



redaktionell
überarbeitete Version
Februar 2020

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen in Abhängigkeit von Wetter und Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Windenergieanlagen im Vogelschutzgebiet Vogelsberg

Abschlussbericht

Stand 23.09.2019

HESSEN



**Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen**

Auftraggeber:

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden

Auftragnehmer:

NABU Landesverband Hessen
Friedenstraße 26
35578 Wetzlar
Maik.Sommerhage@NABU-Hessen.de

Bioplan Marburg GbR
Deutschhausstrasse 36
35037 Marburg
c.heuck@bioplan-marburg.de

Büro für faunistische Fachfragen
Rehweide 13
35440 Linden
info@bff-linden.de

Bearbeiter:

Fang und Besenderung: Christian Gelpke, Steffen Koschkar (BFF Linden)

Datenaufnahme: Kristin Geisler, Maik Sommerhage (NABU Landesverband Hessen)

Datenanalyse: Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg GbR)

Qualitätssicherung: Dr. Marc Reichenbach (ARSU GmbH), Martin Sprötge (planungsgruppe grün GmbH)

Externer Fachexperte: Ubbo Mammen (Ökotox GbR)

Projektbeirat:

Iris Otto (HMWEVW)

Charlotte Matthias (HMWEVW)

Dr. Natalie Scheck (HMWEVW)

Klaus-Ulrich Battefeld (HMUKLV)

Claudia Sattler (HMUKLV)

Gudrun Huber (UNB Vogelsbergkreis)

Gerrit Oberheidt (ONB RP Gießen)

Oliver Tschirschnitz (ONB RP Gießen)

Martin Hormann (Vogelschutzwarte Frankfurt)

Gerd Morber (HessenEnergie)

Michael Häußler (Luftstrom Projektgesellschaft mbH & Co KG)

Renate Falk (Luftstrom Projektgesellschaft mbH & Co KG)

Dr. Wolfgang Denhöfer (BUND Hessen e.V.)

Hartmut Mai (NABU Hessen e.V.)

Zitiervorschlag:

Heuck C, Sommerhage M, Stelbrink P, Höfs C, Geisler K, Gelpke C & S Koschkar (2019): Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen in Abhängigkeit von Wetter und Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Windenergieanlagen im Vogelschutzgebiet Vogelsberg – Abschlussbericht. Im Auftrag des Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Zusammenfassung	1
2 Einführung	3
3 Material und Methoden	5
3.1 Untersuchungsgebiet.....	5
3.2 Horstbaum- und Revierkartierung.....	7
3.3 Satelliten-Telemetrie	8
3.4 Landnutzungstypen und Bewirtschaftungsereignisse	16
3.5 Weitere Geodaten	20
3.6 Wetterdaten	21
3.7 Klassifizierung Flugaktivität	24
3.8 Korrektur und Kalibrierung der Höhendaten	25
3.9 Datenauswertung	30
3.9.1 Aktionsräume der besenderten Rotmilane.....	30
3.9.2 Flugaktivität und Flughöhe in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform.....	31
3.9.3 Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetterparametern....	35
3.9.4 Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten.....	35
3.9.5 Flugverhalten im Umfeld der Windparks	37
3.9.6 Übersicht der verschiedenen Datengrundlagen	40
4 Ergebnisse.....	42
4.1 Horstbaum- und Revierkartierung sowie Bruterfolg.....	42
4.1.1 Siedlungsdichte.....	42
4.1.2 Bruterfolg.....	42
4.2 Auswertung der Telemetriedaten	44
4.2.1 Aktionsräume der besenderten Milane	44
4.2.2 Flugaktivität der Milane im Tages- und Jahresverlauf	48
4.2.3 Flugaktivität und Flughöhe in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform.....	51
4.2.4 Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetterparametern....	62
4.2.5 Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten.....	64
4.2.6 Flugverhalten im Umfeld der Windparks	66
5 Winterhalbjahr 2016/17 und 2017/18	72
6 Diskussion	75
6.1 Siedlungsdichte und Bruterfolg	75
6.1.1 Siedlungsdichte.....	75
6.1.2 Bruterfolg.....	75

6.1.3	Vergleich mit den Daten des Integrativen Gesamtkonzepts (IGK) für das EU-Vogelschutzgebiet Vogelsberg	76
6.2	Auswertung der Telemetriedaten	77
6.2.1	Aktionsräume des besenderten Milane	77
6.2.2	Flugaktivität und Flughöhe im Tages und Jahresverlauf	79
6.2.3	Flugaktivität, Flughöhe und Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform	80
6.2.4	Einfluss der Landnutzung auf das Flugverhalten.....	81
6.2.5	Flugverhalten im Umfeld der Windparks	82
7	Fazit.....	83
8	Literatur	87
9	Anhang.....	91
Anhang 1:	Übersicht der erfassten Datenpunkte aller Sendervögel im Brutgebiet.	91
Anhang 2:	Prozentualer Ladezustand der Akkus und Ortungsintervalle der besenderten Rotmilane im Untersuchungszeitraum (März bis Ende September 2016-2018).....	97
Anhang 3:	Übersicht der erfassten Rotmilanbruten in den Untersuchungsjahren 2016 und 2017.	100
Anhang 4:	Ergebnisse der Homerange Analysen für einzelne Milane nach der MCP (Minimum-Convex-Polygon) und AKDE (Autocorrelated Kernel Density Estimation) Methode nach der Brutzeitphänologie für 2016, 2017 und 2018 (5- Minuten Datensatz).	102
Anhang 5:	Ergebnis der Homerange Analysen (95% AKDE).....	103
Anhang 6:	Modellstatistiken von vier (GLGM) zur kategorisierten Flugaktivität (Flug/nicht Flug) während vier Brutzeitphasen.	107
Anhang 7:	Modellstatistiken von vier (LGM) zur kontinuierlichen Flughöhe während vier Brutzeitphasen.	108
Anhang 8:	Distanz zum Horst in der 50, 75 und 90 % aller Ortungspunkte in den verschiedenen Brutzeitphasen der Jahre 2017 und 2018 aufgenommen wurden.	109
Anhang 9:	Prozentualer Anteil der Ortungen nach Brutzeitphänologie in Abhängigkeit zur Horstdistanz über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	110
Anhang 10:	Anzahl an Ortungen und verfügbare Fläche nach erfassten Bewirtschaftungsereignissen pro Kalenderwoche im Jahr 2016.....	111
Anhang 11:	Anzahl an Ortungen im Flug und verfügbare Fläche nach erfassten Bewirtschaftungsereignissen pro Kartierdurchgang (Ortungen seit letzter Kartierung bis zum jeweiligen Kartiertag) in den Jahren Jahr 2017 und 2018.	112

Kartenverzeichnis

Nr.	Inhalt	Maßstab
Karte 1.1	Übersicht Projektgebiet	1:110.000 / A3
Karte 1.2	Übersicht Wetterdaten	1:100.000 / A3
Karte 1.3	Verwendung der Wetterdaten	1:250.000 / A3
Karte 2.1	Bruterfolg 2016	1:70.000 / A2
Karte 2.2	Bruterfolg 2017	1:70.000 / A2
Karte 2.3	Vergleich IGK	1:70.000 / A2
Karte 3.1	Übersicht Rotmilandaten 2016	1:100.000 / A3
Karte 3.2	Übersicht Rotmilandaten 2017	1:100.000 / A2
Karte 3.3	Übersicht Rotmilandaten 2018	1:100.000 / A3
Karte 4.1	Geofence Windpark Ulrichstein 2016	1:5.000 / A3
Karte 4.2	Geofence Windpark Ulrichstein 2017	1:5.000 / A3
Karte 4.3	Geofence Windpark Alte Höhe 2017	1:8.000 / A3
Karte 4.4	Geofence Bewirtschaftungsereignisse Noah 2017	1:6.000 / A3
Karte 4.5	Geofence Bewirtschaftungsereignisse Neptun 2017	1:6.000 / A3
Karte 4.6	Geofence Windpark Ulrichstein 2018	1:6.000 / A3
Karte 4.7	Geofence Windpark Alte Höhe 2018	1:6.000 / A3
Karte 5.1	Landnutzungstypen Revier Noah 2016	1:15.000 / A3
Karte 5.2	Landnutzungstypen Revier Tristan und Isolde 2016	1:15.000 / A3
Karte 5.3	Bewirtschaftungsereignisse 2016 (Beispiel)	1:25.000 / A3
Karte 5.4	Landnutzungstypen und -bewirtschaftung 2017	1:30.000 / A3
Karte 5.5	Landnutzungstypen und -bewirtschaftung 2018	1:30.000 / A3
Karte 6.1.1	Rasterkarte Raumnutzung Tristan 2016	1:15.000 / A3
Karte 6.2.1	Rasterkarte Raumnutzung Isolde 2016	1:15.000 / A3
Karte 6.2.2	Rasterkarte Raumnutzung Isolde 2017	1:15.000 / A3
Karte 6.3.1	Rasterkarte Raumnutzung Noah 2016	1:20.000 / A3
Karte 6.3.2	Rasterkarte Raumnutzung Noah 2017	1:20.000 / A3
Karte 6.3.3	Rasterkarte Raumnutzung Noah 2018	1:20.000 / A3
Karte 6.4.1	Rasterkarte Raumnutzung Neptun 2017	1:15.000 / A3
Karte 6.5.1	Rasterkarte Raumnutzung Max 2017	1:20.000 / A3
Karte 6.5.2	Rasterkarte Raumnutzung Max 2018	1:20.000 / A3

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Automatische Anpassung der Ortungsintervalle in Abhängigkeit des Akkuladezustandes ab Februar 2017. 12

Tabelle 2: Testlauf von sechs Sendern über 14 Tage und 11.615 Ortungspunkte. Angegeben sind die Radien in denen 50 und 95 % der GPS-Ortungspunkte lagen sowie die maximale Abweichung eines Ortungspunktes vom Senderstandort. 14

Tabelle 3: Datenpunkte der besenderten Rotmilane im Brutgebiet nach Bereinigung für Fehlortungen etc..... 14

Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten Kartierungstermine von Landbewirtschaftungsereignissen. 18

Tabelle 5: Übersicht der Begehungen zur Erfassung von Störungen im Horstbereich durch forstwirtschaftliche Aktivitäten. 19

Tabelle 6: Übersicht der Datenquellen für verschiedene Wetterparameter..... 22

Tabelle 7: Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier als Maß für die Luftschichtung..... 22

Tabelle 8: Testlauf von sechs Sendern über 14 Tage und 11.615 Ortungspunkte. Angegeben sind die Abweichungen der gemessenen GPS- und Barometer-Höhen von der ermittelten Referenzhöhe der Sender. 28

Tabelle 9: Mediane der Abweichungen zwischen Barometer-Höhe und GPS-Höhe der Vogel-Sender..... 29

Tabelle 10: Korrelationskoeffizienten $|R|$ linearer Regressionen zwischen den Umweltvariablen, basierend auf dem Datensatz des binomialen Modells zur Flugaktivität (N = 65.805)..... 33

Tabelle 11: Variance Inflation Factors (VIF) der Umweltvariablen und dessen Kategorien in den drei berechneten statistischen Modellen..... 34

Tabelle 12: Verfügbare Datengrundlage für die verschiedenen durchgeführten Analysen. Der Untersuchungszeitraum umfasst: 22.06.2016 - 30.09.2016, 01.03.2017 - 30.09.2017, 01.03.2018 - 31.07.2018. 40

Tabelle 13: Brutbestand und Bruterfolg in den Untersuchungsschwerpunkträumen (gestrichelte Linie in den Karten 2.1 und 2.2)..... 42

Tabelle 14: Ergebnisse der Homerange Analysen für einzelne Milane nach der AKDE 95 % Methode nach der Brutzeitphänologie für 2017 und 2018 (Geofence Daten auf 5-Minuten Intervall herunter gerechnet)..... 45

Tabelle 15: Anteil der Ortungspunkte im Flug in WEA-Rotorhöhe (80 – 250 m) an alle Ortungspunkten im Flug (5-Minuten-Datensatz), differenziert nach Brutzeitphasen. 56

Tabelle 16: Modellstatistiken eines generalisierten linearen gemischten Modells (GLGM) zur kategorisierten Flugaktivität (Flug/nicht Flug), eines linearen gemischten

Modells (LGM) zur kontinuierlichen Flughöhe und eines GLGM zur kategorisierten Flughöhe (über/unter 80 m).	59
Tabelle 17: Modellstatistik eines linearen gemischten Modells mit der täglichen Aktionsraumgröße als abhängiger und fünf Wettervariablen (z-standardisiert) als erklärende Variablen sowie der Vogel-ID und dem Untersuchungsjahr als random-effect.	62
Tabelle 18: Jacobs-Index der verschiedenen Landnutzungstypen über den gesamten Untersuchungszeitraum sowie differenziert nach Monaten. Die Index-Werte sind Mittelwerte der verschiedenen Milane und Jahre.	65
Tabelle 19: Flugereignisse im kollisionskritischen Bereich (KB; Rotordurchflüge) und im Nahbereich (NB) von WEA-Rotoren.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Südlicher Vogelsberg bei Grebenhain mit Blick Richtung Nordwesten.....	6
Abbildung 2: Unter-Seibertenrod. Blick auf den Windpark "Ulrichstein-Platte".....	6
Abbildung 3: Besonderter Rotmilan mit OrniTrack-20B (Foto: M. Sommerhage).....	9
Abbildung 4: Verwendeter Telemetriesender "OrniTrack-20B" von Ornitela.....	10
Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung der Funktionsweise von mehreren Geofence-Zonen (Quelle: Ornitela).	11
Abbildung 6: Brutplatz von Ronja zwischen Steinfurt und Heisters (roter Punkt) und ihre Ortungspunkte (hellblau).....	13
Abbildung 7: Messwerte für Temperatur und Windgeschwindigkeit der sieben Anlagen im Windpark "Ulrichstein-Platte".	23
Abbildung 8: Abweichung der Höhenmessung von der Referenzhöhe von sechs Sendern im Test.....	28
Abbildung 9: Beispielhafte Korrektur der Höhendaten für den Sendervogel Noah.....	29
Abbildung 10: Beispielhafte Darstellung der Ringpuffer-Analyse.....	39
Abbildung 11: Prozentualer Anteil der Ortungen nach Brutzeitphänologie in Abhängigkeit zur Horstdistanz über den gesamten Untersuchungszeitraum.	47
Abbildung 12: Flugaktivität in Abhängigkeit von der Tageszeit. Dargestellt ist der Anteil Ortungen im Flug an der gesamten Ortungszahl für jede ganze Stunde (5-Minuten-Datensatz für alle verfügbaren Tiere aus dem gesamten Untersuchungszeitraum). 48	
Abbildung 13: Flugaktivität im Jahresverlauf. Dargestellt ist der Anteil an Ortungen im Flug an allen Ortungen zwischen dem 1.3. und dem 30.9. basierend auf dem 5 min-Datensatz sowie eine Glättungskurve.....	49
Abbildung 14: Flugaktivität in Abhängigkeit von der Tageszeit während der verschiedenen Brutzeitphasen.	50

Abbildung 15: Verteilung der Flugaktivität (Anzahl der Ortungspunkte im Flug, rot) über die Häufigkeit der jeweiligen Ausprägung von fünf Wetterparametern (Anzahl aller Ortungspunkte, schwarz) und der prozentuale Anteil von Ortungspunkten im Flug an allen Ortungspunkten.	53
Abbildung 16: Histogramm der Flughöhen in 25 m-Klassen mit Angabe des jeweiligen prozentualen Anteils der Häufigkeit (Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, 5-Minuten-Datensatz, nur Ortungspunkte im Flug).....	54
Abbildung 17: Histogramm der Flughöhen in 25 m-Klassen aufgeteilt nach Brutzeitphasen.	55
Abbildung 18: Boxplots der Flughöhen im Tagesverlauf (Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, 5-Minuten-Datensatz, nur Ortungspunkte im Flug).	56
Abbildung 19: Boxplots der Flughöhen im Tagesverlauf getrennt nach Brutzeitphasen (Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, 5-Minuten-Datensatz, nur Ortungspunkte im Flug).....	57
Abbildung 20: Verteilung von Flugereignissen und hohen Flugereignissen (über 80 m Flughöhe) sowie der prozentuale Anteil von hohen Flugereignissen an allen Flugereignissen über die Zustände von fünf Wettervariablen (Zeitraum ab Besenderung 22. Juni bis 30. September 2018).....	60
Abbildung 21: Datenpunkte der Flughöhe in Abhängigkeit von fünf Wettervariablen sowie Kategorien der Geländeform.....	61
Abbildung 22: Datenpunkte der täglichen Aktionsraumgröße (100 % MCP) in Abhängigkeit von fünf Wettervariablen.	63
Abbildung 23: Wetterverhältnisse und Rotordrehzahlen während Flugereignissen in allen Windpark-Geofences.....	67
Abbildung 24: Ergebnisse der Ringpufferanalyse (Ortungspunkte/Hektar des jeweiligen Ringpuffers) über alle Flughöhen, sowie nach Flughöhenkategorien getrennt.	71
Abbildung 25: Zugwege der im Rahmen dieser Studie besenderten Rotmilane von Deutschland zur Iberischen Halbinsel.....	74

1 Zusammenfassung

In Deutschland brütet über die Hälfte des weltweiten Bestands an Rotmilanen. Mit 1.000 bis 1.300 Brutpaaren beherbergt Hessen rund fünf Prozent des europäischen Bestandes bzw. etwa zehn Prozent des deutschen Bestandes. Aus diesem überdurchschnittlich hohen Anteil am Gesamtbestand ergibt sich eine hohe naturschutzfachliche und naturschutzpolitische Verantwortung für diese Vogelart. Als kollisionsgefährdete Art steht der Rotmilan auch in Hessen regelmäßig im Mittelpunkt des Spannungsfeldes Windenergie und Artenschutz.

Ziel des Vorhabens war die Verbesserung des Kenntnisstandes zum Flugverhalten des Rotmilans in Relation zu verschiedenen Einflussfaktoren. Um Aufschluss über mögliche Zusammenhänge zwischen Wetter, Landnutzung bzw. Landbewirtschaftung und dem Flugverhalten der Milane (Aktionsraum, Flughöhe) zu erlangen gab das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2016 eine dreijährige Telemetriestudie in Auftrag. Mithilfe dieses Wissensaufbaus soll zugleich die Möglichkeit geschaffen werden, Vermeidungsmaßnahmen zu optimieren. Als Projektgebiet wurde der Naturraum Vogelsberg gewählt. Einerseits hat hier der Rotmilan entsprechend der reich strukturierten Kulturlandschaft mit hohem Grünlandanteil einen landesweiten Verbreitungsschwerpunkt und andererseits gibt es eine große Anzahl an Windenergieanlagen (WEA). Im Anschluss an flächendeckende Horst- bzw. Revierkartierungen in den beiden Untersuchungsschwerpunkträumen Freiensteinau und Ulrichstein wurden sechs Rotmilane gefangen und besendert. Die Sender lieferten im Untersuchungszeitraum (Juni 2016 - Juli 2018) 800.905 Ortungspunkte aus dem Brutgebiet der Rotmilane. Ursprünglich war allerdings die Besenderung von bis zu 12 Rotmilanen geplant. Durch einen geringen Fangerfolg sowie durch den Verlust von insgesamt drei Sendertieren (Prädation, Verkehrsoffer und Vergiftung) während der Projektlaufzeit ist die verfügbare Datengrundlage kleiner als vorgesehen. Parallel zur Datenaufnahme der Telemetriesender wurden Daten zu Landnutzungstypen und zu Bewirtschaftungsereignissen im Umfeld der Brutplätze der besenderten Milane erhoben. Für die Auswertung wurden darüber hinaus auch Wetterdaten von mehreren Windparks sowie Daten der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am Hoherodskopf verwendet.

Im Projektgebiet wurde eine im Vergleich zu anderen Landesteilen hohe Siedlungsdichte festgestellt. Der Bruterfolg hingegen war im Untersuchungszeitraum geringer als in anderen Landesteilen und auch geringer als bei früheren Untersuchungen im Projektgebiet (siehe Kapitel 4.1.2). Grundsätzlich nahm die Flugaktivität der Milane im Tagesverlauf bis zu den Mittagsstunden zu und fiel anschließend wieder ab. Während zur Brutzeit in den Mittagsstunden regelmäßig über 60 % aller Ortungspunkte im Flug aufgenommen wurden, nahm die Flugaktivität nach dem Ausfliegen der Jungtiere deutlich ab. 81 % der aufgenommenen Ortungspunkte im Flug wiesen eine Flughöhe von weniger als 100 m über Grund

auf, 72 % eine Flughöhe von weniger als 75 m. Im Jahresverlauf gab es deutliche Veränderungen bei den Flughöhen. Die ermittelten Flughöhen nahmen von der Balzzeit zur Aufzuchtzeit ab und in der Nachbrutzeit wieder leicht zu. Insgesamt war der Einfluss der Wettervariablen auf das Flugverhalten der Milane sehr klein, sodass sich weder für Flugaktivität und Flughöhe noch für die tägliche Aktionsraumgröße deutlich ausgeprägte Verhaltensmuster aus den Wettervariablen ableiten lassen. Nordwest-, West- und Südwesthänge begünstigten die Flugaktivität mit einem schwachen positiven Effekt, was durch orografische Aufwinde an diesen Standorten erklärt werden könnte. Mit Sonnenscheindauer und labiler Luftschichtung hatten zudem zwei Wettervariablen, die wichtige Grundvoraussetzungen für Thermik darstellen, einen leicht positiven Einfluss auf die Flugaktivität. Während die Windgeschwindigkeit einen schwachen negativen Effekt auf die Flughöhe hatte, war die tägliche Aktionsraumgröße bei höheren Temperaturen und labiler Luftschichtung tendenziell größer. Der Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten der besenderten Milane ließ sich nur beispielhaft für die einzelnen Tiere ermitteln. Die meisten Landnutzungstypen wurden nicht proportional zu ihrem Flächenangebot genutzt. Für fast alle Landnutzungstypen zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede im Verlauf der Brutsaison sowie zwischen den einzelnen Milanen. Kürzlich bewirtschaftete Flächen wurden tendenziell häufiger befliegen, als aktuell nicht bewirtschaftete Flächen. Bei der Analyse des Flugverhaltens im Umfeld von Windparks zeigte sich, dass weder ganze Windparks noch einzelne WEA von den Milanen umflogen wurden. Offensichtliche Ausweichbewegungen waren nicht zu erkennen. Unter Berücksichtigung der Flughöhen und der Flugrichtung zu den WEA-Rotoren (z. B. Parallelflug) wurden im gesamten Untersuchungszeitraum keine Flüge von besenderten Tieren im unmittelbaren Gefahrenbereich der WEA (Durchflug durch drehenden Rotor) festgestellt.

Insgesamt zeigt die Analyse der Telemetriedaten, dass die technischen Möglichkeiten des verwendeten Sendertyps (z. B. Geofences) in Kombination mit den vor Ort gewonnenen Daten zu Wetter und Landnutzung ein großes Potenzial haben, neue Erkenntnisse zum Flugverhalten des Rotmilans zu erlangen. Durch die besenderten Tiere wurden große Mengen an Daten gesammelt (insgesamt 800.905 Ortungspunkte), die zusammen mit den fortlaufend erhobenen Wetterdaten und Landnutzungsdaten gesicherte statistische Auswertungen bei der Klärung der Kernfragestellung – der Erfassung von Zusammenhängen zwischen Wetter, Landnutzung und Flugverhalten der Art (Flughöhe, Aktionsradius) zuließen. Lediglich zum Flugverhalten im unmittelbaren Windparkbereich war die Datenlage für statistische Auswertungen zu gering; hier liefert die Studie daher lediglich erste Beobachtungen. Für die Zukunft wäre zudem eine Besenderung von Tieren auch in weniger reich strukturierten Landschaftsräumen als im Vogelschutzgebiet Vogelsberg wünschenswert, um generelle und übertragbare Rückschlüsse auch für solche Räume zu ermöglichen.

2 Einführung

Maik Sommerhage (NABU Landesverband Hessen), Christian Heuck (Bioplan Marburg)

Die Verbreitung des Rotmilans beschränkt sich auf Europa, wo die Art in einem schmalen Band vom Baltikum und Südschweden bis nach Portugal vorkommt (Hagemeijer & Blair 1997, Aebischer 2009, Gedeon et al. 2014). Der weltweite Bestand wird auf 19.000 bis 24.000 Paare geschätzt. Über 50 Prozent des Weltbestandes brüten in Deutschland, und auch Hessen beherbergt mit 1.000 bis 1.300 Revieren einen überdurchschnittlich hohen Anteil von rund fünf Prozent des europäischen Bestandes bzw. etwa 10 Prozent des deutschen Bestandes (HGON 2000; Gelpke und Hormann 2012; Gedeon et al. 2014). Innerhalb von Hessen ist der Rotmilan weit verbreitet, wobei einige Landesteile hohe bis sehr hohe Siedlungsdichten aufweisen (siehe Kapitel 6.1.1). Hierzu gehört auch der Vogelsberg, wo in Teilbereichen Siedlungsdichten von über 20 Brutpaaren auf 100 Quadratkilometern erfasst wurden (Gelpke und Hormann 2012). Das Vogelschutzgebiet 5421-401 "Vogelsberg" ist mit 63.644,97 ha das größte EU-Vogelschutzgebiet Hessens. Für den Rotmilan sind in diesem Natura 2000 Gebiet artspezifische Erhaltungsziele formuliert (PNL 2011).

Der Rotmilan brütet vornehmlich in Landschaften mit abwechslungsreichen Mosaiken aus Wald und Offenland, die durch eine hohe Zahl an Grenzstrukturen wie Waldrändern oder Hecken sowie durch einen hohen Grünlandanteil gekennzeichnet sind (z. B. Gelpke & Hormann 2012, Heuck et al. 2013, Gedeon et al. 2014). Die Nahrungssuche erfolgt in der Regel im Flug über Offenlandbereichen. Neben Balzflügen im Frühjahr, dem Thermikkreisen und hohen Streckenflügen können auch die Nahrungsflüge im Höhenbereich der Rotoren von Windenergieanlagen stattfinden (vgl. Mammen et al. 2010 für Anlagen älterer Generation). Nach aktuellem Wissensstand umfliegt die Art weder ganze Windparks noch einzelne Windenergieanlagen (Gelpke und Hormann 2012; Bellebaum et al. 2013). Hinweise auf tödliche Kollisionen von Rotmilanen mit Windenergieanlagen sind gemessen an der relativ kleinen Populationsgröße der Milane vergleichsweise häufig. Bei einem Gesamtbestand von ca. 12.000 Paaren liegen in Deutschland bislang 458 Funde toter Rotmilane unter Windenergieanlagen vor (Stand: 09.01.2019; zentrale Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburg). Nach absoluten Zahlen ist der Mäusebussard das häufigste Kollisionsopfer. Setzt man die Schlagopferzahlen jedoch in Relation zu den Bestandsgrößen der verschiedenen Greifvogelarten, so ist der Rotmilan nach den drei Adlerarten See-, Schrei- und Fischadler die am stärksten von Kollisionen an Windenergieanlagen betroffene Art (Grünkorn et al. 2016; Sprötge et al. 2018; Langgemach und Dürr 2019).

Um Aufschluss über das Flugverhalten der Milane zu erlangen und herauszufinden, wie das Kollisionsrisiko für die Vögel gemindert werden kann, gab das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung folgende Studie in Auftrag: "Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen in Abhängigkeit von Wetter und Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Windenergieanlagen im Vogelschutzgebiet Vogelsberg". Mit der vorgesehenen Besenderung von bis zu 12 Altvögeln in den Untersuchungsschwerpunkträumen Ulrichstein und Freiensteinau (siehe Kapitel 3.1) sollten Da-

ten zum Flugverhalten der Rotmilane im Vogelsberg gewonnen werden. Zu den Kernfragestellungen des über einen Zeitraum von drei Jahren (2016-2018) konzipierten Projektes gehören das Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Wetter, Landnutzung, Landwirtschaft und dem Flugverhalten der Rotmilane (Aktionsraum, Flughöhe) sowie die Analyse des Flugverhaltens im Windparkbereich. Die gewonnenen Erkenntnisse zum Flugverhalten sollen dazu beitragen Vermeidungsmaßnahmen gezielter und damit prognosesicherer gestalten zu können.

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiet

Maik Sommerhage, Kristin Geisler (NABU Landesverband Hessen)

Zur ersten Orientierung wurden vom Auftraggeber zu Beginn des Projekts grob abgegrenzte Gebiete in den Bereichen Ulrichstein und Freiensteinau übermittelt. Diese wurden im Rahmen der flächigen Rotmilan-Erfassungen im Jahr 2016 anhand von Geländepunkten (Waldränder, Straßen, Siedlungen etc.) weiter angepasst und stellen letztlich die beiden Untersuchungsschwerpunkträume dar, in denen die flächige Horstbaum- und Revierkartierung erfolgt ist (Karte 1.1).

Die beiden Untersuchungsschwerpunkträume Ulrichstein und Freiensteinau liegen größtenteils im mittelhessischen Landkreis Vogelsberg (Regierungsbezirk Gießen). Nur geringe räumliche Anteile liegen im Bereich der Regierungsbezirke Kassel und Darmstadt. Das Gebiet befindet sich in einer Höhenlage zwischen 340 und 620 Metern über NN und ist durch eine reich strukturierte Kulturlandschaft mit größeren Grünlandanteilen, einem geringen Waldanteil, kleinere Ortschaften und durch eine größere Anzahl von Windenergieanlagen gekennzeichnet.

Der Untersuchungsschwerpunktraum Ulrichstein im Zentrum des Vogelsbergs umfasst 131 Quadratkilometer, der Untersuchungsschwerpunktraum Freiensteinau im südlichen Vogelsberg 84 Quadratkilometer (s. Karten 2 und 3).

Der Vogelsberg liegt im Übergangsbereich zwischen atlantischem und kontinentalem Klimaeinfluss inmitten der gemäßigten Klimazone. Klimatisch zeichnet sich der Vogelsberg durch seine hohen Niederschläge aus, die Jahresniederschläge betragen zwischen 900 mm und 1100 mm. Die häufigste Windrichtung ist Südwest und die mittlere Jahrestemperatur liegt zwischen 6 und 7,5 Grad Celsius. Mit seinen hohen Niederschlägen und niedrigen Temperaturen trägt der Vogelsberg klimatisch einen typischen Mittelgebirgscharakter (PNL 2011).

Geologisch stellt der Vogelsberg in seiner Gesamtheit das größte mitteleuropäische Basaltmassiv dar. Dieses Basaltmassiv bildete sich durch vulkanische Tätigkeit im Tertiär.



Abbildung 1: Südlicher Vogelsberg bei Grebenhain mit Blick Richtung Nordwesten.



Abbildung 2: Unter-Seibertenrod. Blick auf den Windpark "Ulrichstein-Platte".

3.2 Horstbaum- und Revierkartierung

Maik Sommerhage, Kristin Geisler (NABU Landesverband Hessen)

In Vorbereitung auf die Besenderungen im ersten Projektjahr 2016 wurde zum Jahresbeginn in den beiden Untersuchungsschwerpunkträumen Ulrichstein und Freiensteinau eine Horstbaumkartierung durchgeführt, die im Zeitraum vom 15. Januar bis 24. Februar stattfand. Dabei wurden insgesamt 86 Horste festgestellt. Auch frühere Rotmilan-Horste wurden kontrolliert (Standorte aus der Grunddatenerhebung, dem Integrativen Gesamtkonzept sowie bekannte Horststandorte aus dem NABU-Projekt "Mäuse für den Milan", bei dem seit 2013 Horste kartiert werden). Die ermittelten Horste wurden von Mitte März bis Mitte April 2016 gemäß Südbeck et al. (2005) aus größerer Entfernung auf Besetzung hin untersucht. Von Beobachtungspunkten mit Rundumsicht wurden bis Mitte Mai die Flugbewegungen der Reviervögel ermittelt. Erst ab Mitte Mai - d. h. kurz vor dem Flüggenwerden der Jungtiere - folgten die ersten Kontrollen in den Horstbereichen, um Aussagen über Jungvögel in den Horsten bzw. Brutaufgaben treffen zu können. Diese Kontrollen waren auch in Bezug auf die geplanten Besenderungen wichtig, denn der optimale Zeitpunkt zum Fang von adulten Rotmilanen ist unmittelbar vor dem Flüggenwerden der Jungvögel. Während dieses kleinen Zeitfensters ist der Druck, Nahrung für die fast flüggen Jungvögel zu beschaffen, sehr groß sodass die Altvögel meist stark auf die verwendete Uhu-Attrappe reagieren und die Chancen für einen erfolgreichen Fang am höchsten sind.

In Vorbereitung auf die Besenderungen im Juni 2017 wurde ebenfalls zu Beginn des Jahres in den beiden Untersuchungsschwerpunkträumen Ulrichstein und Freiensteinau eine flächendeckende Horstbaumkartierung durchgeführt, die am 24.01., 28.01., 29.01. sowie 08.02. stattfand (Abgrenzung der kartierten Flächen s. Karten 2 und 3). Neben der Kontrolle der besetzten Horste aus dem ersten Untersuchungsjahr 2016 wurde auch nach neuen Horsten gesucht. Die ermittelten Horste wurden ab dem 13.03.2017 mindestens einmal wöchentlich gemäß Südbeck et al. (2005) auf Besetzung aus größerer Entfernung untersucht. Gleichzeitig wurden auch abseits der bekannten Horststandorte - ebenfalls ab dem 13.03. - revieranzeigende Vögel sowie Individuen, die mit Nestmaterial festgestellt werden konnten, erfasst und im Anschluss die jeweiligen möglichen neuen Horststandorte kartografisch festgehalten. Das Suchen der Horste in den neu festgestellten Revieren fand neben den weiteren Revierkartierungen am 15.03., 23.03., 27.03. und 28.03. statt. Im weiteren Verlauf wurden von Beobachtungspunkten mit Rundumsicht die Flugbewegungen der Reviervögel ermittelt, ohne die Horstbereiche aufzusuchen. Projektbedingte Störungen konnten somit weitestgehend vermieden werden. Auch in dem Jahr 2017 erfolgten ab Mitte Mai die ersten Kontrollen in den Horstbereichen, um Aussagen über Jungvögel in den Horsten bzw. Brutaufgaben treffen zu können (7 Termine: 15.05., 16.05., 17.05., 18.05., 29.05., 07.06., 08.06.). Insgesamt wurden im Frühjahr und Sommer 2017 124 Horste auf Besetzung hin untersucht.

Im Jahr 2018 erfolgten keine weiteren Untersuchungen zur Siedlungsdichte oder zum Brut-erfolg, da keine weiteren Besenderungen mehr vorgesehen waren.

3.3 Satelliten-Telemetrie

Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg), Maik Sommerhage (NABU Landesverband Hessen)

Besenderung

Geplant war die Besenderung von insgesamt 12 adulten Rotmilanen. Für die Besenderung der Vögel war die Genehmigung für die Durchführung eines Tierversuchs notwendig (Antrag Nr. G29/2016), die im Mai 2016 von der Tierschutzkommission des Regierungspräsidiums Gießen erteilt wurde.

Im Jahr 2016 konnten fünf Tiere besendert werden. Insgesamt wurden in diesem Jahr in den beiden Untersuchungsschwerpunkträumen 19 Rotmilanhorste mit erfolgreicher Brut festgestellt (Karte 2.1), doch aufgrund zahlreicher, vermutlich wetterbedingter Brutaufgaben (siehe Kap. 4.1.2) waren zum optimalen Fangzeitpunkt (unmittelbar vor dem Flüggewerden der Jungen) nur wenige besetzte und gleichzeitig zum Fang geeignete Horststandorte verblieben. Ein erster Fangversuch fand am 9. Juni 2016 statt. Die Jungvögel waren hier jedoch vermutlich noch zu klein, um die Altvögel erfolgreich fangen zu können. Entsprechend erfolgten weitere Fangversuche erst 11 Tage später (20., 22. und 28. Juni 2016). Von 13 einzelnen Fangversuchen waren vier erfolgreich, was nach Aussagen des Büros für faunistische Fachfragen eine gute Fangquote darstellt. Weitere Fangversuche wurden nicht vorgenommen, da sich die sonstigen Horste nicht zum Fang eigneten (es gab keine Möglichkeiten, das Netz für den Fang aufzustellen). Am 20. Juni 2016 wurde morgens zwischen Heisters und Steinfurt das Rotmilan-Weibchen Ronja, am 22. Juni 2016 bei Salz am frühen Nachmittag das Paar Tristan und Isolde sowie kurz vor Sonnenuntergang bei Bobenhausen II das Männchen Noah gefangen, beringt und jeweils mit einem Sender ausgestattet. Am 28. Juni 2016 folgte am frühen Nachmittag das vorjährige Männchen Neptun. Neptun konnte besendert werden, weil der Vogel am 25. Juni bei Bobenhausen II nach einem Gewitter durch sein durchnässtes Gefieder kurzzeitig flugunfähig und dann für wenige Tage in Pflege war. In Abstimmung mit dem Auftraggeber erfolgte die Markierung, da davon auszugehen war, dass der Vogel nach dem Winterhalbjahr in 2017 als Brutvogel in den Vogelsberg zurückkehren würde. Bereits in der Nacht zum 1. Juli 2016 wurde das Weibchen Ronja von einem Uhu geschlagen. Um 2.30 Uhr nahm die vom Sender gemessene Temperatur, die sich aus Außen- und Körpertemperatur zusammensetzt, ab. Einige Tage später konnten nur noch eine Uhufeder sowie die Reste des Sendervogels aufgelesen werden. Trotz intensiver Nachsuche konnte der Sender nicht gefunden werden.

Im Jahr 2017 wurde lediglich ein weiterer Rotmilan besendert. Da sämtliche Fangversuche 2017 innerhalb der beiden Untersuchungsschwerpunkträume erfolglos blieben, wurden an vier Terminen (15.06., 16.06., 18.06. und 23.06.) in den benachbarten Räumen (Herbstein, Schwalmtal und Schotten sowie bei Alsfeld) weitere Reviere gesucht und festgestellte Horste auf Jungvögel hin geprüft. Bei Dirlammen sowie im Raum Stockhausen wurden daraufhin an fünf Standorten Fangversuche unternommen. Bei Stockhausen gelangen der

Fang und die Besenderung eines Rotmilan-Männchens am 23.06.2017. Insgesamt wurden in diesem Jahr 28 Rotmilanhorste mit erfolgreicher Brut festgestellt. An einem dieser Horste brütete ein Sendertier aus dem Vorjahr (Isolde). Da der potenzielle Netzstandort nicht einsehbar gewesen wäre, wurde hier kein Fangversuch zum Fang des Brutpartners durchgeführt. Auch galt es eine Verletzung zu vermeiden (der Sender kann sich im Netz verhaken). An weiteren zehn Horsten war ein Fang aus verschiedenen Gründen nicht möglich (Horste lagen in dichtem Nadelwald; Fang vom Jagdpächter untersagt oder Rinderbeweidung verhinderte das Aufstellen des Netzes). Von den für einen Fang verbleibenden 17 Horststandorten waren die Bedingungen für einen Netzfang nur an 9 Horsten optimal. Mangels Alternativen fanden an fast allen Standorten in 2017 sogar zwei Fangversuche statt (31. Mai, 12., 13., 16., 20., 23., 26. und 27. Juni). Nach den langjährigen Erfahrungen von C. Gelpke und S. Koschkar ist im Schnitt jeder dritte Fangversuch an optimal fangbaren Horsten erfolgreich. Um das geplante Ziel von sieben weiteren Besendierungen zu erreichen, war die verfügbare Anzahl an Horststandorten also zu gering. Dass bei den Fangversuchen an 17 Horsten jedoch nur ein einziger Rotmilan gefangen und besendert werden konnte, entspricht einem unterdurchschnittlichen Fangerfolg. Einen Überblick über die Sendertiere des Projektes gibt Tabelle 3 unter dem Punkt Senderdaten.



Abbildung 3: Besendertes Rotmilan mit OrniTrack-20B (Foto: M. Sommerhage).

Sendertyp

Verwendet wurden Satellitentelemetriesender mit Solarpanel vom Typ "OrniTrack-20B" des Herstellers Ornitela aus Litauen (Abbildung 4). Das Gewicht eines Senders beträgt ca. 20 Gramm und macht so selbst bei den kleineren Männchen im Schnitt nur etwa 2 % des Körpergewichtes aus (vgl. Bauer et al. 2005). Damit wird die Empfehlung, den Anteil von 3 % des Körpergewichtes nicht zu überschreiten, eingehalten (Kenward 2001). Neben Datum, Uhrzeit und den Koordinaten (geographische Breite und Länge) werden für jeden Ortungspunkt weitere Werte übermittelt. Hierzu zählen unter anderem Angaben zum Ladezustand des Akkus, die per GPS gemessenen Werte der Geschwindigkeit und Höhe sowie die Rohdaten des im Sender implementierten barometrischen Altimeters.



Abbildung 4: Verwendeter Telemetriesender "OrniTrack-20B" von Ornitela.

Der verwendete Sendertyp ermöglicht es, vom Computer aus mittels Fernwartung über das Mobilfunknetz (GPRS) die Sendereinstellungen (Ortungsintervalle etc.) zu steuern und auf gleichem Wege die gewonnenen Daten herunterzuladen. Hierfür ist bei anderen Sendertypen in der Regel das Auslesen über Funk im Gelände erforderlich. Ein weiterer Vorteil des verwendeten Sendertyps ist die Möglichkeit zur Einrichtung von räumlich abgrenzbaren Gebieten (Geofences), in denen Ortungspunkte mit einem anderen Zeitintervall aufgenommen werden können. Der maximale Erfassungsgrad der Sender (Dauerortung etwa im 1-Sekundentakt = Burst) kann aufgrund beschränkter Akkukapazität nicht dauerhaft zum Einsatz kommen. Eine entsprechend niedrigere Grundtaktung (z. B. ein Ortungspunkt alle 15 Minuten) kann durch die Einrichtung von Geofences für bestimmte, festgelegte Flächen mit zeitlich höher aufgelösten Daten ergänzt werden (Abbildung 5). Eine Geofence-Aufnahme startet jedoch nur, wenn ein Ortungspunkt der Grundtaktung innerhalb der Geofence-

Grenzen registriert wird. Durchfliegt ein Vogel einen Geofence, ohne dass innerhalb dieser Zeit eine Ortung der Grundtaktung erfolgt, wird dieser Durchflug nicht erfasst. Geofences stellen somit keine vollständige Abbildung aller Flugereignisse eines bestimmten Gebietes dar. Eine Übersicht der verwendeten Geofences ist in Karte 1.1 dargestellt.

Ornitela-Sender wurden bisher nur für größere Vogelarten wie den Schwarzstorch oder den Schreiadler verwendet. Diese Tiere sind deutlich schwerer und dementsprechend sind die bislang verwendeten Sender keine Option für den Rotmilan. Erst kurz vor Projektbeginn entwickelte Ornitela den "OrniTrack-20B", der aufgrund des geringeren Gewichtes auch für kleinere Greifvogelarten wie den Rotmilan verwendet werden kann.

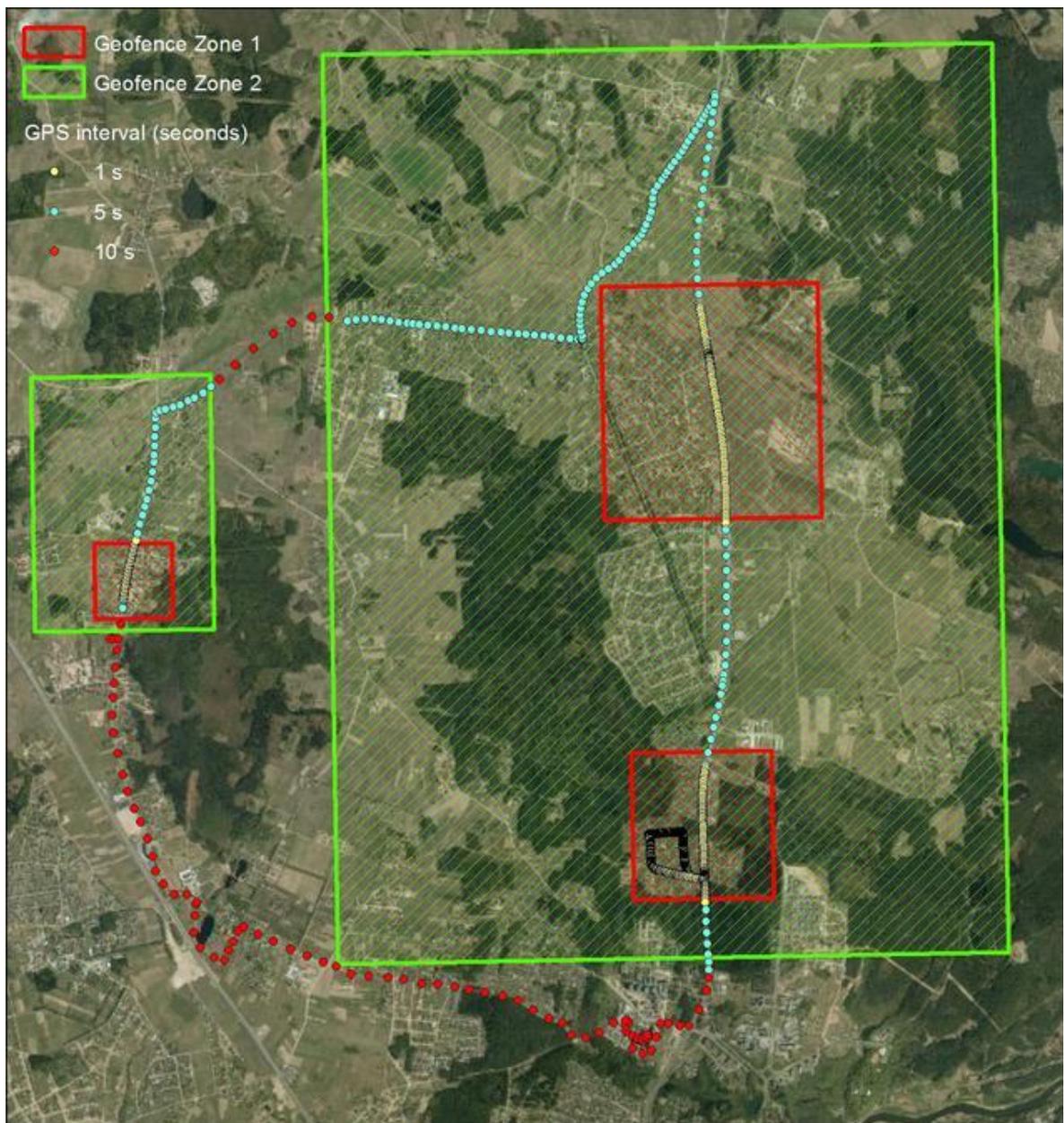


Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung der Funktionsweise von mehreren Geofence-Zonen (Quelle: Ornitela).

