



Bundesamt für  
Naturschutz

# Prüfung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen zur Reduzierung des Tötungsrisikos von Milanen bei Windkraftanlagen

Ubbo Mammen, Niklas Böhm, Kerstin Mammen,  
Rudolf Uhl, Susanne Arbeiter, Daniela Nagl,  
Alexander Resetaritz und Jochen Lüttmann

BfN-Schriften

**669**

**2023**





# **Prüfung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen zur Reduzierung des Tötungsrisikos von Milanen bei Windkraftanlagen**

**Endbericht zum F+E-Vorhaben (FKZ 3517 86 0200)**

Ubbo Mammen

Niklas Böhm

Kerstin Mammen

Rudolf Uhl

Susanne Arbeiter

Daniela Nagl

Alexander Resetaritz

Jochen Lüttmann

## Impressum

**Titelbild:** v.l.n.r. Lebensraum Mittelgebirgslandschaft (N. Böhme); Anlockwirkung der Flächenbewirtschaftung auf Rot- und Schwarzmilane (U. Mammen); Rotmilan (F. Weihe)

### Adressen der Autorinnen und der Autoren:

Ubbo Mammen (Stellv. PL)	ÖKOTOP GbR
Kerstin Mammen	Willy-Brandt-Straße 44/1, 06110 Halle (Saale)
Dr. Susanne Arbeiter	E-Mail: <a href="mailto:info@oekotop-halle.de">info@oekotop-halle.de</a>
Daniela Nagl	
Alexander Resetaritz	
Niklas Böhm	FÖA Landschaftsplanung GmbH
Rudolf Uhl	Auf der Redoute 12, 54296 Trier
Dr. Jochen Lüttmann (PL)	E-Mail: <a href="mailto:info@foea.de">info@foea.de</a>

**in Zusammenarbeit mit:** Dr. Claudius Kerth, Iris Kleudgen, Lorenz Mammen, Marie Knabe, Jan Watzema, Frank Weihe (alle ÖKOTOP), Nora Schomers, Moritz Klußmann, Kerstin Servatius, Agnes Bauer, Silvio Bentzien (alle FÖA), Dr. Moritz Mercker (Bionum GmbH - Büro für Biostatistik), Prof. Dr. Michael Stubbe (Zentralmagazin Naturwissenschaftlicher Sammlungen der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg), Reinhard Vohwinkel

### Fachbetreuung im BfN:

Nora Köcher Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und erneuerbare Energien“

### Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (FKZ: 3517 86 0200).

Der Bericht basiert auf den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „Durchführung von Feldversuchen zur Prüfung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen zur Reduzierung des Tötungsrisikos bei Windkraftanlagen“ (FKZ 3517 86 0200).

### Zitiervorschlag:

ÖKOTOP & FÖA Landschaftsplanung (2023): Prüfung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen zur Reduzierung des Tötungsrisikos von Milanen bei Windkraftanlagen. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 3517 86 0200 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. Endbericht 2023.

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).

BfN-Schriften sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter [www.bfn.de/publikationen](http://www.bfn.de/publikationen) heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
URL: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)

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



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt ([creativecommons.org/licenses](http://creativecommons.org/licenses)).

