeflug M2EA.

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquarta*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

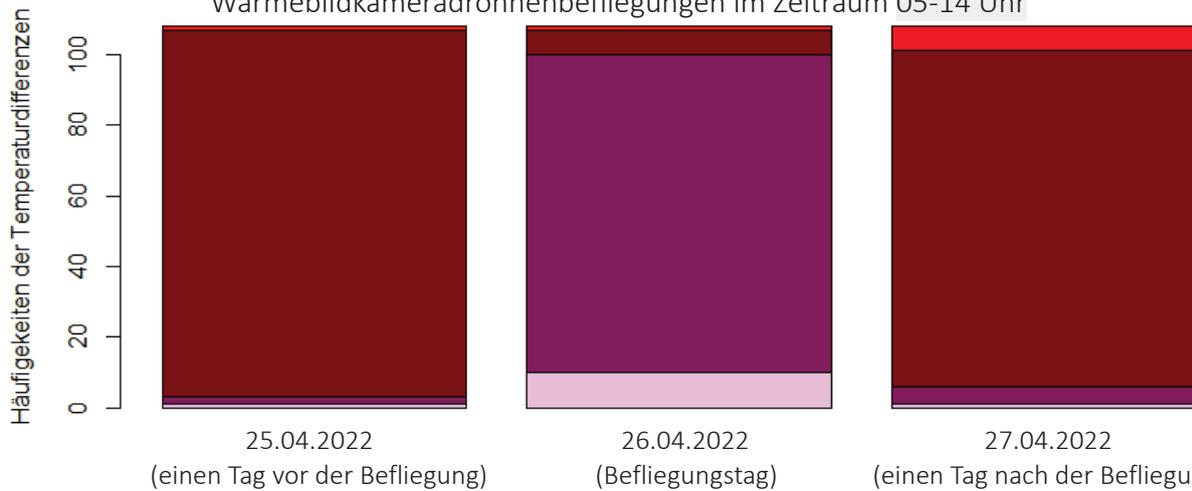


Abb. 62: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquarta*) Geleges von Brutpaar 1 (BP1) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324 (3 \times 108)$) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 7 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei $-0,5^\circ\text{C}$, 0°C und $0,5^\circ\text{C}$ vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielten. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und $+1^\circ\text{C}$, deutlich erkennbar bei $-1,5^\circ\text{C}$ und $1,5^\circ\text{C}$, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und $+2^\circ\text{C}$, stark bei $-2,5^\circ\text{C}$ und $2,5^\circ\text{C}$, sehr stark bei -3°C und $+3^\circ\text{C}$ und erheblich bei $>-3,5^\circ\text{C}$ und $>+3,5^\circ\text{C}$. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (104) und $-0,5^\circ\text{C}$ (2). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und deutlich erkennbar um $+1,5^\circ\text{C}$ (1) vom Optimum ab. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei $-0,5^\circ\text{C}$ (90) und 0°C (7). Siebzehnmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um $-1,5^\circ\text{C}$ (10) und erkennbar um $+1^\circ\text{C}$ (7) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (95) und $-0,5^\circ\text{C}$ (5). Achtmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um $-1,5^\circ\text{C}$ (1) und erkennbar um $+1^\circ\text{C}$ (7) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 sehr häufig um $-0,5^\circ\text{C}$ abnahmen, wohingegen sie bei den beiden anderen Tagen sehr häufig bei 0°C lagen.

Tab. 7: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324 (3 \times 108)$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquarta*) Geleges von Brutpaar 1 (BP1) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022 zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich (-4°C)	Erheblich (-3,5°C)	Sehr stark (-3°C)	Stark (-2,5°C)	Sehr deutlich erkennbar (-2°C)	Deutlich erkennbar (-1,5°C)	Erkennbar (-1°C)	Konstant (-0,5°C)	Konstant (0°C)	Konstant (+0,5°C)	Erkennbar (+1°C)	Deutlich erkennbar (+1,5°C)	Sehr deutlich erkennbar (+2°C)	Stark (+2,5°C)	Sehr stark (+3°C)	Erheblich (+3,5°C)	Erheblich (+4°C)
25.04.2022	0	0	0	0	0	0	1	2	104	0	1	0	0	0	0	0	0
26.04.2022	0	0	0	0	0	10	0	90	7	0	1	0	0	0	0	0	0
27.04.2022	0	0	0	0	0	1	0	5	95	0	7	0	0	0	0	0	0

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 1 (BP1) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022

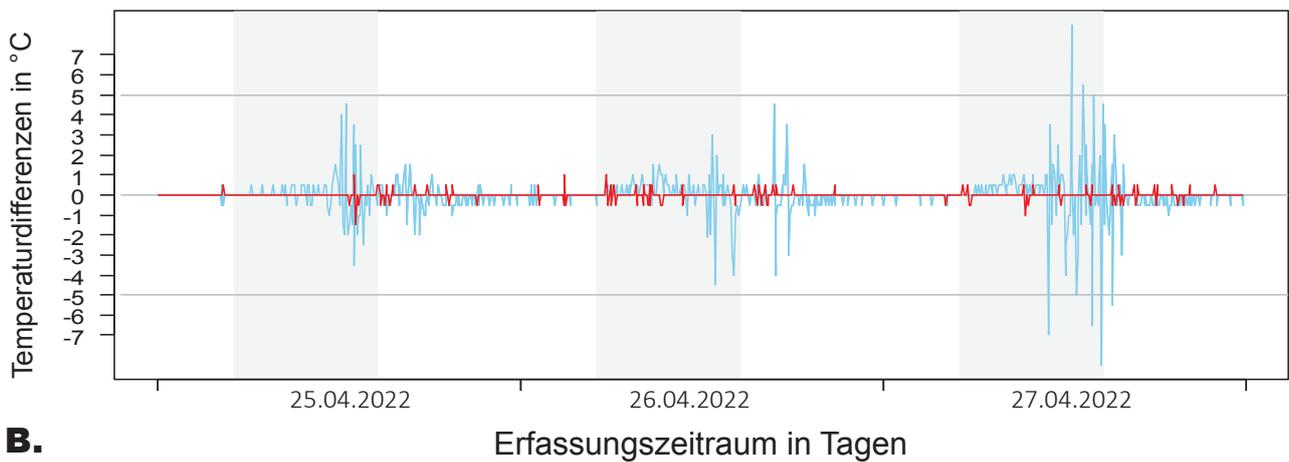
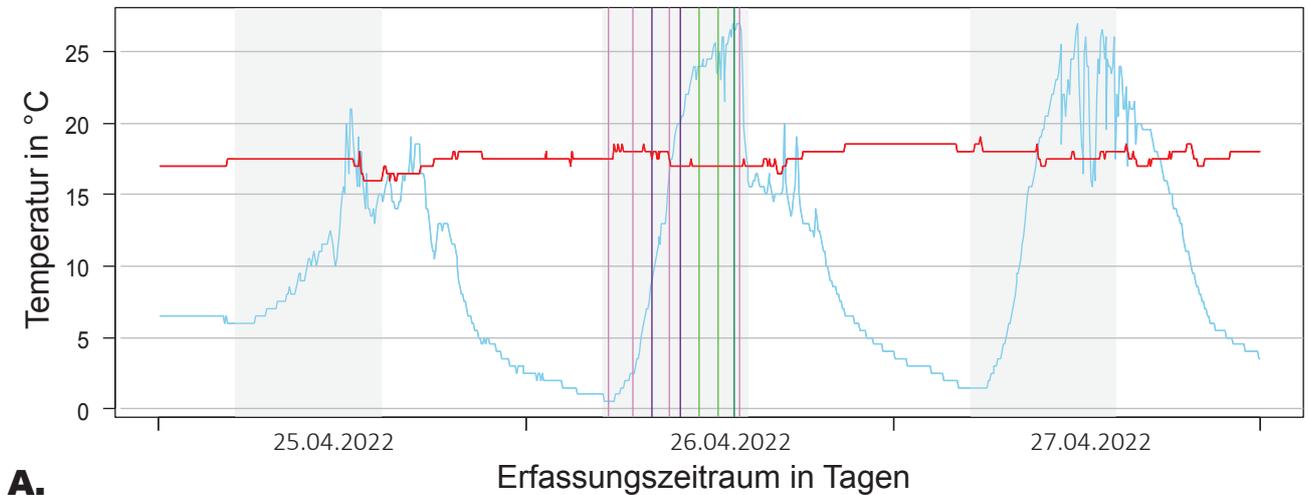
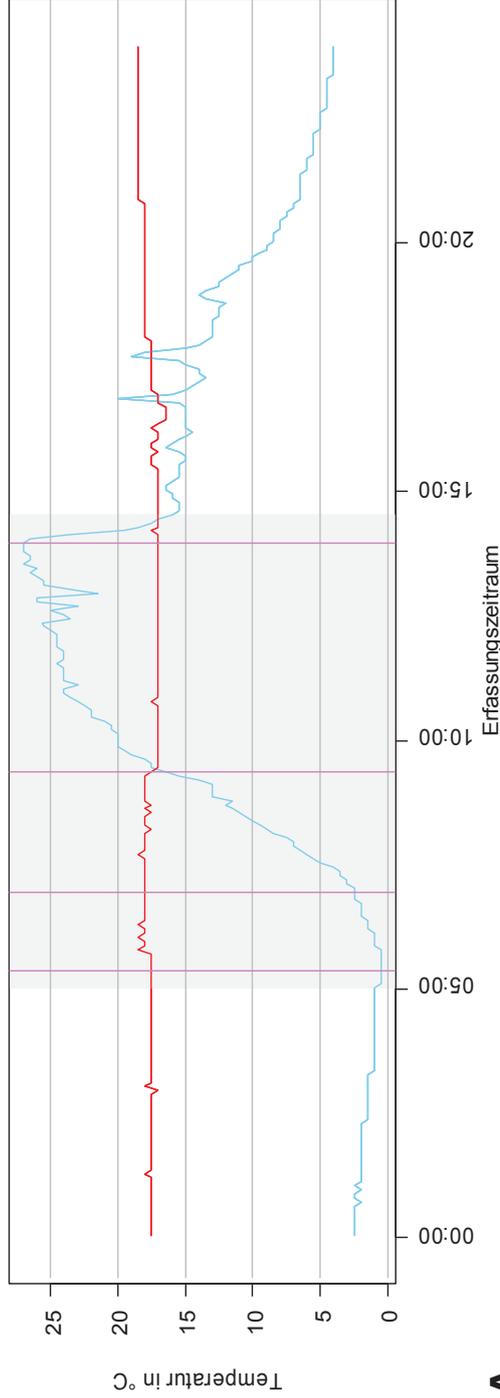


Abb. 63: **A.** Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022), am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:20 Uhr, 06:58 Uhr, 09:23 Uhr und 13:55 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:11 Uhr und 10:08 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 11:21 Uhr und 12:32 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:39 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 62 und Tab. 7 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

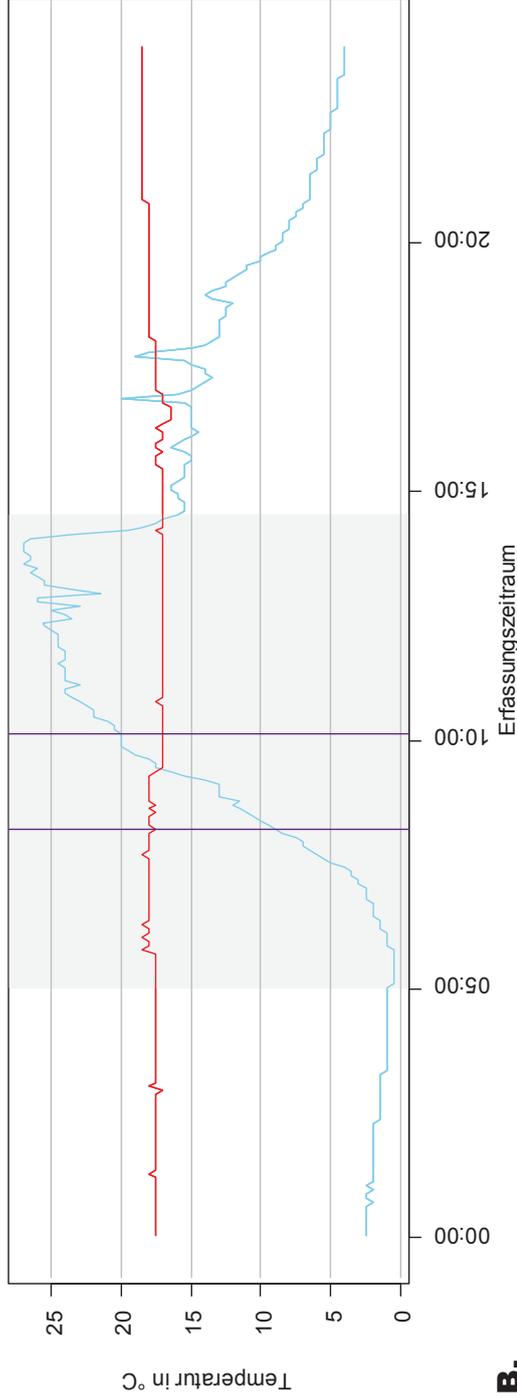
Brutpaar 1 (BP1) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



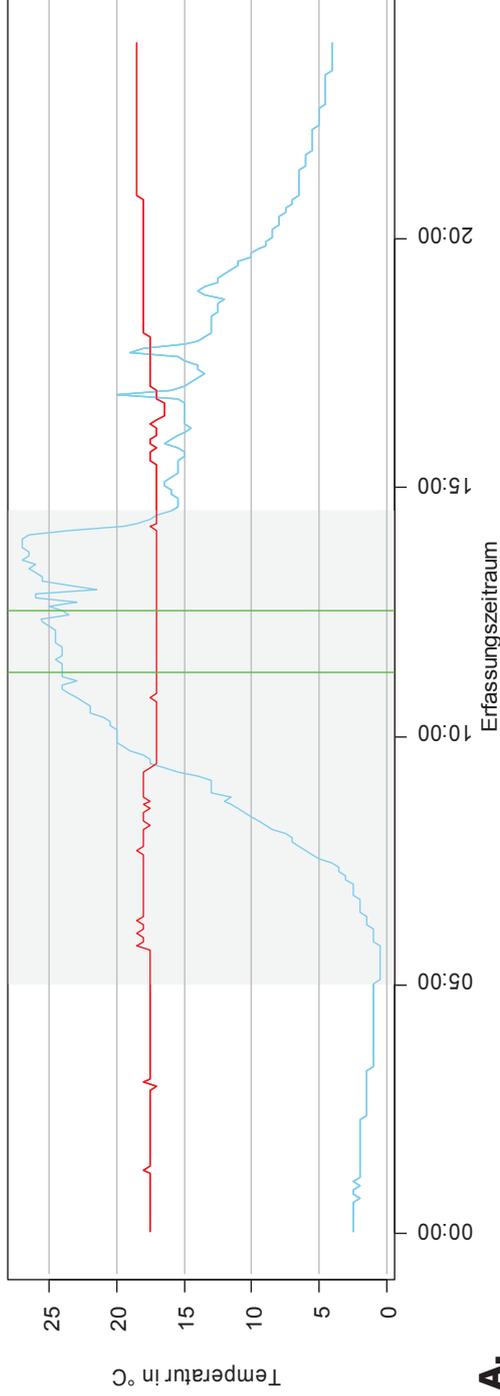
B.

Abb. 64: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Geleges von Brutpaar 1, (BP1, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamerdrohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP1 lag am 26.04.2022 bei 20°C, die niedrigste bei 11°C und die höchste bei 25°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 13°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 31°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen und Flugarten „Transektflug“ und „Schwebeflug“ sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:20 Uhr, 06:58 Uhr, 09:23 Uhr und 13:55 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 08:11 Uhr und 10:08 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

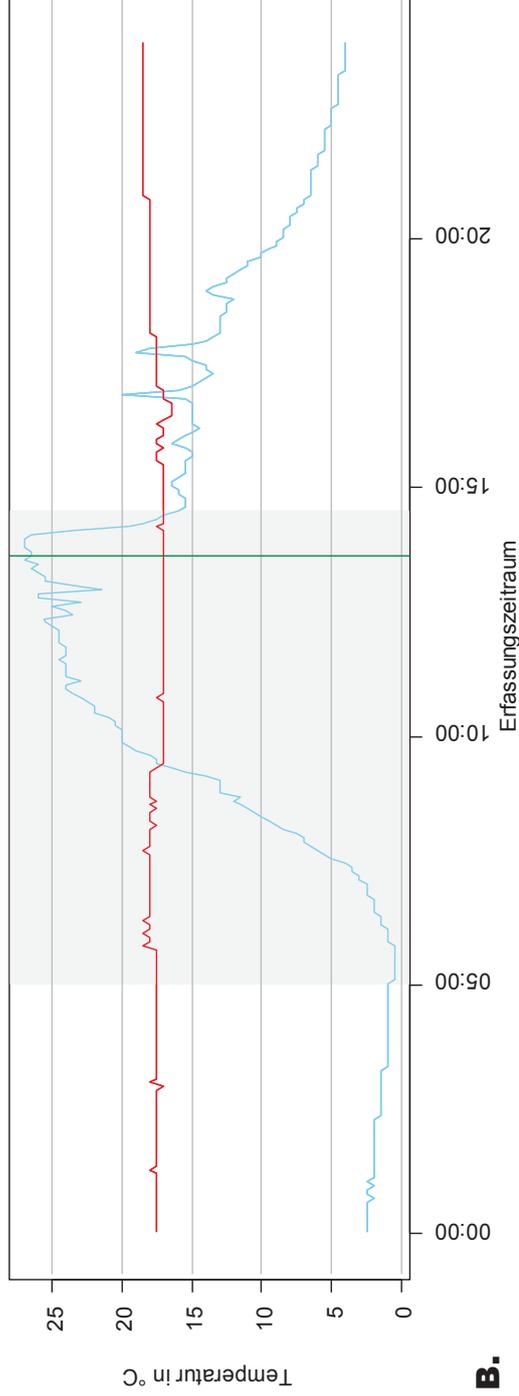
Brutpaar 1 (BP1) am Befliegungstag 26.04.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 65: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera drohenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP1 lag am 26.04.2022 bei 20°C, die niedrigste bei 11°C und die höchste bei 25°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 13°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 31°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen und Flugarten der „Transektflug“ und „Schwebeflug“ sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 11:21 Uhr und 12:32 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 13:39 Uhr.

Brutpaar (BP1): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich geringfügig untereinander (Abb. 66 & Tab. 8): Am Befliegungstag kam es zu einer auffälligen Häufung der als konstant eingestuften Nesttemperaturdifferenz 0°C (80) und selten zu -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Weitere Nesttemperaturdifferenzwerte gab es an diesem Tag nicht. Am Vortrag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (70), seltener bei -0,5°C (7) und +0,5°C (3). Es gab vier Nesttemperaturdifferenzausreißer bei +1°C (2), +1,5°C (1) und -2°C (1). Am Tag nach der Befliegung war die Nesttemperaturdifferenz 0°C (65) am häufigsten, seltener waren -0,5°C (10) und +0,5°C (9). BP1 schien am Befliegungstag intensiver zu brüten als an den Tagen davor.

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

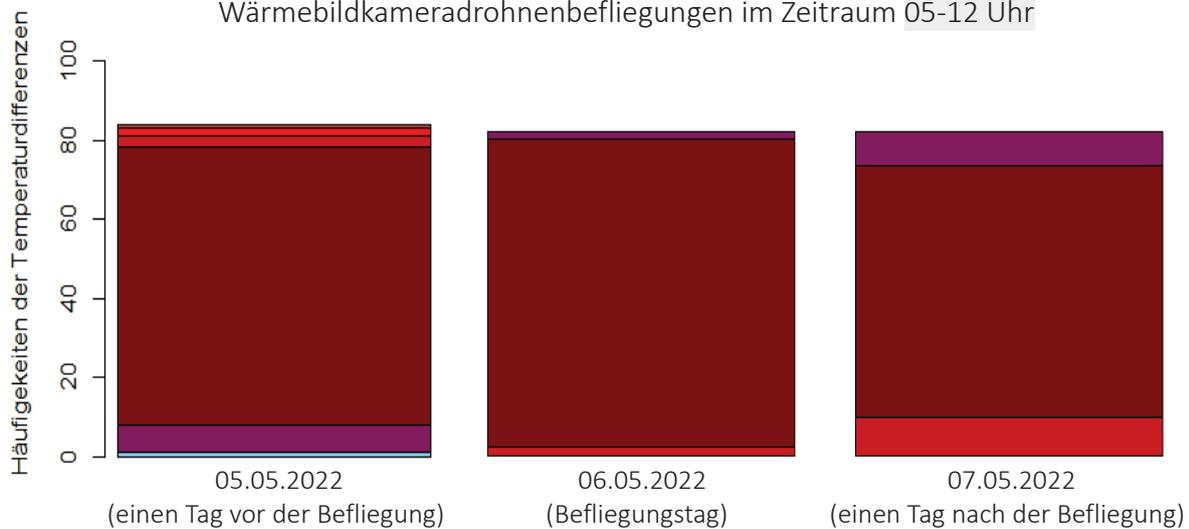


Abb. 66: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 1 (BP1) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 8 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen lagen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuften Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (70), -0,5°C (7) und +0,5°C (3). Viermal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (2), deutlich erkennbar um +1,5°C (1) und sehr deutlich erkennbar um -2°C (1) vom Optimum ab. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (80), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (65), -0,5°C (10) und +0,5°C (9). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 05.05. und 07.05.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 06.05.2022 sehr häufig konstant waren und nicht schwankten, sondern bei 0°C lagen.

Tab. 8: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 1 (BP1) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022					1			7	70	3	2	1					
06.05.2022								2	80	2							
07.05.2022								10	65	9							

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP1 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 67: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 67: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 64 und 65 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP1 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 68: A. Transektflug FW2022, Abb. 68: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 69: A. Transektflug M2EA und Abb. 69: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 1 (BP1) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022

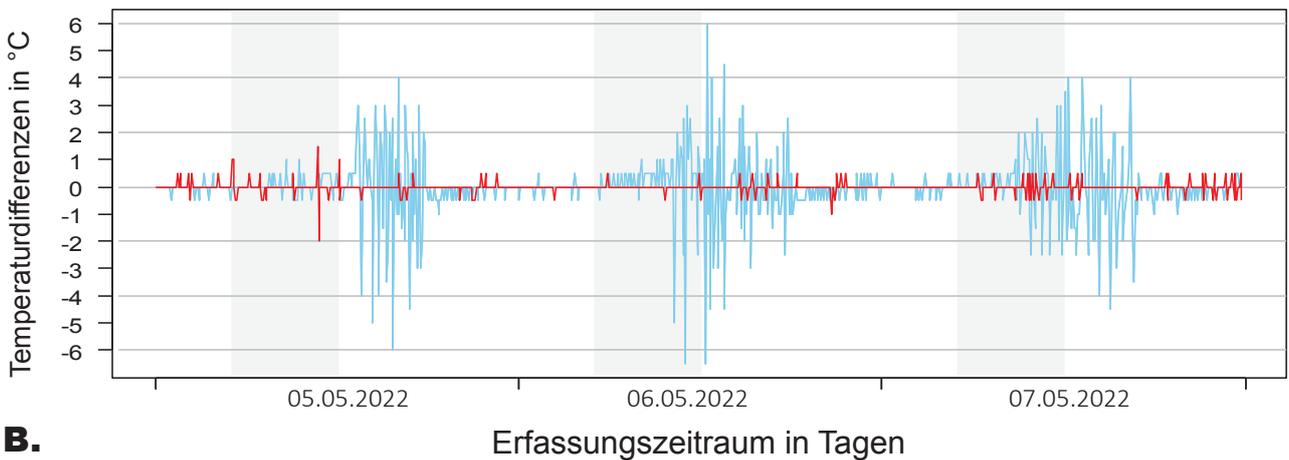
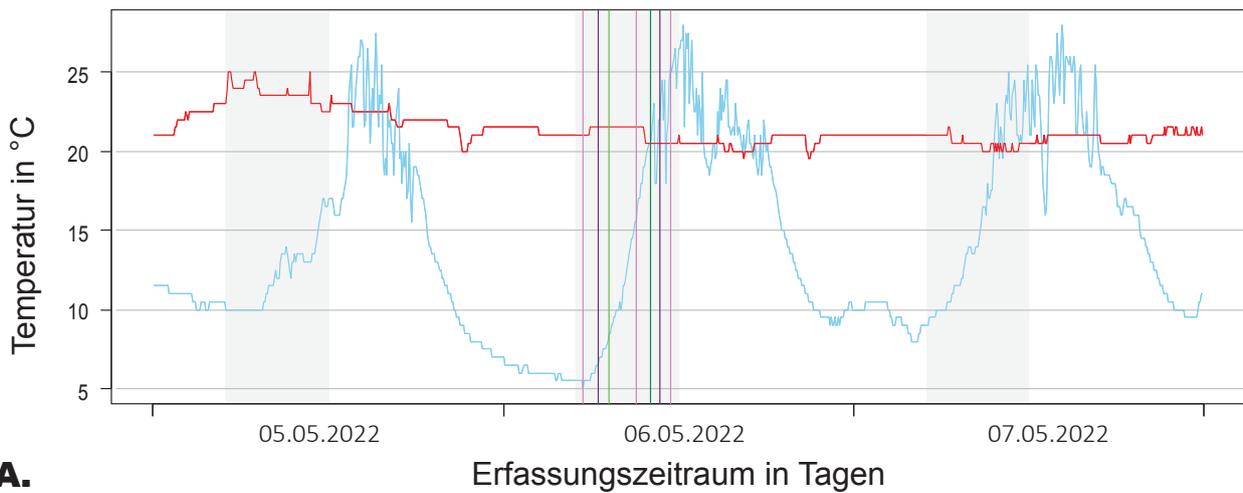
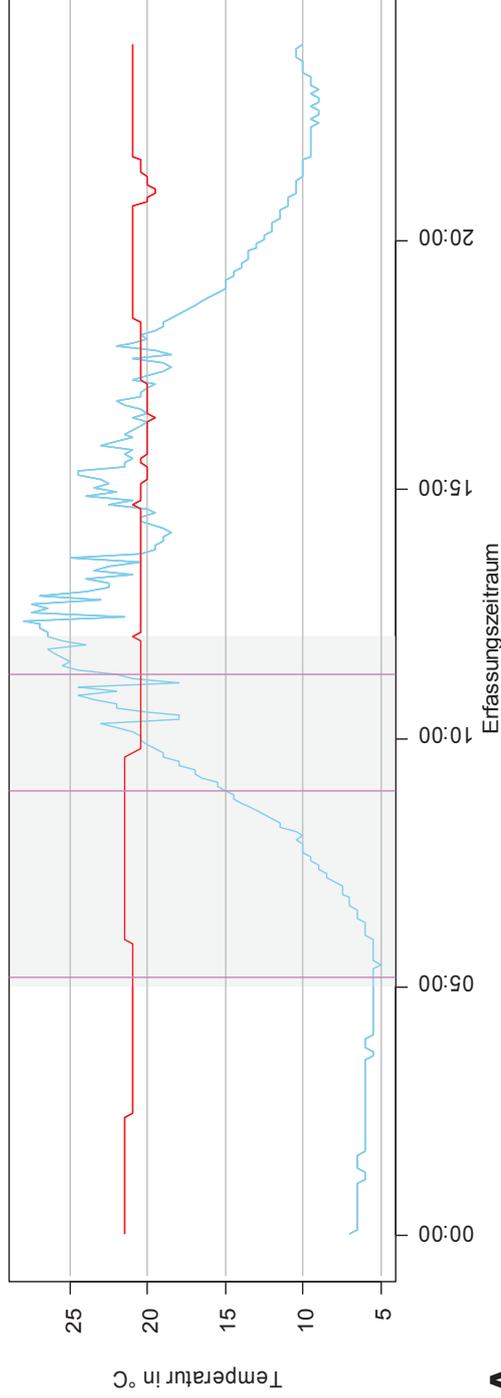


Abb. 67: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und eine Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:20 Uhr, 06:58 Uhr, 09:23 Uhr und 13:55 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:11 Uhr und 10:08 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 11:21 Uhr und 12:32 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:39 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 66 und Tab. 8 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

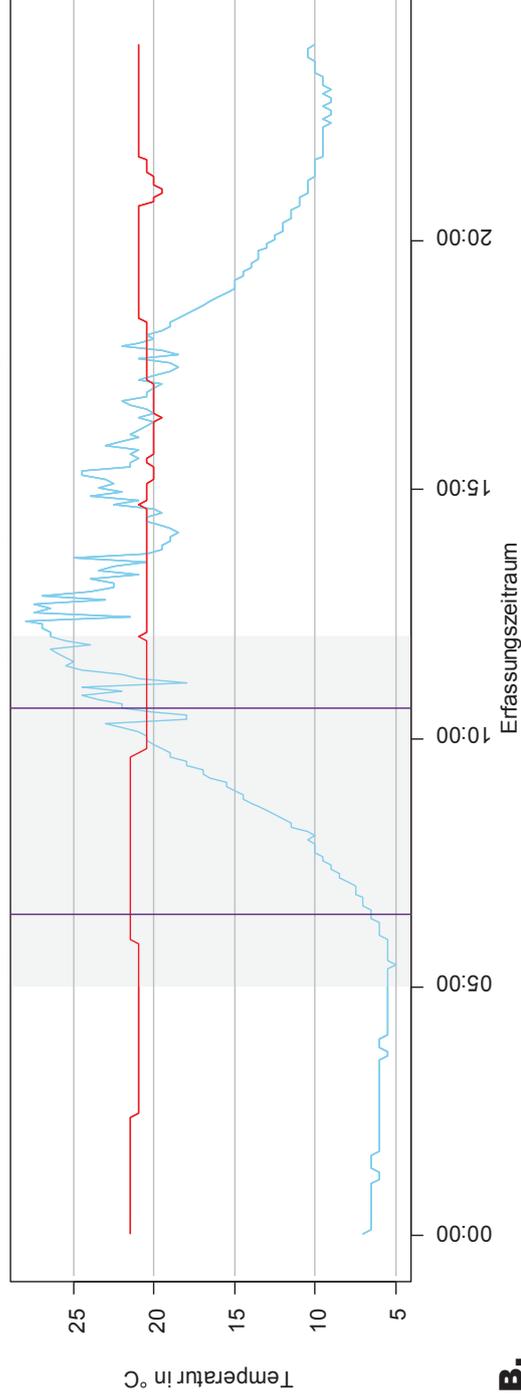
Brutpaar 1 (BP1) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



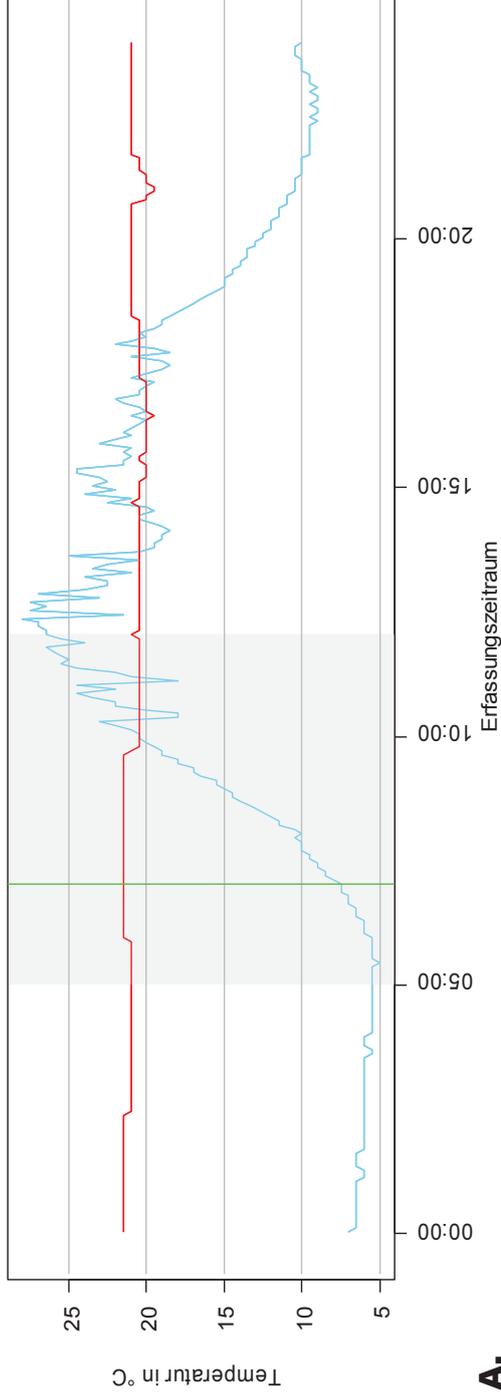
B.

Abb. 68: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP1 lag am 06.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 21°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:12 Uhr, 08:55 Uhr und 11:15 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:27 Uhr und 10:39 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

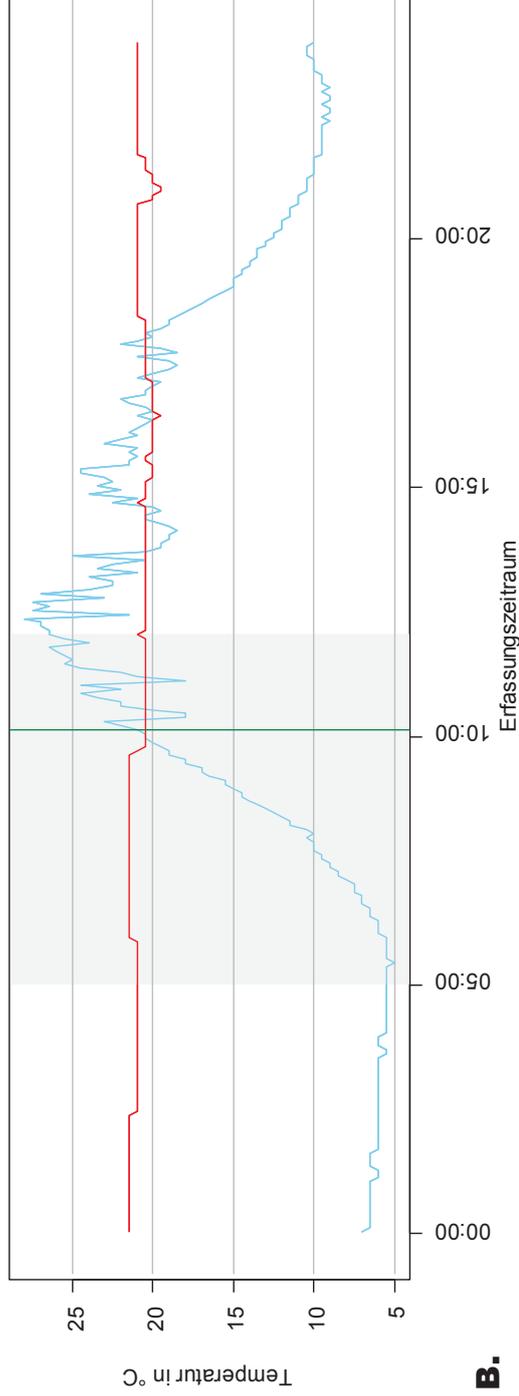
Brutpaar 1 (BP1) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 69: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 1 (BP1, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP1 lag am 06.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 21°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) war um 07:03 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 10:01 Uhr.

Brutpaar (BP2a): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP2a am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 variierten im direkten Vergleich maßgeblich untereinander (Abb. 70 & Tab. 9): Am Befliegungstag kam es markanten Häufungen der als konstant eingestuften Nesttemperaturdifferenz $-0,5^{\circ}\text{C}$ (90), wohingegen 0°C (7) und $+0,5^{\circ}\text{C}$ (1) seltener waren und der Nesttemperaturdifferenz ausreißer $-1,5^{\circ}\text{C}$ (10) auftrat. Am Vortag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (103), seltener bei $-0,5^{\circ}\text{C}$ (2) und $+0,5^{\circ}\text{C}$ (1). Es gab einen Nesttemperaturdifferenz ausreißer bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ (10). Am Tag nach der Befliegung lagen die Häufigkeiten wieder bei 0°C (95), seltener bei $-0,5^{\circ}\text{C}$ (5) und $+0,5^{\circ}\text{C}$ (7). Es gab einen Nesttemperaturdifferenz ausreißer bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ (1).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP2a) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

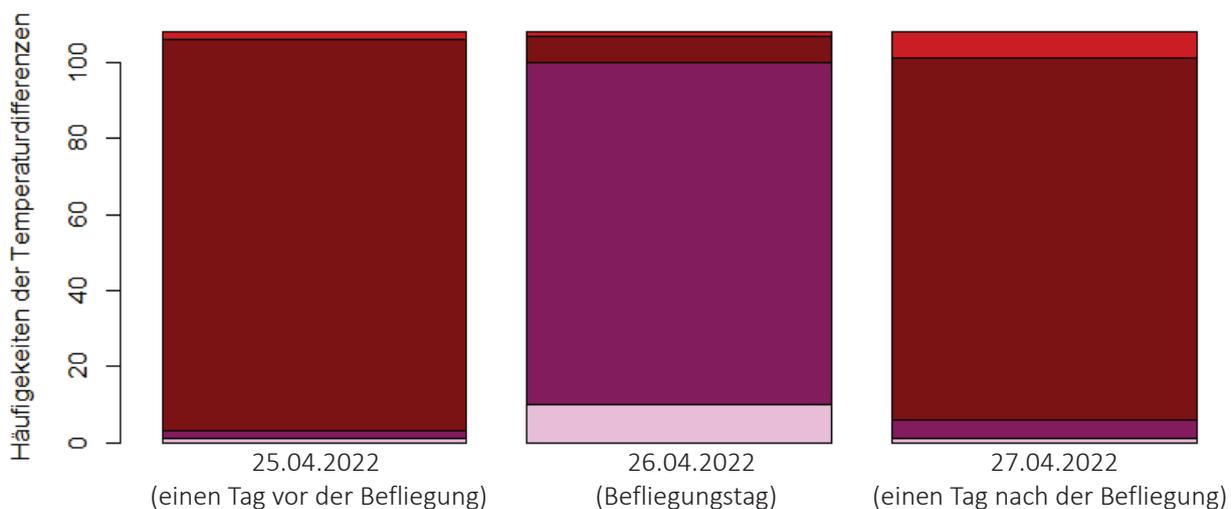


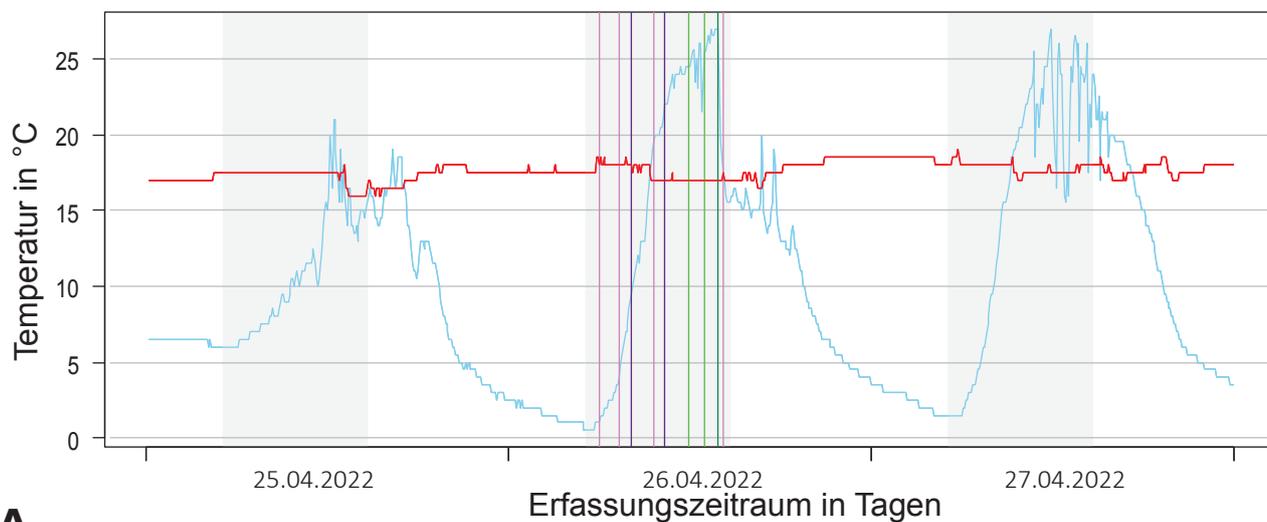
Abb. 70: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 2a (BP2a) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324$ (3×108)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 9 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei $-0,5^{\circ}\text{C}$, 0°C und $0,5^{\circ}\text{C}$ vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuften Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und $+1^{\circ}\text{C}$, deutlich erkennbar bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ und $1,5^{\circ}\text{C}$, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und $+2^{\circ}\text{C}$, stark bei $-2,5^{\circ}\text{C}$ und $2,5^{\circ}\text{C}$, sehr stark bei -3°C und $+3^{\circ}\text{C}$ und erheblich bei $>-3,5^{\circ}\text{C}$ und $>+3,5^{\circ}\text{C}$. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (103), $-0,5^{\circ}\text{C}$ (2) und $+0,5^{\circ}\text{C}$ (2). Einmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um $-1,5^{\circ}\text{C}$ (1) vom Optimum ab. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei $-0,5^{\circ}\text{C}$ (90), 0°C (7) und $+0,5^{\circ}\text{C}$ (1). Zehnmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um $-1,5^{\circ}\text{C}$ (10) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (95), $+0,5^{\circ}\text{C}$ (5) und $-0,5^{\circ}\text{C}$ (5). Einmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um $-1,5^{\circ}\text{C}$ (1) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 sehr häufig um $-0,5^{\circ}\text{C}$ abnahmen, wohingegen sie bei den beiden anderen Tagen sehr häufig bei 0°C lagen.

Tab. 9: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324$ (3 x 108)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 2a (BP2a) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

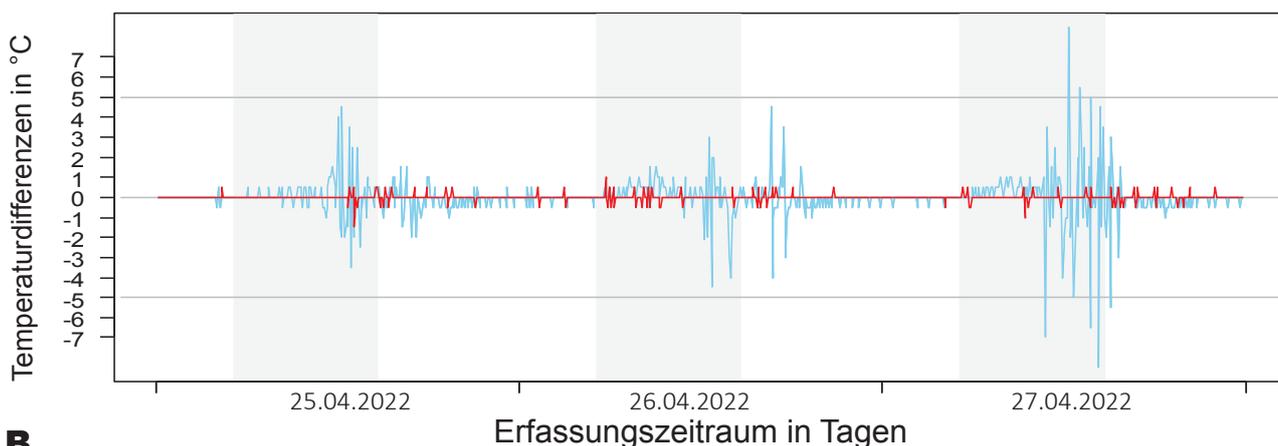
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
25.04.2022						1		2	103	2							
26.04.2022						10		90	7	1							
27.04.2022						1		5	95	7							

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP2a und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 71: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 71: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 72 und 73 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP2a und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 72: A. Transektflug FW2022, Abb. 72: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 73: A. Transektflug M2EA und Abb. 73: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 2a (BP2a) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022



A.



B.

Abb. 71: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2a (BP2a, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022), am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00–14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:57 Uhr, 07:15 Uhr, 09:37 Uhr und 14:12 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:05 Uhr und 10:17 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 11:50 Uhr und 12:55 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:48 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 70 und Tab. 9 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 2a (BP2a) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug

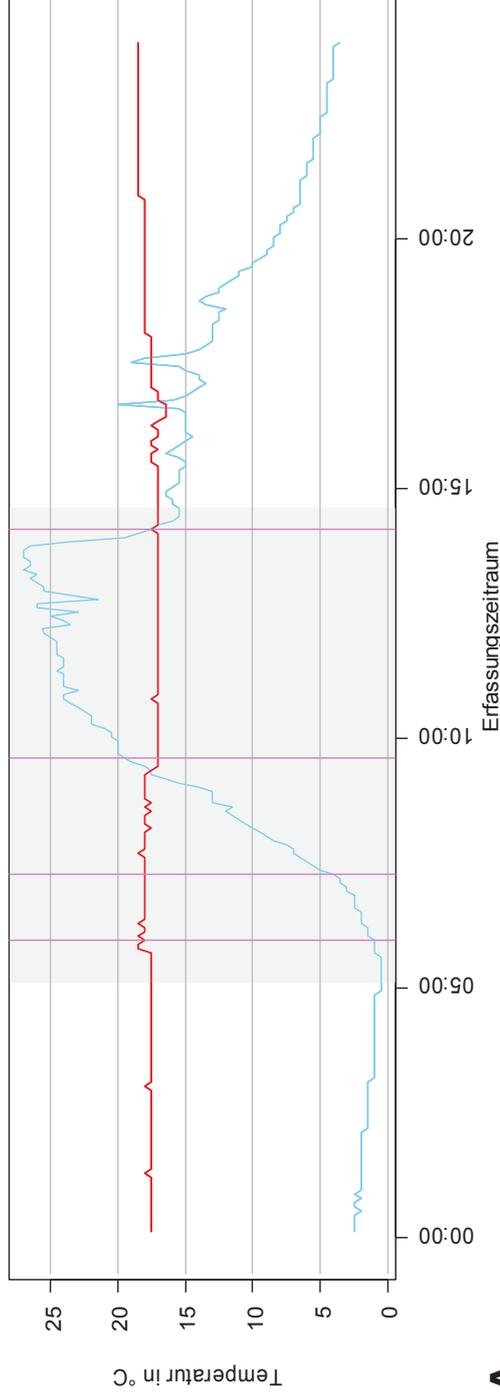
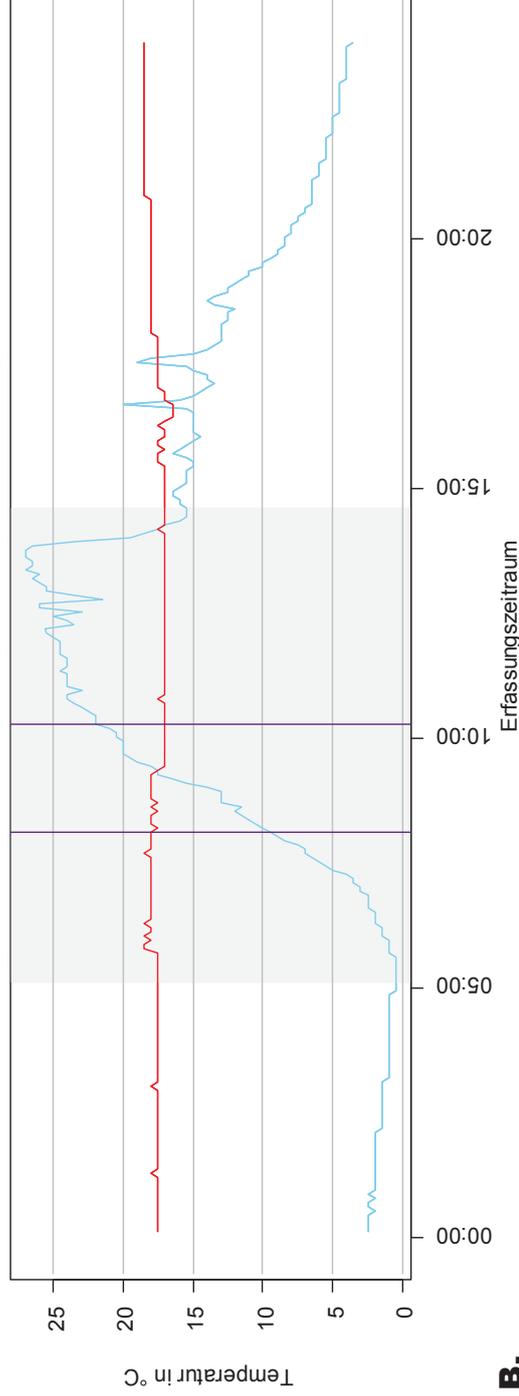


Abb. 72: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2a (BP2a, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkameradrohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP2a lag am 26.04.2022 bei 18,5°C, die niedrigste bei 16,5°C und die höchste bei 17,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) waren um 05:57 Uhr, 07:15 Uhr, 09:37 Uhr und 14:12 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) waren um 08:05 Uhr und 10:17 Uhr.