Sendereinstellungen

Da der verwendete Sendertyp erst kurz vor Projektbeginn entwickelt wurde, lagen zu Beginn des Projektes auch von Herstellerseite aus keine Praxiserfahrungen für den Rotmilan vor. In enger Abstimmung mit dem Hersteller der Sender begann unmittelbar nach der Besenderung der ersten Tiere eine Testphase mit dem Ziel, eine einheitliche Taktung zu finden, die nicht zu einem zu starken Abfall des Akkuladestandes führt. Um eine maximale Informationsdichte zu erlangen, wurden verschiedene Ortungsintervalle getestet, was teilweise zu Problemen mit dem Ladezustand der Senderakkus führte. Es stellte sich heraus, dass es große Unterschiede zwischen den Vogelindividuen (oder den Sendern) gibt. Beispielsweise lieferten Tristan und Noah bei gutem Wetter im Juli 2016 zuverlässig Daten bei einem Ortungsintervall von 5 bzw. 4 Minuten. Diese Taktung konnte jedoch - ähnlich den Sendertypen anderer Hersteller - bei keinem Sender dauerhaft angewendet werden. Regelmäßige Bursts (Ortungen im Sekundentakt) wurden bei Ronja getestet, führten jedoch selbst bei gutem Wetter zu einer schnellen Entladung der Akkus (Abbildung 6). Auffällig waren die Unterschiede zwischen Tristan und Isolde, die als Brutpaar den gleichen Wetterbedingungen ausgesetzt waren. Die Unterschiede könnten darin begründet liegen, dass Männchen häufig Nahrung suchen und somit länger dem Sonnenschein ausgesetzt sind, während sich Weibchen häufig in Horstnähe bei den Jungvögeln und somit im Verschattungsbereich des Horstbaumes aufhalten.

Um von jedem Sender eine größtmögliche Anzahl an Ortungspunkten zu erhalten und gleichzeitig den Betreuungsaufwand möglichst gering zu halten, wurde ab 2017 eine automatische Regulierung der Ortungsintervalle eingesetzt. Die Erhöhung bzw. Verringerung der Ortungsintervalle erfolgt seitdem automatisch in Abhängigkeit des jeweiligen Ladezustands eines Senders (Tabelle 1). Bei den gewählten Intervallen wurde berücksichtigt, dass nach Aussage des Senderherstellers der Ladezustand der Akkus möglichst nicht unter ca. 40 Prozent fallen sollte, da sich unterhalb dieser Schwelle die Akkus schneller entladen. Dementsprechend werden die Ortungsintervalle bereits bei einem Ladezustand von unter 50 % auf eine niedrige Taktung von 120 Minuten reduziert. Bei einem Ladezustand unter 25 % greift die Notfalltaktung von 480 Minuten, mit der ein Sender reaktiviert werden kann, nachdem sich ein Sendertier beispielsweise lange in einem Geofence aufgehalten hat ohne dass die Abschaltung korrekt funktionierte. Zur Schonung der Batteriekapazität wurde zusätzlich eine Abschaltung des Senders zwischen Sonnenuntergang und -aufgang eingerichtet.

Tabelle 1: Automatische Anpassung der Ortungsintervalle in Abhängigkeit des Akkuladestandes ab Februar 2017.

Ladezustand der Sender [%]	Ortungsintervall [min.]	Geofence-Aufnahme
75 – 100 %	5	Ja
50 – 75 %	20	Ja
25 – 50 %	120	Nein
0 – 25 %	480	Nein

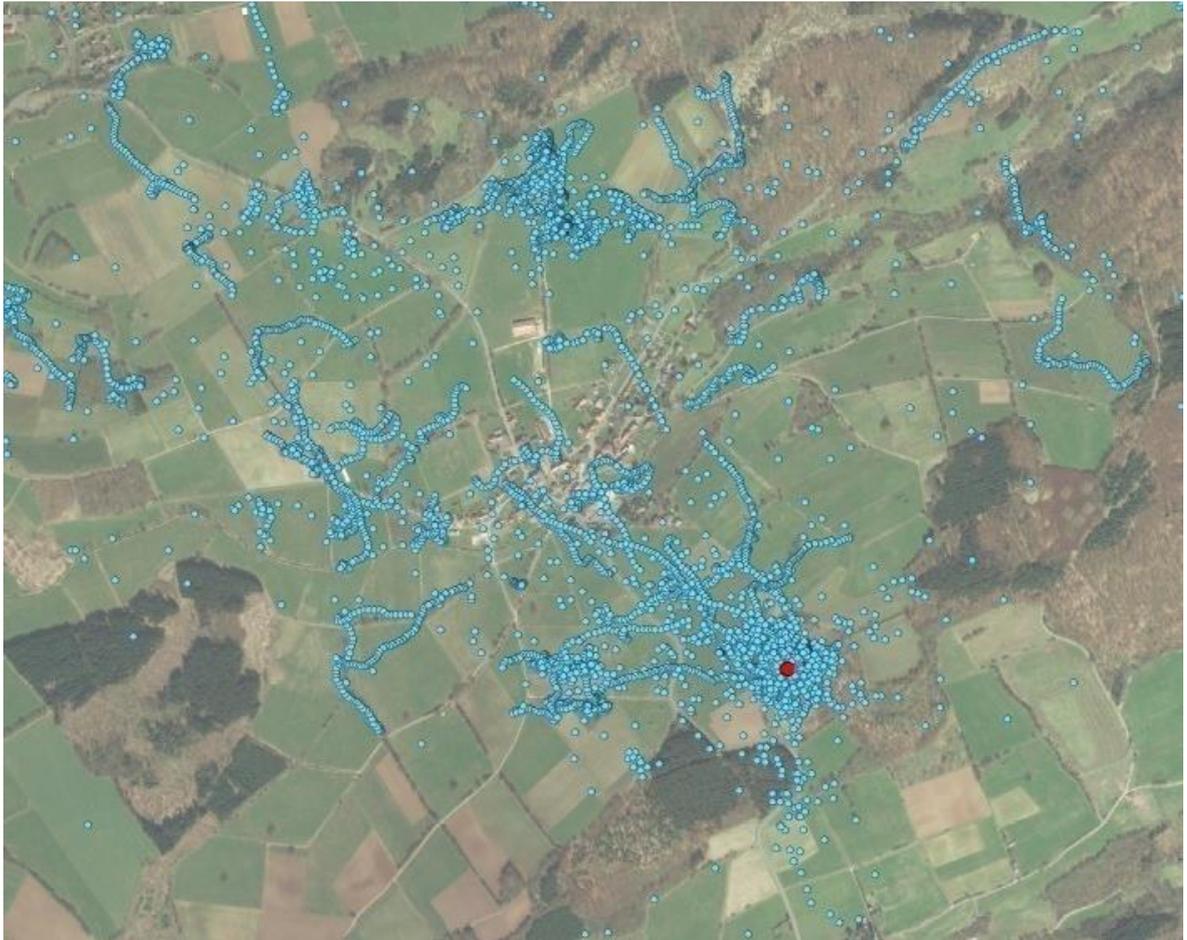


Abbildung 6: Brutplatz von Ronja zwischen Steinfurt und Heisters (roter Punkt) und ihre Ortungspunkte (hellblau). Die Datenreihen des Burst-Testes sind als einzelne Flugsequenzen zu erkennen (keine farbliche Differenzierung in verschiedene Flughöhen; 20.06. bis 30.06.2016). Datengrundlage (DOP40): mit Genehmigung der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation, © HVBG 2016.

Genauigkeit der Ortungsdaten

Um die absolute Genauigkeit der durch die Sender aufgenommenen geografischen Koordinaten einzuschätzen, wurden im Frühjahr 2017 Sendertests durchgeführt. Hierfür wurden sechs Sender direkt nebeneinander für 14 Tage auf einem Hausdach in Marburg montiert. Die Sender haben in einer 5-Minuten-Taktung insgesamt 11.615 Ortungspunkte aufgenommen. Der genaue Standort der Sender wurde als Median der geografischen Koordinaten aller aufgenommenen Ortungspunkte berechnet.

50 % der GPS-Ortungen lagen im Umkreis von 7,01 m und 95 % der Ortungen lagen im Umkreis von 26,24 m um den Senderstandort (Tabelle 2). Einzelne Ortungspunkte weichen um mehrere 100 m vom Standort ab und sind als Ausreißer bzw. Fehlmessungen einzuordnen. Diese festgestellte Genauigkeit der GPS-Messungen entspricht den Erwartungen.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 2: Testlauf von sechs Sendern über 14 Tage und 11.615 Ortungspunkte. Angegeben sind die Radien in denen 50 und 95 % der GPS-Ortungspunkte lagen sowie die maximale Abweichung eines Ortungspunktes vom Senderstandort.

Testsender	Abweichung 50 % der Ortungen [m]	Abweichung 95 % der Ortungen [m]	Abweichung maximal [m]
16059	7,32	26,79	675,19
16061	6,39	21,88	148,62
16063	6,63	22,52	623,97
16065	7,13	26,87	318,62
16067	7,20	25,05	286,66
16068	8,13	36,31	211,89
Alle Sender	7,01	26,24	675,19

Tabelle 3: Datenpunkte der besenderten Rotmilane im Brutgebiet nach Bereinigung für Fehlortungen etc. Dargestellt ist die Anzahl an Ortungspunkten zwischen Ankunft und Abzug aus dem Projektgebiet bzw. maximal aus dem Zeitraum 1. März bis 30. September für den Untersuchungszeitraum 20.06.2016 bis 31.07.2018.

Sender	Fangdatum	Letzte Ortung	Datenpunkte 2016 (gesamt / ohne Gefence bzw. Burst)	Datenpunkte 2017 (gesamt / ohne Gefence bzw. Burst)	Datenpunkte 2018 (gesamt / ohne Gefence bzw. Burst)
Tristan (16016)	22.06.16	30.01.17	8.125 / 8.125	-	-
Isolde (16066)	22.06.16	-	3.974 / 3.974	27.414 / 12.745	2.908 / 513*
Noah (16064)	22.06.16	-	21.370 / 13.416	182.139 / 10.308	81.485 / 2.769**
Ronja (16069)	20.06.16	01.07.16	13.978 / 3.111	-	-
Neptun (16062)	28.06.16	20.10.17	6.520 / 4.244	71.748 / 4.489	-
Max (16065)	23.06.17	-	-	5.866 / 5.866	375.378 / 5.961
Summe			53.967 / 32.870	287.167 / 33.408	459.771 / 9.243

*Isoldes Sender ist seit der Überwinterung in Spanien teilweise für längere Zeit ausgefallen, es wurden dementsprechend nur wenige Ortungspunkte aufgenommen.

**Die Abbildungen in Anhang 2 zeigen, dass der Akkuladestand bei Noah im Jahr 2018 nur ganz selten über 75 % lag, sodass nur vereinzelt mit einer 5-Minuten-Taktung Daten erhoben wurden. In den Jahren 2016 und 2017 lief Noah in einigen Zeitperioden fast dauerhaft auf 5 Minuten wodurch deutlich mehr Datenpunkte gewonnen wurden.

Senderdaten

Im Untersuchungszeitraum (Besenderung der Milane bis zum 31.07.2018, ohne die Wintermonate Oktober bis Februar) wurden mit den sechs besenderten Rotmilanen insgesamt 800.905 Ortungspunkte erfasst (ohne Fehlortungen etc., Tabelle 3). Ein großer Teil dieser Punkte sind im Sekundentakt aufgenommene Sequenzen (Bursts) die innerhalb der Geofences erhoben wurden. Eine Übersicht der erhobenen Ortungspunkte ist in den Karten 3.1 – 3.3 dargestellt. Die Ortungspunkte der einzelnen Sendertiere sind zudem in einzelnen Abbildungen im Anhang 1 zu finden.

Der Zusammenhang von Ortungsintervallen und Ladezustand ist in Anhang 2 erkennbar. Bei Noah und Neptun führte ein längerer Aufenthalt in einem Geofence Mitte September 2017 zu einer vollständigen Entladung der Sender, was zeigt, dass die ab 2017 verwendete automatische Anpassung nicht immer fehlerfrei funktionierte. Bei Noah fiel zudem im Frühjahr 2017 für etwa einen Monat das Altimeter aus, sodass für diesen Zeitraum keine Daten zur Höhenermittlung vorliegen.

Die Sendertaktung hat zwischen den einzelnen Sendern und über die Zeit stark geschwankt, doch für viele Analysen ist eine räumlich und zeitlich möglichst gleichmäßige Datenaufnahme nötig. In diesen Fällen kam ein Teildatensatz ("5-Minuten-Datensatz") zum Einsatz, bei dem von allen Ortungspunkten diejenigen Punkte ausgeschlossen wurden, die in kürzerer Zeit als fünf Minuten zum vorherigen Ortungspunkt aufgenommen wurden. Dies betraf insbesondere die Geofence-Daten.

3.4 Landnutzungstypen und Bewirtschaftungsereignisse

Maik Sommerhage, Kristin Geisler (NABU Landesverband Hessen), Christian Heuck, Pablo Stelbrink (Bioplan Marburg)

Landnutzungstypen

Die Landnutzungstypen wurden in jedem Untersuchungsjahr in einem Umkreis von ca. 1,5 Kilometern um die Horste der besenderten Vögel erfasst (Karten 5.1, 5.2 und 5.4). Hierbei wurden folgende Landnutzungstypen unterschieden:

- Siedlungen und Gebäude
- Grünland (intensiv, extensiv)
- Wald (Laub-, Misch-, Nadelwald sowie Flächen, die zu gleichen Teilen mit Bäumen/Hecken sowie Wiesen bestanden sind)
- Acker (intensiv, extensiv) mit den Unterscheidungen Hackfrüchte, Raps, Mais, Sommer- und Wintergetreide

Bewirtschaftungsereignisse

Neben der Erfassung der Landnutzungstypen wurden auf ca. 200 ha großen Teilflächen wöchentlich Bewirtschaftungsereignisse aufgenommen. Hierbei wurden zum einen Bewirtschaftungsereignisse am Kartiertag selbst aufgenommen, zum anderen wurde der aktuelle Zustand der Parzellen erfasst, um damit auf Bewirtschaftungsereignisse seit der letzten Begehung schließen zu können. Bei der Feldarbeit wurden nachfolgende Kategorien unterschieden:

Bewirtschaftungsereignisse am Kartiertag:

Mahd, Wenden, Grasentnahme, Ernte, Pflügen, Einsaat, Düngen, Spritzen, Beweidung, Grubbern, keine Bewirtschaftung.

Bewirtschaftungsereignisse seit der letzten Begehung:

- bei Grünland: gemäht (Gras liegt flächig), gewendet (Gras liegt in Schwaden), Gras wurde entnommen, gedüngt, beweidet.
- bei Ackerflächen: abgeerntet, gepflügt, gegrubbert, eingesät.
- keine Bewirtschaftung (keine Veränderung zur letzten Begehung).

Da Rotmilane in aller Regel lediglich Flächen zur Nahrungsaufnahme nutzen, bei denen die Vegetationshöhe unterhalb von 40 Zentimetern (cm) liegt (Gelpke und Hormann 2012), wurde ab dem Untersuchungsjahr 2017 auch die Wuchshöhe in folgenden Kategorien aufgenommen: 0 – 20 cm, 20 – 40 cm, > 40 cm, uneinheitlich (in erster Linie bei beweideten Flächen).

Im ersten Untersuchungsjahr 2016 orientierte sich die Untersuchung der Bewirtschaftungsereignisse an den bevorzugten Aufenthaltsorten der jeweiligen Milane. Kartiert wurden daher diejenigen Flächen, welche die Vögel den Senderdaten zufolge in der Vorwoche häufig aufgesucht hatten (beispielhafte Darstellung in Karte 5.3). Die jeweiligen Kartiertermine sind in Tabelle 4 dargestellt. Die Frequentierung von Flächen mit Bewirtschaftungsereignissen ließ sich jedoch mit dieser Vorgehensweise selbst bei Ortungsintervallen von nur 5 Minuten (Noah) aufgrund der geringen Größe der kartierten Flächen nur unzureichend abbilden (zu wenige Punkte auf kartierten Flächen).

Um die verfügbare Datengrundlage zu verbessern, erfolgte die Erfassung von Bewirtschaftungsereignissen in 2017 soweit möglich (siehe unten für Max und Isolde) in gesonderten Landnutzungs-Geofences. Bei Noah wurden dazu zwei Geofences (eines in einem in 2016 regelmäßig genutzten Nahrungsgebiet im Osten des Reviers [2017-1-LN], eines im Bereich des Windparks "Ulrichsteiner Platte" [2017-5]) eingerichtet, so dass bei Frequentierungen des Vogels im Sekundentakt Senderdaten erhoben wurden (Karte 5.4). Bei Neptun orientierte sich die Lage des eingerichteten Geofences an dem im zeitigen Frühjahr 2017 regelmäßig aufgesuchten Nahrungsgebiet im Nordwesten des Reviers, das sich außerhalb des Projektgebietes befand (entsprechend nicht in Karte 1.1 dargestellt). Für Isolde wurde ein 200 ha großer Bereich im Süden des Reviers abgegrenzt. Nach den Erfahrungen mit dem meist sehr geringen Ladezustand des Senders von Isolde aus dem ersten Untersuchungs-jahr wurde hier der Geofence nicht freigeschaltet, um den Senderakku nicht zu sehr zu belasten. Die Abgrenzung einer Geofence-Fläche für den im Juni 2017 besenderten Vogel Max gestaltete sich schwierig, da sich dieser Milan in der ersten Zeit nach der Besenderung häufig in Horstnähe und im Waldrandbereich aufhielt. Hinweise auf ein regelmäßig genutztes Nahrungsgebiet im Offenland, das sich für eine Geofence-Einrichtung anbietet, ergaben sich zu diesem Zeitpunkt nicht. Um trotzdem möglichst viele Ortungspunkte über den kartierten Flächen zu erhalten, erfolgte die Kartierung hier im Offenland des Horstumfeldes und ohne Einrichtung eines Geofences (vgl. Karte 5.4).

Bei Isolde, die 2017 denselben Horst bei Salz besetzte wie im Vorjahr, fanden die wöchentlichen Erfassungen im Zeitraum vom 12.04. bis 04.08.17 statt und bei Noah mit demselben Brutplatz bei Bobenhausen II wie im Jahr 2016 im Zeitraum vom 11.04. bis 03.08.17. Neptun entschied sich erst Ende April für einen Brutplatz bei Grünberg im Landkreis Gießen, so dass die Erfassungen von Bewirtschaftungsereignissen vom 05.05. bis 27.06.17 durchgeführt wurden. Bereits Mitte Mai brachen Neptun und seine Partnerin die Brut ab. Anfang Juli unternahm Neptun größere Ausflüge u. a. nach Bayern, so dass sich eine weitere wöchentliche Untersuchung nicht mehr anbot. Bei Max als neu besenderten Vogel fanden im Zeitraum vom 05.07. bis 03.08. Erfassungen statt (Tabelle 4).

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten Kartierungstermine von Landwirtschaftsereignissen.

Sendervogel	Termine 2016	Termine 2017	Termine 2018
Tristan	06.07., 13.07., 20.07., 27.07., 03.08.	/ (im Februar in Spanien verstorben)	/
Isolde	06.07., 13.07., 20.07., 27.07., 03.08.	12.04., 21.04., 25.04., 02.05., 10.05., 18.05., 24.05., 03.06., 09.06., 16.06., 23.06., 29.06., 06.07., 13.07., 22.07., 29.07., 04.08.	/ (wegen Senderausfall keine Kartierung)
Noah	06.07., 13.07., 20.07., 27.07., 03.08.	11.04., 20.04., 25.04., 03.05., 09.05., 19.05., 24.05., 09.06., 14.06., 22.06., 27.06., 05.07., 11.07., 20.07., 28.07., 03.08.	20.03., 03.04., 09.04., 16.04., 24.04., 03.05., 07.05., 17.05., 22.05., 29.05., 04.06., 14.06., 21.06., 25.06., 03.07., 10.07., 17.07., 23.07., 31.07., 02.08.
Ronja	06.07. (als besonderer Vo- gel bereits nach 10 Tagen von Uhu prädiert, daher keine weitere Erfassung)	/	/
Neptun	06.07. (im Umfeld des Schlafplatzes; anschließend Abzug des Vogels aus dem Projektgebiet)	05.05., 10.05., 17.05., 24.05., 29.05., 07.06., 14.06., 22.06., 27.06.	/ (Verkehrsofper, Spanien, Herbst 2017)
Max	/	05.07., 12.07., 19.07., 26.07., 03.08.	21.03., 04.04., 08.04., 13.04., 23.04., 28.04., 02.05., 08.05., 16.05., 24.05., 29.05., 05.06., 13.06., 19.06., 26.06., 04.07., 13.07., 24.07., 30.07., 01.08.

Forstwirtschaftliche Aktivitäten im direkten Horstumfeld

Im Umfeld der Horste der Sendervögel (200 Meter-Radius) wurde monatlich überprüft, ob forstwirtschaftliche Aktivitäten stattfanden, die eine potenzielle Störung der Tiere darstellen könnten (Tabelle 5). Forstliche Nutzungen bzw. Störungen wurden jedoch nicht festgestellt.

Tabelle 5: Übersicht der Begehungen zur Erfassung von Störungen im Horstbereich durch forstwirtschaftliche Aktivitäten.

Sendervogel	Termine 2016	Termine 2017	Termine 2018
Tristan	06.07.	(im Februar in Spanien verstorben)	/
Isolde	06.07.	21.04., 08.05., 16.06., 22.07.	/ (wegen Senderausfall keine Kartierung)
Noah	06.07.	20.04., 19.05., 22.06, 20.07.	20.03., 03.04., 03.05., 04.06., 03.07., 10.07., 02.08.
Ronja	(als besonderer Vogel bereits nach 10 Tagen von Uhu prädiert, daher keine Erfassung)	/	/
Neptun	(kein Brutvorkommen)	10.05., 14.06.	/ (Verkehrsoffer, Spanien, Herbst 2017)
Max		05.07., 26.07.	21.03., 04.04., 02.05., 05.06., 04.07., 01.08.

3.5 Weitere Geodaten

Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg)

Die Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) stellte diverse Geodaten bereit. Für das Projektgebiet liegen ein digitales Geländemodell (DGM20) und ein digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM) vor. Das digitale Landschaftsmodell (DLM) ist nicht ausreichend aktuell sodass bei den Auswertungen ausschließlich die im Projekt erhobenen Landnutzungstypen verwendet wurden. Detaillierte Feldfruchtdata des Invekos-GIS (EU-System zur Identifizierung landwirtschaftlich genutzter Parzellen) liegen nur unvollständig, d. h. nur für einzelne Schläge vor und können so ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Da für die Entstehung von Aufwinden die Geländeform von Bedeutung ist, wurden auf Basis des vorliegenden DGM20 für alle Rasterzellen die Hangneigung (Grad) sowie die Exposition (Himmelsrichtung der Hangneigung) berechnet. Zur Verwendung in den statistischen Modellen wurde eine Einteilung in neun Kategorien vorgenommen: Kein Hang (weniger als 5 Grad Neigung) sowie Hang (mind. 5 Grad Neigung) in eine der Himmelsrichtungen N, NO, O, SO, S, SW, W oder NW.

Die vom Auftraggeber übermittelten Daten zu bestehenden Windenergieanlagen (WEA) in den beiden Untersuchungsschwerpunkträumen Freiensteinau und Ulrichstein wurden auf Vollständigkeit geprüft und um die während der Projektlaufzeit neu errichteten WEA ergänzt (Karte 1.1). Außerhalb der in Abstimmung mit dem HMWEVW abgegrenzten Flächen wurden WEA Standorte nur in regelmäßig von den Sendertieren beflogenen Bereichen dargestellt.

Die in den Projektbeiratssitzungen diskutierten HALM-Flächen (Hessische Programm für Agrarumwelt- und Landschaftspflegemaßnahmen, kurz HALM) des NABU befinden sich größtenteils im unmittelbaren Umfeld des Obermooser Teiches. Eine Berücksichtigung macht nur im Rahmen der "normalen" Erfassung der Landnutzungstypen oder Bewirtschaftungsereignisse Sinn und nur, wenn ein besonderer Milan in der Nähe brütet. Die vom NABU für den Rotmilan angelegten Futterstellen liegen abseits der Aktionsräume der besenderten Vögel und sind daher lediglich nachrichtlich dargestellt (vgl. Karte 1.1). Da der überwiegende Teil der besetzten Milanhorste in den Untersuchungsschwerpunkträumen mit Horstschutzmanschetten ausgestattet war, konnte eine vergleichende Auswertung der Bruterfolgsdaten nicht durchgeführt werden. Daten zu Kollisionsschutzpflanzungen liegen nur für eine einzelne Windenergieanlage vor. Zudem wird der entsprechende Windpark von den besenderten Tieren nicht regelmäßig beflogen. Aus diesem Grund wird auf diese Windenergieanlage mit der zugehörigen Kollisionsschutzpflanzung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht näher eingegangen. Die qualitative Einschätzung zur Mäusepopulation der Untersuchungsjahre wird nicht berücksichtigt, da aufgrund fehlender methodischer Grundlage keine belastbare Auswertung dieser Daten möglich ist.

3.6 Wetterdaten

Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg)

Die verwendeten Wetterdaten stammen aus vier verschiedenen Datenquellen (Tabelle 6), deren Lage im Projektgebiet in Karte 1.2 dargestellt ist. Insgesamt 18 Windenergieanlagen aus drei Windparks liefern Mittelwerte aus 10-Minuten-Intervallen, aus denen windpark-spezifische Mittelwerte zu Windgeschwindigkeit und Außentemperatur auf Gondelhöhe berechnet werden. Daten zu Rotordrehzahl und Gondelposition wurden WEA-spezifisch betrachtet. Die sieben Anlagen des Windparks Freiensteinau sind zudem mit einem Sichtweitenmessgerät ausgestattet. Von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) auf dem Hoherodskopf stehen Daten zu Niederschlagshöhe, Sonnenscheindauer und zum Luftdruck (NN und Stationshöhe) als Mittelwerte aus 10-Minuten-Intervallen zur Verfügung. Weiterhin berechnet der DWD aus verschiedenen Wetterparametern dieser Wetterstation stündliche Werte für die Luftschichtung (Ausbreitungsklassen nach Klug/Mannier), die ein maßgeblicher Parameter für die vertikale Ausbreitung von Luftmassen ist (z. B. Thermik). Je labiler die Luftschichtung ist, desto besser sind die Voraussetzungen für Thermik (vgl. Tabelle 7). Als weiterer Faktor, der potenziell die Thermik und damit die Flughöhe der Rotmilane beeinflussen könnte, wurden im Rahmen der Projektbeiratssitzungen die Albedowerte¹ der verschiedenen Landnutzungstypen diskutiert. Da sich die entsprechenden Albedowerte von Grünland, Acker, Laub- und Nadelwald jedoch kaum unterscheiden und teils überlappen, ist eine Berücksichtigung nicht möglich (Oke 1987; Helbig et al. 1999).

¹ Die Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von reflektierenden Flächen.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 6: Übersicht der Datenquellen für verschiedene Wetterparameter

Datenquelle	WP Ulrichstein-Platte	WP Helpershain-Meiches	WP Freiensteinau	Wetterstation Hoherodskopf
Anzahl Messdaten (WEA)	7	4	12	
Windgeschwindigkeit [m/sec]	x	x	x*	
Rotordrehzahl [1/min]	x	x	x*	
Gondelposition [°]	x	x	x*	
Außentemperatur [°C]	x	x	x*	
Sichtweite [km]			x*	
Niederschlagshöhe [mm]				x**
Sonnenscheindauer [min/h]				x**
Luftschichtung (Ausbreitungsklassen)				x**

*Datenlücke 18.09.17 - 21.09.17; **Datenlücke 23.07.17 - 31.07.17 (kompletter Ausfall der Messinstrumente); andere Wetterstationen des DWD liegen weit außerhalb des Vogelsberg sodass diese Datenlücke nicht mit anderen Messdaten geschlossen werden konnte.

Tabelle 7: Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier als Maß für die Luftschichtung.

KM	Bedeutung
1	Ausbreitungsklasse I (sehr stabil)
2	Ausbreitungsklasse II (stabil)
3	Ausbreitungsklasse III1 (neutral (-stabil))
4	Ausbreitungsklasse III2 (neutral (-labil))
5	Ausbreitungsklasse IV (labil)
6	Ausbreitungsklasse V (sehr labil)
7	Ausbreitungsklasse nicht bestimmbar
9	Fehlkennung

Ermittlung von Fehlerwerten

Während die Daten des DWD einer intensiven Qualitätssicherung unterliegen, mussten die Rohdaten der Windparks auf Messfehler und Geräteausfall hin überprüft werden. Datensätze einzelner WEA, die für alle gemessenen Wetterparameter den Wert "0" angeben, weisen auf Fehler bei der Datenspeicherung oder auf den kompletten Ausfall der Messgeräte hin. Entsprechend wurden diese Datensätze aus der Datenbank entfernt, weil die Wahrscheinlichkeit für vier reale "0"-Werte innerhalb des Untersuchungszeitraumes äußerst gering ist. Bei der Sichtung der Windparkdaten waren darüber hinaus auch offensichtliche Fehlerwerte oder Geräteausfälle für nur einzelne Parameter bzw. Messgeräte zu erkennen

(z. B. kein Wind an nur einer WEA, während Temperaturwerte mit den weiteren WEA übereinstimmen). Statistische Verfahren zur Identifizierung von Ausreißern wurden getestet (Vergleich von Einzelwerten mit der Streuung aller Werte eines Zeitpunktes), erzielten jedoch nicht die erforderliche Genauigkeit. Eine nach Windparks getrennte Auswertung der Daten zeigt jedoch, dass sich beobachtete Fehlerwerte nur in sehr geringem Maße auf den Mittelwert eines Windparks auswirken, sodass für die erforderliche Genauigkeit keine weitere Datenbereinigung erforderlich ist. In den Daten von Juni - September 2016 war die Streuung (Standardabweichung) zwischen den Messwerten der Außentemperatur der sieben Anlagen des Windparks "Ulrichstein-Platte" nur bei 2,7 % der Messungen größer als 1 °C. Bei den Werten der Windgeschwindigkeit, die kleinräumig z. B. durch Bewuchs und Topographie variieren können, weichen die einzelnen WEA in 7,3 % der Messungen um mehr als 1 m/sec ab (vgl. Abbildung 7). In den Windparks "Luftstrom/Freiensteinau" und "Helpershain-Meiches" fallen diese Abweichungen deutlich geringer aus. Da die Varianz der Messwerte innerhalb eines Windparks wie auch zwischen den drei Windparks sehr gering ausfällt, wurde entgegen der ursprünglichen Planung kein weiterer Ausschluss von auffälligen Messwerten durchgeführt.

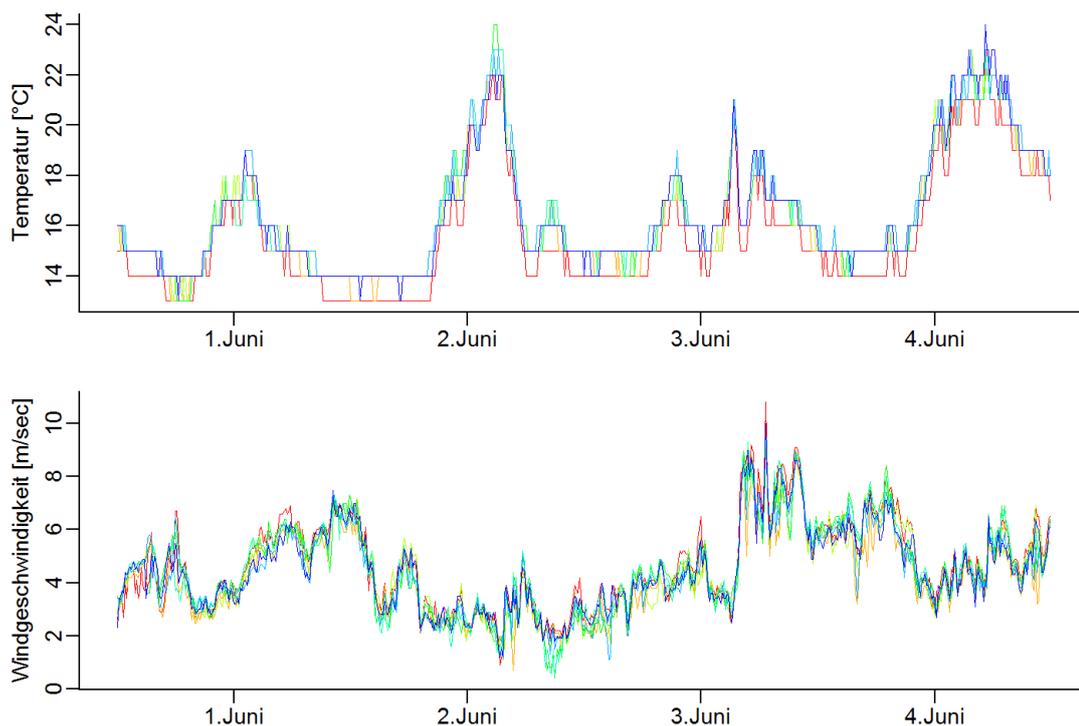


Abbildung 7: Messwerte für Temperatur und Windgeschwindigkeit der sieben Anlagen im Windpark "Ulrichstein-Platte". Die Messwerte der einzelnen Anlagen sind in verschiedenen Farben dargestellt (beispielhafter Darstellung von vier Tagen im Juni 2016).

Verwendung der Wetterdaten

Damit durch die häufig große Distanz zwischen Rotmilan-Ortungspunkten und den Wetterstationen keine falschen Daten verwendet werden, erfolgt eine Aggregation der Werte über 60 Minuten für die Daten zu Niederschlagshöhe, Sonnenscheindauer, Außentemperatur und Windgeschwindigkeit. Die Daten zur Luftschichtung liegen bereits als stündliche Werte vor. Jedem Ortungspunkt werden anschließend bis zu einer maximalen Entfernung von 30 km die Mittelwerte der nächstgelegenen Datenquelle für Windgeschwindigkeit, Außentemperatur, Niederschlagshöhe, Sonnenscheindauer und Luftschichtung zugeordnet (vgl. Karte 1.3). Diese räumliche Begrenzung stellt sicher, dass weitere Flüge, wie beispielsweise die Ausflüge von Neptun nach Nürnberg, in der Analyse der Wetterdaten nicht berücksichtigt werden. Die Daten zu Rotordrehzahl und Gondelposition werden nur für Analysen innerhalb der Windparks verwendet. Da Nebel ein sehr lokales Ereignis ist, können diese Daten nur im unmittelbaren Umfeld des Windparks "Freiensteinau" verwendet werden. Hier liegen nur wenige Ortungspunkte vor, sodass der Parameter Sichtweite nicht verwendet werden kann. Im Rahmen der wöchentlichen Landbewirtschaftungserhebungen wurde der Aspekt Sichtweiteeinschränkungen mit erfasst. Sichteinschränkungen z. B. durch Nebel oder starke Niederschläge wurden jedoch nicht festgestellt.

Zeitangaben

Die verschiedenen Daten wurden in unterschiedlichen Zeitformaten bereitgestellt (Weltzeit UTC, Mitteleuropäische Winter- und Sommerzeit) und zur Verschneidung der Daten entsprechend umgerechnet. Da sich der Großteil des Untersuchungszeitraumes im Bereich der Sommerzeit befindet, wurde die Mitteleuropäische Sommerzeit MESZ als Referenzzeit gewählt. Alle Uhrzeitangaben in Text und Abbildungen sind damit in der MESZ angegeben.

3.7 Klassifizierung Flugaktivität

Für die Auswertung des Flugverhaltens (Flugaktivität, Flughöhe, Aktionsraum) in Abhängigkeit des Wetters muss eine möglichst genaue Unterscheidung zwischen Ortungspunkten, die im Flug aufgenommen werden und solchen die nicht im Flug aufgenommen wurden erfolgen. Nach Sichtung der Milandaten für Geschwindigkeit und Flughöhe sowie einem Abgleich mit publizierten Werten wurden alle Ortungspunkte mit einer gemessenen GPS-Geschwindigkeit von mehr als 10 km/h als Ortungspunkt im Flug klassifiziert (vgl. Nathan et al. 2012, Duerr et al. 2012, Phipps et al. 2013).

3.8 Korrektur und Kalibrierung der Höhendaten

Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg)

Genauigkeit der GPS-Höhe und der Barometer-Rohdaten

Die Genauigkeit der Höhenermittlung per GPS hängt in der Regel von der Anzahl an Satelliten ab, zu denen das Gerät Empfang hat. Abhängig vom Relief des Geländes und dem Aufenthaltsort des besenderten Tieres muss mit regelmäßigen Schwankungen in der Genauigkeit gerechnet werden (z. B. in Tallagen oder im Bereich von Waldrändern; vgl. Katzner et al. 2012, Miosga et al. 2015, Reid et al. 2015). Zur Einschätzung der Genauigkeit der von den Sendern gelieferten Höhendaten wurden im Frühjahr 2017 Tests mit sechs Sendern durchgeführt (siehe Abschnitt 3.3). Als definierte Referenzhöhe für die Höhenposition der Sender im Testlauf wurde der Median aller GPS-Höhenmessungen über alle Sender verwendet.

Die GPS-Höhe der verschiedenen Sender wich im Mittel nur wenige Meter von der Referenzhöhe ab. 50 % der aufgenommenen Ortungspunkte hatten eine vertikale Abweichung von maximal 7 m und 95 % der Ortungspunkte hatte eine Abweichung von maximal 33 m (schwarz dargestellt in Abbildung 8; Tabelle 8). Wie bei der horizontalen Ortsbestimmung, wiesen die GPS-Daten einige Ausreißer auf, die in diesem Fall bis zu 883 m von der Referenzhöhe abwichen. In Abhängigkeit vom Satellitenempfang bzw. vom Standort eines besenderten Tieres, ist davon auszugehen, dass die Werte bei z. B. im Wald sitzenden Sendertieren noch stärker schwanken als die Werte aus den stationären Tests. Um für die Rotmilantelemetrie im Vogelschutzgebiet Vogelsberg die Genauigkeit der Höhenermittlung zu verbessern, wurden Sender gewählt, die neben der Höhenermittlung per GPS auch eine Höhenermittlung mittels Altimeter ermöglichen. Die Rohdaten der Senderbarometer schwanken jedoch erwartungsgemäß sehr stark (rot dargestellt in Abbildung 8). Eine hohe Genauigkeit wird nur erreicht, wenn die barometrischen Höhendaten um verschiedene Parameter korrigiert werden. Als Korrekturschritte erfolgten zunächst eine Korrektur für Schwankungen des Luftdrucks und anschließend eine senderspezifische Kalibrierung².

² Im ersten Zwischenbericht wurde bei der Aufbereitung der Höhendaten fälschlicherweise die Geoidundulation berücksichtigt. Durch ein aktualisiertes Manual des Senderherstellers stellte sich heraus, dass diese Korrektur bei den verwendeten Sendern bereits implementiert ist, sodass dieser Schritt nun entfällt.

Korrektur für Luftdruck-Schwankungen

Die verwendeten Telemetriesender von Ornitela nutzen die barometrische Höhenformel, um auf Basis des Normaldrucks auf Meereshöhe $p_0 = 1013,25$ hPa und des vom Sender-Altimeter gemessenen Luftdrucks einen Höhenwert in Metern zu ermitteln. Da der Luftdruck jedoch je nach Wetterlage schwankt, kommt es zu Ungenauigkeiten bei der Höhermittlung. Diese Ungenauigkeiten können jedoch anhand von lokalen Luftdruckdaten, die auf einer konstanten Höhe gemessen werden, korrigiert werden (d.h. in diesem Fall: Daten der Wetterstation Hoherodskopf).

Die barometrische Höhenformel beschreibt die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe bis zu einer maximalen Höhe von 11 km auf Basis der Internationalen Standardatmosphäre (Temperatur $15\text{ °C} = 288,15$ K, Luftdruck $p_0 = 1013,25$ hPa, Temperaturgradient $0,65$ K pro 100 m).

$$p_h = p_0 \left(1 - \frac{0,0065 \frac{\text{K}}{\text{m}} \cdot h}{288,15\text{K}} \right)^{5,255877}$$

Formel 1

$$= p_0 \cdot \left(1 - \frac{h}{44330,77\text{m}} \right)^{5,255877}$$

Wird diese Formel nach der Höhe h aufgelöst, kann ein gemessener Luftdruck p_h in die damit korrespondierende Höhe in Metern (m) umgerechnet werden.

$$h = \frac{288,15\text{K}}{0,0065 \frac{\text{K}}{\text{m}}} \cdot \left(1 - \left(\frac{p_h}{p_0} \right)^{\frac{1}{5,255877}} \right)$$

Formel 2

$$= 44330,77\text{m} \cdot \left(1 - \left(\frac{p_h}{p_0} \right)^{0,1902632} \right)$$

Um bei der Höhenberechnung die Schwankungen des Luftdrucks zu korrigieren, wurde in einem ersten Schritt die Formel 1 genutzt, um den vom Sender-Altimeter gemessenen Luftdruck p_h zu berechnen. Im zweiten Schritt wird die Formel 2 zur Berechnung der korrigierten Höhe verwendet. Dafür werden in die Formel für p_h die von den Datenloggern gemessenen Luftdruckwerte eingesetzt und p_0 durch die zum jeweiligen Zeitpunkt an der Wetterstation Hoherodskopf gemessenen und auf NN normierten Luftdruckwerte ersetzt. Beispielhaft ist das Ergebnis dieser Korrektur in Abbildung 9 dargestellt (rot zu blau).

Senderspezifische Kalibrierung

Um die Luftdruck-Korrektur auch für die Daten des Sendertestes durchführen zu können, wurde der Luftdruck mit einem digitalen Barometer (LOG 32 THP des Herstellers Dostmann electronic GmbH) im gleichen Zeitraum vor Ort und ebenfalls mit einer 5-Minuten-Taktung gemessen. Die für Luftdruckschwankungen korrigierten Werte aller sechs getesteten Sender wiesen nur eine geringe Streuung auf, hatten jedoch im Mittel deutliche Abweichungen von der Referenzhöhe und somit einen systematischen Fehler (blau in Abbildung 8, Tabelle 8). Diese Abweichungen sind auf unterschiedliche Kalibrierung der Altimeter in den Sendern zurückzuführen. Dementsprechend müssen die Sender im Zuge der Datenaufbereitung anhand der ermittelten Abweichungen kalibriert werden (Ergebnis grün dargestellt in Abbildung 8).

Dieser senderspezifische, systematische Fehler konnte jedoch für die fünf bereits in 2016 auf Rotmilanen angebrachten Sender nicht mehr über den stationären Test ermittelt werden. Da die per GPS bestimmten Höhendaten im Mittel eine hohe Genauigkeit und kaum Unterschiede zwischen den Sendern aufwiesen (siehe Abbildung 8), kann angenommen werden, dass die mittlere Abweichung zwischen GPS-Höhe und korrigierter Barometer-Höhe die senderspezifische Abweichung der bereits auf den Vögeln installierten Sender gut schätzt. Getrennt nach den auf den Milanen angebrachten Sendern wurde deshalb für jeden Ortungspunkt die Abweichung zwischen den beiden Höhenmessungen bestimmt. Von allen Werten der Barometer-Höhe wurde dann der senderspezifische Median dieser Abweichung abgezogen und somit für die senderspezifischen Abweichungen kalibriert. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 9 dargestellt. Die tatsächliche Vergleichbarkeit der ermittelten Abweichungen über die stationären Tests und das beschriebene Vorgehen anhand der Telemetriedaten zeigt der Sender 16065 vom Milan Max. Da Max erst im Sommer 2017 besendert wurde, liegen für diesen Sender sowohl Testdaten als auch Freilanddaten vor. Die über den stationären Test ermittelte Abweichung beträgt für diesen Sender - 22,92 m (Tabelle 8) und über die Freilanddaten -22,03 m (Tabelle 9). Diese hohe Übereinstimmung zeigt, dass eine senderspezifische Kalibrierung mit ausreichender Genauigkeit somit für alle verwendeten Sender möglich ist.