ISBN 978-3-89624-430-7

DOI 10.19217/skr669

Bonn 2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>12</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>17</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>18</b>
<b>Summary</b> .....	<b>23</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>28</b>
1.1 Zielsetzung .....	28
1.2 Kernfragestellungen .....	28
1.3 Untersuchungskonzept.....	29
<b>2 Untersuchungsgebiete</b> .....	<b>30</b>
2.1 Untersuchungsgebiet Hakel .....	30
2.1.1 Gebietscharakteristik .....	30
2.1.2 Habitatausstattung.....	31
2.1.3 „Maßnahmenfläche“ Luzernefläche und Referenzfläche.....	32
2.1.4 Brutpopulation und Horststandorte.....	34
2.2 Untersuchungsgebiet Querfurter Platte .....	35
2.2.1 Gebietscharakteristik.....	35
2.2.2 Habitatausstattung.....	35
2.2.3 „Maßnahmenfläche“ Luzernefläche und Referenzfläche.....	37
2.2.4 Brutpopulation und Horststandorte.....	38
2.3 Untersuchungsgebiet Freisen.....	39
2.3.1 Gebietscharakteristik.....	39
2.3.2 Habitatausstattung.....	39
2.3.3 „Maßnahmenfläche“ Extensiv-Grünland und Referenzbereich .....	40
2.3.4 Brutpopulation und Horststandorte.....	41
<b>3 Methoden</b> .....	<b>44</b>
3.1 Erfassungsmethodik und Datengrundlage .....	44
3.1.1 Horst-, Revierkartierung .....	44
3.1.2 Habitatparameter.....	44
3.1.3 Raumnutzungsbeobachtung.....	45
3.1.4 Telemetrie.....	52
3.2 Datenaufbereitung und Datenauswertung.....	57
3.2.1 Habitatparameter.....	57
3.2.2 Raumnutzungsbeobachtung.....	63
3.2.3 Telemetrie.....	69
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>88</b>

4.1	Saisonaler Verlauf der Offenheit.....	88
4.2	Räumliche und zeitliche Attraktionswirkung von Bewirtschaftung .....	92
4.2.1	Ergebnisse der Raumnutzungsanalyse .....	92
4.2.2	Telemetriebasierte Ergebnisse zur Attraktionswirkung.....	107
4.2.3	Telemetriebasierte Ergebnisse zur Lenkungswirkung .....	124
4.2.4	Vergleich Attraktivität von Maßnahmen- und Referenzflächen.....	128
4.3	Raumnutzung .....	135
4.3.1	Home Range.....	135
4.3.2	Entfernung der Ortungen zum Horst.....	141
4.3.3	Flugaktivität.....	144
4.4	Habitatpräferenzen telemetriertes Milane .....	149
4.4.1	Habitatpräferenz über Nutzungsindices.....	149
4.4.2	Modellierung der Habitatpräferenzen .....	159
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>165</b>
5.1	Raumnutzung, Habitatpräferenzen, attraktive Flächenbewirtschaftung .....	165
5.1.1	Raumnutzung Rotmilan .....	165
5.1.2	Habitatpräferenzen Rotmilan .....	166
5.1.3	Raumnutzung Schwarzmilan .....	173
5.1.4	Habitatpräferenzen Schwarzmilan .....	173
5.2	Räumliche und zeitliche Attraktivität von Bewirtschaftungsereignissen .....	174
5.2.1	Rotmilan.....	175
5.2.2	Schwarzmilan .....	178
5.3	Lenkungswirkung von Bewirtschaftungsereignissen .....	179
5.3.1	Rotmilan.....	179
5.3.2	Schwarzmilan .....	180
<b>6</b>	<b>Empfehlungen für die naturschutzfachliche Umsetzung.....</b>	<b>182</b>
6.1	Zur rechtlichen Einordnung von Vermeidungsmaßnahmen .....	182
6.2	Anforderungen an den Wirksamkeitsnachweis von Vermeidungsmaßnahmen .....	184
6.3	Betriebszeitenregulierung von WEA bei Bewirtschaftungsereignissen.....	188
6.3.1	Bestehende Regelungen .....	188
6.3.2	Geeignete Bewertungsparameter und -maßstäbe.....	190
6.3.3	Schlussfolgerungen aus den Projektergebnissen zum Raumbezug der Anlockwirkung.....	192
6.3.4	Effektdauer der Anlockwirkung von Maßnahmen .....	194
6.4	Ablenkung durch die Anlage von Nahrungsflächen außerhalb des Gefahrenbereichs mit angepasster Bewirtschaftung .....	195
6.4.1	Bestehende Regelungen .....	195