A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

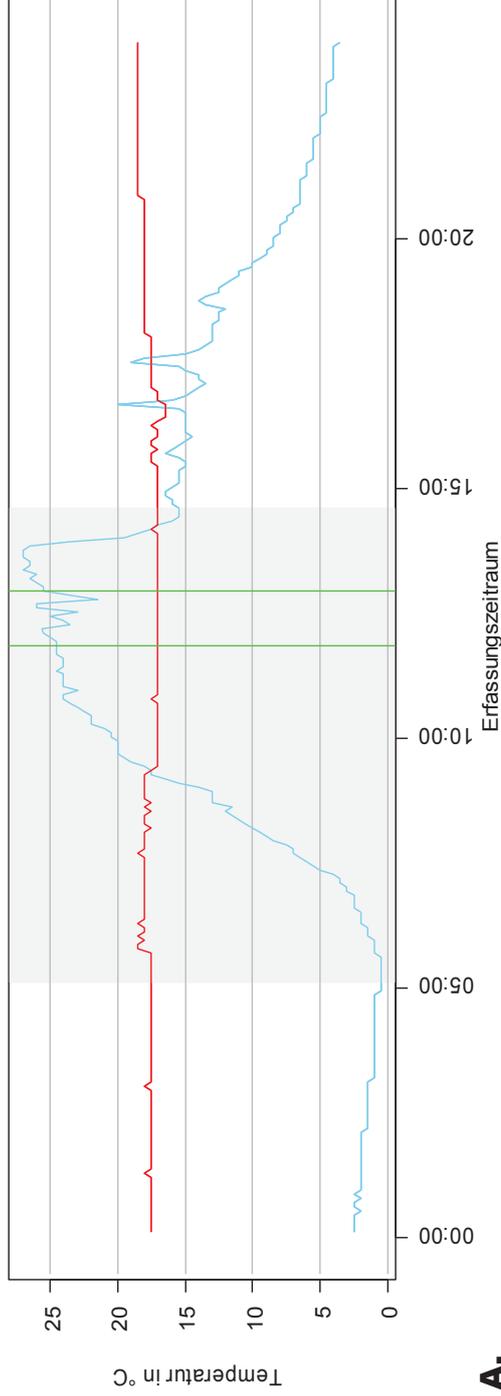


B.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

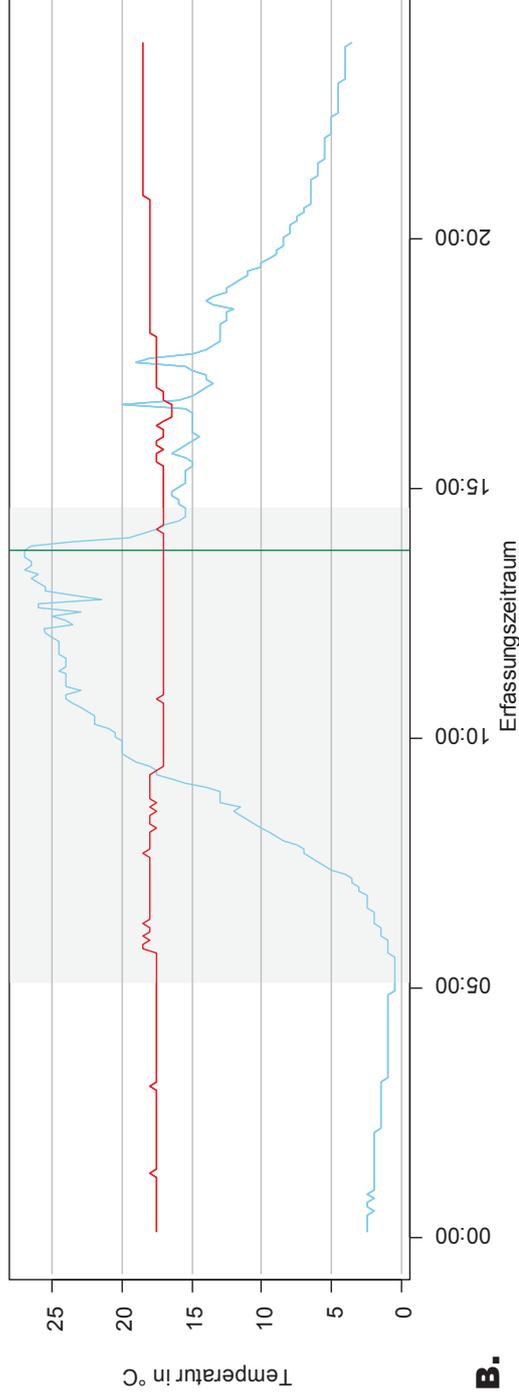
Brutpaar 2a (BP2a) am Befliegungstag 26.04.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 73: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2a (BP2a, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkameradrohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP2a lag am 26.04.2022 bei 18,5°C, die niedrigste bei 16,5°C und die höchste bei 17,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) waren um 11:50 Uhr und 12:55 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:48 Uhr.

Brutpaar (BP2b): Bebrütungsfrequenzen am 22.05., 23.05. und 24.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen von BP2b am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 variierten im direkten Vergleich nicht untereinander (Abb. 74 & Tab. 10): Sowohl einen Tag vor, während als auch einen Tag nach dem Befliegungstag war 0°C am häufigsten (29), weniger häufig waren -0,5°C (3), +0,5°C (2), -1°C (1) und +1°C (1).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP2b) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 07-10 Uhr

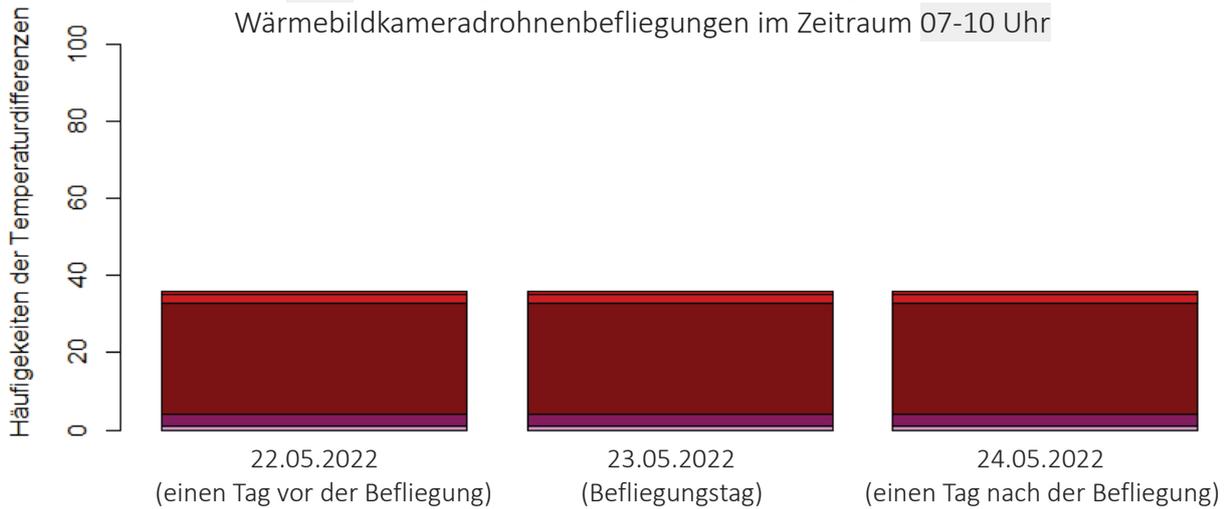


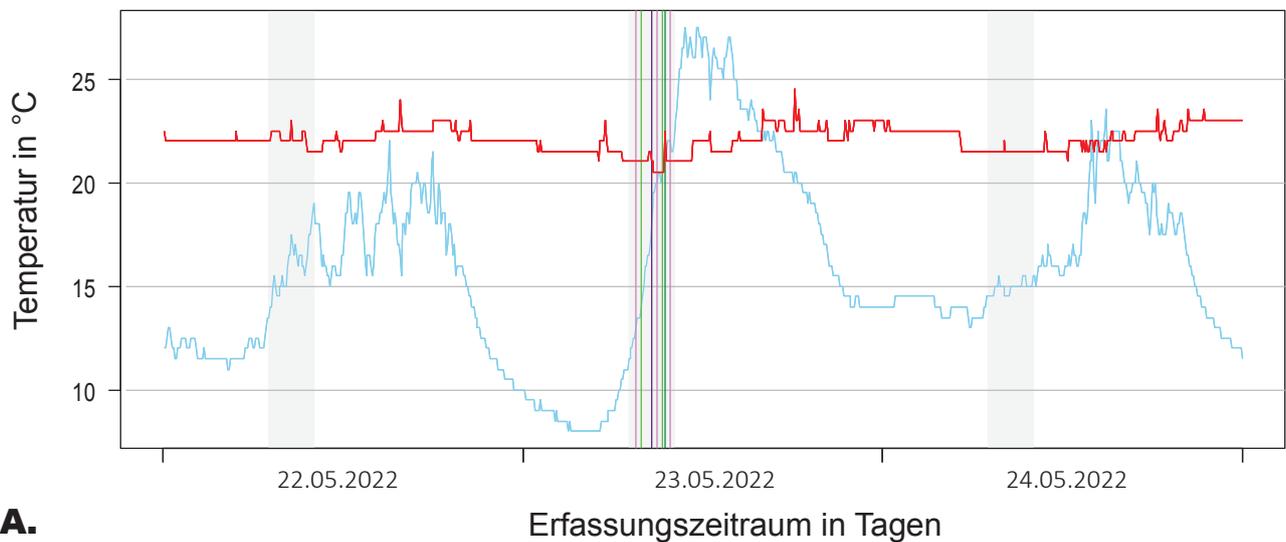
Abb. 74: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 2b (BP2b) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 22.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 23.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 22.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 108$ (3 x 36)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 10 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 22.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (29), -0,5°C (3) und +0,5°C (2). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (1) vom Optimum ab. Am 23.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (29), -0,5°C (3) und +0,5°C (2). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (1) vom Optimum ab. Am 24.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (29), -0,5°C (3) und +0,5°C (2). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 22.05. und 24.05.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 23.05.2022 an allen Tagen gleich häufig auftraten.

Tab. 10: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 108$ (3 x 36)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 2b (BP2b) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 22.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 23.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 24.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

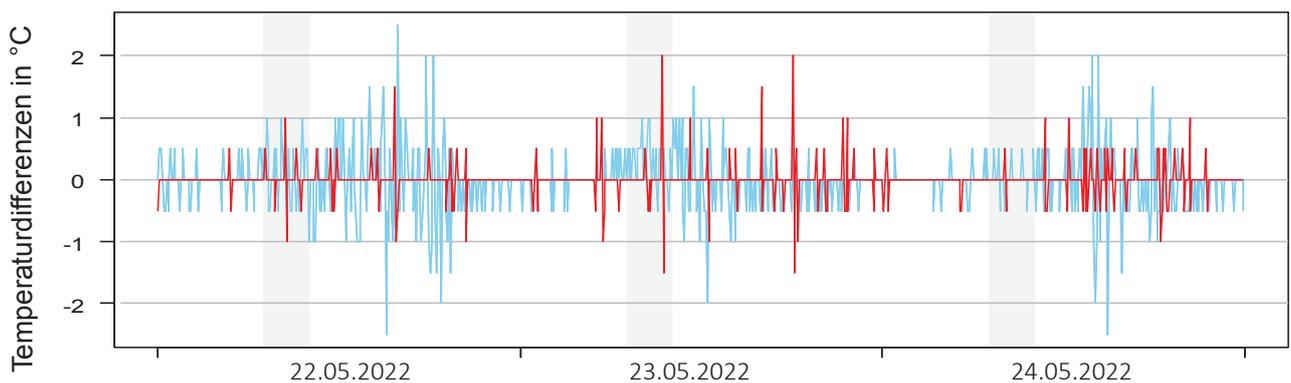
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
22.05.2022							1	3	29	2	1						
23.05.2022							1	3	29	2	1						
24.05.2022							1	3	29	2	1						

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP2b und R1 am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 75: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 75: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 76 und 77 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP2b und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 76: A. Transektflug FW2022, Abb. 76: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 77: A. Transektflug M2EA und Abb. 77: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 2b (BP2b) am 22.05.2022, am Befliegungstag 23.05.2022 und am 24.05.2022



A.



B.

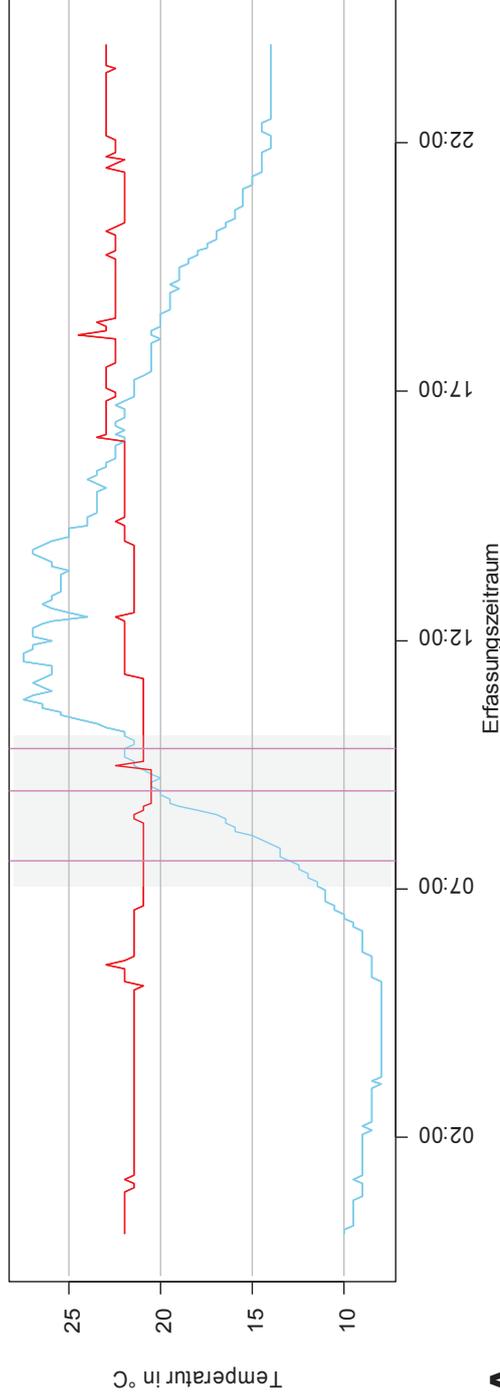
Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 75: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2b (BP2b, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (22.05.2022) am Befliegungstag (23.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (24.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist sowohl am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 23.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 07:33 Uhr, 08:56 Uhr und 09:49 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:32 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:53 Uhr und 09:17 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 09:29 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 74 und Tab. 10 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

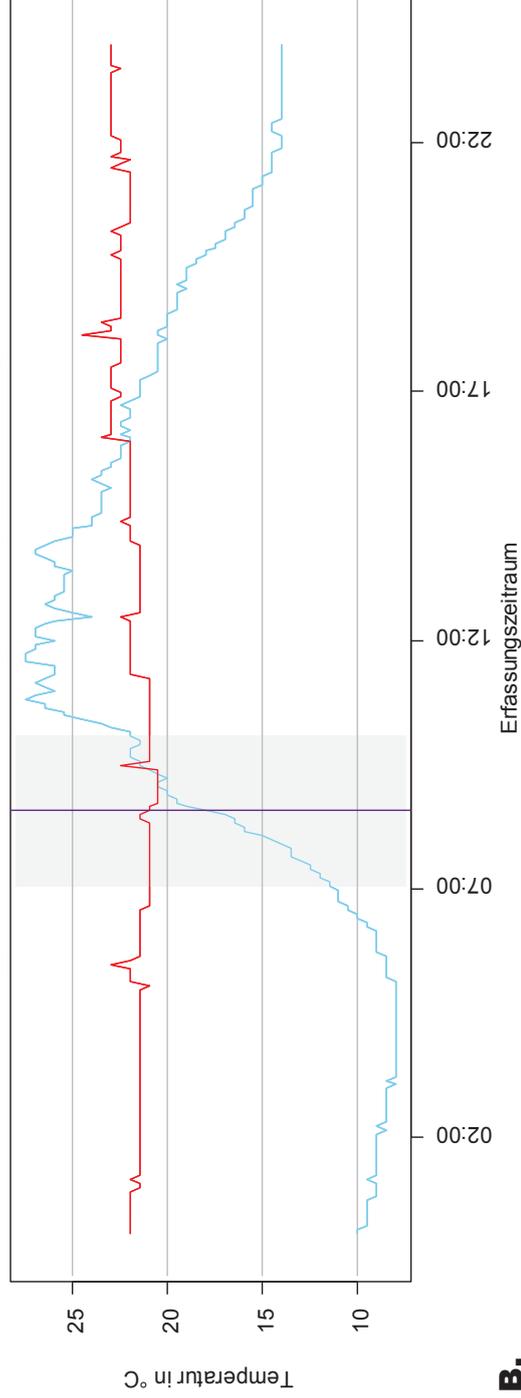
Brutpaar 2b (BP2b) am Befliegungstag 23.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



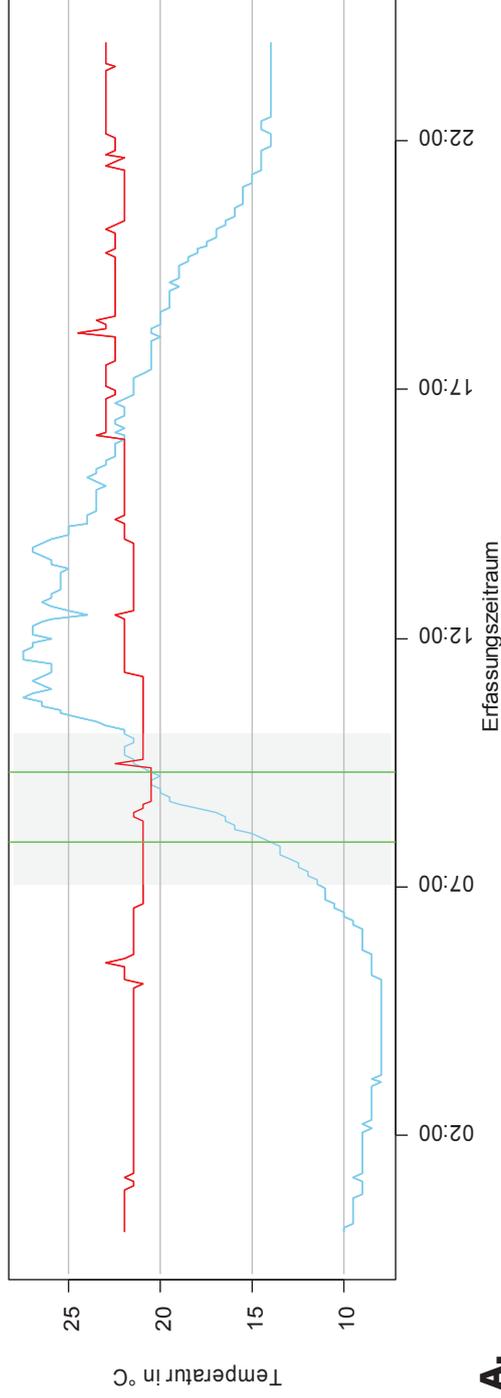
B.

Abb. 76: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2b (BP2b, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP2b lag am 23.05.2022 bei 24,5°C, die niedrigste bei 20,5°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (rote Linie **—**) waren um 07:33 Uhr, 08:56 Uhr und 09:49 Uhr. **B.** Der Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (blaue Linie **—**) war um 08:32 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

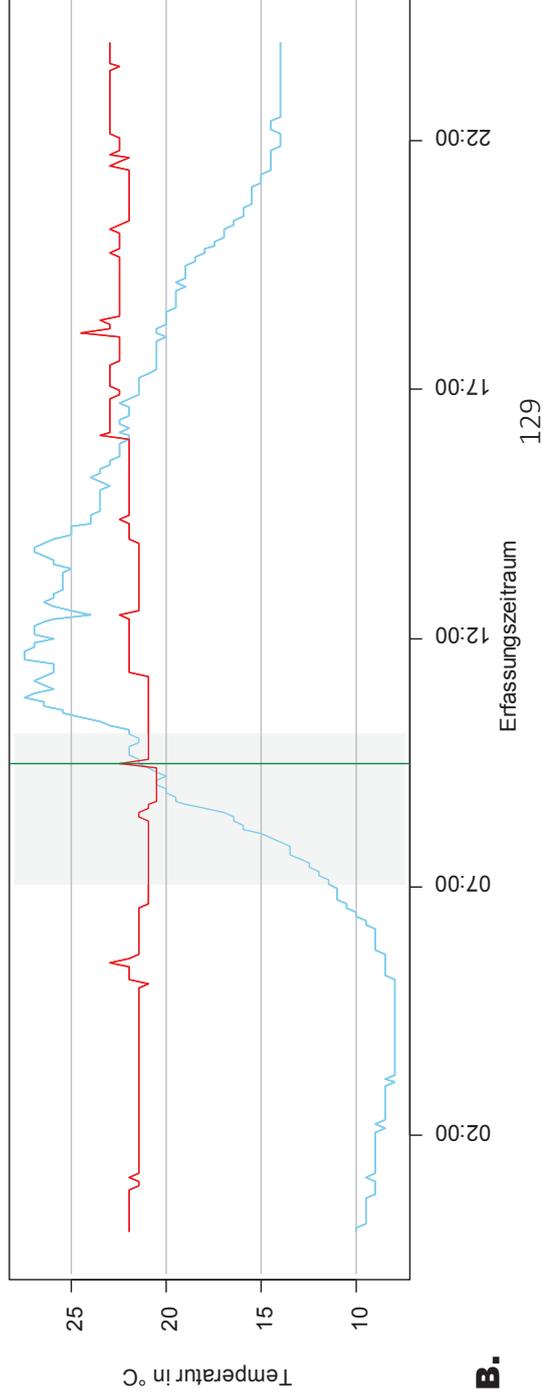
Brutpaar 2b (BP2b) am Befliegungstag 23.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 77: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 2b (BP2b, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkamerdrohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP2b lag am 23.05.2022 bei 24,5°C, die niedrigste bei 20,5°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamerdrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 07:53 Uhr und 09:17 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 09:29 Uhr.

Brutpaar 3 (BP3): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP3 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 variierten im direkten Vergleich wenig untereinander (Abb. 78 & Tab. 11): Am Befliegungstag waren 0°C (92) am häufigsten, gefolgt von -0,5°C (8) und +0,5°C (8). Am Vortrag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (104), seltener bei -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Am Tag nach der Befliegung lagen die Häufigkeiten wieder bei 0°C (97), seltener bei -0,5°C (6) und +0,5°C (5).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP3) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

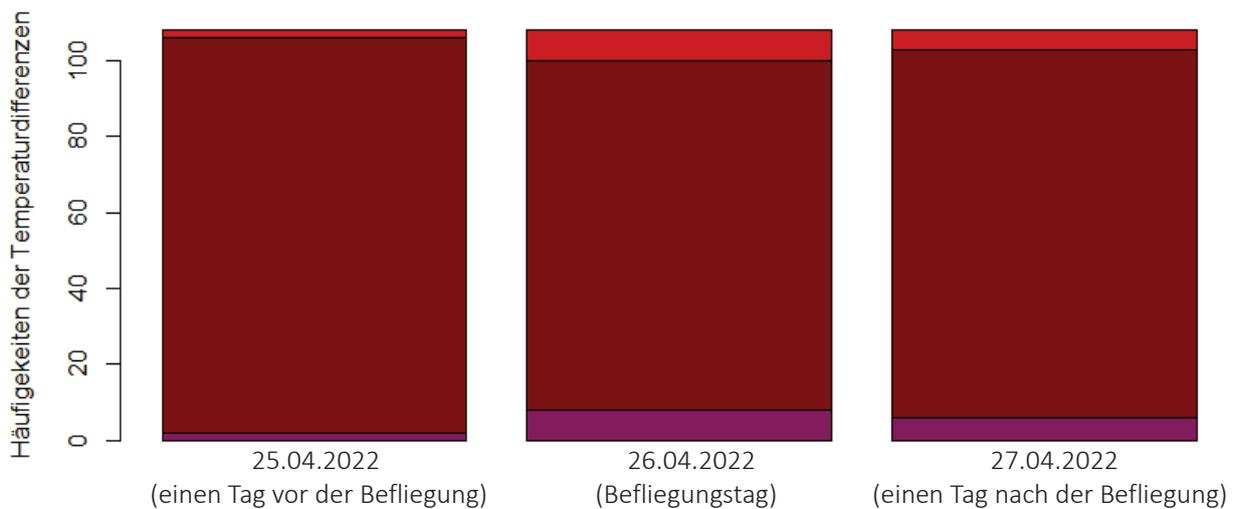


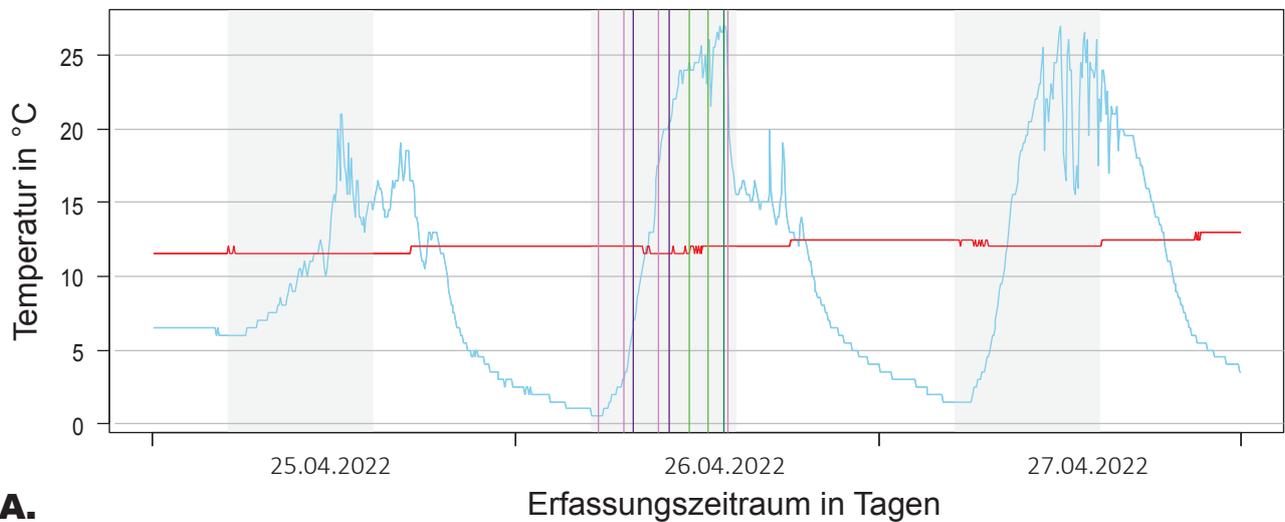
Abb. 78: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 3 (BP3) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324$ (3×108)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 11 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (104), -0,5°C (2) und +1,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (92), -0,5°C (8) und +0,5°C (8). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (97), -0,5°C (6) und +0,5°C (5). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 an allen drei Tagen sehr häufig bei 0°C lagen und geringfügig um -0,5°C und +0,5°C schwankten.

Tab. 11: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324$ (3 x 108)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 3 (BP3) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

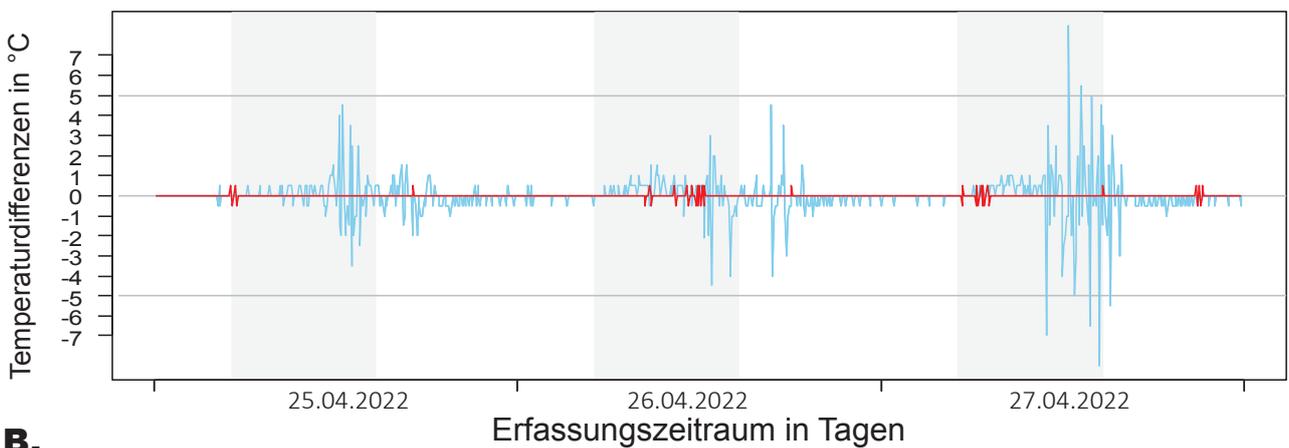
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
25.04.2022								2	104	2							
26.04.2022								8	92	8							
27.04.2022								6	97	5							

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP3 und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 79: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 79: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 80 und 81 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP3 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 80: A. Transektflug FW2022, Abb. 80: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 81: A. Transektflug M2EA und Abb. 81: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 3 (BP3) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022



A.



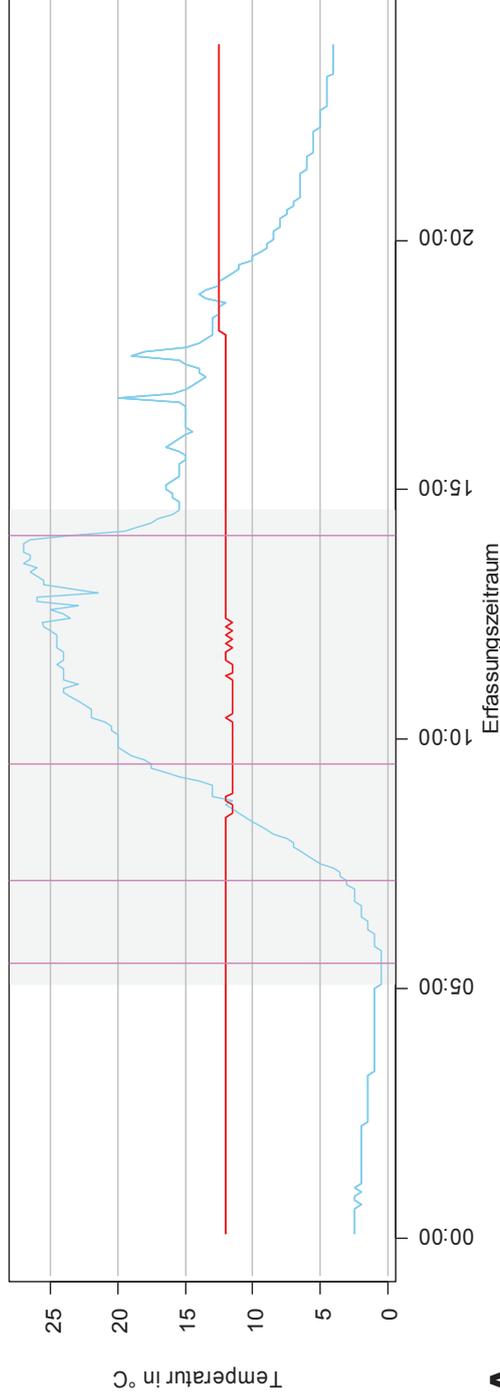
B.

Abb. 79: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \leftarrow) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022), am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) war um 05:31 Uhr, 07:08 Uhr, 09:32 Uhr und 14:07 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) war um 07:50 Uhr und 10:13 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) war um 11:33 Uhr und 12:47 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 13:45 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 78 und Tab. 11 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

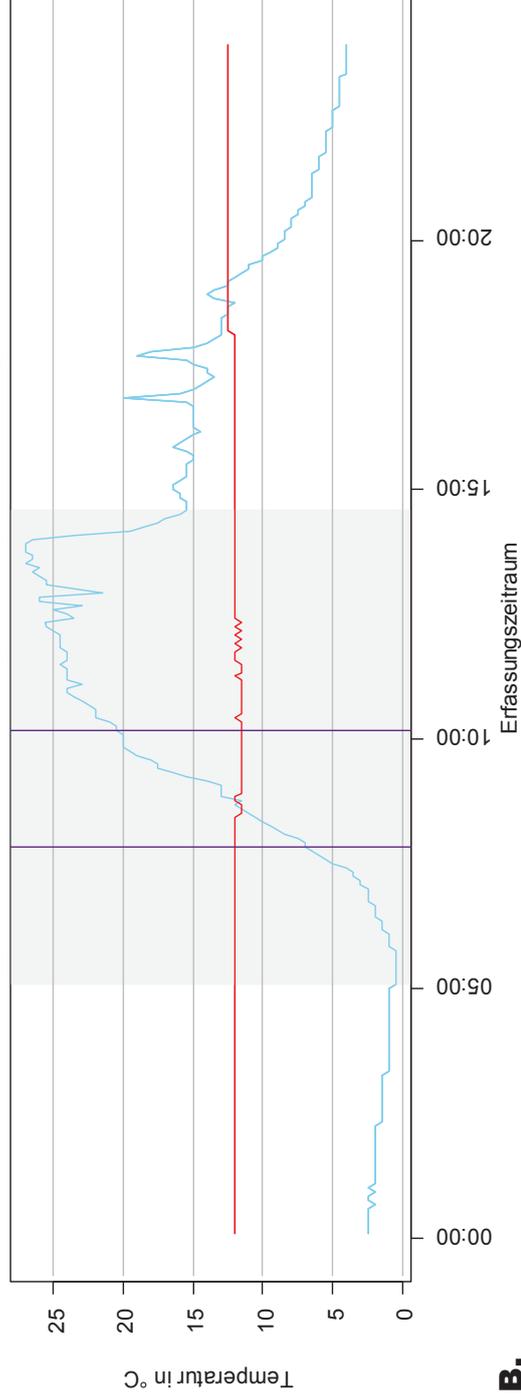
Brutpaar 3 (BP3) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



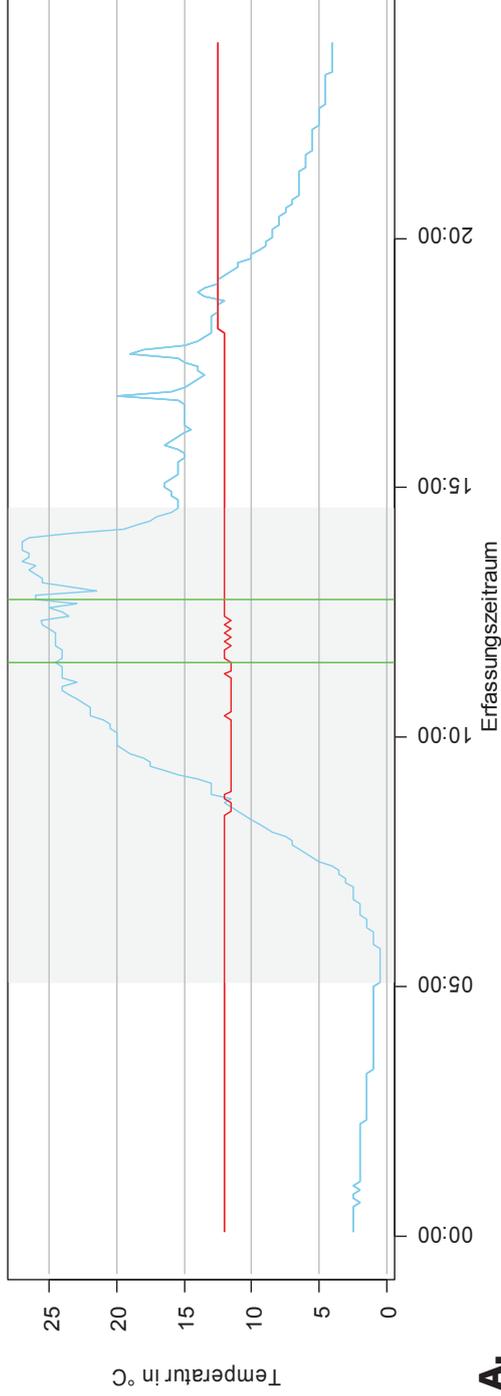
B.

Abb. 80: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP3 lag am 26.04.2022 bei 12°C, die niedrigste bei 11,5°C und die höchste bei 12,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) waren um 05:31 Uhr, 07:08 Uhr, 09:32 Uhr und 14:07 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) waren um 07:50 Uhr und 10:13 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

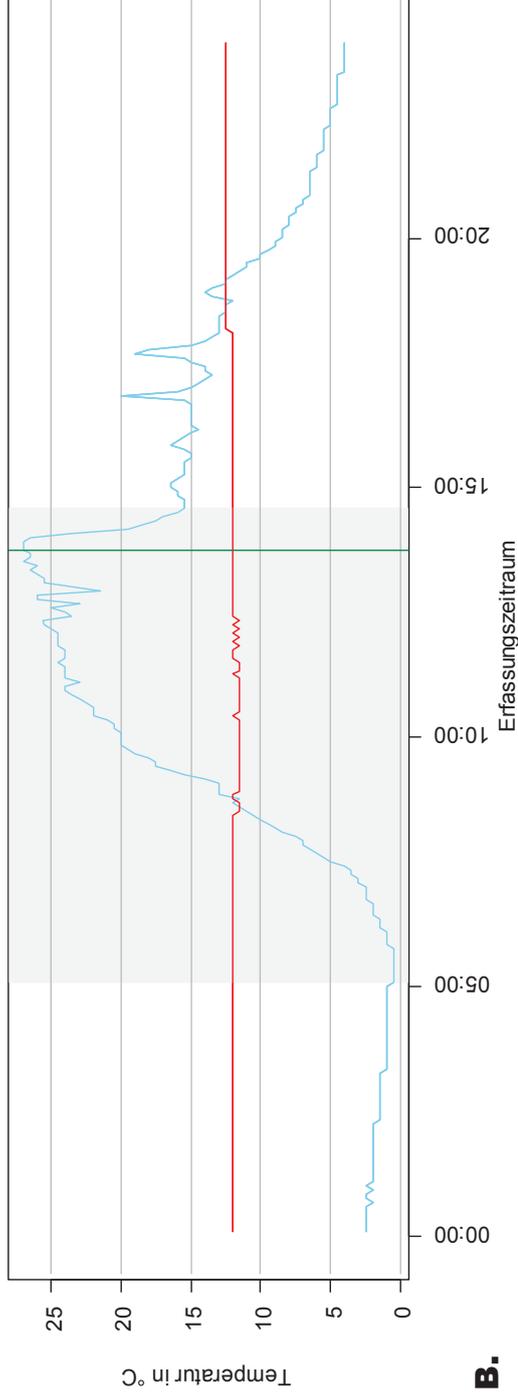
Brutpaar 3 (BP3) am Befliegungstag 26.04.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 81: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP3 lag am 26.04.2022 bei 12°C, die niedrigste bei 11,5°C und die höchste bei 12,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebild-kameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren im 11:33 Uhr und 12:47 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 13:45 Uhr.

Brutpaar 3 (BP3): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP3 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich wenig untereinander (Abb. 82 & Tab. 12): Am Befliegungstag kam es zu keinen merklichen Häufungen der als konstant eingestuften Nesttemperaturdifferenz 0°C (79), -0,5°C (3) und +0,5°C (2). Am Vortrag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (75), seltener bei -0,5°C (3) und +0,5°C (7). Am Tag nach der Befliegung lagen die Nesttemperaturdifferenzen nur bei 0°C (84).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP3) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

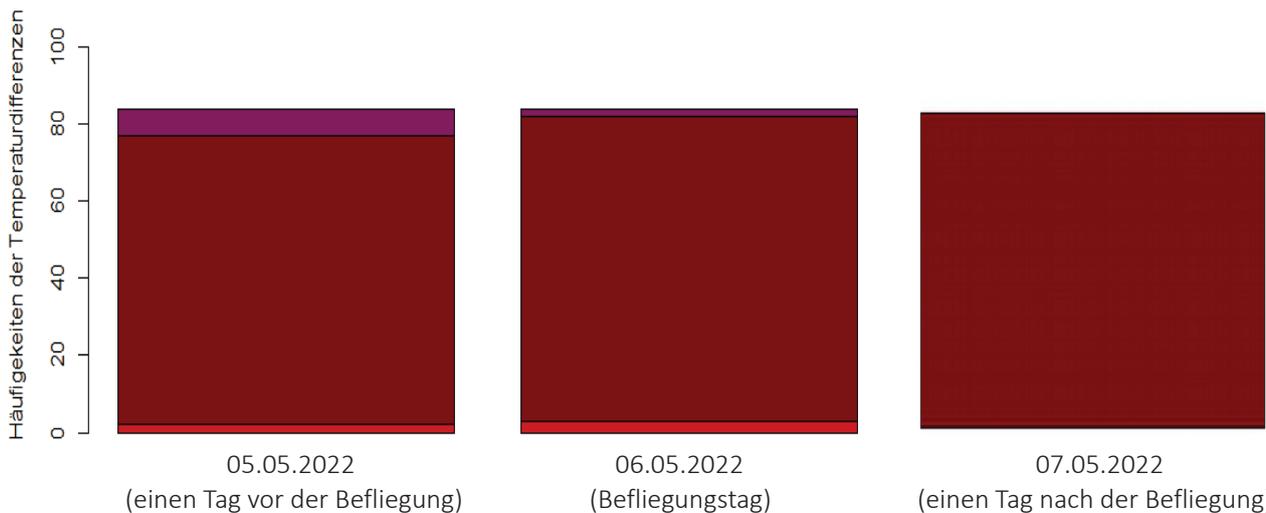


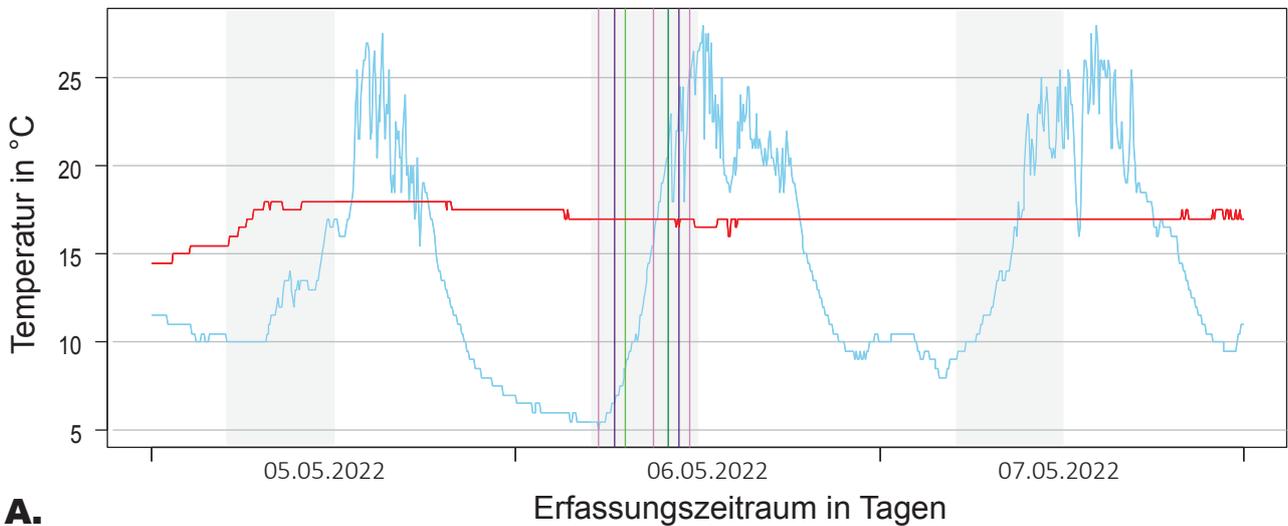
Abb. 82: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 3 (BP3) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 12 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (75), -0,5°C (2) und +0,5°C (7). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (79), -0,5°C (3) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (84). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 an allen drei Tagen sehr häufig bei 0°C lagen und geringfügig um -0,5°C und +0,5°C schwankten.

Tab. 12: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 3 (BP3) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

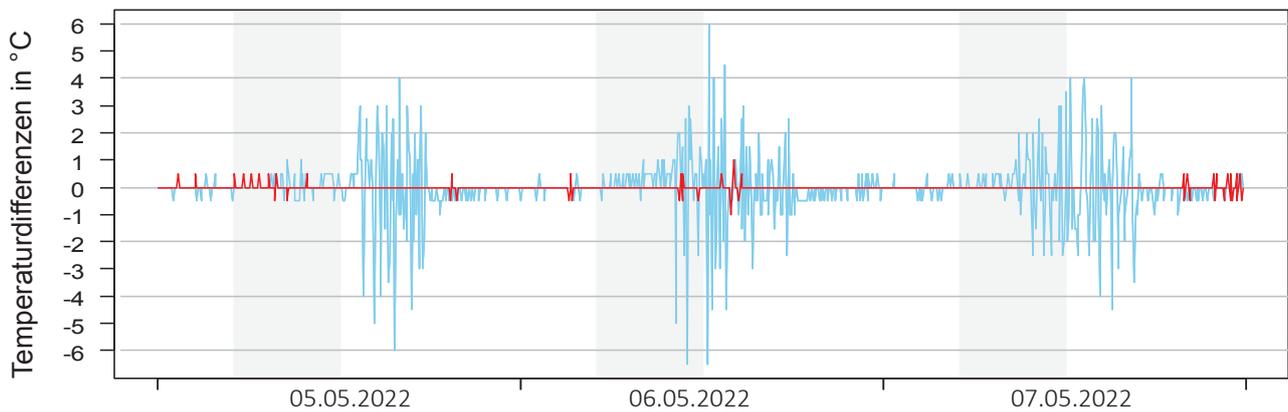
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022								2	75	7							
06.05.2022								3	79	2							
07.05.2022									84								

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP3 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 83: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 83: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 84 und 85 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP3 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 84: A. Transektflug FW2022, Abb. 84: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 85: A. Transektflug M2EA und Abb. 85: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 3 (BP3) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022



A.



B.

Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 83: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 26.04. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:23 Uhr, 09:05 Uhr und 11:25 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:32 Uhr und 10:43 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:17 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:06 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 82 und Tab. 12 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 3 (BP3) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug

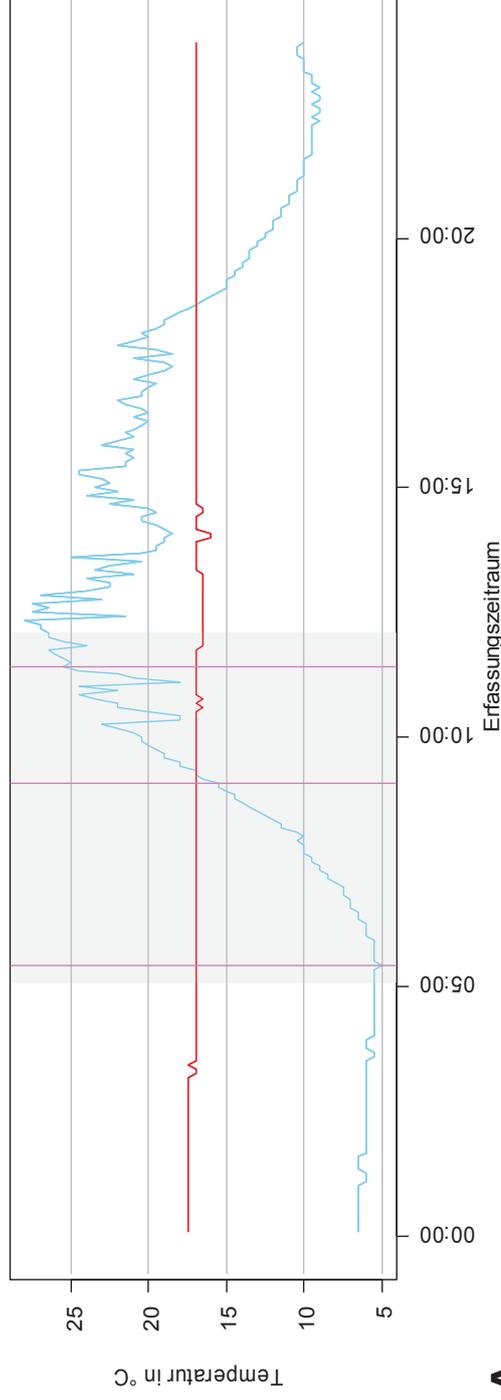
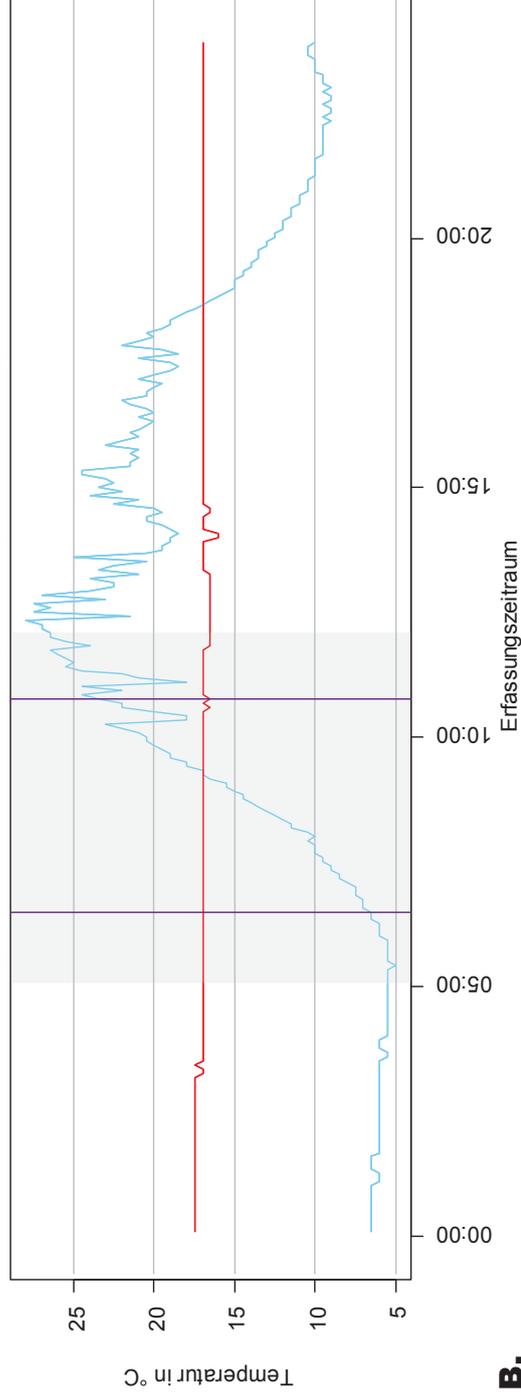


Abb. 84: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Geleges von BP3 (rote Linie $\color{red}\rightarrow$) und der Umgebung (R1, blaue Linie $\color{blue}\rightarrow$) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt ($\color{lightgray}$). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP3 lag am 06.05.2022 bei 17°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 17,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebild-kameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie $\color{pink}\rightarrow$) waren um 05:23 Uhr, 09:05 Uhr und 11:25 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie $\color{purple}\rightarrow$) waren um 06:32 Uhr und 10:43 Uhr.