Genauigkeit der korrigierten und kalibrierten Barometer-Höhe

Die Werte der barometrisch bestimmten Höhe nach Luftdruckkorrektur und Kalibrierung weisen eine deutlich geringere Streuung als die Werte der GPS-Höhe auf und Ausreißer fehlen vollständig (schwarz bzw. grün in Abbildung 8; Tabelle 8). Die Abweichung der Testsender-Daten von der Referenzhöhe lag bei 50 % der Ortungspunkte bei maximal 1,30 m und 95 % der Daten hatten eine Abweichung von maximal 3,88 m (Tabelle 8). Durch die Kombination der beiden Korrektur- und Kalibrierungsverfahren wird eine hohe Genauigkeit der Höhendaten erreicht, die über die Flughöhenmessung per GPS alleine nicht erreicht wird. Für alle weiteren Auswertungen werden daher nicht die GPS-Höhendaten, sondern die korrigierten Daten der Barometer-Höhenmessung verwendet.

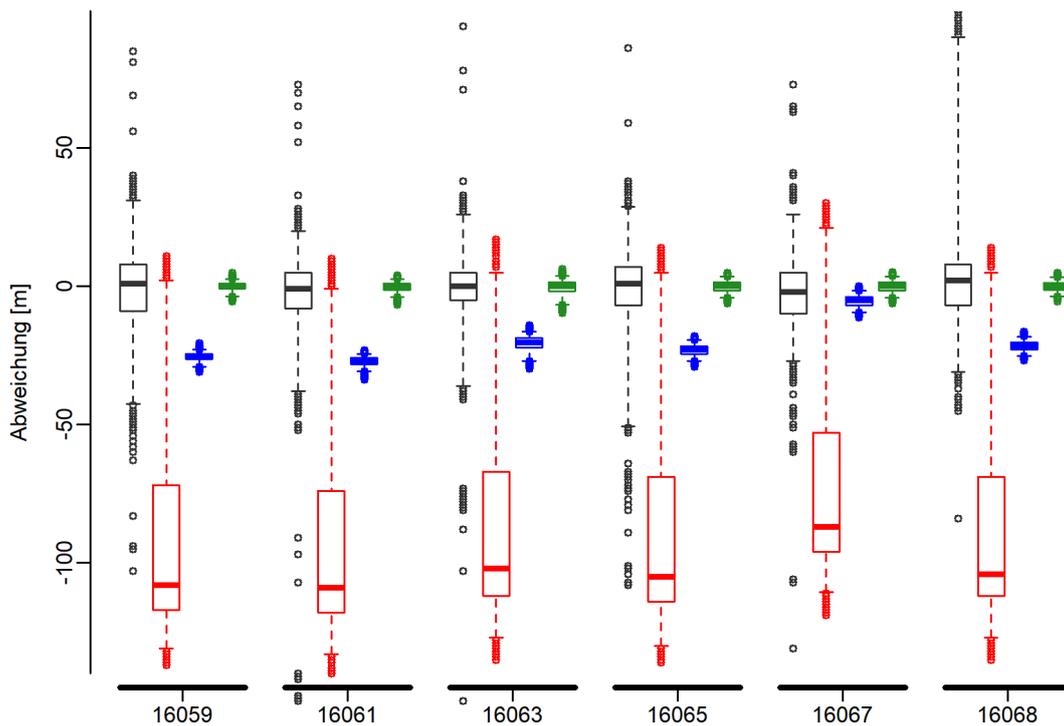


Abbildung 8: Abweichung der Höhenmessung von der Referenzhöhe von sechs Sendern im Test. Dargestellt sind für jeden Sender die per GPS gemessene Höhe (schwarz), die barometrisch ohne Korrektur gemessene Höhe (rot), die barometrische Höhe nach Korrektur für Luftdruck-Schwankungen (blau) und die barometrische Höhe nach Korrektur für Luftdruck-Schwankungen und senderspezifische Kalibrierung (grün). Einige Ausreißer der GPS-Daten sind nicht mit dargestellt. Die Linie markiert den Median; die Box entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen, die gestrichelte Linie kennzeichnet den Bereich, in dem die mittleren 95 % der Daten liegen.

Tabelle 8: Testlauf von sechs Sendern über 14 Tage und 11.615 Ortungspunkte. Angegeben sind die Abweichungen der gemessenen GPS- und Barometer-Höhen von der ermittelten Referenzhöhe der Sender. Daten zu 50 und 95 % beziehen sich jeweils auf die absolute Abweichung, unabhängig von der Richtung der Abweichung.

Test-sender	GPS-Höhe			Barometer-Höhe			
	Median	50 % der Ortungen	95 % der Ortungen	Vor Kalibr.	Nach Kalibrierung		
				Median	Median	50 % der Ortungen	95 % der Ortungen
16059	1	8	37	-25,39	0	0,99	3,09
16061	-1	6	23	-26,93	0	1,13	3,30
16063	0	5	31	-20,24	0	1,59	5,41
16065	1	7	34	-22,92	0	1,42	3,84
16067	-2	8	27	-5,17	0	1,50	3,93
16068	2	8	63	-21,39	0	1,26	3,53
Alle Sender	0	7	33	-22,64	0	1,30	3,88

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

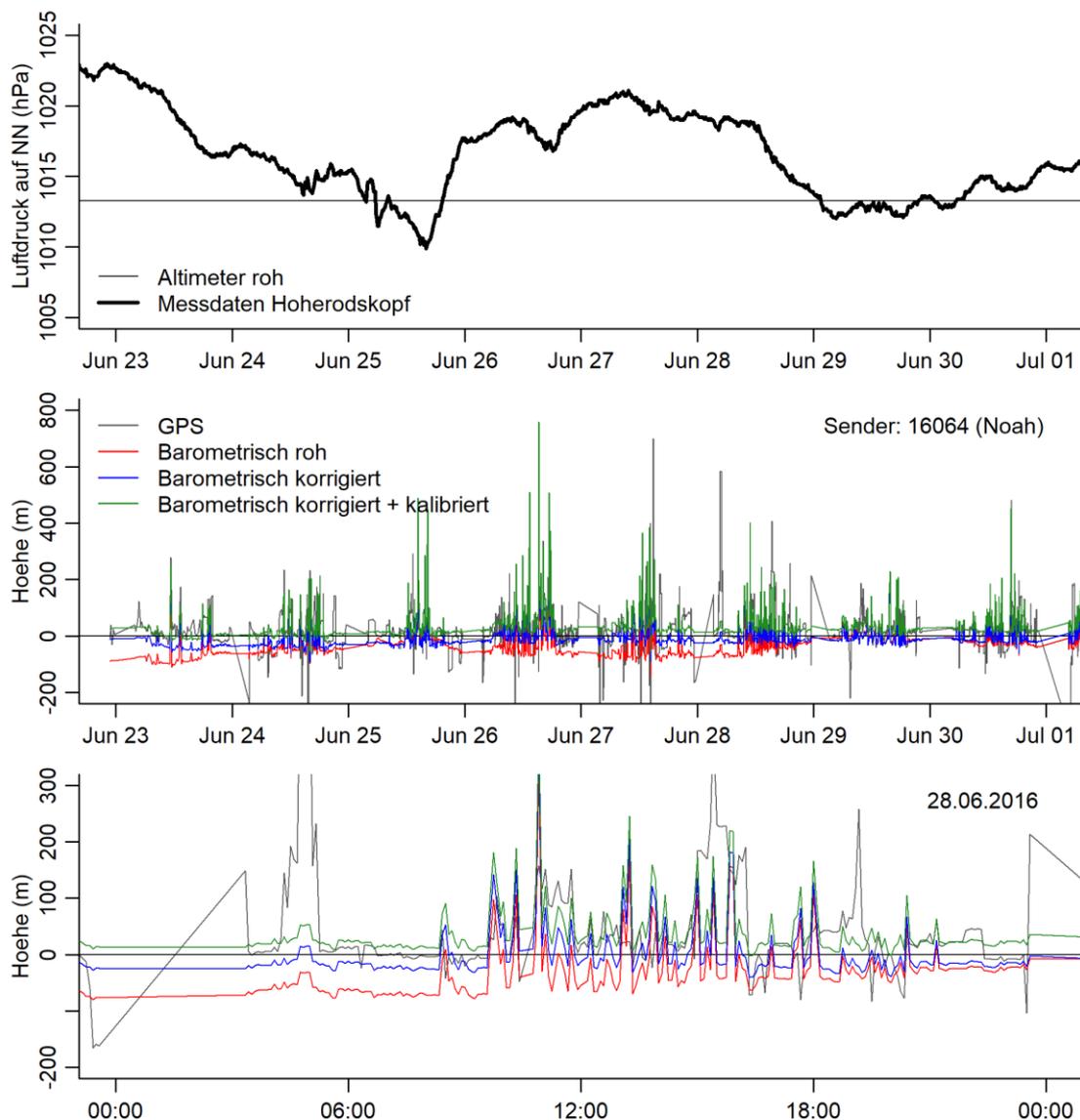


Abbildung 9: Beispielhafte Korrektur der Höhendaten für den Sendervogel Noah. Oben: Am Hoherodskopf gemessene Luftdruckschwankungen, anhand derer die Senderdaten korrigiert werden sollen (Zeitraum Ende Juni 2016). Mitte: Unkorrigierte Höhenangaben (Altimeter roh), für den Luftdruck am Hoherodskopf korrigierte Höhenangaben (Altimeter korrigiert) und Höhendaten des GPS im Vergleich. Unten: Detailansicht für den 28.06.2016.

Tabelle 9: Mediane der Abweichungen zwischen Barometer-Höhe und GPS-Höhe der Vogel-Sender.

Sender	Median Abweichung [m]
Tristan (16016)	- 7,43
Isolde (16066)	- 58,93
Noah (16064)	- 37,10
Ronja (16069)	- 31,57
Neptun (16062)	- 27,03
Max (16065)	- 22,03

3.9 Datenauswertung

Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg)

3.9.1 Aktionsräume der besenderten Rotmilane

Aktionsraumanalyse: MCP (Minimum Convex Polygon) und AKDE (Autocorrelated Kernel Density Estimation)

Der Aktionsraum ist das von einem bestimmten Tier regelmäßig genutzte Gebiet („home range“, Burt 1943). Eine gängige Methode zur Berechnung von Aktionsraumgrößen ist die Minimum Convex Polygon (MCP) Methode (Mohr 1947). Hierbei wird das kleinste mögliche Polygon um die vorhandenen Ortungspunkte gelegt. Berechnet wurden die 95 %, 75 % und 50 % MCP. Die Prozentzahl gibt an, wie hoch der Anteil eingeschlossener Ortungen in der Analyse ist. Zum Beispiel werden bei einem 95 % MCP die 5 % der Ortungen, die am weitesten außerhalb liegen, aus dem Polygon ausgeschlossen. Eine weitere und deutlich genauere Methode zur Ermittlung des Aktionsraums ist die Kernel Methode (Kernel Density Estimation; Worton 1989). Bei dieser Methode wird anhand einer Dichtefunktion aus den Ortungspunkten die Wahrscheinlichkeit angegeben, mit der das Tier in einem bestimmten Bereich angetroffen werden kann. Da jedoch die traditionelle Kerndichteschätzung (Kernel Density Estimate - KDE) eine räumliche und zeitliche Autokorrelation, die bei Bewegungsdaten von Tieren in aller Regel vorhanden ist, außer Acht lässt, wurde zur Berechnung der Homerange die Autocorrelated Kernel Density Estimation (AKDE) Methode verwendet (Fleming et al. 2015; Fleming und Calabrese 2017). Auch hier wurden die 95 %, 75 % und 50 % Kernel berechnet. Die Berechnungen erfolgten mit dem Paket *ctmm* (Calabrese et al. 2016) in der Software R (R Core Team 2016) auf Basis des 5-Minuten-Datensatzes. Der Milan Ronja lieferte lediglich für zehn Tage Daten, was keine sinnvolle Homerange-Berechnung zulässt. Neptun hat im ersten Jahr als vorjähriger Vogel nicht gebrütet und im zweiten Jahr die Brut abgebrochen, sodass sich auch für diesen Vogel keine vergleichbaren und repräsentativen Aktionsräume berechnen lassen.

Raumnutzung in Abhängigkeit der Horstdistanz

Da der Horst das Zentrum der Aktivität während der Brutzeit darstellt, wurde ermittelt, wie der Anteil der Ortungspunkte sich über die Distanz zum Horst verteilt. Dazu wurden prozentuale Anteile an Ortungen für die brütenden Individuen Noah, Isolde und Tristan in Abhängigkeit zur Horstdistanz berechnet. Diese Berechnung wurde sowohl für alle Ortungspunkte über den gesamten Zeitraum der Brutperiode als auch nach einzelnen Etappen der Brutphänologie getrennt durchgeführt.

3.9.2 Flugaktivität und Flughöhe in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform

Ob und in welcher Form das Flugverhalten der Rotmilane vom Wetter bzw. der Geländeform abhing, wurde mit drei statistischen Modellen analysiert. Da die einzelnen Umweltvariablen nicht unabhängig voneinander sind, sollte ihr Einfluss auf das Flugverhalten nicht in einzelnen Modellen untersucht werden. Aus diesem Grund wurden multiple Modelle gewählt, in denen der Einfluss aller Umweltvariablen gemeinsam getestet wird. Je nach Struktur der abhängigen Variable (Flugverhalten) wurden lineare (kontinuierliche Struktur der Variable, Flughöhe in Metern) bzw. generalisierte lineare Modelle mit angenommener Binomialverteilung (kategoriale Struktur der Variable mit zwei Stufen) berechnet (vgl. Korne-Nievergelt et al. 2015). Um Unterschiede im Flugverhalten zwischen den Vogelindividuen zu berücksichtigen, wurde die Vogel-ID als random-Effekt³ in alle Modelle mit aufgenommen, so dass diese als gemischte Modelle berechnet wurden. Um Unterschiede zwischen den Jahren mit zu betrachten, wurde das Untersuchungsjahr ebenfalls in alle Modelle als random-Effekt mit aufgenommen. Aus Gründen der zeitlichen Vergleichbarkeit wurde in allen Modellen der 5-Minuten-Datensatz verwendet. Von den 74.767 Ortungspunkten wurden gemäß den unter 3.7 benannten Kriterien 25.336 Ortungspunkte im Flug erfasst. Um bei der Analyse der Flugaktivität nur Wetterbedingungen zu betrachten, bei denen eine Flugaktivität wahrscheinlich war, wurden Ortungspunkte während der Nachtstunden (22:00 - 5:00 Uhr MESZ) ausgeschlossen. In die statistischen Modelle wurden zudem nur Ortungspunkte aufgenommen, denen Daten aller Wettervariablen zugeordnet werden konnten (maximal 30 km zwischen Ortungspunkt und Wetterdatenquelle vgl. Karte 1.3, N=65.805, davon 23.236 im Flug).

Flugaktivität (Flug/kein Flug)

Um zu testen, ob die Flugaktivität von den Wettervariablen beeinflusst wurde, ist ein generalisiertes lineares gemischtes Modell (GLGM) mit der Flugaktivität als abhängiger Variable verwendet worden. Als unabhängige (erklärende) Variablen wurden die fünf Wettervariablen Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer, Temperatur und Luftschichtung sowie die kategorisierte Geländeform verwendet. Als Referenzkategorie⁴ für

³ Im Gegensatz zu den erklärenden Variablen, den fixed effects, kategorisiert ein random effect die Datenpunkte (hier nach Vogel-ID). Die Stärke oder Richtung eines random effects ist jedoch unbekannt und wird im Modell nicht geschätzt.

⁴ Bei faktoriellen Einflussvariablen muss in statistischen Modellen in der Regel eine Faktorkategorie als Referenz gewählt werden. Der Einfluss der anderen Kategorien wird dann im Verhältnis zu der Referenzkategorie berechnet. Für die Referenzkategorie sind dann keine statistischen Werte verfügbar.

die Geländeform wurde die Kategorie 'kein Hang' gewählt. Damit die berechneten Effektstärken verglichen werden können, wurden alle kontinuierlichen Variablen z-standardisiert (Transformation der Daten zu einer Verteilung mit jeweils Mittelwert $\mu=0$ und Streuung $\sigma=1$).

Flughöhe

Neben dem Einfluss des Wetters auf die Flugaktivität (Flug/kein Flug) erfolgte auch eine Analyse dessen Einflusses auf die Flughöhe der Rotmilane. Hierfür wurde zunächst ein lineares gemischtes Modell (LGM) gerechnet (vgl. Korner-Nievergelt et al. 2015). Als abhängige Variable wurde die korrigierte barometrische Flughöhe, d. h. kontinuierliche Zahlen, verwendet (z-standardisiert). Als erklärende Variablen wurden, wie im ersten Modell, die z-standardisierten fünf Wettervariablen sowie die kategorisierte Geländeform verwendet. Als Datengrundlage dienten alle Ortungspunkte während des Flugs (N=22.758).

Da für manche Datengrundlagen generalisierte Modelle mit kategorialen Variablen sensitiver für mögliche Zusammenhänge sind, wurde in einem dritten Verfahrensschritt die Flughöhe der Milane nicht mit kontinuierlichen Höhendaten, sondern mit einer kategorisierten Flughöhe analysiert. Die Flughöhe wurde hierbei in hoch fliegende Milane ($\geq 80\text{m}$, auf und über WEA-Rotorhöhe) und tief fliegende Milane ($< 80\text{m}$, unter WEA-Rotorunterkante) kategorisiert und als abhängige Variable in einem GLGM verwendet. Als erklärende Variablen wurden erneut die fünf z-standardisierten Wettervariablen sowie die Geländeform verwendet. Als Datengrundlage dienten wiederum alle Ortungspunkte während des Flugs mit verfügbaren barometrischen Flughöheninformationen (N=22.758).

Modellberechnung

Die Modellberechnungen sind mit dem R-Paket *lme4* (Bates et al. 2015) erfolgt. In allen Modellen wurde für jede Umweltvariable (Wettervariablen und Geländeform) die Effektstärke mit Standardfehler sowie mit dem Paket *multcomp* (Hothorn et al. 2008) die Signifikanz der Zusammenhänge berechnet. Als signifikant angesehen wurden Zusammenhänge mit einem p-Wert $< 0,001$. Mit dem Paket *MuMIn* (Barton 2016) wurde für jedes Modell als Bestimmtheitsmaß der R^2 -Wert berechnet. Der R^2 -Wert gibt den Anteil der durch das Modell erklärten Varianz an der Gesamtvarianz in den Daten der abhängigen Variable (Flugaktivität, Flughöhe) an ($R^2 = 1$ entspricht 100 %). Zusätzlich wurde für jedes Modell der marginal R^2 -Wert berechnet, der den Anteil der Varianz angibt, der nur durch die Umweltvariablen und nicht durch Unterschiede zwischen den Vögeln bzw. Jahren erklärt wird. Weiterhin wurden mit dem Paket *hier.part* (Walsh und Nally 2013) die R^2 -Werte für jede einzelne Wettervariable sowie die Kategorien der Geländeform berechnet. Die Bedeutung dieser beiden Größen ergibt sich daraus, dass in statistischen Modellen mit hohen Stichprobengrößen, wie es in den gerechneten Modellen der Fall ist, sehr häufig statistisch signifikante Zusammenhänge aufgedeckt werden ($p < 0,001$). Diese Zusammenhänge müssen jedoch ökologisch nicht zwangsläufig von großer Relevanz sein. Die ökologische Bedeutung von

Einflussfaktoren kann nur unter gemeinsamer Betrachtung von p-, R²-Wert und Effektstärke eingeschätzt werden.

Bei der Interpretation der Modellstatistiken ist auf Kollinearität⁵ zwischen den erklärenden Variablen zu achten. Die Wettervariablen sind nicht unabhängig voneinander und ein festgestellter Effekt ist nicht immer eindeutig von Einflüssen der anderen Variablen zu trennen. Zu Fehlinterpretationen der geschätzten Parameter kommt es nach Dormann et al. (2013) in der Regel erst ab einem Korrelationskoeffizienten $|R| > 0,7$ zwischen zwei Variablen. Basierend auf dem Datensatz des binomialen Modells zur Flugaktivität konnte maximal ein Korrelationskoeffizient von 0,45 (Temperatur ~ Sonnenscheindauer) festgestellt werden. Die meisten Korrelationskoeffizienten der linearen Regressionen waren deutlich kleiner (Tabelle 10). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Kollinearität der Wetterparameter so gering ist, dass es nicht zu Fehlinterpretationen der Modellstatistik kommt.

Tabelle 10: Korrelationskoeffizienten $|R|$ linearer Regressionen zwischen den Umweltvariablen, basierend auf dem Datensatz des binomialen Modells zur Flugaktivität (N = 65.805).

Umweltvariable	Niederschlag	Windgeschwindigkeit	Temperatur	Sonnenscheindauer	Luftschichtung	Geländeform
Niederschlag		0,14	0,10	0,16	0,07	0,03
Windgeschwindigkeit			0,32	0,26	0,32	0,11
Temperatur				0,45	0,42	0,06
Sonnenscheindauer					0,40	0,06
Luftschichtung						0,05
Geländeform						

⁵ Kollinearität oder auch Multikollinearität bezeichnet Abhängigkeiten zwischen den erklärenden Variablen eines statistischen Modells. Eine hohe Kollinearität kann beispielsweise die Schätzung des Standardfehlers deutlich erhöhen, eine gewisse Kollinearität ist jedoch in fast allen statistischen Modellen ökologischer Daten zu finden. In einer statistischen Analyse ist die Kollinearität idealer Weise gleich 0.

Als weiterer Test zum Einfluss der Kollinearität der Umweltvariablen auf die geschätzten Modellparameter wurden für jedes Modell Variance Inflation Factors (VIF, Fox & Monette 1992) berechnet. Bei Werten von $VIF < 10$ kann der Einfluss der Kollinearität vernachlässigt werden (vgl. Dormann et al. 2013). In den drei berechneten Modellen waren alle $VIF < 2$ (Tabelle 11).

Tabelle 11: Variance Inflation Factors (VIF) der Umweltvariablen und dessen Kategorien in den drei berechneten statistischen Modellen.

Umweltvariable	GLGM Flugaktivität	LGM Flughöhe	GLGM Flughöhe
Niederschlag	1,05	1,03	1,03
Windgeschwindigkeit	1,28	1,40	1,37
Temperatur	1,52	1,69	1,67
Sonnenscheindauer	1,43	1,52	1,48
Luftschichtung	1,44	1,65	1,63
Hang N	1,25	1,21	1,20
Hang NO	1,11	1,09	1,09
Hang O	1,09	1,07	1,06
Hang SO	1,12	1,11	1,09
Hang S	1,26	1,26	1,24
Hang SW	1,17	1,22	1,20
Hang W	1,12	1,14	1,13
Hang NW	1,14	1,13	1,12

Angebot-Nachfrage-Grafiken

Zur Visualisierung der Zusammenhänge zwischen Flugverhalten und Wetter wurden sogenannte Angebot-Nachfrage-Grafiken erstellt. Das Angebot ist hierbei die Gesamtmenge aller Ortungspunkte des 5-Minuten-Datensatzes, die bei bestimmten Wetterverhältnissen aufgenommen wurden. Dem gegenüber steht die Anzahl der Ortungspunkte im Flug bei den gleichen Wetterverhältnissen. Weiterhin wurde der jeweilige prozentuale Anteil von Ortungspunkten im Flug an der Gesamtmenge aller Ortungspunkte berechnet, was die über- oder unterproportionale Flugaktivität bei bestimmten Wetterverhältnissen verdeutlicht. Analog hierzu wurde in einer zweiten Grafik die Anzahl an Ortungspunkten mit über 80 m Flughöhe der Gesamtzahl an Ortungspunkten im Flug gegenübergestellt (ebenfalls kategorisiert nach Wetterverhältnissen). Da für die Umweltvariable Geländeform die Gesamtmenge an Ortungspunkten als Angebot nicht sinnvoll ist, wurde diese Variable in den Angebot-Nachfrage-Grafiken nicht betrachtet.

3.9.3 Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetterparametern

Zur Analyse der Zusammenhänge zwischen Wetter und der Aktionsraumgröße wurde für jeden Milan und jeden Tag der genutzte Aktionsraum berechnet. Da in diesem Fall auch Extremwerte der Aktionsraumgröße relevant sind, wurde als täglicher Aktionsraum jeweils das 100 % MCP basierend auf dem 5-Minuten-Datensatz berechnet (siehe Abschnitt 3.9.1). Als Wetterparameter wurden jeweils die Mittelwerte aller den Ortungspunkten des Milans am jeweiligen Tag zugeordneten Wettervariablen verwendet.

Um zu klären, ob die tägliche Aktionsraumgröße von den Wetterbedingungen beeinflusst wird, wurde ein lineares gemischtes Modell (LGM) gerechnet (vgl. Korner-Nievergelt et al. 2015). Als abhängige Variable wurde die tägliche Aktionsraumgröße verwendet (z-standardisiert). Als erklärende Variablen wurden die z-standardisierten fünf Wettervariablen verwendet. Als Datengrundlage dienten alle täglichen Aktionsraumgrößen der Milane Tristan, Isolde, Noah und Max, denen alle Wettervariablen zugeordnet werden konnten (nur Tage mit mind. 5 Ortungspunkten, N=906). Um Unterschiede zwischen den Vogelindividuen und den Untersuchungsjahren zu berücksichtigen, wurden die Vogel-ID und das Jahr als random-Effekt in das Modell mit aufgenommen. Die Modellberechnung erfolgte analog zu der Analyse von Flugaktivität und Flughöhe (siehe Abschnitt 3.9.2). Aufgrund der geringeren Stichprobengröße wurde für dieses Modell ein Signifikanz-Niveau von $p < 0,05$ angenommen.

3.9.4 Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten

Landnutzungstypen

Anhand einer räumlichen Verschneidung der Telemetriedaten mit den erfassten Landnutzungstypen lässt sich die Frequentierung der entsprechenden Flächen quantifizieren. Um eine Verzerrung der Ergebnisse durch die Horstbindung und durch regelmäßig im Horstumfeld rastende Tiere zu vermeiden, wurden Landnutzungsdaten im 200 m Radius um den Horst und Ortungspunkte zwischen 22:00 und 5:00 Uhr ausgeschlossen. Als Datengrundlagen diente der 5-Minuten-Datensatz.

Als konkretes Maß zur Identifizierung von Präferenzen des Aufenthalts auf/über bestimmten Landnutzungstypen durch die Milane wurde der Jacobs-Index⁶ (Jacobs 1974) berechnet. Für jeden Landnutzungstyp wurde der Mittelwert der Index-Werte der einzelnen Milane und Jahre ermittelt. Da sich die Struktur der Landnutzungstypen im Laufe einer Untersuchungssaison (März bis September) ändert und somit auch zu erwarten ist, dass sich die

⁶ Der Jacobs-Index ist ein Maß zur Einschätzung der über- oder unterproportionalen Nutzung eines Ressourcentyps im Verhältnis zu den insgesamt verfügbaren Ressourcen. Die Werte des Indexes reichen von -1 (starke Abneigung) bis +1 (starke Präferenz) des Ressourcentyps. Ein Wert von 0 bedeutet eine proportionale Nutzung entsprechend der Verfügbarkeit der Ressource.

Präferenz der Milane für den Aufenthalt über bestimmten Landnutzungstypen im Laufe des Jahres verändert, wurde der Jacobs-Index zusätzlich nach Monaten differenziert berechnet. Die Werte der einzelnen Milane und Jahre wurden bei dieser Betrachtung für jeden Monat gemittelt. Ein Mittelwert wurde dann als signifikant nicht-proportional angesehen, wenn das 90 %-Konfidenzintervall des Mittelwertes nicht 0 enthält und damit der Aufenthalt über einem Landnutzungstyp deutlich über- oder unterproportional ist (nach Kauhala & Auttila 2010).

Bewirtschaftungsereignisse

Um zu analysieren, ob und wie die Bewirtschaftungsereignisse die Raumnutzung der Milane beeinflusst hat, wurden die Ortungspunkte im Flug nach Ort und Zeit mit den erfassten Bewirtschaftungsereignissen verschnitten. In allen Untersuchungsjahren wurden an den Kartiertagen selbst nur sehr wenige Ortungspunkte über den kartierten Flächen aufgenommen, sodass hier keine auswertbare Datengrundlage vorliegt. Im Jahr 2017 wurden beispielsweise (beweidete Flächen ausgenommen) nur an sieben von 51 Kontrollen Bewirtschaftungsereignisse am Tag der Kartierung aufgenommen, denen nur sechs Ortungspunkte zugeordnet werden konnten. Diese Stichprobe ist so gering, dass eine Auswertung nicht sinnvoll ist. Die zusätzlich ab dem Untersuchungsjahr 2017 aufgenommenen Daten zu Bewirtschaftungsereignissen seit der letzten Kartierung bieten eine größere Datengrundlage, da hier nicht nur Ortungspunkte eines bestimmten Tages, sondern Datenpunkte von mehreren Tagen (ca. 1 Woche) verwendet werden konnten. Die zeitliche Unschärfe des Bewirtschaftungsereignisses steigt in diesen Daten jedoch deutlich an, wodurch mögliche Effekte in der Analyse weniger ausgeprägt sein könnten.

Differenziert nach Untersuchungsjahr, Milan und Kartierdurchgang wurde das Verhältnis von Ortungen über bewirtschafteten und nichtbewirtschafteten Flächen und der jeweils verfügbaren Flächengröße berechnet. Aus dem Verhältnis der jeweiligen Werte, lässt sich ablesen, ob sich die Milane überproportional über bewirtschafteten oder nicht bewirtschafteten Flächen aufhielten. Da in den Jahren 2017 und 2018 für jeden Milan immer dieselben Flächen betrachtet wurden, konnten hier weiterhin die Mittelwerte über alle Kartierdurchgänge berechnet werden. Die Differenzierung der Grünlandbewirtschaftung in Mahd, Wenden und Entnahme war bei einer zeitlichen Auflösung von etwa einer Woche nicht möglich, da Mahd, Wenden und Entnahme in der Regel innerhalb eines solchen Zeitfensters kurz aufeinanderfolgend stattfinden. Deshalb wurden hier die Kategorien Mahd, Wenden und Entnahme zu Grünlandbewirtschaftung zusammengefasst.

Step-Selection-Analyse

Um den Einfluss von Landnutzungstypen und Bewirtschaftungsereignissen auf das Bewegungsverhalten der Rotmilane zu analysieren, wurde basierend auf den Daten der Geofences, in denen Bewirtschaftungsereignisse erfasst wurden, eine Step-Selection-Func-

tion (SSF) Analyse durchgeführt (Thurfjell et al. 2014). Bei dieser Analyse-Methode der Bewegungsökologie werden die beobachteten Bewegungsschritte (d. h. der Schritt von einem Ortungspunkt zum nächsten) mit vom Computer generierten Zufallsschritten verglichen. Jedem realen und zufällig generierten Bewegungsschritt werden der Landnutzungstyp, das Bewirtschaftungsereignis und die Wuchshöhe des Zielpunktes des Bewegungsschrittes zugeordnet, um deren Einfluss auf die Schrittwahl zwischen aufeinanderfolgenden Ortungen zu testen.

Aufgrund der Beschränkung der Stichprobe auf wenige Tiere und einzelne Geofence-Flächen erbrachte diese Analyse jedoch keine repräsentativen und aussagekräftigen Ergebnisse. Die Ergebnisse werden dementsprechend nicht dargestellt.

3.9.5 Flugverhalten im Umfeld der Windparks

Wetterverhältnisse während Flugereignissen in Windpark-Geofences

Um eine mögliche Beziehung zwischen Flugereignissen in Windparks und den vorherrschenden Wetterverhältnissen zu veranschaulichen, wurde jeweils die Anzahl Ortungspunkte während bestimmter Wetterverhältnisse ermittelt. Demgegenüber wurde die Anzahl an Ortungspunkten aufgetragen, die bei einer gleichmäßigen Verteilung der Flugereignisse im Windpark gemäß den tatsächlich vorherrschenden Wetterverhältnissen zu erwarten wären. Neben dem Wetter wurde hier auch die Rotordrehzahl der WEA betrachtet. Als Datengrundlage dienten alle Ortungspunkte im Flug in Geofences um Windparks bzw. die Wetterverhältnisse der Tagstunden (5-22 Uhr) im Untersuchungszeitraum.

Flugereignisse im Nahbereich der WEA-Rotorblätter

Die Flugereignisse im Nahbereich der WEA-Rotoren werden gemeinsam mit den jeweiligen Daten zu Rotorausrichtung und -drehzahl dargestellt. Als Nahbereich wurde ein Zylinder um jede WEA gewählt, dessen Durchmesser jeweils dem doppelten Rotorradius zuzüglich eines Puffers von 10 m zur Berücksichtigung des mittleren Messfehlers der GPS-Ortungen bei gutem Satellitenempfang entspricht. Die Höhe des Zylinders beträgt die jeweilige Nabenhöhe plus/minus dem Rotorradius und ebenfalls einem Puffer von 10 m. So weist im Falle der sieben WEA im Windpark "Ulrichstein-Platte" vom Typ ENERCON E-82 E2 (Nabenhöhe 138 m, Rotordurchmesser 82 m) der definierte Nahbereich einen Radius von 51 m auf und liegt in einer Höhe zwischen 87 und 189 m über Grund.

Ringpuffer-Analyse

Um den Einfluss von WEA auf das Flugverhalten von Rotmilanen zu untersuchen, wurde die Frequentierung verschiedener Ringpuffer um WEA verglichen. Innerhalb aller Windpark-Geofences, aus denen Ortungspunkte vorliegen, wurden in 50 m-Schritten Puffer um die WEA gelegt. Der Vergleich der Ringpuffer (Ortungspunkte pro Fläche) könnte Hinweise auf

ein Abstands-Verhalten gegenüber den WEA geben (z. B. deutlich weniger Punkte pro Fläche im 0-50 m Ring als in den äußeren Ringen). In Abbildung 10 ist das Vorgehen beispielhaft am Windpark "Alte Höhe" südlich des Brutplatzes von Noah für den Ringpuffer 250-300 m dargestellt.

In einem zweiten Schritt wurde die gleiche Analyse mit nach Höhe differenzierten Rotmilan-daten durchgeführt. Unterschieden wurde jeweils zwischen unter Rotorhöhe, Rotorhöhe und über Rotorhöhe. Um den unterschiedlichen Anlagenhöhen Rechnung zu tragen, wurden für jeden Ortungspunkt die nächstgelegene WEA ermittelt und anhand der Nabenhöhe und des Rotordurchmessers die Höhenkategorie für den jeweiligen Ortungspunkt festgelegt. Als Datengrundlage dienten alle Ortungspunkte im Flug in Geofences um Windparks während der Tagstunden (5-22 Uhr).

Step-Selection-Analyse in Windpark Geofences

Um den Einfluss von WEA zu ermitteln wurde eine weitere Step-Selection-Analyse für Geofences mit WEA und Bewirtschaftungsdaten durchgeführt. Da hierfür lediglich Daten von einem Vogel aus zwei Jahren vorliegen, erbrachten die Analysen auch in diesem Fall keine aussagekräftigen Ergebnisse. Die Ergebnisse werden dementsprechend nicht dargestellt.

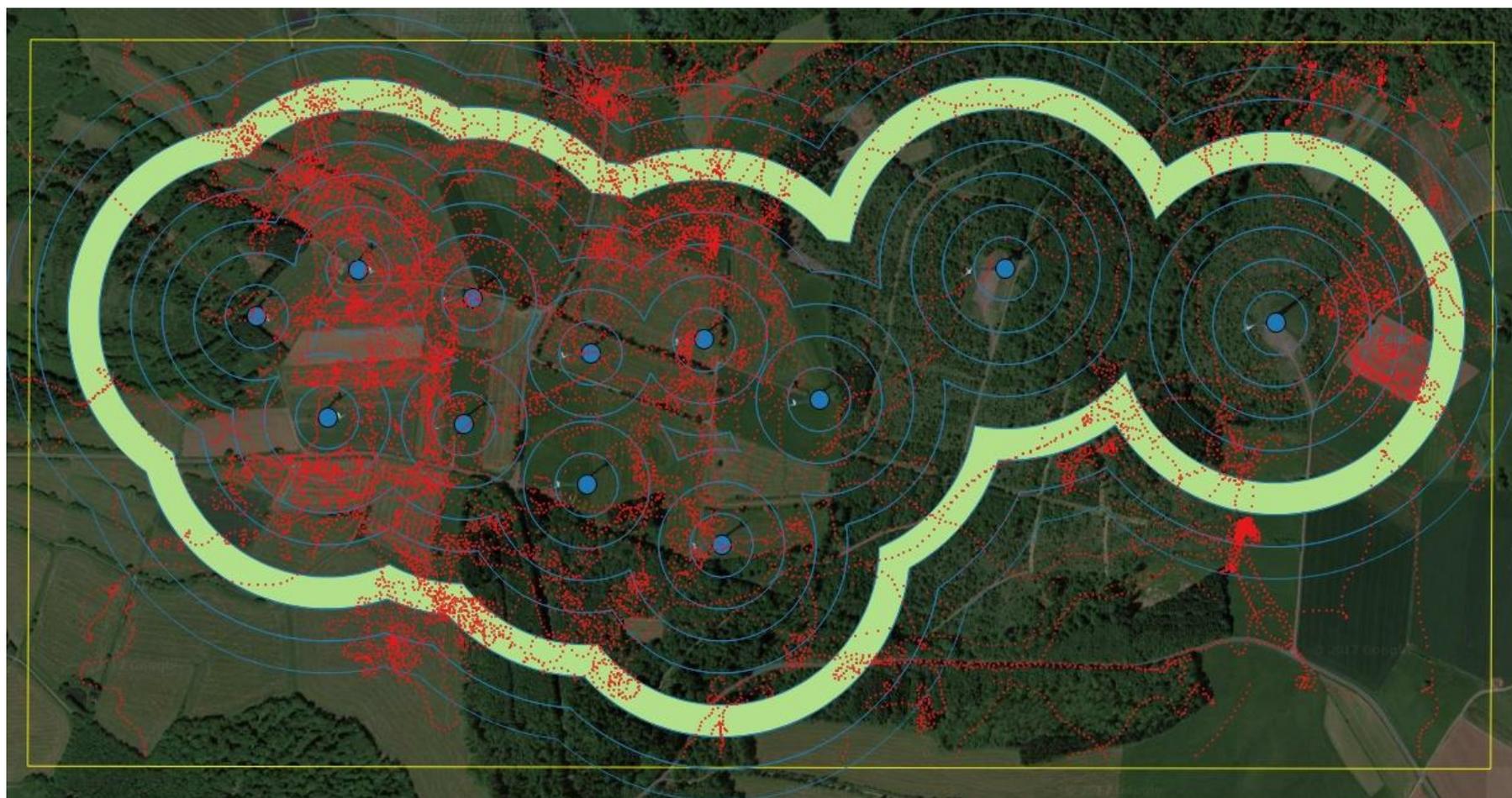


Abbildung 10: Beispielhafte Darstellung der Ringpuffer-Analyse. Gelb = Geofence; Rot = Ortungspunkte; Blau = WEA-Standorte und Puffer in 50 m-Schritten; hellgrün = Ringpuffer 250-300 m. Datengrundlage (DOP40): mit Genehmigung der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation, © HVBG 2016.

3.9.6 Übersicht der verschiedenen Datengrundlagen

Die verwendeten Datengrundlagen für die verschiedenen Analysen sind in Tabelle 12 zusammengefasst. Insgesamt ermöglicht die verfügbare Datengrundlage belastbare Auswertungen zur Flugaktivität und zur Flughöhe (im Tages- und Jahresverlauf sowie in Abhängigkeit von Wetterparametern). Auch die Aktionsraumgröße sowie der Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten lassen sich für die verschiedenen besenderten Milane ermitteln. Aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an besenderten Tieren sind bei diesen Analysen jedoch keine generellen Rückschlüsse möglich.

Tabelle 12: Verfügbare Datengrundlage für die verschiedenen durchgeführten Analysen. Der Untersuchungszeitraum umfasst: 22.06.2016 - 30.09.2016, 01.03.2017 - 30.09.2017, 01.03.2018 - 31.07.2018.

Kapitel / Unterkapitel	Tiere	Anzahl Ortungspunkte	Geofence Daten/ Flugdaten/ Dateneigenschaften ¹
4.2.1 Aktionsräume der besenderten Milane und Raumnutzung in Abhängigkeit der Horstdistanz	2016: Tristan, Isolde, Noah 2017: Isolde, Noah, Neptun, Max 2018: Noah, Max	57.606	5-Minuten Datensatz
4.2.2 Flugaktivität der Milane im Tages- und Jahresverlauf	2016: Tristan, Isolde, Noah, Ronja, Neptun 2017: Isolde, Noah, Neptun, Max 2018: Isolde, Noah, Max	74.767	5-Minuten Datensatz ¹
4.2.3 Flugaktivität und Flughöhe in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform (Flugaktivität)	2016: Tristan, Isolde, Noah, Ronja, Neptun 2017: Isolde, Noah, Neptun, Max 2018: Isolde, Noah, Max	65.805	5-Minuten Datensatz ¹ Nur Punkte denen alle Umweltdaten zugeordnet werden konnten
4.2.3 Flugaktivität und Flughöhe in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform (Flughöhe)	2016: Tristan, Isolde, Noah, Ronja, Neptun 2017: Isolde, Noah, Neptun, Max 2018: Isolde, Noah, Max	22.758	5-Minuten Datensatz ¹ Nur Punkte im Flug; Nur Punkte denen alle Umweltdaten zugeordnet werden konnten
4.2.4 Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetterparametern	2016: Tristan, Isolde, Noah 2017: Isolde, Noah, Max 2018: Noah, Max	61.145	5-Minuten Datensatz ¹ Nur Punkte an Tagen mit mind. 5 Punkten pro Vogel und Tag.
4.2.5 Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten (Landnutzungstypen)	2016: Noah, Tristan, Isolde 2017: Isolde, Noah, Max, Neptun 2018: Noah, Max	37.617	5-Minuten Datensatz ¹ Nur Punkte im 1,5 km Radius um den Horst, denen ein LNT zugewiesen werden konnten ²
4.2.5 Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten (Bewirtschaftungsereignisse)	2016: Noah, Tristan, Isolde 2017: Isolde, Noah, Neptun, Max 2018: Noah, Max	129.889	2017 + 2018: Nur Daten in Zeiten und aus Geofences in denen die Landbewirtschaftung erfasst wurde; nur Punkte im Flug

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Kapitel / Unterkapitel	Tiere	Anzahl Ortungs- punkte	Geofence Daten/ Flugdaten/ Dateneigenschaften ¹
4.2.6 Flugverhalten im Umfeld der Windparks (Wetterverhältnisse während Flugereignissen)	2016: Tristan, Isolde, Noah, Neptun 2017: Isolde, Noah, Neptun 2018: Isolde, Noah, Max	35.681	Alle Windpark-Geofence Daten ¹ ; Nur Punkte im Flug
4.2.6 Flugverhalten im Umfeld der Windparks (Ringpufferanalyse)	2016: Tristan, Isolde, Noah, Neptun 2017: Isolde, Noah, Neptun 2018: Isolde, Noah	27.144	Alle Punkte im Radius von 400 m um WEA in Windpark-Geofences ¹ ; Nur Punkte im Flug

¹ es wurden ausschließlich Ortungspunkte zwischen 5 und 22 Uhr verwendet

² Daten im 200 m Bereich um Horststandorte wurden nicht berücksichtigt

4 Ergebnisse

4.1 Horstbaum- und Revierkartierung sowie Bruterfolg

Maik Sommerhage, Kristin Geisler (NABU Landesverband Hessen)

4.1.1 Siedlungsdichte

Im 131 Quadratkilometer großen Untersuchungsschwerpunktraum bei Ulrichstein (gestrichelte Abgrenzungen in den Karten 2.1 und 2.2) brüteten 2016 25 Paare (zuzüglich 1 Revierpaar), was einer Siedlungsdichte von rund 20 Paaren auf 100 Quadratkilometern entspricht (Tabelle 13). 2017 brüteten hier 18 Paare (zuzüglich 6 Revierpaaren), was etwa 18 Paaren auf 100 Quadratkilometern entspricht (Tabelle 13).

Bei Freiensteinau, einem 84 Quadratkilometer großen Untersuchungsschwerpunktraum, brüteten 2016 23 Paare, was einer Siedlungsdichte von rund 27 Brutpaaren auf 100 Quadratkilometern entspricht. 2017 brüteten hier 22 Brutpaare (zuzüglich 6 Revierpaaren). Dies entspricht etwa 29 Brutpaaren auf 100 Quadratkilometern.

Tabelle 13: Brutbestand und Bruterfolg in den Untersuchungsschwerpunkträumen (gestrichelte Linie in den Karten 2.1 und 2.2). BP=Brutpaare, RP=Revierpaare.

	Ulrichstein		Freiensteinau	
	2016	2017	2016	2017
Brutbestand	25 BP + 1 RP	18 BP + 6 RP	23 BP	22 BP + 6 RP
Sicher erfolgreiche Bruten	8	8	11	12
Anzahl flügger Jungvögel insgesamt	11	10	18	18
Anzahl Jungvögel / Brutpaar	0,44	0,56	0,78	0,82
Anzahl Jungvögel / erfolgreicher Brut	1,38	1,25	1,64	1,5
Brutpaare/100km ²	19,85	18,32	27,38	28,6

4.1.2 Bruterfolg

Untersuchungsjahr 2016

2016 kam es zu einer größeren Zahl erfolgloser Bruten (Karte 2.1). Aufgrund von andauernden Regenschauern mit Gewittern und Stürmen kam es vor allem im Mai 2016 zu Brutabbrüchen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass Eier auskühlten oder aber sehr kleine Jungvögel auf den nassen Horsten zu Tode kamen. Die durchgeführte Horst- und Revierkartierung legt nahe, dass nur jene Paare, die bereits Anfang April bzw. erst Ende April mit der Brut begannen, erfolgreich waren. Im Vogelsberg (große Teile liegen über 400 bzw. 500 Meter über NN) begann der überwiegende Teil der Rotmilanpopulation 2016 jedoch Mitte April mit der Brut.