6.4.2	Geeignete Bewertungsparameter und -maßstäbe .....	196
6.4.3	Ablenkungseffekte und Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen .....	197
6.5	Maßnahmen zur Sicherung des Erhaltungszustandes / FCS-Maßnahmen ....	198
6.6	Ableitung projektbasierter Empfehlungen für die Praxis.....	199
6.6.1	Vermeidungsmaßnahme Abschaltung .....	199
6.6.2	Vermeidungsmaßnahme Ablenkung.....	201
6.6.3	Maßnahmen mit Kompensationswirkungen .....	201
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>202</b>
	<b>Anhang 1: Individuenwerte der Habitatpräferenzen (Manly-Index).....</b>	<b>211</b>
	<b>Anhang 2: Homeranges der Individuen .....</b>	<b>215</b>
	<b>Anhang 3: Fernerkundung von Bewirtschaftungsereignissen.....</b>	<b>220</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage der ausgewählten Untersuchungsgebiete in Deutschland.....	30
Abb. 2:	Untersuchungsgebiet Hakel, Landnutzungstypen .....	32
Abb. 3:	Prozentualer Flächenanteil der ermittelten Anbaukulturen im UG Hakel in den Jahren 2018-2020.....	32
Abb. 4:	Untersuchungsgebiet Hakel mit Bewirtschaftungsrouten (vgl. Kap. 3.1.2.1), Maßnahme- und Referenzfläche. ....	33
Abb. 5:	Ergebnisse der Horstkartierung im Untersuchungszeitraum 2018-2020 im UG Hakel. ....	34
Abb. 6:	Untersuchungsgebiet Querfurter Platte, Landnutzungstypen.....	36
Abb. 7:	Prozentualer Flächenanteil der ermittelten Anbaukulturen im UG Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020. ....	36
Abb. 8:	Untersuchungsgebiet Querfurter Platte mit Bewirtschaftungsrouten (vgl. Kap. 3.1.2.1), Maßnahme- und Referenzfläche.....	37
Abb. 9:	Ergebnisse der Horstkartierung im Untersuchungszeitraum 2018-2020 im UG Querfurter Platte.....	38
Abb. 10:	Untersuchungsgebiet Freisen (Mittelgebirge) mit Darstellung der 2-km-Untersuchungsräume telemetriertes Sendervogel. ....	40
Abb. 11:	Revierverteilung 2018 und 2019 im Untersuchungsgebiet Freisen. ....	42
Abb. 12:	Lage aller RNB-Flächen im UG Hakel 2018-2020.....	47
Abb. 13:	Lage aller RNB-Flächen im UG Querfurter Platte 2018-2020. ....	48
Abb. 14:	Lage aller RNB-Flächen im UG Freisen (südöstl. Reitscheid) – 2018 und 2019.....	50
Abb. 15:	Aktivitätsdauer von Rot- und Schwarzmilanen in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt pro 45-Min-Beobachtungseinheit nach Bewirtschaftungsart (Mahd, Folgebewirtschaftung und Bodenbearbeitung).....	64
Abb. 16:	Maßnahmenfläche und ausgewählte Referenzflächen mit zeitgleicher Bewirtschaftung (Datum des jeweiligen Jahres angegeben) im UG Hakel 2018-2020.....	67
Abb. 17:	Maßnahmenflächen und ausgewählte Referenzflächen mit zeitgleicher Bewirtschaftung (Datum des jeweiligen Jahres angegeben) im UG Querfurter Platte 2018-2020. ....	68
Abb. 18:	Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeitswerte bei in (jeweils 20 verschiedenen) Gehölzen sitzenden Rotmilanen (n = 16) und Schwarzmilanen (n = 9) im UG Hakel und UG Querfurter Platte zwischen 2018 und 2020.....	71
Abb. 19:	Saisonaler Verlauf des offenen Flächenanteils im UG Hakel und UG Querfurter Platte für die Jahre 2018-2020.....	88
Abb. 20:	Offenheit der Agrarflächen im UG Hakel in der 22. Pentade (16.06.-20.06.) des Jahres 2019.....	89
Abb. 21:	Offenheit der Agrarflächen im UG Hakel in der 29. Pentade (21.07.-25.07.) des Jahres 2019.....	90