A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

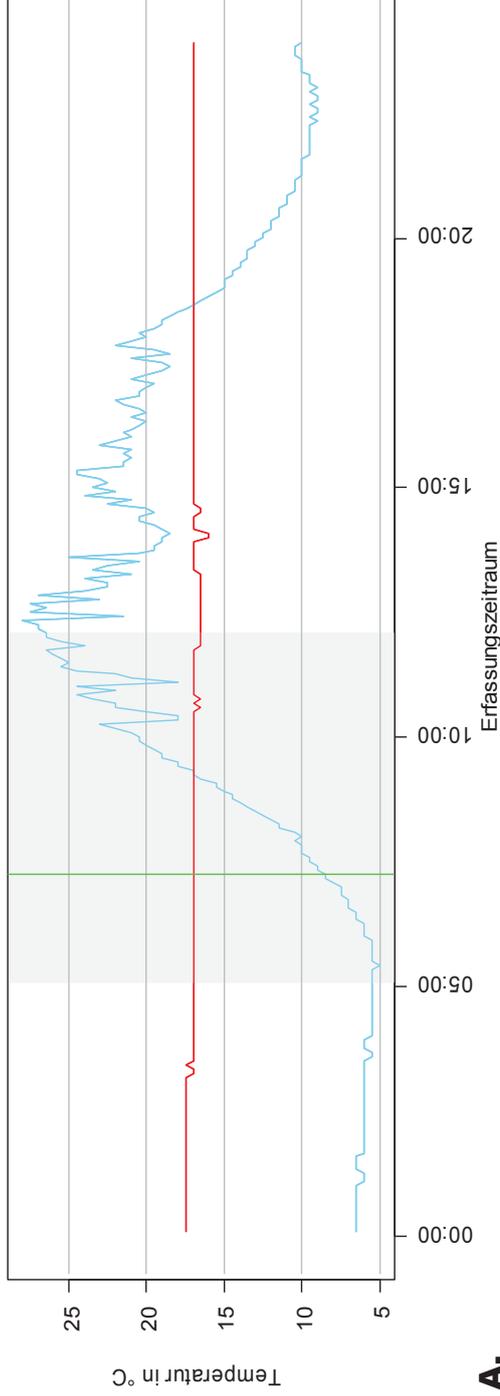


B.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

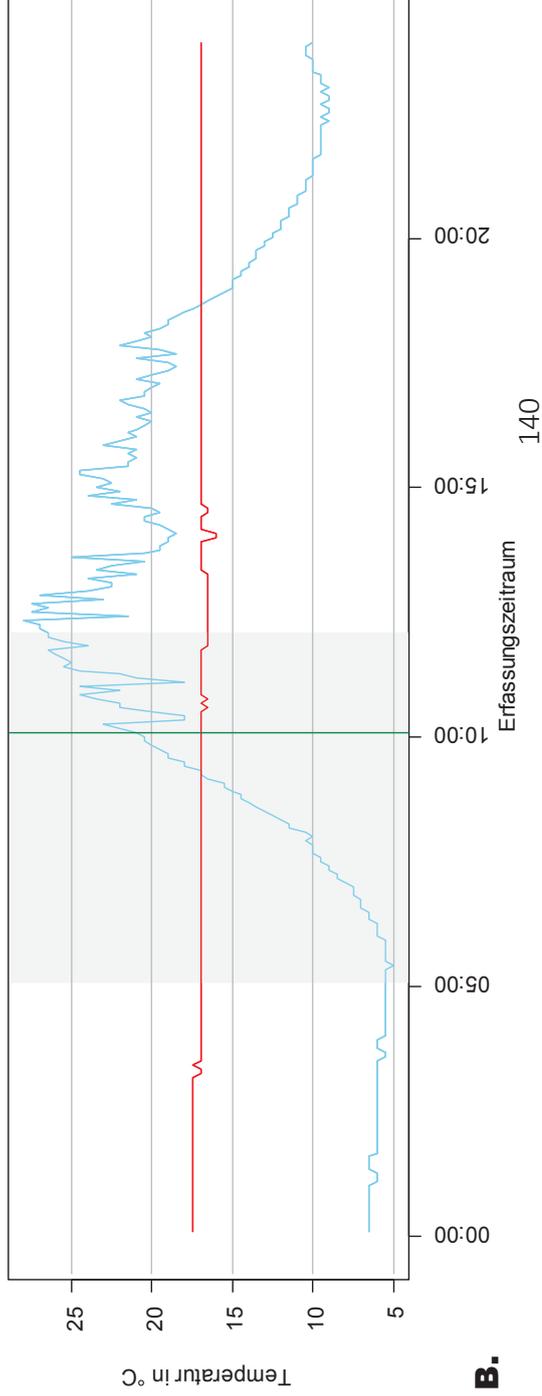
Brutpaar 3 (BP3) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 85: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 3 (BP3, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP3 lag am 06.05.2022 bei 17°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 17,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) war um 07:17 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 10:06 Uhr.

Brutpaar 4 (BP4): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen von BP4 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 variierten im direkten Vergleich kaum untereinander (Abb. 86 & Tab. 13): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (86), seltener waren -0,5°C (9), +0,5°C (10), sowie die Nesttemperaturdifferenz ausreißer -1°C (2) und +1°C (1). Am Vortrag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (87), seltener bei -0,5°C (9), +0,5°C (8), +1°C (1) und -1°C (1). Am Tag nach der Befliegung waren die häufigsten Nesttemperaturdifferenzen bei 0°C (90), seltener bei +0,5°C (8), -0,5°C (7), -1°C (2) und +1°C (1)..

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):
Brutpaar (BP4) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

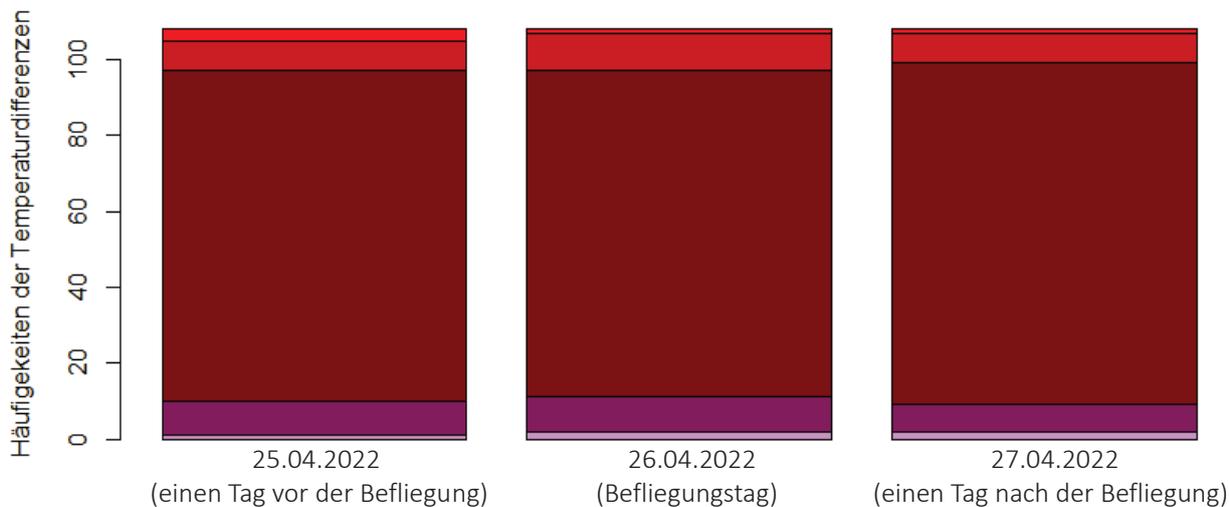


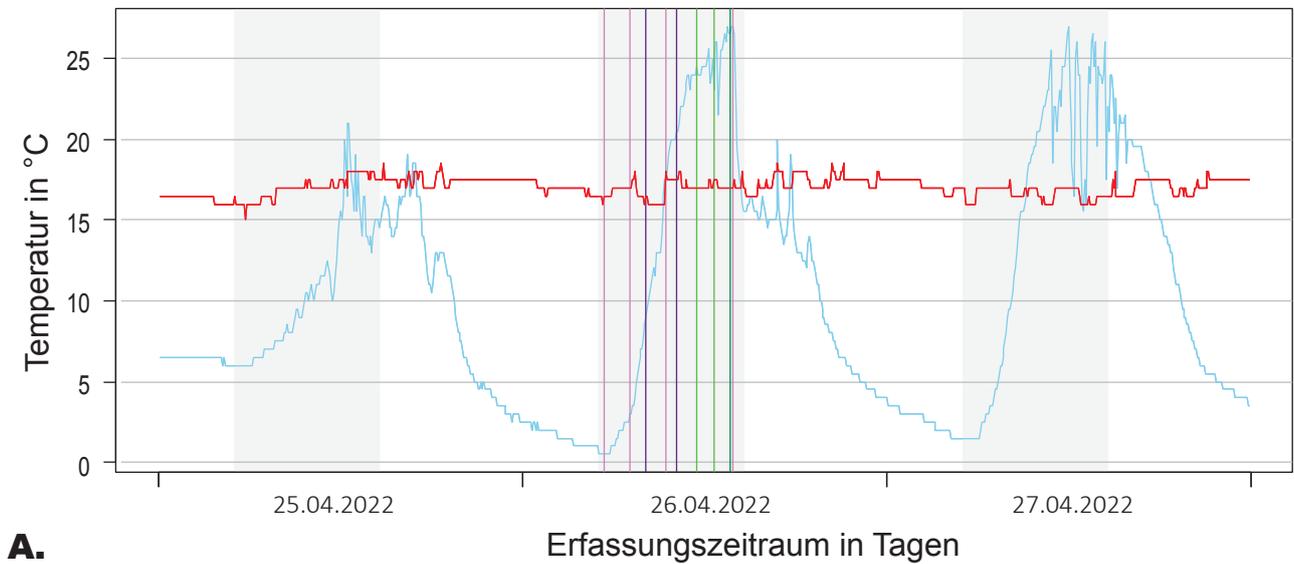
Abb. 86: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 4 (BP4) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324$ (3×108)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 13 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (87), -0,5°C (9) und +0,5°C (8). Viermal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und deutlich erkennbar um +1,5°C (3) vom Optimum ab. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (86), -0,5°C (9) und +0,5°C (10). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1,5°C (2) und erkennbar um +1°C (1) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (90), -0,5°C (7) und +0,5°C (8). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1,5°C (2) und erkennbar um +1°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 an allen drei Tagen sehr häufig bei 0°C lagen und geringfügig um -0,5°C und +0,5°C schwankten.

Tab. 13: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324$ (3 x 108)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 4 (BP4) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

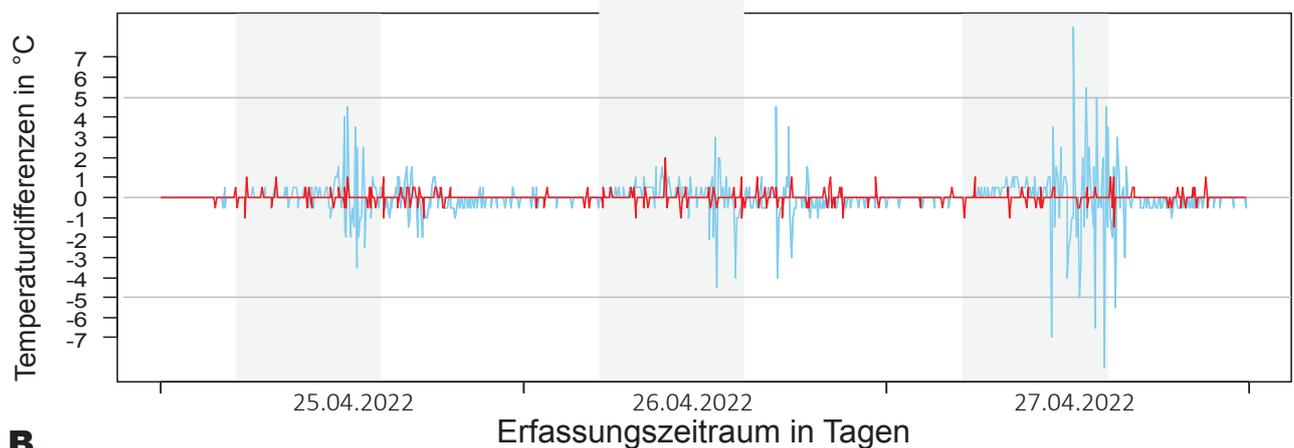
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
25.04.2022							1	9	87	8	3						
26.04.2022							2	9	86	10	1						
27.04.2022							2	7	90	8	1						

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP4 und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 87: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 87: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 88 und 89 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP4 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 88: A. Transektflug FW2022, Abb. 88: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 89: A. Transektflug M2EA und Abb. 89: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 4 (BP4) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022



A.



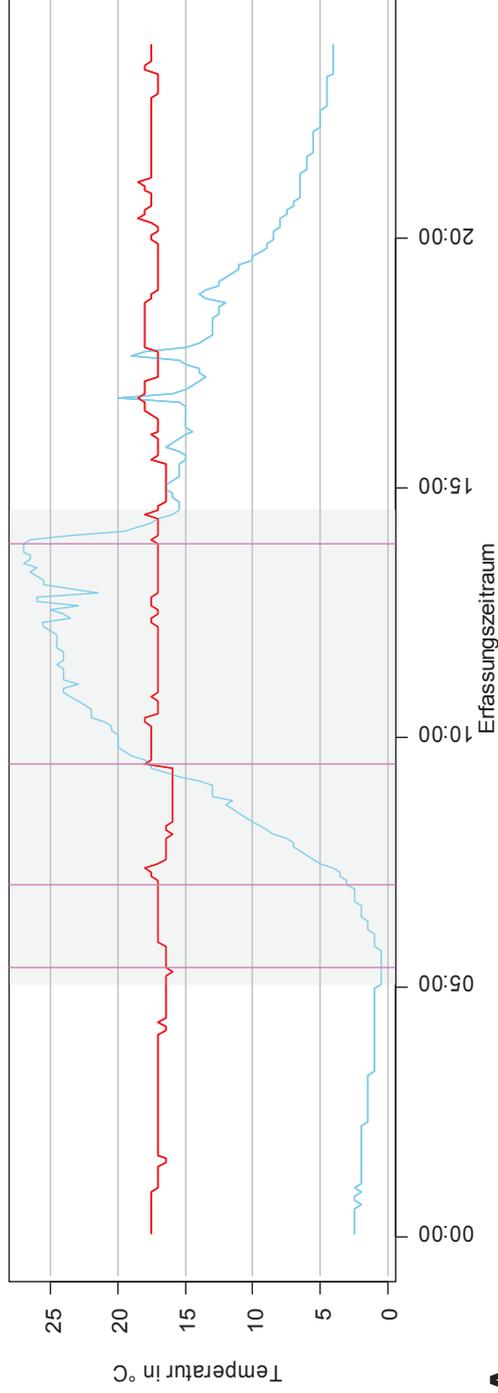
B.

Abb. 87: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022) am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linien —) war um 05:25 Uhr, 07:01 Uhr, 09:26 Uhr und 13:55 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:08 Uhr und 10:10 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 11:27 Uhr und 12:37 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:40 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 86 und Tab. 13 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

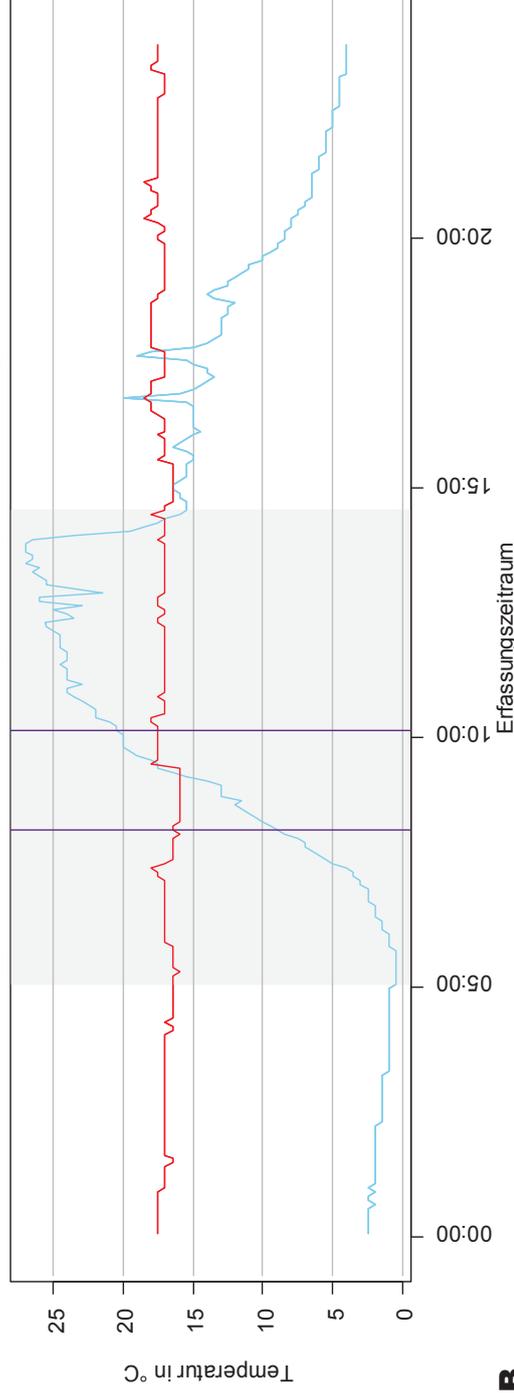
Brutpaar 4 (BP4) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

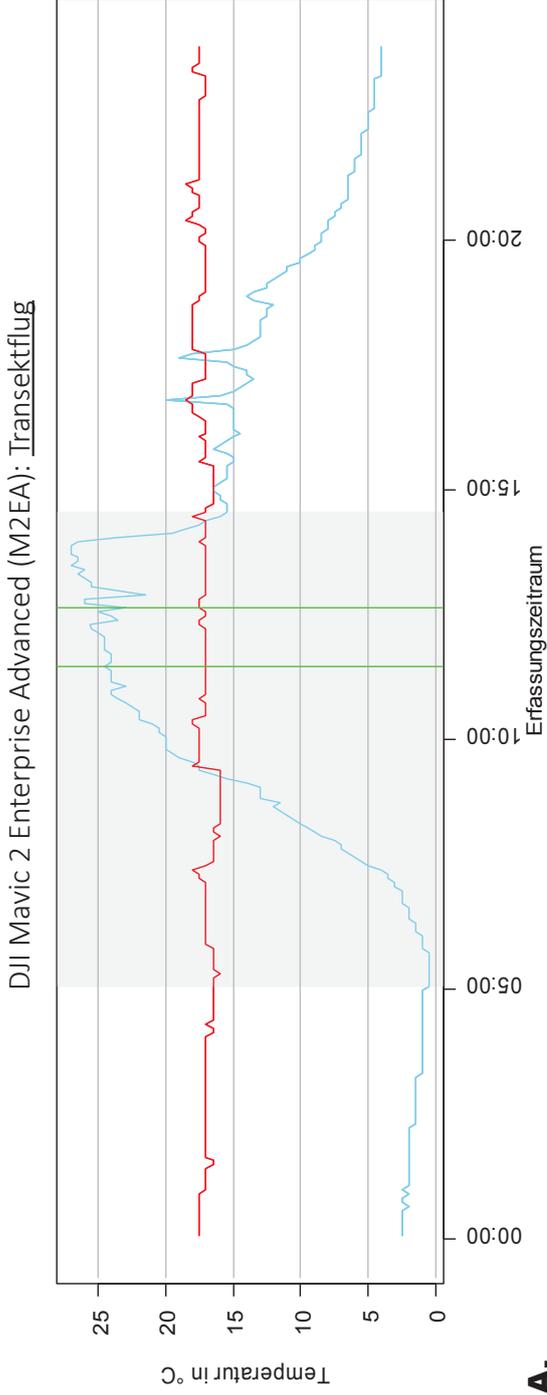


B.

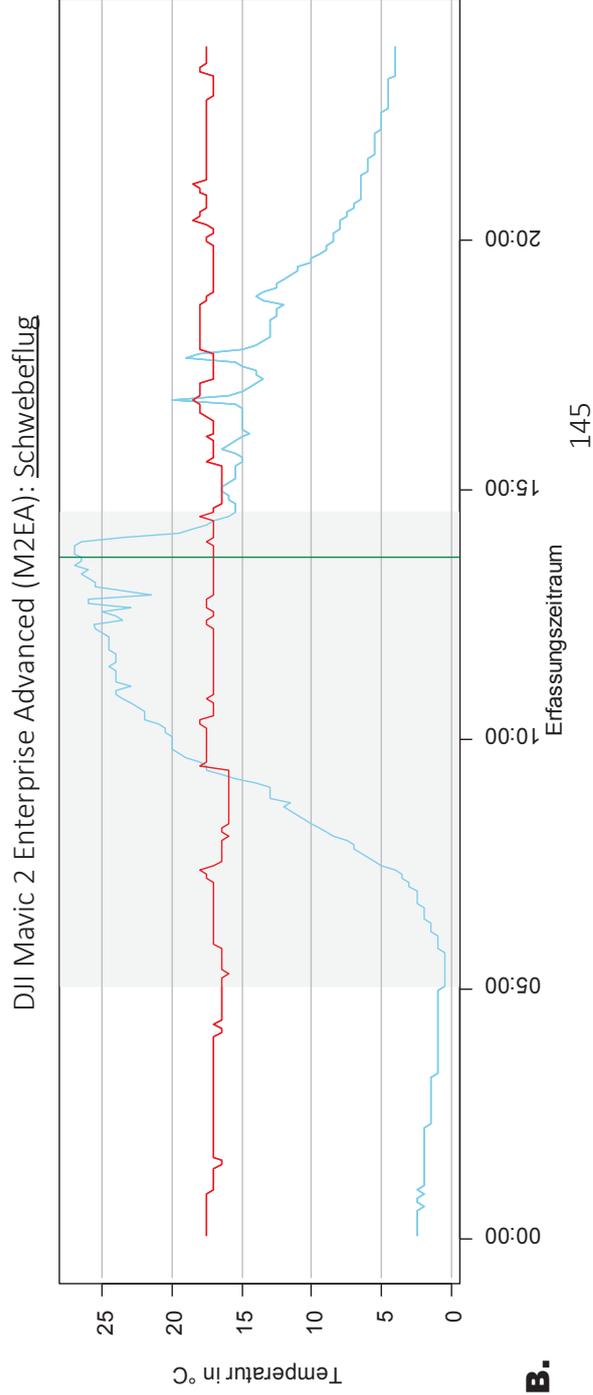
Abb. 88: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP4 lag am 26.04.2022 bei 17°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 18,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie **—**) waren um 05:25 Uhr, 07:01 Uhr, 09:26 Uhr und 13:55 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie **—**) waren um 08:08 Uhr und 10:10 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 4 (BP4) am Befliegungstag 26.04.2022



A.



B.

Abb. 89: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP4 lag am 26.04.2022 bei 17°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 18,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 11:27 Uhr und 12:37 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 13:40 Uhr.

Brutpaar 4 (BP4): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP4 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich wenig untereinander (Abb. 90 & Tab. 14): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (80), seltener waren -0,5°C (3) und +0,5°C (1). Am Vortrag waren die häufigsten Nesttemperaturdifferenzen 0°C (72), seltener waren +0,5°C (5), -0,5°C (2), -1,5°C (2), +2°C (1), +1,5°C (1) und -1,5°C (1). Am Tag nach der Befliegung war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (65), seltener waren -0,5°C (9), +0,5°C (8), +2°C (1) und -1°C (1).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP4) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

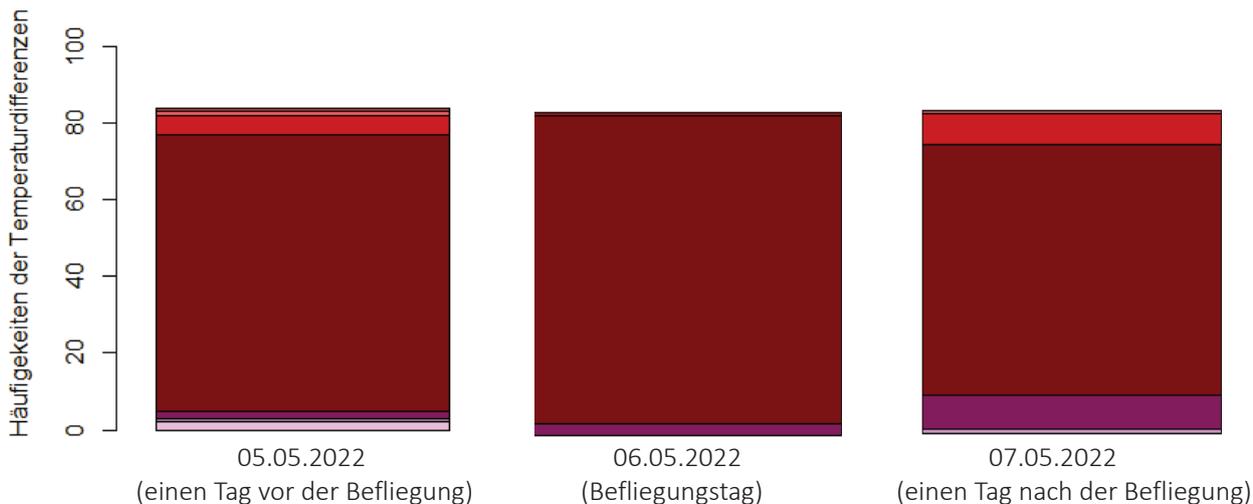


Abb. 90: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 4 (BP4) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 14 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (72), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Fünfmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und deutlich erkennbar um +1,5°C (1) vom Optimum ab. Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (65), -0,5°C (9) und +0,5°C (8). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und deutlich erkennbar um +1,5°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 05.05. und 07.05.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 06.05.2022 am häufigsten bei 0°C lagen und kaum schwankten.

Tab. 14: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 4 (BP4) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022						2	1	2	72	5		1	1				
06.05.2022								3	80	1							
07.05.2022							1	9	65	8		1					

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP4 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 91: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 91: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 92 und 93 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP4 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 92: A. Transektflug FW2022, Abb. 92: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 93: A. Transektflug M2EA und Abb. 93: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 4 (BP4) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022

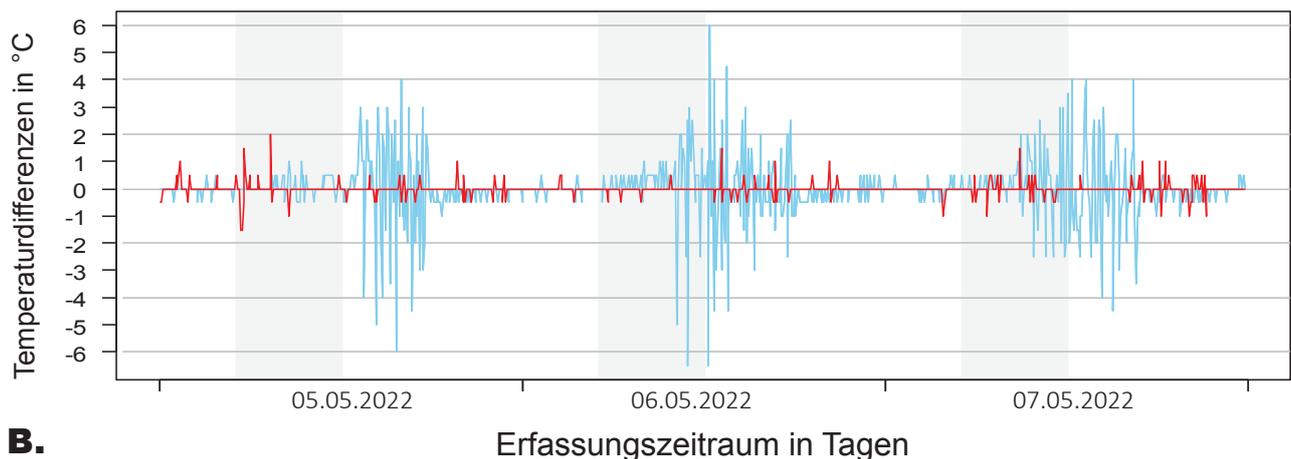
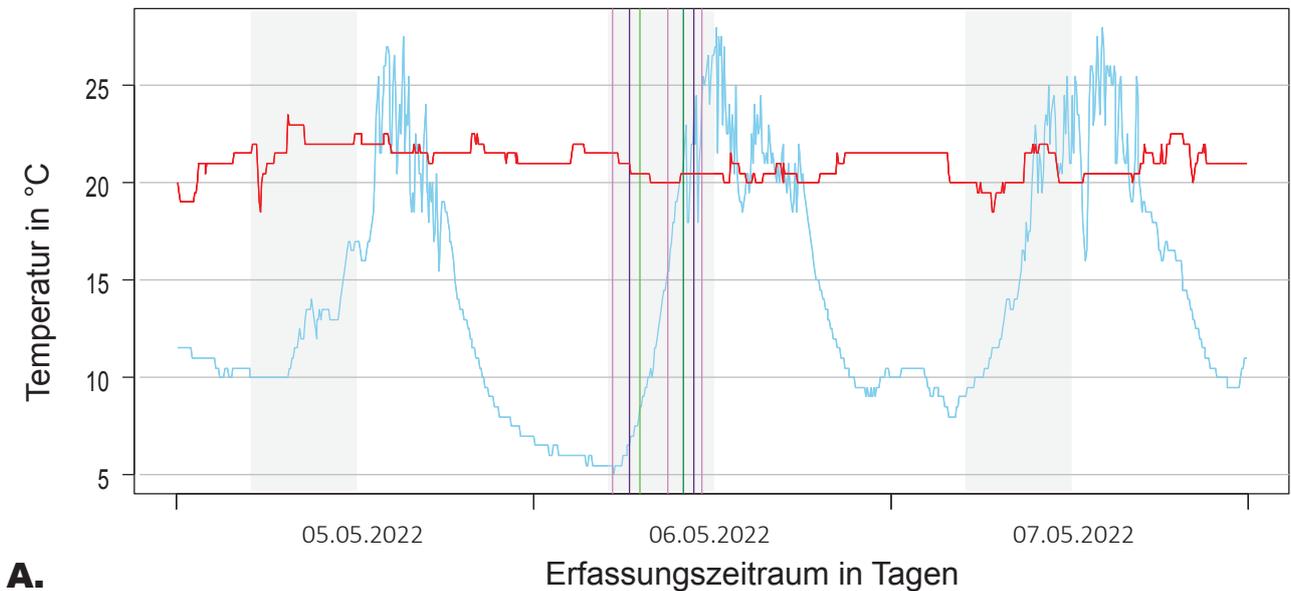
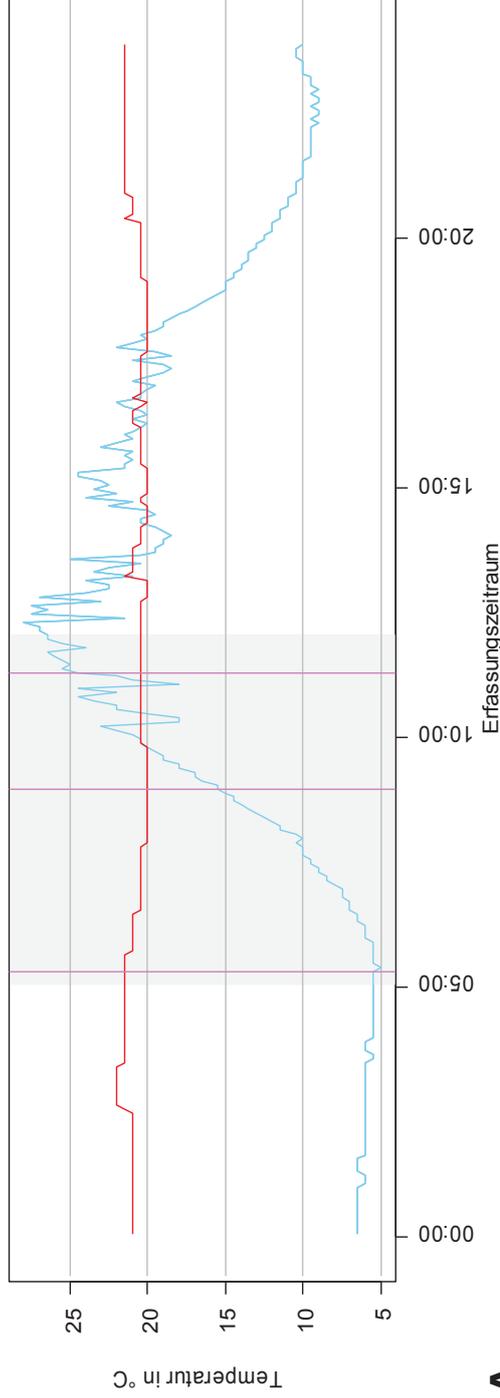


Abb. 91: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:17 Uhr, 08:58 Uhr und 11:20 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:28 Uhr und 10:41 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:09 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:02 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 90 und Tab. 14 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

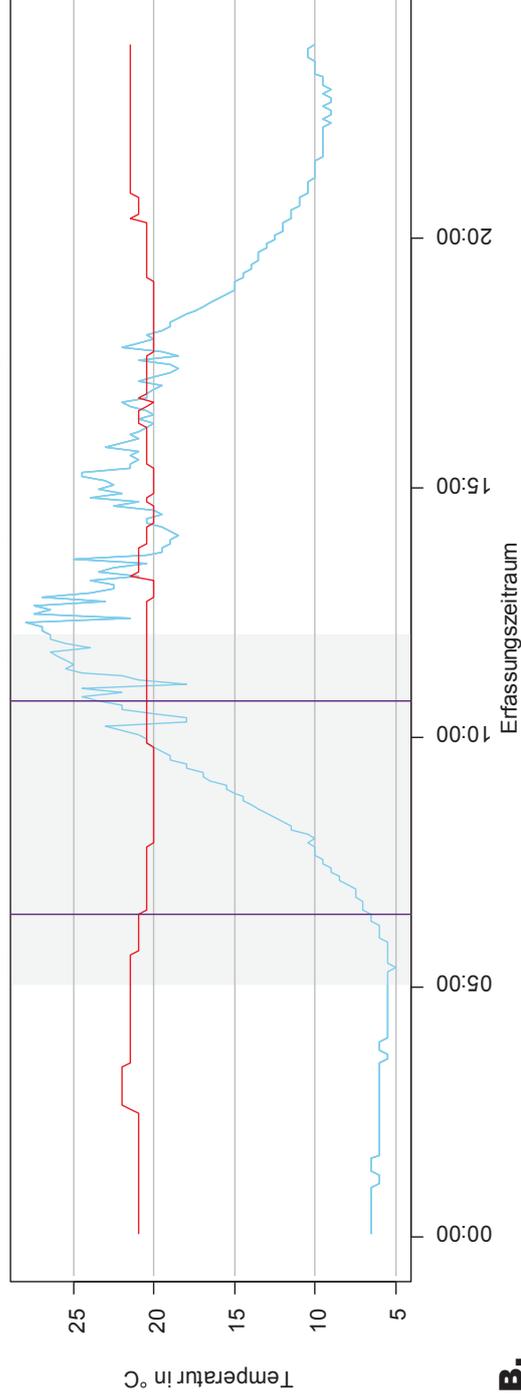
Brutpaar 4 (BP4) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



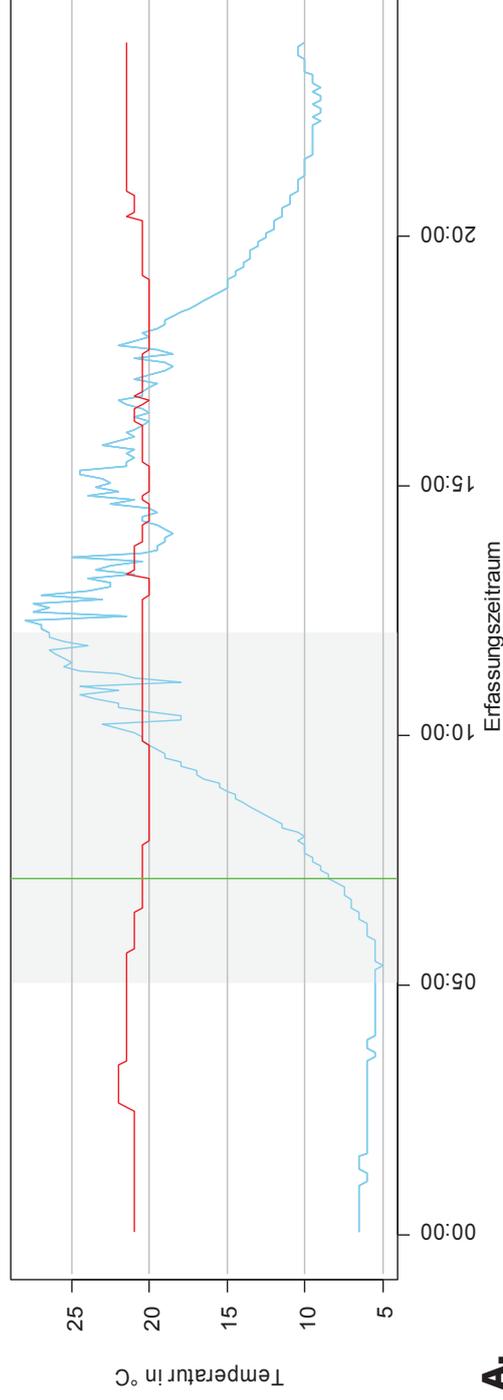
B.

Abb. 92: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP4 lag am 06.05.2022 bei 20,5°C, die niedrigste bei 20°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 18,5°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:17 Uhr, 08:58 Uhr und 11:20 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:28 Uhr und 10:41 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

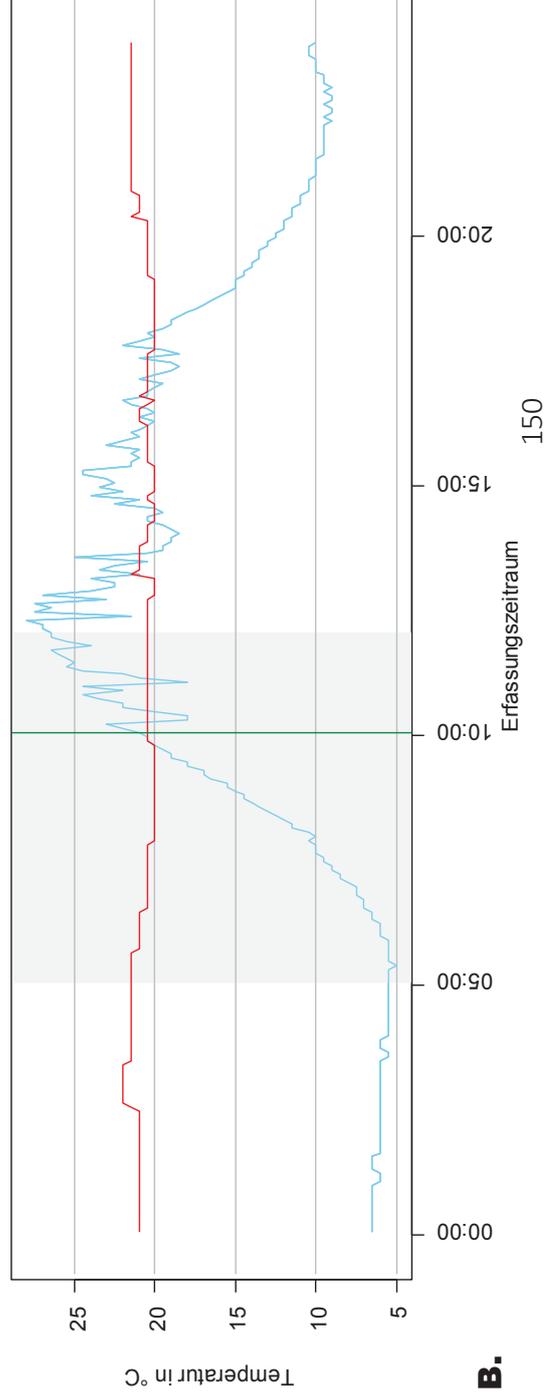
Brutpaar 4 (BP4) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 93: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 4 (BP4, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP4 lag am 06.05.2022 bei 20,5°C, die niedrigste bei 20°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 18,5°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) war um 07:09 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 10:02 Uhr.

Brutpaar 5 (BP5): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen von BP5 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 variierten im direkten Vergleich maßgeblich untereinander (Abb. 94 & Tab. 15): Am Befliegungstag kam es zu merklichen Häufungen von als nicht konstant eingestuftem Nesttemperaturdifferenzen mit den Nesttemperaturdifferenzausreißern +3,5°C (1), -3°C (2), -2,5°C (1), +2°C (1), -1,5°C (1), +1,5°C (1) und -0,5°C (9). Die Tage vor und nach der Befliegungen wiesen nicht derart viele Nesttemperaturdifferenzausreißer auf. Am Vortrag waren die meisten Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen bei konstant 0°C (94), seltener bei -0,5°C (6), +0,5°C (2) mit den

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):
Brutpaar (BP5) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

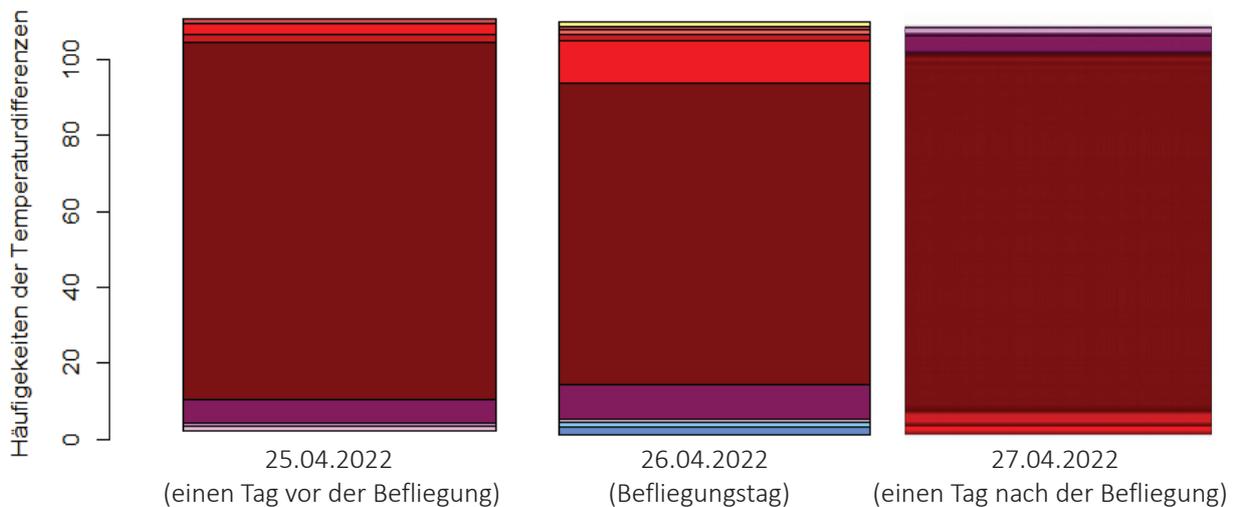


Abb. 94: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 5 (BP5) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324$ (3×108)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 15 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (94), -0,5°C (6) und +0,5°C (2). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr deutlich erkennbar um +2°C (1), deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und erkennbar um -1°C (1) vom Optimum ab. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (79), -0,5°C (9) und +0,5°C (11). Siebenmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erheblich um +3,5°C (1), sehr stark um -3°C (2), stark um -2,5°C (1), deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und +1,5°C (1) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (95), -0,5°C (4) und +0,5°C (5). Viermal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (2) und um +1°C (2) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 deutlich mehr Nesttemperaturdifferenzausreißer aufweist.

Tab. 15: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324$ (3 x 108)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 5 (BP5) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
25.04.2022						1	1	6	94	2	3		1				
26.04.2022			2	1		1		9	79	11	1	1	1			1	
27.04.2022							2	4	95	5	2						

wenigen Nesttemperaturdifferenzausreißern +2°C (1), -1,5°C (1), -1°C (1) und +1°C (3). Am Tag nach der Befliegung waren die häufigsten Nesttemperaturdifferenzen bei 0°C (95), +0,5°C (2), -0,5°C (4), -1°C (2) und +1°C (2).

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP5 und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 95: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 95: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 96 und 97 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP5 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 96: A. Transektflug FW2022, Abb. 96: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 97: A. Transektflug M2EA und Abb. 97: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 5 (BP5) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022

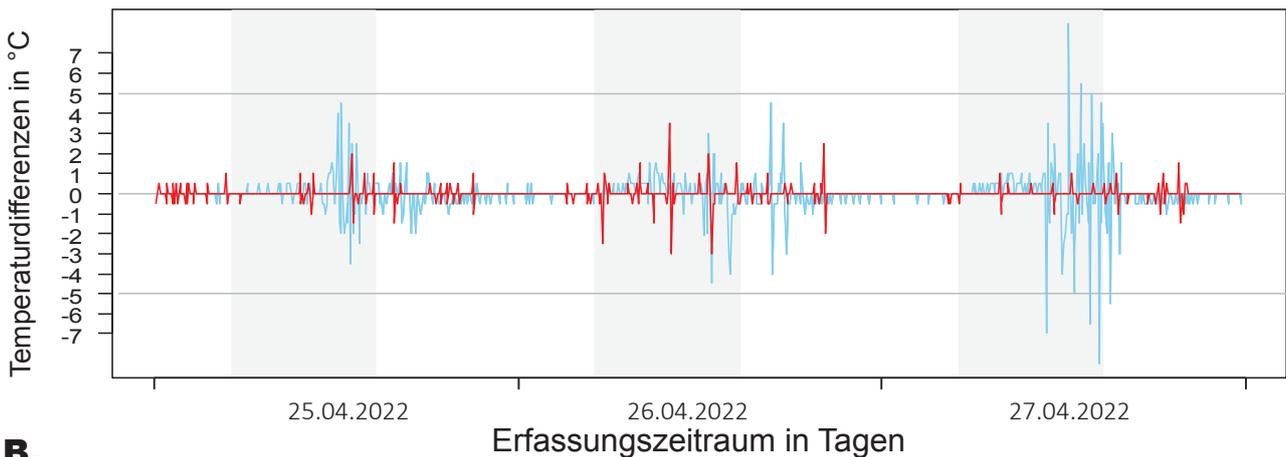
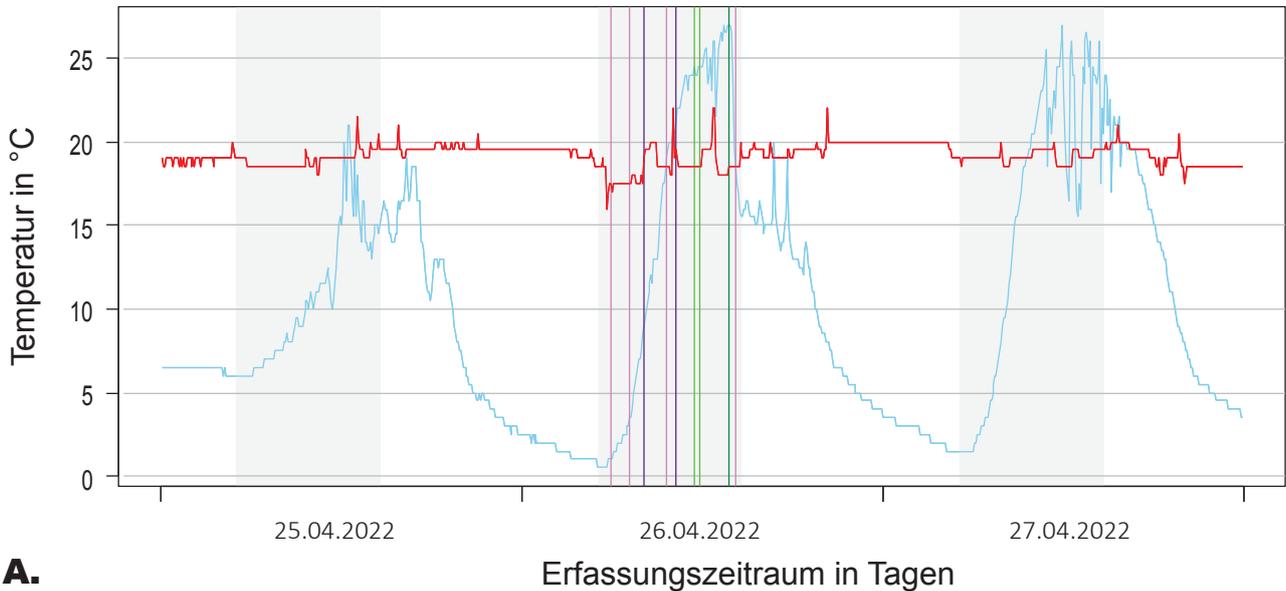
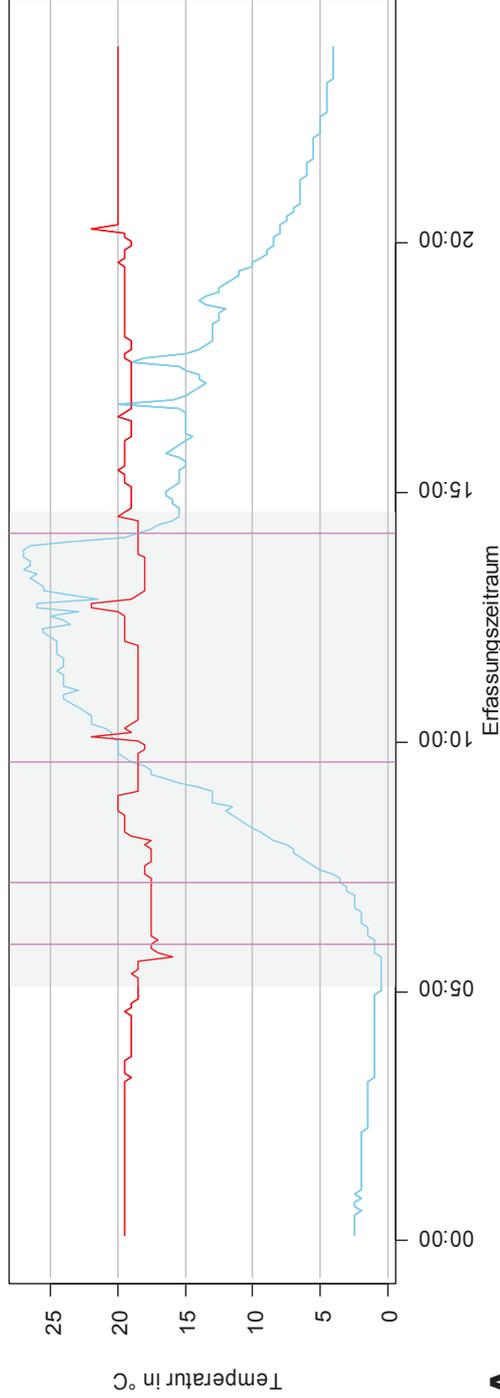


Abb. 95: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie $\color{red}{\rightarrow}$) und der Umgebung (R1, blaue Linie $\color{blue}{\rightarrow}$) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022), am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie $\color{pink}{\rightarrow}$) war um 05:55 Uhr, 07:11 Uhr, 09:35 Uhr und 14:10 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie $\color{purple}{\rightarrow}$) war um 08:05 Uhr und 10:15 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie $\color{lightgreen}{\rightarrow}$) war um 11:42 Uhr und 12:49 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie $\color{darkgreen}{\rightarrow}$) war um 13:45 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 94 und Tab. 15 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

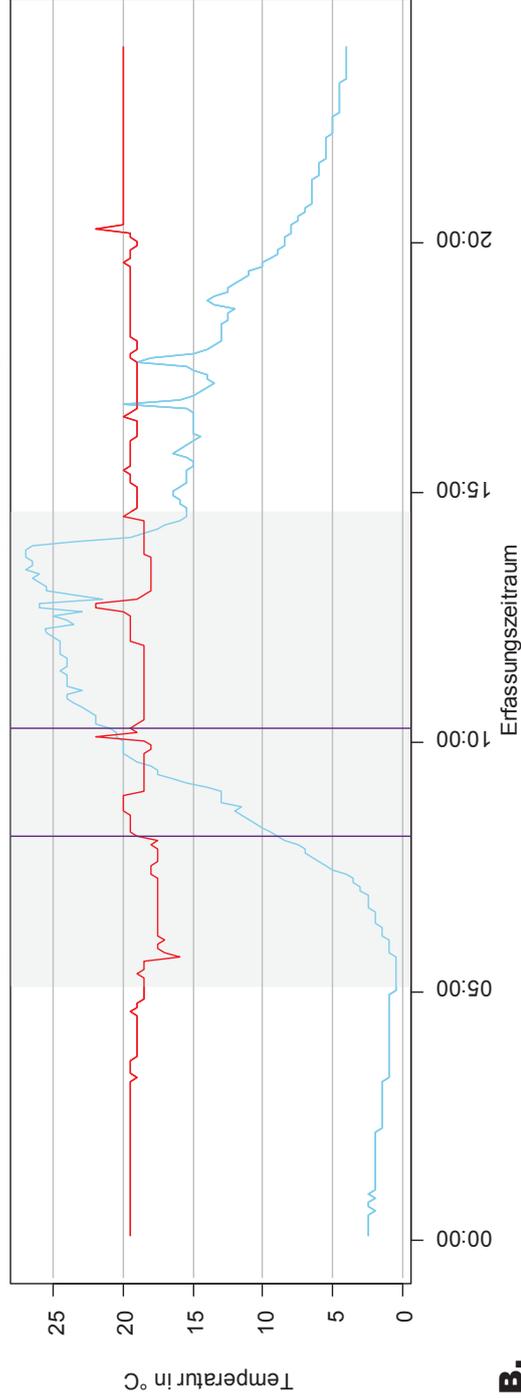
Brutpaar 5 (BP5) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

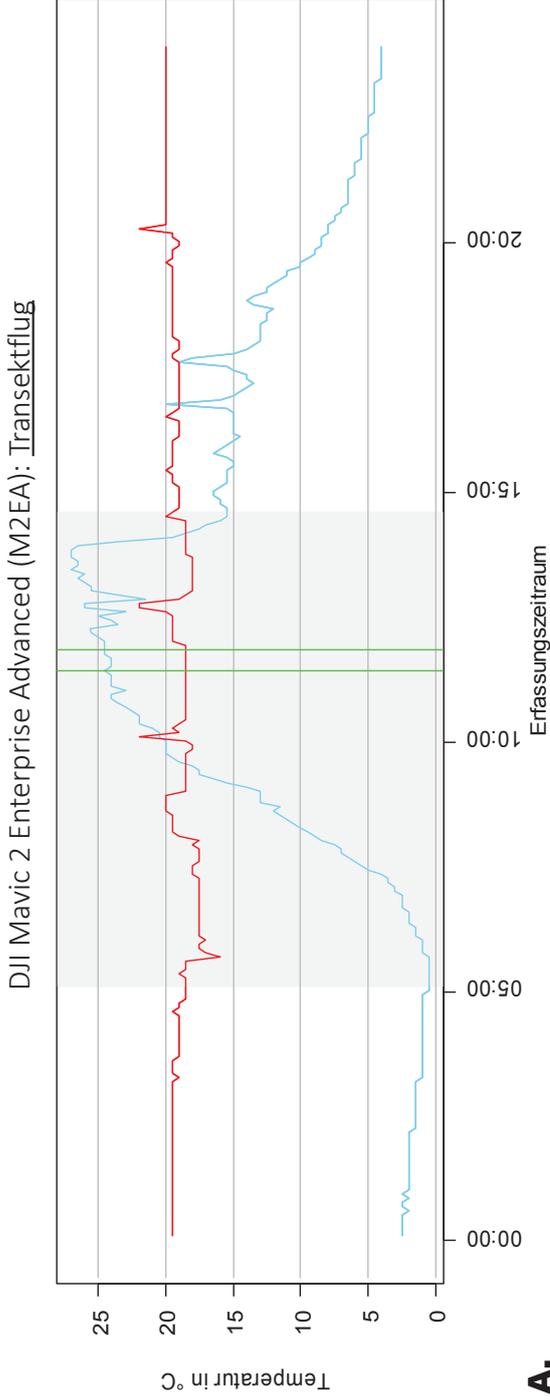


B.