Von 23 Paaren waren im Raum Freiensteinau in 2016 11 Brutpaare erfolgreich, bei Ulrichstein waren von 26 Brutpaaren (inklusive einem Brutverdacht/Revierpaar) 8 erfolgreich. Somit waren in Freiensteinau rund 50 Prozent aller Paare erfolgreich, in Ulrichstein hingegen nur etwa 30 Prozent (Tabelle 13).

Nach Stürmen konnten an sechs Horsten in der zweiten Maihälfte Sturmschäden festgestellt werden, wobei vier Horste abgerutscht waren und die beiden weiteren am Boden lagen. Weitere Gründe für erfolglos verlaufende Bruten waren Prädatoren (3 x Uhu, 2 x Waschbär, 1 x Habicht). In diesen Fällen fanden sich entsprechende Spuren in den Horstbereichen.

Untersuchungsjahr 2017

2017 begann ein überwiegender Teil der Rotmilan-Paare schon in den letzten März- bzw. ersten Apriltagen mit der Brut. Die zweite Märzhälfte war gekennzeichnet durch mehrere für diese Jahreszeit überdurchschnittlich warme und sonnige Tage. Im April war es kühl und es kam nochmals zu einem kurzen Wintereinbruch mit Schneeschauern im Vogelsberg. Bei einer Brutdauer von ca. 33 Tagen und einer Nestlingsphase von etwas mehr als 50 Tagen traten somit die ersten flüggen Jungvögel schon um den 20. Juni auf.

Von 22 Brutpaaren (zuzüglich weiteren sechs Revierpaaren) waren im Raum Freiensteinau im Jahr 2017 12 Paare erfolgreich. 18 flügge Jungvögel konnten festgestellt werden. Bei Ulrichstein waren von 18 Brutpaaren (zuzüglich sechs Revierpaaren) acht Paare erfolgreich. 10 flügge Jungvögel konnten nachgewiesen werden (siehe Anhang 3 sowie Karte 2.2). Somit waren in Freiensteinau in 2017 erneut etwa 50 Prozent aller Paare erfolgreich, während der Bruterfolg in Ulrichstein leicht anstieg (acht erfolgreiche Bruten von 18 Brutpaaren, 44 %; Tabelle 13).

Nach Stürmen und heftigen Gewittern konnten an vier Horsten insbesondere in der zweiten Mai- und ersten Junihälfte Sturmschäden festgestellt werden, wobei zwei Horste abgerutscht sind und es an zwei weiteren zu Brutabbrüchen kam. Weitere Gründe für erfolglos verlaufende Bruten waren wie in 2016 Verluste durch Prädatoren (1 x Uhu (belegt durch Federfund), 3 x unbekannt (ggf. Uhu), 1 x Waschbär (belegt durch Wildkamera-Aufnahmen)). An drei Horsten konnte zudem Prädation durch den Habicht festgestellt werden, der fast flügge Jungvögel (insgesamt sechs Exemplare) im Horstbereich erbeutete.

Darüber hinaus wurden im April und Juni zwei Schlagopfer an Windenergieanlagen im Untersuchungsschwerpunktraum Ulrichstein gefunden. Unmittelbar im Anschluss kam es zu Brutabbrüchen der nahegelegenen Paare, was auf die Kollisionen zurückgeführt werden könnte: Beide Kollisionsopfer betrafen Altvögel (1 x Windpark "Alte Höhe" 30.04.2017; 1 x Windpark "Goldener Steinrück" 17.06.2017). Die Funde sind der zentralen Funddatei der Vogelschutzwarte in Brandenburg mitgeteilt worden.

Im Untersuchungsschwerpunktraum Freiensteinau konnten 2016 und 2017 zusammen 32 Horste ermittelt werden. Dreizehn Horste waren in beiden Jahren besetzt (40,63 Prozent),

wovon an sechs Standorten 2016 und 2017 erfolgreich Rotmilane brüteten (18,75 Prozent). An 19 Standorten fand nur in einem Jahr eine Brut statt (59,37 Prozent).

Im Untersuchungsschwerpunktraum Ulrichstein konnten 2016 und 2017 zusammen 41 Horste ermittelt werden. Zehn Horste waren in beiden Jahren besetzt (24,39 Prozent), wovon an vier Standorten 2016 und 2017 erfolgreich Rotmilane brüteten (9,76 Prozent). An 31 Standorten fand nur in einem Jahr eine Brut statt (75,61 Prozent).

Von sechs neuen Brutplätzen im Gebiet Freiensteinau im Jahr 2017 waren 4 Bruten mit im Schnitt 1,5 Jungvögeln erfolgreich. Bezogen auf alle sechs neuen Brutplätze ergibt sich 1 Jungvogel pro Brutpaar. In Ulrichstein waren im Jahr 2017 11 Brutplätze neu besetzt. Pro erfolgreichem Brutpaar wurden durchschnittlich 1,25 Jungvögel gezählt. Bezogen auf alle 11 neuen Brutplätze ergaben sich 0,45 Jungvögel pro Brutpaar. Der Bruterfolg der in 2017 neu besetzten Horste unterschied sich somit nicht deutlich von den Gesamtwerten. Auch für diesen Teildatensatz war der Bruterfolg im Gebiet Freiensteinau höher als in Ulrichstein.

4.2 Auswertung der Telemetriedaten

Pablo Stelbrink, Christian Höfs, Christian Heuck (Bioplan Marburg)

4.2.1 Aktionsräume der besenderten Milane

Aktionsraumanalyse: MCP (Minimum Convex Polygon) und AKDE (Autocorrelated Kernel Density Estimation)

Von besonderer Relevanz ist die Größe der Aktionsräume in den Zeiträumen mit enger Horstbindung (Balz, Brut, Jungenaufzucht). Hierzu liefert die nachfolgende Tabelle Informationen über die festgestellten individuellen, geschlechts- und altersspezifischen Unterschiede (Tabelle 14). Das Weibchen Isolde verkleinerte ihren Aktionsraum während der Bebrütungsphase deutlich. Zur Zeit der Jungenaufzucht (Nestlingszeit) war ihr Aktionsraum dann wieder ähnlich groß wie zur Balzzeit und mit dem Ausfliegen der Nestlinge (Nachbrutzeit) vervielfachte sich die Aktionsraumgröße erneut. Im Vergleich hierzu waren die Unterschiede in den verschiedenen Phasen der Brutsaison bei den Männchen Noah und Max deutlich geringer. Die stärkere Bindung des Weibchens an den Horst und somit die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Brutpflege sind deutlich zu erkennen. Weiterhin zeigt der Vergleich der Aktionsräume der besenderten Männchen, dass es ebenfalls große Unterschiede zwischen verschiedenen Revieren gibt.

Die Aktionsraumgröße des im Jahr 2017 zweijährigen und damit geschlechtsreifen Männchens Neptun unterscheidet sich über alle Brutzeitphasen deutlich von den anderen Milanen. Neptun unternahm in 2017 seinen ersten Brutversuch. Die Brut begann jedoch erst sehr spät gegen Ende April und wurde bereits vor dem 12.05.2017 abgebrochen, weshalb nur für kurze Zeit eine Bindung an den Horst bzw. an das Revier bestand. Nach dem Brutabbruch verließ der Vogel das Revier, hielt sich dann im Raum Siegen (NRW) und in Süddeutschland auf und kehrte anschließend wieder ins Brutgebiet zurück. Im Anhang sind die

vollständigen Ergebnisse der MCP- und AKDE-Berechnungen mit allen betrachteten Werten dargestellt (50 %-, 75 %- und 95 % -Werte; Anhang 4). Karten der Aktionsräume sind in Anhang 5 zu finden.

Tabelle 14: Ergebnisse der Homerange Analysen für einzelne Milane nach der Brutzeitphänologie für 2017 und 2018 (hier am Beispiel der AKDE 95 % Methode; Geofence Daten auf 5-Minuten Intervall herunter gerechnet). Balzzeit 15. März – 14. April; Brutzeit 15. April – 19. Mai; Aufzuchtzeit 20. Mai – 30. Juni; Nachbrutzeit 01. Juli - 30. September.

Brutzeitphänologie			AKDE 95 % [ha]			
			Isolde	Tristan	Noah	Max
Balzzeit	2017	(N = 1.815)	315	-	1.481	-
Balzzeit	2018	(N = 1.311)	-	-	786	566
Brutzeit	2017	(N = 2.897)	10	-	1.009	-
Brutzeit	2018	(N = 2.080)	-	-	610	569
Aufzuchtzeit	2017	(N = 12.875)	275	-	987	-
Aufzuchtzeit	2018	(N = 3.417)	-	-	628	607
Nachbrutzeit	2016	(N = 21.819)	433	524	828	-
Nachbrutzeit	2017	(N = 16.189)	1.691	-	883	718
Nachbrutzeit	2018	(N = 767)	-	-	673	310

Raumnutzung in Abhängigkeit der Horstdistanz

Um die Raumnutzung insbesondere im Zeitraum der engen Horstbindung (Balz, Brut und Aufzucht) zu analysieren, wurde der prozentuale Anteil an Ortungen in Abhängigkeit zur Horstdistanz für die brütenden Individuen aus allen Untersuchungsjahren dargestellt. Während für das Jahr 2016 nur Daten aus der Nachbrutzeit (d. h. aus einem Zeitraum mit geringer Horstbindung) vorliegen, liegen für 2017 und 2018 Daten aus der gesamten Brutzeit vor, sodass sich Unterschiede hinsichtlich der Brutzeitphänologie darstellen lassen (Abbildung 11). Beim Vergleich der verschiedenen Brutzeitphasen fällt auf, dass die Linien mit fortschreitender Phänologie zunehmend flacher werden. Dies bedeutet, dass im fortschreitenden Verlauf der Brutzeit zum Ende hin mehr Ortungen in größerer Entfernung zum Horst zu finden sind und die Bindung an den Horst bzw. das nähere Horstumfeld geringer wird. Beispielsweise wurden während der Balzzeit 2017 75 % aller Ortungspunkte von Isolde in einem Radius von nur 147 m um den Horst aufgenommen (50 % aller Ortungspunkte lagen bei 38 m; 5 % der Flüge wiesen eine Entfernung von über 1.514 m auf) während das Männchen Noah deutlich größere Distanzen erreichte (75 % aller Ortungspunkte lagen in einer Distanz von 1.361 m, bei 50 % der Ortungspunkte lag die Entfernung bei 708 m, 5 % der Flüge wiesen eine Entfernung von über 3.274 m auf; Anhang 8). Während der Brutzeit nahm die Horstbindung beim Weibchen Isolde zu, während sie bei Noah weitestgehend unverändert blieb. Zur Zeit der Jungenaufzucht (Nestlingszeit) nahm die Horstbindung beim Weibchen Isolde dann deutlich ab, während sich die Werte bei Noah erneut

nur wenig veränderten. Zur Nachbrutzeit näherten sich die Werte von Isolde schließlich den Distanzen vom Männchen Noah an. In dieser Phase ist bei den Angaben zur Horstdistanz zu berücksichtigen, dass die ermittelten Aktionsräume auf Flugbewegungen beruhen, bei denen keine tägliche Rückkehr zum Horst - wie z. B. im Zeitraum der Brut und Jungenaufzucht - erfolgte, sondern sich die Tiere aufgrund der geringen Horstbindung auch an anderen Stellen im Revier aufhielten.

Von 68.823 Ortungspunkten aus allen drei Untersuchungsjahren, für alle brütenden Tiere (ohne Burst-Geofence Daten) liegen 50.336 (73,1 %) innerhalb 1500 m und 34.817 (50,6 %) innerhalb 1000 m um den Horst. Für Vergleiche mit anderen Studien wird an dieser Stelle bereits auf die Diskussion der verwendeten Methodik hingewiesen (Kapitel 6.2.1).

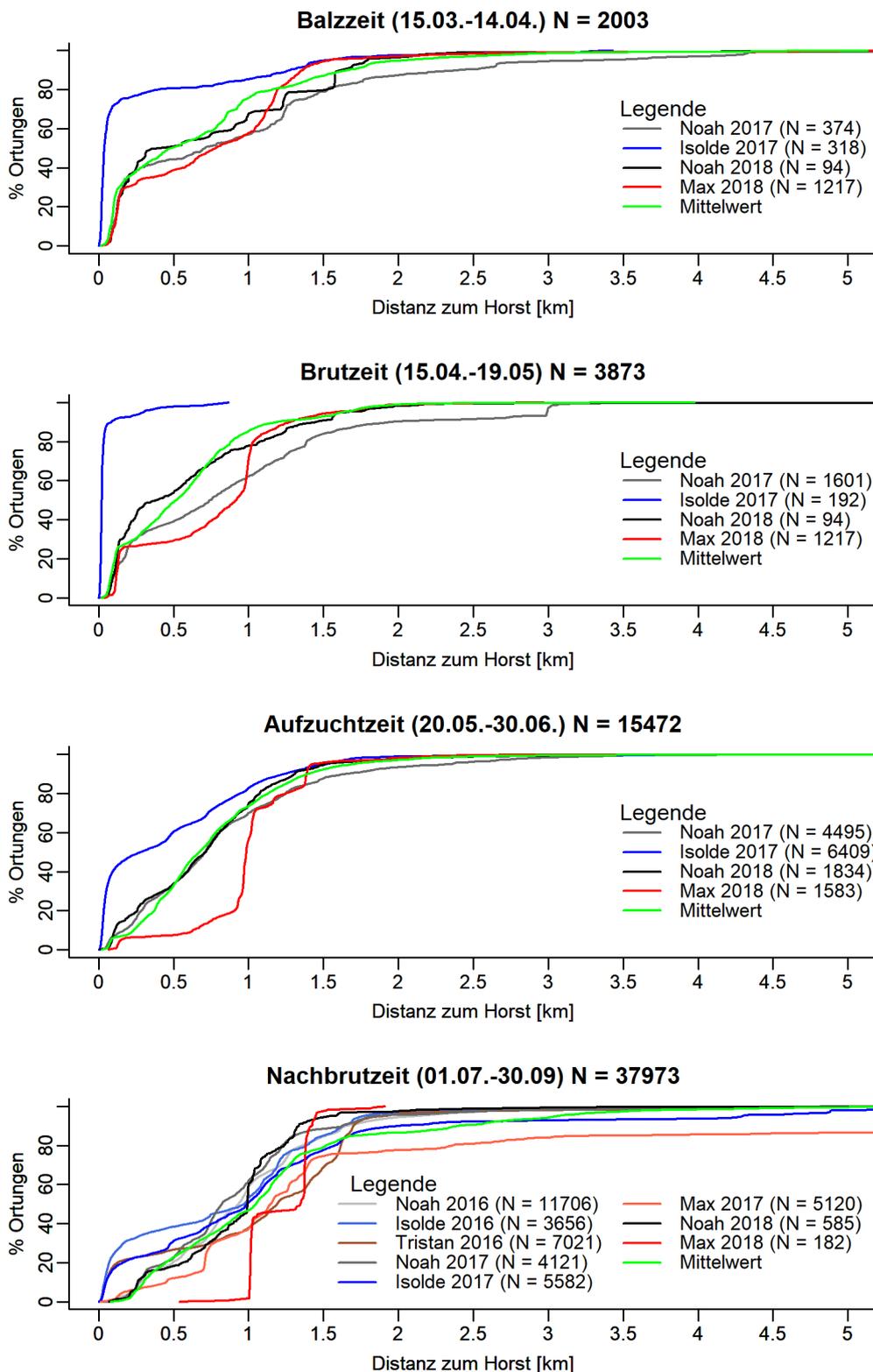


Abbildung 11: Prozentualer Anteil der Ortungen nach Brutzeitphänologie in Abhängigkeit zur Horstdistanz über den gesamten Untersuchungszeitraum. Bei dieser Darstellung wurden auch die Ortungspunkte im Nahbereich der Horste berücksichtigt (vgl. Diskussion in Kapitel 6.2.1).

4.2.2 Flugaktivität der Milane im Tages- und Jahresverlauf

Als Maß für die Flugaktivität dient der Anteil an Ortungen im Flug an der Gesamtzahl der Ortungen (5-Minuten-Datensatz). Flugaktivität wurde im gesamten Tagesverlauf nachgewiesen (Abbildung 12). Die Ortungspunkte zwischen 23 und 4 Uhr stammen fast ausschließlich von Milan Max und aus wenigen Nächten. Offenbar hat hier die Nachtabschaltung des Senders nicht planmäßig funktioniert. Anteile von Ortungen im Flug von über 40 % pro Stunde wurden insgesamt in der Zeit zwischen 10 und 17 Uhr MESZ erreicht, wobei ein deutliches Maximum in der Mittagszeit lag. Die Milane nutzen die zunehmende Tageslänge im Verlauf des Frühjahrs, doch der Kurvenverlauf wird hierdurch nicht flacher (Balz, Brut und Aufzucht). Erst nach dem Ausfliegen der Jungtiere wird die Flugaktivität insgesamt geringer (Abbildung 13). Deutliche Unterschiede der Tagesphänologie im Verlauf der Brutzeitphasen sind nicht zu erkennen (Abbildung 14).

Eine Auswertung von Beginn und Ende der Flugaktivität im Verhältnis zu Sonnenaufgang und Sonnenuntergang ist nicht möglich, da die Sender so eingestellt waren, dass sie erst bei einem Sonnenwinkel von 6° über Horizont (d.h. kurz nach Sonnenaufgang) aktiviert werden. Somit wurden in der Regel die ersten Ortungspunkte erst aufgenommen, als die Tagesaktivität bereits begonnen hat. Da die Nachtabschaltung jedoch nicht immer fehlerfrei funktionierte, sind in Abbildung 14 auch einige Ortungspunkte vor Sonnenauf- bzw. nach Sonnenuntergang dargestellt.

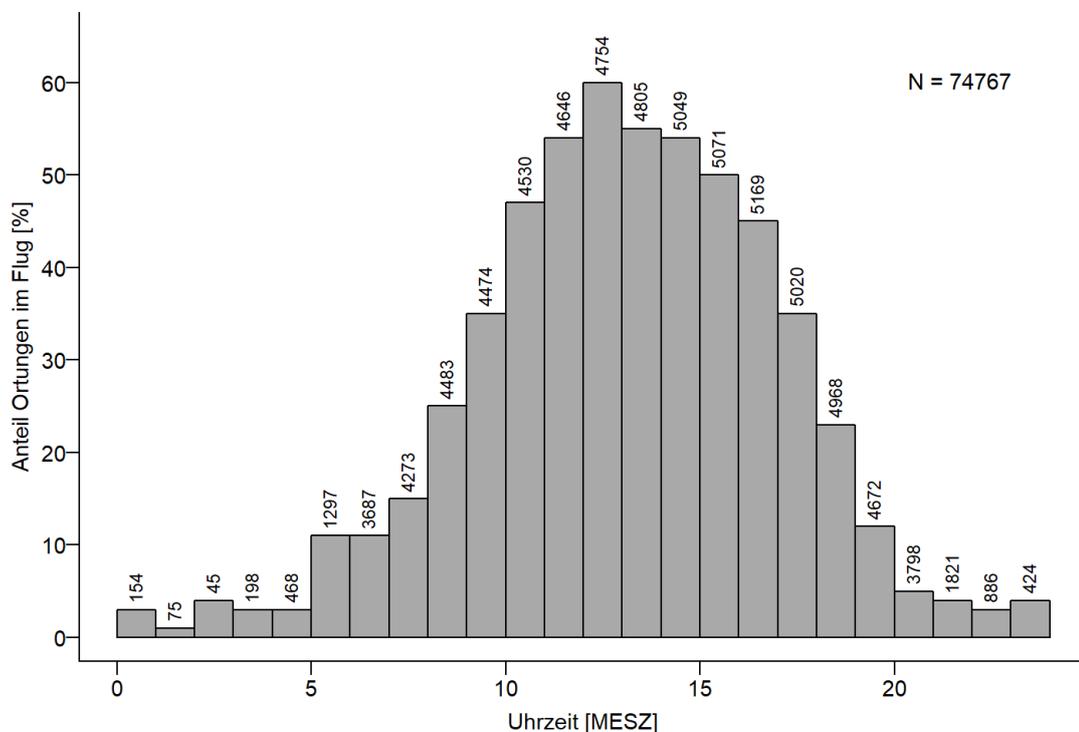


Abbildung 12: Flugaktivität in Abhängigkeit von der Tageszeit. Dargestellt ist der Anteil Ortungen im Flug an der gesamten Ortungszahl für jede ganze Stunde (5-Minuten-Datensatz für alle verfügbaren Tiere aus dem gesamten Untersuchungszeitraum). Für jede Stunde ist die Gesamtanzahl an Ortungspunkten angegeben.

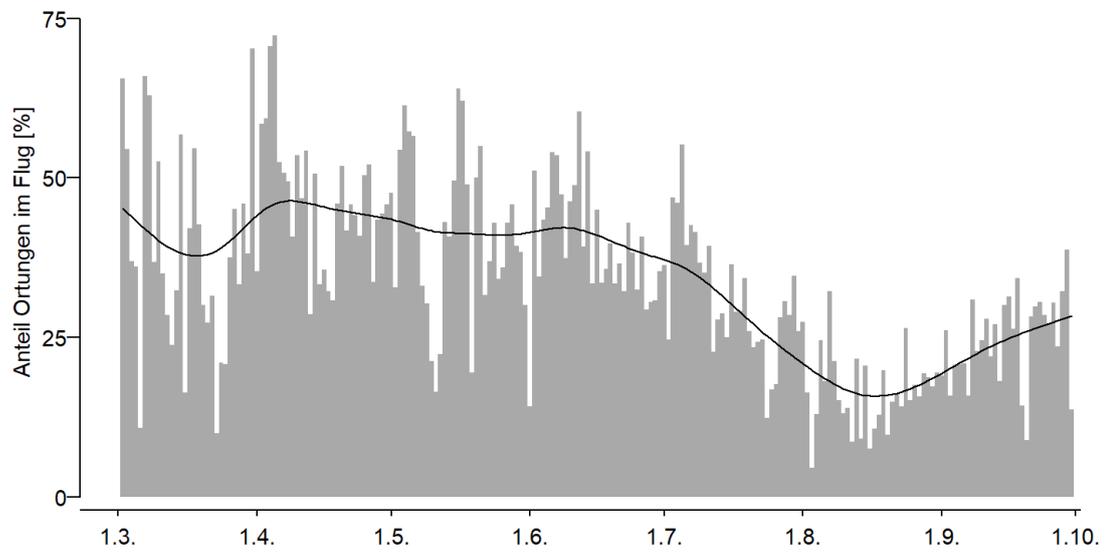


Abbildung 13: Flugaktivität im Jahresverlauf. Dargestellt ist der Anteil an Ortungen im Flug an allen Ortungen zwischen dem 1.3. und dem 30.9. basierend auf dem 5 min-Datensatz sowie eine Glättungskurve.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

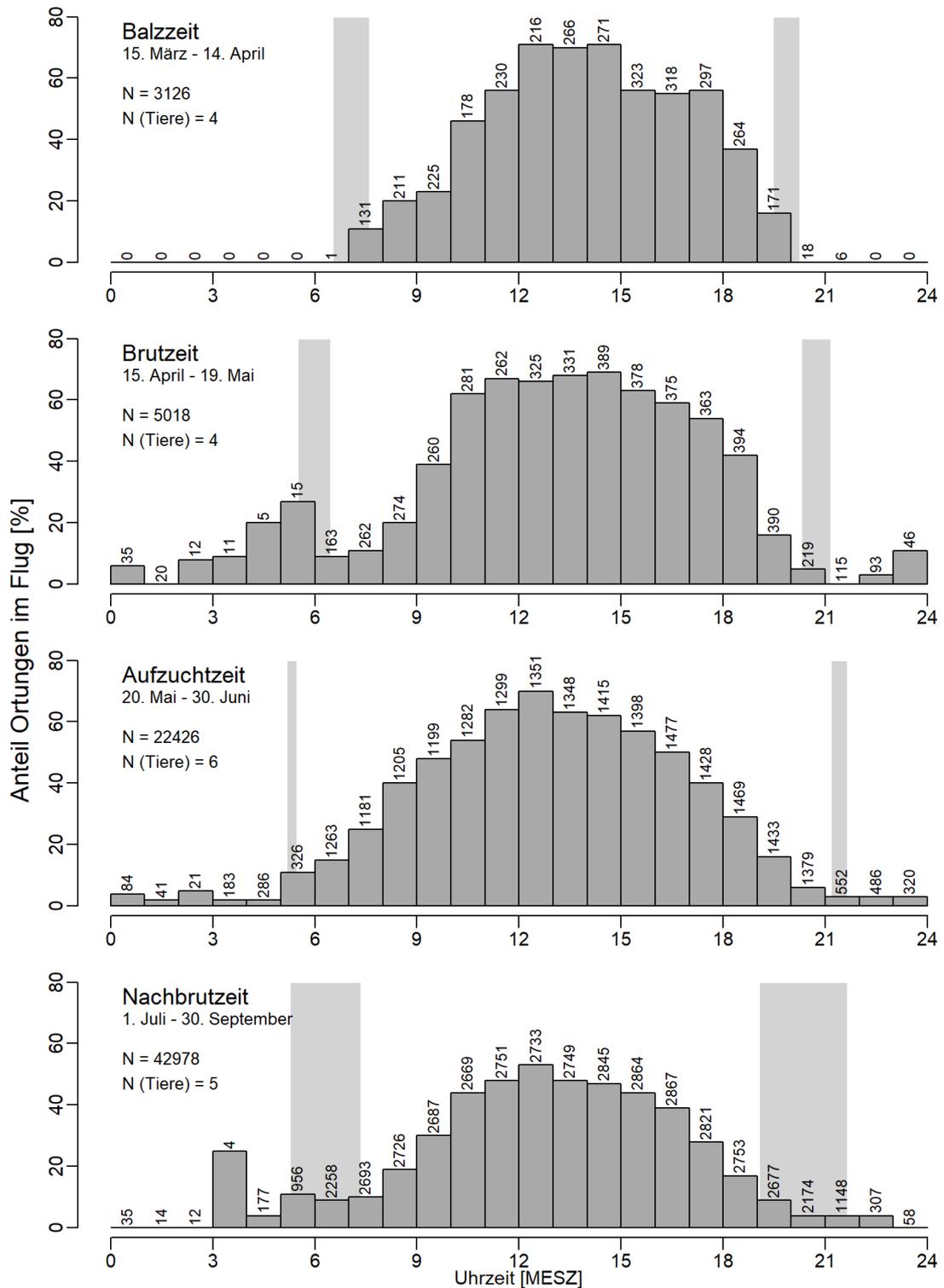


Abbildung 14: Flugaktivität in Abhängigkeit von der Tageszeit während der verschiedenen Brutzeitphasen. Dargestellt ist der Anteil Ortungen im Flug an der gesamten Ortungszahl für jede ganze Stunde (5 min-Datensatz, alle verfügbaren Tiere aus dem gesamten Untersuchungszeitraum). Die hellgrauen Bereiche markieren die Zeiträume der Sonnenauf- und Untergänge innerhalb der jeweiligen Brutzeitphase.

4.2.3 Flugaktivität und Flughöhe in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform

Flugaktivität (Flug/kein Flug)

Das statistische Modell zur Analyse der Flugaktivität zeigte einen signifikant ($p < 0,001$) negativen Effekt⁷ von Niederschlag und Temperatur sowie einen signifikant positiven Effekt von Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und labiler Luftschichtung auf die Flugaktivität. Im Verhältnis zur Kategorie 'Kein Hang' (Neigung < 5 Grad) hatten Hänge mit den Ausrichtungen N, NO, O, SO, S und NW einen signifikant negativen Einfluss, Hänge mit den Ausrichtungen W und SW einen signifikant positiven Einfluss auf die Flugaktivität (Tabelle 16). Das Gesamtmodell erklärte jedoch nur 14,9 % der Varianz in den Flugaktivitäts-Daten ($R^2 = 0,149$). 12,3 % der Varianz kann über die Umweltvariablen erklärt werden (marginal $R^2 = 0,123$). Bei der Betrachtung der einzelnen Wettervariablen kann am ehesten für die Sonnenscheindauer ($R^2 = 0,029$) und labile Luftschichtung ($R^2 = 0,027$) von einem tendenziell positiven Einfluss auf die Flugaktivität ausgegangen werden. Die anderen drei Wettervariablen erklären nur einen sehr geringen Teil der Flugaktivität (Tabelle 16). Auffällig bei der Analyse der Geländeform ist vor allem der positive Effekt der in Richtung Westen und Südwesten geneigten Hänge auf die Flugaktivität. Jedoch erklärt auch die Geländeform nur einen kleinen Teil der Varianz in den Flugaktivitäts-Daten ($R^2 = 0,025$). Insgesamt üben die untersuchten Umweltvariablen somit einen Einfluss auf die Flugaktivität aus (hohe statistische Signifikanz), allerdings ist dieser nur sehr schwach ausgeprägt (geringe Effektstärken und geringer Anteil an erklärter Varianz).

In Abbildung 15 ist der positive Einfluss der Luftschichtung auf die Flugaktivität ebenfalls zu erkennen (mit der Ausbreitungsklasse ansteigende Höhe der blauen Balken). Der positive Effekt der Windgeschwindigkeit und der Sonnenscheindauer wird in der Grafik jedoch nur schwach deutlich. Extremwerte der Flugaktivität sind in Abbildung 15 bei Temperaturen über 33°C erkennbar. Diesen liegen allerdings nur sehr wenige Ortungspunkte einzelner Milane zugrunde und dürfen deshalb nicht als generelles Muster interpretiert werden.

Die Ergebnisse der Modelle zur Analyse der Flugaktivität getrennt nach den verschiedenen Brutzeitphasen sind in Anhang 6 dargestellt. Die Einflüsse von Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und Luftschichtung lassen sich hier konstant über die vier Brutzeitphasen feststellen. Die Einflüsse von Temperatur und Geländeform variieren jedoch zwischen den Brutzeitphasen. Auffällig sind die zwischen den Brutzeitphasen variierenden Unterschiede von R^2 und marginal- R^2 -Werten (größter Unterschied zur Brutzeit, kleinster Unterschied in der Nachbrutzeit). Dies deutet darauf hin, dass sich das Flugverhalten der Tiere während der Brutzeit deutlicher unterscheidet als in der Nachbrutzeit. Der

⁷ Ein negativer Effekt bedeutet eine abnehmende Flugaktivität bei steigenden Werten der Wetterparameter. Ein positiver Effekt bedeutet eine zunehmende Flugaktivität bei steigenden Werten der Wetterparameter.

Grund hierfür ist vermutlich das unterschiedliche Flugverhalten der brütenden Weibchen und der kaum brütenden Männchen.

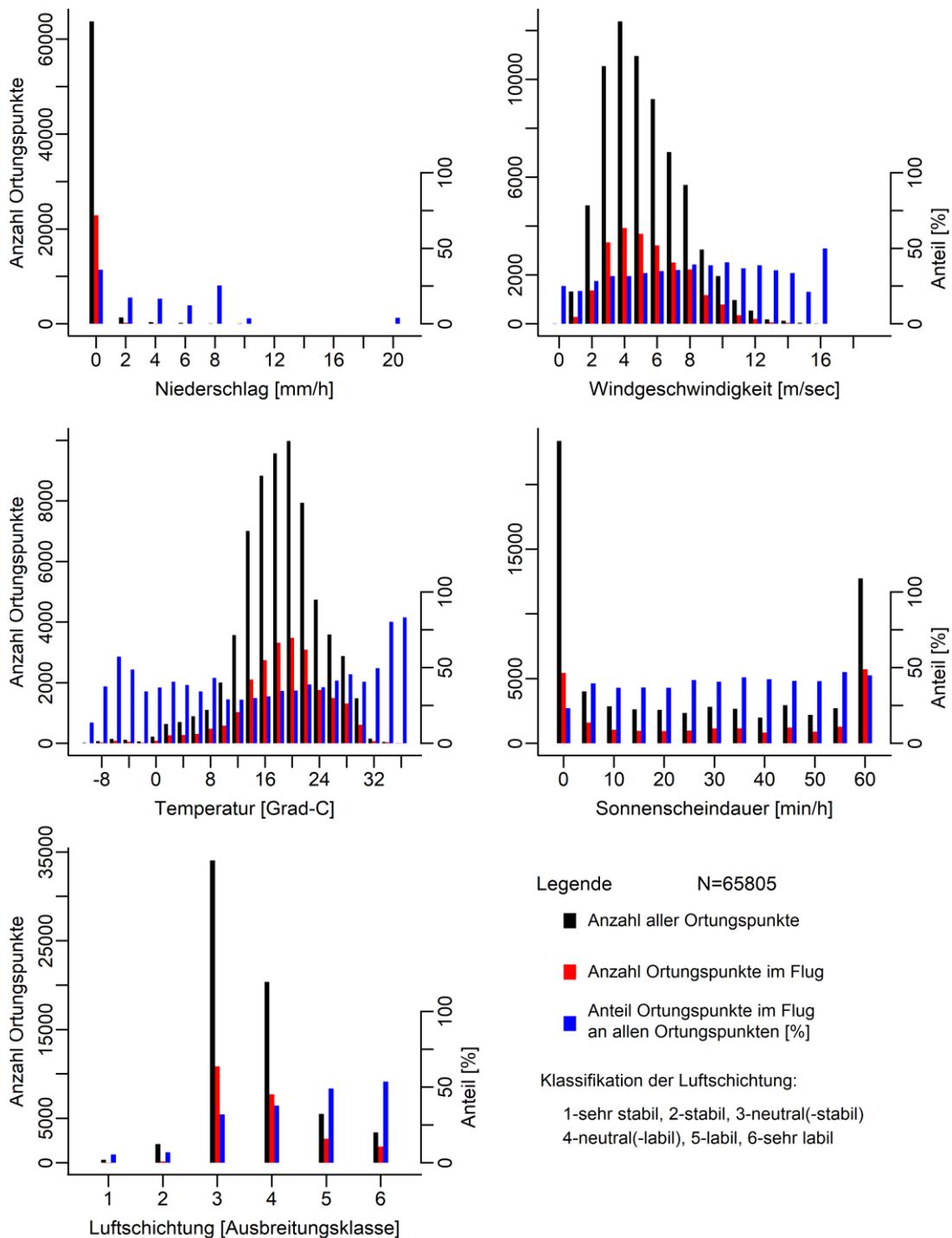


Abbildung 15: Verteilung der Flugaktivität (Anzahl der Ortungspunkte im Flug, rot) über die Häufigkeit der jeweiligen Ausprägung von fünf Wetterparametern (Anzahl aller Ortungspunkte, schwarz) und der prozentuale Anteil von Ortungspunkten im Flug an allen Ortungspunkten - jeweils bezogen auf die einzelne Klassierungseinheit (blau). Jeder blaue Balken stellt somit den prozentualen Anteil vom roten Balken am schwarzen Balken dar. Zum Teil ist die Anzahl an Ortungspunkten so gering, dass z. B. nur der blaue Balken erkennbar ist. Datengrundlage sind alle Ortungspunkte aus dem 5-Minuten-Datensatz, denen alle Umweltvariablen zugeordnet werden konnten.

Flughöhe

81 % der aufgenommenen Ortungspunkte im Flug wiesen eine Flughöhe von weniger als 100 m auf, 72 % eine Flughöhe von weniger als 75 m (vgl. Abbildung 16). Die Flughöhen unterschieden sich zwischen den Brutzeitphasen (Anteile Ortungspunkte im Flug unter 100 m: Balzzeit: 61 %, Brutzeit: 72 %, Aufzuchtzeit: 85 %, Nachbrutzeit: 81 %, vgl. Abbildung 17). Auf Rotorhöhe moderner Windenergieanlagen (80 – 250 m) wurden zwischen 29,0 % (Balzzeit) und 18,3 % (Aufzuchtzeit) der Ortungspunkte im Flug aufgenommen (Tabelle 15).

Bei einer Betrachtung der Flughöhen im Tagesverlauf zeigt sich, dass die Streuung der Werte vom Vormittag zum Nachmittag hin zunimmt, während der Median von 9 bis 19 Uhr annähernd konstant bleibt (Abbildung 18). Deutliche Abweichungen von diesem Muster sind auch bei einer nach Monaten getrennten Darstellung nicht zu erkennen (Abbildung 19).

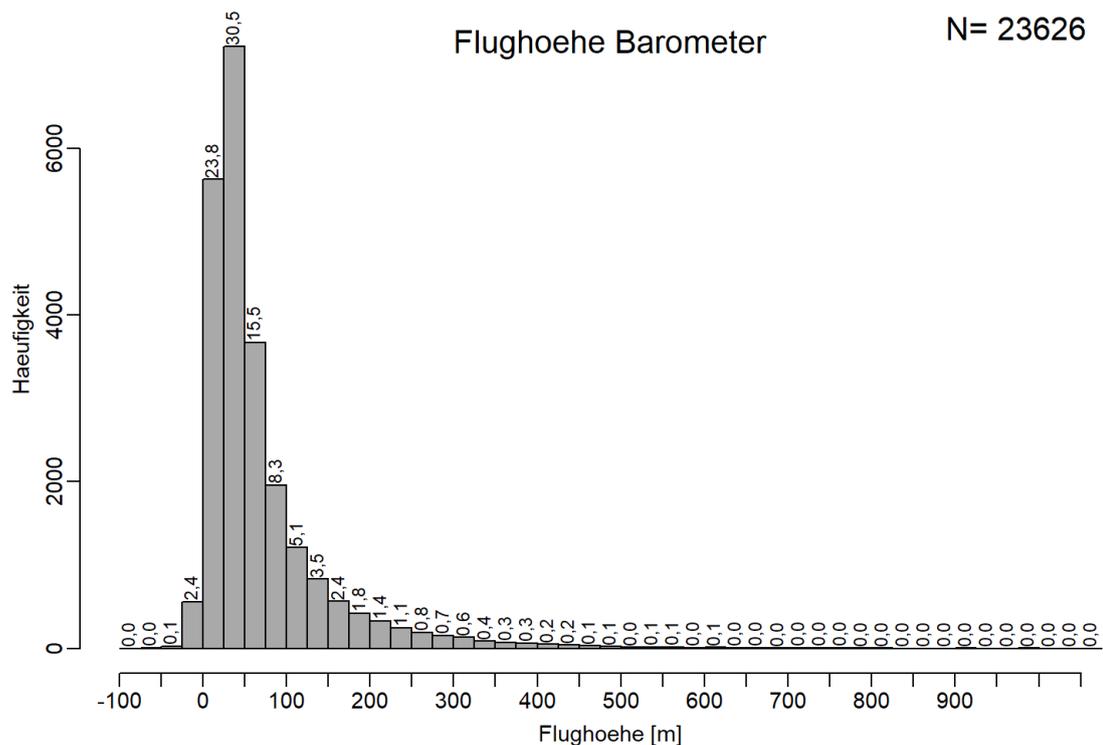


Abbildung 16: Histogramm der Flughöhen in 25 m-Klassen mit Angabe des jeweiligen prozentualen Anteils der Häufigkeit (Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, 5-Minuten-Datensatz, nur Ortungspunkte im Flug).

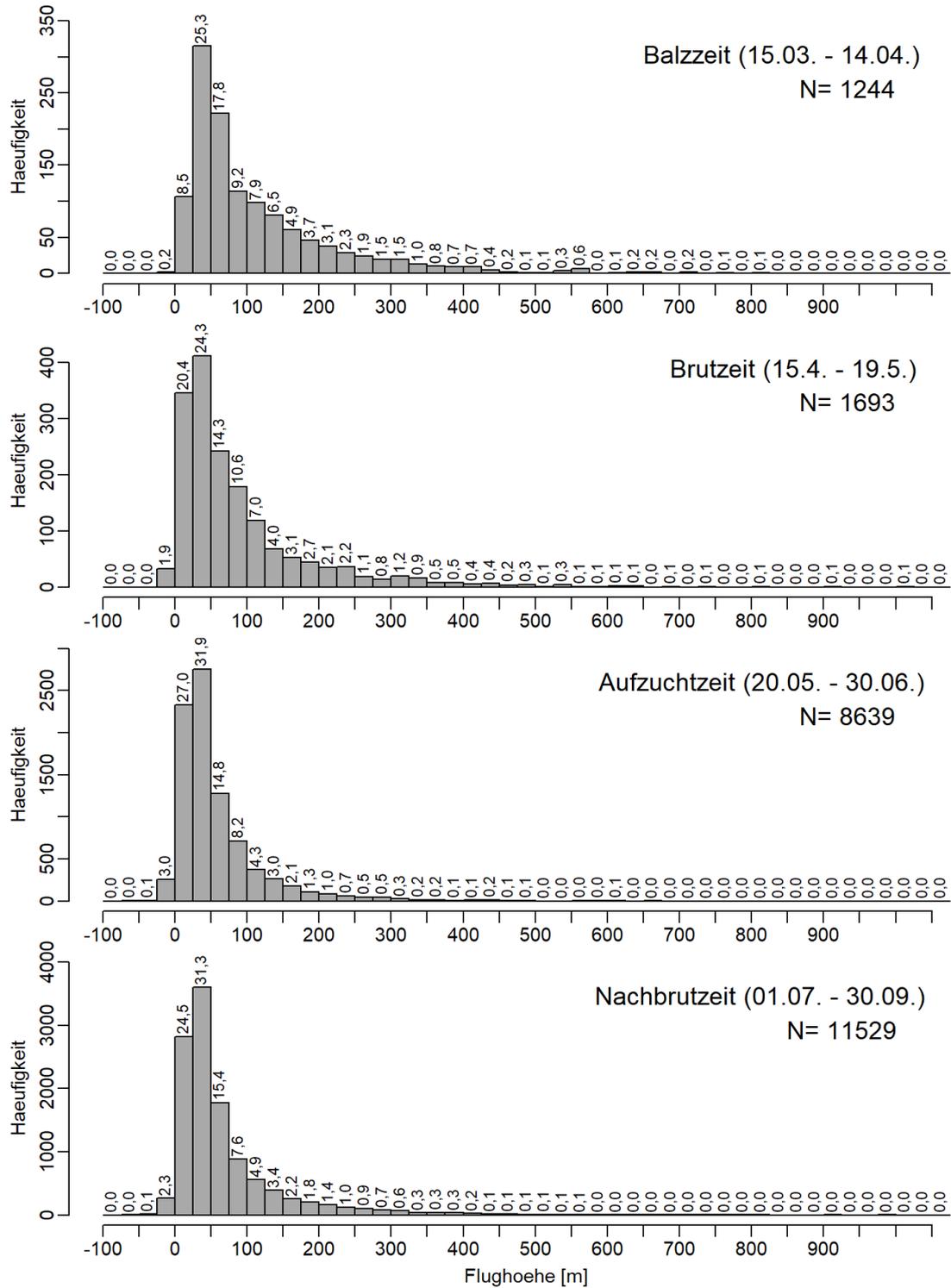


Abbildung 17: Histogramm der Flughöhen in 25 m-Klassen aufgeteilt nach Brutzeitphasen. Angegeben sind weiterhin die jeweiligen prozentualen Anteile (5-Minuten-Datensatz, Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, nur Ortungspunkte im Flug).

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 15: Anteil der Ortungspunkte im Flug in WEA-Rotorhöhe (80 – 250 m) an alle Ortungspunkten im Flug (5-Minuten-Datensatz), differenziert nach Brutzeitphasen.