Abb. 22:	Offenheit der Agrarflächen im UG Querfurter Platte in der 22. Pentade (16.06.-20.06.) des Jahres 2019. ....	90
Abb. 23:	Offenheit der Agrarflächen im UG Querfurter Platte in der 29. Pentade (21.07.-25.07.) des Jahres 2019. ....	91
Abb. 24:	Beobachtete Werte der Flächenzugänglichkeit für den Rotmilan im Sommerhalbjahr auf Grünland im UG Freisen .....	92
Abb. 25:	Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Rotmilanen getrennt nach Anbaukultur für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte 2018-2020. ....	94
Abb. 26:	Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Rotmilanen während einer Bewirtschaftung getrennt nach Anbaukultur im saisonalen Verlauf im UG Hakel und UG Querfurter Platte 2018-2020. ....	96
Abb. 27:	Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Rotmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel. ....	97
Abb. 28:	Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Rotmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Querfurter Platte. ....	98
Abb. 29:	Aktivitätsdichte von Rotmilanen auf Grünland im UG Freisen während Bewirtschaftungsereignissen (Mahd, Wenden, Schwaden, Abräumen von Ballen) im Vergleich zu Referenzen ohne aktuelle oder zeitlich nah zurückliegende Bewirtschaftungsereignisse mit geringer bis hoher Eignung und entsprechender Flächenzugänglichkeit. ....	100
Abb. 30:	Beobachtete Aktivitätsdichte von Rotmilanen auf Grünland während und nach Bewirtschaftungsereignissen, mit und ohne Folgebewirtschaftungen an Folgetagen (Wenden, Schwaden, Abräumen, Pressen). ....	101
Abb. 31:	Nutzungsintensität Rotmilan nach Flächengrößen während Bewirtschaftungsereignissen im UG Freisen. ....	103
Abb. 32:	Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Schwarzmilanen getrennt nach Anbaukultur für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte 2018-2020. ....	104
Abb. 33:	Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Schwarzmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel. ....	106
Abb. 34:	Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Schwarzmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Querfurter Platte. ....	107
Abb. 35:	Beobachtete Aktivitätsdauer von besenderten Rotmilanen getrennt nach Anbaukultur für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte 2018-2020. ....	108
Abb. 36:	Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Rotmilanen (Brutvögel, n = 13) für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung. ....	110
Abb. 37:	Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Rotmilanen (Nichtbrüter, n = 9) für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung. ....	111

Abb. 38:	Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Rotmilanen während einer Bewirtschaftung in Relation zur Entfernung zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise zum Schlafplatz (Nichtbrüter) getrennt für Luzerne- und Getreideflächen. ....	112
Abb. 39:	Unterschiede in den Entfernungen zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise Schlafplatz (Nichtbrüter) von besenderten Rotmilanen und der An- beziehungsweise Abwesenheit auf Mahdflächen getrennt nach der Anbaukultur.....	113
Abb. 40:	Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd genutzt wird in Relation zur Entfernung zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise zum Schlafplatz (Nichtbrüter) getrennt für Luzerne- und Getreideflächen. ....	114
Abb. 41:	Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit (+SD), dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird im Vergleich zum Flächenanteil der jeweiligen Anbaukultur. ....	115
Abb. 42:	Unterschiede zwischen den Anbaukulturen und zwischen Brutvögeln und Nichtbrütern in der Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird, modelliert für Stichtage in der Saison.....	116
Abb. 43:	Prozentuale Steigerung der Attraktivität durch Mahd in Abhängigkeit von der Höchstlänge des für die Mahd in Frage kommenden Zeitintervalls T.....	117
Abb. 44:	Attraktion in Abhängigkeit von der Flächengröße.....	119
Abb. 45:	Individuen-spezifische Abschätzungen der relativen Attraktionsstärke unterschiedlicher Landnutzungstypen (schwarze Punkte plus Konfidenzintervalle) im Vergleich zum Grünland.....	119
Abb. 46:	Individuen-spezifische Abschätzungen der relativen Attraktionsstärke unterschiedlicher kontinuierlicher Variablen (schwarze Punkte plus Konfidenzintervalle). ....	120
Abb. 47:	Unterschiede in den Entfernungen zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise Schlafplatz (Nichtbrüter) von besenderten Schwarzmilanen und der An- beziehungsweise Abwesenheit auf Mahdflächen getrennt nach der Anbaukultur.....	121
Abb. 48:	Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit (+SD), dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird im Vergleich zum Flächenanteil der jeweiligen Anbaukultur .....	122
Abb. 49:	Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Schwarzmilanen eine Fläche während der Mahd genutzt wird in Relation zur Entfernung zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise zum Schlafplatz (Nichtbrüter) getrennt für Luzerne- und Getreideflächen. ....	123
Abb. 50:	Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Schwarzmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird, zwischen den Anbaukulturen und zwischen Brutvögeln und Nichtbrütern vor und nach dem 20. Juni. ....	124
Abb. 51:	Anteil der flugaktiven Ortungen besenderter Rotmilane getrennt nach Anbaukultur, die am Mahdtag in dem der Mahdfläche zugewandten beziehungsweise abgewandten Bereich vom Horst lagen, im Vergleich zur Verteilung im gesamten Jahr. ....	125