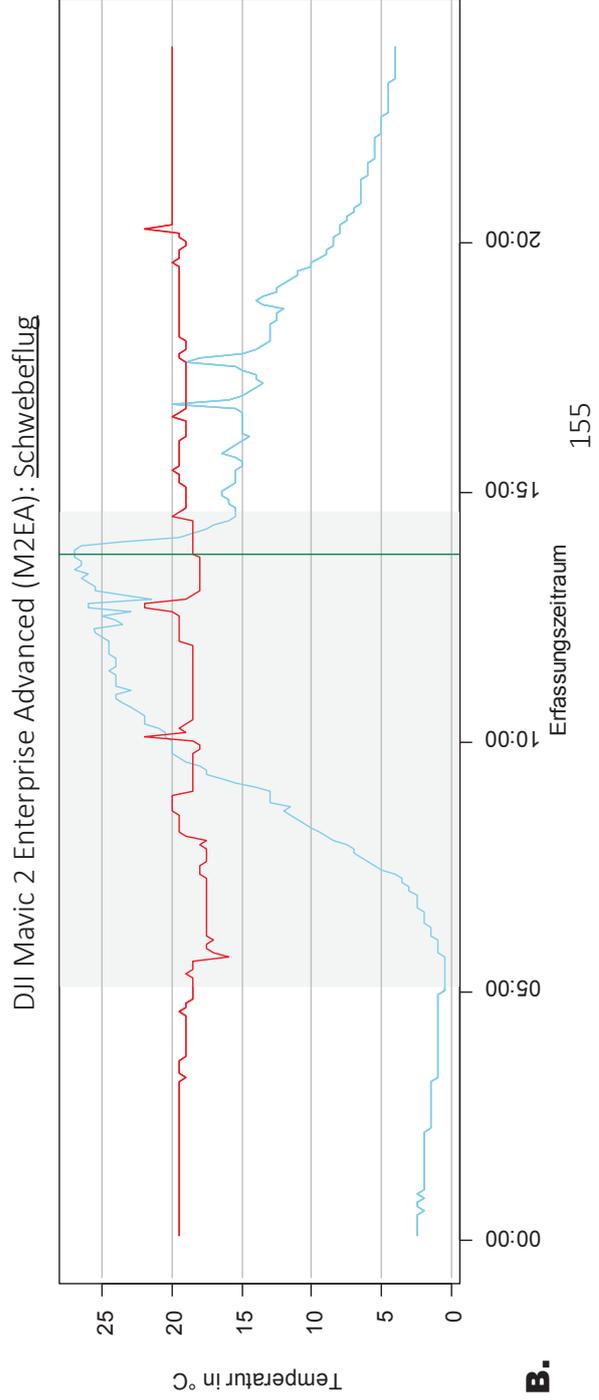
Abb. 96: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamerdrohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP5 lag am 26.04.2022 bei 19,5°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamerdrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (rote Linie **—**) waren um 05:55 Uhr, 07:11 Uhr, 09:35 Uhr und 14:10 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (blaue Linie **—**) waren um 08:05 Uhr und 10:15 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 5 (BP5) am Befliegungstag 26.04.2022



A.



B.

Abb. 97: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-Drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP5 lag am 26.04.2022 bei 19,5°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-Drohnenmodelle und Flugarten sind in vier Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 11:42 Uhr und 12:49 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 13:45 Uhr.

Brutpaar 5 (BP5): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen von BP5 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich wenig untereinander (Abb. 98 & Tab. 16): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (75), seltener waren -0,5°C (4) und +0,5°C (2). Es gab zwei Nesttemperaturdifferenzausreißer -1°C (1) und +1°C (1). Am Vortrag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (70), seltener waren -0,5°C (4) und +0,5°C (4). Es gab zwei Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1°C (1) und +1°C (1). Am Tag nach der Befliegung war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (61), seltener waren -0,5°C (9) und +0,5°C (7). Es gab sieben Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -2°C (1), -1,5°C (2), +1°C (4) und -1°C (2).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP5) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

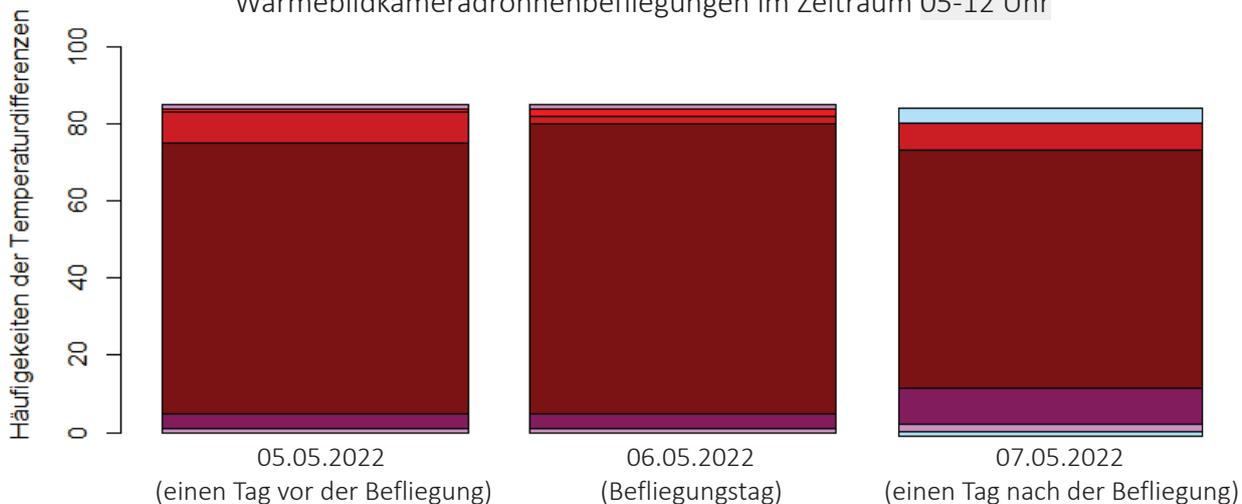


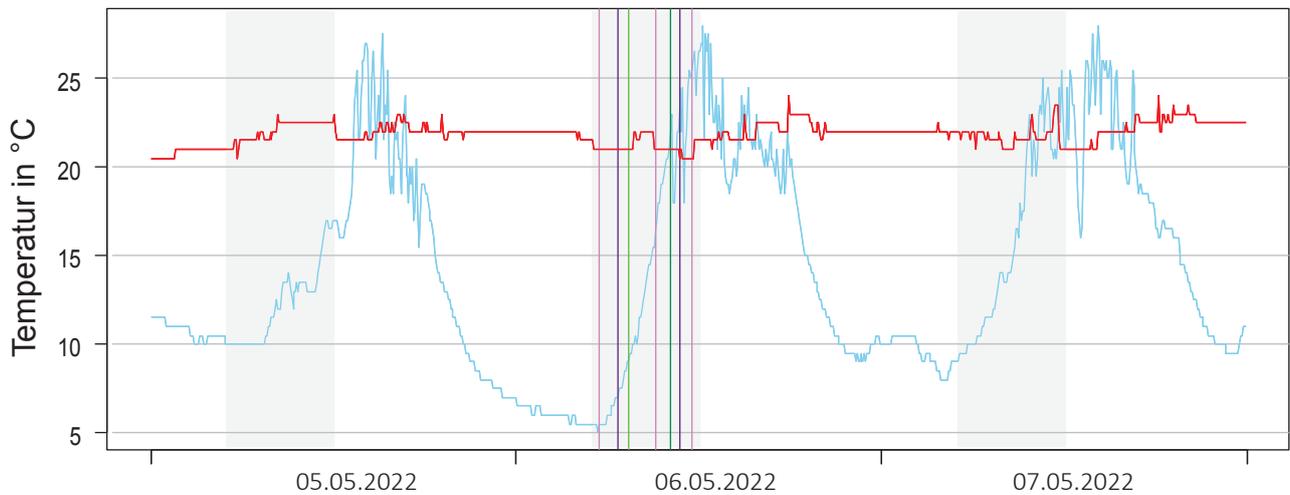
Abb. 98: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 5 (BP5) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 16 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (70), -0,5°C (4) und +0,5°C (8). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (1) vom Optimum ab. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (75), -0,5°C (4) und +0,5°C (2). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (2) vom Optimum ab. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (61), -0,5°C (9) und +0,5°C (7). Fünfmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr deutlich erkennbar um -2°C (1), erkennbar um -1°C (2) und um +1°C (4) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 05.05. und 07.05.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 06.05.2022 deutlich konstanter bei 0°C lagen als an den beiden anderen Tagen.

Tab. 16: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 5 (BP5) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

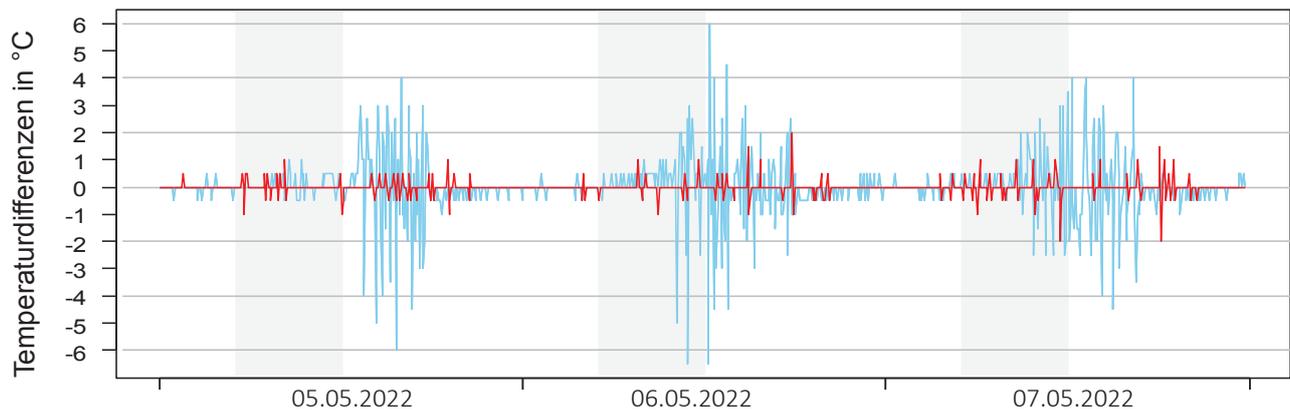
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022							1	4	70	8	1						
06.05.2022							1	4	75	2	2						
07.05.2022					1		2	9	61	7	4						

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP5 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 99: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 99: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 100 und 101 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP5 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 100: A. Transektflug FW2022, Abb. 100: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 101: A. Transektflug M2EA und Abb. 101: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 5 (BP5) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022



A. Erfassungszeitraum in Tagen



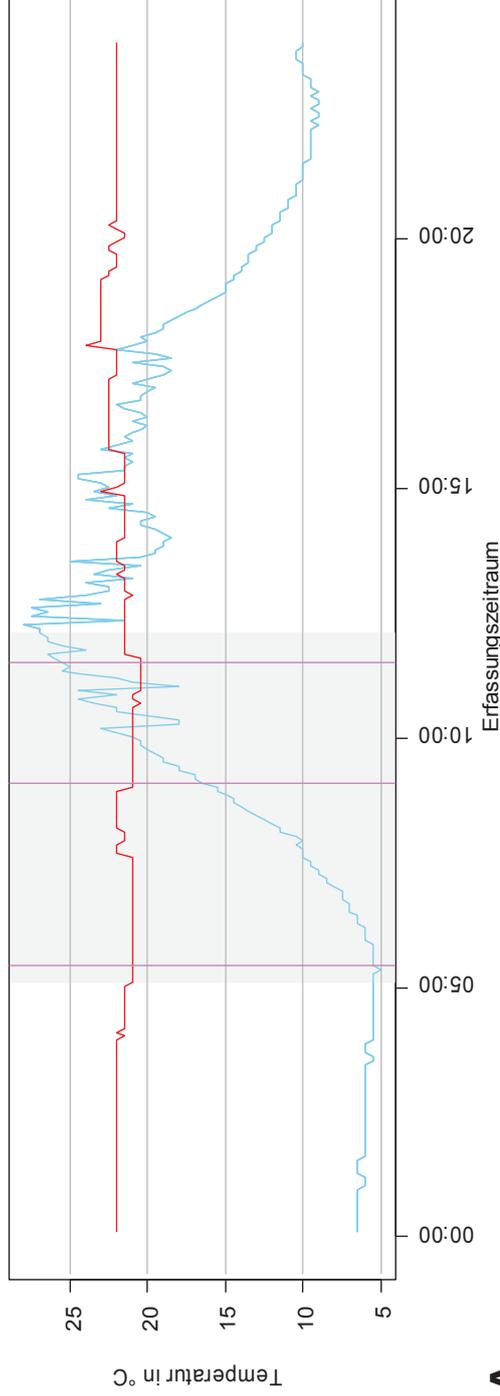
B. Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 99: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022), am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) war um 05:53 Uhr, 09:06 Uhr und 11:29 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) war um 06:43 Uhr und 10:44 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) war um 07:23 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 10:07 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 98 und Tab. 16 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

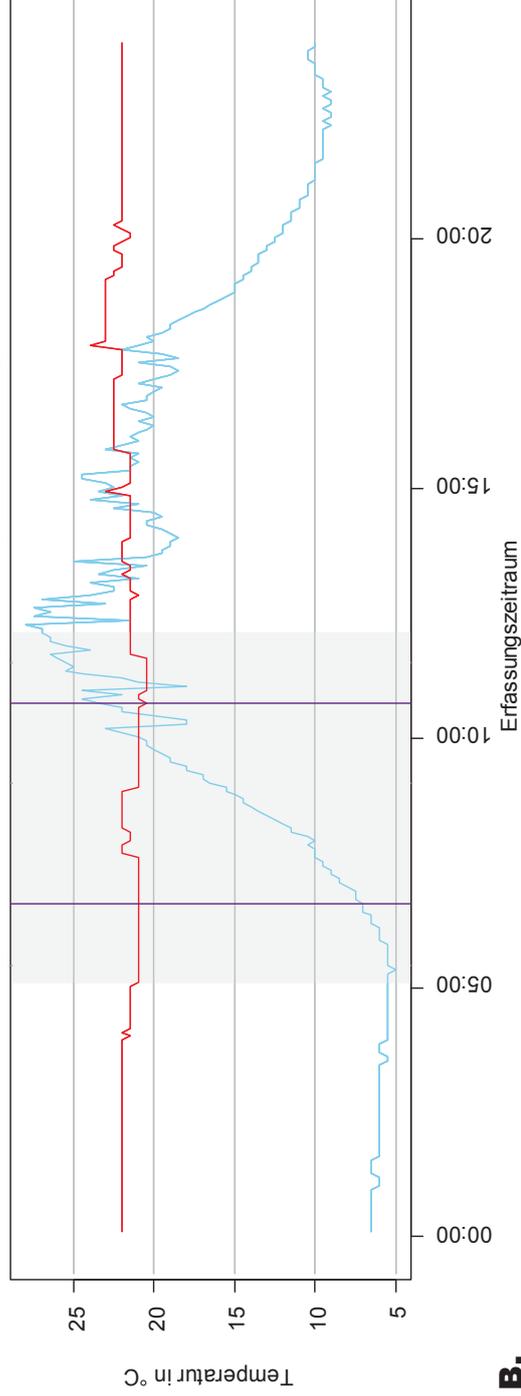
Brutpaar 5 (BP5) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



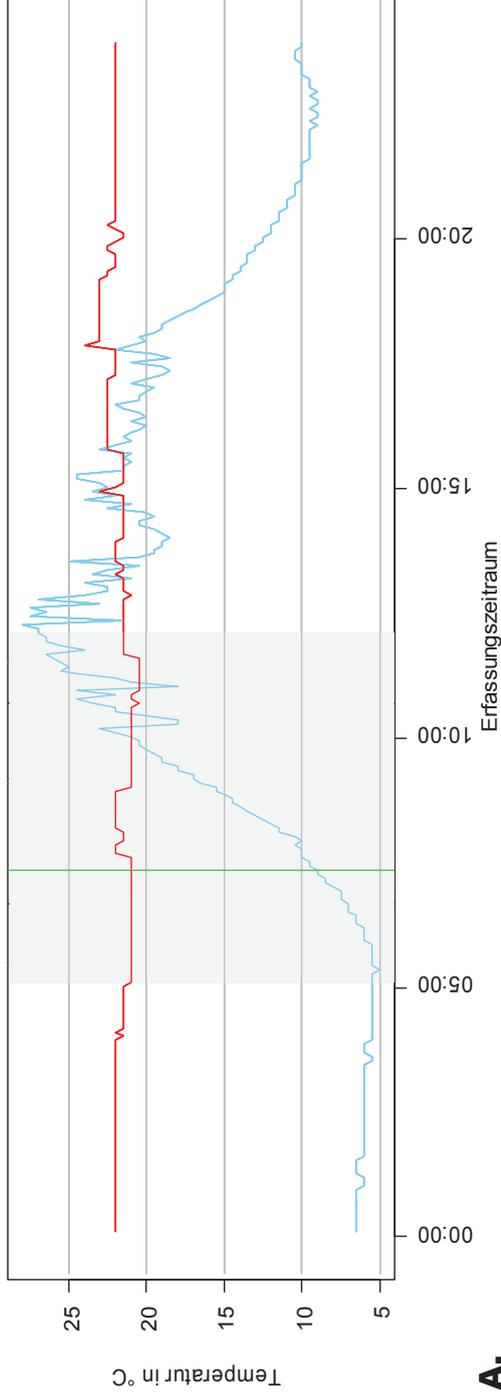
B.

Abb. 100: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkameraadrennenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP5 lag am 06.05.2022 bei 22°C, die niedrigste bei 20,5°C und die höchste bei 24°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameraadrennenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:63 Uhr, 09:06 Uhr und 11:29 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:43 Uhr und 10:44 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

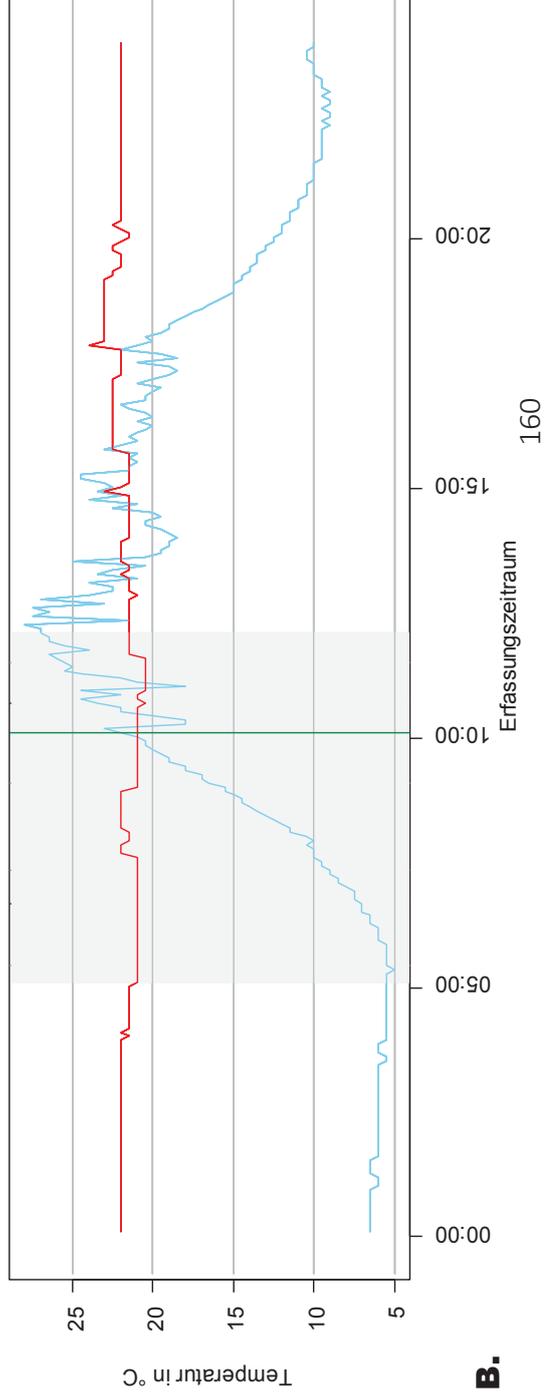
Brutpaar 5 (BP5) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 101: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 5 (BP5, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP5 lag am 06.05.2022 bei 22°C, die niedrigste bei 20,5°C und die höchste bei 24°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) war um 07:23 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 10:07 Uhr.

Brutpaar 6 (BP6): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP6 am 25.05., 26.05. und 27.05.2022 variierten im direkten Vergleich untereinander (Abb. 102 & Tab. 17): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (91), seltener waren +0,5°C (7) und -0,5°C (5). Es gab fünf Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -2°C (1), +2°C (1), +1,5°C (1) und +1°C (1). Am Vortrag waren die häufigsten Nesttemperaturdifferenzen 0°C (75), seltener bei -0,5°C (3) und +0,5°C (7). Es gab fünf Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -2°C (2), +2°C (1), +1,5°C (1) und +1°C (1). Am Tag war die

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP6) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

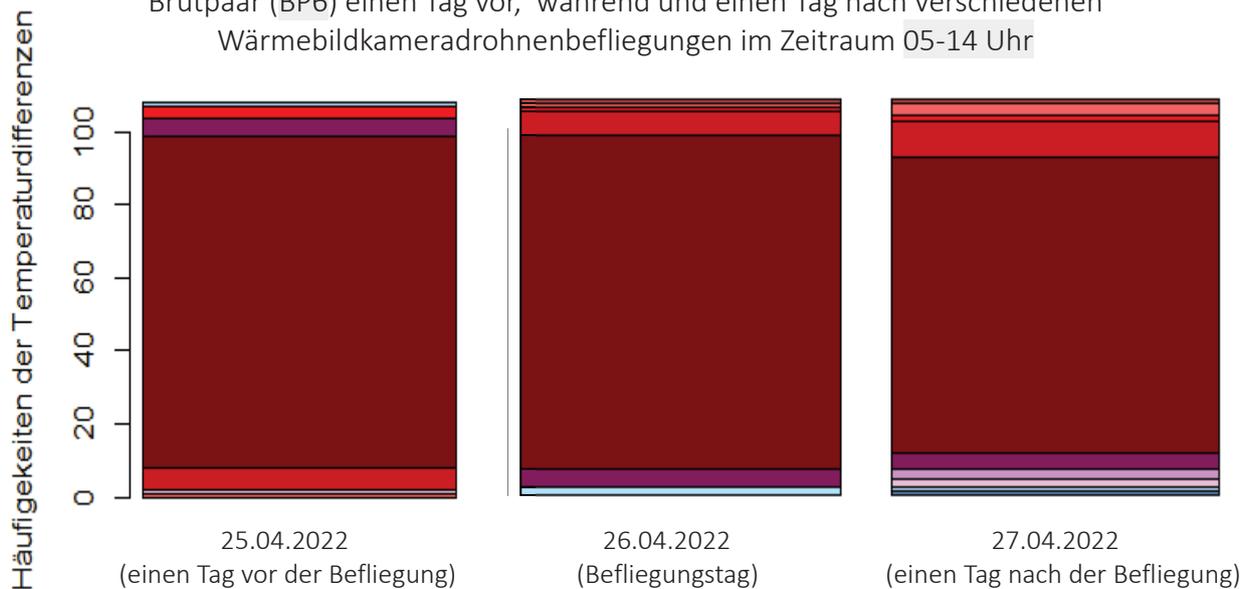


Abb. 102: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 6 (BP6) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324$ (3×108)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 17 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (91), -0,5°C (6) und +0,5°C (5). Sechsmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr deutlich erkennbar um -2°C (1), deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und +1,5°C (1), sowie erkennbar um +1°C (3) vom Optimum ab. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (91), -0,5°C (5) und +0,5°C (7). Fünfmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr deutlich erkennbar um -2°C (2) und +2°C (1), deutlich erkennbar um +1,5°C (1) und erkennbar um +1°C (1) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (81), +0,5°C (10) und -0,5°C (4). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit stark um -2,5°C (1), stark um -2°C (1), sehr deutlich erkennbar um -2°C (1) und +2°C (1), deutlich erkennbar um -1,5°C (2) und um +1,5°C (3), sowie erkennbar um +1°C (2) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen fällt auf, dass das Nest am 26.04. und 27.04.2022 häufigeren Temperaturschwankungen unterlegen gewesen sein muss bzw. die Bebrütungsfrequenz stark variierte, da sehr viele Nesttemperaturdifferenzausreißer vorhanden waren.

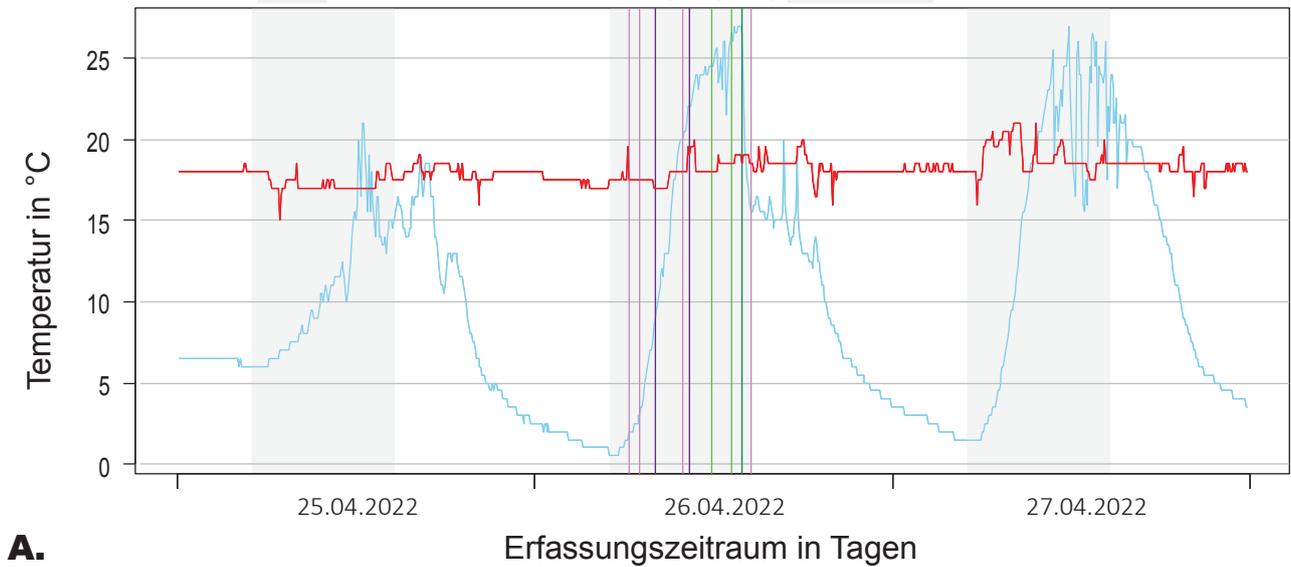
Tab. 17: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324$ (3×108)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 6 (BP6) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
25.04.2022					1	1		6	91	5	3	1					
26.04.2022					2			5	91	7	1	1	1				
27.04.2022				1	1	2	3	4	81	10	2	3	1				

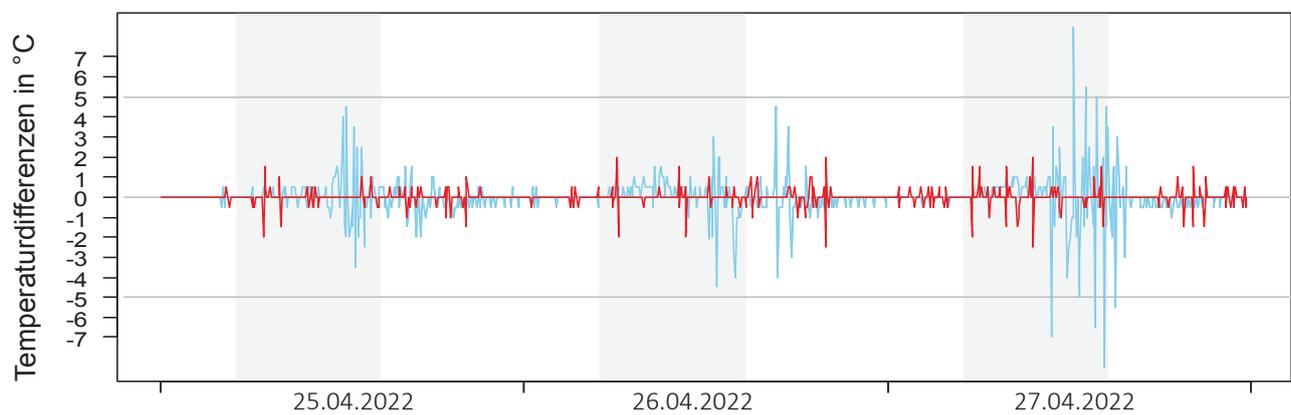
häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (81), seltener waren +0,5°C (10) und -0,5°C (4). Es gab zwölf Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -2,5°C (1), +2°C (1), -2°C (1), +1,5°C (3), -1,5°C (2), -1°C (3) und +1°C (2).

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP6 und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 103: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 103: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 104 und 105 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP6 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 104: A. Transektflug FW2022, Abb. 104: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 105: A. Transektflug M2EA und Abb. 105: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 6 (BP6) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022



A.



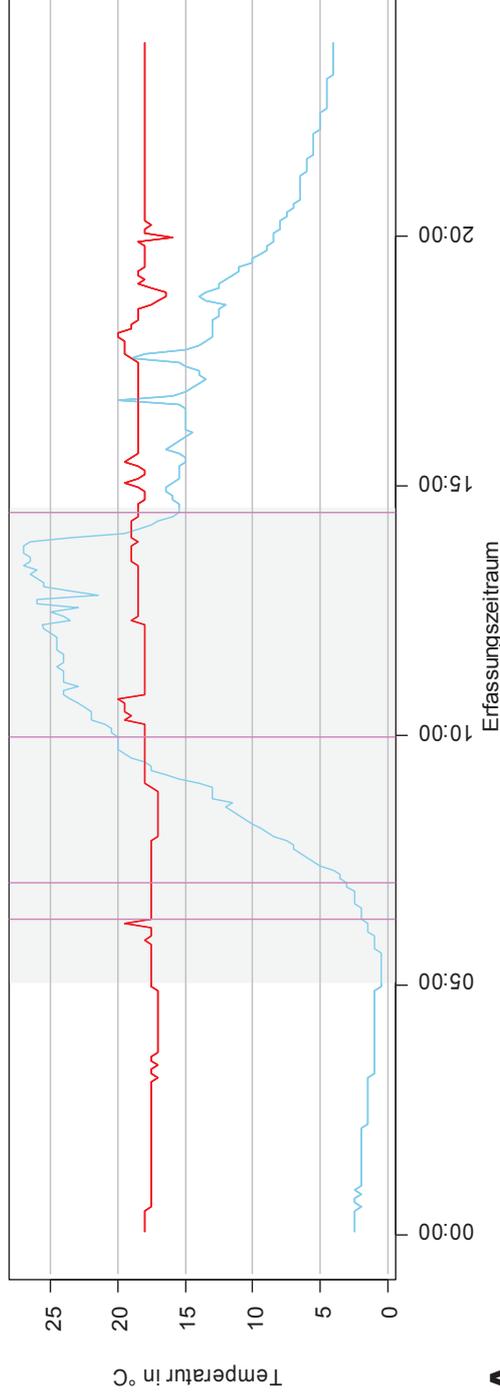
B.

Abb. 103: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022), am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 06:19 Uhr, 07:05 Uhr, 09:59 Uhr und 14:27 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:02 Uhr und 10:23 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 11:55 Uhr und 13:13 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:54 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 102 und Tab. 17 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

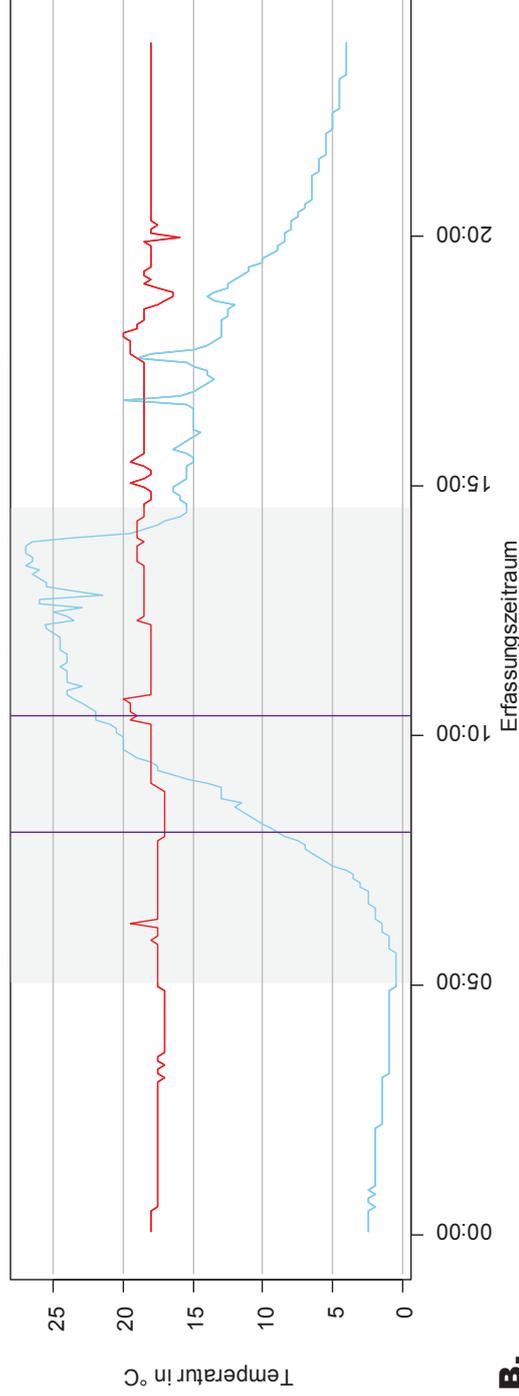
Brutpaar 6 (BP6) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

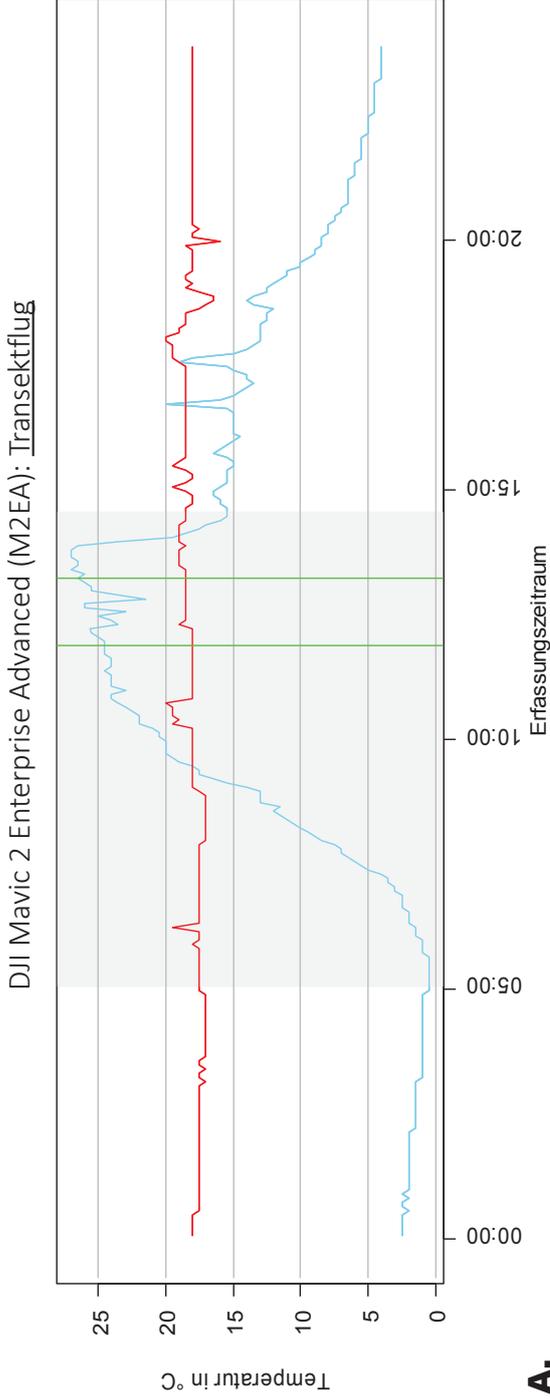


B.

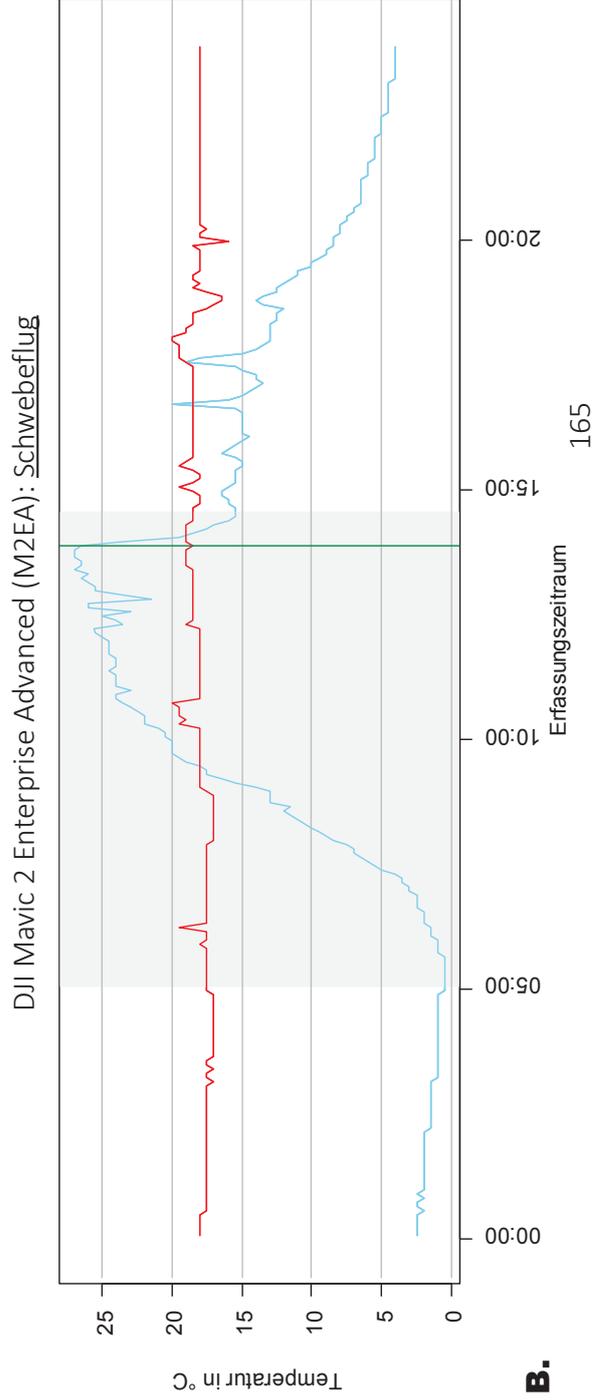
Abb. 104: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP6 lag am 26.04.2022 bei 18°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 20°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 06:19 Uhr, 07:05 Uhr, 09:59 Uhr und 14:27 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 08:02 Uhr und 10:23 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 6 (BP6) am Befliegungstag 26.04.2022



A.



B.

Abb. 105: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 26.04.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP6 lag am 26.04.2022 bei 18°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 20°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 8,5°C, die niedrigste bei 0,5°C und die höchste bei 27°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 11:55 Uhr und 13:13 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 13:54 Uhr.

Brutpaar 6 (BP6): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP6 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich geringfügig untereinander (Abb. 106 & Tab. 18): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (71), seltener waren +0,5°C (7) und -0,5°C (5). Es gab einen Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1°C (1). Am Vortrag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (69), seltener waren +0,5°C (8) und -0,5°C (3). Es gab vier Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -2,5°C (1), +2°C (1), -1,5°C (1) und -1°C (1). Am Tag nach der Befliegung war die häufigste

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP6) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

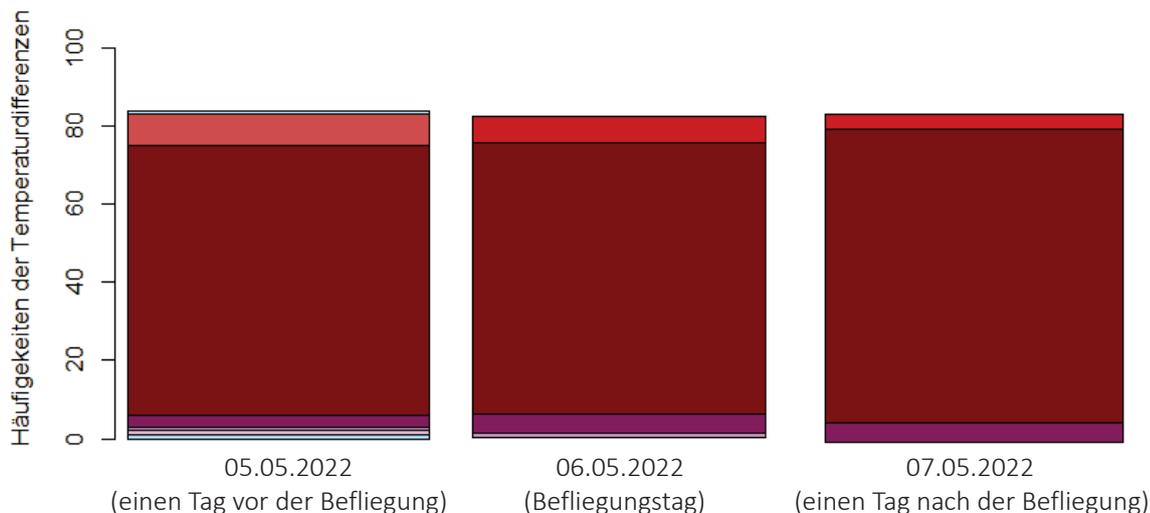


Abb. 106: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 6 (BP6) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3 x 84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 18 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (69), +0,5°C (8) und -0,5°C (3). Viermal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr deutlich erkennbar um -2°C (1) und +2°C (1), deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und erkennbar um -0,5°C (1) vom Optimum ab. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (71), +0,5°C (7) und -0,5°C (5). Einmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) vom Optimum ab. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (75), -0,5°C (5) und +0,5°C (4). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 06.05. und 07.05.2022 fällt auf, dass die Häufungen der Nesttemperaturdifferenzen sich sehr ähnelten, wohingegen am 05.05.2022 deutlich mehr Variationen in den Nesttemperaturdifferenzen aufkamen.

Tab. 18: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 6 (BP6) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022					1	1	1	3	69	8			1				
06.05.2022							1	5	71	7							
07.05.2022								5	75	4							

Nesttemperaturdifferenz 0°C (75), seltener waren -0,5°C (5) und +0,5°C (4) Es gab keine Nesttemperaturdifferenz ausreißer.