Brutzeitphase	Anteil auf Rotorhöhe [%]
gesamt	19,9
Balzzeit	29,0
Brutzeit	22,8
Aufzuchtzeit	18,3
Nachbrutzeit	18,7

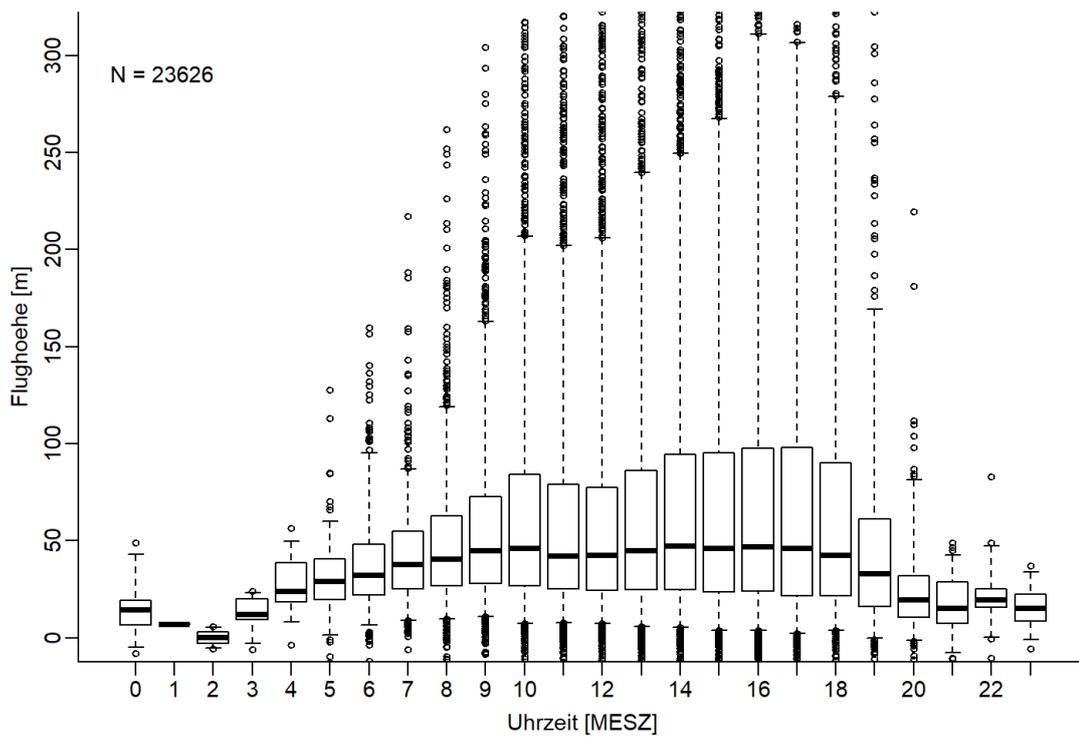


Abbildung 18: Boxplots der Flughöhen im Tagesverlauf (Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, 5-Minuten-Datensatz, nur Ortungspunkte im Flug). Die schwarze Linie markiert den Median; die Box entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen, die gestrichelte Linie kennzeichnet den Bereich, in dem die mittleren 90 % der Daten liegen.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

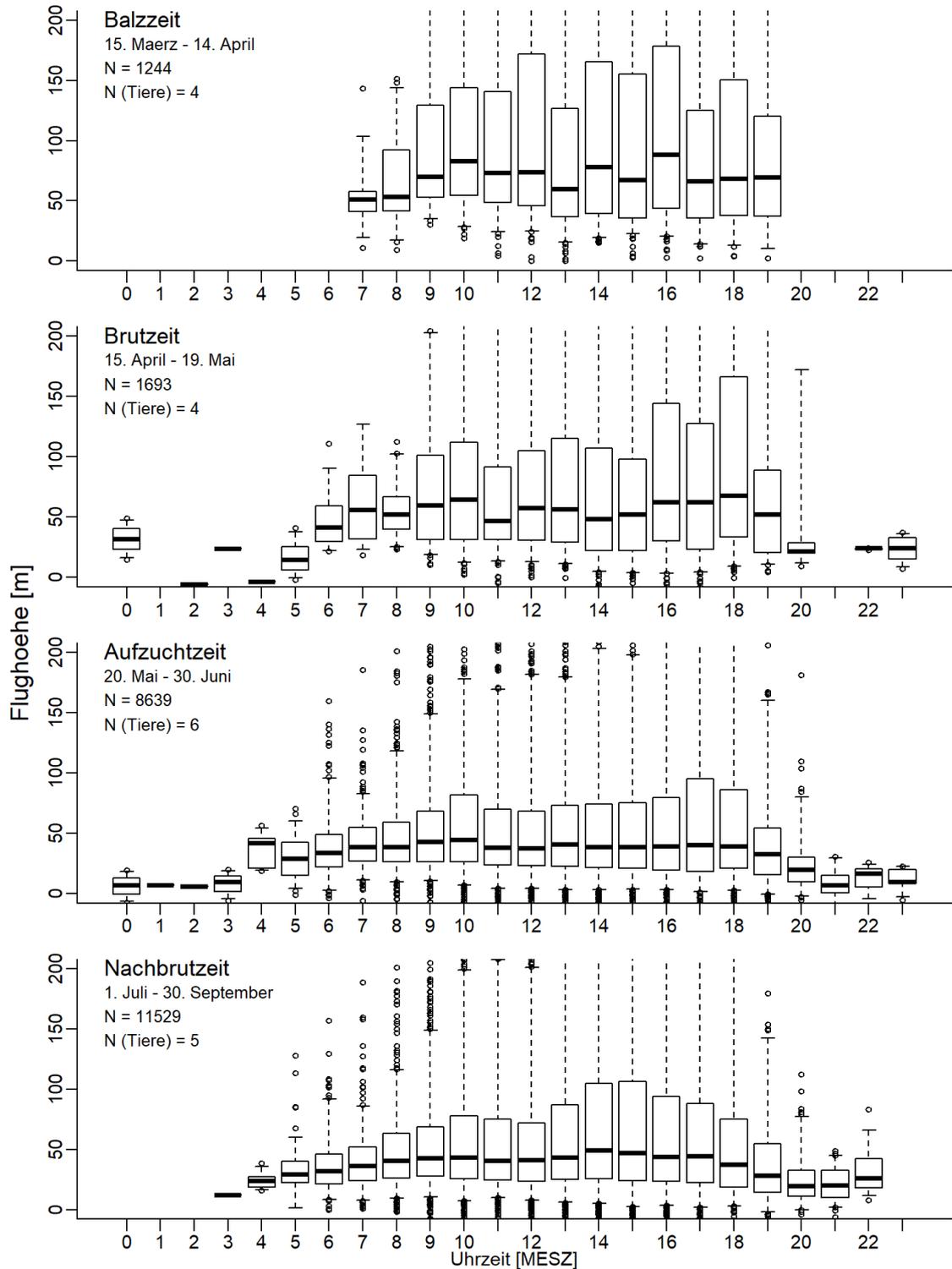


Abbildung 19: Boxplots der Flughöhen im Tagesverlauf getrennt nach Brutzeitphasen (Zeitraum ab Besenderung bis 31.07.2018, 5-Minuten-Datensatz, nur Ortungspunkte im Flug). Die schwarze Linie markiert den Median; die Box entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen, die gestrichelte Linie kennzeichnet den Bereich, in dem die mittleren 90 % der Daten liegen.

Das statistische Modell zur Analyse der kontinuierlichen Flughöhe (siehe Kapitel 3.9.2) zeigte einen signifikant ($p < 0,001$) negativen Effekt⁸ der Windgeschwindigkeit und Temperatur, einen signifikant positiven Effekt von Sonnenscheindauer und labiler Luftschichtung und keinen signifikanten Effekt des Niederschlags auf die Flughöhe (Tabelle 16). Bei der Geländeform zeigte das Modell für N-, O-, SW- und NW-Hänge einen signifikant negativen Effekt auf die Flughöhe. Das statistische Modell zur Analyse der kategorisierten Flughöhe (über/unter 80 m) zeigte im Unterschied zum zuvor beschriebenen Modell bei der Geländeform lediglich für Nord- und Osthänge einen signifikant negativen Effekt ($p < 0,001$; Tabelle 16).

Das Modell zur kontinuierlichen Flughöhe erklärt allerdings nur 11,5 % und das Modell zur kategorisierten Flughöhe nur 12,0 % der Varianz in den Flughöhen-Daten. Die Umweltvariablen erklären nur 2,1 % bzw. 3,3 % der Flughöhen-Daten (marginal R^2). Der bei weitem größte Teil der erklärten Varianz entfällt damit jeweils auf die Unterschiede zwischen den Vogelindividuen sowie den Untersuchungsjahren. Die einzelnen Umweltvariablen erklärten in beiden Modellen jeweils nur einen sehr kleinen Teil der Varianz in den Flughöhen-Daten (R^2 -Werte maximal 1,4 % bzw. 1,3 % für Windgeschwindigkeit, Tabelle 16). Auch visuell lassen sich keine deutlichen Trends von hohen Flugereignissen in Abhängigkeit der fünf Wettervariablen feststellen. Lediglich bei der Luftschichtung lässt sich der leicht positive Effekt auf die Flughöhe auch in der Angebot-Nachfrage-Grafik erkennen (Abbildung 20). Genauso lassen sich auch bei der Darstellung der kontinuierlichen Flughöhendaten keine deutlichen Trends ausmachen (Abbildung 21). Auch bei der differenzierten Analyse der Daten nach Brutzeitphasen sind für die Umweltvariablen keine konsistenten Einflüsse festzustellen (Anhang 7). Signifikante Effekte ($p < 0,001$) wurden vor allem in der Aufzucht- und Nachbrutzeit festgestellt, was an der höheren Stichprobengröße (N) liegen dürfte. Die R^2 -Werte sind jedoch auch zu diesen Brutzeitphasen sehr niedrig.

Insgesamt zeigen die durchgeführten Analysen, dass unter den betrachteten Wettervariablen am ehesten die Windgeschwindigkeit einen, wenn auch nur schwachen Einfluss auf die Flughöhe hat.

⁸ Ein negativer Effekt bedeutet eine abnehmende Flughöhe bei steigenden Werten der Wetterparameter.
Ein positiver Effekt bedeutet eine zunehmende Flughöhe bei steigenden Werten der Wetterparameter.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 16: Modellstatistiken eines generalisierten linearen gemischten Modells (GLGM) zur kategorisierten Flugaktivität (Flug/nicht Flug), eines linearen gemischten Modells (LGM) zur kontinuierlichen Flughöhe und eines GLGM zur kategorisierten Flughöhe (über/unter 80 m). Erklärende Variablen waren jeweils fünf Wettervariablen (z-standardisiert) und die kategorisierte Geländeform. Vogel-ID und das Untersuchungsjahr wurden als random-effect betrachtet. Die Effektstärken der acht Hangexpositionen geben den Unterschied zur Kategorie 'Kein Hang' an, für die Kategorie 'Kein Hang' sind damit keine statistischen Werte verfügbar. Datengrundlage war der 5-Minuten-Datensatz.

Wettervariable	GLGM Flugaktivität N = 65.805; R ² = 0,149; marg. R ² = 0,123			LGM Flughöhe N = 22.758; R ² = 0,115; marg. R ² = 0,021			GLGM Flughöhe N = 22.758; R ² = 0,120; marg. R ² = 0,033		
	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²
Niederschlag	- 0,23 ± 0,02	< 0,001	0,004	-0,01 ± 0,01	0,026	0,001	-0,06 ± 0,02	0,009	0,001
Windgeschwindigkeit	0,34 ± 0,01	< 0,001	0,005	-0,11 ± 0,01	< 0,001	0,014	-0,25 ± 0,02	< 0,001	0,013
Temperatur	- 0,09 ± 0,01	< 0,001	0,003	-0,07 ± 0,01	< 0,001	0,000	-0,16 ± 0,02	< 0,001	0,000
Sonnenscheindauer	0,32 ± 0,01	< 0,001	0,029	0,05 ± 0,01	< 0,001	0,006	0,14 ± 0,02	< 0,001	0,006
Luftschichtung	0,37 ± 0,01	< 0,001	0,027	0,05 ± 0,01	< 0,001	0,007	0,11 ± 0,02	< 0,001	0,007
Hang N	-0,25 ± 0,03	< 0,001	0,025	-0,10 ± 0,02	< 0,001	0,003	-0,22 ± 0,06	< 0,001	0,003
Hang NO	-0,15 ± 0,05	< 0,001		-0,09 ± 0,03	0,014		-0,11 ± 0,08	0,176	
Hang O	-0,51 ± 0,04	< 0,001		-0,12 ± 0,03	< 0,001		-0,36 ± 0,09	< 0,001	
Hang SO	-0,64 ± 0,03	< 0,001		-0,06 ± 0,03	0,021		-0,22 ± 0,07	0,001	
Hang S	-0,15 ± 0,03	< 0,001		-0,05 ± 0,02	0,021		-0,02 ± 0,05	0,687	
Hang SW	0,67 ± 0,04	< 0,001		-0,08 ± 0,02	< 0,001		-0,12 ± 0,06	0,039	
Hang W	0,35 ± 0,03	< 0,001		-0,03 ± 0,02	0,308		-0,09 ± 0,06	0,163	
Hang NW	-0,15 ± 0,04	< 0,001		-0,11 ± 0,03	< 0,001		-0,16 ± 0,07	0,016	

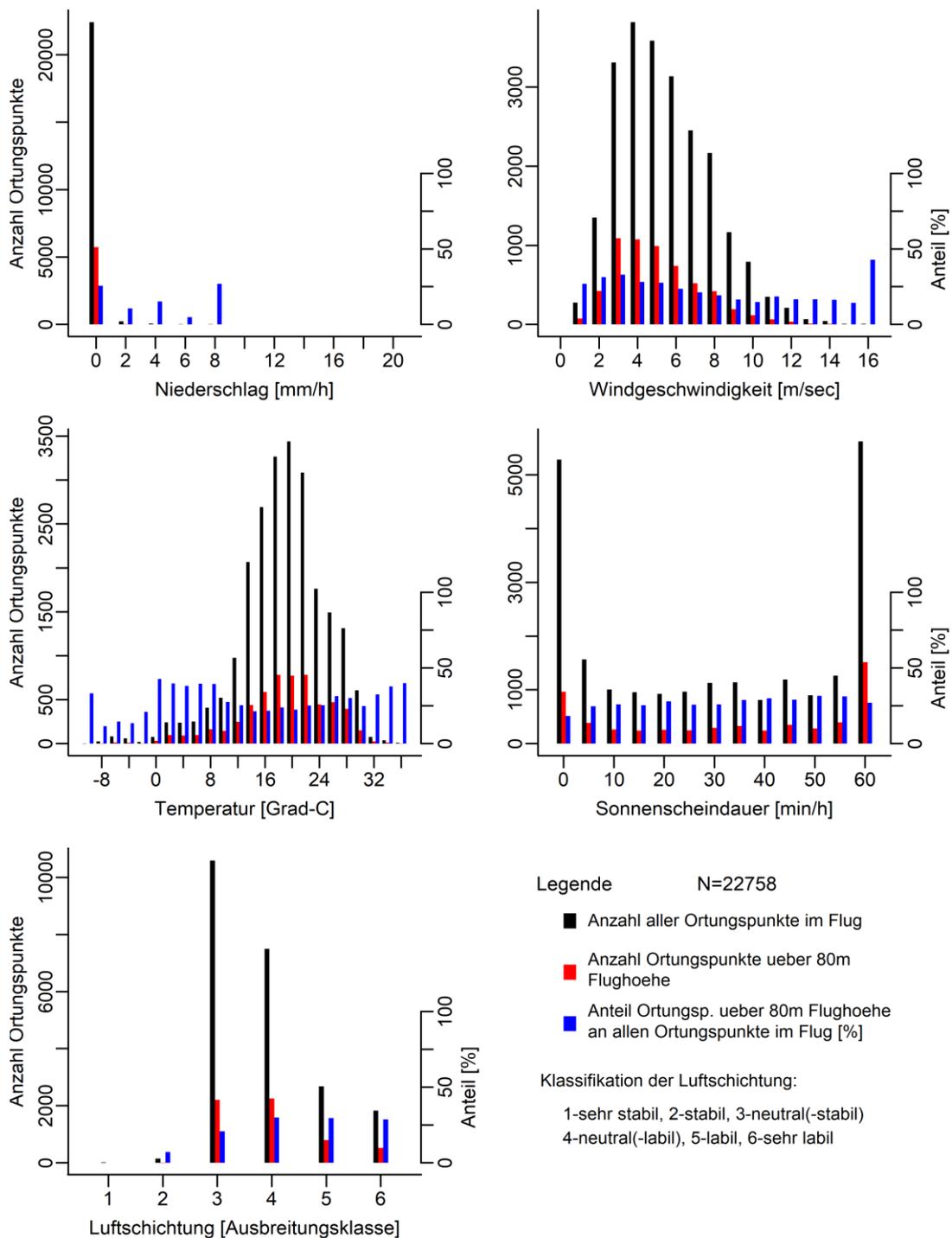


Abbildung 20: Verteilung von Flugereignissen und hohen Flugereignissen (über 80 m Flughöhe) sowie der prozentuale Anteil von hohen Flugereignissen an allen Flugereignissen über die Zustände von fünf Wettervariablen (Zeitraum ab Besenderung 22. Juni bis 30. September 2018). Jeder blaue Balken stellt somit den prozentualen Anteil vom roten Balken am schwarzen Balken dar. Zum Teil ist die Anzahl an Ortungspunkten so gering, dass z. B. nur der blaue Balken erkennbar ist. Datengrundlage sind alle Ortungspunkte des 5-Minuten-Datensatzes, denen alle Umweltvariablen zugeordnet werden konnten.

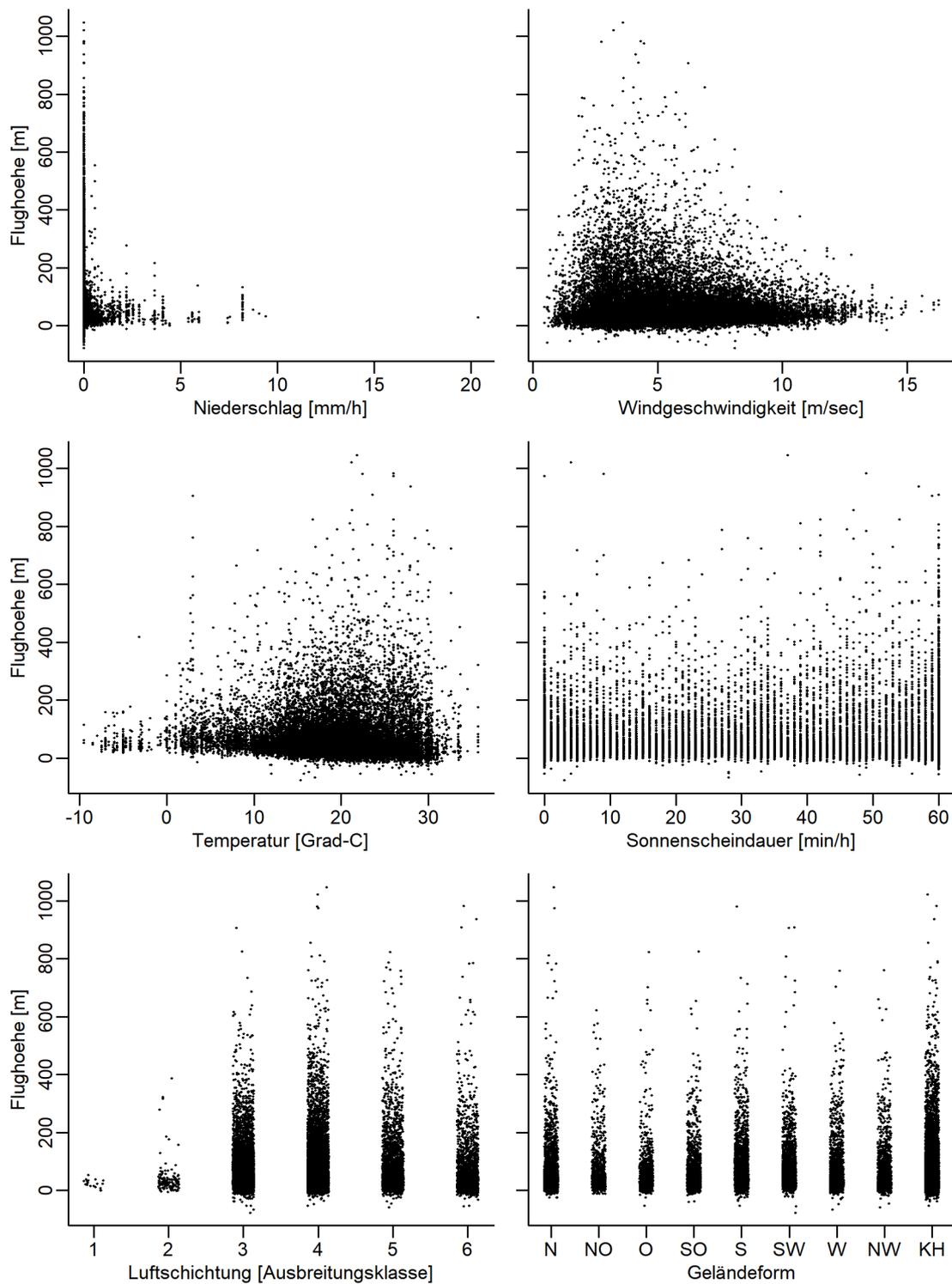


Abbildung 21: Datenpunkte der Flughöhe in Abhängigkeit von fünf Wettervariablen sowie Kategorien der Geländeform. Dargestellt sind die Ortungspunkte im Flug, denen alle Umweltvariablen zugeordnet werden konnten (5-Minuten-Datensatz, $N = 22.758$). Kategorien der Geländeform: Hang (mind. 5 Grad Neigung) mit Orientierung in die Himmelsrichtungen N, NO, O, SO, S, SW, W und NW sowie kein Hang (weniger als 5 Grad Neigung, KH).

4.2.4 Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetterparametern

Das statistische Modell zur Analyse der täglichen Aktionsraumgröße in Abhängigkeit vom Wetter zeigte einen signifikant positiven Effekt von Temperatur und labiler Luftschichtung auf die Aktionsraumgröße (Tabelle 17). Das Modell erklärt 19,9 % der Varianz in den Aktionsraumgrößen-Daten, die Umweltvariablen erklären jedoch nur 4,2 % der Daten (marginal R^2). Der größte Teil der erklärten Varianz entfällt damit auch hier jeweils auf die Unterschiede zwischen den Vogelindividuen sowie den Untersuchungsjahren. Die einzelnen Umweltvariablen erklärten nur einen kleinen Teil der Varianz (R^2 -Werte Temperatur: 3,0 %, Luftschichtung: 1,9 %). Der positive Einfluss der Temperatur auf die tägliche Aktionsraumgröße ist auch im Punktediagramm erkennbar (Abbildung 22).

Tabelle 17: Modellstatistik eines linearen gemischten Modells mit der täglichen Aktionsraumgröße als abhängiger und fünf Wettervariablen (z-standardisiert) als erklärende Variablen sowie der Vogel-ID und dem Untersuchungsjahr als random-effect. N = 906; $R^2 = 0,199$ (Gesamtmodell); marginal $R^2 = 0,042$ (Umweltvariablen).

Wettervariable	Effektstärke \pm Standardfehler	p - Wert	R^2
Niederschlag	- 0,04 \pm 0,03	0,289	0,003
Windgeschwindigkeit	0,02 \pm 0,04	0,682	0,005
Temperatur	0,14 \pm 0,04	< 0,001	0,030
Sonnenscheindauer	- 0,01 \pm 0,04	0,781	0,011
Luftschichtung	0,10 \pm 0,04	< 0,05	0,019

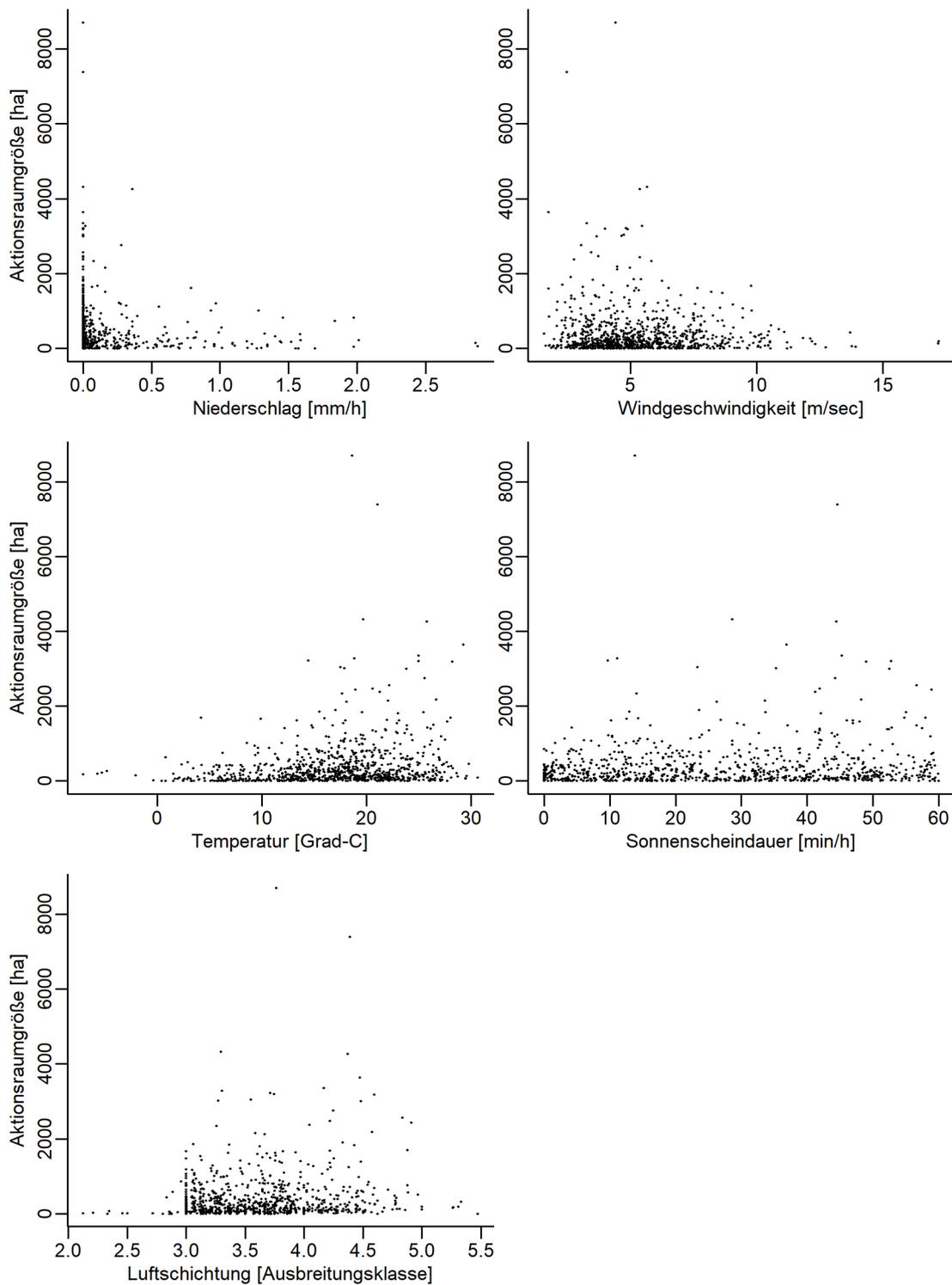


Abbildung 22: Datenpunkte der täglichen Aktionsraumgröße (100 % MCP) in Abhängigkeit von fünf Wettervariablen. Die Werte der Wettervariablen sind Tagesmittelwerte, entsprechend sind die Werte der Luftschichtung kontinuierliche Mittelwerte der Kategorien 1 bis 6. Die Daten stammen von den vier Milanen Tristan, Isolde, Noah und Max, N = 906).

4.2.5 Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten

Landnutzungstypen

Die Frequentierung der verschiedenen Landnutzungstypen im 1,5 km Radius um den jeweiligen Rotmilanhorst unterschied sich deutlich zwischen den verschiedenen Individuen (Daten nicht dargestellt). Die als vergleichbares Maß für den unter- oder überproportionalen Aufenthalt über bestimmten Landnutzungstypen berechneten Werte des Jacobs-Index sind in Tabelle 18 zusammengefasst. Über die gesamte Untersuchungsaison zeigte sich ein signifikant unterproportionaler Aufenthalt der Milane über intensiv genutzten Maisäckern und über Nadelwald. Bei der zeitlich differenzierten Betrachtung zeigte sich in einzelnen Monaten ein signifikant unterproportionaler Aufenthalt über verschiedensten Landnutzungstypen: Intensiv Acker (Hackfrüchte, Mais und Raps), Extensiv Grünland, Laubwald, Nadelwald sowie dem Landnutzungstyp ‚Siedlungen und Gebäude‘. Über dem Landnutzungstyp ‚Wiese, Baumreihe, Feldholzinsel, Hecke zu gleichen Anteilen‘ hielten sich die Milane im März signifikant überproportional häufig auf (Tabelle 18). Eine Tendenz der Bevorzugung in mehr als einem Monat ließ sich für die Landnutzungstypen Intensiv Acker (Getreide), Intensiv und Extensiv Grünland, Laub- und Mischwald sowie den Landnutzungstyp ‚Wiese, Baumreihe, Feldholzinsel, Hecke zu gleichen Anteilen‘ feststellen.

Zu beachten ist, dass der Jacobs-Index deutlich sensitiver für die Meidung als für die Bevorzugung bestimmter Flächen ist⁹. Bei der Betrachtung einzelner Tiere ergeben sich daher in der Regel mehr negative als positive Werte bei den verschiedenen Landnutzungsklassen. Mittelt man diese Einzelwerte dann über die verschiedenen Tiere und Jahre, ergibt sich meist ein negativer Mittelwert (siehe Tabelle 18). Entsprechend treten signifikant positive Werte nur selten auf. Zudem liegen zu mehreren Landnutzungsklassen nur sehr wenige Werte von zum Teil nur einzelnen Tieren vor. Diese Werte sind entsprechend statistisch nicht signifikant und sollten ökologisch nicht diskutiert werden. Insgesamt lassen sich aus den vorliegenden Daten nur schwer generelle Muster ableiten.

⁹ Die räumliche Ausdehnung der Aktionsräume verändert sich im Laufe eines Jahres, sodass im „Angebot“ der verfügbaren Landnutzungstypen immer auch Flächen existieren, die überhaupt nicht beflogen werden.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 18: Jacobs-Index der verschiedenen Landnutzungstypen über den gesamten Untersuchungszeitraum sowie differenziert nach Monaten. Die Index-Werte sind Mittelwerte der verschiedenen Milane und Jahre. Negative Werte bedeuten eine unterproportionale Nutzung des Landnutzungstyps, positive eine überproportionale Nutzung. Signifikant positive oder negative Werte (90% - Konfidenzintervall des Mittelwerts enthält nicht 0) sind fett dargestellt, wobei positive Werte grün und negative Werte rot dargestellt sind.

Monate	Intensiv Acker (Getreide)	Intensiv Acker (Hackfrüchte)	Intensiv Acker (Mais)	Intensiv Acker (Raps)	Extensiv Acker (Getreide)	Extensiv Acker (Hackfrüchte)	Intensiv Grünland	Extensiv Grünland	Laubwald	Mischwald	Nadelwald	Wiese, Baumr., Feldholzins., Hecke	Siedlungen und Gebäude
gesamte Saison	0,1	-0,1	-0,3	-0,2	-1,0	-0,2	0,0	0,1	0,3	-0,0	-0,8	0,0	-0,1
März	-0,3	-0,6	-0,8	-0,6	-1,0	-1,0	0,0	-0,6	-1,0	0,1	-1,0	0,2	-0,5
April	-0,1	-0,6	-0,1	-0,2	-1,0	-1,0	-0,1	-0,8	-0,2	0,0	-1,0	0,3	-0,2
Mai	-0,2	-0,1	-0,1	-0,0	-1,0	-1,0	0,1	-0,6	-0,1	-0,1	-1,0	0,0	-0,4
Juni	-0,2	-0,5	-0,4	-0,3	-1,0	-0,2	-0,0	-0,1	-0,0	-0,1	-1,0	-0,0	-0,2
Juli	0,1	0,1	-0,4	-0,3	-1,0	-0,1	-0,0	0,0	0,9	-0,1	-0,8	-0,0	-0,3
Aug.	0,2	-0,8	-0,5	-0,1	-	-0,4	0,0	0,2	1,0	-0,1	-0,6	-0,2	-0,3
Sept.	0,1	-0,6	-0,6	-0,7	-	0,2	-0,2	-0,1	1,0	-0,4	-0,9	-0,2	-0,2

Bewirtschaftungsereignisse

In Anhang 10 und Anhang 11 sind die Rohdaten und Verhältnisse aus Ortungen und verfügbarer Fläche über bewirtschafteten und nichtbewirtschafteten Flächen nach Individuen differenziert dargestellt. Im ersten Untersuchungsjahr 2016 waren die Ergebnisse in beiden mehrfach untersuchten Brutrevieren in den verschiedenen Wochen nicht eindeutig. Eine überproportionale Nutzung von Flächen mit Bewirtschaftungsereignissen ist anhand dieser Daten nicht zu erkennen.

Auch in den Jahren 2017 und 2018, d. h. bei der wochenweisen Betrachtung, variieren die Ergebnisse teils stark zwischen den verschiedenen Kartierdurchgängen. Insgesamt weisen die Ergebnisse jedoch auf eine überproportionale Frequentierung bzw. Befliegung von Flächen mit Bewirtschaftungsereignissen hin (Mittelwert über alle Kartierdurchgänge der sechs betrachteten Rotmilanjahre war größer 1, siehe Anhang 10 und 11). Wenn also Bewirtschaftungsereignisse innerhalb der Kartierflächen (Karte 5.4 und 5.5) vorkamen, wurden diese Flächen tendenziell häufiger befliegen. Es zeichnet sich also ab, dass Rotmilane auch in der grünlanddominierten Landschaft des Vogelsberges bevorzugt kürzlich bewirtschaftete Flächen zur Nahrungssuche nutzen.

4.2.6 Flugverhalten im Umfeld der Windparks

Im gesamten Untersuchungszeitraum (22.06.-30.09.2016, 01.03.-30.09.2017, 01.03.-31.07.2018) erfolgten an 155 von insgesamt 468 Tagen Ortungen in den verschiedenen Windpark-Geofences (vgl. Karte 1.1). Insgesamt lieferten die Sender hierbei 98.110 Ortungspunkte, wovon 35.682 als Punkte während des Flugs klassifiziert wurden.

Beispielhaft ist die Geofence-Datenaufnahme für die regelmäßig beflogenen Windparks "Ulrichstein-Platte" (2016-2, 2017-5) und "Alte Höhe" (2017-7) in den Karten 4.1 bis 4.3 sowie in den Karten 4.6 und 4.7 dargestellt. Die Abstände der im Sekundentakt aufgenommenen Ortungspunkte in den Karten erlauben einen Rückschluss auf die Geschwindigkeit, mit der sich der jeweilige Vogel fortbewegt hat, Höhenänderungen während einer Flugbewegung sind anhand der Farbe der Punkte zu erkennen. Zur Vermeidung von Fehlinterpretationen ist die Funktionsweise der Geofences zu beachten. Erst wenn im Rahmen der Grundtaktung eine Ortung innerhalb der Geofence-Grenzen erfolgt, startet die Geofence-Aufnahme im Sekundentakt. Entsprechend können die in den Geofences aufgenommenen Ortungspunkte kein vollständiges Abbild der Flugaktivität innerhalb derselben liefern.

Rechnet man die hohe Anzahl an Geofence-Ortungspunkten auf eine 5-Minuten Taktung herunter, um eine Vergleichbarkeit mit den Daten außerhalb der Geofences herzustellen, zeigt sich, dass sich die Milane nur selten im Bereich der Windparks aufhielten. Nur 1,5 % aller Ortungspunkte im Flug wurden in den Grenzen der Windpark-Geofences aufgenommen, da die Geofences vorwiegend in den Randbereichen der Aktionsräume der besenderten Tiere lagen (272 von 18.284 Ortungen bei 5-Minuten Taktung; nur brütende Vögel: Isolde, Max, Noah und Tristan, siehe Karten 3.1 - 3.3). Der anteilige Aufenthalt in Windparks in Abhängigkeit von Monat oder Tagesstunde variierte sehr stark. Generelle Muster sind nicht zu erkennen.

Wetterverhältnisse während Flugereignissen in Windpark-Geofences

In Abbildung 23 sind die Wetterverhältnisse während der Flugereignisse in Windparks im Verhältnis zu den Wetterverhältnissen während des gesamten Untersuchungszeitraumes dargestellt. Auffällig ist, dass bei allen Zeigerwerten für gute Thermik, d. h. bei hohen Temperaturen, einer hohen Sonnenscheindauer und einer labilen Luftschichtung, überproportional viele Ortungen in den Windpark-Geofences aufgenommen wurden, während kein deutlicher Effekt dieser Parameter auf die grundsätzliche Flugaktivität nachgewiesen wurde (siehe Ergebnisse in Kapitel 4.2.3).

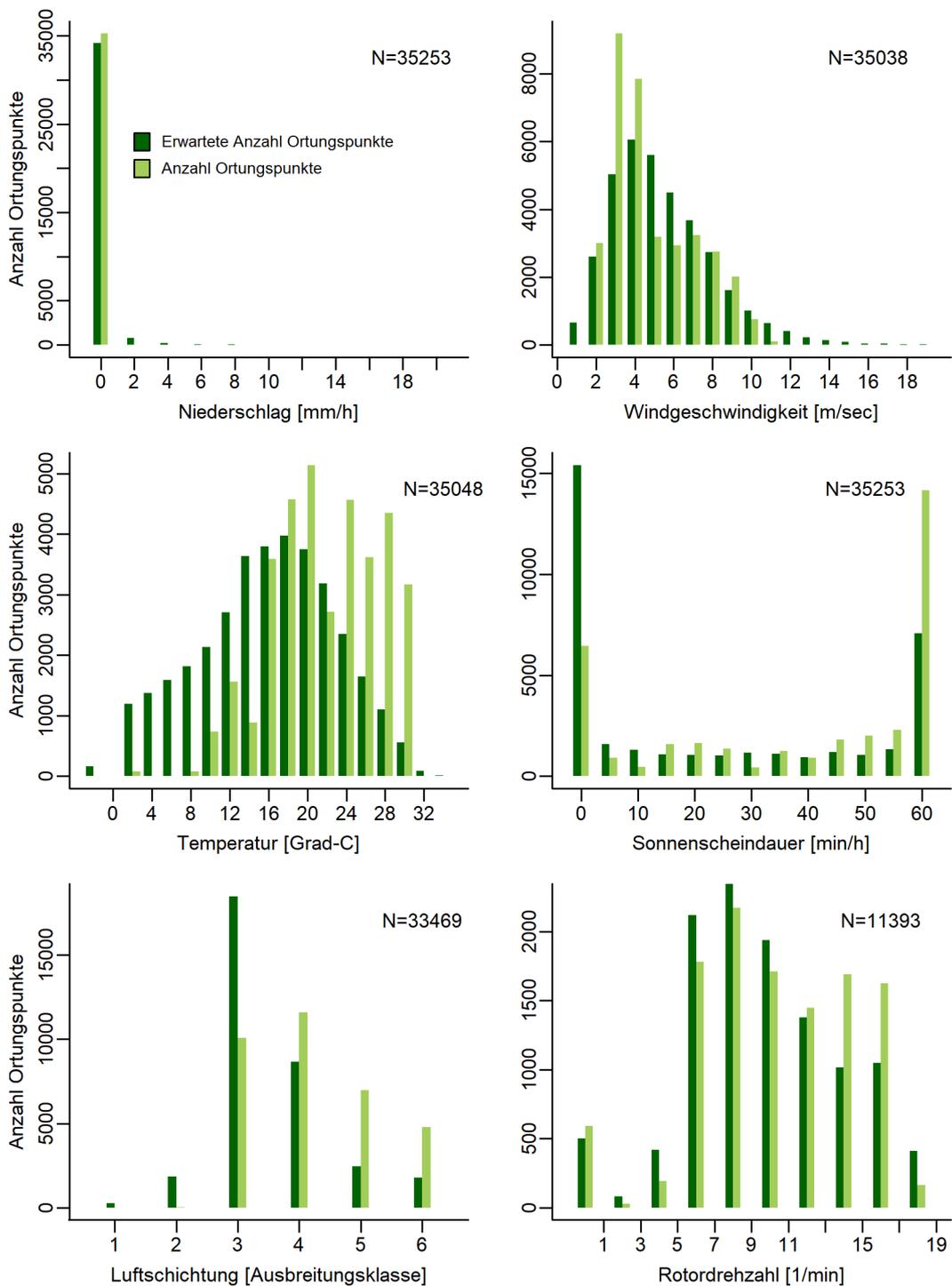


Abbildung 23: Wetterverhältnisse und Rotordrehzahlen während Flugereignissen in allen Windpark-Geofences, dargestellt als Anzahl Ortungspunkte (hellgrün) sowie die Anzahl an Ortungspunkten (dunkelgrün), die man entsprechend den im Untersuchungszeitraum (5-22 Uhr) vorherrschenden Wetterverhältnissen erwarten würde.

Flugereignisse im Nahbereich der WEA-Rotorblätter

Im Nahbereich der WEA-Rotoren wurde ausschließlich Noah mit insgesamt 212 Ortungspunkten während 28 Flugereignissen festgestellt (Windparks "Ulrichstein-Platte" und "Alte Höhe"; beide über 2 km vom Horst entfernt). Diese Flugereignisse im Nahbereich der WEA-Rotoren mit Informationen zu Flugwegen sowie den teils verfügbaren Daten zu Rotordrehzahl und Rotorausrichtung sind in Tabelle 19 dargestellt. Der Windpark "Alte Höhe" besteht aus zwei verschiedenen Anlagentypen, wobei die älteren WEA 1-10 keine Informationen zu Rotordrehzahl und -ausrichtung aufnehmen. Für die Flugereignisse im Nahbereich der Rotoren lagen dementsprechend nur teilweise Daten zu Rotordrehzahl oder Rotorausrichtung vor. Mehrfach wurden Flüge bis auf wenige Meter an die Mast-Achse heran dokumentiert. Ein Durchflug durch einen drehenden Rotor und damit im kollisionskritischen Bereich wurde auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht nachgewiesen.

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Tabelle 19: Flugereignisse im kollisionskritischen Bereich (KB; Rotordurchflüge) und im Nahbereich (NB) von WEA-Rotoren. Dargestellt sind die 28 Flugereignisse von Noah in den Windparks "Ulrichstein-Platte" (UP) und "Alte Höhe" (AH) mit Daten zu Flugwegen und Flughöhe. Der Windpark AH besteht aus zwei verschiedenen Anlagentypen, die älteren WEA 1-10 nehmen keine Informationen zu Rotordrehzahl und -ausrichtung auf. WEA 1-7 des WP UP: Nabenhöhe: 138 m, Rotordurchmesser: 82 m; Rotorunterkante: 97 m. WEA 1-10 des WP AH: Nabenhöhe: 70 m, Rotordurchmesser: 60 m, Rotorunterkante: 40 m.

Datum	Uhrzeit	Windpark	WEA	Ortungspunkte im NB	Rotordrehzahl [1/min]	Rotorspitzen-geschw. [km/h]	Gondelposition [Grad]	Rotorausrichtung	Flugstrecke im NB	Min. Horiz.-Abstand zur Mast-Achse [m]	Flughöhe [m]
Flüge im kollisionskritischen Bereich (KK) der WEA-Rotoren											
-											
(Ein Durchflug durch einen drehenden Rotor fand nicht statt)											
Flüge im Nahbereich (NB) von WEA-Rotoren											
15.07.16	13:19	UP	1	9	10,14	157	302	NNO - SSW	SW -> N; parallel zu Rotor	18	136
25.07.16	10:54	UP	2	4	4,0	62	276	N - S	N -> O schräg zum Rotor	44	89
17.05.17	09:23	AH	4	2	-	-	-	-	im NW, nach unten aus NB	33	35
03.06.17	11:48	AH	8	3	-	-	-	-	SO-Rand	38	68
05.06.17	14:46	AH	7	12	-	-	-	-	kreisen im SW, dann WNW-Rand	27	54
14.06.17	08:56	AH	10	7	-	-	-	-	S -> W	19	89
14.06.17	08:56	AH	7	29	-	-	-	-	kreisen im NW/W	11	100
14.06.17	11:40	AH	2	36	-	-	-	-	SSW -> NNO nah am Mast vorbei -> kreisen im NW, wieder -> SSW	5	32
21.06.17	11:29	AH	5	3	-	-	-	-	ONO-Rand	36	42
21.06.17	11:42	AH	5	11	-	-	-	-	NO -> im W um Anlage -> S	10	33
21.06.17	11:44	AH	9	2	-	-	-	-	SO-Rand	37	79

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

21.06.17	11:44	AH	9	6	-	-	-	-	kreisen im NO nach oben aus NB	18	105
21.06.17	13:35	AH	6	6	-	-	-	-	NO -> NW	21	30-40
21.06.17	14:26	AH	3	6	-	-	-	-	SO -> WSW	27	32
21.06.17	14:45	AH	6	34	-	-	-	-	kreisen W->SW, um die Anlage herum und nach oben aus NB	5	63-109
21.06.17	15:36	AH	6	4	-	-	-	-	NO -> O-Rand	32	49
21.06.17	15:37	AH	1	1	-	-	-	-	OSO-Rand	39	67
21.06.17	15:41	AH	7	4	-	-	-	-	unterer Rand im S des NB	35	31
25.06.17	19:32	UP	4	1	14,75	228	264	N - S	SO-Rand	50	137
26.06.17	16:14	UP	1	5	8,93	138	281	N - S	W -> S, schräg zum Rotor	31	97
07.07.17	14:37	AH	5	5	-	-	-	-	W -> N	23	84
09.07.17	16:28	AH	6	2	-	-	-	-	SSO-Rand	37	64
27.06.18	08:04	AH	8	7	-	-	-	-	W -> S, unterer Rand des NB	23	37
27.06.18	08:07	AH	10	9	-	-	-	-	NO -> SO	30	66
27.06.18	08:07	AH	3	18	-	-	-	-	kreisen im W des NB	19	40
27.06.18	08:09	AH	3	11	-	-	-	-	S -> O -> N, am Rand des NB	27	64-44
27.06.18	08:10	AH	2	11	-	-	-	-	O -> SO -> S	26	63
27.06.18	08:11	AH	6	10	-	-	-	-	W -> N	30	39

Ringpuffer-Analyse

Die Ringpufferanalyse ohne Differenzierung der Flughöhe zeigt keinen Gradienten in der Flächenfrequentierung von außerhalb des Windparks hin zum Inneren (Abbildung 24). Hinweise auf ein erkennbares Umfliegen der Windparks oder einzelner Anlagen ergeben sich somit nicht. Auch bei einer Differenzierung nach drei Flughöhenkategorien (unter, auf und über Rotorhöhe) ergaben sich für den relevanten Bereich auf Rotorhöhe keine Hinweise auf ein potenzielles Meideverhalten gegenüber dem Rotorbereich.