Abb. 52:	Anteil der flugaktiven Ortungen besonderer Schwarzmilane getrennt nach Anbaukultur, die am Mahdtag in dem der Mahdfläche zugewandten beziehungsweise abgewandten Bereich vom Horst lagen, im Vergleich zur Verteilung im gesamten Jahr.....	128
Abb. 53:	Zeitlicher Verlauf der tagesweisen Nutzungsintensität aller Milane auf der Maßnahmen- und der Referenzfläche im UG Hakel über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2018. ....	129
Abb. 54:	Zeitlicher Verlauf der tagesweisen Nutzungsintensität aller Milane auf der Maßnahmen- und der Referenzfläche im UG Querfurter Platte über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2018. ....	130
Abb. 55:	Zeitlicher Verlauf der tageweisen Aktivität aller Milane auf einer Maßnahmen- und zwei Referenzflächen im UG Freisen über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2018. ....	131
Abb. 56:	Zeitlicher Verlauf der tageweisen Aktivität aller Milane auf einer Maßnahmen- und zwei Referenzflächen im UG Freisen über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2019. ....	131
Abb. 57:	Vergleich der Aktivitätsdauer von Rotmilanen während der Bewirtschaftung auf Maßnahmen- (MF) und Referenzflächen (RF) im UG Hakel und UG Querfurter Platte (QP) und in den Jahren 2018-2020.....	132
Abb. 58:	Vergleich zwischen der Aktivitätsdauer und der maximalen Anzahl von Rotmilanen auf Maßnahmen- und Referenzflächen vor, während und nach einer Bewirtschaftung in den Jahren 2018-2020 aus dem UG Hakel und UG Querfurter Platte.....	133
Abb. 59:	Vergleich der Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen während der Bewirtschaftung auf Maßnahmen- (MF) und Referenzflächen (RF) im UG Hakel und UG Querfurter Platte (QP) und in den Jahren 2018-2020.....	134
Abb. 60:	Vergleich zwischen der Aktivitätsdauer und der maximalen Anzahl von Schwarzmilanen auf Maßnahmen- und Referenzflächen vor, während und nach einer Bewirtschaftung in den Jahren 2018-2020 aus dem UG Hakel und UG Querfurter Platte.....	135
Abb. 61:	Home-Range-Größe (Kernel 95 %) brütender Rotmilane 2018-2020.....	136
Abb. 62:	Home-Range-Größe (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Rotmilanen 2018-2020. ....	136
Abb. 63:	Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von brütenden Rotmilanen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020. ....	137
Abb. 64:	Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Rotmilanen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020. ....	138
Abb. 65:	Home-Range-Größen (Kernel 95 %) brütender Schwarzmilane 2018 und 2020. ....	139
Abb. 66:	Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Schwarzmilan-Männchen 2018-2020. ....	139
Abb. 67:	Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von brütenden Schwarzmilanen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020. ....	140