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP6 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 107: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 107: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 108 und 109 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP6 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 108: A. Transektflug FW2022, Abb. 108: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 109: A. Transektflug M2EA und Abb. 109: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 6 (BP6) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022

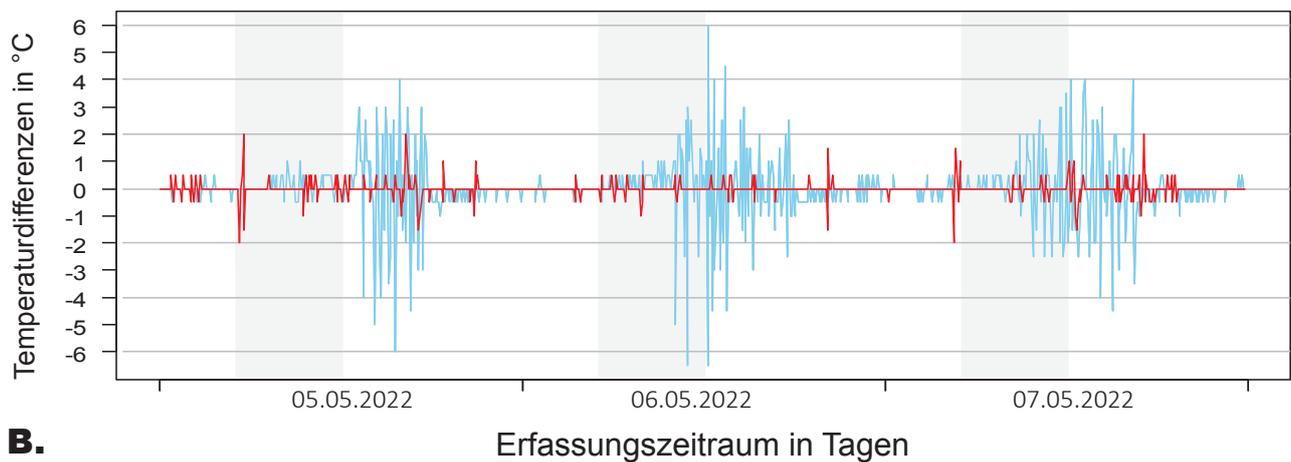
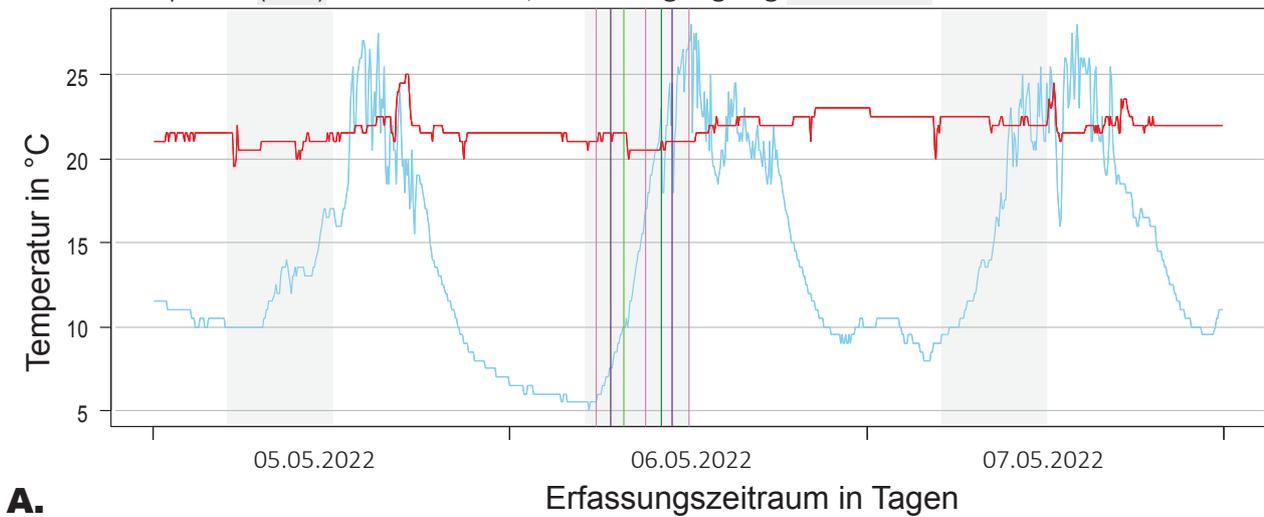
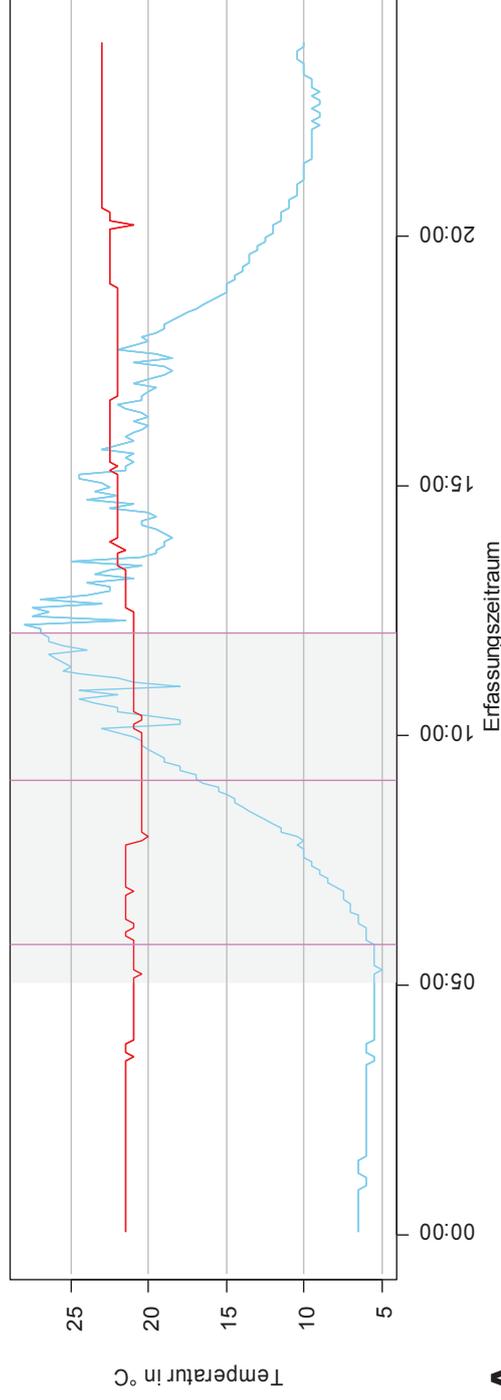


Abb. 107: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022), am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „der Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:47 Uhr, 09:29 Uhr und 12:05 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:49 Uhr und 10:53 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:39 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:15 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 106 und Tab. 18 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

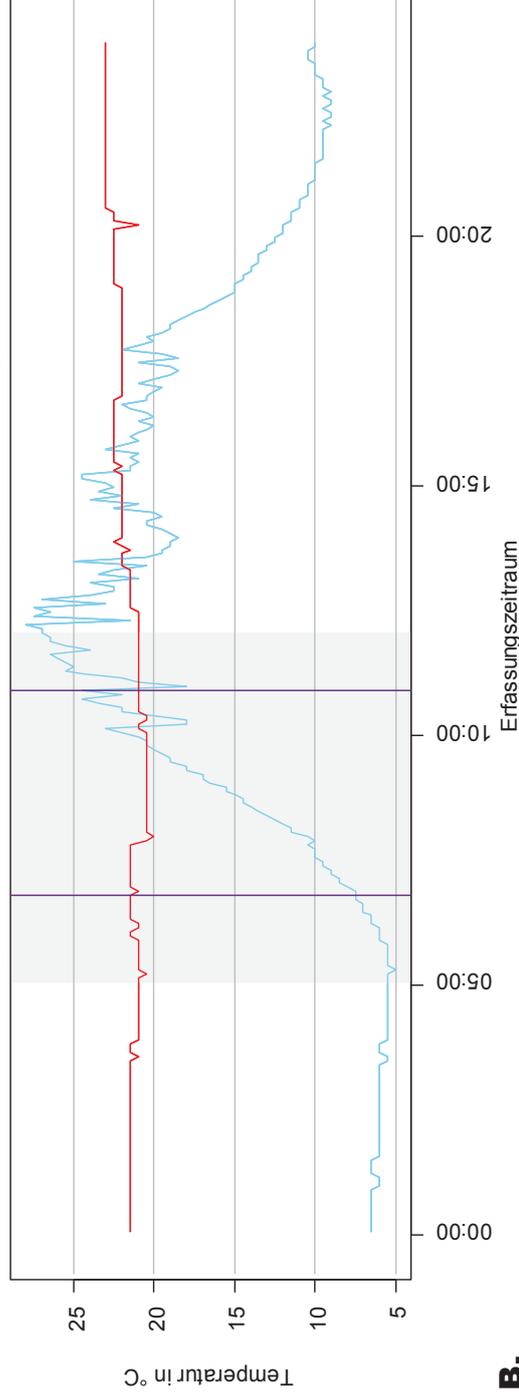
Brutpaar 6 (BP6) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



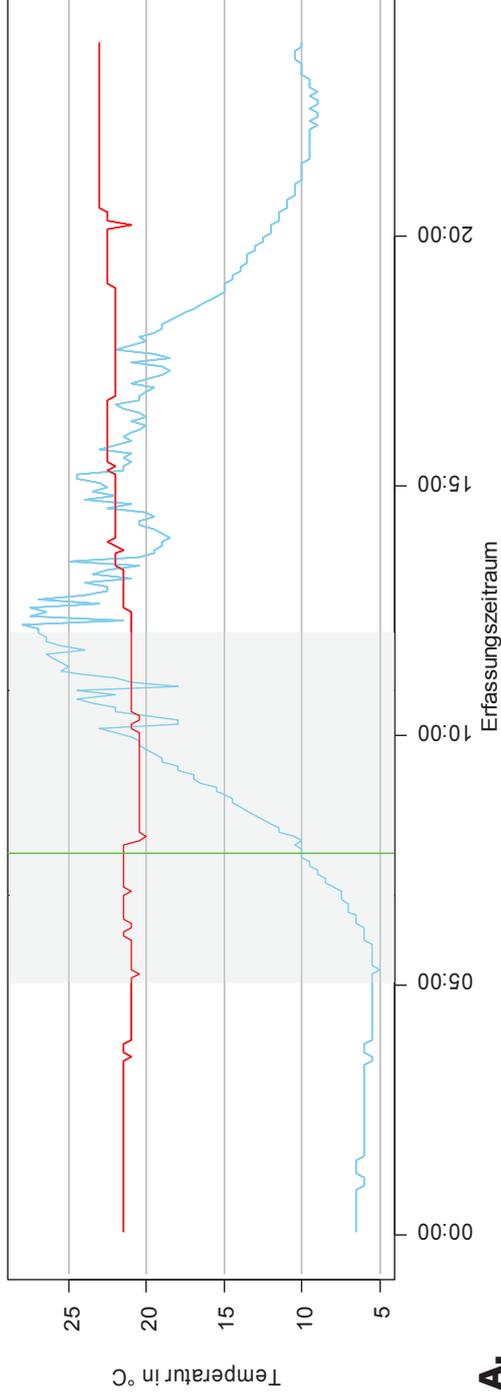
B.

Abb. 108: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP6 lag am 06.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 20°C und die höchste bei 23°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:47 Uhr, 09:29 Uhr und 12:05 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:49 Uhr und 10:53 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

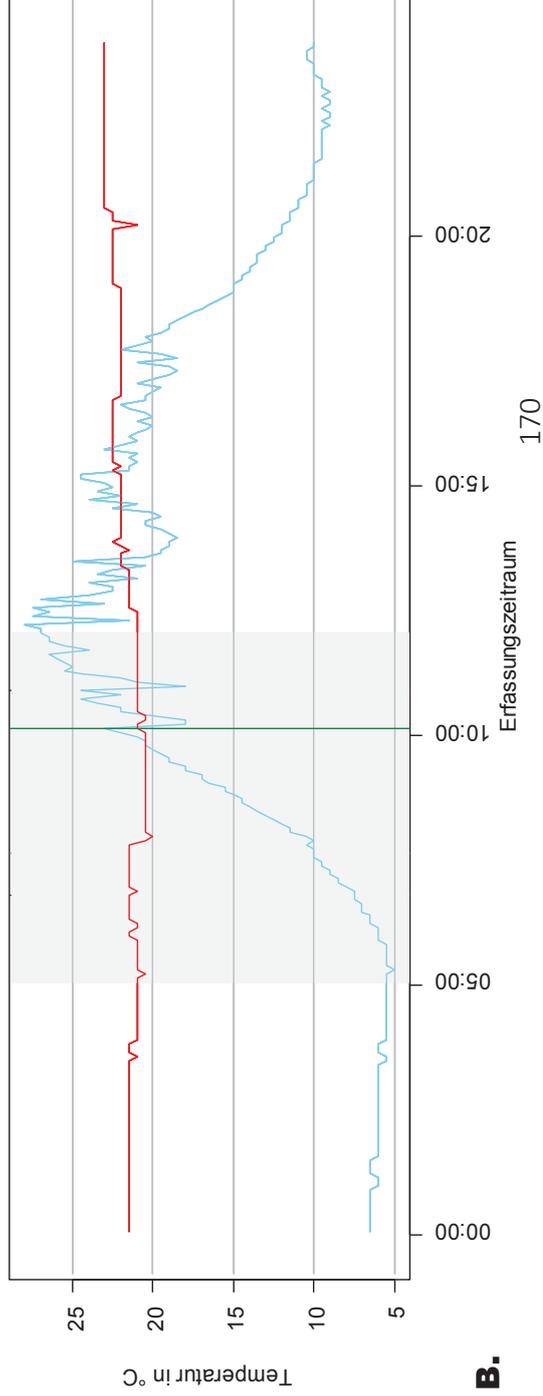
Brutpaar 6 (BP6) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 109: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP6 lag am 06.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 20°C und die höchste bei 23°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) war um 07:39 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 10:15 Uhr.

Brutpaar 7 (BP7): Bebrütungsfrequenzen am 25.04., 26.04. und 27.04.2022

Die Bebrütungsfrequenzen von BP7 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 variierten im direkten Vergleich etwas untereinander (Abb. 110 & Tab. 19): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (72), -0,5°C (15) und +0,5°C (11). Es gab zehn Nesttemperaturdifferenzausreißer bei +2°C (1), -1°C (4), +1,5°C (3) und +1°C (2). Am Vortrag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (74), seltener waren -0,5°C (15) und +0,5°C (9). Es gab zehn Nesttemperaturdifferenzausreißer bei +1,5°C (2), -1,5°C (1), +1°C (5) und -1°C (2). Am Tag nach der

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP7) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-14 Uhr

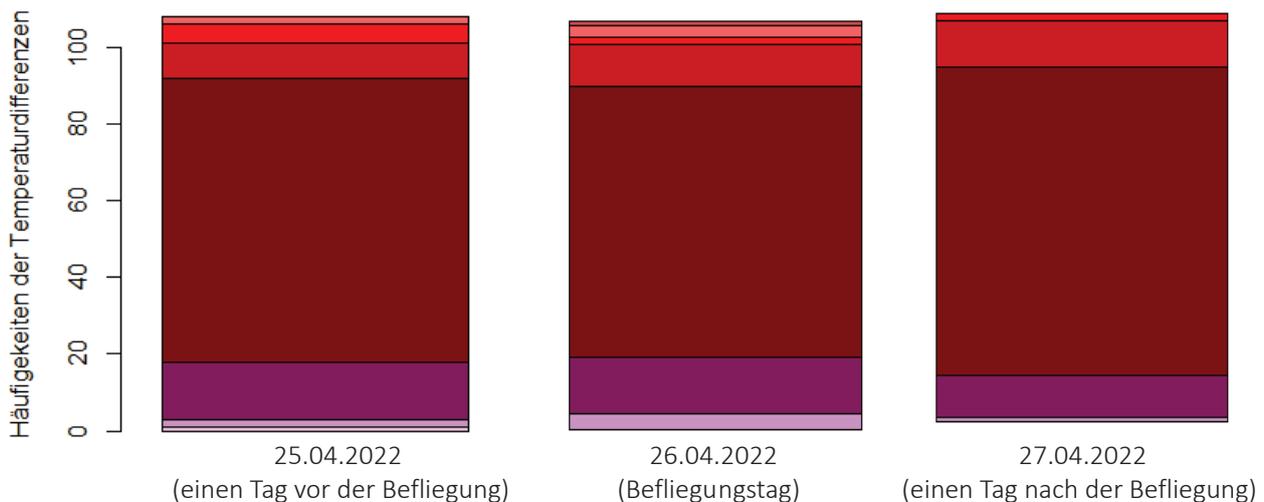


Abb. 110: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 7 (BP7) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 324$ (3×108)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 19 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 25.04.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (74), -0,5°C (15) und +0,5°C (9). Achtmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und +1,5°C (5), sowie erkennbar um -1°C (2) und +1°C (5) vom Optimum ab. Am 26.04.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (72), -0,5°C (15) und +0,5°C (11). Zehnmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr deutlich erkennbar um +2°C (1), deutlich erkennbar um +1,5°C (3), erkennbar um -1°C (4) und um +1°C (3) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (82), +0,5°C (12) und -0,5°C (11). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um +1°C (2) und um -1°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich der Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04., 26.04. und 27.04.2022 waren alle drei Tage sehr regelmäßig bebrütet und wichen in wenigen Nesttemperaturdifferenzausreißern vom Optimum ab.

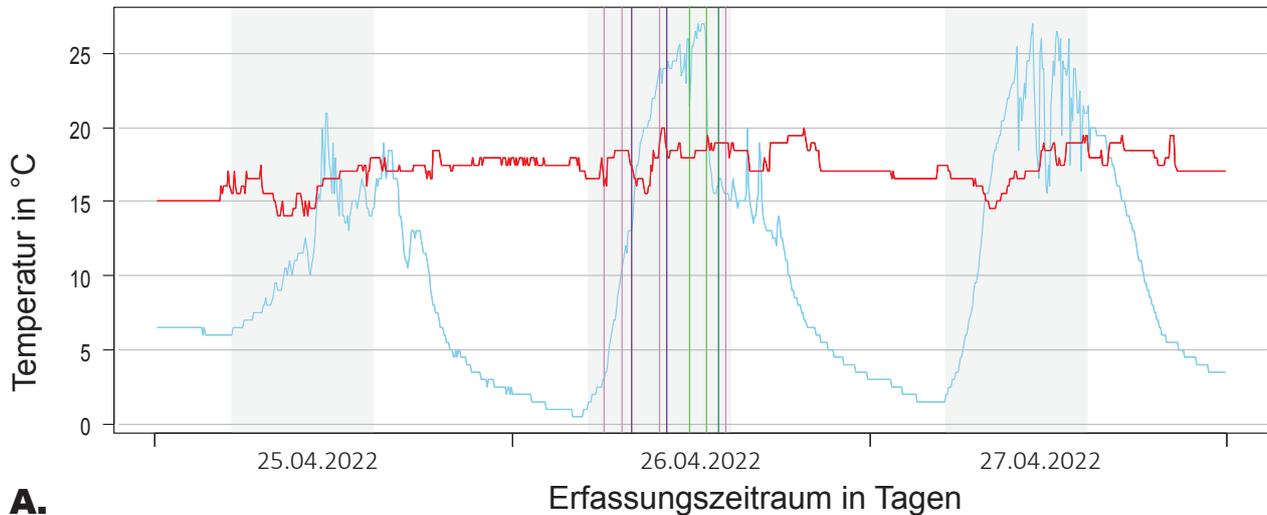
Tab. 19: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 324$ (3 x 108)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 7 (BP7) im Zeitraum von 5-14 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
25.04.2022						1	2	15	74	9	5	2					
26.04.2022							4	15	72	11	2	3	1				
27.04.2022							1	11	82	12	2						

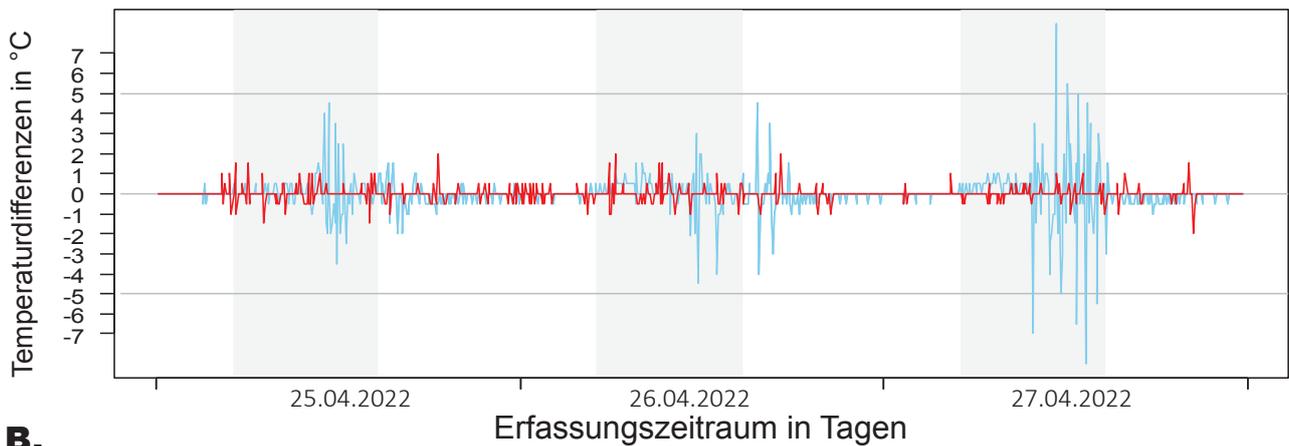
Befliegung war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (82), seltener waren +0,5°C (12) und -0,5°C (15). Es gab drei Nesttemperaturdifferenzausreißer bei +1°C (2) und -1°C (1).

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP7 und R1 am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 111: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 111: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 112 und 113 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP7 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 112: A. Transektflug FW2022, Abb. 112: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 113: A. Transektflug M2EA und Abb. 113: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 7 (BP7) am 25.04.2022, am Befliegungstag 26.04.2022 und am 27.04.2022



A.



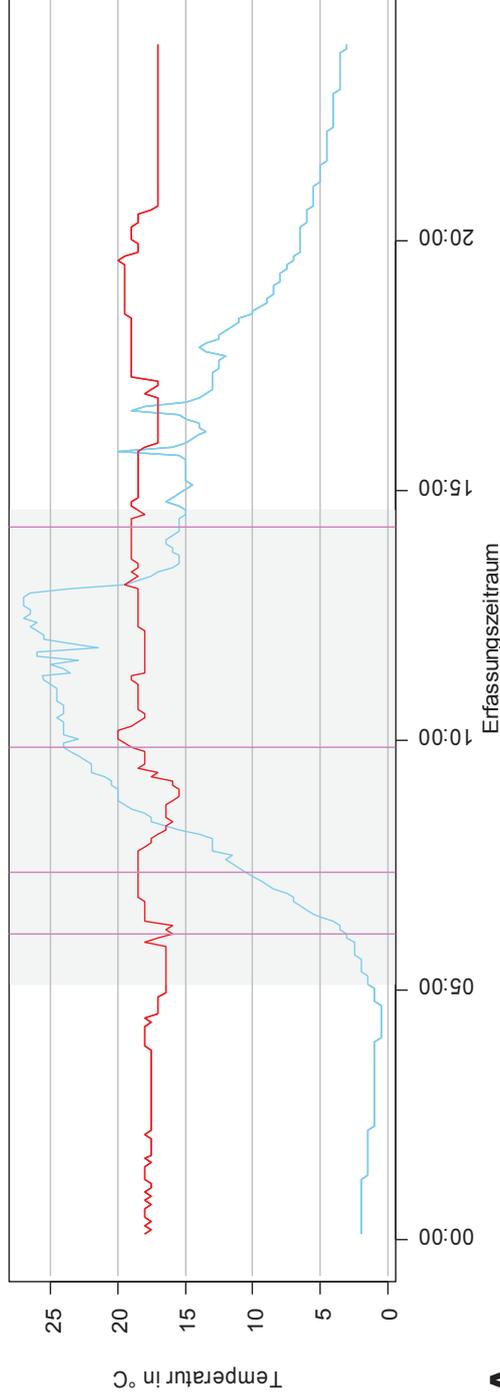
B.

Abb. 111: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 7 (BP7, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (25.04.2022) am Befliegungstag (26.04.2022) und einen Tag nach der Befliegung (27.04.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist sowohl am 25.04., 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 26.04.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 06:07 Uhr, 07:24 Uhr, 09:49 Uhr und 14:15 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:03 Uhr und 10:19 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 11:51 Uhr und 13:00 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 13:49 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 110 und Tab. 19 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

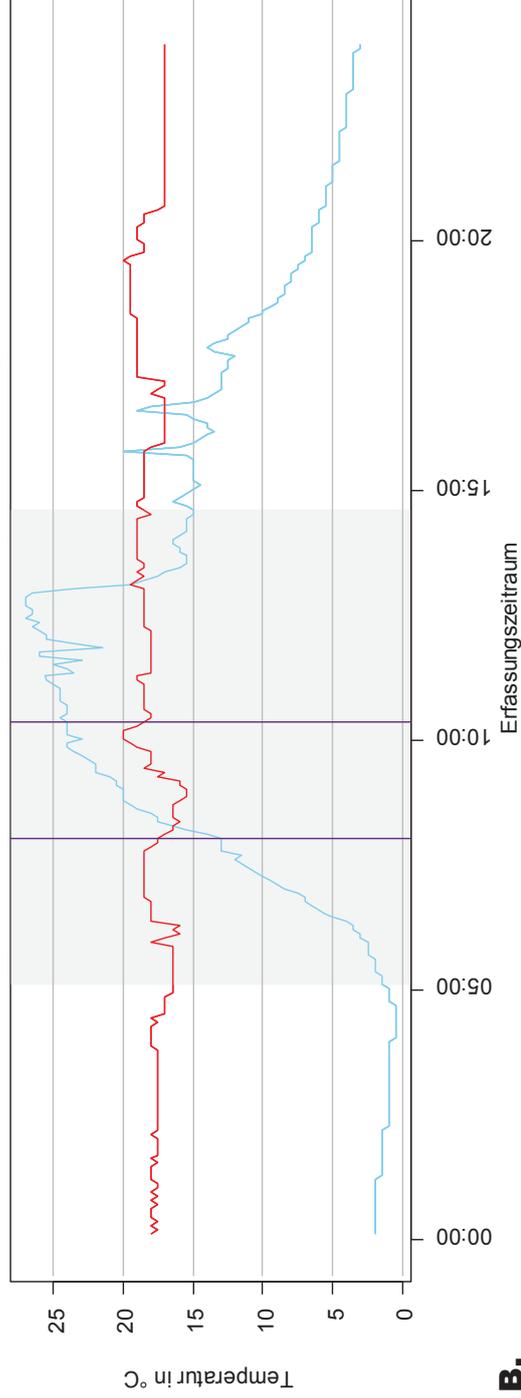
Brutpaar 7 (BP7) am Befliegungstag 26.04.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

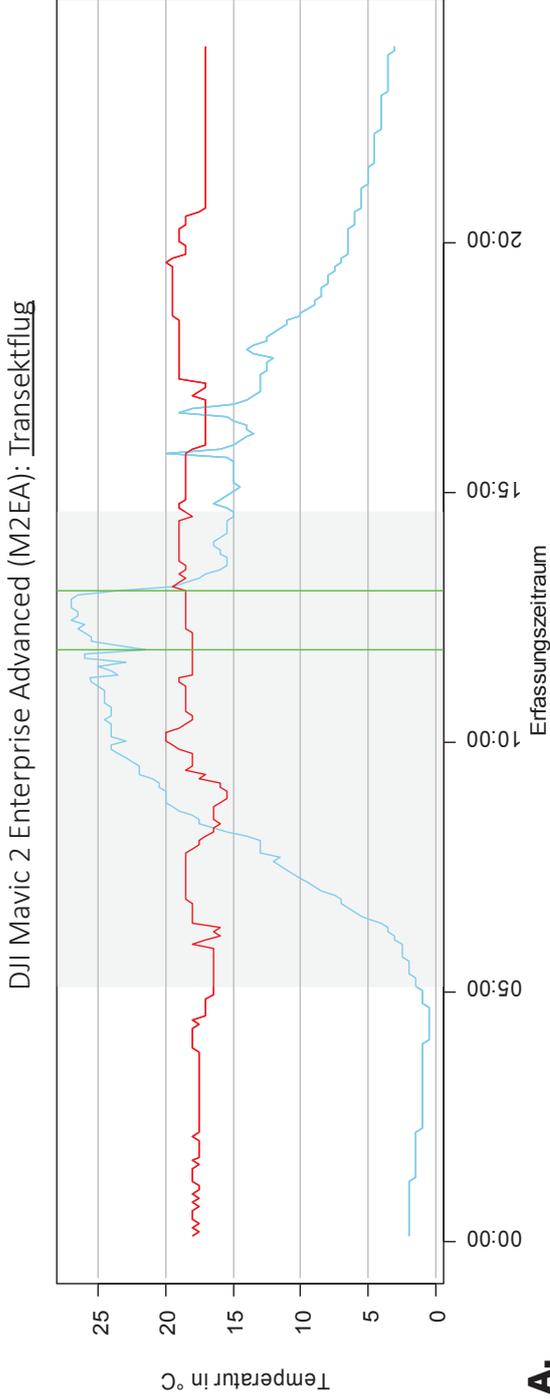


B.

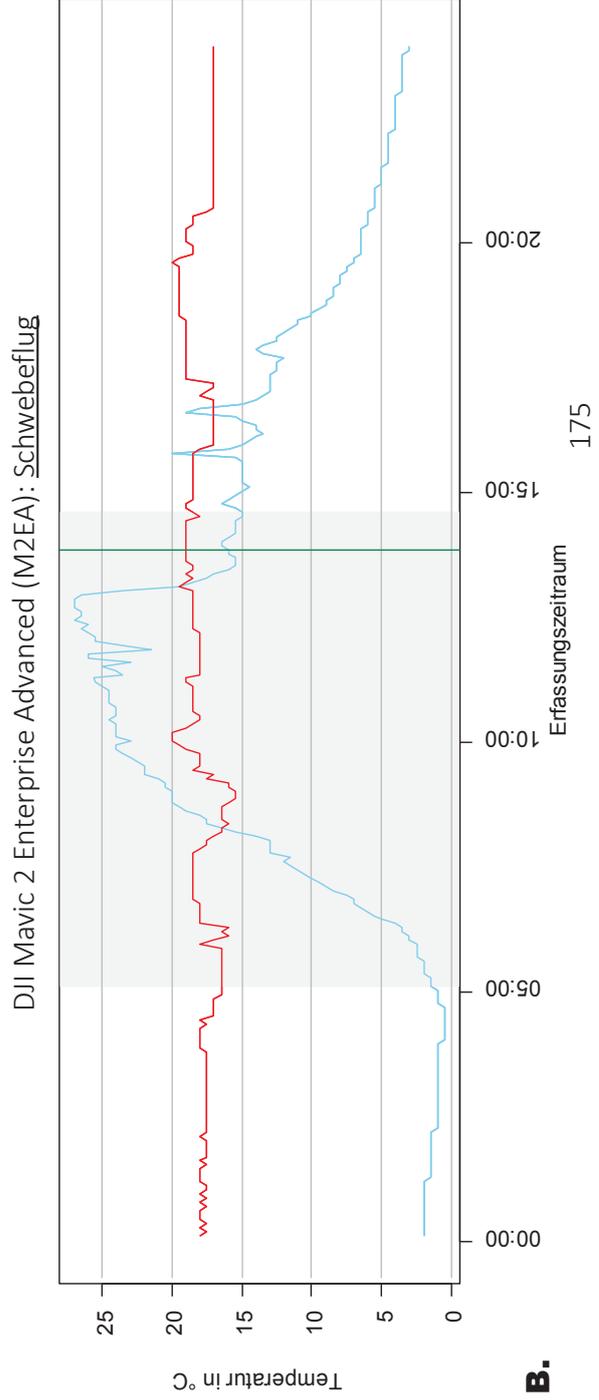
Abb. 112: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP6 lag am 06.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 20°C und die höchste bei 23°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:47 Uhr, 09:29 Uhr und 12:05 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:49 Uhr und 10:53 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 7 (BP7) am Befliegungstag 26.04.2022



A.



B.

Abb. 113: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 6 (BP6, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkameranodenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-14:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP6 lag am 06.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 20°C und die höchste bei 23°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameranodenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) waren um 07:39 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 10:15 Uhr.

Brutpaar 7 (BP7): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP7 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich geringfügig untereinander (Abb. 114 & Tab. 20): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (65), -0,5°C (8) und +0,5°C (7). Es gab fünf Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1,5°C (1), +1,5°C (1), +1°C (2) und -1°C (1). Am Vortrag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (69), seltener waren -0,5°C (6) und +0,5°C (4). Es gab fünf Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1,5°C (1), +1,5°C (1), +1°C (2) und -1°C (1). Am Tag war die

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP7) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

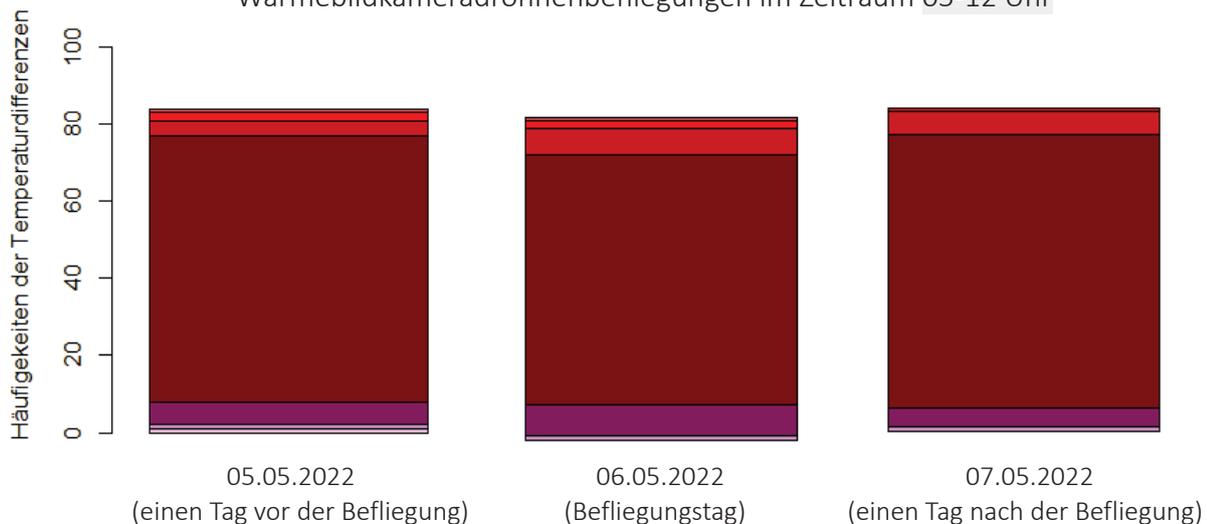


Abb. 114: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 7 (BP7) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 20 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (69), -0,5°C (6) und +0,5°C (4). Sechsmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und um +1,5°C (1), sowie erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (2) vom Optimum ab. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (65), -0,5°C (8) und +0,5°C (7). Viermal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um +2°C (1) und erkennbar um -1°C (1) und um +2°C (2) vom Optimum ab. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (71), +0,5°C (6) und -0,5°C (5). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und um +1°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen vom 25.04. und 27.04.2022 fällt auf, dass die Nesttemperaturdifferenzen am 26.04.2022 sich an allen Tagen ähnelten und wenige Nesttemperaturdifferenzausreißer vorhanden waren.

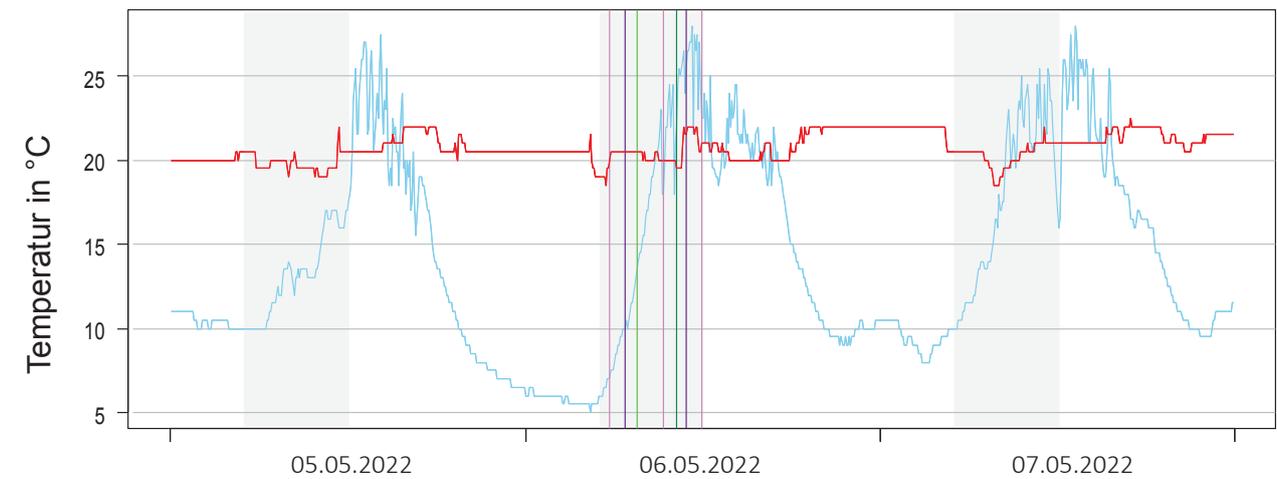
Tab. 20: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 7 (BP7) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022						1	1	6	69	4	2	1					
06.05.2022							1	8	65	7	2	1					
07.05.2022							1	5	71	6	1						

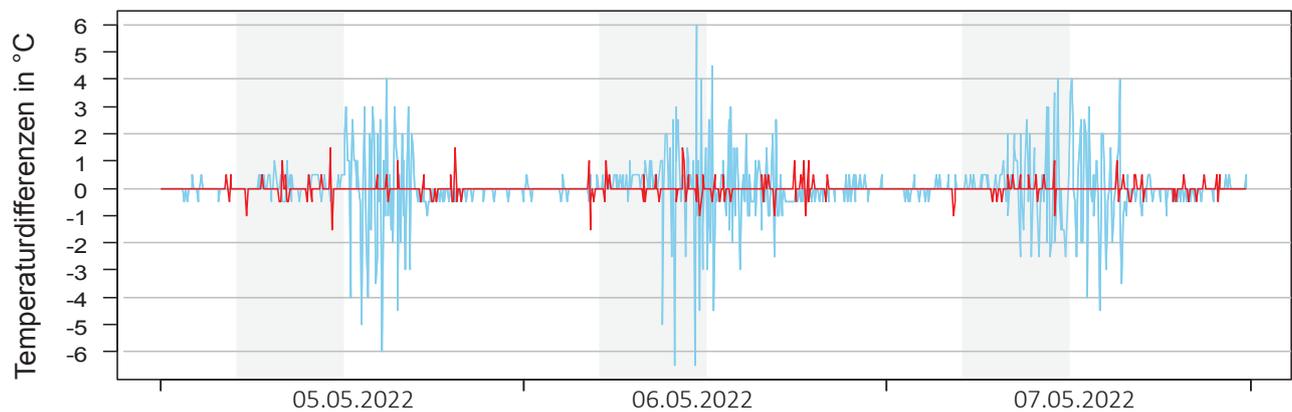
häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (71), +0,5°C (6) und -0,5°C (5). Es gab zwei Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1°C (1) und +1°C (1).

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP7 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 115: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 115: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 116 und 117 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP7 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 116: A. Transektflug FW2022, Abb. 116: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 117: A. Transektflug M2EA und Abb. 117: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 7 (BP7) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022



A. Erfassungszeitraum in Tagen



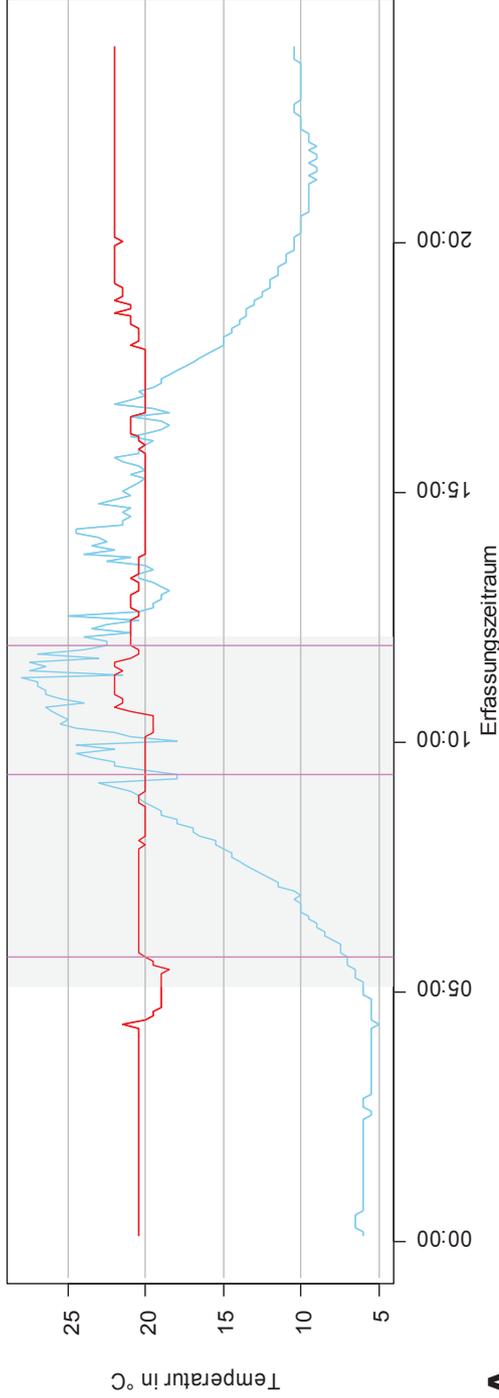
B. Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 115: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 7 (BP7, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:40 Uhr, 09:19 Uhr und 11:58 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:46 Uhr und 10:49 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:32 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:09 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 114 und Tab. 20 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

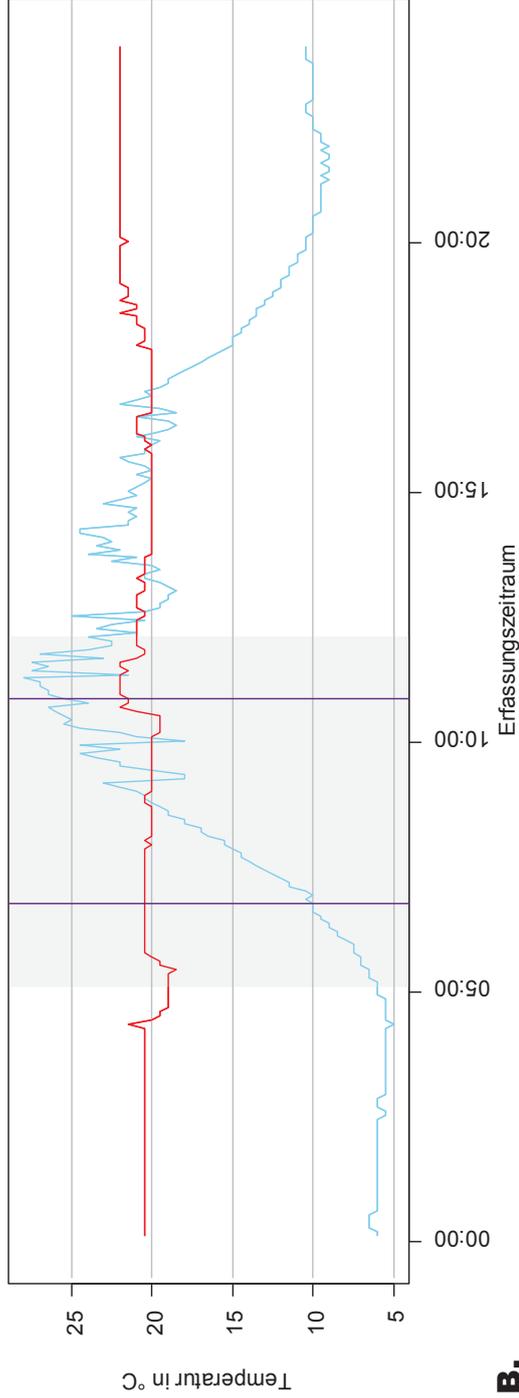
Brutpaar 7 (BP7) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



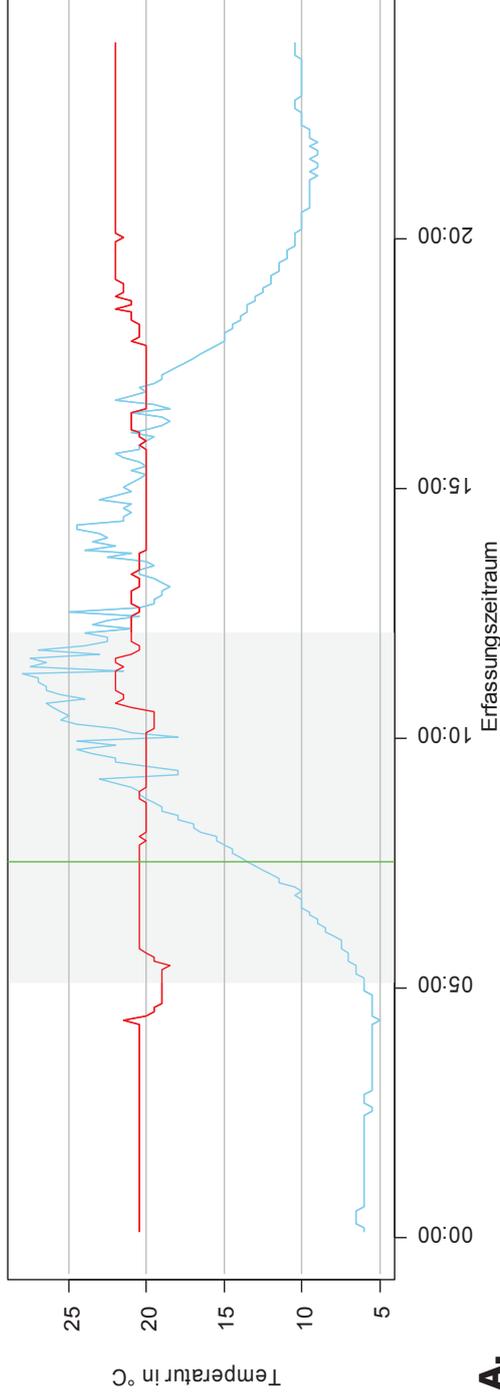
B.

Abb. 116: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 7 (BP7, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP7 lag am 06.05.2022 bei 20,5°C, die niedrigste bei 18,5°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:40 Uhr, 09:19 Uhr und 11:58 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:46 Uhr und 10:49 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

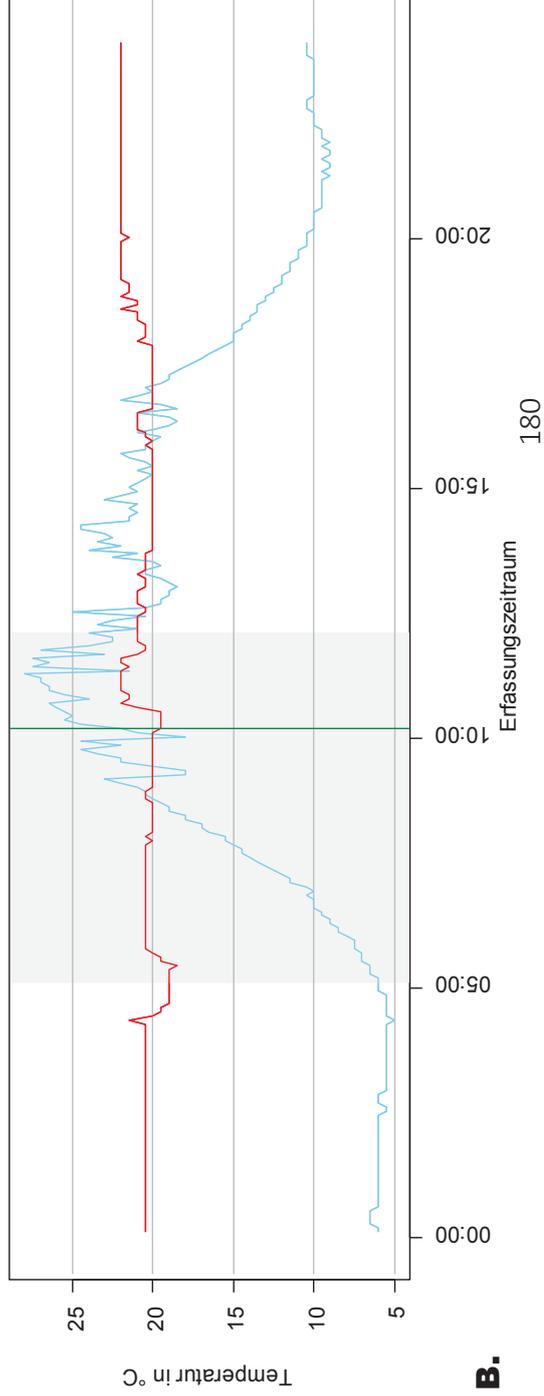
Brutpaar 7 (BP7) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 117: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 7 (BP7, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP7 lag am 06.05.2022 bei 20,5°C, die niedrigste bei 18,5°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) war um 07:32 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 10:09 Uhr.

Brutpaar 8 (BP8): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP8 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich maßgeblich untereinander (Abb. 118 & Tab. 21): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (59), seltener waren -0,5°C (11) und +0,5°C (11). Es gab drei Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1,5°C (1), +1,5°C (1) und +1°C (1). Am Vortrag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (66), seltener waren -0,5°C (9) und +0,5°C (9). Es gab keine

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP8) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

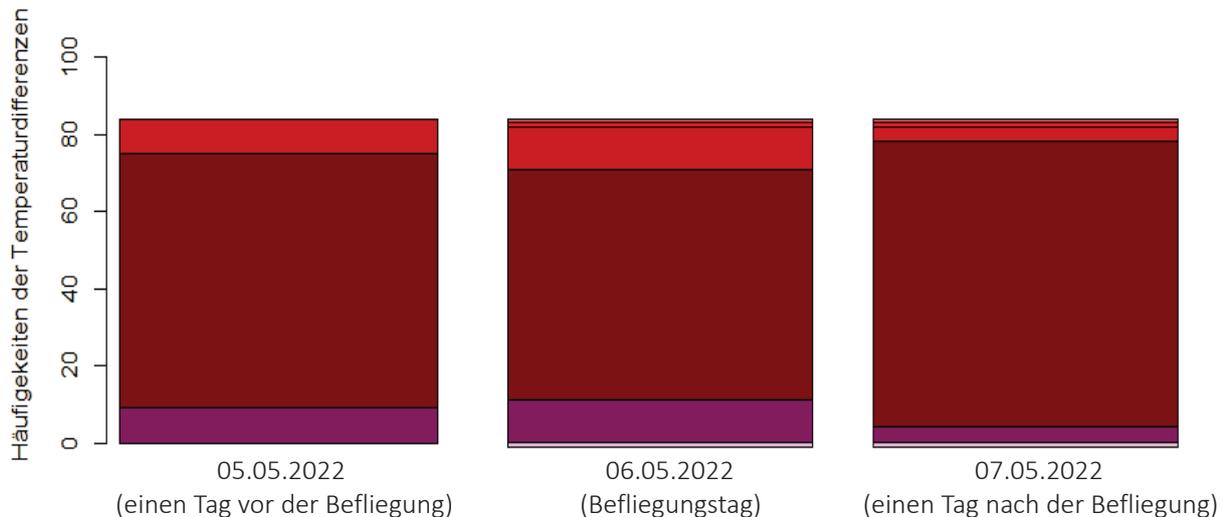


Abb. 118: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 8 (BP8) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 21 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (66), -0,5°C (9) und +0,5°C (9). Zweimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) und deutlich erkennbar um +1,5°C (1) vom Optimum ab. Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (59), -0,5°C (11) und +0,5°C (11). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und um +1,5°C (1), sowie erkennbar um +1°C (1) vom Optimum ab. Am 27.04.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (73), -0,5°C (4) und +0,5°C (4). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und +1,5°C (1), sowie erkennbar um +1°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich der Nesttemperaturdifferenzen war der 07.05.2022 der Tag mit den wenigsten Nesttemperaturschwankungen, wohingegen die Nesttemperaturdifferenzen am 05.05. und 06.05.2022 geringfügig mehr Nesttemperaturdifferenzen unterlagen, die jedoch alle noch im als konstant definierten Bereich lagen.

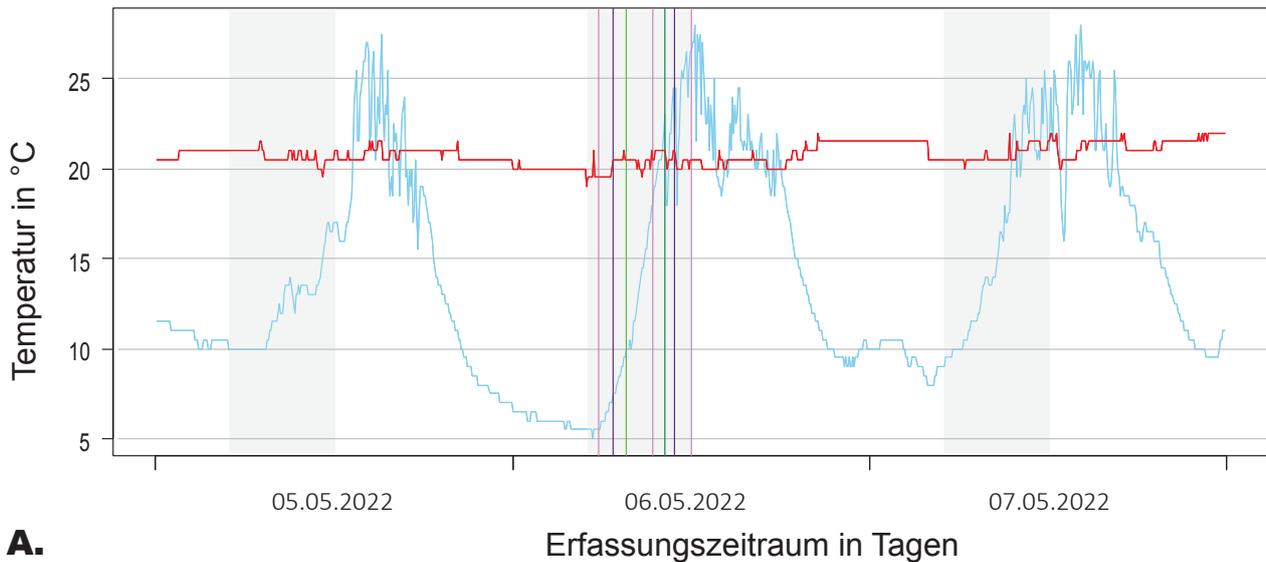
Tab. 21: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 8 (BP8) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022								9	66	9							
06.05.2022						1		11	59	11	1	1					
07.05.2022						1		4	73	4	1	1					

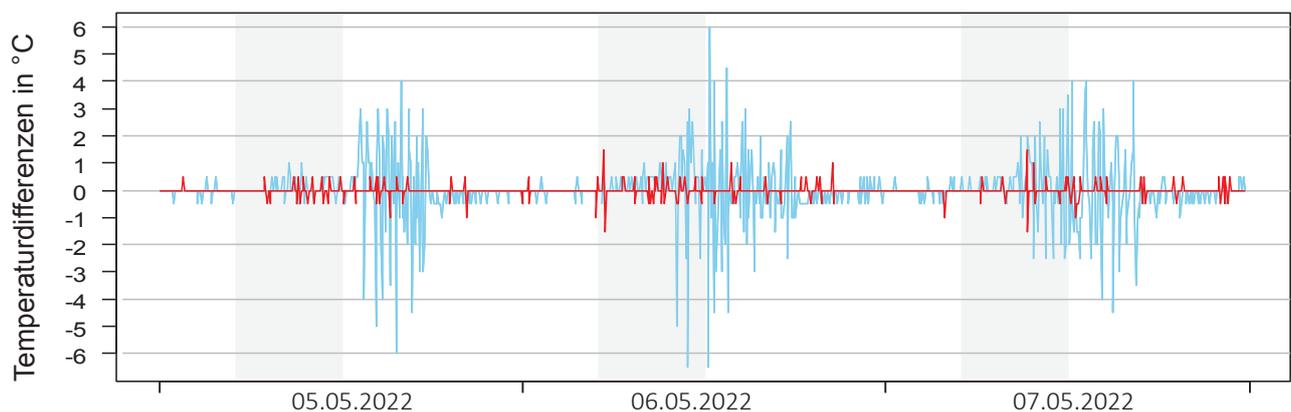
Nesttemperaturdifferenzausreißer. Am Tag nach der Befliegung war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (73), seltener waren -0,5°C (4) und +0,5°C (4). Es gab drei Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1,5°C (1), +1,5°C (1) und +1°C (1).