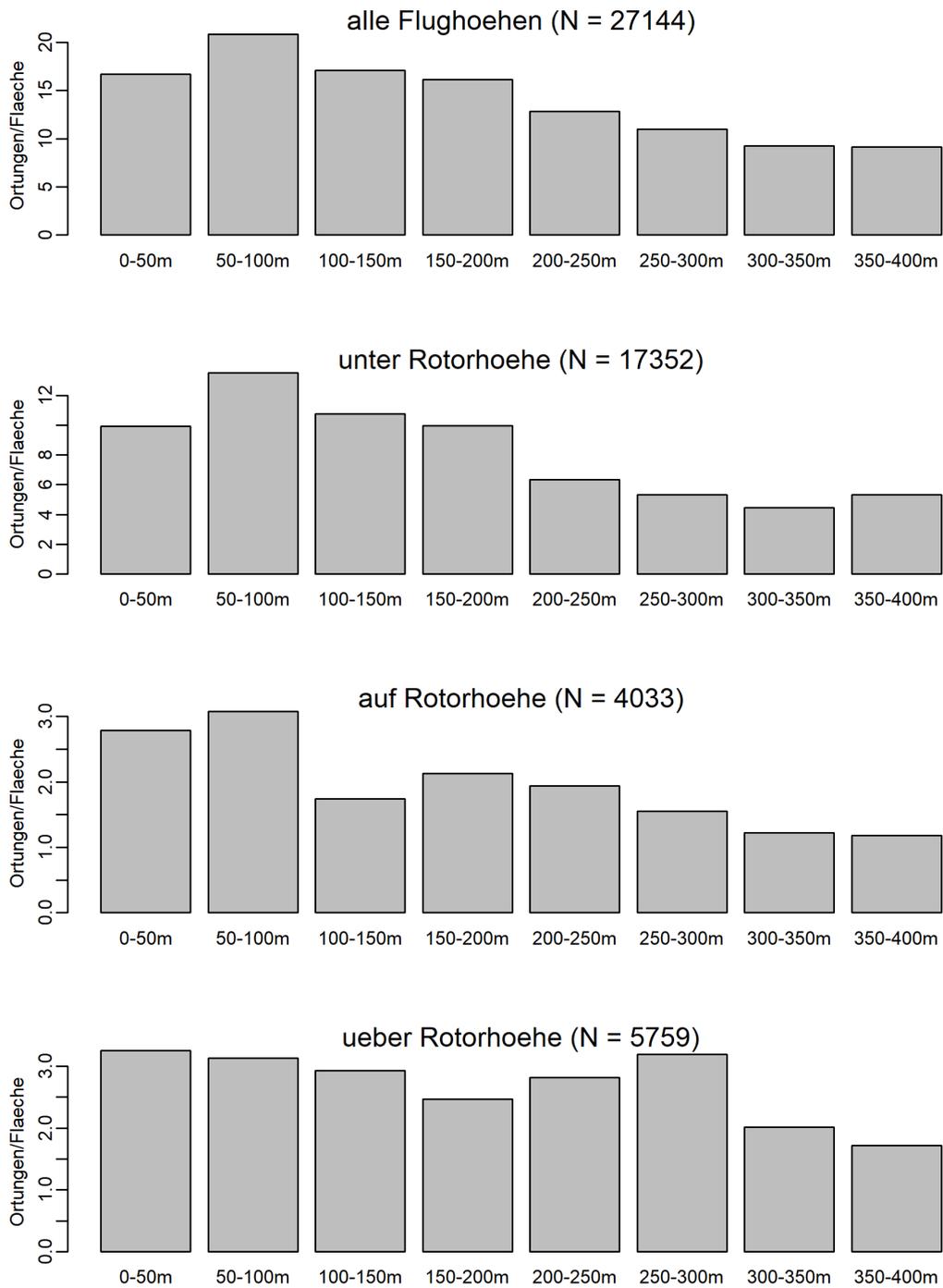


Abbildung 24: Ergebnisse der Ringpufferanalyse (Ortungspunkte/Hektar des jeweiligen Ringpuffers) über alle Flughöhen, sowie nach Flughöhenkategorien getrennt.

5 Winterhalbjahr 2016/17 und 2017/18

Maik Sommerhage (NABU Landesverband Hessen)

Gemäß einer Vereinbarung zwischen dem Land Hessen und dem NABU Landesverband Hessen e. V. ist es möglich, dass der Naturschutzverband außerhalb der Brutzeit (August bis Februar) u. a. über den NABU-Blog "On tour mit Milan" (www.Rotmilan-Blog.de) über die Reise der besenderten Rotmilane in ihre Überwinterungsgebiete und ihr Leben dort berichtet. Die Teiluntersuchung wird an dieser Stelle vorgestellt, ist aber nicht Bestandteil des vorgenannten Projekts.

Zentrale Fragestellungen, deren Beantwortung sich der NABU erhofft, sind:

- Informationen zu Schlafplatzgesellschaften während des Zuges (ggf. Erkenntnisse über wichtige Sammelpunkte sowie Leitlinien während des Zuges). Von Interesse ist z. B., wie lange Herbstschlafplätze bestehen und ob es sich dabei ggf. um Traditionsschlafplätze handelt.
- Informationen zu Zughöhen und Zuggeschwindigkeiten.
- Bei den winterlichen Schlafplätzen ist u. a. von Interesse, wie weit sich die Rotmilane täglich von den Schlafplätzen entfernen, ob es hierbei geschlechtsspezifische Unterschiede gibt und woraus (nach Aufgabe vieler Luderplätze und Müllhalden bspw. in Spanien) in erster Linie die Nahrung besteht. Dazu ist ein enger Austausch mit ortsansässigen Ornithologen vorgesehen.
- Gefahrenanalyse während des Zuges und im Überwinterungsgebiet.
- Identifikation notwendiger Schutzmaßnahmen.

Wichtige Bausteine im Rahmen des Projekts sind die Sensibilisierung für europäische Naturschutzrichtlinien (z. B. Natura 2000), Öffentlichkeitsarbeit, Sympathiewerbung für die Art, Vernetzung von Rotmilan-Kennern zwischen Deutschland und Spanien sowie Aufklärungsarbeit im Überwinterungsgebiet.

2016/17

Die vier Vögel (Noah, Neptun, Tristan und Isolde) hielten sich von Oktober an allesamt auf der Iberischen Halbinsel auf. Noah und Neptun zogen am 4. Oktober aus dem Vogelsberg ab, Tristan am 11. Oktober und Isolde am 13. Oktober. Bis auf Neptun, der in Süd-Portugal verweilte, überwinterten die übrigen drei Vögel in Spanien (Noah in der Extremadura in der Nähe von Badajoz, Tristan auf einer Mülldeponie bei Madrid, Isolde in Nordspanien bei León). Am 30. Januar 2017 riss der Kontakt zu Tristan ab. Nach aktuellem Kenntnisstand wurde der Vogel im Bereich einer Mülldeponie ein Vergiftungsopfer.

Am 14. Februar 2017 trat Noah als erstes den Heimzug an. Am 21. Februar folgte Isolde, welche ihr letztjähriges Brutrevier am 1. März erreichte, Noah das seinige am 2. März. Am

3. März folgte schließlich Neptun, der sich seit dem 29.03. wieder in Mittelhessen am westlichen Rand des Vogelsberges aufhielt.

Die Sendertaktungen lagen im Winterhalbjahr 2016/17 - je nach Lichtintensität - zwischen einer halben und vier Stunden.

2017/18

Die vier Vögel (Noah, Neptun, Isolde und der 2017 besenderte Max) hielten sich seit Ende Oktober 2017 allesamt auf der Iberischen Halbinsel auf. Max zog am 17. September aus dem Vogelsberg ab, Noah am 20. September, Neptun am 30. September und Isolde am 14. Oktober. Isolde überwinterte abermals im Raum Léon im Norden Spaniens, Max im Raum Salamanca und Noah im zweiten Jahr in Folge in der Extremadura. Isolde und Noah haben sich für dieselben Überwinterungsgebiete wie im Vorjahr entschieden. Bedauerlich ist, dass Neptun Ende Oktober in Nordspanien ein Verkehrsoffer wurde und an der Autobahn E 80 zu Tode gekommen ist.

Am 20. Februar 2018 trat Noah als erstes den Heimzug an, der am 13. März sein vorjähriges Brutrevier bei Bobenhausen II erreichte. Am 23. Februar trat Max den Heimzug an, der am 07. März wieder bei Stockhausen am östlichen Rand des Vogelsberges seinen vorjährigen Brutplatz besetzte. Über Isoldes Abzug aus Nordspanien bzw. die Ankunft im vorjährigen Brutrevier können keine genauen Aussagen getroffen werden, da sich der Sender seit 2017 nur noch unregelmäßig meldet.

Die Sendertaktungen fanden im Winterhalbjahr 2017/18 automatisiert - je nach Zustand der jeweiligen Akkuleistung - statt. In der Regel lagen die Taktungen bei einer halben Stunde.

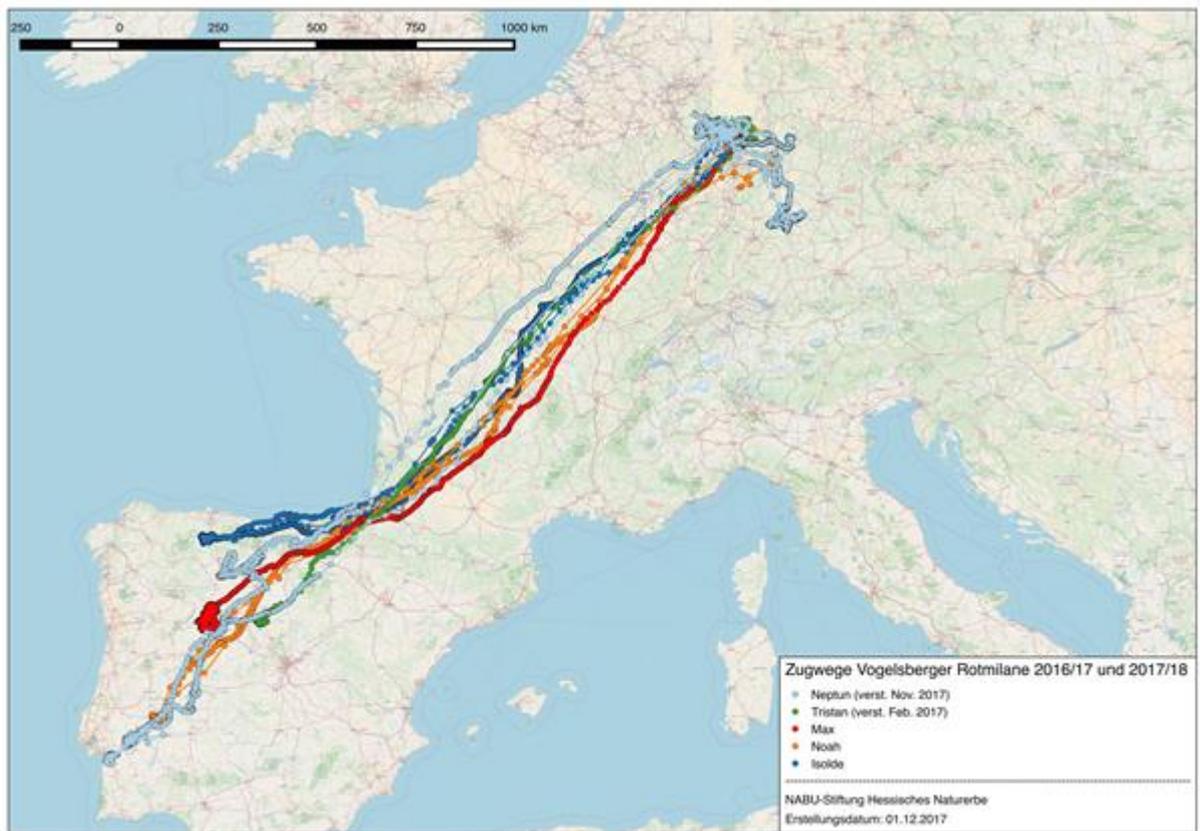


Abbildung 25: Zugwege der im Rahmen dieser Studie besenderten Rotmilane von Deutschland zur Iberischen Halbinsel.

6 Diskussion

6.1 Siedlungsdichte und Bruterfolg

Maik Sommerhage, Kristin Geisler (NABU Landesverband Hessen)

6.1.1 Siedlungsdichte

Der landesweite Durchschnitt der Siedlungsdichte liegt gemäß "Artenhilfskonzept Rotmilan Hessen" von Gelpke & Hormann (2012) bei 5,5 Brutpaaren auf 100 Quadratkilometern mit Schwerpunkten in den Mittelgebirgen wie Vogelsberg, Rhön, Westerwald und Rothaargebirge. Im Vogelsberg werden traditionell höhere Siedlungsdichten als im landesweiten Mittel erreicht (PNL 2011), allerdings fehlen hier über längere Zeiträume und auf größerer Fläche methodisch einheitliche Erfassungen zum Rotmilan. Die im Rahmen der vorliegenden Studie ermittelten Werte zur Siedlungsdichte bestätigen diese Einschätzung.

Im Untersuchungsschwerpunktraum Ulrichstein wurden 18-20 Paare auf 100 Quadratkilometern ermittelt, in Freiensteinau lagen die Werte bei 27-29 Paaren. Die aktuell ermittelten Siedlungsdichten liegen somit sowohl in 2016 als auch in 2017 deutlich über dem geschätzten landesweiten Mittel in Hessen und auch über den Werten, die u. a. im Rahmen der Grunddatenerhebung (PNL 2011) auf Probeflächen im Vogelsberg ermittelt wurden (75 Paare auf 63.000 ha entsprechen knapp 12 Paaren auf 100 Quadratkilometern). Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang allerdings, dass im Rahmen des Projekts keine großen Waldgebiete wie etwa der Oberwald Bestandteil der kartierten Flächen waren, in denen der Rotmilan nicht in vergleichbarer Dichte brütet wie in Räumen, die nur kleinere Waldgebiete beherbergen.

Die ermittelten Siedlungsdichten von etwa 20-30 Brutpaaren auf 100 Quadratkilometern sind vergleichbar mit aktuell ermittelten Dichtezentren in Sachsen-Anhalt (Nagel et al. 2019). In Baden-Württemberg gilt bereits eine Dichte ab 11,7 Brutpaaren auf 100 Quadratkilometern als Dichtezentrum des Rotmilans (LUBW 2015; Nagel et al. 2019).

6.1.2 Bruterfolg

Im Untersuchungsschwerpunktraum Ulrichstein wurden über beide Untersuchungsjahre im Schnitt 0,5 Jungvögel je Brutpaar bzw. 1,3 Jungvögel je erfolgreichem Brutpaar ermittelt. Im Untersuchungsschwerpunktraum Freiensteinau war der Bruterfolg mit 0,8 Jungvögeln je Brutpaar bzw. 1,6 Jungvögeln je erfolgreichem Brutpaar etwas höher. Insgesamt ist der in den beiden Untersuchungsschwerpunkträumen erfasste Bruterfolg deutlich niedriger als die in der Grunddatenerhebung ermittelten Werte von 1,4 Jungvögeln je Brutpaar bzw. 1,8 Jungvögeln je erfolgreichem Brutpaar (PNL 2011). Eine aktuelle Zusammenstellung zum Bruterfolg des Rotmilans in Hessen zeigt, dass die im Rahmen der Grunddatenerhebung festgestellten Werte den landesweiten Mittelwerten entsprechen die auf verschiedenen Untersuchungsgebieten und Jahren beruhen (Hoffmann et al. 2017).

Der Bruterfolg in den Untersuchungsschwerpunkträumen Ulrichstein und Freiensteinau in den Jahren 2016 und 2017 ist insgesamt also als unterdurchschnittlich zu bewerten. Zumindest 2016 war ein schlechtes Mäusejahr mit mehreren Starkregen- und Sturmereignissen während der Brutzeit (Hoffmann et al. 2017) was ein Grund für dieses Ergebnis sein könnte. Eine weitere Erklärung für geringeren Bruterfolg bei hoher Siedlungsdichte könnte dichteabhängige Regulation sein, wie sie schon für den Seeadler nachgewiesen wurde (Heuck et al. 2017). Landesweite, systematisch erhobene Vergleichsdaten zum Bruterfolg aus diesen Jahren könnten hierüber Aufschluss geben, liegen jedoch nicht vor. Weiterhin hat der Zeitpunkt der Feststellung des Bruterfolges einen Einfluss auf das Ergebnis da es im Laufe der Nestlingsphase beispielsweise zu Prädation kommen kann. Der Begriff „Bruterfolg“ wird also z. T. unterschiedlich definiert bzw. verwendet. Für die vorliegende Studie wurde der Bruterfolg am Ende kurz vorm Ausfliegen der Jungvögel festgestellt, da es das vorrangige Ziel war geeignete Vögel für den Fang zu finden. Wird der Bruterfolg beispielsweise bei der Beringung von Nestlingen ermittelt, kann der Wert tendenziell etwas höher sein, da spätere Verluste von Nestlingen (z.B. durch Prädation) nicht berücksichtigt werden.

6.1.3 Vergleich mit den Daten des Integrativen Gesamtkonzepts (IGK) für das EU-Vogelschutzgebiet Vogelsberg

Im Hinblick auf die Aufstellung des Teilregionalplans Erneuerbare Energien Mittelhessen, der im November 2016 verabschiedet wurde, wurde das Integrative Gesamtkonzept für das Vogelschutzgebiet erarbeitet (Regierungspräsidium Gießen 2015). Eine relevante Fachgrundlage des integrativen Gesamtkonzepts - insbesondere im Hinblick auf den windkraftsensiblen Avifaunabestand und die für ihn relevanten Habitats - bildet die regionalplanerische FFH-Verträglichkeitsuntersuchung zur Windenergie-Vorranggebietsplanung im Vogelschutzgebiet Vogelsberg (TNL 2015). Darin wurde der Datenbestand zur Avifauna und somit auch für den Rotmilan fortgeschrieben. Der Rotmilan gilt gemäß des IGKs als besonders vorbelastet durch die Windenergie-Nutzung im Vogelsberg, auch wenn er derzeit einen günstigen Erhaltungszustand aufweist. Für die Art, die ein ausreichendes Angebot an offenen, gut einsehbaren Jagdhabitats (u. a. Grünland) benötigt, sind entsprechend der Natura 2000-Verordnung für das VSG Vogelsberg und den dort formulierten artspezifischen Erhaltungszielen Managementmaßnahmen im Rahmen des Gebietsmanagements erforderlich. Damit diese funktional umgesetzt werden können und möglichst vielen Vögeln zugutekommen, sind Erkenntnisse über die Standorte der Horste und der Revierzentren von großer Bedeutung, auch um Maßnahmen u. a. in Überlappungsräume mehrerer Paare zu lenken.

Die Karte 2.3 im Anhang zeigt den Datenstand der Kartierungen aus den Jahren 2016 und 2017 im Vergleich zu den im Rahmen des Integrativen Gesamtkonzeptes zusammengetragenen Daten. Die Kartierungsergebnisse aus den Jahren 2016 und 2017 im Rahmen dieses Projekts verdeutlichen im Vergleich mit den Daten des Integrativen Gesamtkonzepts (IGK), dass die Brutplätze des Rotmilans einer Dynamik mit regelmäßigen kleinräumigen Verschie-

bungen unterliegen. Gründe für die Umzüge sind nicht bekannt, könnten allerdings mit erfolglosen Bruten (nach solchen kommt es regelmäßig zu Umzügen, vgl. Gelpke & Hormann 2012) sowie Verlusten von Horstbäumen (u. a. durch wetterbedingte Abstürze) in Verbindung stehen. Abschließende und insbesondere valide Aussagen darüber lassen sich unter Umständen erst nach langjährigen Erfassungen tätigen.

Allerdings bleibt anzumerken, dass im Rahmen dieses Projekts auf größerer Fläche (131 km² Ulrichstein, 84 km² Freiensteinau) Rotmilane erfasst wurden - anders als bei der Zusammenstellung der Daten für das IGK. Die Daten aus dem IGK stammen aus vergleichsweise kleineren Kartiereinheiten sowie verschiedenen Erfassungsjahren - u. a. aus der Grunddatenerhebung (GDE) für das EU-Vogelschutzgebiet (PNL 2011), aus dem hessischen Brutvogelatlas (HGON 2010), aus mehreren Windenergieplanungen sowie Hinweisen von Naturschutzverbänden. Da hierüber in die Unterlagen zum IGK stetig – allerdings bezogen auf einzelne Teilflächen - neue Erkenntnisse eingeflossen sind, die älteren Daten dabei jedoch als Wechselhorste Bestandteil des IGK blieben, sind in Karte 2.3 zahlreiche Wechselhorste dargestellt. TNL (2015) schreibt dazu: „Sofern mehrere Nachweise einem Revier zugeordnet werden konnten, wurde davon der aktuellste Nachweis als „Revier“ gekennzeichnet; alle weiteren Nachweise als „Wechselhorste“, sofern hier diese Funktion aufgrund der vorhandenen Lebensraumausprägung anzunehmen war.“ Das IGK stellt somit Ergebnisse der vergangenen 10 Jahre summarisch dar. Ein Vergleich dieser summarischen Darstellung mit den aktuellen Untersuchungsergebnissen ist nur bedingt möglich.

Verdichtungsräume sind allerdings sowohl innerhalb des IGK als auch bei den Erfassungen in den Jahren 2016 und 2017 im Rahmen des Projekts zu sehen und bleiben im Wesentlichen unverändert. Maßgeblich hier dürften in den jeweiligen Räumen die Habitatausstattungen sein, sowohl in den Wald- wie auch in den Offenlandbereichen.

6.2 Auswertung der Telemetriedaten

Pablo Stelbrink, Christian Höfs, Christian Heuck (Bioplan Marburg)

6.2.1 Aktionsräume des besenderten Milane

Die Aktionsraumgröße variierte zwischen Individuen und Geschlechtern sowie im Verlauf der Brutzeit. Sie war erwartungsgemäß beim Weibchen aufgrund dessen stärkerer Horstbindung, insbesondere in der Bebrütungsphase, kleiner als bei den untersuchten Männchen. Zu bedenken sind hierbei jedoch die unterschiedlichen Datengrundlagen während der Brutzeitphasen (Anzahl an Ortungspunkten) und, dass die Tiere aus unterschiedlichen Revieren stammen und damit unterschiedlichen Verfügbarkeiten von Ressourcen unterliegen. In der Nachbrutzeit wurde der Aktionsraum aller Vögel tendenziell größer, da die Milane nach dem Ausfliegen der Jungvögel die Horste deutlich seltener aufsuchen und sich auch an anderen Stellen im Revier aufhielten. Analog hierzu verlaufen die Summenkurven der Nachbrutzeit, die den prozentualen Anteil der Ortungen in Abhängigkeit der

Horstdistanz darstellen, deutlich flacher als die Summenkurven der übrigen Brutzeitphasen (siehe Abbildung 11).

Diese im Vogelsberg festgestellten geschlechtsspezifischen und saisonalen Unterschiede sowie die Schwankungen zwischen den Untersuchungsjahren stimmen im Wesentlichen mit den Ergebnissen anderer Telemetriestudien zum Rotmilan überein (Mammen et al. 2013; Gschweng et al. 2014; Pfeiffer und Meyburg 2015). Beispielsweise ermittelten Pfeiffer und Meyburg (2015) einen Median von 29,4 km² als Aktionsraumgröße von 29 besenderten Männchen und 23,7 km² für 14 besenderte Weibchen (MCP95 Methode). Auch hier schwankten die Werte der verschiedenen Jahre enorm. Mammen et al. (2013) nahmen eine Unterscheidung zwischen Brutzeit und Nachbrutzeit vor und zeigten, dass manche Milane mit zuvor eher kleinem Aktionsradius in der Nachbrutzeit eine größere Fläche nutzen, während Rotmilane mit zuvor großem Home Range ihre Aktionsräume in der Nachbrutzeit einschränkten. Dementsprechend ließen sich weder für Männchen noch für Weibchen signifikante Unterschiede in den Aktionsraumgrößen zwischen Brut- und Nachbrutzeit feststellen. Direkte Vergleiche zwischen den verschiedenen Studien sind schwierig, da die Werte der Aktionsraumgrößen teilweise mit verschiedenen statistischen Verfahren berechnet wurden (z. B. MCP, KUD, AKDE¹⁰). Zudem wurde die saisonale Differenzierung verschiedener Brutzeitphasen nicht einheitlich durchgeführt. Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass die Aktionsraumgröße maßgeblich von der Habitatqualität bzw. der Nahrungsverfügbarkeit abhängt und somit auch mit der Siedlungsdichte zusammen hängt. Dementsprechend ist nur eine geringe Übertragbarkeit der im Vogelsberg ermittelten Aktionsraumgrößen auf weniger vielfältig strukturierte Landschaften zu erwarten.

Der für die vorliegende Studie festgelegte Zeitraum der Nachbrutzeit (01.07.-30.09.) beinhaltet bei Bruterfolg auch die Bettelflugphase. In dieser Zeit besteht in der Regel noch eine gewisse Horstbindung, sodass die Rotmilanaktivität im Horstumfeld aufgrund der nun höheren Anzahl an Individuen besonders hoch sein kann. Der exakte Zeitraum der Bettelflugphase ist jedoch schwer abzugrenzen da es eine vergleichsweise kurze Brutzeitphase ist, die je nach Brutbeginn zeitlich und individuell stark variieren kann. Aus diesen Gründen wurde von einer separaten Betrachtung der Bettelflugphase abgesehen.

Bei einem Vergleich der hier dargestellten Summenkurven mit anderen, bereits publizierten Summenkurven zur Raumnutzung des Rotmilans (Mammen et al. 2013; Gschweng et al. 2014; Pfeiffer und Meyburg 2015) muss die teils unterschiedliche Datengrundlage berücksichtigt werden. Pfeiffer und Meyburg (2015) stellen in ihrer Grafik beispielsweise ausschließlich Ortungspunkte von Männchen mit einer erfolgreichen Brut dar und beschränken sich auf den Zeitraum der Nestlingsphase. Zudem schließt deren Darstellung alle Punkte im Bereich von 100 m um den Horst aus. Die Kurve von Pfeiffer & Meyburg (2015)

¹⁰ MCP = Minimum-Convex-Polygon, KUD = Kernel-Utilization-Density, AKDE = Autocorrelated-Kernel-Density-Estimation.

beginnt bei dieser konservativen Betrachtung entsprechend erst bei einer Distanz von 100 m zum Horst und steigt dann deutlich flacher an, als in den hier dargestellten Summenkurven. Mammen et al. (2013) wiederum schließen alle Punkte im Bereich von 50 m um den Horst herum aus und stellen Daten von Männchen und Weibchen dar. Durch den Ausschluss von horstnahen Daten wird ein bestimmter prozentualer Anteil der Ortungspunkte erst bei einer größeren Entfernung zum Horst erreicht. Zum Vergleich sind im Anhang 9 die Summenkurven der Milane aus dem Vogelsberg auch entsprechend der Methodik von Pfeiffer & Meyburg (2015) dargestellt. Dies zeigt zum einen, dass die Berücksichtigung der horstnahen Ortungspunkte bei Weibchen einen deutlichen Einfluss auf den dargestellten Kurvenverlauf hat während die Unterschiede bei Männchen nur gering sind. Zum anderen zeigt der Vergleich der Daten aus der Aufzuchtzeit (Anhang 9) mit der Darstellung von Pfeiffer & Meyburg (2015), dass die besenderten Milane im Vogelsberg offensichtlich kleinere Räume genutzt haben, als die Milane in Thüringen. Beispielsweise wurden während der Aufzuchtzeit in Thüringen in einer Distanz von 1 km zum Horst im Mittel etwa 45 % aller Ortungspunkte aufgenommen, während im Vogelsberg bei dieser Distanz innerhalb derselben Brutzeitphase fast 70 % aller Ortungen erreicht wurden. Dies deutet auf große Unterschiede in der Habitatqualität hin.

6.2.2 Flugaktivität und Flughöhe im Tages- und Jahresverlauf

Flugaktivität

Die Flugaktivität der Milane nahm im Tagesverlauf bis zu den Mittagsstunden zu und fiel anschließend wieder ab. Diese Ergebnisse auf Basis einer aktuellen Untersuchungsmethodik widersprechen deutlich der von Südbeck et al. (2005) genannten Tagesperiodik mit Aktivitätsgipfeln von 10 - 12 Uhr und von 16 Uhr bis Sonnenuntergang. In der Zeit der von Südbeck et al. (2005) dargestellten Mittagsruhe von 12 - 16 Uhr wurde bei den besenderten Milanen im Vogelsberg regelmäßig die höchste Aktivität festgestellt. Die Telemetriedaten einer Rotmilanstudie aus Sachsen-Anhalt zeigen ein ähnliches Aktivitätsmuster wie die besenderten Milane aus dem Vogelsberg (Mammen mündl.). Möglicherweise handelt es sich bei Südbeck et al. (2005) um Hinweise auf die optimale Zeit zur Erfassung von Brutplätzen und damit eher horstnahen Flügen und nicht um eine allgemeine Beschreibung der Tagesperiodik.

Flughöhe

Über 50 % der aufgenommenen Ortungspunkte im Flug wiesen Flughöhen von unter 50 m auf. Nur ca. 19 % aller Flugpunkte entfielen auf Höhen von über 100 m. Diese Ergebnisse stimmen mit den Zahlen früherer Studien weitestgehend überein (Strasser 2006; Mammen et al. 2013). Im Jahresverlauf gab es deutliche Veränderungen bei den Flughöhen. Die ermittelten Flughöhen nahmen von der Balzzeit zur Aufzuchtzeit ab und in der Nachbrutzeit wieder leicht zu. Tendenziell fliegen die Rotmilane somit bei Balz- und Revierflügen (Balz-

zeit) in größerer Höhe als später im Jahr, wenn zur Versorgung der Jungen niedrige Nahrungsflüge dominieren. Bei dem jungen Männchen Neptun war dieses Muster besonders stark ausgeprägt, was auf große Unterschiede zwischen Jungvögeln/Nichtbrütern und brütenden Altvögeln hindeuten könnte.

Die tendenziell höheren Flüge in den Frühjahrsmonaten passen auf den ersten Blick gut zur jahreszeitlichen Phänologie der Zahl der gefundenen Schlagopfer aus der Dürr-Liste (Sprötge et al. 2018). Die hier dargestellte jahreszeitliche Verteilung der Totfunde könnte jedoch auch andere Ursachen haben. Das Muster der jahreszeitlichen Verteilung der Totfunde in der Zeit in der sich die Rotmilane im Brutgebiet aufhalten, könnte auch sehr gut die Auffindewahrscheinlichkeit toter Rotmilane entsprechend der jeweiligen Vegetationshöhe widerspiegeln (z. B. bessere Einsehbarkeit im April aufgrund der geringen Wuchshöhen). Zudem enthält die Schlagopferkartei von Dürr viele Zufallsfunde und basiert nicht auf einer methodisch einheitlichen und vergleichbaren Untersuchung (Dürr 2019).

Im Tagesverlauf veränderte sich der Median der ermittelten Flughöhen unabhängig von der Jahreszeit nur in geringem Maße. Flugereignisse in Rotorhöhe moderner WEA (> 80m Höhe) wurden bis auf wenige Ausnahmen im Zeitraum von 6 bis 20 Uhr festgestellt.

6.2.3 Flugaktivität, Flughöhe und Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform

Wetterfaktoren wie Sonnenscheindauer, Temperatur sowie eine labile Luftschichtung begünstigen die Entstehung von guter Thermik und könnten somit auch einen positiven Einfluss auf z. B. die Flugaktivität der Rotmilane haben. In Zeiten mit schlechten Wetterbedingungen, wie z. B. starkem Wind oder Niederschlag ist hingegen mit einer geringeren Flugaktivität zu rechnen, da der energetische Aufwand für das Fliegen deutlich höher ist. Eine italienische Schwarzmilan-Studie konnte beispielsweise zeigen, dass der Jagderfolg bei Regen zurückging, während der energetische Aufwand stieg (höherer Anteil Flügelschlagen an Gesamtflugzeit; Sergio 2003). Bei den im Vogelsberg besenderten Rotmilanen hatten Sonnenscheindauer und labile Luftschichtung - also zwei wichtige Grundvoraussetzungen für Thermik - nur einen schwachen positiven Einfluss auf die Flugaktivität. Dies deutet darauf hin, dass die Flugaktivität der Rotmilane nur in geringem Maße durch einzelne Wetterparameter beeinflusst wird. Bei der Analyse der Geländeform zeigten sich schwache positive Effekte der in Richtung Westen und Südwesten geneigten Hänge (W, SW) auf die Flugaktivität, was in Zusammenhang mit orographischen Aufwinden der auch im Vogelsberg vorrangigen West- und Südwestwinde stehen könnte. Der geringe Anteil an erklärter Varianz macht jedoch deutlich, dass diese Zusammenhänge nur äußerst schwach ausgeprägt sind. Deutlich ausgeprägte Verhaltensmuster in der Flugaktivität lassen sich hier entsprechend nicht ableiten.

Im Gegensatz zur Analyse der Flugaktivität entfällt bei der Betrachtung der Flughöhe der größte Teil der (geringen) erklärten Varianz nicht auf die Umweltvariablen, sondern auf die Unterschiede zwischen den Vogelindividuen und den Untersuchungsjahren. Die einzelnen

Umweltvariablen erklärten nur einen sehr geringen Teil der Varianz. Am ehesten hatte die Windgeschwindigkeit einen schwachen negativen Einfluss auf die Flughöhe.

Auch bei der Analyse der Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von einzelnen Wetterparametern erklärten die Umweltparameter nur geringe Teile der Varianz. Mit Temperatur und labiler Luftschichtung hatten auch hier zwei wichtige Grundvoraussetzungen für Thermik einen leicht positiven Einfluss auf die Aktionsraumgröße der besenderten Milane. Auch eine umfangreiche Schweizer Studie zeigte basierend auf 44 besenderten Rotmilanen Zusammenhänge zwischen Wetterparametern und der täglichen Aktionsraumgröße. Hier hatten Windgeschwindigkeit und Niederschlagsmenge einen negativen Effekt auf die tägliche Aktionsraumgröße der Männchen, jedoch keinen Einfluss auf die Aktionsraumgröße der Weibchen (Baucks 2018). Der Parameter Temperatur zeigte in dieser Analyse keine signifikanten Effekte. Da die Studie jedoch keine R^2 -Werte angibt, bleibt die Frage offen, ob die Wettervariablen in der Schweiz im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Vogelsberg tatsächlich einen relevanten Einfluss auf das Flugverhalten hatten.

Insgesamt überrascht der sehr geringe Einfluss der Wetterparameter auf Flugaktivität und Flughöhe der Rotmilane im Vogelsberg. Die subjektive Erfahrung zahlreicher Feldornithologen hätte hier einen wesentlich stärkeren Einfluss erwarten lassen. Möglicherweise ist der Einfluss des Wetters auf das Flugverhalten der Milane sehr komplex und nicht durch lineare Zusammenhänge zu beschreiben. Hinweise auf beispielsweise quadratische Zusammenhänge o. Ä. ergeben sich bei Betrachtung der Rohdaten jedoch auch nicht (siehe Abbildung 21). Andererseits könnte die Nahrungsökologie des Rotmilans das Ergebnis gut erklären. Zwar kann man Rotmilane regelmäßig auch am Boden auf der Suche nach Insekten oder Regenwürmern beobachten doch ein Großteil der Nahrungssuche erfolgt im Flug. Es ist also naheliegend, dass die Flugaktivität von Rotmilanen als Flugjägern weniger stark vom Wetter beeinflusst wird als die Flugaktivität von Ansitzjägern wie beispielsweise Mäuse- und Wespenbussard.

6.2.4 Einfluss der Landnutzung auf das Flugverhalten

Die Frequentierung der verschiedenen Landnutzungstypen im 1,5 km Radius um die Horste gab die Nahrungsökologie des Rotmilans in Teilen erwartungsgemäß wieder. Als Greifvogel, der im Offenland jagt, meidet er tendenziell Wälder. Dies zeigt sich besonders bei der Kategorie Nadelwald. Bei den Kategorien Laub- und Mischwald sind die Ergebnisse weniger eindeutig, was offensichtlich durch die Bindung an den Horst, der sich bei den hier untersuchten Individuen im Laub- oder Mischwald befindet, zustande kommt. Dieser Effekt zeigt sich trotz Ausschluss aller Ortungspunkte im 200 m-Radius um die Horste. Innerhalb der Offenland-Landnutzungstypen, die zur Nahrungssuche genutzt werden, zeigt sich in einzelnen Monaten eine Tendenz zur bevorzugten Nutzung von intensivem und extensivem Grünland. Zudem ist eine tendenziell geringere Frequentierung intensiv genutzter Ackerflächen erkennbar. Die teils großen Unterschiede im Jahresverlauf könnten an den unterschiedlichen Wuchshöhen und der entsprechenden Nahrungsverfügbarkeit liegen.

6.2.5 Flugverhalten im Umfeld der Windparks

Wetterverhältnisse während Flugereignissen in Windpark-Geofences

Insbesondere bei guten Bedingungen für Thermik entstanden viele Ortungen in den Windpark-Geofences. Diese Geofences wurden also vorwiegend bei guten Wetterbedingungen beflogen. Da sich die Windpark-Geofences zudem alle in größerer Entfernung zu den Horsten befinden, sind diese Ergebnisse ein weiterer Hinweis darauf, dass die tägliche Aktionsraumgröße der Milane von Wetterparametern abhängt (siehe Kapitel 4.2.4). Insgesamt scheinen die Milane bei gutem Wetter also nicht nur häufiger, sondern auch weiter zu fliegen.

Flugereignisse im Umfeld von Windenergieanlagen

Die durchgeführte Ringpuffer-Analyse gibt keine Hinweise auf ein potenzielles Meideverhalten der Milane gegenüber dem Rotorbereich von Windenergieanlagen. Dieses Ergebnis bestätigt die gängige Einschätzung, dass Milane den Rotorbereich nicht absichtlich umfliegen (siehe Literaturzusammenstellung in Langgemach und Dürr 2019). Eine ergänzend durchgeführte detailliertere Analyse des Flugverhaltens im Windparkbereich hat bei 28 im Nahbereich der WEA-Rotoren (Rotorradius + 10 m Puffer) erfassten Flugereignissen ergeben, dass mehrfach Flüge bis auf wenige Meter an die Mast-Achse heran erfolgten. Es wurden überwiegend Flüge parallel zur Rotorausrichtung und somit außerhalb des drehenden Rotors erfasst. Durchflüge durch einen drehenden Rotor wurden nicht festgestellt.

7 Fazit

Christian Heuck, Pablo Stelbrink, Christian Höfs (Bioplan Marburg)

In den drei Untersuchungsjahren konnte eine große Anzahl an Ortungspunkten im Brutgebiet der Rotmilane aufgenommen werden (800.905 Ortungen bis Ende Juli 2018). Die technischen Möglichkeiten des verwendeten Sendertyps (Geofences, Altimeter) haben in Kombination mit den vor Ort gewonnenen Daten zu Wetter und Landnutzung ein großes Potenzial, neue Erkenntnisse zum Flugverhalten des Rotmilans zu erlangen.

Ursprünglich war die Besenderung von bis zu 12 Rotmilanen im ersten Untersuchungsjahr 2016 geplant. Durch den geringen Fangerfolg von insgesamt sechs Tieren in 2016 und 2017 sowie durch den Verlust von mittlerweile drei Sendertieren (Prädation, Verkehrsoffer und Vergiftung) ist die verfügbare Datengrundlage deutlich geringer als vorgesehen. Die damit verbundenen Einschränkungen beziehen sich ausschließlich auf ausgewählte Fragestellungen zum Flugverhalten im Windparkbereich - hier konkret die Kombination der Parameter Landnutzung, Bewirtschaftung und Windparkbetrieb - und werden in der folgenden Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse für die verschiedenen Themenschwerpunkte bereits berücksichtigt.

Siedlungsdichte und Bruterfolg

- In beiden Jahren und beiden Untersuchungsschwerpunkträumen wurden im Vergleich zum landesweiten Durchschnitt von 5,5 Brutpaaren auf 100 km² (Gelpke und Hormann 2012) überdurchschnittlich hohe Siedlungsdichten festgestellt. In Ulrichstein wurde eine Siedlungsdichte von 19,85 (2016) bzw. 18,32 (2017) Brutpaaren pro 100 km² ermittelt. In Freiensteinau war die Siedlungsdichte mit 27,38 (2016) bzw. 28,6 (2017) Brutpaaren pro 100 km² noch höher. Zurückzuführen ist dies auf den vergleichsweise geringen Anteil großer, zusammenhängender Wälder in den Untersuchungsräumen, welche als Brut- und Jagdhabitat von untergeordneter Bedeutung für den Rotmilan sind.
- Der ermittelte Bruterfolg war in den Jahren 2016 und 2017 geringer als in anderen Landesteilen und auch geringer als bei früheren Untersuchungen im Projektgebiet. Der im Rahmen der Grunddatenerhebung für das Vogelschutzgebiet Vogelsberg ermittelte Wert von 1,4 Jungvögeln je Brutpaar (PNL 2011) entspricht dem landesweiten Mittelwert (Hoffmann et al. 2017). Demgegenüber stehen die geringeren Werte von 0,44 (2016) bzw. 0,56 (2017) Jungvögeln je Brutpaar in Ulrichstein und 0,78 (2016) bzw. 0,82 (2017) Jungvögeln in Freiensteinau.
- In Freiensteinau waren nur 13 von insgesamt 32 Horsten in beiden Untersuchungsjahren besetzt (40,63 %). Mit 10 in beiden Jahren besetzten Horsten von insgesamt 41 Horsten war die Brutplatzkonstanz in Ulrichstein deutlich geringer (24,39 %).
- Das Integrative Gesamtkonzept (IGK) für das EU-Vogelschutzgebiet Vogelsberg stellt Ergebnisse aus 10 Jahren Rotmilanerfassung summarisch dar. Ein Vergleich

dieser summarischen Darstellung mit den aktuellen Erfassungsergebnissen ist nur bedingt möglich. Die im IGK erkennbaren Verdichtungsräume wurden durch die Erfassungen in den Jahren 2016 und 2017 bestätigt.

Aktionsräume der besenderten Milane

Die Raumnutzung konnte für die einzelnen Individuen durch die Berechnung von Home-range-Größen analysiert werden.

- Die Aktionsraumgröße variierte zwischen Individuen und Geschlechtern sowie im Verlauf der Brutsaison. Sie war den Erwartungen entsprechend beim Weibchen kleiner als bei den untersuchten Männchen. In der Nachbrutzeit wurde der Aktionsraum zunehmend größer.
- Die unterschiedliche Bindung an das Horstumfeld von Weibchen und Männchen ließ sich in einer Brutsaison an zwei Vögeln vergleichen. Von besonderem Interesse sind die Zeiträume mit hoher Horstbindung (Balz-, Brut-, Aufzuchtzeit). Im Vergleich zur Balzzeit nahm die Horstbindung während der Brutzeit zu und nahm zur Zeit der Jungenaufzucht (Nestlingszeit) dann wieder deutlich ab. Zur Nachbrutzeit als dem Zeitraum mit geringer Horstbindung näherten sich die Werte von Isolde schließlich den Distanzen vom Männchen Noah an, die sich über die verschiedenen Brutzeitphasen hinweg nur in geringem Maße unterschieden.

Flugaktivität und Flughöhe der Milane im Tages- und Jahresverlauf

- Die Flugaktivität der Milane nahm im Tagesverlauf bis zu den Mittagsstunden zu und fiel anschließend wieder ab.
- Von Mitte April bis Juni wurden in den Mittagsstunden (ca. 11-15 Uhr) regelmäßig über 60 % aller Ortungspunkte im Flug aufgenommen.
- Die Streuung der ermittelten Flughöhen nahm vom Vormittag zum Nachmittag hin zu während der Median von 9 bis 19 Uhr annähernd konstant bleibt.
- Abgesehen von einzelnen Ausreißern wurden Flugereignisse in Rotorhöhe moderner WEA (> 80 m Höhe) im Zeitraum von 6 bis 20 Uhr festgestellt.
- 81 % der aufgenommenen Ortungspunkte im Flug wiesen eine Flughöhe von weniger als 100 m auf, 72 % eine Flughöhe von weniger als 75 m.

Flugaktivität, Flughöhe und Aktionsraumgröße in Abhängigkeit von Wetter und Geländeform

Der Effekt der getesteten Umweltvariablen (Wetter, Geländeform etc.) auf die Flugaktivität der besenderten Rotmilane ließ sich anhand der vorliegenden Datengrundlage gut analysieren, womit eines der wesentlichen Projektziele erreicht wurde.

- West- und Südwesthänge hatten einen schwachen positiven Effekt auf die Flugaktivität, was durch orografische Aufwinde an diesen Standorten erklärt werden könnte.
- Mit Sonnenscheindauer und labiler Luftschichtung hatten zwei Wettervariablen, die wichtige Grundvoraussetzungen für Thermik darstellen, einen leicht positiven Einfluss auf die Flugaktivität.
- Die Windgeschwindigkeit hatte einen schwachen negativen Effekt auf die Flughöhe.
- Bei höheren Temperaturen und labiler Luftschichtung hatten die besenderten Milane tendenziell größere tägliche Aktionsräume.
- Insgesamt war der Einfluss der Wettervariablen auf das Flugverhalten der Milane sehr klein. Deutlich ausgeprägte Verhaltensmuster lassen sich hier entsprechend weder für Flugaktivität und Flughöhe noch für die tägliche Aktionsraumgröße ableiten.

Einfluss von Landnutzung und -bewirtschaftung auf das Flugverhalten

Die Frequentierung verschiedener Landnutzungstypen und von Bewirtschaftungsereignissen ließ sich für die einzelnen Tiere ermitteln. Eine Differenzierung verschiedener Bewirtschaftungsereignisse konnte anhand der aktuellen Datenlage jedoch nicht durchgeführt werden.

- Die meisten Landnutzungstypen wurden nicht proportional zu ihrem Flächenangebot genutzt. Für fast alle Landnutzungstypen zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede im Verlauf der Brutsaison sowie zwischen den einzelnen Milanen.
- Kürzlich bewirtschaftete Flächen wurden tendenziell häufiger befliegen, als aktuell nicht bewirtschaftete Flächen.