Abb. 68:	Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Schwarzmilan-Männchen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020. ....	141
Abb. 69:	Kumulative Verteilung der Entfernung der Ortungen zum Horst besenderter Rotmilane in den UGs Hakel, Querfurter Platte und Freisen (2018-2020). ....	142
Abb. 70:	Kumulative Verteilung der Entfernung der Ortungen zum Horst besenderter Schwarzmilane in den UGs Hakel und Querfurter Platte (2018-2020). ....	143
Abb. 71:	Saisonale Unterschiede in der täglichen Flugaktivität (Mittelwert $\pm$ SD) zwischen Männchen (M, n = 17) und Weibchen (W, n = 8) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Rotmilanen 2018-2020.....	144
Abb. 72:	Saisonale Unterschiede (auf Dekadenbasis) in der Flugaktivität (Mittelwert $\pm$ SD) zwischen Männchen (M, n = 17) und Weibchen (W, n = 8) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Rotmilanen 2018-2020.....	145
Abb. 73:	Flugaktivität (Mittelwert $\pm$ SD) pro Stunde von besenderten Rotmilanen (n = 25) im Tagesverlauf zwischen 5 bis 21 Uhr MESZ.....	146
Abb. 74:	Saisonale Unterschiede in der täglichen Flugaktivität (Mittelwert $\pm$ SD) zwischen Männchen (M, n = 5) und Weibchen (W, n = 8) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Schwarzmilanen 2018-2020. ....	147
Abb. 75:	Saisonale Unterschiede (auf Dekadenbasis) in der Flugaktivität (Mittelwert $\pm$ SD) zwischen Männchen (M, n = 5) und Weibchen (W, n = 8) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Schwarzmilanen 2018-2020.....	147
Abb. 76:	Flugaktivität (Mittelwert $\pm$ SD) pro Stunde von besenderten Schwarzmilanen (n = 13) im Tagesverlauf zwischen 5 bis 21 Uhr MESZ. ....	148
Abb. 77:	Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand der Mittelwerte ( $\pm$ SD) des Manly-Index für die verschiedenen Landnutzungsklassen. ....	150
Abb. 78:	Habitatpräferenz brütender Rotmilane im UG Freisen anhand der Mittelwerte ( $\pm$ SD) des Manly-Index für die verschiedenen Landnutzungsklassen. ....	153
Abb. 79:	Habitatpräferenzindex (HSI) aller Rotmilane für die verschiedenen Grenzlinientypen mit Angabe des Signifikanzniveaus und der SD.....	154
Abb. 80:	Habitatpräferenz brütender Schwarzmilane anhand der Mittelwerte ( $\pm$ SD) des Manly-Index für die verschiedenen Landnutzungsklassen. Als Kreise sind die Index-Werte der einzelnen Individuen dargestellt, die im jeweiligen Betrachtungszeitraum (2018-2020) beobachtet wurden. Werte größer 1 zeigen eine Präferenz, Werte kleiner 1 eine Meidung an. ....	158
Abb. 81:	Saisonale Unterschiede in der mittleren Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Rotmilanen über den verschiedenen Anbaukulturen Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020. Als graue Säulen ist die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit der Offenheit im jeweiligen Monat dargestellt. ....	160
Abb. 82:	Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Rotmilanen Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte (2018-2020) im Verlauf der Saison (a), in Relation zur Flächengröße (b) und zur Entfernung zum Horst (c). Dargestellt sind die Regressionskurven für Luzerne und Getreide (Gerste).....	161