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP8 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 119: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 199: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 120 und 121 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP8 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 120: A. Transektflug FW2022, Abb. 120: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 121: A. Transektflug M2EA und Abb. 121: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 8 (BP8) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022



A.



B.

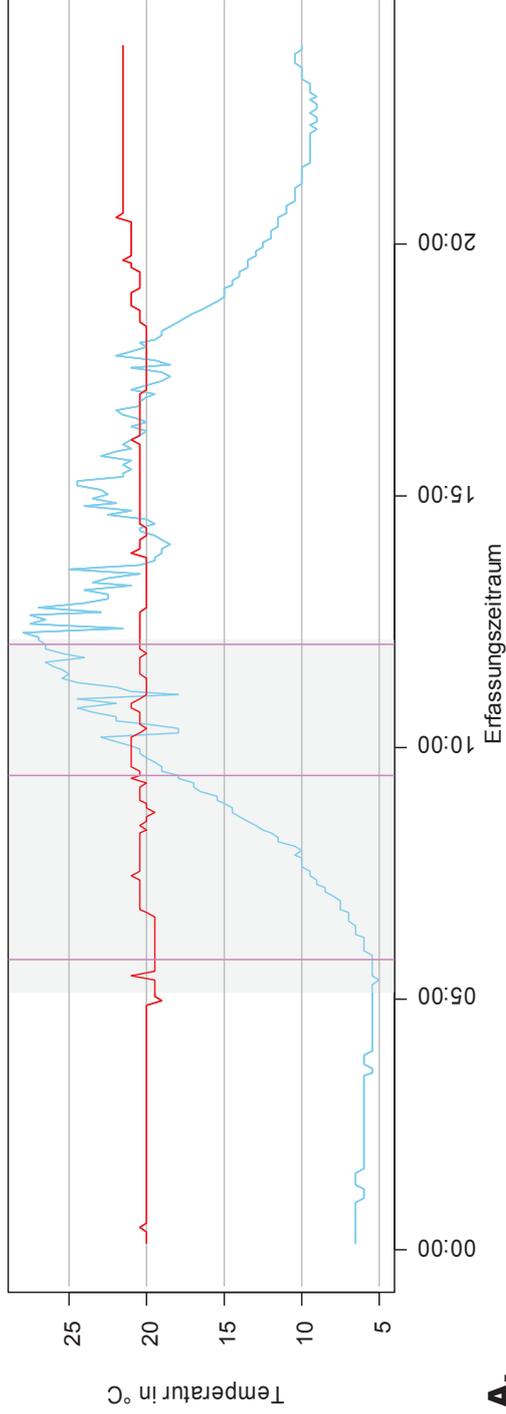
Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 119: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00–12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:40 Uhr, 09:19 Uhr und 11:58 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:46 Uhr und 10:49 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:32 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:09 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 118 und Tab. 21 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

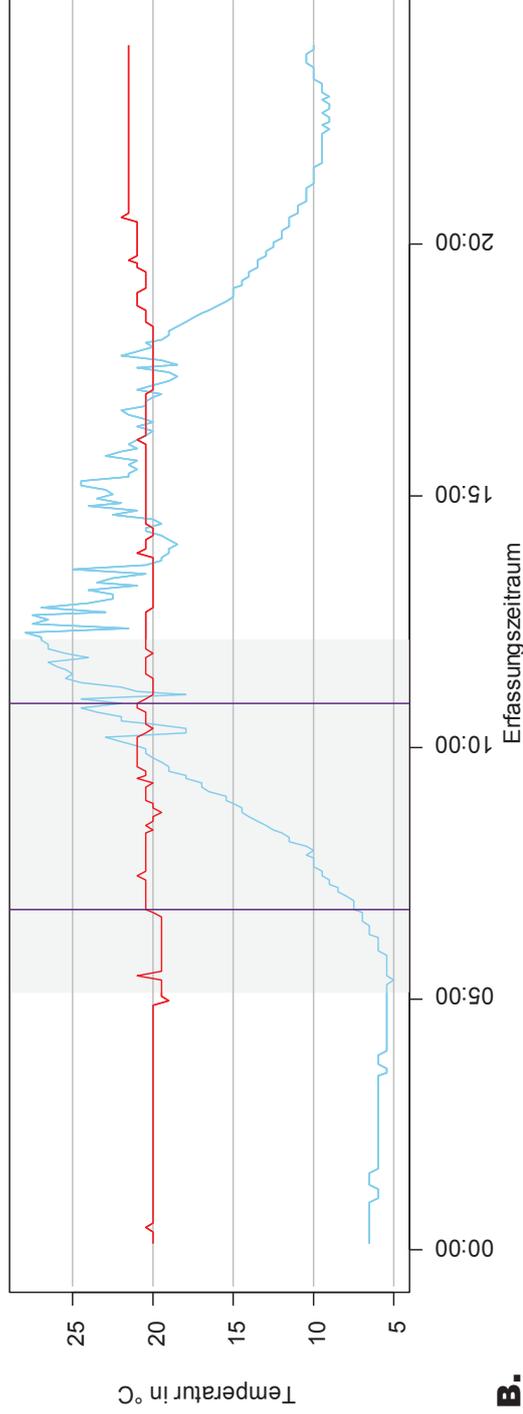
Brutpaar 8 (BP8) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



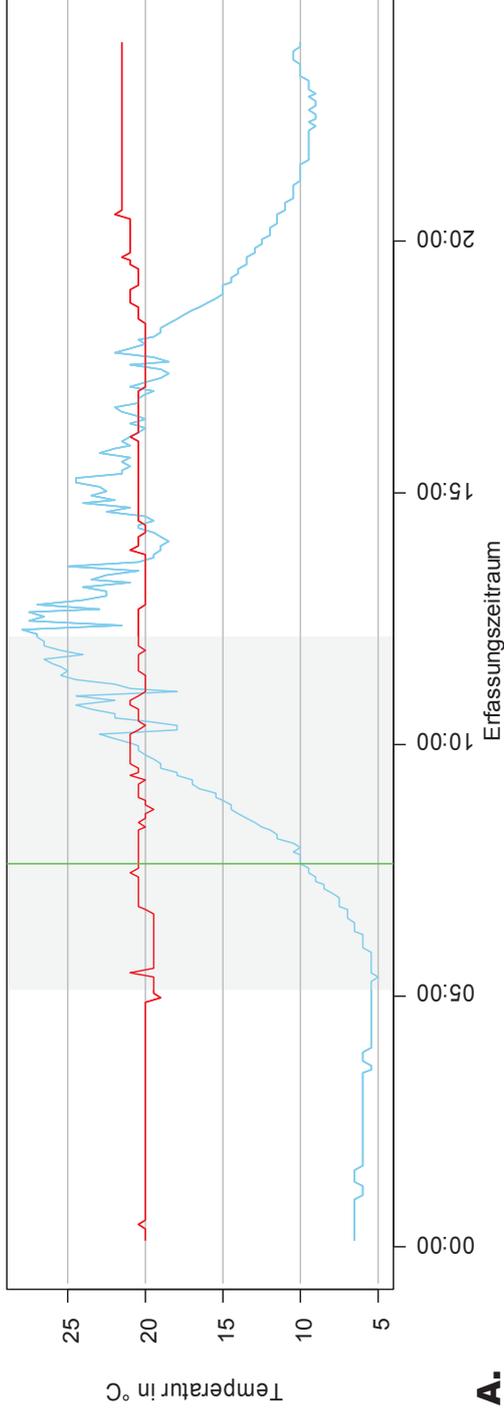
B.

Abb. 120: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP8 lag am 06.05.2022 bei 20,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:45 Uhr, 09:29 Uhr und 12:02 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) waren um 06:48 Uhr und 10:52 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

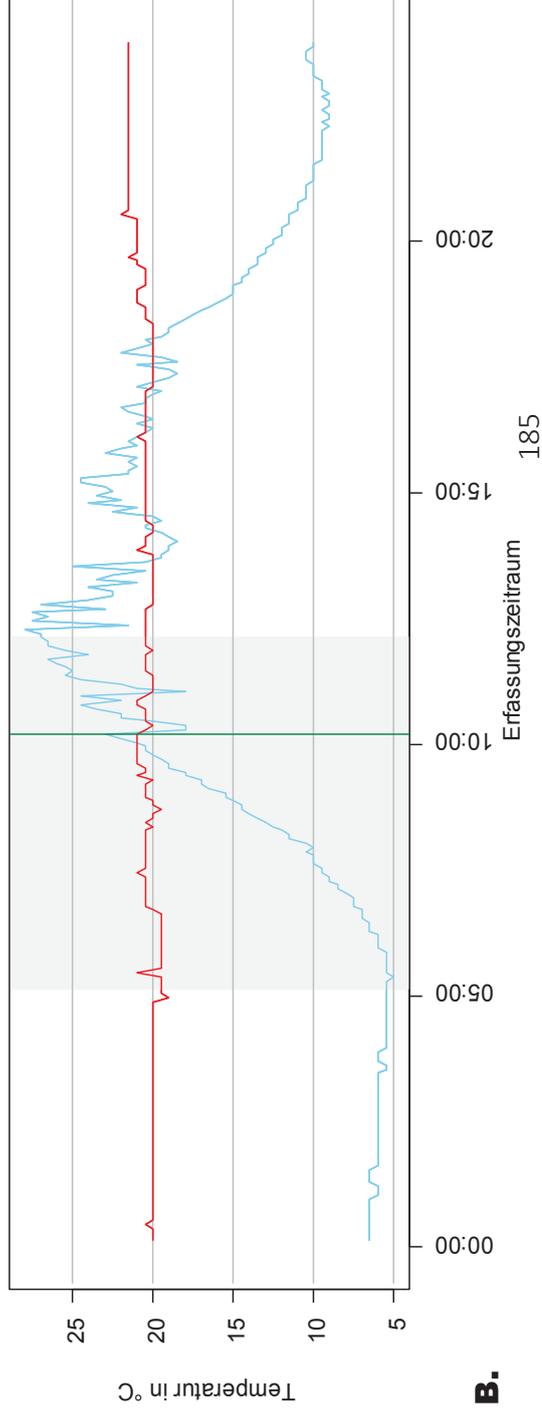
Brutpaar 8 (BP8) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 121: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8, (BP8, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP8 lag am 06.05.2022 bei 20,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 22°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie \rightarrow) war um 07:37 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie \rightarrow) war um 10:14 Uhr.

Brutpaar 8 (BP8): Bebrütungsfrequenzen am 22.05., 23.05. und 24.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP8 am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 variierten im direkten Vergleich nicht untereinander, sondern waren sogar gleich (Abb. 122 & Tab. 22): Alle verglichenen Tage hatten als häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (32), seltener -0,5°C (2) und +0,5°C (2).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP8) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 07-10 Uhr

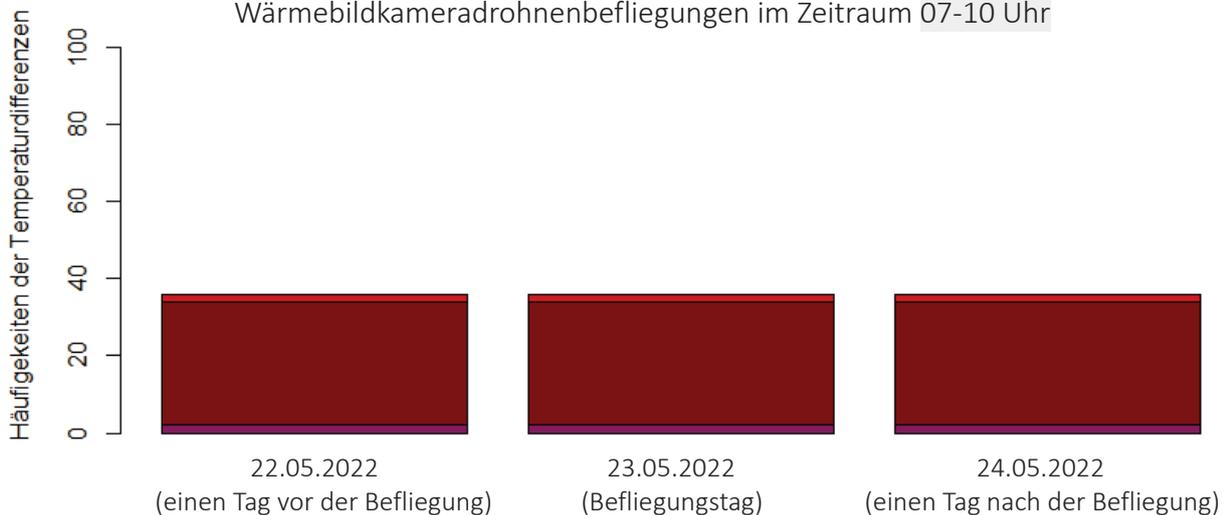


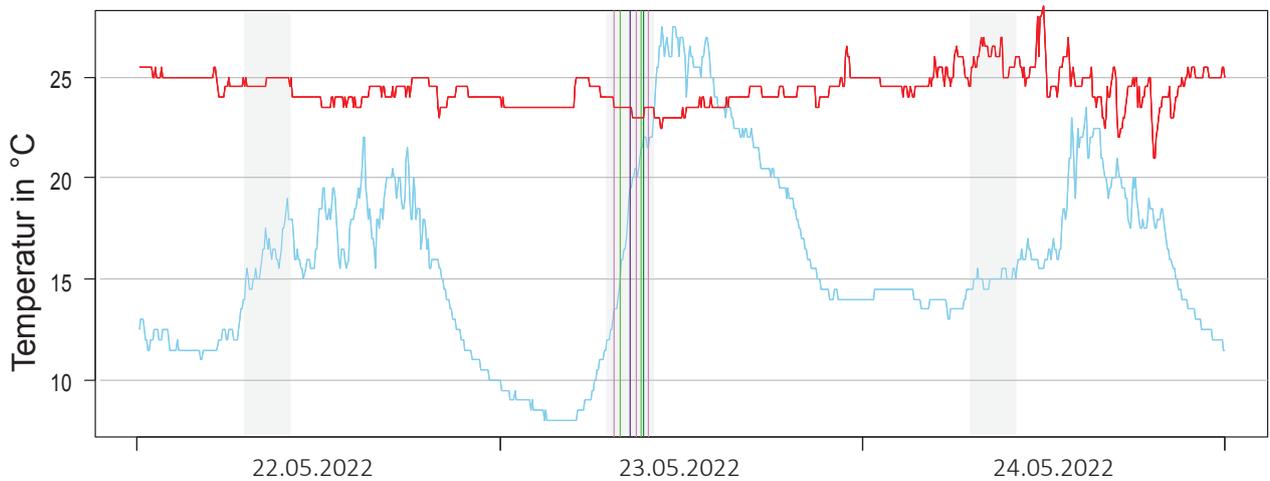
Abb. 122: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 8 (BP8) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 23.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 22.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 24.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 108$ (3×36)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 22 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 22.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (32), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 23.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (32), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 24.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (32), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich wiesen alle Tage die gleichen Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen auf.

Tab. 22: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 108$ (3 x 36)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 8 (BP8) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 23.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 22.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 24.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022								2	32	2							
06.05.2022								2	32	2							
07.05.2022								2	32	2							

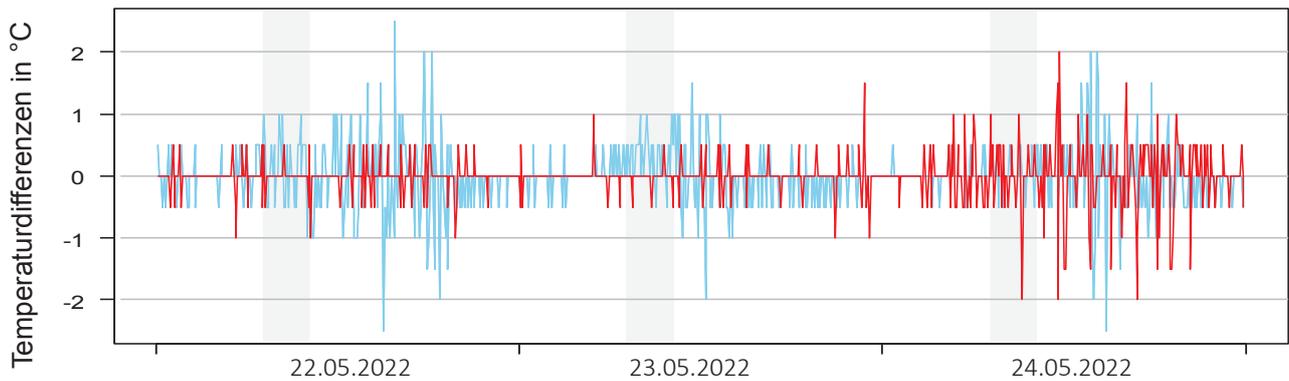
Zur Übersicht sind die Verläufe von BP8 und R1 am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 123: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 123: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 124 und 125 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP8 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 124: A. Transektflug FW2022, Abb. 124: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 125: A. Transektflug M2EA und Abb. 125: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 8 (BP8) am 22.05.2022, am Befliegungstag 23.05.2022 und am 24.05.2022



A.

Erfassungszeitraum in Tagen



B.

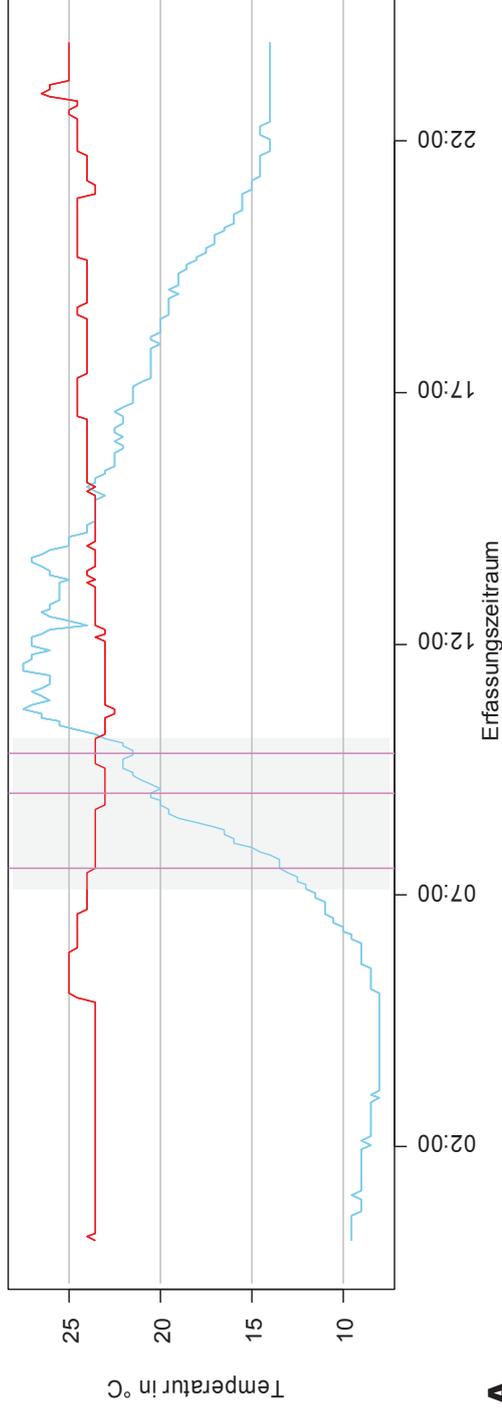
Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 123: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (22.05.2022) am Befliegungstag (23.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (24.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00–10:00 Uhr und ist sowohl am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 23.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 07:35 Uhr, 09:00 Uhr und 09:54 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:35 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:55 Uhr und 09:20 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 09:34 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 122 und Tab. 22 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

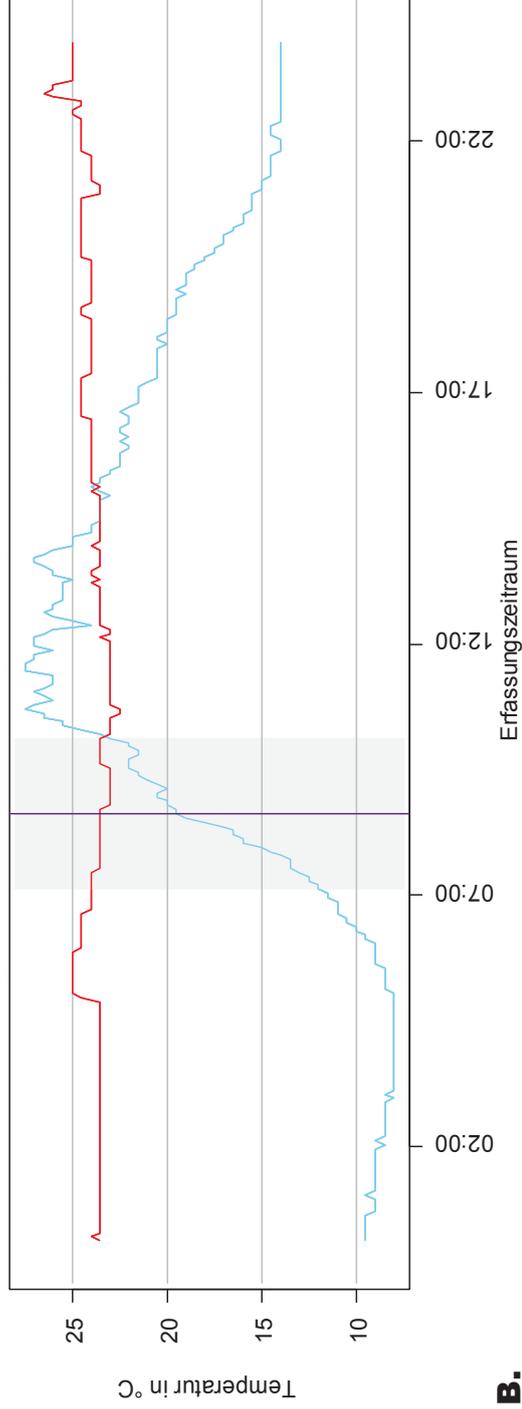
Brutpaar 8 (BP8) am Befliegungstag 23.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



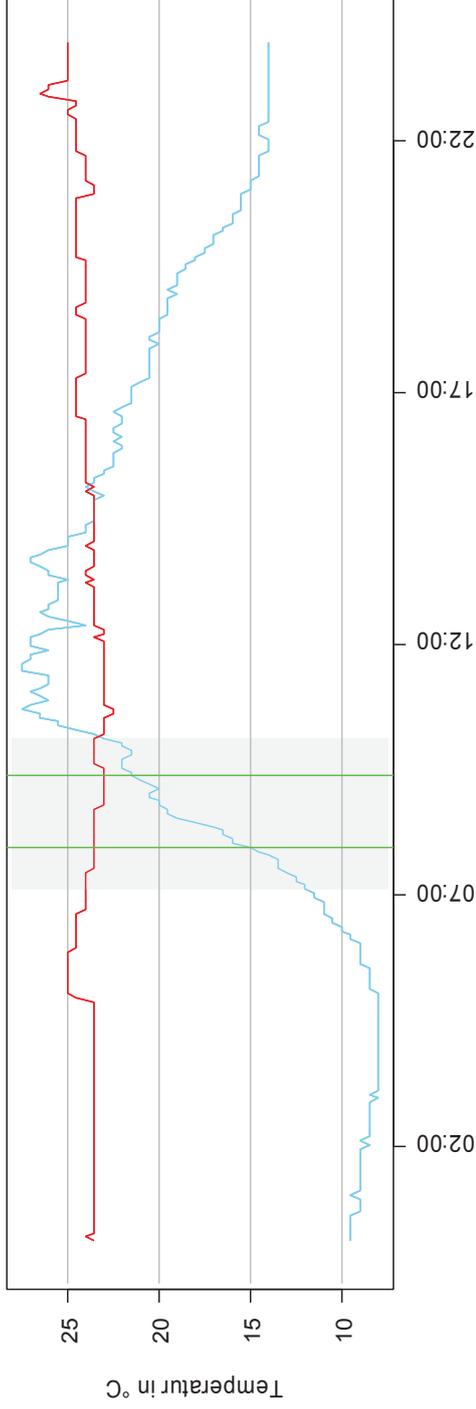
B.

Abb. 124: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (\square). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP8 lag am 23.05.2022 bei 23,5°C, die niedrigste bei 22,5°C und die höchste bei 2,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 07:35 Uhr, 09:00 Uhr und 09:54 Uhr. **B.** Der Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) war um 08:35 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

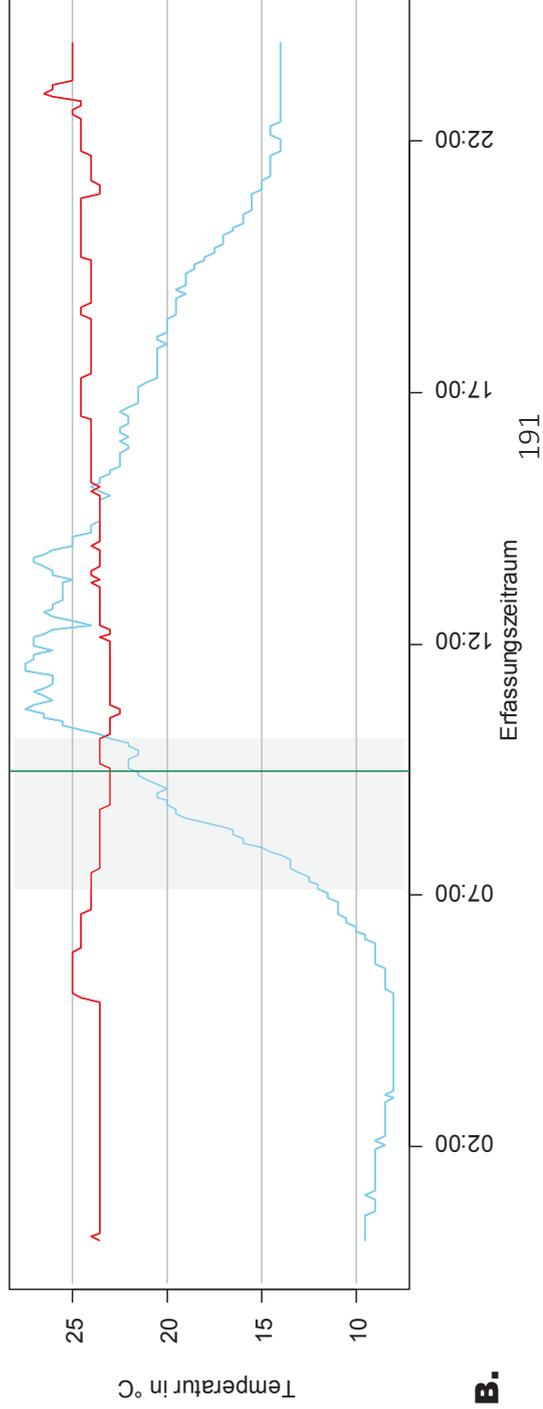
Brutpaar 8 (BP8) am Befliegungstag 23.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 125: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 8 (BP8, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-Drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP8 lag am 23.05.2022 bei 23,5°C, die niedrigste bei 22,5°C und die höchste bei 2,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-Drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 07:55 Uhr und 09:20 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 09:34 Uhr.

Brutpaar 9 (BP9): Bebrütungsfrequenzen am 05.05., 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP9 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich geringfügig untereinander (Abb. 126 & Tab. 23): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (79), seltener waren -0,5°C (4) und +0,5°C (3). Es gab vier Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1°C (2) und +1°C (2). Am Vortrag war die häufigste Nesttemperaturdifferenzen 0°C (70), seltener waren +0,5°C (3) und -0,5°C (2). Es gab fünf Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1°C (4) und +1°C (1). Am Tag nach der Befliegung war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (68), seltener waren -0,5°C (7) und +0,5°C (7). Es gab zwei Nesttemperaturdifferenzausreißer bei -1°C (1) und +1°C (1).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP9) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

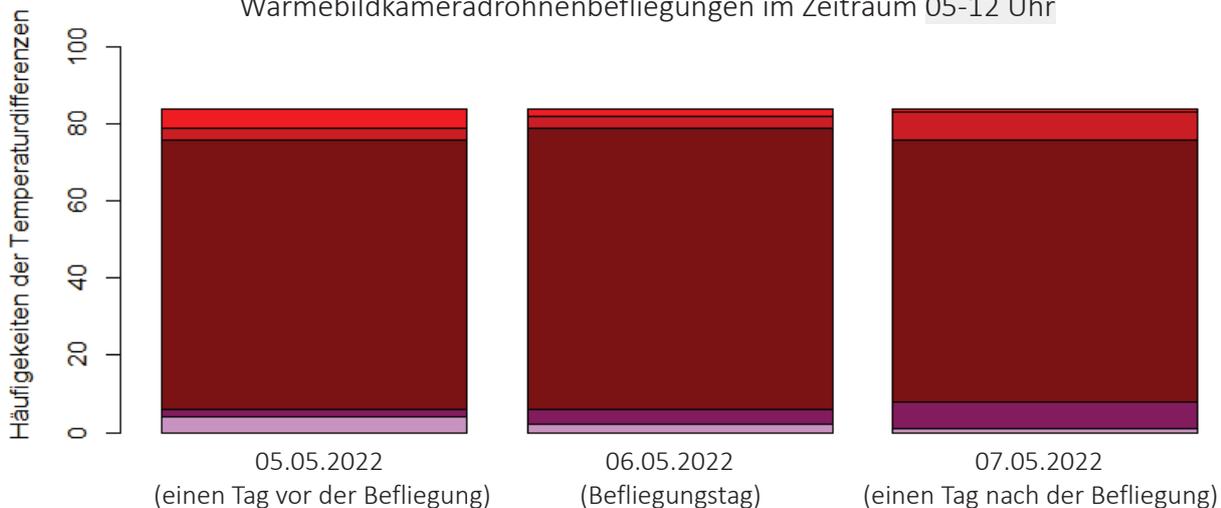


Abb. 126: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 9 (BP9) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3 x 84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 23 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 05.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (32), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (32), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (32), -0,5°C (2) und +0,5°C (2). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen aller Tage fällt auf, dass sich die Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen nur geringfügig unterschieden.

Tab. 23: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 9 (BP9) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 05.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022							4	2	70	3	1						
06.05.2022							2	4	73	3	2						
07.05.2022							1	7	68	7	1						

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP9 und R1 am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 127: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 127: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 128 und 129 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP9 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 128: A. Transektflug FW2022, Abb. 128: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 129: A. Transektflug M2EA und Abb. 129: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 9 (BP9) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022

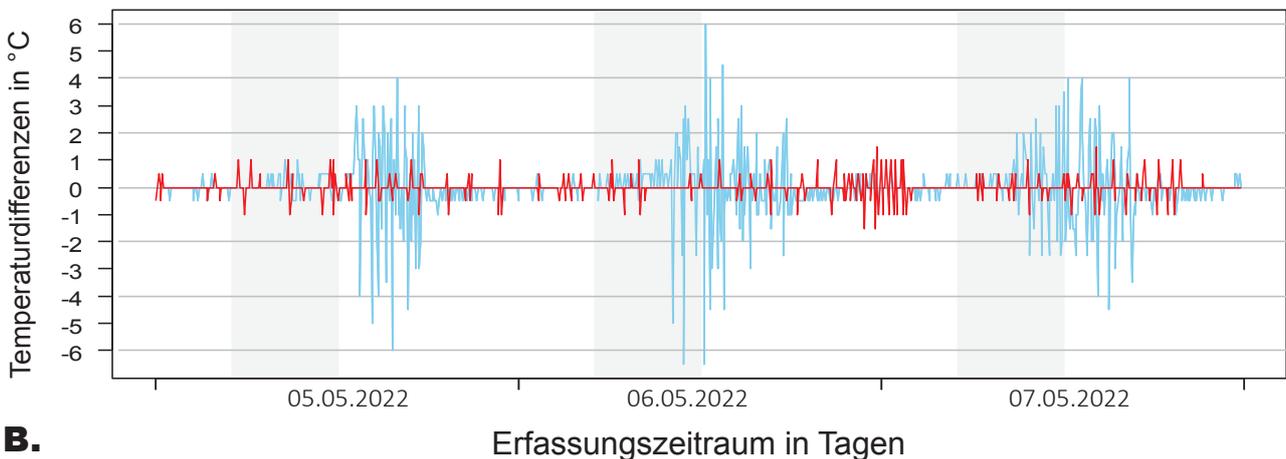
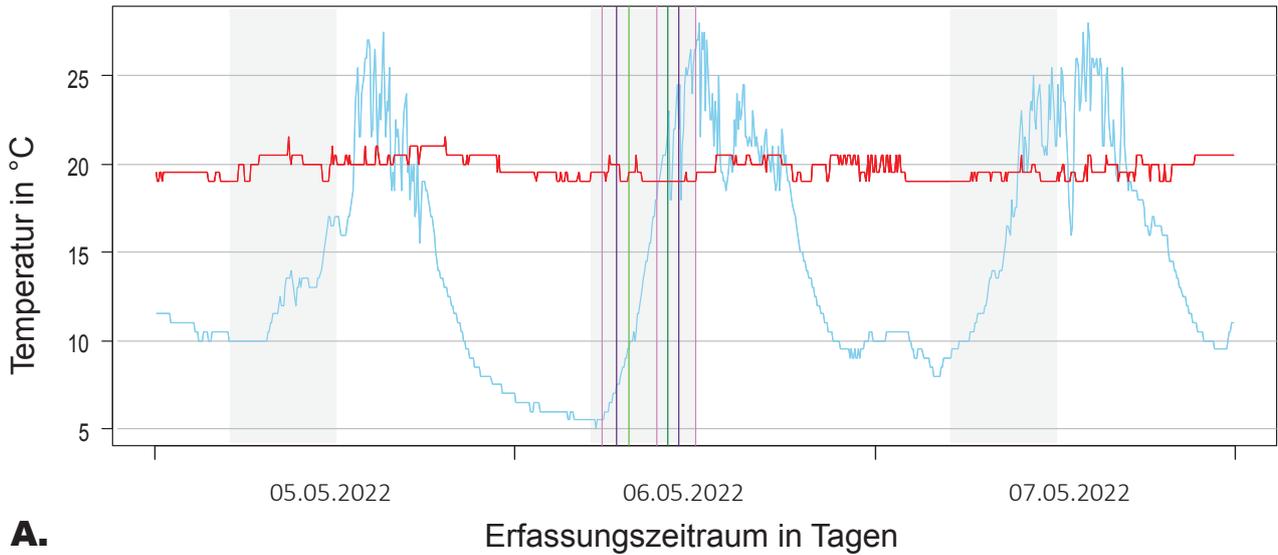
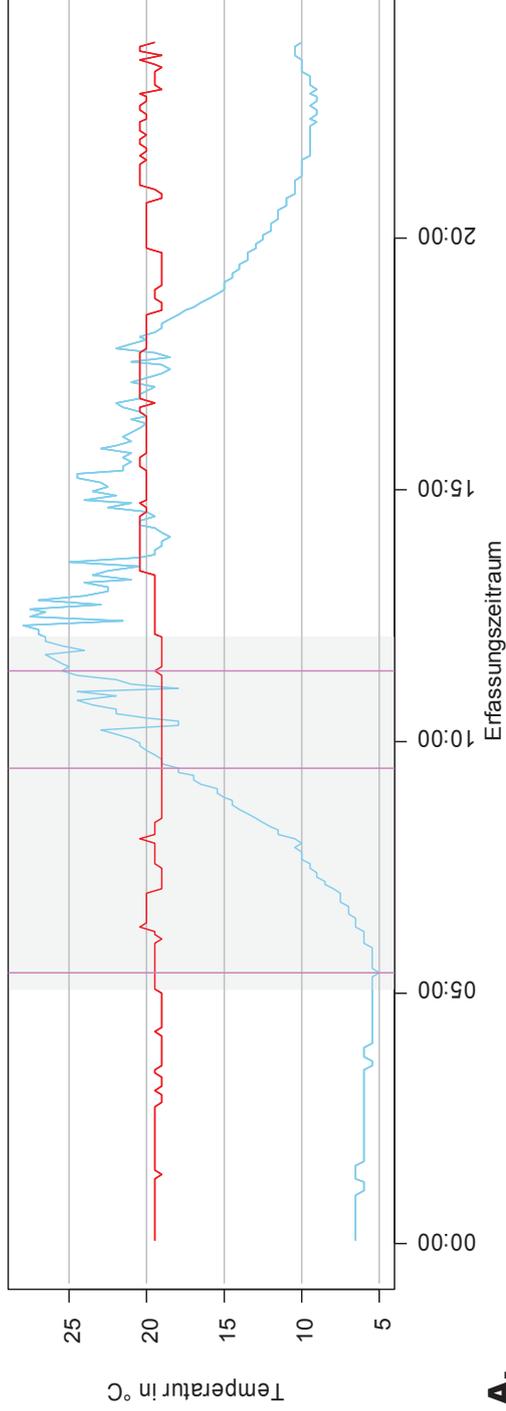


Abb. 127: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und eine Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 05.05., 06.05. und 07.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:22 Uhr, 09:03 Uhr und 11:24 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:30 Uhr und 10:42 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:14 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:03 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 126 und Tab. 23 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

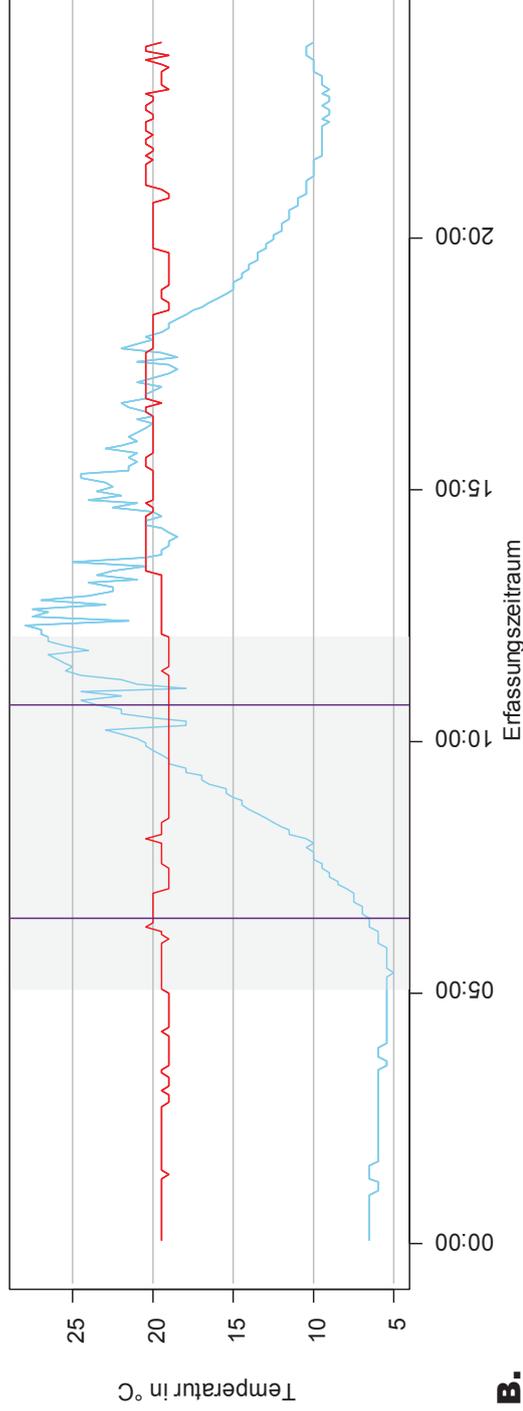
Brutpaar 9 (BP9) am Befliegungstag 06.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



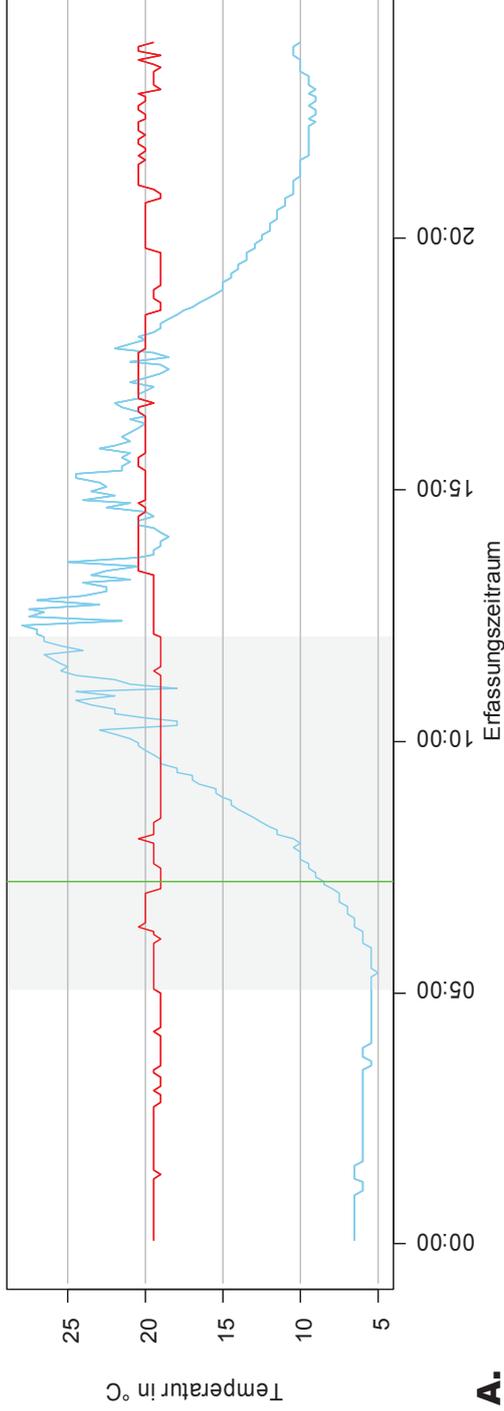
B.

Abb. 128: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkamerdrohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP9 lag am 06.05.2022 bei 19,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 20,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamerdrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 05:22 Uhr, 09:03 Uhr und 11:24 Uhr. **B.** Der Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) war um 06:30 Uhr und 10:42 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

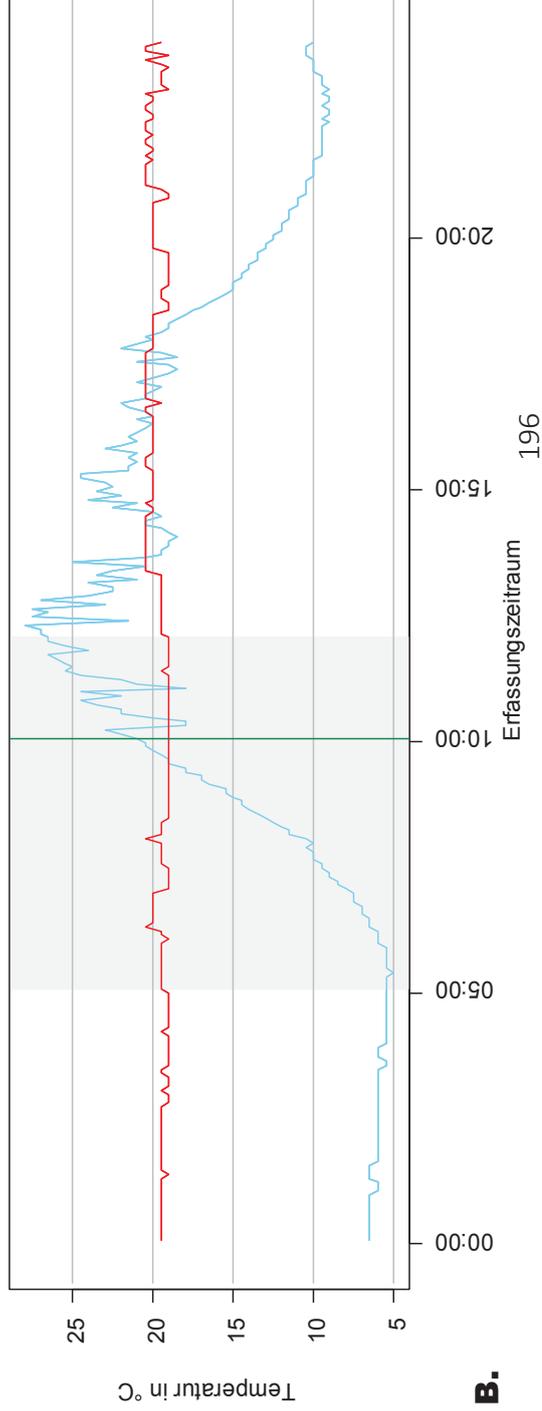
Brutpaar 9 (BP9) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 129: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie **→**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **→**) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkameranodenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**→**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP9 lag am 06.05.2022 bei 19,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 20,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameranodenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **→**) war um 07:14 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **→**) war um 10:03 Uhr.

Brutpaar 9 (BP9): Bebrütungsfrequenzen am 22.05., 23.05. und 24.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP9 am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 variierten im direkten Vergleich nicht untereinander, sondern wiesen alle die gleichen Häufigkeiten auf (Abb. 130 & Tab. 24): Die häufigste Nesttemperaturdifferenz war 0°C (29), seltener waren -0,5°C (3) und +0,5°C (3).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP9) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 07-10 Uhr

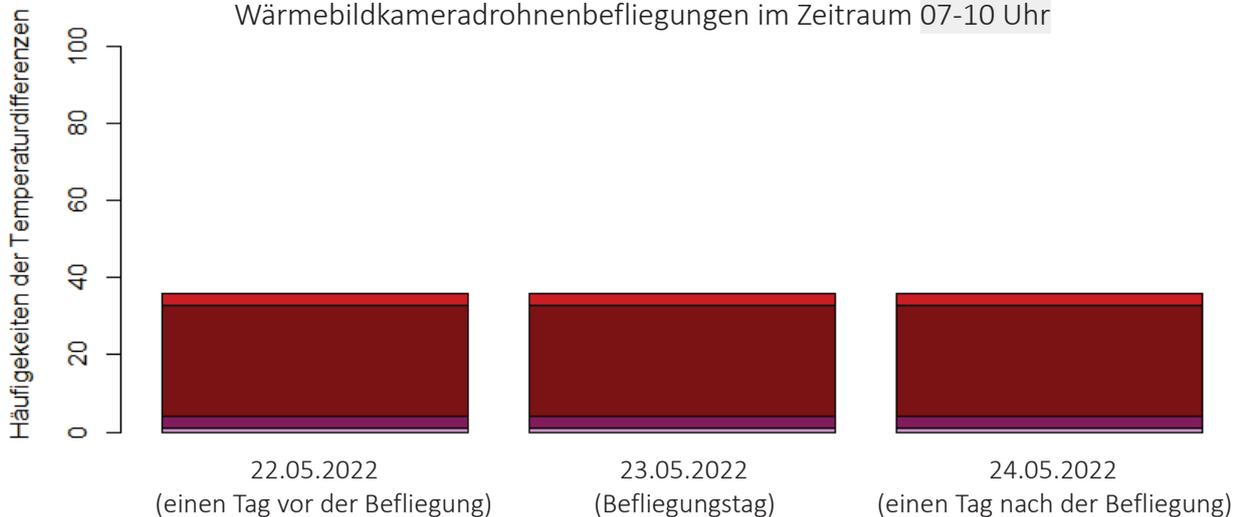


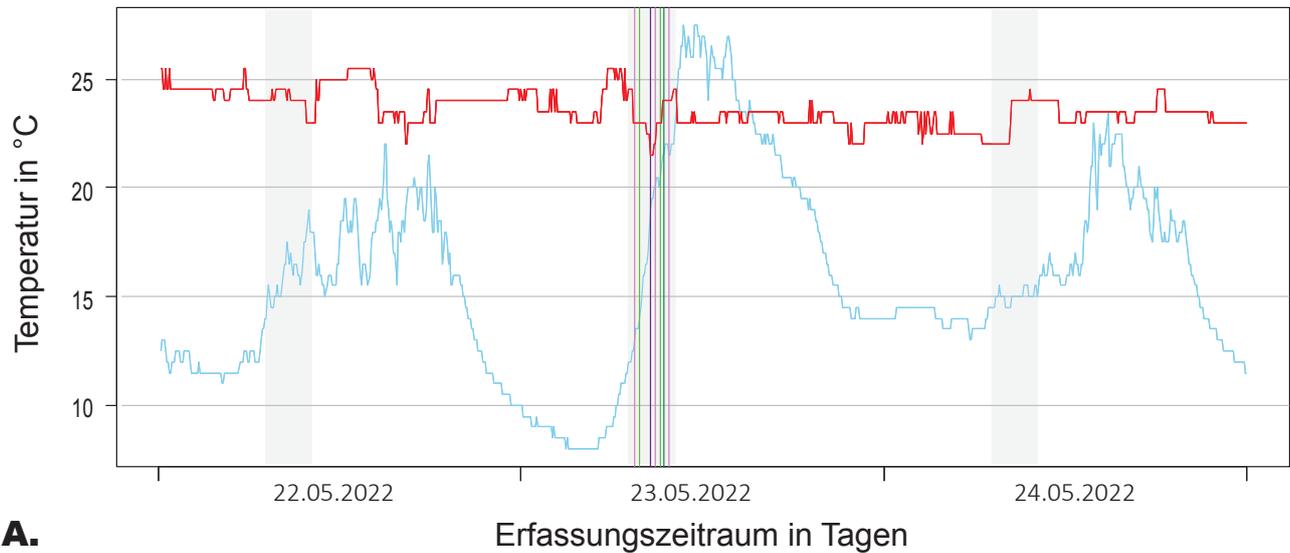
Abb. 130: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 9 (BP9) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 23.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 22.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 24.05.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 108$ (3 x 36)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 24 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 22.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (29), +0,5°C (3) und -0,5°C (3). Einmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) vom Optimum ab. Am 23.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (29), -0,5°C (3) und +0,5°C (3). Einmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit erkennbar um -1°C (1) vom Optimum ab. Am 24.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (29), -0,5°C (3) und +0,5°C (3). Einmal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit deutlich erkennbar um -1°C (1) vom Optimum ab. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen der einzeln betrachteten Tage fiel auf, dass sich die Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen glichen.