Flugverhalten im Umfeld der Windparks

Die Analyse des Flugverhaltens im Umfeld von Windparks beruht auf einer soliden Stichprobengröße (neun Geofences, vier Tiere). Für die kombinierte Betrachtung von Landnutzung, Bewirtschaftung und Windparks lagen hingegen ausschließlich die Daten von Milan Noah aus dem Geofence "Ulrichstein-Platte" vor. Die geringe Stichprobengröße lieferte hier keine belastbaren Ergebnisse.

- Weder ganze Windparks noch einzelne WEA wurden von den Milanen ersichtlich umflogen.
- Im Nahbereich der WEA-Rotoren (Rotorradius + 10 m Puffer) wurden 28 Flugereignisse erfasst. Mehrfach wurden Flüge bis auf wenige Meter an die Mast-Achse heran dokumentiert. Die Flüge erfolgten überwiegend parallel zur Rotorausrichtung und wurden somit außerhalb des drehenden Rotors erfasst. Durchflüge durch einen drehenden Rotor wurden nicht festgestellt.

Marburg, den 13.09.2019



(M.Sc.-Biol. Christian Heuck)

8 Literatur

- Aebischer A (2009) Der Rotmilan: Ein faszinierender Greifvogel. Haupt-Verlag
- Barton K (2016) MuMIn: Multi-Model Inference
- Bates D, Maechler M, Walker (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67:1–48
- Baucks C (2018) The effect of food supplementation on range use of breeding red kites (*Milvus milvus*) in Switzerland. Master Thesis, Swiss Ornithological Institute, Department of Evolutionary Biology and Environmental Studies, University of Zurich.
- Bauer HG, Bezzel E, Fiedler W (2005) Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Alles über Biologie, Gefährdung und Schutz. AULA-Verlag, Wiebelsheim
- Bellebaum J, Korner-Nievergelt F, Duerr T, Mammen U (2013) Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population. *J Nat Conserv* 21:394–400. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2013.06.001>
- Burt WH (1943) Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *J Mammal* 24:346–352
- Calabrese JM, Fleming CH, Gurarie E (2016) ctmm : an package for analyzing animal relocation data as a continuous-time stochastic process. *Methods Ecol Evol* 7:1124–1132. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12559>
- Dormann CF, Elith J, Bacher S, et al (2013) Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36:27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Duerr AE, Miller TA, Lanzone M, et al (2012) Testing an Emerging Paradigm in Migration Ecology Shows Surprising Differences in Efficiency between Flight Modes. *PLoS ONE* 7:e35548. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035548>
- Dürr T (2019) Zentrale Fundkartei der Staatl. Vogelschwutzwarte Brandenburg: Vogelverluste an Windenergieanlagen in Deutschland. URL: <https://lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de> (10.05.2019)
- Fleming CH, Calabrese JM (2017) A new kernel density estimator for accurate home-range and species-range area estimation. *Methods Ecol Evol* 8:571–579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12673>
- Fleming CH, Fagan WF, Mueller T, et al (2015) Rigorous home range estimation with movement data: a new autocorrelated kernel density estimator. *Ecology* 96:1182–1188. <https://doi.org/10.1890/14-2010.1>
- Fox J, Monette G (1992) Generalized Collinearity Diagnostics. *J Am Stat Assoc* 87:178. <https://doi.org/10.2307/2290467>

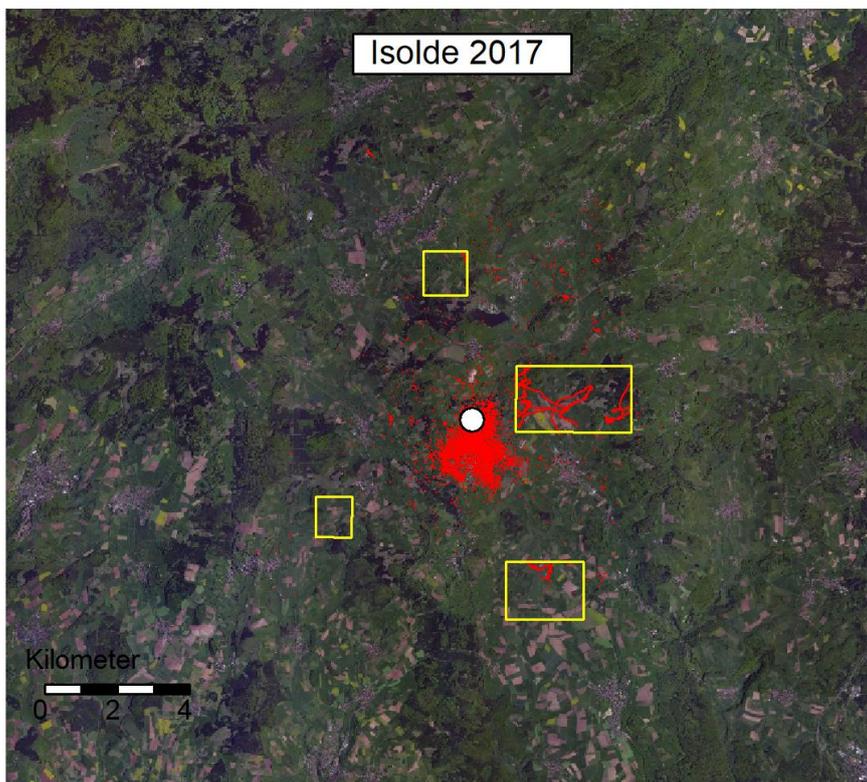
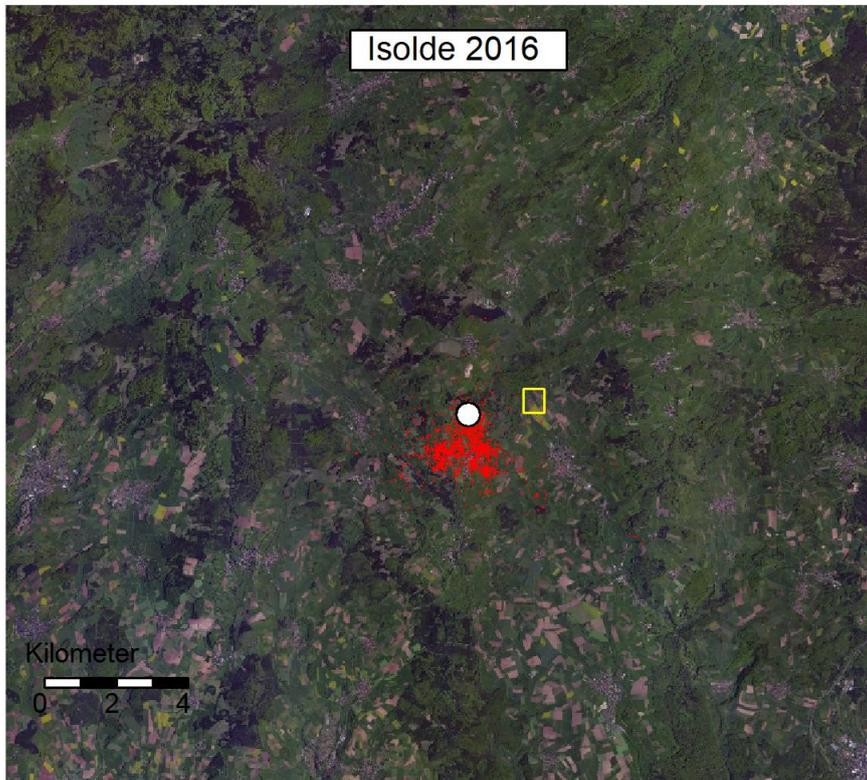
- Gedeon K, Grüneberg C, Mitschke A, et al (2014) Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German Breeding Birds. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- Gelpke C, Hormann M (2012) Artenhilfskonzept Rotmilan (*Milvus milvus*) in Hessen. Gutachten im Auftrag der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland.
- Grünkorn T, Blew J, Coppack T, et al (2016) Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D
- Gschweng M, Riepl M, Kalko EKV (2014) Rotmilan (*Milvus milvus*) und Windenergie: Problematik und Praxis bei der Erfassung windkraftsensibler Greifvogelarten. *Ber Vogelschutz* 51:61–82
- Hagemeijer EJM, Blair M (Hrsg) (1997) The EBCC Atlas of European Breeding Birds: their distribution and abundance. T & A.D. Poyser, London.
- Helbig A, Baumüller J, Kerschgens MJ (1999) Stadtklima und Luftreinhaltung. Springer, Berlin
- Heuck C, Brandl R, Albrecht J, Gottschalk TK (2013) The potential distribution of the Red Kite in Germany. *J Ornithol* 154:911–921. <https://doi.org/10.1007/s10336-013-0955-2>
- Heuck C, Herrmann C, Schabo DG, et al (2017) Density-dependent effects on reproductive performance in a recovering population of White-tailed Eagles *Haliaeetus albicilla*. *Ibis* 159:297–310. <https://doi.org/10.1111/ibi.12444>
- HGON (2010) Vögel in Hessen. Die Brutvögel Hessens in Raum und Zeit. Brutvogelatlas. Echzell
- HGON (Hrsg) (2000) Avifauna von Hessen, 4. Lieferung. Hessische Gesellschaft für Ornithologie. Echzell
- Hoffmann M, Gelpke C, Böhmer C, et al (2017) Zum Bruterfolg des Rotmilans (*Milvus milvus*) in Hessen. *Vogel Umw* 22:25–32
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008) Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biom J* 50:346–363
- Jacobs J (1974) Quantitative measurement of food selection. *Oecologia* 14:413–417

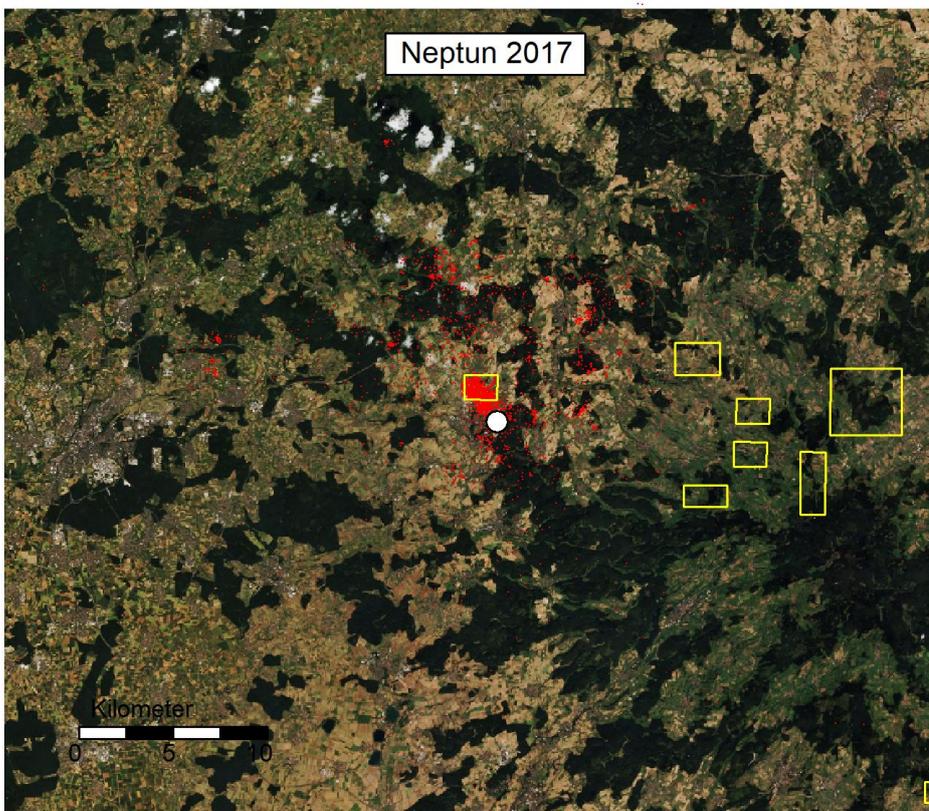
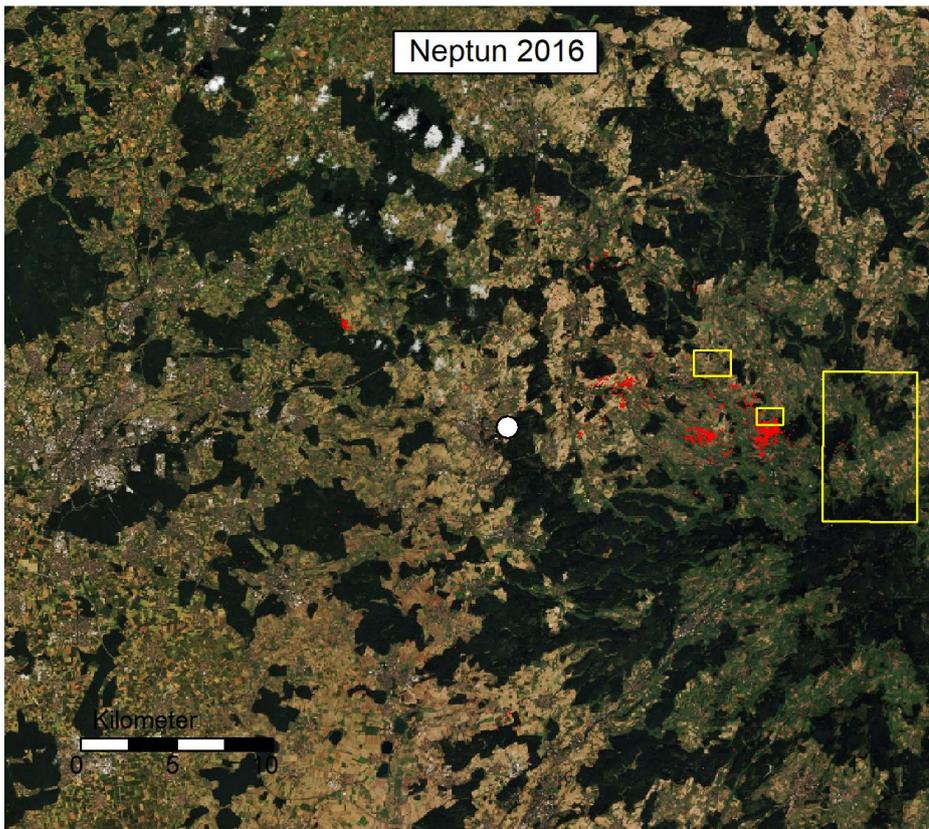
- Katzner TE, Brandes D, Miller T, et al (2012) Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: implications for on-shore wind energy development. *J Appl Ecol* 49:1178–1186. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02185.x>
- Kauhala K, Auttila M (2010) Estimating habitat selection of badgers - a test between different methods. *Folia Zool* 59:16–25. <https://doi.org/10.25225/fozo.v59.i1.a4.2010>
- Kenward RE (2001) *A Manual for Radio Tagging*. Academic Press, New York, San Diego, Sydney, San Francisco
- Korner-Nievergelt F, Roth T, von Felten S, et al (2015) *Bayesian Data Analysis in Ecology Using Linear Models with R, BUGS, and Stan*. Elsevier Academic Press
- Langgemach T, Dürr T (2019) Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. Stand 07.01.2019.
- LUBW (2015) Hinweise zur Bewertung und Vermeidung von Beeinträchtigungen von Vogelarten bei Bauleitplanung und Genehmigung für Windenergieanlagen. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Mammen K, Mammen U, Resetaritz, A. G (2013) Rotmilan. In: Hötker, H., O. Krone & G. Nehls: Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Michael-Otto-Institut im NABU, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, BioConsult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum.
- Mammen U, Mammen K, Heinrichs N, Resetaritz A (2010) Rotmilane und Windkraftanlagen – Aktuelle Ergebnisse zur Konfliktminimierung. Vortrag Tagung „Greifvögel und Windkraft“ am 11. November 2010 in Berlin.
- Miosga O, Gerdes S, Krämer D, Vohwinkel R (2015) Besonderes Uhu-Höhenflugmonitoring im Tiefland. Dreidimensionale Raumnutzungskartierung von Uhus im Münsterland. *Nat NRW* 3:35–39
- Mohr CO (1947) Table of Equivalent Populations of North American Small Mammals. *Am Midl Nat* 37:223–249. <https://doi.org/10.2307/2421652>
- Nagel H, Nicolai B, Mammen U, et al (2019) Verantwortungsart Rotmilan. Ermittlung von Dichtezentren des Greifvogels in Sachsen-Anhalt. *Naturschutz Landschaftsplanung* 51:14–19
- Nathan R, Spiegel O, Fortmann-Roe S, et al (2012) Using tri-axial acceleration data to identify behavioral modes of free-ranging animals: general concepts and tools illustrated for griffon vultures. *J Exp Biol* 215:986–996. <https://doi.org/10.1242/jeb.058602>
- Oke TR (1987) *Boundary Layer Climates*. Methuen, London

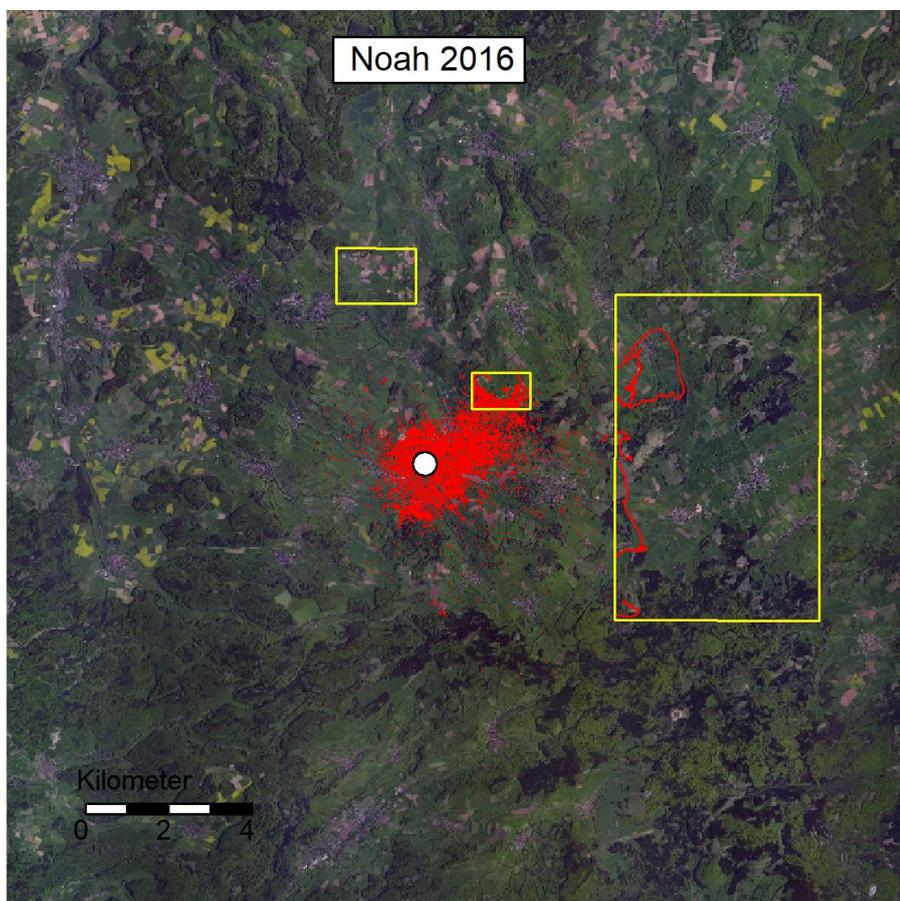
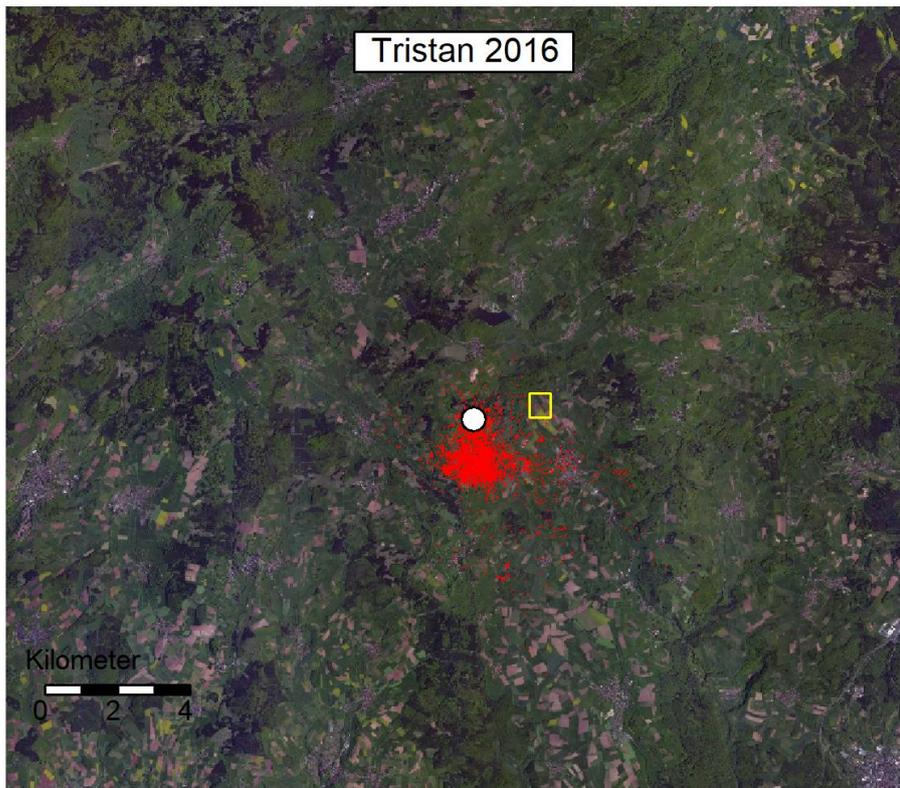
- Pfeiffer T, Meyburg B-U (2015) GPS tracking of Red Kites (*Milvus milvus*) reveals fledgling number is negatively correlated with home range size. *J Ornithol* 156:963–975. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1230-5>
- Phipps WL, Wolter K, Michael MD, et al (2013) Do Power Lines and Protected Areas Present a Catch-22 Situation for Cape Vultures (*Gyps coprotheres*)? *PLoS ONE* 8:e76794. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076794>
- PNL (2011) Grunddatenerhebung für das EU-Vogelschutzgebiet „Vogelsberg“ (5421-401). Planungsgruppe Natur und Landschaft. Im Auftrag des Regierungspräsidiums Gießen.
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Regierungspräsidium Gießen (2015) Integratives Gesamtkonzept für das Vogelschutzgebiet 5421 - 401 Vogelsberg zur Ausweisung von Vorranggebieten zur Nutzung der Windenergie im Rahmen des Teilregionalplans Energie Mittelhessen als Bestandteil des Umweltberichts zum Teilregionalplan Energie Mittelhessen. Entwurf zur erneuten Beteiligung, zweite Anhörung und Offenlegung
- Reid T, Krüger S, Whitfield DP, Amar A (2015) Using spatial analyses of bearded vulture movements in southern Africa to inform wind turbine placement. *J Appl Ecol* 52:881–892. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12468>
- Sergio F (2003) From individual behaviour to population pattern: weather-dependent foraging and breeding performance in black kites. *Anim Behav* 66:1109–1117. <https://doi.org/10.1006/anbe.2003.2303>
- Sprötge M, Sellmann E, Reichenbach, Marc (2018) Windkraft Vögel Artenschutz. Ein Beitrag zu den rechtlichen und fachlichen Anforderungen in der Genehmigungspraxis.
- Strasser C (2006) Totfundmonitoring und Untersuchung des artspezifischen Verhaltens von Greifvögeln in einem bestehenden Windpark in Sachsen-Anhalt. Dipl.-Arb., Trier.
- Südbeck P, Andretzke H, Fischer S, et al (2005) Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell
- Thurfjell H, Ciuti S, Boyce M (2014) Applications of step-selection functions in ecology and conservation. *Mov Ecol* 2:1–12
- TNL (2015) Natura 2000-Verträglichkeitsuntersuchung für das VSG „Vogelsberg“ zu möglichen Vorranggebieten Windenergie im Teilregionalplan Energie Mittelhessen. Team Natur und Landschaft. Im Auftrag des Regierungspräsidiums Gießen.
- Walsh C, Nally RM (2013) hier.part: Hierarchical Partitioning. R package version 1.0-4.
- Worton BJ (1989) Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology* 70:164–168. <https://doi.org/10.2307/1938423>

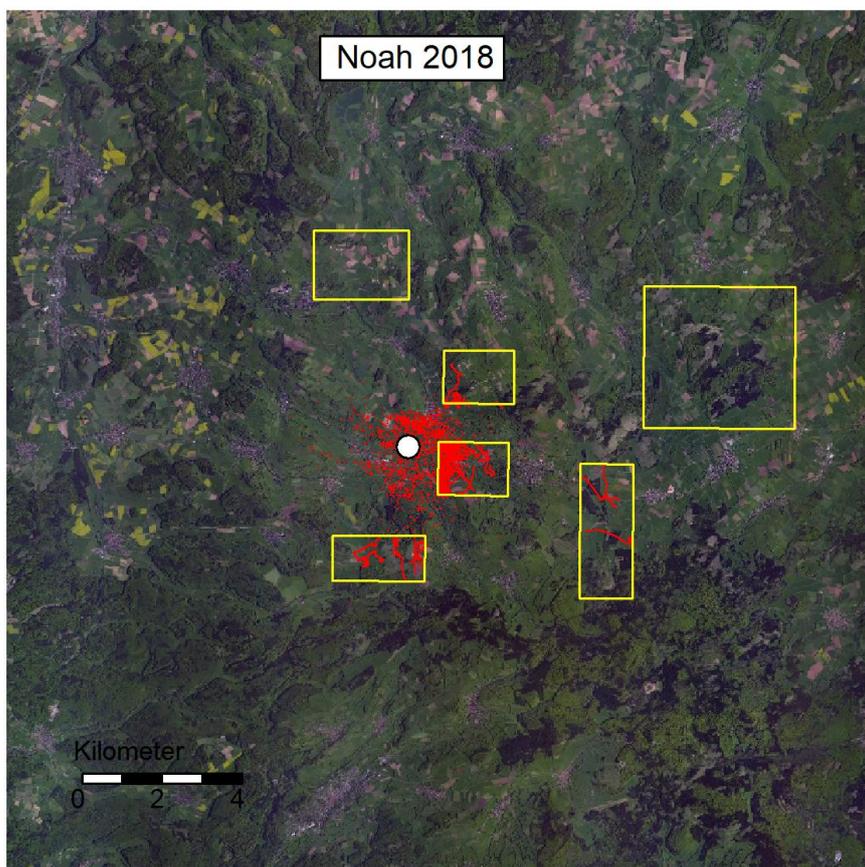
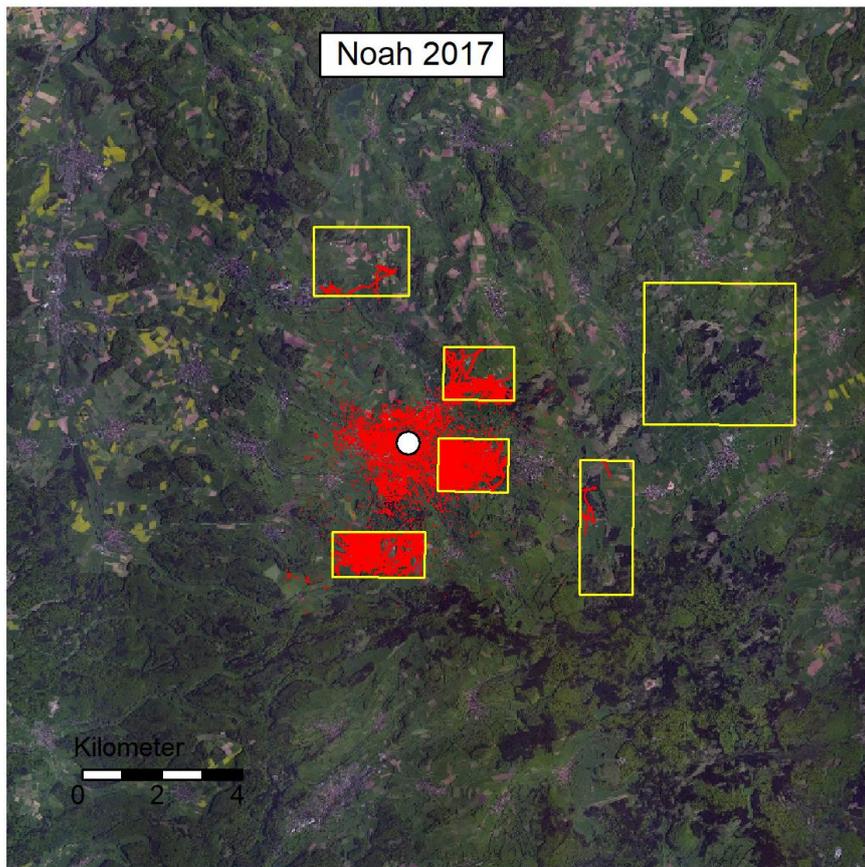
9 Anhang

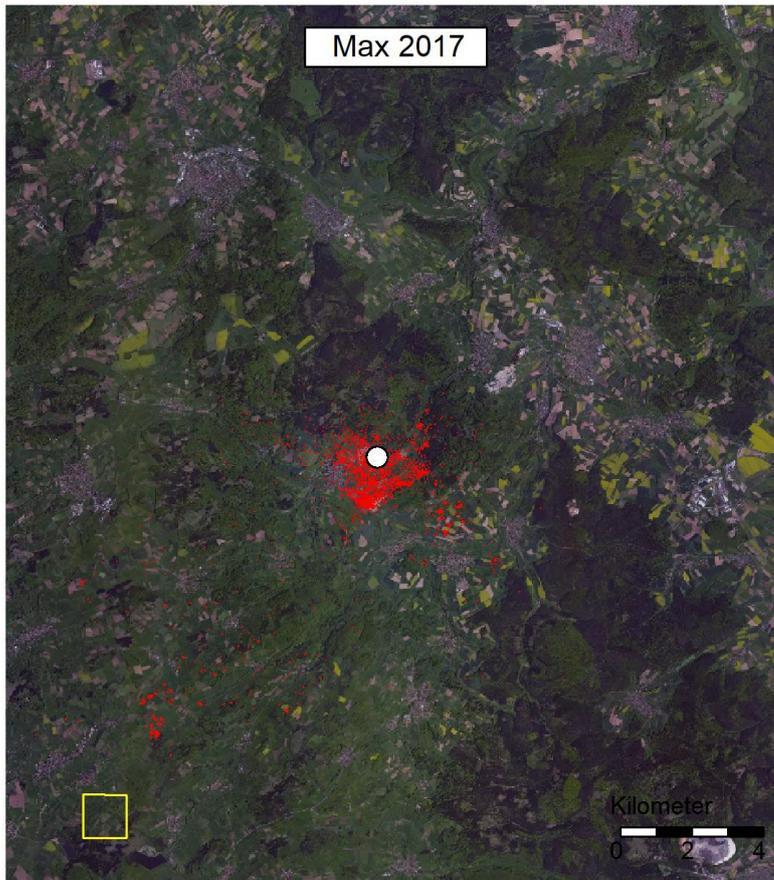
Anhang 1: Übersicht der erfassten Datenpunkte aller Sendervögel im Brutgebiet. Weiß markiert ist der jeweilige Brutplatz; gelb dargestellt sind die Geofences. Kartengrundlage: Google.

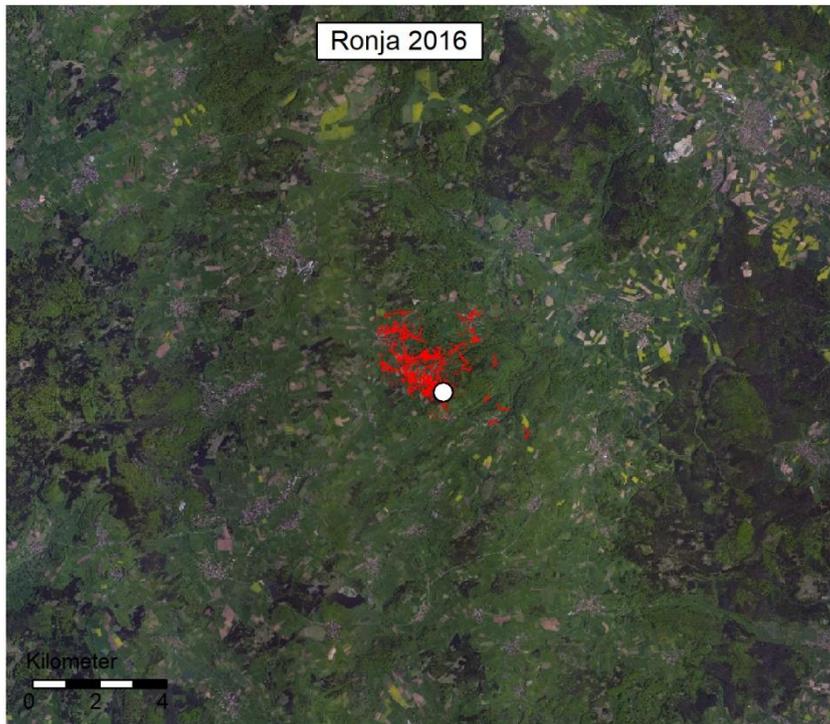








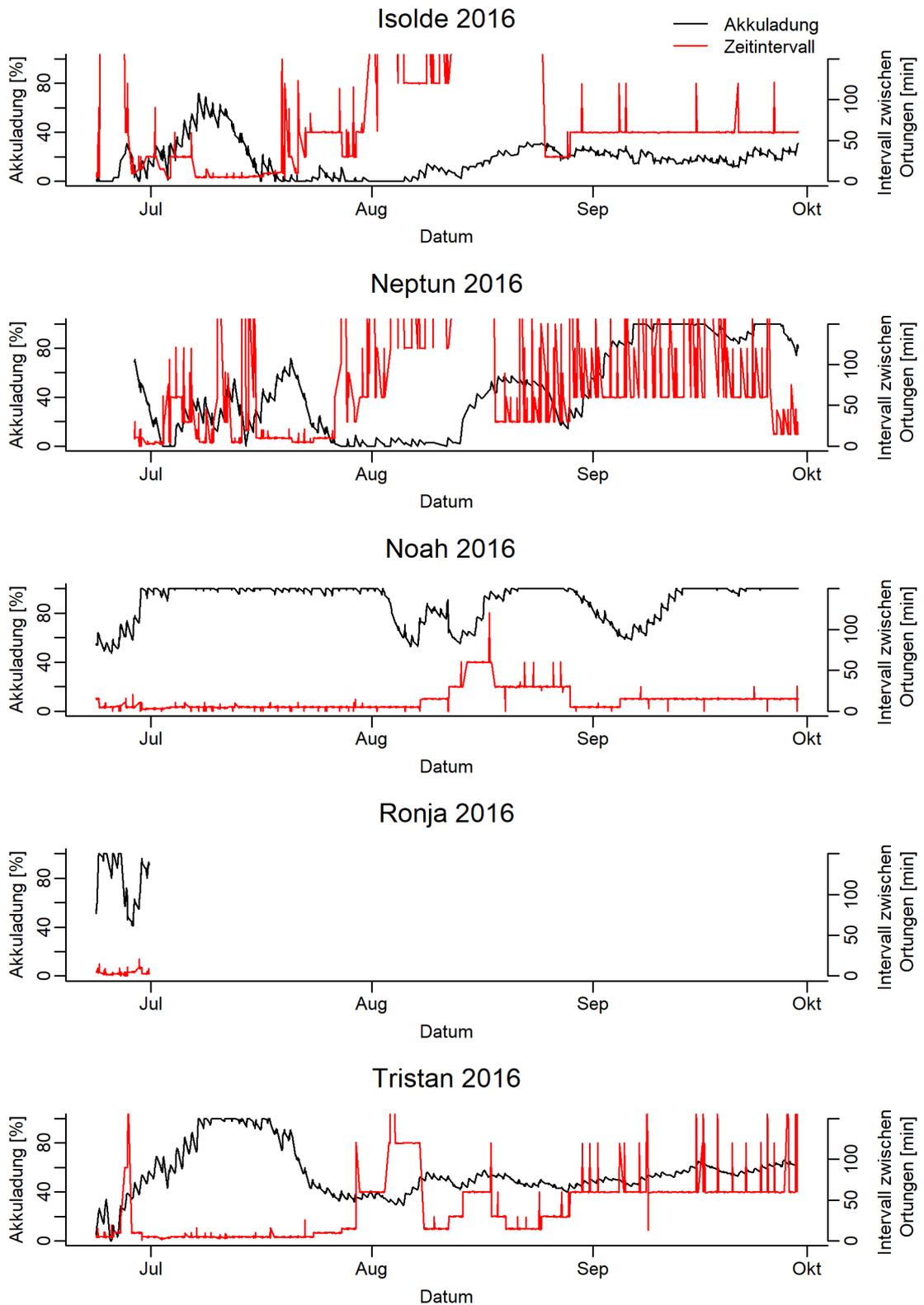


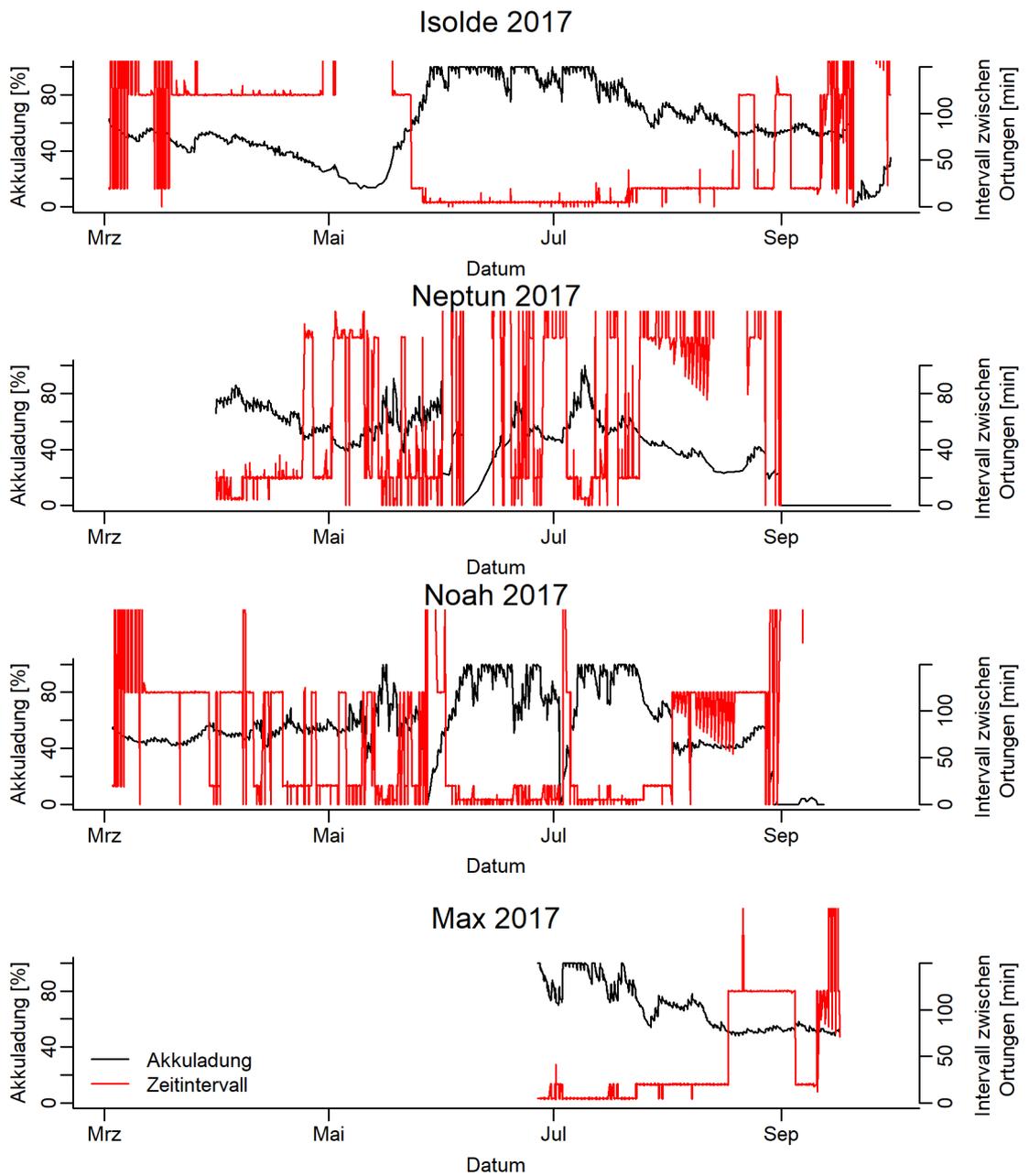


Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

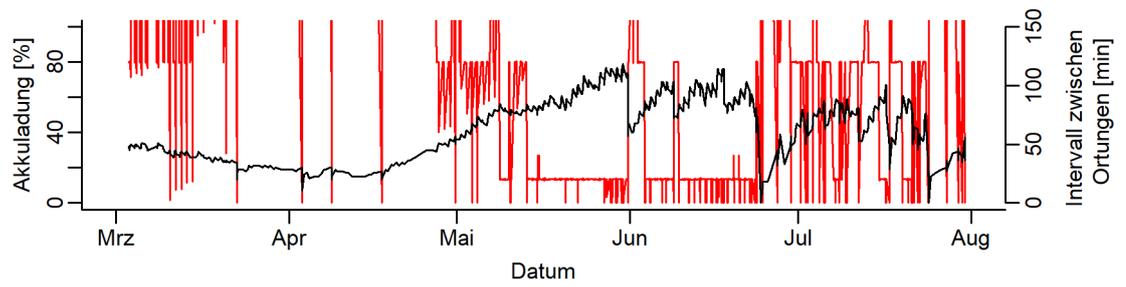
Abschlussbericht

Anhang 2: Prozentualer Ladezustand der Akkus und Ortungsintervalle der besenderten Rotmilane im Untersuchungszeitraum (März bis Ende September 2016-2018). Ortungsintervalle > 150 min. sind zur besseren Visualisierung der kurzen Intervalle nicht dargestellt.

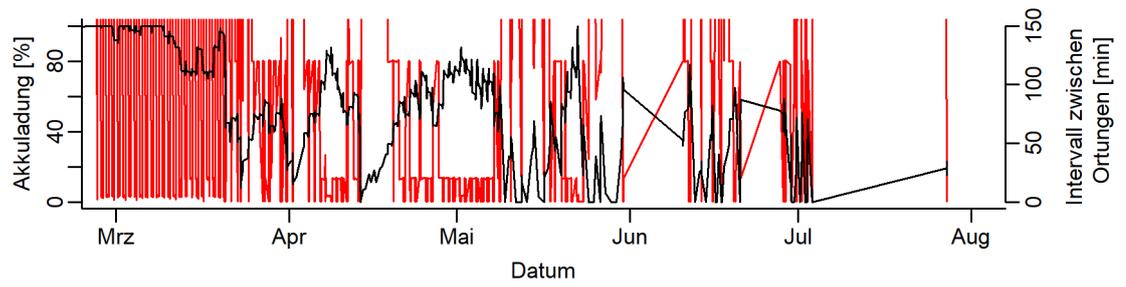




Noah 2018



Max 2018



Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 3: Übersicht der erfassten Rotmilanbruten in den Untersuchungsjahren 2016 und 2017. Die ID-Nummer in der ersten Spalte entspricht den Zahlen in Karten 2 und 3. NA = Not Available (nicht besetzt oder noch nicht bekannt).

ID	Gebiet	Horst / Re- vier	2016 Bruterfolg	2016 Anzahl Junge	2017 Bruterfolg	2017 Anzahl Junge
1	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	1
2	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	1	erfolgreich	1
3	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolglos	keine
4	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	1
5	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	1	erfolglos	keine
6	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	2
7	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	2
8	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	1	erfolglos	keine
9	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	1	erfolglos	keine
10	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolglos	keine
11	Freiensteinau	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	2
12	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	erfolgreich	1
13	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	unbekannt	unbekannt
14	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	erfolgreich	2
15	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
16	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
17	Freiensteinau	Horst/Revier	erfolglos	keine	unbekannt	unbekannt
18	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	erfolglos	keine
19	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	erfolglos	keine
20	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	erfolglos	keine
21	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	Mäusebussard	??
22	Freiensteinau	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
23	Freiensteinau	Horst/Revier	erfolglos	keine	unbekannt	unbekannt
24	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	1
25	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	2	NA	NA
26	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	1	unbekannt	unbekannt
27	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	1	erfolglos	keine
28	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	1	erfolgreich	1
29	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	1	erfolglos	keine
30	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	2	erfolgreich	2
31	Ulrichstein	Horst	erfolgreich	1	erfolgreich	1
32	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
33	Ulrichstein	Revier	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt
34	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
35	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
36	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	erfolglos	keine
37	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
38	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

ID	Gebiet	Horst / Re- vier	2016 Bruterfolg	2016 Anzahl Junge	2017 Bruterfolg	2017 Anzahl Junge
39	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
40	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
41	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
42	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	Mäusebussard	Mb
43	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
44	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
45	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
46	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
47	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	Mäusebussard	Mb
48	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
49	Ulrichstein	Horst	erfolglos	keine	NA	NA
50	Freiensteinau	Horst	NA	NA	erfolgreich	2
51	(Freiensteinau)	Horst	NA	NA	erfolgreich	2
52	Freiensteinau	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
53	Freiensteinau	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
54	Freiensteinau	Horst	NA	NA	unbekannt	unbekannt
55	Freiensteinau	Revier	NA	NA	unbekannt	unbekannt
56	Freiensteinau	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
57	Freiensteinau	Horst	NA	NA	erfolgreich	2
58	(Freiensteinau)	Horst	NA	NA	erfolgreich	2
59	(Freiensteinau)	Horst	NA	NA	erfolgreich	2
60	(Freiensteinau)	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
61	Freiensteinau	Revier	NA	NA	unbekannt	unbekannt
62	(Freiensteinau)	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
63	Freiensteinau	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
65	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
66	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
67	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolgreich	2
68	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
69	Ulrichstein	Revier	NA	NA	unbekannt	unbekannt
70	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
71	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
72	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
73	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
74	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
75	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolglos	keine
76	Ulrichstein	Revier	NA	NA	unbekannt	unbekannt
77	Ulrichstein	Revier	NA	NA	unbekannt	unbekannt
78	Ulrichstein	Revier	NA	NA	unbekannt	unbekannt
79	Ulrichstein	Horst	NA	NA	erfolgreich	1
80	(Ulrichstein)	Horst	erfolgreich	??	erfolgreich	3

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

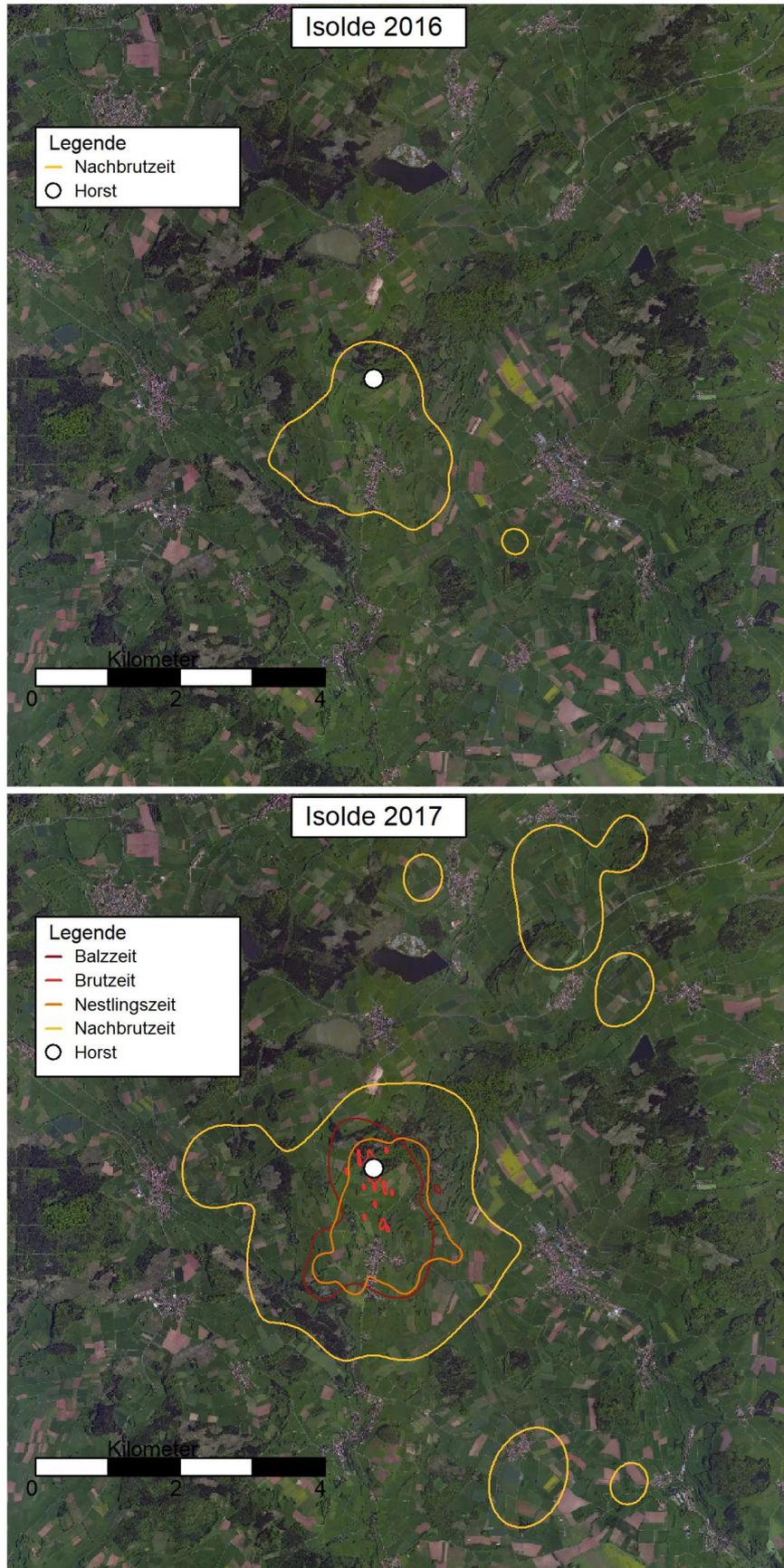
Anhang 4: Ergebnisse der Homerange Analysen für einzelne Milane nach der MCP (Minimum-Convex-Polygon) und AKDE (Autocorrelated Kernel Density Estimation) Methode nach der Brutzeitphänologie für 2016, 2017 und 2018 (5- Minuten Datensatz).

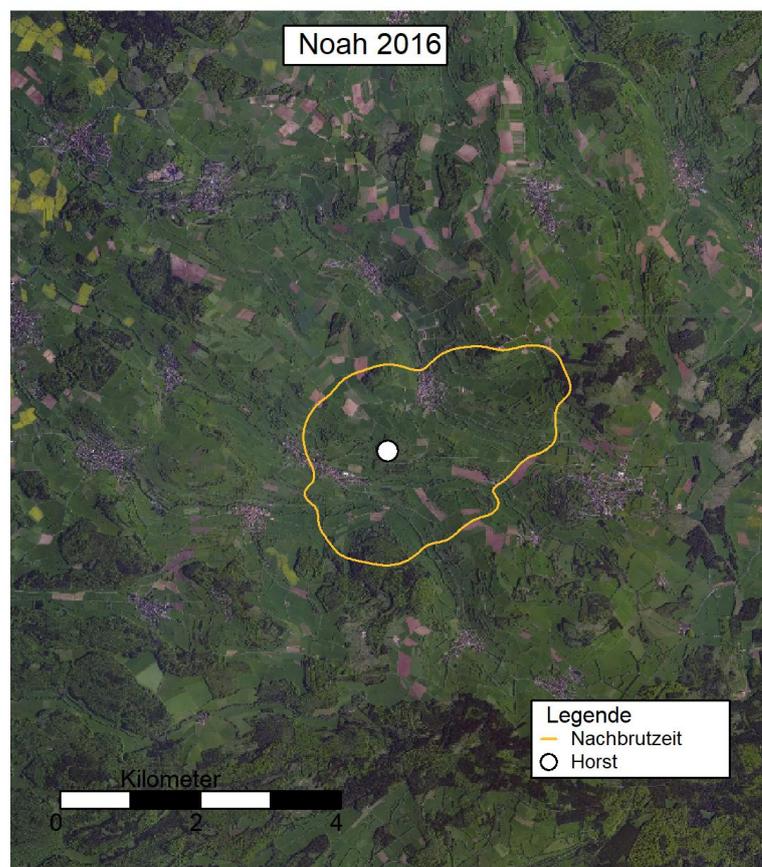
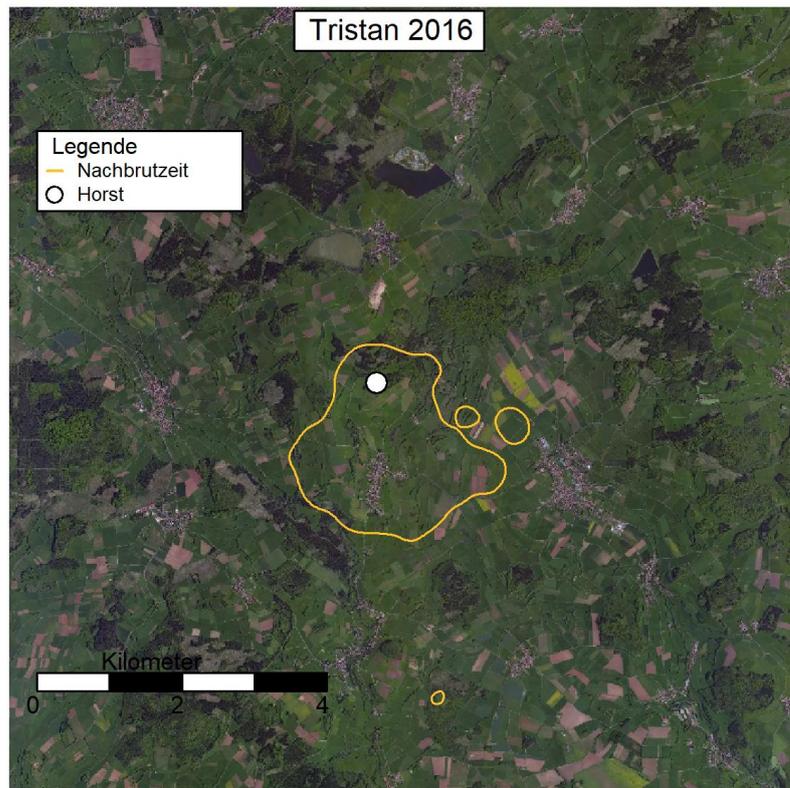
Rotmilan	MCP 95 % [ha]	MCP 75 % [ha]	MCP 50 % [ha]	AKDE 95 % [ha]	AKDE 75 % [ha]	AKDE 50 % [ha]
Homerange 2016 Nachbrutzeit (01. Juli - 30. September) N = 21.819						
Isolde (N = 3.611)	423	395	203	433	167	72
Noah (N = 11.401)	917	171	132	828	341	166
Tristan (N = 6.807)	545	270	161	524	168	78

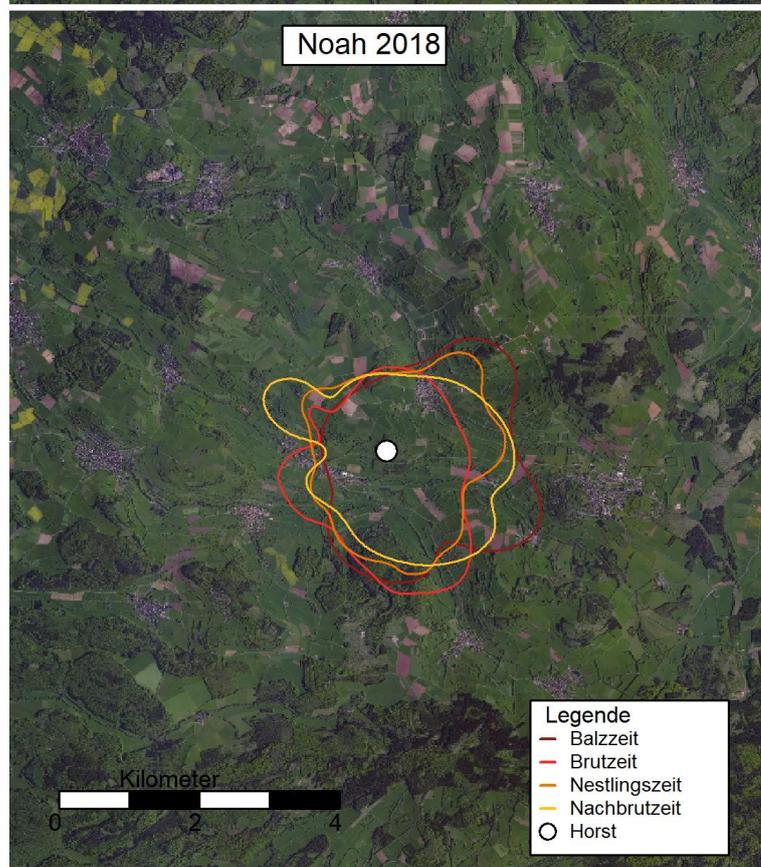
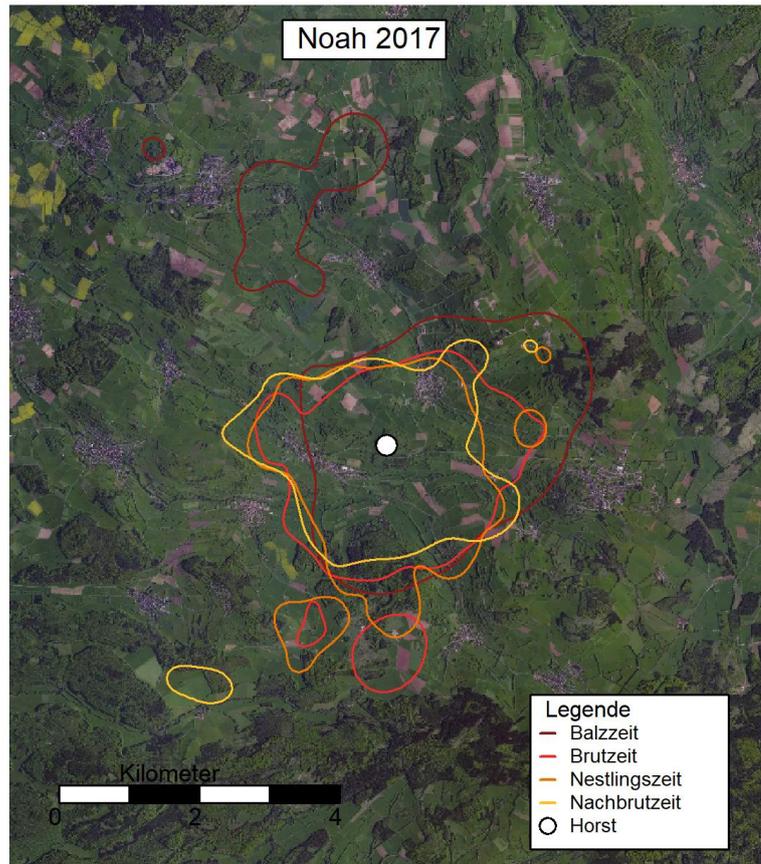
Rotmilan	MCP 95 % [ha]	MCP 75 % [ha]	MCP 50 % [ha]	AKDE 95 % [ha]	AKDE 75 % [ha]	AKDE 50 % [ha]
Homerange Balzzeit 2017 (15. März – 14. April) N = 692						
Isolde (N = 318)	277	7	4	315	55	20
Noah (N = 374)	1.141	369	60	1.481	466	178
Homerange Brutzeit 2017 (15. April – 19. Mai) N = 1.793						
Isolde (N = 192)	10	0,2	0,1	10	1	0,6
Noah (N = 1.601)	809	330	97	1.009	381	147
Homerange Jungenaufzucht (Nestlingszeit) 2017 (20. Mai – 30. Juni) N = 10.904						
Isolde (N = 6.409)	404	89	42	275	83	25
Noah (N = 4.495)	870	281	151	987	341	142
Homerange 2017 Nachbrutzeit (01. Juli - 30. September) N = 14.823						
Isolde (N = 5.582)	4.672	326	149	1.691	334	161
Noah (N = 4.121)	717	286	186	883	359	179
Max (N = 5.120)	10.172	1.239	537	718	190	76

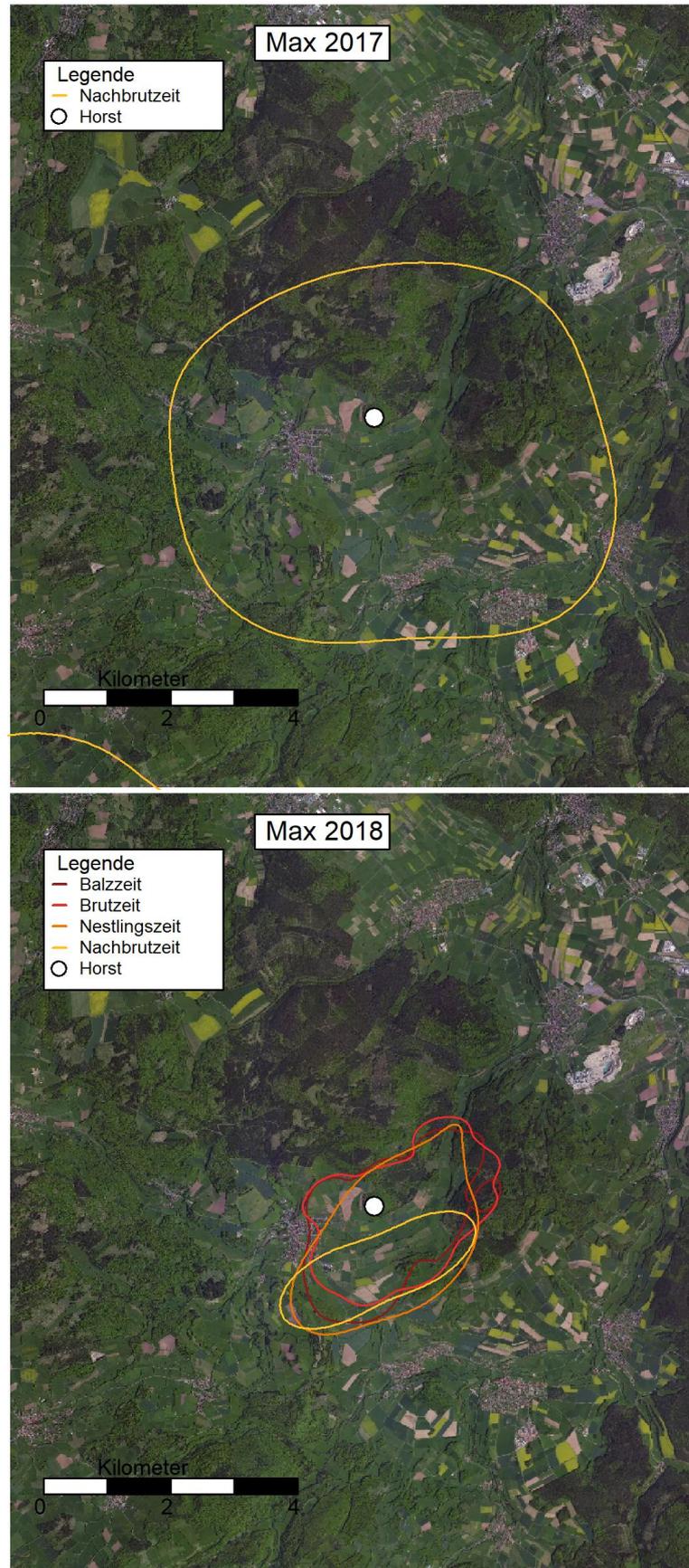
Rotmilan	MCP 95 % [ha]	MCP 75 % [ha]	MCP 50 % [ha]	AKDE 95 % [ha]	AKDE 75 % [ha]	AKDE 50 % [ha]
Homerange Balzzeit 2018 (15. März – 14. April) N = 1.311						
Noah (N = 94)	295	213	14	786	311	130
Max (N = 1.217)	555	207	114	566	171	73
Homerange Brutzeit 2018 (15. April – 19. Mai) N = 2.080						
Noah (N = 508)	511	214	32	610	222	64
Max (N = 1.572)	612	162	83	569	172	67
Homerange Jungenaufzucht (Nestlingszeit) 2018 (20. Mai – 30. Juni) N = 3.417						
Noah (N = 1.834)	579	241	127	628	254	105
Max (N = 1.583)	442	191	37	607	236	105
Homerange Nachbrutzeit 2018 (01. Juli – 31. Juli) N = 767						
Noah (N = 585)	630	233	92	673	282	134
Max (N = 182)	46	40	31	310	149	79

Anhang 5: Ergebnis der Homerange Analysen (95% AKDE). Kartengrundlage: Google.









Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 6: Modellstatistiken von vier (GLGM) zur kategorisierten Flugaktivität (Flug/nicht Flug) während vier Brutzeitphasen. Erklärende Variablen waren jeweils fünf Wettervariablen (z-standardisiert) und die kategorisierte Geländeform. Die Vogel-ID und das Untersuchungsjahr wurden als random-effect betrachtet. Die Effektstärken der acht Hangexpositionen geben den Unterschied zur Kategorie 'Kein Hang' an, für die Kategorie 'Kein Hang' sind damit keine statistischen Werte verfügbar.

Wettervariable	Balzzeit N = 2.768; N (Vögel) = 4 R ² = 0,385; marg. R ² = 0,152			Brutzeit N = 4.671; N (Vögel) = 4 R ² = 0,475; marg. R ² = 0,248			Aufzuchtzeit N = 20.293; N (Vögel) = 6 R ² = 0,255; marg. R ² = 0,112			Nachbrutzeit N = 36.884; N (Vögel) = 5 R ² = 0,169; marg. R ² = 0,144		
	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²
Niederschlag	- 0,21 ± 0,06	< 0,001	0,013	- 0,53 ± 0,09	< 0,001	0,025	- 0,34 ± 0,05	< 0,001	0,004	- 0,14 ± 0,02	< 0,001	0,003
Windgeschwindigkeit	0,39 ± 0,05	< 0,001	0,003	0,31 ± 0,04	< 0,001	0,003	0,31 ± 0,02	< 0,001	0,006	0,38 ± 0,01	< 0,001	0,003
Temperatur	0,25 ± 0,05	< 0,001	0,014	0,15 ± 0,04	< 0,001	0,031	- 0,05 ± 0,02	0,018	0,005	0,00 ± 0,01	0,915	0,016
Sonnenscheindauer	0,25 ± 0,05	< 0,001	0,033	0,28 ± 0,04	< 0,001	0,047	0,21 ± 0,02	< 0,001	0,020	0,36 ± 0,02	< 0,001	0,034
Luftschichtung	0,35 ± 0,05	< 0,001	0,023	0,34 ± 0,04	< 0,001	0,045	0,36 ± 0,02	< 0,001	0,020	0,37 ± 0,01	< 0,001	0,034
Hang N	0,11 ± 0,15	0,435	0,093	- 0,34 ± 0,11	0,003	0,116	0,01 ± 0,06	0,883	0,027	- 0,37 ± 0,04	< 0,001	0,036
Hang NO	0,63 ± 0,30	0,036		0,90 ± 0,23	< 0,001		0,09 ± 0,08	0,304		- 0,36 ± 0,06	< 0,001	
Hang O	- 0,85 ± 0,19	< 0,001		- 1,46 ± 0,17	< 0,001		0,29 ± 0,08	< 0,001		- 0,63 ± 0,06	< 0,001	
Hang SO	- 1,00 ± 0,16	< 0,001		- 1,58 ± 0,16	< 0,001		- 0,60 ± 0,05	< 0,001		- 0,59 ± 0,05	< 0,001	
Hang S	- 1,12 ± 0,16	< 0,001		- 1,82 ± 0,11	< 0,001		- 0,32 ± 0,05	< 0,001		0,32 ± 0,04	< 0,001	
Hang SW	0,82 ± 0,23	< 0,001		0,13 ± 0,16	0,415		0,91 ± 0,07	< 0,001		0,70 ± 0,05	< 0,001	
Hang W	0,15 ± 0,21	0,492		- 0,11 ± 0,14	0,403		0,52 ± 0,07	< 0,001		0,46 ± 0,05	< 0,001	
Hang NW	- 0,60 ± 0,16	< 0,001		0,02 ± 0,14	0,864		0,06 ± 0,06	0,338		- 0,14 ± 0,06	0,009	

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 7: Modellstatistiken von vier (LGM) zur kontinuierlichen Flughöhe während vier Brutzeitphasen. Erklärende Variablen waren jeweils fünf Wettervariablen (z-standardisiert) und die kategorisierte Geländeform. Die Vogel-ID und das Untersuchungsjahr wurden als random-effect betrachtet. Die Effektstärken der acht Hangexpositionen geben den Unterschied zur Kategorie 'Kein Hang' an, für die Kategorie 'Kein Hang' sind damit keine statistischen Werte verfügbar.

Wettervariable	Balzzeit N = 1.216; N (Vögel) = 4 R ² = 0,133; marg. R ² = 0,056			Brutzeit N = 1.662; N (Vögel) = 4 R ² = 0,095; marg. R ² = 0,019			Aufzuchtzeit N = 8.252; N (Vögel) = 6 R ² = 0,062; marg. R ² = 0,013			Nachbrutzeit N = 11.107; N (Vögel) = 5 R ² = 0,112; marg. R ² = 0,032		
	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²	Effektstärke ± Standardfehler	p - Wert	R ²
Niederschlag	- 0,01 ± 0,03	0,741	0,005	-0,03 ± 0,02	0,244	0,001	-0,01 ± 0,01	0,204	0,001	-0,01 ± 0,01	0,498	0,001
Windgeschwindigkeit	- 0,11 ± 0,03	0,002	0,079	-0,09 ± 0,03	0,001	0,015	-0,09 ± 0,01	< 0,001	0,005	-0,08 ± 0,01	< 0,001	0,019
Temperatur	0,06 ± 0,03	0,074	0,081	0,03 ± 0,03	0,392	0,000	-0,07 ± 0,02	< 0,001	0,001	0,02 ± 0,01	0,072	0,015
Sonnenscheindauer	0,03 ± 0,03	0,360	0,004	0,02 ± 0,03	0,363	0,000	0,02 ± 0,01	0,111	0,001	0,05 ± 0,01	< 0,001	0,018
Luftschichtung	0,09 ± 0,03	0,004	0,035	-0,06 ± 0,03	0,024	0,001	0,06 ± 0,01	< 0,001	0,004	0,06 ± 0,01	< 0,001	0,022
Hang N	- 0,01 ± 0,08	0,859	0,042	-0,01 ± 0,07	0,933	0,018	0,08 ± 0,04	0,061	0,009	-0,20 ± 0,03	< 0,001	0,003
Hang NO	0,06 ± 0,14	0,677		0,07 ± 0,12	0,571		-0,17 ± 0,06	0,003		-0,09 ± 0,05	0,084	
Hang O	0,12 ± 0,12	0,311		0,06 ± 0,14	0,679		-0,16 ± 0,06	0,003		-0,15 ± 0,05	< 0,001	
Hang SO	- 0,00 ± 0,11	0,967		0,09 ± 0,12	0,461		-0,03 ± 0,04	0,376		-0,06 ± 0,04	0,171	
Hang S	- 0,15 ± 0,11	0,168		0,23 ± 0,09	0,009		-0,01 ± 0,04	0,851		-0,11 ± 0,03	< 0,001	
Hang SW	0,02 ± 0,11	0,853		0,09 ± 0,11	0,379		-0,04 ± 0,04	0,328		-0,11 ± 0,03	< 0,001	
Hang W	- 0,10 ± 0,11	0,363		-0,02 ± 0,09	0,847		0,02 ± 0,05	0,637		-0,06 ± 0,03	0,079	
Hang NW	- 0,18 ± 0,10	0,056		-0,11 ± 0,09	0,190		-0,01 ± 0,05	0,746		-0,13 ± 0,04	0,001	

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 8: Distanz zum Horst in der 50, 75 und 90 % aller Ortungspunkte in den verschiedenen Brutzeitphasen der Jahre 2017 und 2018 aufgenommen wurden.

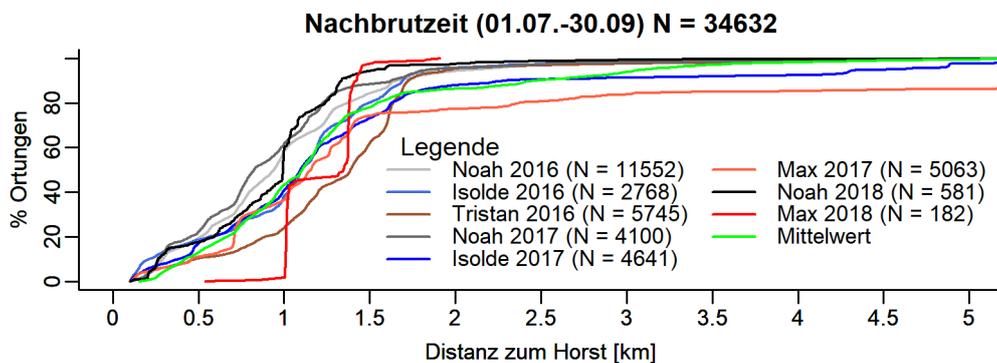
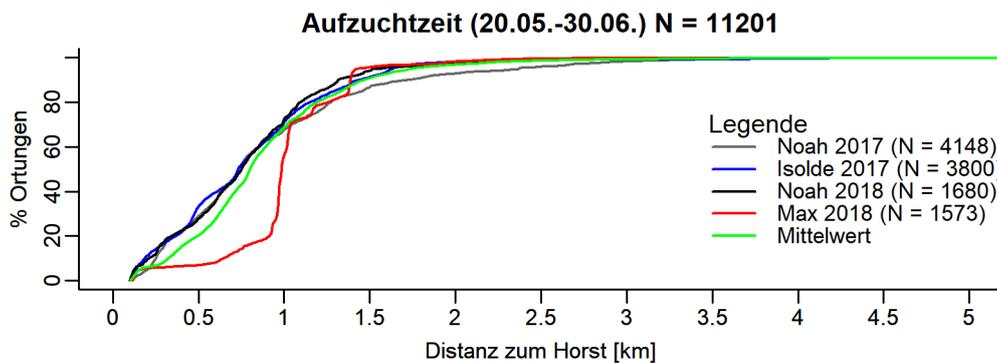
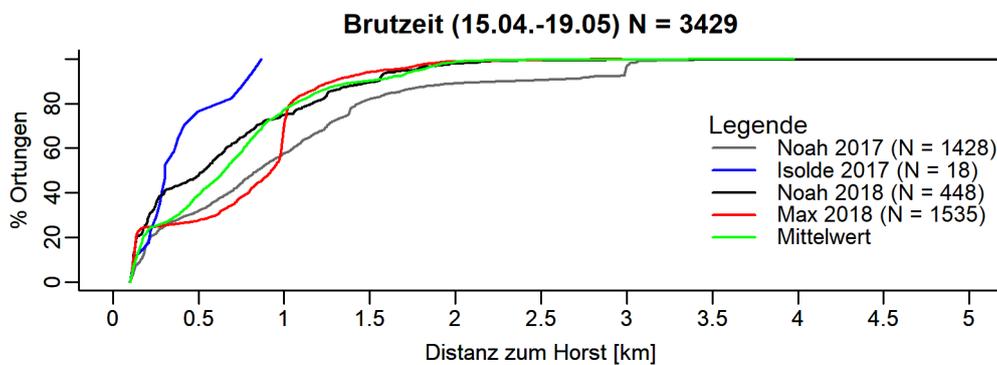
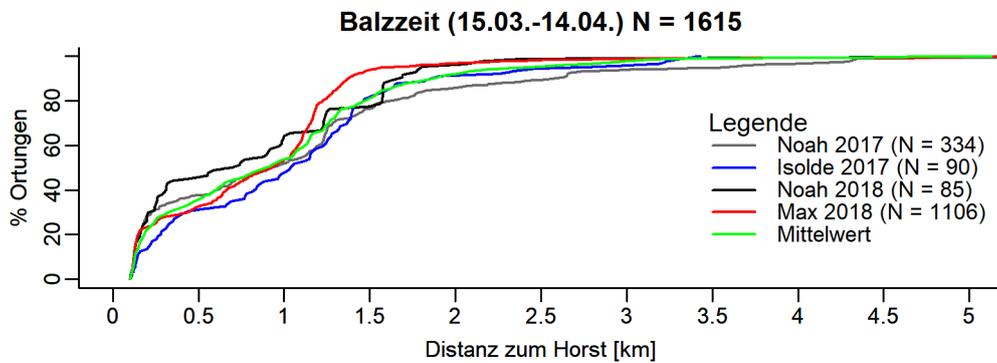
Rotmilan	95 % [km]	75 % [km]	50 % [km]
Balzzzeit 2017 (15. März - 14. April) N = 692			
Isolde (N = 318)	1,514	0,147	0,038
Noah (N = 374)	3,274	1,361	0,708
Brutzeit 2017 (15. April - 29. Mai) N = 1.793			
Isolde (N = 192)	0,297	0,031	0,022
Noah (N = 1.601)	2,991	1,281	0,741
Jungenaufzucht (Nestlingszeit) 2017 (20. Mai - 30. Juni) N = 12.055			
Isolde (N = 6.409)	1,510	0,825	0,281
Noah (N = 4.495)	2,323	1,312	0,709
Max (N = 1.151)	1,494	1,156	0,872
Nachbrutzeit 2017 (01. Juli - 30. September) N = 14.823			
Isolde (N = 5.582)	4,292	1,411	0,990
Noah (N = 4.121)	1,852	1,167	0,821
Max (N = 5.120)	9,554	1,524	1,147

Rotmilan	95 % [km]	75 % [km]	50 % [km]
Balzzzeit 2018 (15. März - 14. April) N = 1.311			
Noah (N = 94)	1,788	1,237	0,406
Max (N = 1.217)	1,539	1,169	0,780
Brutzeit 2018 (15. April - 29. Mai) N = 2.080			
Noah (N = 508)	1,649	0,876	0,384
Max (N = 1.572)	1,572	1,012	0,916
Jungenaufzucht (Nestlingszeit) 2018 (20. Mai - 30. Juni) N = 3.417			
Noah (N = 1.834)	1,508	1,001	0,710
Max (N = 1.583)	1,415	1,161	0,986
Nachbrutzeit 2018 (01. Juli - 31. Juli) N = 767			
Noah (N = 585)	1,534	1,119	0,994
Max (N = 182)	1,446	1,378	1,353

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 9: Prozentualer Anteil der Ortungen nach Brutzeitphänologie in Abhängigkeit zur Horstdistanz über den gesamten Untersuchungszeitraum. Ortungspunkte im Bereich von 100 m um den Horst sind in dieser Darstellung nicht enthalten.



Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 10: Anzahl an Ortungen und verfügbare Fläche nach erfassten Bewirtschaftungsereignissen pro Kalenderwoche im Jahr 2016.

Probefläche/Gebiet	Tristan und Isolde	Noah	Noah	Noah	Noah	Noah				
Erfassungsdatum	06.07.	13.07.	20.07.	27.07.	03.08.	06.07.	13.07.	20.07.	27.07.	03.08.
Kalenderwoche	27	28	29	30	31	27	28	29	30	31
Anzahl an Ortungspunkten je Fläche										
Mahd	8	4				39	2			
Mahd, Wenden	12		28					2	11	
Wenden										
Wenden, Entnahme		1	8				1	3		
Entnahme	8	1		11			3	2	1	
Ernte		7	12	13				1	1	
Beweidung			1	7				23	13	
Pflügen										
keine Nutzung	91	230	80	6		34	72	39	46	99
Summe Ortungen / Woche	119	243	129	37	0	73	78	70	72	99
Flächenverfügbarkeit										
Mahd	23,81	3,59		2,57		17,27	60,72	2,11		
Mahd, Wenden	5,52	1,82	7,40	0,44		5,29	9,97	6,34	11,74	5,88
Wenden		2,11								
Wenden, Entnahme	4,35	21,69	3,59		3,08		17,27	60,72		
Entnahme	37,08	5,52	3,93	7,40			5,29	9,97	6,34	11,74
Ernte		0,76	12,39	7,59			1,52	3,14	3,34	
Beweidung	4,13	2,24	2,24	3,02	2,24	1,95	2,02	8,86	11,12	5,28
Pflügen										4,33
keine Nutzung	64,88	101,62	117,11	127,65	134,98	177,77	91,29	136,86	191,85	166,03
Summe erfasste Fläche / Woche	139,78	139,36	146,66	148,67	140,31	202,29	188,08	228,00	224,39	193,26
Punkte Bewirtschaftung / Fläche Bewirtschaftung	0,37	0,34	1,66	1,47	0	1,59	0,06	0,34	0,80	0
Punkte keine Bewirtschaftung / Fläche keine Bewirtschaftung	1,40	2,26	0,68	0,05	0	0,19	0,79	0,28	0,24	0,60

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Anhang 11: Anzahl an Ortungen im Flug und verfügbare Fläche nach erfassten Bewirtschaftungsereignissen pro Kartierdurchgang (Ortungen seit letzter Kartierung bis zum jeweiligen Kartiertag) in den Jahren Jahr 2017 und 2018. *M* = Mittelwert.

Rotmilan	Noah															
Durchgang (2017)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	<i>M</i>
Ortungspunkte je Bewirtschaftung																
Beweidung	143	3	237	32	690	68	112	45	263	620	231	201	781	431		
Grünlandbewirtschaftung					692	262	928	2	40		782	492	98			
Einsaat (Acker)																
Pflügen (Acker)																
Ernte (Acker)													6			
Grubbern (Acker)																
keine Bewirtschaftung	1073	117	805	1314	1310	565	2588	518	857	4967	1544	891	2246	838	301	
Summe Ortungen / Durchgang	1216	120	1042	1346	2692	895	3628	565	1160	5587	2557	1584	3131	1269	301	
Flächenverfügbarkeit																
Beweidung	11,6	11,9	12,9	11,9	40,2	40,8	43,3	28,1	51,6	36,6	25,9	26,1	87,4	68,0	29,0	
Grünlandbewirtschaftung					32,6	177,8	101,7	44,7	44,0	15,3	96,6	104,5	29,9	9,8	1,1	
Einsaat (Acker)																
Pflügen (Acker)																
Ernte (Acker)													1,2			
Grubbern (Acker)																
keine Bewirtschaftung	359,4	358,5	358,1	359,1	301,2	151,7	226,0	297,5	274,8	319,0	248,4	240,4	252,6	293,2	340,9	
Summe erfasste Fläche / Durchgang	371,0	370,4	371,0	371,0	374,0	370,4	371,0	370,4	370,4	371,0	371,0	371,0	371,0	371,0	371,0	
Punkte Bewirtschaftung / Fläche Bewirtschaftung	12,3	0,3	18,4	2,7	19,0	1,5	7,2	0,6	3,2	11,9	8,3	5,3	7,5	5,5	0,0	
Punkte keine Bewirtschaftung / Fläche keine Bewirtschaftung	3,0	0,3	2,2	3,7	4,3	3,7	11,5	1,7	3,1	15,6	6,2	3,7	8,9	2,9	0,9	
Verhältnis (>1 = Bevorzugung v. bewirtschafteten Flächen)	4,1	0,8	8,2	0,7	4,4	0,4	0,6	0,4	1,0	0,8	1,3	1,4	0,8	1,9	0,0	1,8

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Rotmilan	Isolde																
Durchgang (2017)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	<i>M</i>
Ortungspunkte je Bewirtschaftung																	
Beweidung																	
Grünlandbewirtschaftung							14	8	14	34	16	14	13	28			
Einsaat (Acker)																	
Pflügen (Acker)																	
Ernte (Acker)														20	2	1	
Grubbern (Acker)																	
keine Bewirtschaftung	2		1	2	1	6	169	100	108	61	85	106	60	78	11	7	
Summe Ortungen / Durchgang	2	0	1	2	1	6	183	108	122	95	101	120	73	126	13	8	
Flächenverfügbarkeit																	
Beweidung	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,9	5,9	5,9	8,1	8,1	8,1	8,4	
Grünlandbewirtschaftung					6,1	7,1	18,2	18,6	22,6	26,0	14,2	16,8	24,1	16,6	1,8		
Einsaat (Acker)				1,7													
Pflügen (Acker)																	
Ernte (Acker)														8,1	24,0	4,0	
Grubbern (Acker)																	
keine Bewirtschaftung	168,8	168,8	168,8	167,1	162,7	161,6	150,6	150,2	146,2	142,0	153,8	151,2	141,7	141,1	140,1	161,5	
Summe erfasste Fläche / Durchgang	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	173,9	
Punkte Bewirtschaftung / Fläche Bewirtschaftung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,5	1,1	0,8	0,6	0,4	1,5	0,1	0,1	
Punkte keine Bewirtschaftung / Fläche keine Bewirtschaftung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,7	0,7	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,1	0,0	
Verhältnis (>1 = Bevorzugung v. bewirtschafteten Flächen)	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,7	2,5	1,4	0,9	1,0	2,7	0,8	1,9	0,8

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Rotmilan	Max					Neptun								
Durchgang (2017)	2	3	4	5	M	2	3	4	5	6	7	8	9	M
Ortungspunkte je Bewirtschaftung														
Beweidung														
Grünlandbewirtschaftung	13	7	1	1		7	38	245	592	198			130	
Einsaat (Acker)														
Pflügen (Acker)			1											
Ernte (Acker)		6	16											
Grubbern (Acker)														
keine Bewirtschaftung	178	81	44	17		723	848	3186	3925	2374		666	82	
Summe Ortungen / Durchgang	191	94	62	18		730	886	3431	4517	2572	0	666	212	
Flächenverfügbarkeit														
Beweidung	5,6	5,6	5,6	5,6		11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	
Grünlandbewirtschaftung	5,5	5,5	3,0	2,8				27,9	46,4	24,2	1,5		4,5	
Einsaat (Acker)														
Pflügen (Acker)			2,8											
Ernte (Acker)		2,8	27,8	8,3										
Grubbern (Acker)														
keine Bewirtschaftung	165,4	163,6	138,4	159,8		151,8	151,8	123,9	104,7	127,6	150,3	151,8	147,3	
Summe erfasste Fläche / Durchgang	176,5	177,5	177,5	176,5		163,4	163,4	163,4	162,8	163,4	163,4	163,4	163,4	
Punkte Bewirtschaftung / Fläche Bewirtschaftung	1,2	0,9	0,5	0,1		0,6	3,3	6,2	10,2	5,5	0,0	0,0	8,1	
Punkte keine Bewirtschaftung / Fläche keine Bewirtschaftung	1,1	0,5	0,3	0,1		4,8	5,6	25,7	37,5	18,6	0,0	4,4	0,6	
Verhältnis (>1 = Bevorzugung v. bewirtschafteten Flächen)	1,1	1,9	1,4	0,6	1,2	0,1	0,6	0,2	0,3	0,3	-	0,0	14,5	2,3

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Rotmilan	Max																			
Durchgang (2018)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	M
Ortungspunkte je Bewirtschaftung																				
Beweidung																				
Grünlandbewirtschaftung				38	234	196	1312	437	1085	2	70	575	89	8	1769					
Einsaat (Acker)				12																
Pflügen (Acker)			32								42									
Ernte (Acker)														32	2562					
Grubbern (Acker)															13					
keine Bewirtschaftung	5637	1446	4434	4966	10994	4839	17414	1827	8398	69	793	2348	512	1444	5746					
Summe Ortungen / Durchgang	5637	1446	4466	5016	11228	5035	18726	2264	9483	71	905	2923	601	1484	10090	0	0	0	0	
Flächenverfügbarkeit																				
Beweidung				1,5	5,6	5,6	5,6	12,9	11,4	11,4	11,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0				
Grünlandbewirtschaftung						2,0	16,6	18,3	21,6	35,7	34,9	21,9	12,5	11,2	24,9	17,6	17,6	2,5	2,3	
Einsaat (Acker)				1,3																
Pflügen (Acker)			0,9	1,9							6,6								14,1	
Ernte (Acker)										6,6				2,7	14,5	7,1	20,2			
Grubbern (Acker)															2,7	6,4	13,2	11,0		
keine Bewirtschaftung	214,3	214,3	213,4	209,5	208,7	206,7	192,1	183,1	181,3	160,5	161,4	188,3	197,7	196,3	168,1	179,1	163,4	186,8	212,0	
Summe erfasste Fläche / Durchgang	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	214,3	
Punkte Bewirtschaftung / Fläche Bewirtschaftung	-	-	36,5	10,5	42,1	26,0	59,3	14,0	32,9	0,0	2,1	22,1	5,4	2,2	94,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Punkte keine Bewirtschaftung / Fläche keine Bewirtschaftung	26,3	6,7	20,8	23,7	52,7	23,4	90,6	10,0	46,3	0,4	4,9	12,5	2,6	7,4	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
Verhältnis (>1 = Bevorzugung v, bewirtschafteten Flächen)	-	-	1,8	0,4	0,8	1,1	0,7	1,4	0,7	0,1	0,4	1,8	2,1	0,3	2,7	-	-	-	-	1,1

Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen im Vogelsberg

Abschlussbericht

Rotmilan	Noah																			
Durchgang (2018)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	M
Ortungspunkte je Bewirtschaftung																				
Beweidung																				
Grünlandbewirtschaftung						35			10	20	76	169	10	59	8					
Einsaat (Acker)																				
Pflügen (Acker)																				
Ernte (Acker)															21					
Grubbern (Acker)																				
keine Bewirtschaftung	72	160		126	15	143	134	32	255	795	1010	1691	504	809	908	92	705	270	32	
Summe Ortungen / Durchgang	72	160		126	15	178	134	32	265	815	1086	1860	514	868	937	92	705	270	32	
Flächenverfügbarkeit																				
Beweidung			0,7	0,7	0,7	0,7	4,9	7,8	7,8	4,0	4,0	2,9								
Grünlandbewirtschaftung					16,0	51,4	79,5	77,6	88,0	90,7	40,5	40,5	31,4	18,5	15,1	20,8	15,7	2,5	0,9	
Einsaat (Acker)																				
Pflügen (Acker)										1,2	0,5									
Ernte (Acker)									0,5	0,5				5,7	7,4	3,9				
Grubbern (Acker)																12,5	3,9	1,8		
keine Bewirtschaftung	687,2	687,2	686,5	686,5	670,5	635,2	602,9	601,8	590,8	590,9	642,2	643,9	655,9	663,1	664,7	650,1	667,7	682,9	686,4	
Summe erfasste Fläche / Durchgang	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	687,2	
Punkte Bewirtschaftung / Fläche Bewirtschaftung	-	-	0	0	0	0,67	0	0	0,1	0,21	1,69	3,89	0,32	2,44	1,28	0	0	0	0	
Punkte keine Bewirtschaftung / Fläche keine Bewirtschaftung	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,4	1,3	1,6	2,6	0,8	1,2	1,4	0,1	1,1	0,4	0,0	
Verhältnis (>1 = Bevorzugung v, bewirtschafteten Flächen)	-	-	-	0	0	3,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,1	1,5	0,4	2,0	0,9	0	0	0	0	0,6