Tab. 24: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 108$ (3 x 36)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 9 (BP9) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 23.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 22.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 24.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

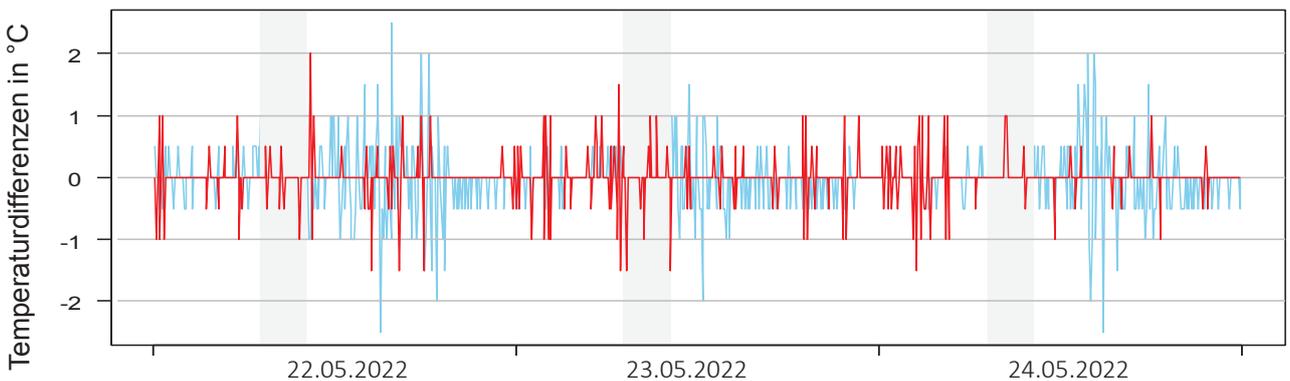
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
22.05.2022							1	3	29	3							
23.05.2022							1	3	29	3							
24.05.2022							1	3	29	3							

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP9 und R1 am 22.04., 23.04. und 24.04.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 131: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 131: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 132 und 133 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP9 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 132: A. Transektflug FW2022, Abb. 132: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 133: A. Transektflug M2EA und Abb. 133: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 9 (BP9) am 22.05.2022, am Befliegungstag 23.05.2022 und am 24.05.2022



A.



B.

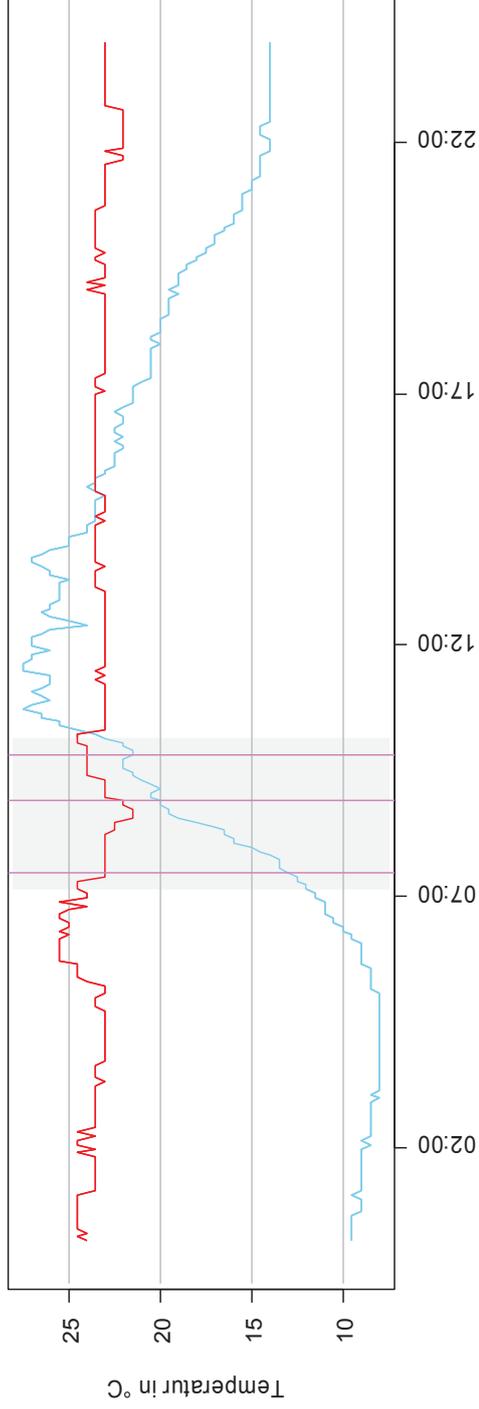
Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 131: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (22.05.2022) am Befliegungstag (23.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (24.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist sowohl am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 23.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 07:29 Uhr, 08:53 Uhr und 09:47 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:31 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:49 Uhr und 09:11 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 09:27 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 130 und Tab. 24 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

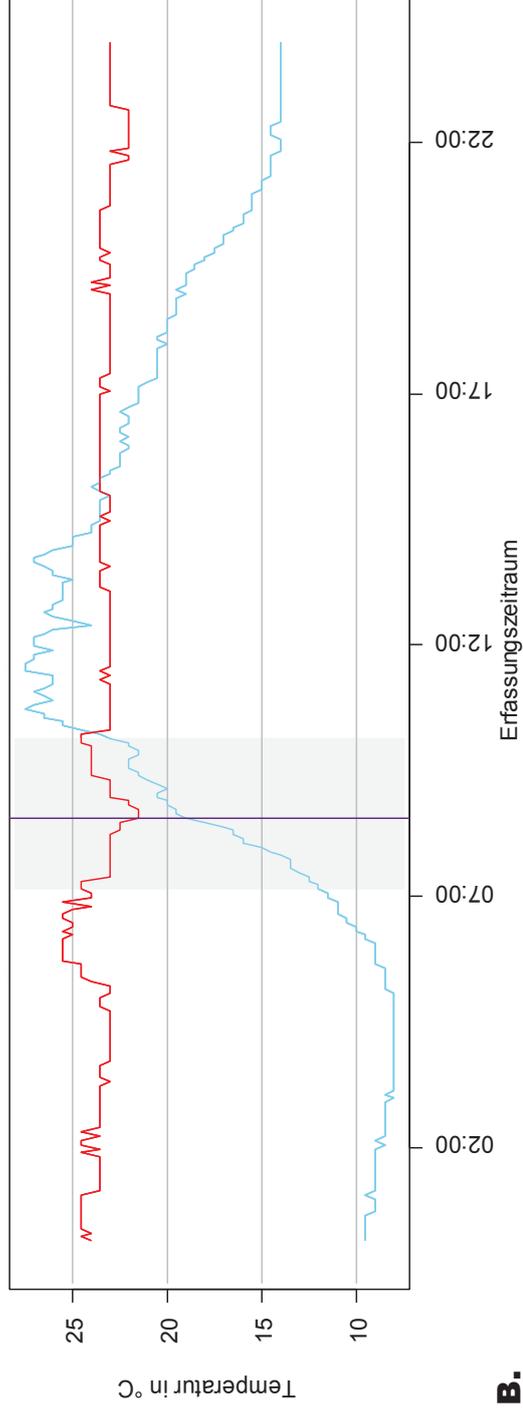
Brutpaar 9 (BP9) am Befliegungstag 23.05.2022

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



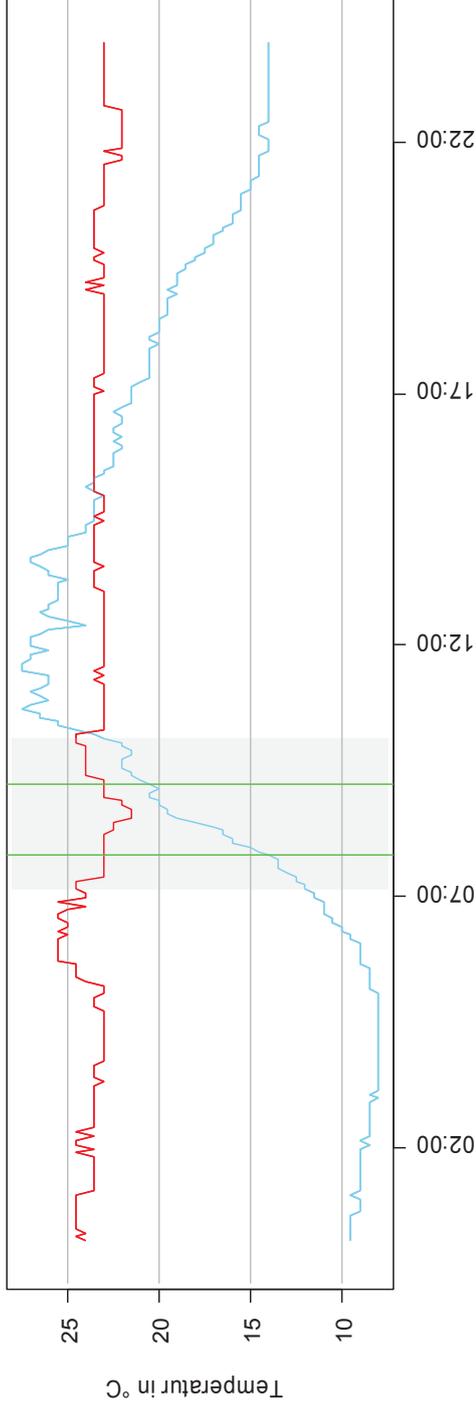
B.

Abb. 132: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie \rightarrow) und der Umgebung (R1, blaue Linie \rightarrow) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkamerdrohnenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP9 lag am 23.05.2022 bei 23°C, die niedrigste bei 21,5°C und die höchste bei 25,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamerdrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie \rightarrow) waren um 07:29 Uhr, 08:53 Uhr und 09:47 Uhr. **B.** Der Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie \rightarrow) war um 08:31 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

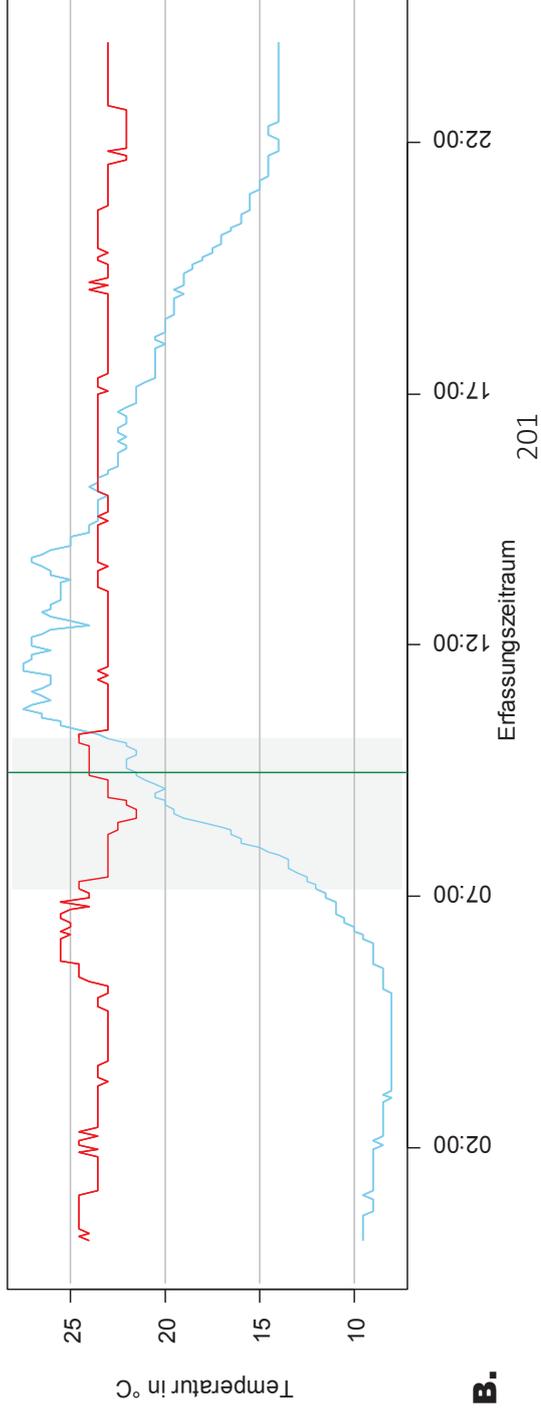
Brutpaar 9 (BP9) am Befliegungstag 23.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 133: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 9 (BP9, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkamera-drohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP9 lag am 23.05.2022 bei 23°C, die niedrigste bei 21,5°C und die höchste bei 25,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkamera-drohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie **—**) waren um 07:49 Uhr und 09:11 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 09:27 Uhr.

Brutpaar 10 (BP10): Bebrütungsfrequenzen am 06.05. und 07.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP10 am 06.05. und 07.05.2022 variierten im direkten Vergleich geringfügig untereinander (Abb. 134 & Tab. 25): Am Befliegungstag war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (70), -0,5°C (8) und +0,5°C (3). Es gab drei Nesttemperaturdifferenz- ausreißer bei +2°C (1), -1°C (1) und +1°C (1). Der Vortag wurde nicht dargestellt, da zu diesem Zeitpunkt noch kein präparierter Thermologger im Nest war. Am Tag nach der Befliegung war die häufigste Nesttemperaturdifferenz 0°C (68), seltener waren +0,5°C (7) und -0,5°C (5). Es gab vier Nesttemperaturdifferenz- ausreißer bei -3,5°C (1), +1°C (2), und -1,5°C (1).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP10) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 05-12 Uhr

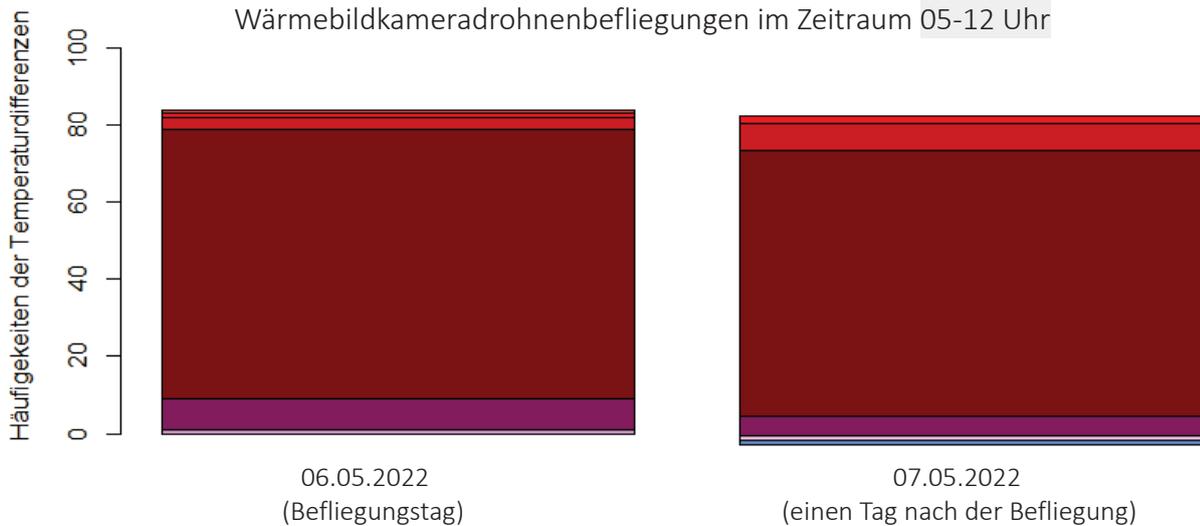


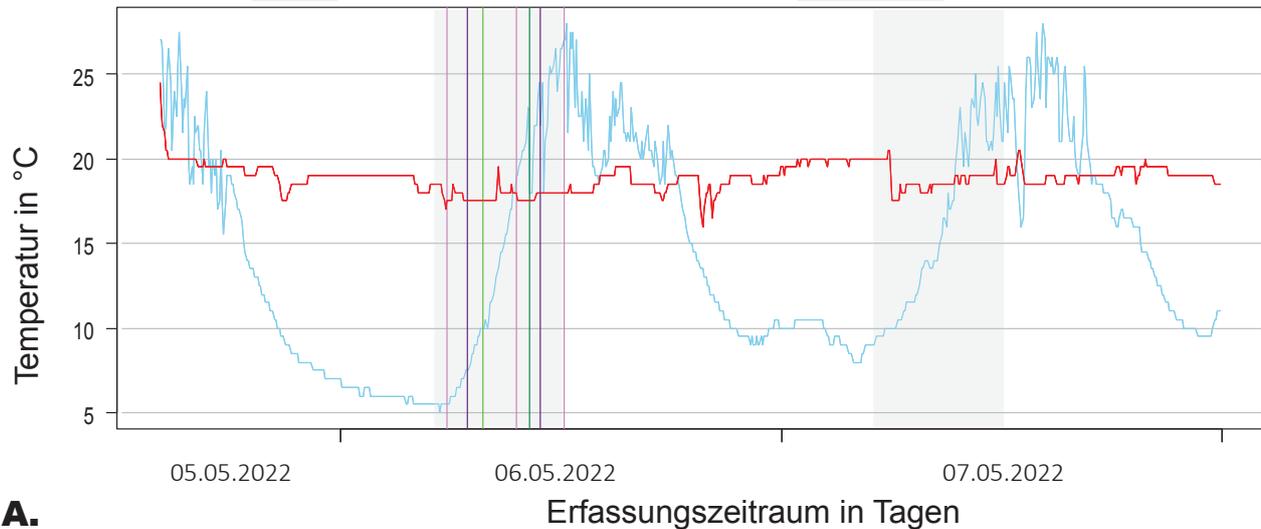
Abb. 134: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 10 (BP10) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. Da bei BP10 am Tag vor der Befliegung (05.05.2022) noch kein präparierter Thermologger ins Nest eingesetzt worden war, fehlen das Balkendiagramm mit den entsprechenden Nesttemperaturdifferenzen von diesem Tag. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 252$ (3×84)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 25 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen lagen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuftem Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 06.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (70), -0,5°C (8) und +0,5°C (3). Dreimal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich sehr deutlich erkennbar um +2°C (1), erkennbar um -1°C (1) und +1°C (1) vom Optimum ab. Am 07.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (68), +0,5°C (7) und -0,5°C (5). Viermal war die Bebrütungsfrequenz nicht konstant und wich somit sehr stark um -3°C (1), deutlich erkennbar um -1,5°C (1) und erkennbar um +1°C (2) vom Optimum ab. Die Nesttemperaturdifferenzen unterschieden sich an beiden Tagen nur geringfügig.

Tab. 25: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 252$ (3 x 84)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 10 (BP10) im Zeitraum von 5-12 Uhr während des Befliegungstages am 06.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 07.05.2022. zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen.

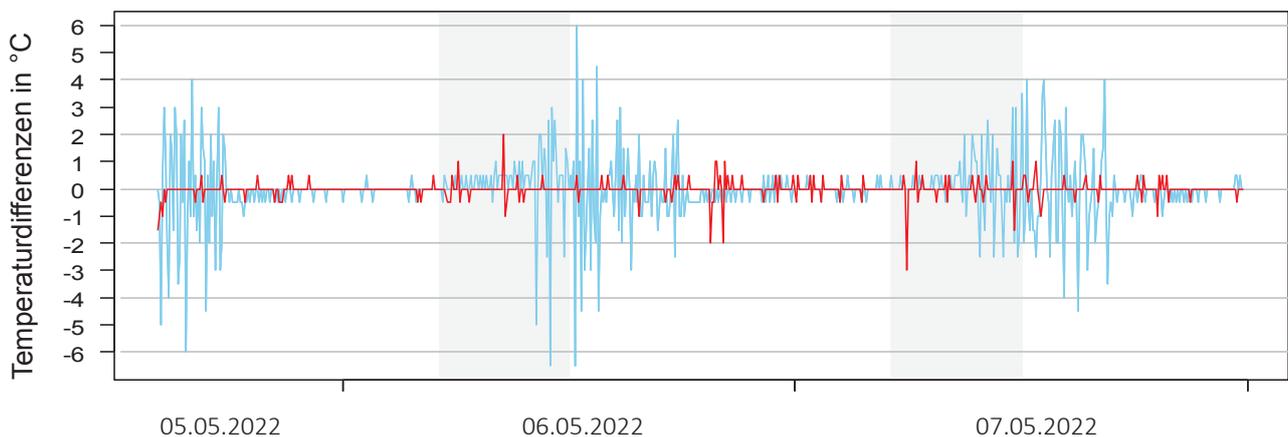
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022																	
06.05.2022							1	8	70	3	1		1				
07.05.2022			1			1		5	68	7	2						

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP10 und R1 06.05. und 07.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 63: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 63: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 64 und 65 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP10 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 64: A. Transektflug FW2022, Abb. 64: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 65: A. Transektflug M2EA und Abb. 65: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 10 (BP10) am 05.05.2022, am Befliegungstag 06.05.2022 und am 07.05.2022



A.



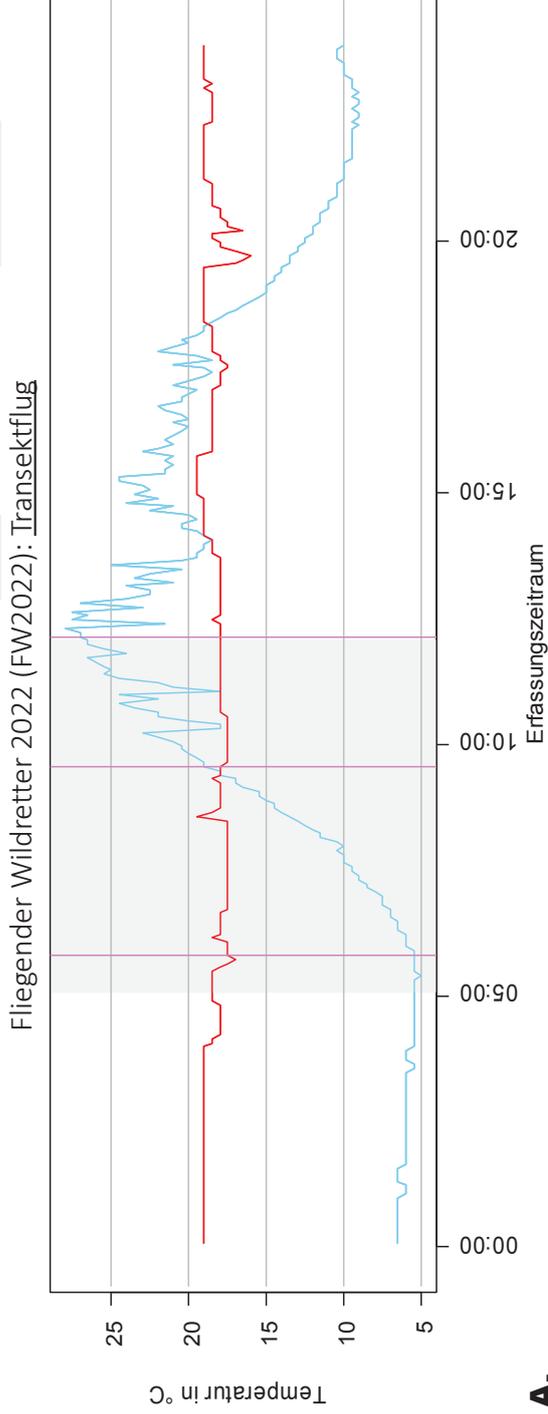
B.

Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 135: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (05.05.2022) am Befliegungstag (06.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (07.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Da der präparierte Thermologger von BP10 am 05.05.2022 um 14 Uhr eingesetzt wurde, beginnt der allgemeine Temperaturverlauf von BP10 und R1 am 05.05.2022 erst um 14 Uhr und nicht um 0:00 Uhr. Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist für den 26.04. und 27.04.2022 hellgrau farblich unterlegt (). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 06.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 05:50 Uhr, 09:34 Uhr und 12:08 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 06:53 Uhr und 10:54 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:45 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 10:16 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 134 und Tab. 25 genauer beschrieben wurde.

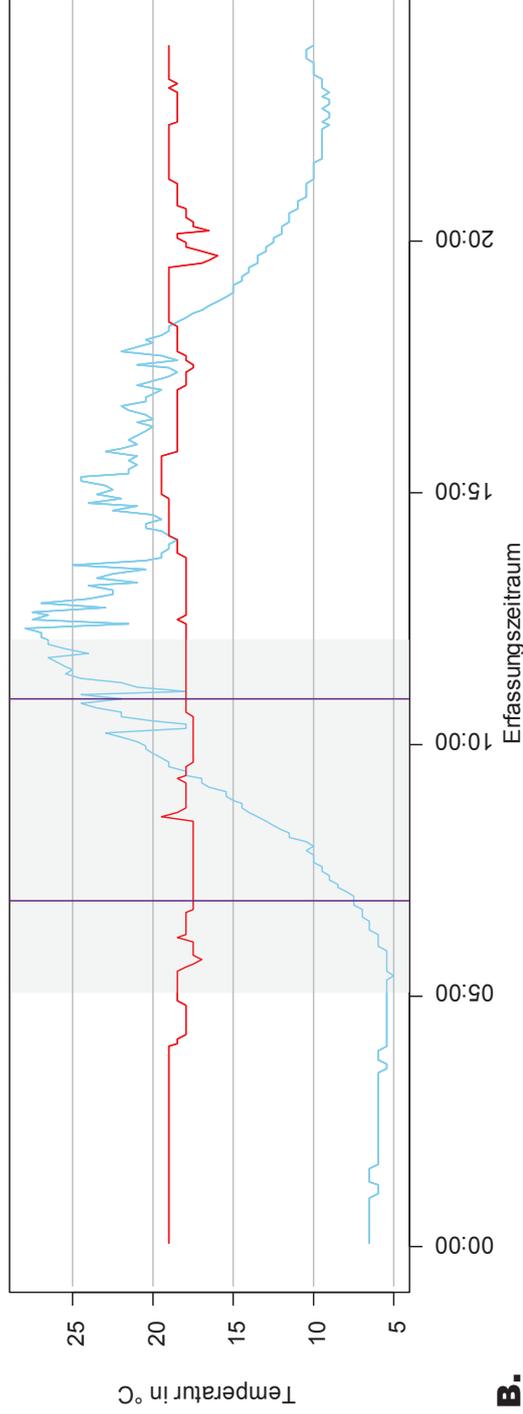
Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

Brutpaar 10 (BP10) am Befliegungstag 06.05.2022



A.

Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug



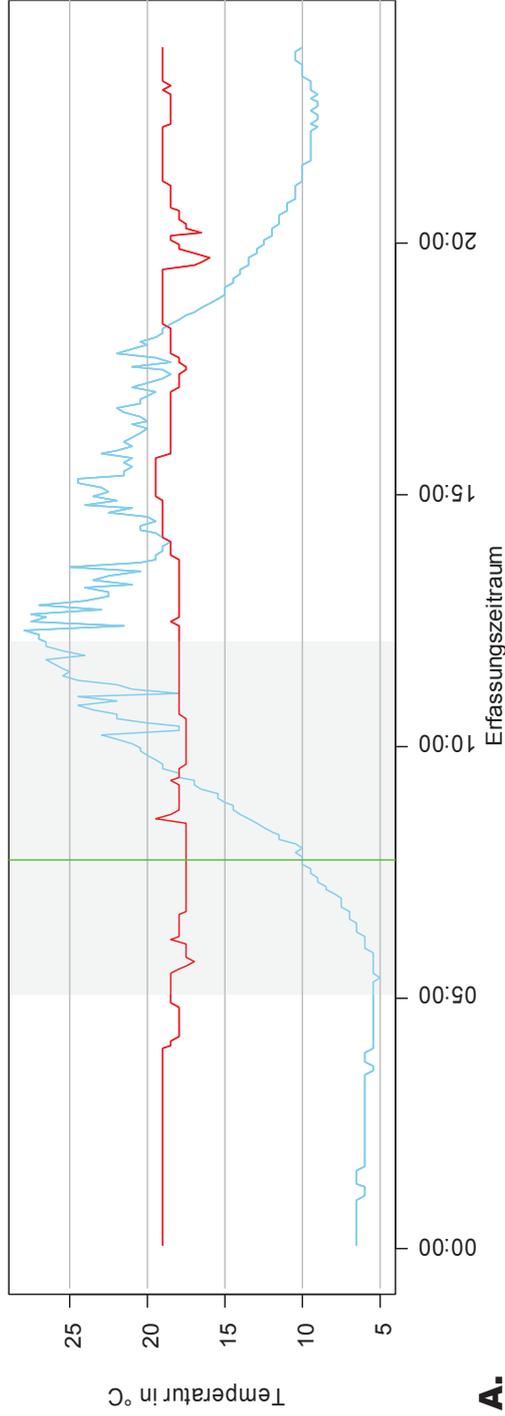
B.

Abb. 136: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkameradatenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (**■**). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP10 lag am 06.05.2022 bei 18,5°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 19,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradatenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildkameradrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (pinke Linie **—**) waren um 05:50 Uhr, 09:34 Uhr und 12:08 Uhr. **B.** Die Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (lila Linie **—**) waren um 06:53 Uhr und 10:54 Uhr.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

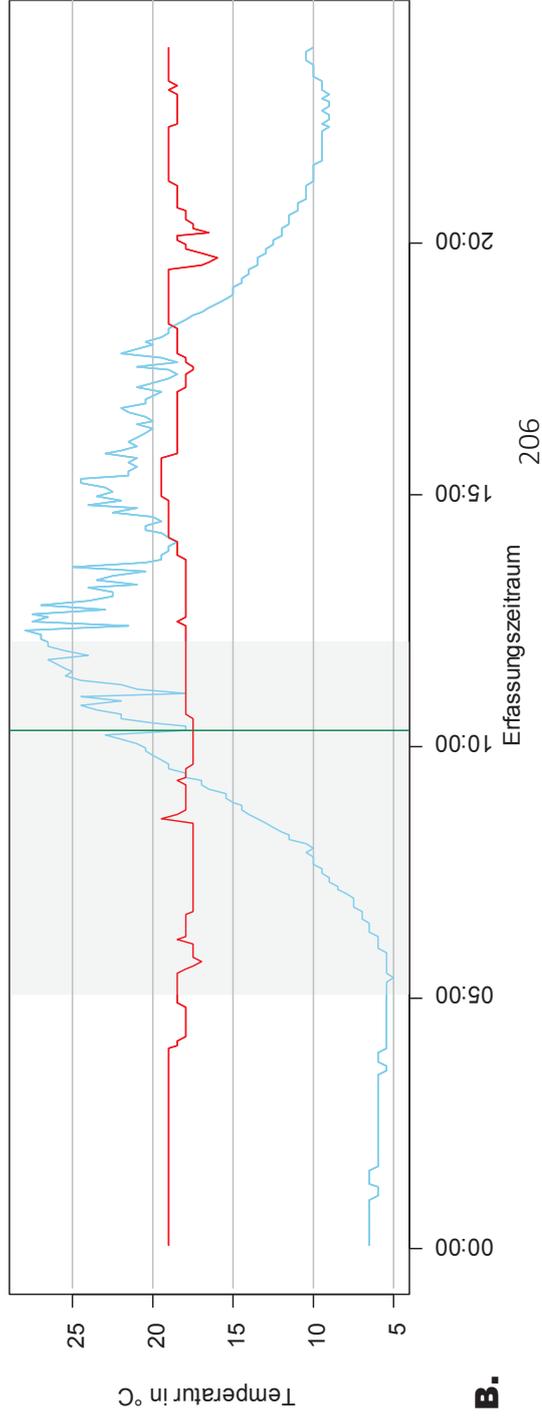
Brutpaar 10 (BP10) am Befliegungstag 06.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 137: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie **—**) und der Umgebung (R1, blaue Linie **—**) während des Befliegungstages am 06.05.2022 mit dem Wärmebildkameradrohnenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 05:00-12:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP10 lag am 06.05.2022 bei 18,5°C, die niedrigste bei 16°C und die höchste bei 19,5°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 12°C, die niedrigste bei 5°C und die höchste bei 28°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradrohnenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebilddrohne den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Der Zeitstempel der M2EA im Transektflug hellgrüne Linie (**—**) war um 07:45 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie **—**) war um 10:16 Uhr.

Brutpaar 10 (BP10): Bebrütungsfrequenzen am 22.05., 23.05. und 24.05.2022

Die Bebrütungsfrequenzen bei BP10 am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 variierten im direkten Vergleich nicht untereinander, sondern waren in ihren Häufigkeiten gleich (Abb. 138 & Tab. 26): Die häufigste Nesttemperaturdifferenz war 0°C (33), seltener waren +0,5°C (2) und -0,5°C (1).

Häufigkeitsverteilungen der Nesttemperaturdifferenzen beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar (BP10) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen im Zeitraum 07-10 Uhr

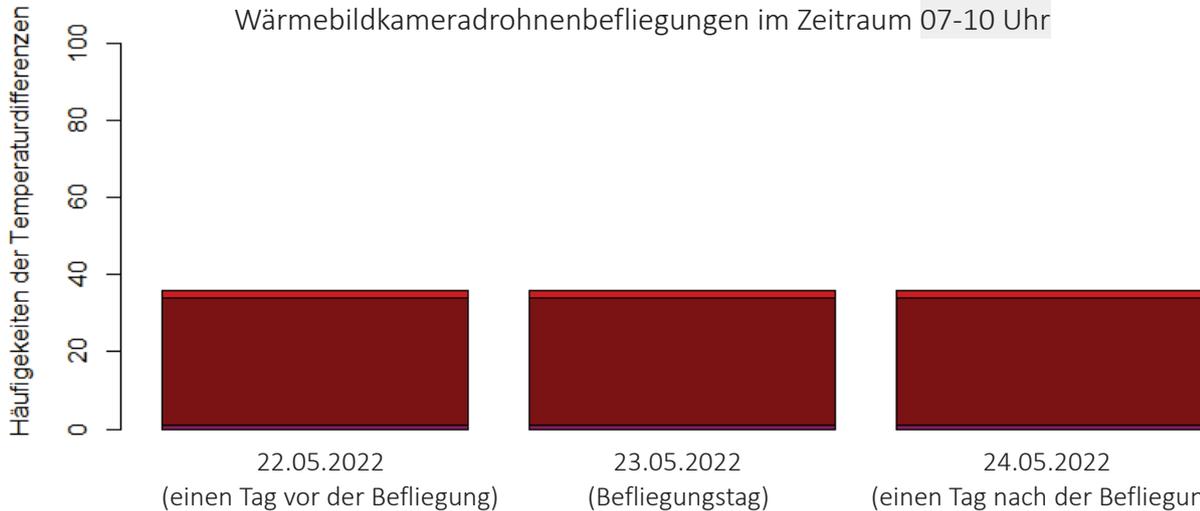


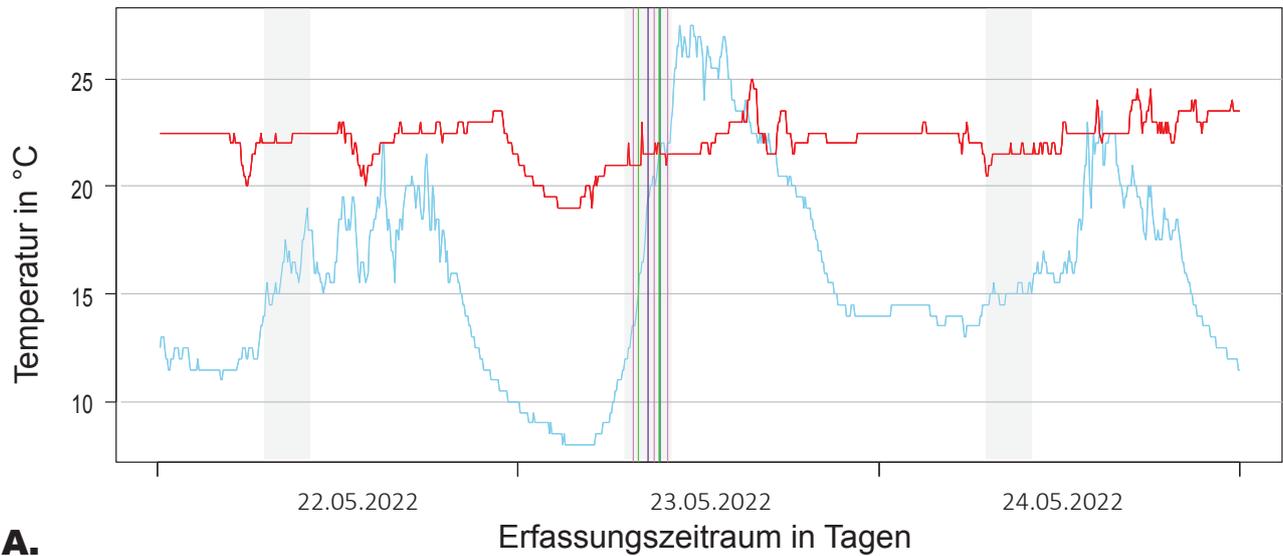
Abb. 138: Erfasste absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 10 (BP10) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 26.04.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 25.04.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 27.04.2022. Die Nesttemperaturdifferenzen ($n = 108$ (3×36)) sind auf eine Farbskalierung aufgetragen (siehe Tab. 26 unterseits), bei der die Nesttemperaturdifferenzen zuvor kategorisiert wurden (Details siehe 2.2.3.1 Auswertung der Nesttemperaturverläufe während der Bebrütungsphasen). Die Kategorisierungen sollen die Messbarkeit der Bebrütungsfrequenzen im Zusammenhang mit verschiedenen fliegenden Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten als potentielle Störungen während der Brut des Brachvogels ermöglichen. Konstante Nesttemperaturdifferenzen liegen bei -0,5°C, 0°C und 0,5°C vor und entsprechen einer ungestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege regelmäßig eine Wärmezufuhr durch einen brütenden Elternteil erhielt. Weichen die Nesttemperaturdifferenzveränderungen von den als konstant eingestuften Temperaturwerten ab, werden sie als nicht konstant eingestuft und entsprechen einer gestörten Bebrütungsfrequenz, bei der das Gelege weniger Wärmezufuhren durch einen brütenden Elternteil erhielt. Die nicht konstanten Temperaturwerte werden wie folgt kategorisiert: Erkennbar bei -1°C und +1°C, deutlich erkennbar bei -1,5°C und 1,5°C, sehr deutlich erkennbar bei -2°C und +2°C, stark bei -2,5°C und 2,5°C, sehr stark bei -3°C und +3°C und erheblich bei >-3,5°C und >+3,5°C. Am 22.05.2022 (einen Tag vor der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (33), +0,5°C (2) und -0,5°C (1). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 23.05.2022 (Befliegungstag) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (33), +0,5°C (2) und -0,5°C (1). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Am 24.05.2022 (einen Tag nach der Befliegung) war die Bebrütungsfrequenz konstant bei 0°C (33), +0,5°C (2) und -0,5°C (1). Es gab keine nicht konstanten Temperaturdifferenzveränderungen. Im Vergleich mit den Nesttemperaturdifferenzen aller drei Tage fiel auf, dass sich die Häufung der Nesttemperaturdifferenzen nicht unterschieden.

Tab. 26: Farbskalierung der absolute Häufigkeiten der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$; $n = 108$ (3 x 36)) des Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) Geleges von Brutpaar 10 (BP10) im Zeitraum von 7-10 Uhr während des Befliegungstages am 23.05.2022, einen Tag vor dem Befliegungstag am 22.05.2022 und einen Tag nach dem Befliegungstag am 24.05.2022.zur Kategorisierung der Nesttemperaturdifferenzen .

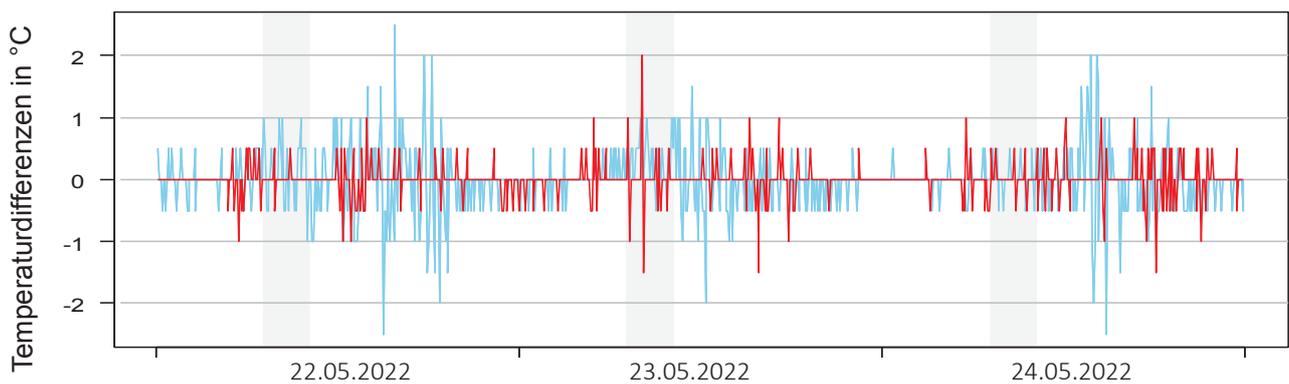
Erfassungstag	Erheblich	Erheblich	Sehr stark	Stark	Sehr deutlich erkennbar	Deutlich erkennbar	Erkennbar	Konstant	Konstant	Konstant	Erkennbar	Deutlich erkennbar	Sehr deutlich erkennbar	Stark	Sehr stark	Erheblich	Erheblich
	-4°C	-3,5°C	-3°C	-2,5°C	-2°C	-1,5°C	-1°C	-0,5°C	0°C	+0,5°C	+1°C	+1,5°C	+2°C	+2,5°C	+3°C	+3,5°C	+4°C
05.05.2022								1	33	2							
06.05.2022								1	33	2							
07.05.2022								1	33	2							

Zur Übersicht sind die Verläufe von BP10 und R1 am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 zusätzlich als Liniendiagramme dargestellt, unterteilt in Abb. 139: A. Allgemeiner Temperaturverlauf und Abb. 139: B. Temperaturdifferenzverlauf. In Abb. 140 und 141 sind die allgemeinen Temperaturverläufe von BP10 und R1 am Befliegungstag dargestellt, unterteilt in Abb. 140: A. Transektflug FW2022, Abb. 140: B. Schwebeflug FW2022, Abb. 141: A. Transektflug M2EA und Abb. 141: B. Schwebeflug M2EA.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) einen Tag vor, während und einen Tag nach verschiedenen Wärmebildkameradrohnenbefliegungen auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern): Brutpaar 10 (BP10) am 22.05.2022, am Befliegungstag 23.05.2022 und am 24.05.2022



A.



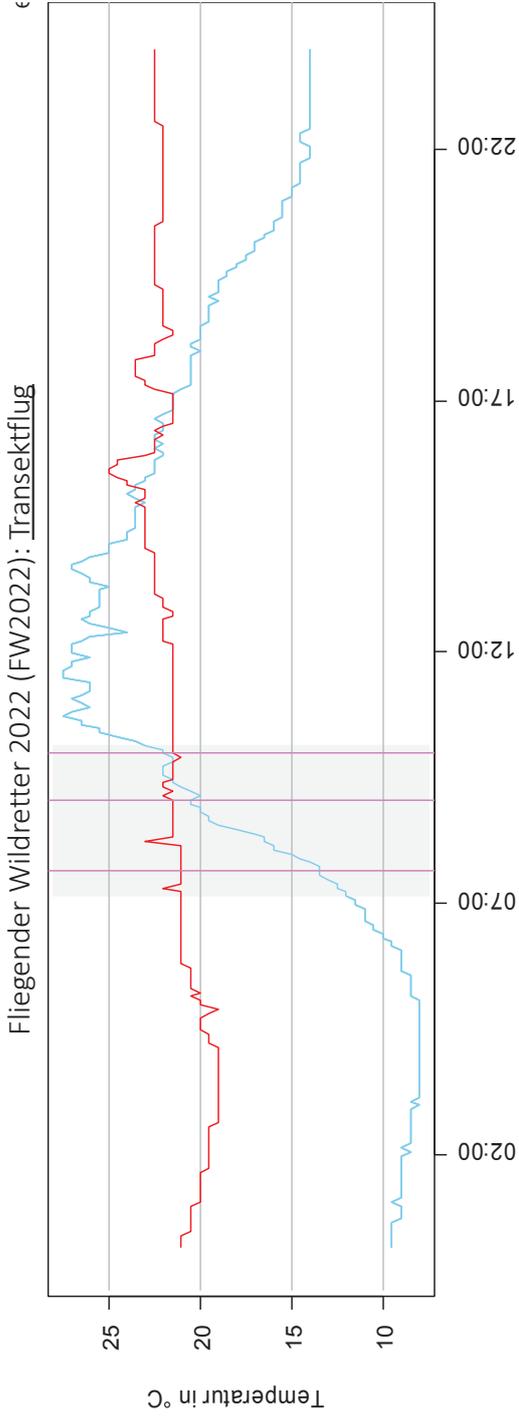
B.

Erfassungszeitraum in Tagen

Abb. 139: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) einen Tag vor der Befliegung (22.05.2022) am Befliegungstag (23.05.2022) und einen Tag nach der Befliegung (24.05.2022). Die Befliegung wurde mit den zwei verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist sowohl am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 hellgrau farblich unterlegt (■). **A.** Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen am 23.05.2022 mit verschiedenen Wärmebildkameradrohnenmodellen und Flugarten sind durch farbliche Linien markiert: FW2022 im Transektflug (pinke Linie —) war um 07:38 Uhr, 09:04 Uhr und 09:57 Uhr, FW2022 im Schwebeflug (lila Linie —) war um 08:36 Uhr, M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) war um 07:59 Uhr und 09:22 Uhr und M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 09:35 Uhr. **B.** Der Verlauf der Nesttemperaturdifferenzen ($\Delta T = T_1 - T_2$), der in seinen absoluten Häufigkeiten in Abb. 138 und Tab. 26 genauer beschrieben wurde.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit dem „Fliegenden Wildretter 2022“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

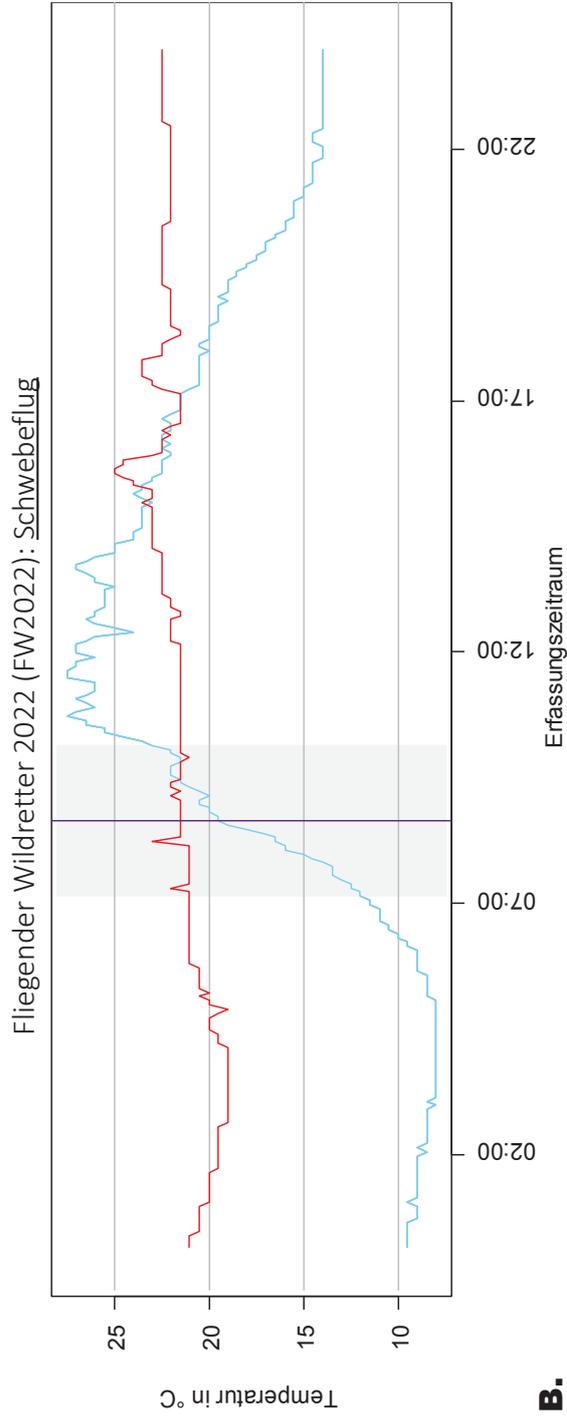
Brutpaar 10 (BP10) am Befliegungstag 23.05.2022



Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Transektflug

Abb. 140: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie $\color{red}{\rule{0.5pt}{1cm}}$) und der Umgebung (R1, blaue Linie $\color{blue}{\rule{0.5pt}{1cm}}$) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkameradatenmodell „Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt ($\color{lightgray}{\rule{0.5pt}{1cm}}$). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP10 lag am 23.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 25°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradatenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildkamera den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel des FW2022 im Transektflug (rote Linie $\color{red}{\rule{0.5pt}{1cm}}$) waren um 07:38 Uhr, 09:04 Uhr und 09:57 Uhr. **B.** Der Zeitstempel des FW2022 im Schwebeflug (blaue Linie $\color{blue}{\rule{0.5pt}{1cm}}$) war um 08:36 Uhr.

A.



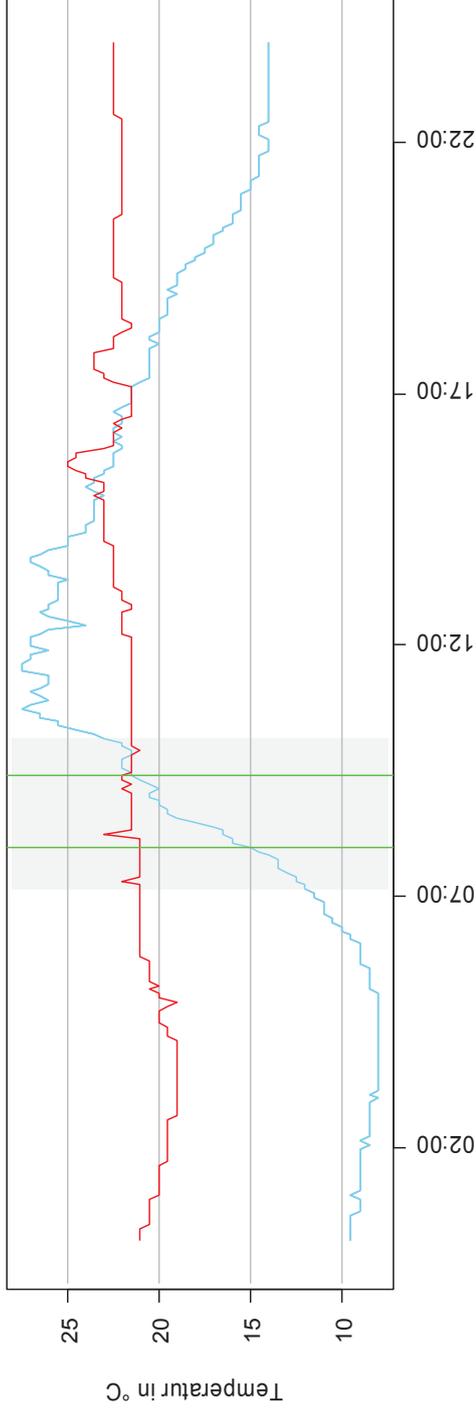
Fliegender Wildretter 2022 (FW2022): Schwebeflug

B.

Gegenüberstellung der Temperaturverläufe eines Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) und der Umgebungstemperatur (R1) während der Transekt- und Schwebefliegungen mit der „DJI Mavic 2 Enterprise Advanced“ auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern):

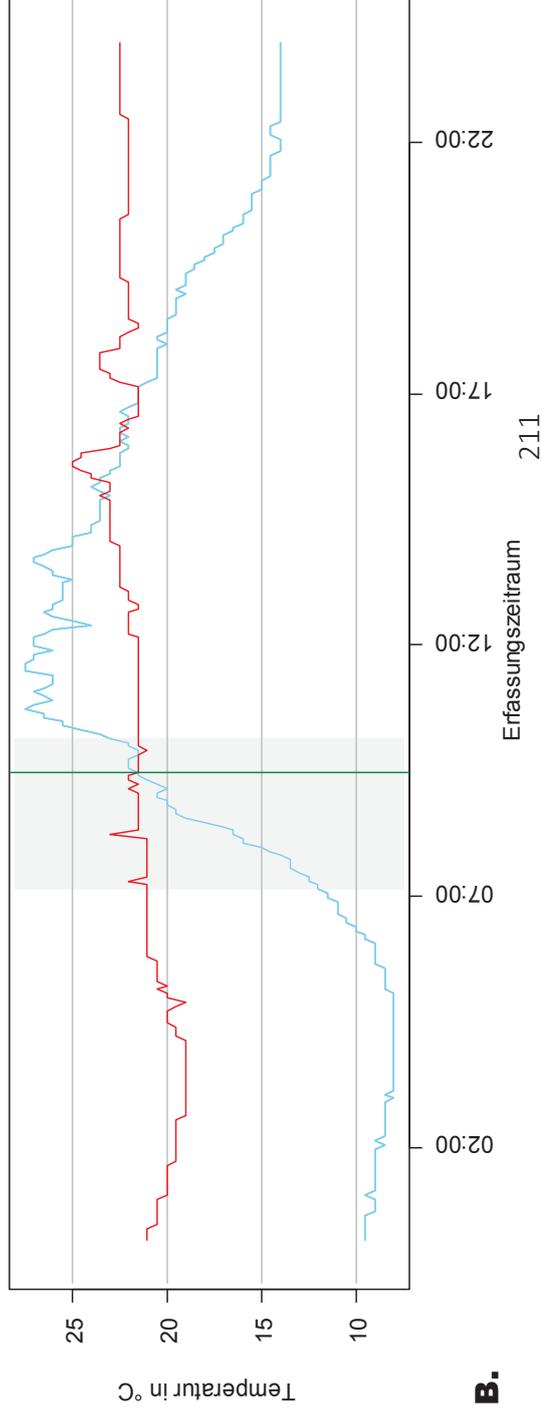
Brutpaar 10 (BP10) am Befliegungstag 23.05.2022

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Transektflug



A.

DJI Mavic 2 Enterprise Advanced (M2EA): Schwebeflug



B.

Abb. 141: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe des Großen Brachvogelgeleges (*Numenius arquata*) von Brutpaar 10 (BP10, rote Linie —) und der Umgebung (R1, blaue Linie —) während des Befliegungstages am 23.05.2022 mit dem Wärmebildkameradatenmodell „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Aufgetragen sind die Temperaturen in °C und die Uhrzeiten in Stunden (h), gezeigt wird der ganze Tag (24 h). Der Zeitraum der Befliegungen belief sich auf 07:00-10:00 Uhr und ist hellgrau farblich unterlegt (■). Die durchschnittliche Gelegetemperatur von BP10 lag am 23.05.2022 bei 21,5°C, die niedrigste bei 19°C und die höchste bei 25°C. Die durchschnittliche Umgebungstemperatur lag bei 22°C, die niedrigste bei 8°C und die höchste bei 22,5°C. Die genauen Zeitstempel der einzelnen Befliegungen, Wärmebildkameradatenmodelle und Flugarten sind in zwei Liniendiagramme aufgeteilt, wobei ein Zeitstempel den Zeitpunkt darstellt, an dem die Wärmebildrohre den Transektflug oder direkt über dem Gelege zu schweben begann. **A.** Die Zeitstempel der M2EA im Transektflug (hellgrüne Linie —) waren um 07:59 Uhr und 09:22 Uhr. **B.** Der Zeitstempel der M2EA im Schwebeflug (dunkelgrüne Linie —) war um 09:35 Uhr.

4. Diskussion

4.1 Das allgemeine Brutverhalten und der Bruterfolg in der Projektsaison 2022, sowie der Einfluss von fliegenden Wärmebildkameradrohnen auf das Brutgeschehen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Bebrütungsverhalten (Bebrütungsfrequenz) der einzelnen BP sehr individuell gestaltet ist: Einige BP bebrüteten ihr Gelege in den ersten Bruttagen weniger intensiv, sodass die Nesttemperatur in einigen Nächten deutlich sank und sich dem Verlauf der Umgebungstemperatur erkennbar annäherte (BP1, BP2a, BP2b, BP4, BP7, BP9, BP11). Es gab auch ein einmaliges Auskühlen von Nestern im mittleren Brutverlauf (BP10, BP11). Bis auf das Gelege von BP2a und BP2b, das vor dem Schlupf prädiert wurde, schlüpften bei allen Gelegen Küken (35-39). Von diesen geschlüpften Küken wurden 14-16 Küken flügge. Dies entspricht einem Bruterfolg von 1,27-1,45 juv./BP. Der allgemeine Bruterfolg der Projektsaison 2022 liegt somit deutlich über 0,8 juv./BP (SCHRÖPFER & DÜTTMANN 2020; SEELIG & SEELIG 2001) bzw. 0,51 juv./BP (FISCHER & WALKER 2015), die als bestandserhaltend für eine Brachvogelpopulation je Brutsaison erachtet werden. Dieser Schlupf- und Bruterfolg deutet daraufhin, dass Nesttemperaturschwankungen zu Beginn der Brut und ein einmaliges Auskühlen im mittleren Brutverlauf beim Brachvogel normal zu sein scheinen und einen geringen Einfluss auf die Embryonalentwicklung und den Schlupferfolg eines Geleges haben können. Der Gebrauch der Wärmebildkameradrohnen während der Brut schien demnach keinen direkten Einfluss auf das Brutverhalten der Brachvögel zu haben. Dies spiegelt sich auch in den seltenen Verhaltensreaktionen der BP gegenüber den Befliegungen wieder, wobei Transektflüge von den BP offenbar eher als potentiell bedrohlich eingestuft worden sind, als Schwebeflüge. Das Wärmebildkameradrohnenmodell hatte auf die Verhaltensreaktionen keinen Einfluss. Ob die Befliegungen mit den Wärmebildkameradrohnen einen tatsächlichen Einfluss auf das Brutverhalten (Bebrütungsfrequenz) hatte, ist nicht direkt auszuschließen. Da die Störung des Gebrauchs mit den Wärmebildkameradrohnen als Gesamtstörung betrachtet worden ist, die sich aus den beiden Wärmebildkameradmodellen, den Flugarten, sowie der Anwesenheit von Menschen und Autos im Zentrum der Kernpopulation über mehrere Stunden zusammensetzt, ist eine genaue Betrachtung des potentiellen Stressors des Wärmebildkameradrohnenmodells und der Flugarten nicht möglich gewesen. Auffällig war bei der Untersuchung der Nesttemperaturdifferenzen einen Tag vor, während und einen Tag nach dem Befliegungstag, dass die Häufigkeitsverteilung der Nesttemperaturdifferenzen an Befliegungstagen von denen am Tag vor und am Tages danach bei einigen BP erkennbar um $-0,5^{\circ}\text{C}$ und $+0,5^{\circ}\text{C}$ abwichen (25.04., 26.04. und 27.04.2022: BP1, BP2a, BP5; 05.05., 06.05. und 07.05.2022:), wohingegen bei anderen BP kein maßgeblicher Unterschied bestand (25.04., 26.04. und 27.04.2022: BP3, BP4, BP7; 05.05., 06.05. und 07.05.2022: BP3, BP5, BP6, BP7, BP8, BP9). Diese Häufigkeitsverteilung bewegte sich in dem zuvor als konstant festgelegten Temperaturrahmen, wobei beachtet werden sollte, dass eine mehrfache Häufung von $-0,5^{\circ}\text{C}$ und $+0,5^{\circ}\text{C}$ durchaus ein verändertes Brutverhalten sein könnte. Hierfür spricht, dass die Temperaturdifferenzen die Differenz des ersten Temperaturwertes und des zweiten Temperaturwertes darstellen und demnach auch ein langsames Auskühlen oder Erwärmen des Nestes darstellen können. Dies würde ebenfalls einen Einfluss auf das Bebrütungsverhalten und die Bebrütungsfrequenz darstellen. Einige BP schienen während eines Befliegungstages auch länger auf dem Nest zu sitzen, da sehr wenige Temperaturschwankungen im Nest vorlagen und das Gelege sehr oft Nesttemperaturdifferenzen von 0°C aufwies (25.04., 26.04. und 27.04.2022: BP6; 05.05., 06.05. und 07.05.2022: BP1, BP4, BP10). Es gäbe zwei mögliche Gründe, die zu einer intensiveren Bebrütung während einer Befliegung führen könnten: Entweder fühlten sich die brütenden Brachvögel von den Befliegungen mit den Wärmebildkameradrohnen gestört, sodass sie vermehrt

auf dem Nest sitzen blieben um den Neststandort vor dem potentiellen Gelegeprädator „Wärmebildkameradrohne“ zu verbergen – ein ähnliches Verhalten weisen brütende Brachvögel gegenüber tatsächlichen Gelegeprädatoren auf (VON FRISCH 1995; VON FRISCH 1965). Demnach wäre eine fliegende Wärmebildkameradrohne für einen brütenden Brachvogel ein potentieller Gelegeprädator. Eine weitere Möglichkeit für eine intensivere Bebrütung an einem Befliegungstag wäre, dass die mehrstündige Anwesenheit von Menschen und die Flugaktivitäten von Wärmebildkameradrohnen im Zentrum der Kernpopulation eine Störwirkung für potentielle Gelegeprädatoren war, die dadurch den Befliegungsbereich eher meideten. Dadurch hätten die BP weniger häufig ihre Nester verlassen müssen um ihre Gelege zu Verteidigungen und potentielle Gelegeprädatoren vom Gelegestandort fern zu halten (KOOIKER & BUCKOW 1980). Die Gegenüberstellung der Nesttemperaturdifferenzen am 22.05., 23.05. und 24.05.2022 ergab hingegen keine veränderten Nesttemperaturdifferenzen im Vergleich mit den einzelnen Befliegungstagen und die Nesttemperaturdifferenzen waren an allen Tagen sogar gleich. Ein Grund hierfür könnte die geringe Dauer der potentiellen Störung der Befliegungen sein, die von 7-10 Uhr ging und nicht von 5-14 Uhr und 4-12 Uhr wie an den beiden anderen Befliegungstagen. Zudem war die Stichprobe an Temperaturdifferenzen kleiner als an den anderen beiden Befliegungstagen. Ob ein Brachvogel zum Zeitpunkt der Befliegungen jedoch tatsächlich durchgängig auf dem Nest saß, ließ sich nicht direkt sagen, denn es wäre auch möglich, dass die tatsächliche Brutdauer kürzer war, jedoch das Nest häufiger wieder zum Erwärmen aufgesucht wurde und dadurch eine ähnlich konstante Nesttemperatur durch die präparierten Thermologger aufgezeichnet wurde, als wenn ein Brachvogel durchgängig auf seinem Nest brütete. Um genauere Aussagen über die potentielle Störung oder Nicht-Störung von fliegenden Wärmebildkameradrohnen bei brütenden Brachvögeln tätigen zu können, müssten weitere Versuche gemacht werden, die um einige Komponenten erweitert werden sollten.

4.2 Intensivierung der Forschungsfragstellung: Ist eine Störung durch Wärmebildkameradrohnen durch die Bebrütungsfrequenz erfassbar?

Die Nesttemperatur setzt sich aus der emittierten Wärme der Eier und ihrer spezifischen Wärmekapazität, der spezifischen Wärmekapazität von Nistmulde und -material zusammen und wird beeinflusst durch die Umgebungstemperatur außerhalb und innerhalb des Nestes, sowie durch die An- oder Abwesenheit eines brütenden Vogels (HOLTIN ET AL. 2004; KENDEIGH ET AL. 1977). In einem Nest gibt es somit sehr viele Variablen, die Einfluss auf die erfassten Nesttemperaturwerte nehmen können. Der präparierte Thermologger erfasst demnach immer nur einen ungefähren Wert. Zur Erfassung des tatsächlichen Nesttemperaturwertes müssten weitere Variablen eines jeden Nestes erfasst werden und bekannt sein. Hierzu müssten u. a. die Anzahl der Eier je Gelege (N), das durchschnittliche Gewicht eines Eies (w), die spezifische Wärmekapazität von Eiern allgemein (c), die Auskühlungsrate der Eier (b), die durchschnittliche Ei- (T_e) und Nesttemperatur (T_{na}), der prozentuale Anteil der Eier, der Bebrütungsintervall (i), die vom brütenden Vogel bedeckt sind (s), der prozentuale Zeitraum wie lange der Vogel auf den Eiern saß (pc) und der Umrechnungsfaktor von gcal zu kcal (10^{-3}) bekannt sein (KENDEIGH ET AL. 1977). Aus all diesen Werten wäre es möglich den energetische Aufwand, den ein Vogel zum Erwärmen eines Nestes benötigt bzw. den Wärmeverlust der Eier im Nest zu errechnen (M) (KENDEIGH ET AL. 1977):

$$M = N \times w \times c \times b(T_e^{\max.} - T_e^{\min.}) \times i(1-s \times pc) \times 10^{-3}$$

Bei dieser Formel wären jedoch die Variable der spezifischen Wärmekapazität der Nistmulde und des -materials nicht mit einbezogen und müssten ergänzt werden, da auch diese die Gesamtwärmesignatur eines Nestes beeinflussen (HOLTIN ET AL. 2004). Zusätzlich zu der genaueren Bestimmung der tatsächlichen Nesttemperatur müssten Beobachtungen zu dem Brutverhalten des jeweiligen Brutpaares geschehen, die durchgängig das Bebrütungsverhalten darstellen würden und so verschiedenen Störreaktionen zuzuordnen wären. BRYNYCHOVÁ ET AL. (2020) ermittelten mittels Videokameras das Bebrütungsverhalten von Kiebitzpärchen während der Brutsaison und konnten aus ihren Beobachtungen zusätzlich den Anteil des Brutaufwandes der Geschlechter festlegen. BARNAS ET AL. (2017) beobachteten via Videokameras die Verhaltensreaktionen von Schneegänsen auf Drohnen während der Brut. BOWGEN ET AL. (2022) nutzten Satellitensender, die sie an brütenden Brachvögeln befestigten und leiteten an der Häufigkeit des Auftauchens am Neststandort über den Erfassungszeitraum die Bebrütungsfrequenz ab. Die genau erfassten Nesttemperaturwerte müssten Ereignissen möglichst zeitgenau zugeordnet werden indem z. B. Videokameras das Nest und das Bebrütungsverhalten des jeweils brütenden Vogels dokumentieren. Auch eine Kombination aus Videokameras an Nestern, Besenderungen und genauerer Nesttemperaturerfassungen wäre eine Möglichkeit noch genauer erfassen zu können, inwieweit die fliegenden Wärmebildkameradrohnen einen negativen (oder positiven) Einfluss auf das Bebrütungsverhalten der Brachvögel haben könnten. Zuletzt wäre jedoch nicht geklärt, inwieweit die brütenden Brachvögel die fliegenden Wärmebildkameradrohnen und auch die stundenlange Anwesenheit von Menschen in ihrem Brutgebiet als Störung wahrnehmen. Die einzigen Möglichkeiten wären hier vermutlich das Erfassen der Herzschlagraten wie in der Studie von WULF & PIETSCH (2021).

4.3 Mögliche Anwendungsbereiche im Brachvogelprojekt für die Nutzung von Wärmebildkameradrohnen auf dem Borken

Würde eine geringe Störung aus den Befliegungen mit Wärmebildkameradrohnen bei brütenden Brachvögeln auf dem Borken bestehen, wie es die Ergebnisse der Masterarbeit vermuten lassen, wäre eine projektinterne Nutzung von Wärmebildkameradrohnen möglich. Wärmebildkameradrohnen könnten demnach für die Suche bei einem konkreten Brutverdacht genutzt werden, wenn akute landwirtschaftliche Bearbeitungsschritte wie z. B. Walzen oder Mähen anstehen, bei denen wenig Zeit für ein Gelegemonitoring zur Verfügung steht. Auch zum Erkunden der umliegenden Wiesenbereiche um die Kernpopulation herum wäre der Gebrauch von Wärmebildkameradrohnen sehr nützlich. Es müsste jedoch vorher der rechtliche Rahmen mit einer erweiterten Fluggenehmigung in der direkten Nähe des Truppenübungsplatzes „Jägerbrück“ geklärt werden, weil Wiesenbereiche wie beim Neststandort von BP11 nun auch potentielle Brutreviere sein könnten. Zu dieser erweiterten Fluggenehmigung sollte auch der Befliegungszeitrahmen angeglichen werden, da Befliegungen in den frühen Morgenstunden i. d. R. kontrastreichere Wärmesignaturen von Nestern und der Umgebung ermöglichen (CORREGIDOR-CASTRO ET AL. 2021). Gegenwärtig waren Befliegungen ab 5 Uhr mit einer telefonischen Rückmeldung um 6 Uhr morgens verpflichtend. Da bei einigen BP zum Anfang der Brut ein unregelmäßiges Bebrüten erkennbar war, sollte bei einem Brutverdacht ein mehrmaliges Befliegen an unterschiedlichen Tagen erfolgen, da die Wärmesignaturen solcher Gelege eher denen der Umgebungstemperatur ähneln und dadurch schwerer zu erfassen wären. Erst mit einer regelmäßigeren Bebrütung müsste ein solches Gelege eine ausreichend kontrastreiche Wärmesignatur ausstrahlen. Optional wäre es auch möglich, ähnlich wie bei der Wildtierrettung mit Rehkitzen, zu mähende Bereiche vorher mit Wärmebildkameradrohnen nach kükenführenden Brachvogelfamilien abzusuchen. Bisher wird die Lokalisation kükenführender Brachvogelfamilien vor der Mahd v. a. über Kommunikationslaute

innerhalb der Brachvogelfamilie, Warnrufe und Verteidigungen gegen Prädatoren ermittelt. Hierzu müssen morgens zu Sonnenaufgang die entsprechenden Flächen zeitaufwendig beobachtet werden. Zuletzt wäre es möglich für ein regelmäßiges Monitoring zur Überprüfung noch brütender Brachvögel und wandernder Familien im Untersuchungsgebiet Wärmebildkameradrohnen zu nutzen. Eventuell wäre es sogar, je nach Wärmebildkameraauflösung, möglich die Anzahl der Küken regelmäßig zu erfassen und Wanderbewegungen von Brachvogelfamilien im Untersuchungsgebiet noch besser nachvollziehen zu können. Gegenwärtig werden die Brachvogelfamilien hierzu regelmäßig beobachtet und die Daten in Karten (ähnlich Abb. 7) erfasst.

5. Anhang

Tab. 27: Übersichtstabelle zu den mit präparierten Thermloggern versehenen Gelegen BP1-11, dem Zeitpunkt des Einsetzens (Datum und Uhrzeit) der Thermologger ins und dem Herausnehmen (Datum und Uhrzeit) dieser aus dem Nest, sowie der Anzahl der Erfassungstage je Nest (in Tagen). Zusätzlich sind die Befliegungstage mit dem „thermal DRONES Fliegender Wildretter 2022“ (FW2022) und der „Mavic 2 Enterprise Advanced“ (M2EA) aufgetragen, wobei die erfassten Uhrzeiten für Transekt- und Schwebeflüge genannt sind (siehe 2.2.2 Die Befliegungen mit Wärmebildkameradrohnen). Ein Gelege, das nicht befliegen wurde, ist mit „X“ am Befliegungstag gekennzeichnet. Nicht beflogene Gelege wurden nicht zeitlich erfasst, weil die Gelege zu diesem Zeitpunkt entweder schon geschlüpft oder prädiert oder noch nicht mit einem präparierten Thermologger versehen worden waren. Bspw. wurde das Gelege von BP2a* am 26.04.2022 befliegen, jedoch zwischen dem 04.05.2022 und 05.05.2022 gegen 24:00-02:00 Uhr morgens entwendet oder prädiert. BP2a war am 06.05.2022 jedoch noch ein Teil der Flugroute (siehe Abb. 15). BP2b ist das Nachgelege von BP2a, das am 23.05.2022 befliegen wurde. Die Gelege von BP8-10 wurden zwar am 26.04.2022 befliegen, waren zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht mit einem präparierten Thermologger versehen. Der Referenzthermologger (R1) zeichnete insgesamt 50 Tage die Umgebungstemperatur auf, beginnend mit dem Einsetzen am 16.04.2022 und endend mit der Entnahme des letzten Gelegethermologgers am 19.06.2022.

Thermologgername	Eingesetzt: Thermologger (Datum + Uhrzeit)	Geborgen: Thermologger (Datum + Uhrzeit)	Anzahl Erfassungst- tage	Befliegungstag: <u>26.04.2022</u> Uhrzeiten Start	Befliegungstag: <u>06.05.2022</u> Uhrzeiten Start	Befliegungstag: <u>23.05.2022</u> Uhrzeiten Start
BP1	16.04.2022, 16:21 Uhr	16.05.2022, 18:07 Uhr	31 Tage	05:20 Uhr, 06:58 Uhr, 08:11 Uhr, 09:23 Uhr, 10:08 Uhr, 11:21 Uhr, 12:32 Uhr, 13:39 Uhr, 13:55 Uhr	05:12 Uhr, 06:27 Uhr, 07:03 Uhr, 08:55 Uhr, 10:01 Uhr, 10:39 Uhr, 11:15 Uhr	X
BP2a*	16.04.2022, 16:07 Uhr	14.05.2022, 16:27 Uhr	29 Tage	05:57 Uhr, 07:15 Uhr, 08:05 Uhr, 09:37 Uhr, 10:17 Uhr, 11:50 Uhr, 12:55 Uhr, 13:48 Uhr, 14:12 Uhr	X	X
BP2b	18.05.2022, 17:55 Uhr	19.06.2022, 20:38 Uhr	33 Tage	X	X	07:33 Uhr, 07:53 Uhr, 08:32 Uhr, 08:56 Uhr, 09:17 Uhr, 09:29 Uhr, 09:49 Uhr
BP3	16.04.2022, 15:17 Uhr	18.05.2022, 16:45 Uhr	33 Tage	05:31 Uhr, 07:08 Uhr, 07:50 Uhr, 09:32 Uhr, 10:13 Uhr, 11:33 Uhr, 12:47 Uhr, 13:45 Uhr, 14:07 Uhr	05:23 Uhr, 06:32 Uhr, 07:17 Uhr, 09:05 Uhr, 10:06 Uhr, 10:43 Uhr, 11:25 Uhr	X
BP4	20.04.2022, 12:26 Uhr	20.05.2022, 19:38 Uhr	31 Tage	05:25 Uhr, 07:01 Uhr, 08:08 Uhr, 09:26 Uhr, 10:10 Uhr, 11:27 Uhr, 12:27 Uhr, 13:40 Uhr, 13:55 Uhr	05:17 Uhr, 06:28 Uhr, 07:09 Uhr, 08:58 Uhr, 10:02 Uhr, 10:41 Uhr, 11:20 Uhr	X
BP5	20.04.2022, 07:11 Uhr	26.05.2022, 17:18 Uhr	33 Tage	05:55 Uhr, 07:11 Uhr, 08:05 Uhr, 09:35 Uhr, 10:15 Uhr, 11:42 Uhr, 12:49 Uhr, 13:45Uhr, 14:10 Uhr	05:26 Uhr, 06:43 Uhr, 07:23 Uhr, 09:06 Uhr, 10:07 Uhr, 10:44 Uhr, 11:29 Uhr	X

BP6	23.04.2022, 18:22 Uhr	26.05.2022, 16:20 Uhr	30 Tage	06:19 Uhr, 07:05 Uhr, 08:02 Uhr, 09:59 Uhr, 10:23 Uhr, 11:55 Uhr, 13:13 Uhr, 13:54 Uhr, 14:27 Uhr	05:47 Uhr, 06:49 Uhr, 07:39 Uhr, 09:29 Uhr, 10:15 Uhr, 10:53 Uhr, 12:05 Uhr	X
BP7	23.04.2022, 6:35 Uhr	29.05.2022, 18:25 Uhr	37 Tage	05:07 Uhr, 07:24 Uhr, 08:03 Uhr, 09:49 Uhr, 10:19 Uhr, 11:51 Uhr, 13:00 Uhr, 13:49 Uhr, 14:15 Uhr	05:40 Uhr, 06:46 Uhr, 07:32 Uhr, 09:19 Uhr, 10:09 Uhr, 10:49 Uhr, 11:59 Uhr	X
BP8	27.04.2022, 16:33 Uhr	29.05.2022, 16:05 Uhr	33 Tage	X	05:45 Uhr, 06:48 Uhr, 07:37 Uhr, 09:26 Uhr, 10:14 Uhr, 10:52 Uhr, 12:02 Uhr	07:35 Uhr, 07:55 Uhr, 08:35 Uhr, 09:00 Uhr, 09:20 Uhr, 09:34 Uhr, 09:54 Uhr
BP9	27.04.2022, 18:22 Uhr	29.05.2022, 17:41 Uhr	33 Tage	X	05:22 Uhr, 06:30 Uhr, 07:14 Uhr, 09:03 Uhr, 10:03 Uhr, 10:42 Uhr, 11:24 Uhr	07:35 Uhr, 07:49 Uhr, 08:31 Uhr, 08:53 Uhr, 09:11 Uhr, 09:27 Uhr, 09:57 Uhr
BP10	05.05.2022, 14:10 Uhr	04.06.2022, 10:34 Uhr	32 Tage	X	05:50 Uhr, 06:53 Uhr, 07:45 Uhr, 09:34 Uhr, 10:16 Uhr, 10:54 Uhr, 12:08 Uhr	07:38 Uhr, 07:59 Uhr, 08:36 Uhr, 09:04 Uhr, 09:22 Uhr, 09:35 Uhr, 09:57 Uhr
BP11	02.05.2022, 20:19 Uhr	04.06.2022, 20:04 Uhr	34 Tage	X	X	X
R1	16.04.2022, 16:15 Uhr	19.06.2022, 20:35 Uhr	50 Tage	X	X	X

Tab 28: Gegenüberstellung der mit präparierten Thermologger versehenen Gelege BP1-11 und dem Referenzthermologger R1, sowie der erfassten minimalen (Min.), maximalen (Max.) und durchschnittlichen (\emptyset) Temperaturen in °C, sowie der Median. R1 zeichnete die Umgebungstemperatur auf. Die Temperaturerfassungen sind unterteilt in die während des gesamten Erfassungszeitraumes und die während der gesamten (24 h) Befliegungstage am 26.04.2022, 06.05.2022 und 23.05.2022. Nicht erfasste Temperaturen sind mit einem „X“ versehen und traten bei Gelegen auf, bei denen der präparierte Thermologger noch nicht bei einem Befliegungstag eingesetzt worden war oder das Gelege bereits geschlüpft und/oder prädiert worden war. BP2a wurde zwischen dem 04.05.-05.05.2022 entwendet oder prädiert, das Nachgelege ist BP2b. Die Gelege von BP8-10 wurden am 26.04.2022 beflogen, waren zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht mit einem präparierten Thermologger versehen. Die Temperaturwerte von BP11 wurden zusätzlich eingetragen, obwohl dieses zu keinem Zeitpunkt beflogen wurde.

Thermologgername und Erfassungszeitraum	Temperaturen im gesamten Erfassungszeitraum				Temperaturen am Befliegungstag <u>26.04.2022</u> , 5-14 Uhr				Temperaturen am Befliegungstag <u>06.05.2022</u> , 5-12 Uhr				Temperaturen am Befliegungstag <u>23.05.2022</u> , 7-10 Uhr			
	Min.	Max.	Median	\emptyset	Min.	Max.	Median	\emptyset	Min.	Max.	Median	\emptyset	Min.	Max.	Median	\emptyset
BP1 16.04.-16.05.2022	9°C	25°C	18,5°C	18,8°C	11°C	25°C	20°C	17,6°C	19,5°C	21,5°C	21°C	20,9°C	X	X	X	X
BP2a 16.04.-14.05.2022	7°C	26,5°C	17,5°C	16,8°C	16,5°C	18,5°C	17,5°C	17,6°C	X	X	X	X	X	X	X	X
BP2b 18.05.-19.06.2022	13,5°C	29°C	22,5°C	21,7°C	X	X	X	X	X	X	X	X	20,5°C	24,5°C	22°C	21,9°C
BP3 16.04.-18.05.2022	7°C	24°C	14°C	14,1°C	11,5°C	12,5°C	12°C	12,°C	16°C	17,5°C	17°C	17°C	X	X	X	X
BP4 20.04.-20.05.2022	7,5°C	25°C	19°C	19,2°C	16°C	18,5°C	17°C	17,1°C	20°C	22°C	20,5°C	20,8°C	X	X	X	X
BP5 20.04.-26.05.2022	7,5°C	30°C	21°C	20,8°C	16°C	22°C	19,5°C	19,1°C	20,5°C	24°C	22°C	21,8°C	X	X	X	X
BP6 23.04.-26.05.2022	9°C	29,5°C	21,5°C	21°C	16°C	20°C	18°C	18°C	20°C	23°C	21,5°C	21,7°C	X	X	X	X
BP7 23.04.-29.05.2022	7,5°C	29,5°C	20,5°C	20°C	15,5°C	20°C	18°C	17,9°C	18,5°C	22°C	20,5°C	20,7°C	X	X	X	X
BP8 27.04.-29.05.2022	12°C	28,5°C	21,5°C	21°C	X	X	X	X	19°C	22°C	20,5°C	20,4°C	22,5°C	26,5°C	23,5°C	23,9°C
BP9 27.04.-29.05.2022	10°C	26,5°C	21°C	20,3°C	X	X	X	X	19°C	20,5°C	19,5°C	19,6°C	21,5°C	25,5°C	23°C	23,8°C
BP10 05.05.-04.06.2022	9°C	25,5°C	21°C	20°C	X	X	X	X	16°C	19,5°C	18,5°C	18,4°C	19°C	25°C	21,5°C	21,5°C
BP11 02.05.-04.06.2022	6°C	27°C	21°C	20,3°C	X	X	X	X	8°C	18°C	16°C	14,3°C	21,5°C	23°C	22,5°C	22,3°C
R1 16.04.-19.06.2022	12,6°C	-1,5°C	31,5°C	°C	0,5°C	27°C	8,5°C	10,4°C	5°C	28°C	12°C	13,8°C	8°C	22,5°C	22°C	16,8°C

6. Literaturverzeichnis

- BAIRLEIN, F. (1996): Populationsökologie. In: Ökologie der Vögel: Physiologische Ökologie – Populationsökologie – Vogelmgemeinschaften – Naturschutz. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 2:89-106.
- BARNAS, A., NEWMAN, R., FELEGE, C. J., CORCORAN, M. P., HERVEY, S. D., STECHMANN, T. J., ROCKWELL, R. F. & ELLIS-FELEGE, S. N. (2017): Evaluating behavioral responses of nesting lesser snow geese to unmanned aircraft surveys. In: Ecology and Evolution. 8:1328-1338.
- BENNET, A. F., DAWSON, W. R. & PUTNAM, R. W. (1981): Thermal Environment and Tolerance of Embryonic Western Gulls. In: Physiological Zoology. 54(1):146-154.
- BLINDOW, H. (1987): Frieslands Salzwiesen – Bedeutung und Schutz. C. L. Mettcker & Sohne Vertriebs- und Verlagsgesellschaft, Jever. 4:40-49.
- BOETSCHI, J., BEDNARCZYK, S. & ORTLIEB, F. (2017): Endbericht 2021 zur Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern-Greifswald). Auftraggeber Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU), 2:2; 3:3-4; 4:5-10; 5:11-17.
- BORRELLE, S. B. & FLETCHER, A. T. (2017): Will drones reduce investigator disturbance to surface-nesting birds? In: Marine Ornithology. 45:89-94.
- BOSCHERT, M. (2006): Wiesenallerlei oder Heuschreckenbeinchen: Zur Nahrungsökologie von Küken und Jungvögeln des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*). In: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen. 32:227-238
- BOWGEN, K. M., DODD, S. G., LINDLEY, P., BURTON, N. H. K. & TAYLOR, R. C. (2022): Curves for Curlew: Identifying Curlew breeding status from GPS tracking data. In: Ecology and Evolution.
- BRYNYCHOVÁ, K., ŠALEK, M. E., VOZABULOVÁ, E. & SLÁDEČEK, M. (2020): Daily Rhythms of Female Selfmaintenance Correlate with Predation Risk and Male Nest Attendance in a Biparental Wader. In: Journal of Biological Rhythms. 35(5):489-500.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) (2019): Kombinierte Vorkommen- und Verbreitungskarte der Arten der Vogelschutz-Richtlinie, GrbisHa.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALE UND VERKEHR (DIPUL) (2023): Digitale Plattform Unbemannte Luftfahrt – Anleitung für den Web Map Service (WMS). www.dipul.de, URL: <https://www.dipul.de/homepage/de/hilfe/anleitung-fuer-den-web-map-service-wms/>, Stand: 12.01.2023.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ & BUNDESAMT FÜR JUSTIZ (2010): Gesetz über Naturschutz und Landespflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG). 3:43-44; 5:7-9.
- BUSCHE, G. (2011): Brutbestandstrends vom Großen Brachvogel (*Numenius arquata*) und anderen Wiesenlimikolen: starke Rückgänge auf Grünland im Westen Schleswig-Holsteins von 1968 bis 2005. In: Vogelwarte 49. 49:1-8.
- CHABOT, D. & BIRD, D. M. (2015): Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in?. In: Journal of Unmanned Vehicle Systems Virtual Issue. 3:137-155.
- CHUSTERS, B. (2016): Drones Here, There and Everywhere Introduction and Overview. In: The Future Of Drone Use. 1:3-20.
- COLLINS, S. A., GIFFIIN, G. J. & STRONG, W. T. (2019): Using flight initiation distance to evaluate responses of colonial-nesting Great Egrets to the approach of an unmanned aerial vehicle. In: Journal of Field Ornithology. 90(4):382-390.

CORREGIDOR-CASTRO, A., HOLM, T. E. & BREGNBALLE, T. (2021): COUNTING BREEDING GULLS WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES: CAMERA QUALITY AND FLYING HEIGHT AFFECTS PRECISION OF A SEMI-AUTOMATIC COUNTING METHOD. IN: ORNIS FENNICA. 98:33-45.

CUKOR, J., BARTOŠKA, J., ROHLA, J., SOVA, J. & MACHÁLEK, A. (2019): USE OF AERIAL THERMOGRAPHY TO REDUCE MORTALITY OF ROE DEER FAWNS BEFORE HARVEST. IN: PEERJ. 7:1-19.

DACHVERBAND DEUTSCHER AVIFAUNISTEN (DDA) (2021): Vögel in Deutschland online. www.dda-web.de, URL: <https://www.dda-web.de/index.php?cat=service&subcat=vidonline&subsubcat=arten&id=5410>, Stand: 09.08.2021.

DÜTTMANN, H., TEWES, E. & AKKERMANN, M. (2006): Effekte verschiedener Managementmaßnahmen auf Brutbestände von Wiesenlimikolen – Erste Ergebnisse aus Untersuchungen von Kompensationsflächen in der Wesermarsch (Landkreis Cuxhaven, Wesermarsch). In: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen, Osnabrück. 32:175-181.

FILHO, J. K., ZAMPAR, A., BOIAGA, M. M. & SCHAFER DA SILVA, A. (2020): Effect of heat treatment on prestocking of Turkey eggs and its impact on incubation and hatching. In: Journal of Thermal Biology, Preprint. www.sciencedirekt.com, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456519303821>, Stand: 08.01.2023.

FISCHER, G. & WALKER, M. (2015): Habitat restoration for curlew *Numenius arquata* at the Lake Vyrnwy reserve, Wales. Conversation Evidence, 12, Bredfordshire. 48-52.

FRENCH, N. A. (1997): Modeling Incubation Temperature: The Effects of Incubator Design, Embryonic Development and Egg Size. In: Poultry Science. 76:124-133.

FUNK, E. M. & BIELLIER, H. V. (1944): The Minimum Temperature for Embryonic Development in the Domestic Fowl (*Gallus domesticus*). In: Department of Poultry Husbandry, Missouri Agricultural Experiment Station. 538-540.

GORETZKI, J. (1998): Interessenkonflikt Rotfuchs. In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Eberswalde. 1:86-88.

GRENZDÖRFFER, G. (2022): Drohnen in der Landwirtschaft – Übersicht und Potenzial. In: KTBL-Schrift 527. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.. Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main. 1:7-8, 2:9-11, 4:27-34, 5:35-75, 6:76-116.

HAAS, U. (2012): Physik – Für Pharmazeuten, Mediziner und Studierende mit Physik als Nebenfach. 7. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, Stuttgart. 15:197-221, 17:243-256.

HAAS, D. (2019): Erfolgreicher Schutz von Wiesenbrütern: Wiesen- oder Weidevogel? In: Der Falke, Ausgabe. 7:24-29.

HEISS, M., LEMKE, H., BEDNARCZYK, S. & ORTLIEB, F. (2018): Endbericht 2018 zur Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern-Greifswald). Auftraggeber Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU), 2:1-2; 3:2-4; 4:4-9; 5:9-17.

HEISS, M., MICHEL, C., KURTH, A., LEMKE, H., BEDNARCZYK, S. & ORTLIEB, F. (2019): Endbericht 2019 zur Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern-Greifswald). Auftraggeber Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU), 2:1-2; 3:2-4; 4:4-22; 5:23-31.

HEISS, M., MICHEL, C. & KURTH, A. (2020): Endbericht 2020 zur Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern-Greifswald). Auftraggeber Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU), 2:1-2; 3:2-4; 4:4-16; 5:17-25.

- HEISS, M., MICHEL, C. & FREESEMANN, T. (2021): Endbericht 2021 zur Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern-Greifswald). Auftraggeber Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU), 2:1-2; 3:2-4; 4:4-16; 5:17-20.
- HEISS, M., MICHEL, C. & FREESEMANN, T. (2022): Endbericht 2021 zur Gebietsbetreuung zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern-Greifswald). Auftraggeber Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU). 1:1, 2:1-2; 3:3; 4:4-16; 5:17-22.
- HOLTIN, G. M., HANSELL, M. H., RUXTON, G. D., REID, J. M. & MONOGHAN, P. (2004): Using artificial nests to test importance of nesting material and nest shelter for incubation energetics. In: *The Auk*, 121(3):777-787.
- HÖNISCH, B., ARTMEYER, C., MELTER, J. & TÜLLINGHOFF, R. (2008): Telemetrische Untersuchungen an Küken vom Großen Brachvogel *Numenius arquata* und Kiebitz *Vanellus vanellus* im EU-Vogelschutzgebiet Düsterdieker Niederung. In: *Vogelwarte Zeitschrift für Vogelkunde*, 46. 4:39-48.
- HÖTKER, H. & TEUNISSEN, W. (2006): Bestandsentwicklung von Wiesenvögeln in Deutschland und in den Niederlanden. In: *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen*, Osnabrück. 32:93-98.
- HOPPSTÄDTER, S., RAMME, S., DÜTTMANN, H. & EHRSBERGER, R. (2007): Telemetrie an Kiebitz- und Uferschnepfenküken in der Stollhammer Wisch (Landkreis Wesermarsch) 2007. *Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück und Universität Osnabrück*, Osnabrück. 1:1-4, 2:5-13, 3:14-32, 4:33-35.
- ISRAEL, M. (2017): Detecting nests of lapwing birds with the aid of a small unmanned aerial vehicle with thermal camera. In: *2017 International Conference on Unmanned Air-craft Systems (ICUAS)*. 1-8.
- JOEST, R. & ILLNER, H. (2013): Vogelschutz in der Agrarlandschaft – derzeitige Schutzmaßnahmen und Entwicklungsziele für das Europäische Vogelschutzgebiet Hellwegborde (NRW). *Berichte zum Vogelschutz*, Bd. 49/50.4:99-113.
- KAUHALA, K., LAUKKANEN, P. & VON REGE, I. (1998): Summer food composition and food niche overlap of the racoon dog, red fox and badger in Finland. In: *Ecography*, Kopenhagen. 21:457-464.
- KOOIKER, G. & BUCKOW, C. V. (1980): Der Kiebitz: Flugkünstler im offenen Land. *Sammlung Vogelkunde im AULA-Verlag*, AULA-Verlag GmbH, Wiesbaden. 1:9-19, 2:20-33, 3:34-44, 5:57-85, 7:89-100, 8:101-112, 9:113-120, 10:121-127.
- KENDEIGH, S. C., DOLNIK, V. R. & GAVRILOV, V. M. (1977): Avian energetics. In: *Granivorous Birds in Ecosystems*. 5:129-204.
- KRUMENACKER, T. (2017): Neue Gefahr aus der Luft: Drohnen machen Vögeln den Luftraum streitig. In: *Der Falke*. 11:18-22.
- KUMARI, E. (1977): Der Regenbrachvogel *Numenius phaeopus*.. *Die Neue Brehm-Bücherei*, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.1:5-9, 3:14, 5:30-37.
- KUSCHERT, H. (1983): Wiesenvögel in Schleswig-Holstein: Eine Untersuchung am Beispiel der Eider-Treene-Niederung. *Husum Druck- und Verlagsgesellschaft mbH u. Co. KG*, Husum. 1:7-9, 4:23-26, 5:27-33, 8:60-65, 10:93-109.
- LISLEVAND, T. (2001): Male incubation in Northern Lapwings: effects on egg temperature and potential benefits to females. In: *Ornis Fennica*. 78:23-29.
- LOURENS, A., VAN DEN BRAND, H., MEIJERHOF, R. & KEMP, B. (2005): Effects of Eggshell Temperature During Incubation on Embryo Development, Hatchability, and Posthatch Development. In: *Poultry Science*. 84:914-920.

LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE (LUNG) (2009): Gutachterlicher Landschaftsrahmenplan der Region Vorpommern, Fortschreibung 2009. Hrsg.: LUNG, 2:6-236.

LUQUE-FERNÁNDEZ, C. R., CABALLERO, K., PAUCA, G., A., VILLEGAS, L., ALCELAY, I. & MACHACA, J. (2021): UNMANNED AERIAL VEHICLE, AND GIS TOOLS, TO MONITOR THE REPRODUCTION OF THE FLAMINGO *PHOENICOPTERUS CHILENSIS* (AVES: PHOENICOPTERIDAE). IN: REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL. 69(2): 733-742.

LYONS, M., BRANDIS, K., CALLAGHAN, C., MCCANN, J., MILLS, C., RYALL, S. & KINGSFORD, R. (2017): Bird interactions with drones, from individuals to large colonies. [Www.biorxiv.org](https://www.biorxiv.org), Preprint. [Www.biorxiv.org](https://www.biorxiv.org/content/10.1101/109926v3.full.pdf+html), URL: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/109926v3.full.pdf+html>, Stand: 06.01.2023.

MACDONALD, M. A. & BOLTON, M. (2008): Predation of Lapwing *Vanellus vanellus* nests on lowland wet grassland in England and Wales: effects of nest density, habitat and predator abundance. *Journal of Ornithology*. 149:555-563.

MAKATSCH, W. (1981): Die Limikolen Europas einschließlich Nordafrikas und des nahen Ostens. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. 1:7-14, 3:27-31, 9:99-218.

MAPES, K. L., PRICOPE, N. G., BAXLEY, J. B., SCHAALE, L. E. & DANNER, R. M. (2020): Thermal Imaging of Beach-Nesting Bird Habitat with Unmanned Aerial Vehicles: Considerations for Reducing Disturbance and Enhanced Image Accuracy. In: *Drones*. 4:2-18.

MICHEL, C. (2021): Über den Bruterfolg des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) unter Betrachtung des Prädationsdruckes auf dem Borken (Mecklenburg-Vorpommern). Bachelorarbeit, Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg. 2:70-71, 3:77-174.

MORTOLA, J. P. & GAONAC'H-LOVEJOY, V. (2016): The cooling time of fertile chicken eggs at different stages of incubation. In: *Journal of Thermal Biology*. 55:7-13.

NABU-BUNDESVERBAND (2020): Kiebitze schützen – Ein Praxishandbuch. Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt sowie Mitteln des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein und Hanns R. Neumann Stiftung. 1:6-13, 2:14-21, 3:22-27, 6:34-36.

NABU-INSTITUT FÜR VOGELSCHUTZ & INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ SINGEN (2004): Zielvorstellungen und Entwicklungsperspektiven für den Ökolandbau aus Naturschutzsicht – Schlussbericht zum Projekt Nr. 02OE577 im Rahmen des „Programms zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau“. Gefördert durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau, Singen. 2:14-140.

OEHLER, J. (2023): DJI Mavic 2 Enterprise Advanced: Technische Daten. [drohnen.de](https://www.drohnen.de), URL: <https://www.drohnen.de/34171/dji-mavic-2-enterprise-advanced-technische-daten/#:~:text=%EE%80%80DJI%20Mavic%20%20Enterprise%20Advanced%3A%20Technische%20Daten%EE%80%81.%20Startgewicht,mit%20Beleuchtung%3A%20322%20%20C3%97%20242%20%20C3%97%20114%20mm>, Stand: 25.01.2023.

OLSTOORN, G. (2015): Bericht zur „Umsetzung der Managementmaßnahmen zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern Greifswald“. Auftraggeber: Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU), 1:1; 2:2-3; 3:4-13; 4:13-14.

OLSTOORN, G. (2016): Abschlussbericht zur „Betreuung der Population des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) auf dem Borken (Landkreis Mecklenburg Vorpommern Greifswald) im Natura-Gebiet DE 2350-401 „Ueckerländer Heide“ (Europäisches Vogelschutzgebiet). Auftraggeber, Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt (StALU), 1:1-4.

SAINO, N., ROMANO, M., FERRARI, R. P., MARTINELLI, R. & MOLLER, A. P. (2005): Stressed Mothers Lay Eggs with High Corticosterone Levels which Produce Low-Quality Offspring. In: Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology. 303A:998-1006.

SHELLER, W., STRACHE, R.-R., EICHSTÄDT, W.; SCHMIDT, E., BRÄSE, M., EICHSTÄDT, H., GRAUMANN, G., HEMKE, E., JESSEL, H.-J., KINTZEL, W., KUBE, J., KLEINKE, J., LOOSE, J., MATTHES, J., MEWES, W., RUTHENBERG, H., SCHIRMEISTER, B., SCHWARZ, R., SELLIN, D., STARKE, W., STEGEMANN, K.-D., VÖKLER, F., WEICHBRODT, D., WEISS, R., WERNICKE, P. & ZIMMERMANN, H. (2002): Important Bird Areas (IBA) in Mecklenburg-Vorkommen – die wichtigsten Brut- und Rastvogelgebiete Mecklenburg-Vorkommens. Hrsg.: ORNITHOLOGISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT MECKLENBURG-VORPOMMERN E. V., cw Obotritendruck GmbH, Schwerin, 2:9-10; 5:19-152.

SCHUEFLER, H. & STIEFEL, A. (1985): Der Kampfläufer *Philomachus pugnax*, 1. Auflage. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 574, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt. 4:47-82, 6:82-86, 7:86-88, 11:116-159, 13:160-165, 15:190-192, 18:194-198.

SCHUEFLER, H. & STIEFEL, A. (1989): Der Alpenstrandläufer *Calidris alpina*, 1. Auflage. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 592, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt. 5:107-129, 9:190-201.

SCHRÖPFER, R. & DÜTTMANN, H. (2020): Artenschutz mit Jagd und Mäusen – das Osnabrücker Prädationsmodell. In: Artenschutzreport. 26:1-7.

SEELIG, K.-J. & SEELIG, B. (2001): Untersuchung zur Fortpflanzung des Großen Brachvogels im Naturpark Drömling. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 38. Jahrgang. 1:1-8.

SEYMOUR, A. S. (1999): The Ecology of Nest Predation by Red Fox *Vulpes vulpes*. Dissertation, University of Bristol, Bristol. 1:10-31, 4:95-113.

STIEFEL, A. & SCHUEFLER, H. (1984): Der Rotschenkel *Tringa totanus*. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 562, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt. 1:5-6, 7:62-103, 9:104-124, 11:152-154, 13:155-160.

VALLE, R. G. & SCARTON, F. (2019): Effectiveness, efficiency, and safety of censusing Eurasian Oystercatchers *Haematopus ostralegus* by unmanned aircraft. In: Marine Ornithology. 47:81-87.

VAS, E., LESCROËL, A., DURIEZ, O., BOGUSZWESKI, G. & GREMILLET, D. (2014): Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. In: Biology Letters. 11:1-4 (20140754).

VERGOUW, B., NAGEL, H., BONDT, G. & CUSTERS, B. (2016): Drone Technology: Types, Payloads, Applications, Frequency Spectrum Issues and Future Developments. In: The Future Of Drone Use. 2:21-56.

VÖKLER, F. (2014): Zweiter Atlas der Brutvögel des Landes Mecklenburg-Vorkommen. Hrsg. Ornithologische Arbeitsgemeinschaft Mecklenburg-Vorpommern (OAMV) e. V., Kiebu-Druck GmbH, Greifswald. 4:160-161, 8:464-468.

VON BOLTZHEIM, N. G., BAUER, K. M., BEZZEL, E., BERGMAN, G., GREINER, H., GROSSKOPF, G., KIRCHNER, H., KUMARI, E., LIND, H., SACH, G. & VON WESTERHAGEN, W. (2001): Handbuch der Vögel Europas, Band 7 Charadriiformes (2. Teil) Schnepfen-, Möwen und Alkenvögel, 2. Auflage. Hrsg. von Boltzheim, AULA-Verlag, Wiesbaden. 7:265-352.

VON FRISCH, O. (1965): Bei seltenen Vögeln in Moor und Steppe. Verlag Paul Parey, Berlin. 1:9-66, 2:67-119.

VON FRISCH, O. (1995): Der Große Brachvogel (*Numenius arquata* L.), 2. Auflage. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 335, Westarp Wissenschaften und Spektrum Akademischer Verlag, Magdeburg. 1:3-3, 5:6-7, 6:7-8, 8:9-10, 9:10-12, 10:12-15, 11:15-20, 12:20-21, 13:21-26, 14:25-26, 15:29-30, 18:32-34, 19:34-34, 26:41-41.

WULF, T. & PIETSCH, M. (2021): Störungsanalyse von UAVs bei der Detektion von Nistplätzen des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*) – Methode und erste Ergebnisse. In: AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik. 7:180-189.

ZIESEMER, F. (1986): Die Situation von Uferschnepfe (*L. limosa*), Rotschenkel (*Tringa totanus*), Bekassine (*G. Gallinago*), Kampfläufer (*Philomachus pugnax*) und anderen „Wiesenvögeln“ in Schleswig-Holstein. In: Corax – Fortsetzungen der Mitteilungen der Faunistischen Arbeitsgemeinschaft für Schleswig-Holstein, Hamburg und Lübeck. 11(4):249-261.