Abb. 83:	Saisonale Unterschiede in der mittleren Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Schwarzmilanen in den UG Hakel und Querfurter Platte (2018-2020) über den verschiedenen Anbaukulturen. ....	163
Abb. 84:	Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von besenderten Schwarzmilanen in den UG Hakel und Querfurter Platte (2018-2020) im Verlauf der Saison (a) und in Relation zur Flächengröße (b). ....	164
Abb. 85:	Aktive Ortungen des Sendervogels 180994-Jogi im gesamten Betrachtungszeitraum 2018. ....	168
Abb. 86:	Aktive Ortungen des Sendervogels 181005-Hanabi im gesamten Betrachtungszeitraum 2019. Der Vogel nutzte nur einen kleinen Teil des 2-km-Horstbereiches und mied offensichtlich die Wiesen und Weiden im nördlichen Bereich. ....	170
Abb. 87:	Verfügbarkeit auswertbarer Satellitenbilder in den Untersuchungsjahren 2018 und 2019 für das UG Freisen. ....	222
Abb. 88:	Verfügbarkeit auswertbarer Satellitenbilder in den Untersuchungsjahren 2018 und 2019 für die Untersuchungsgebiete Hakel und Querfurter Platte (QP). ....	222
Abb. 89:	Veränderung der Werte in den drei Farbkanälen über den im Satellitenbild rot markierten Transekt, der von einem Rübenfeld in ein teilweise gemähetes Weizenfeld reicht. Das Satellitenbild ist in der Abbildung rechts oben dargestellt. ....	224
Abb. 90:	NDVI-Profil entlang eines Transektes von einem Rübenfeld über ein teilweise gemähetes Weizenfeld. ....	225
Abb. 91:	NDVI-Profile über ein Winterweizenfeld an 8 Aufnahmetagen von Mitte Juni bis Ende Juli 2019. ....	226
Abb. 92:	Flächen bei denen die Bewirtschaftungsereignisse im UG Freisen mittels Fernerkundung bestimmt / ergänzt werden können. ....	229
Abb. 93:	NDVI-Zeitreihen der 217 Trainingsdaten im UG Freisen. ....	231
Abb. 94:	Ausschluss von Mahdereignissen aufgrund der Unterschreitung von Mindestabständen zwischen Mahdterminen: iterative Minimierung der Fehlerquote. ....	232
Abb. 95:	Anzahl der klassifizierten Fälle pro getestetem Grenzwert. ....	233
Abb. 96:	Anzahl der False Positives die pro Right Positive klassifiziert werden für alle getesteten Grenzwerte. ....	233
Abb. 97:	NDTI- und NDVI-Charakteristik der Trainingsdaten (offener Boden, rot), von Wiesenflächen (schwarz) und Getreide (grün) mit dem NDTI-Grenzwert (schwarze Linie). ....	235
Abb. 98:	NDTI und NDVI Charakteristik aller fernerkundeter Flächen in 2019 (schwarz) und 2018 (blau). ....	236
Abb. 99:	Fernerkundete Umbruchszeiträume (graue Balken) auf einer Getreidefläche. ....	237
Abb. 100:	Typischer NDVI- und NDTI-Verlauf für Mais. ....	238
Abb. 101:	Verschneidung von feldkartierten und fernerkundeten Mahdterminen. ....	239
Abb. 102:	Länge der detektierten Mahd- und Umbruchszeiträume für beide Kartierjahre, die durch die Kombination aus Feldbeobachtung und Fernerkundung festgestellt wurde (in Tagen). ....	240

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Anzahl an Rot- beziehungsweise Schwarzmilan-Bruten im UG Hakel sowie Brutpaardichte pro 100 km <sup>2</sup> .....	35
Tab. 2:	Anzahl an Rot- beziehungsweise Schwarzmilan-Bruten im UG Querfurter Platte sowie ermittelte Brutpaardichte pro 100 km <sup>2</sup> . .....	39
Tab. 3:	Verteilung der Beobachtungseinheiten im UG Hakel über die verschiedenen Anbaukulturen, Tage vor, während und nach Bewirtschaftung und die Bewirtschaftungsart in den Jahren 2018-2020. ....	47
Tab. 4:	Verteilung der Beobachtungseinheiten im UG Querfurter Platte über die verschiedenen Anbaukulturen, Tage vor, während und nach Bewirtschaftung und die Bewirtschaftungsart in den Jahren 2018-2020. ....	48
Tab. 5:	Verteilung der Beobachtungseinheiten n Tage im UG Freisen nach Feldkultur und Bewirtschaftungsart, Anzahl Flächen.....	51
Tab. 6:	Verteilung der Beobachtungseinheiten n Tage im UG Freisen für Dauergrünland vor, während und nach Bewirtschaftung.....	51
Tab. 7:	Verteilung der Stunden Beobachtungszeit im UG Freisen für Dauergrünland vor, während und nach Bewirtschaftung.....	51
Tab. 8:	Verteilung der beobachteten Bewirtschaftungsereignisse nach Ereignistyp. ....	52
Tab. 9:	Verteilung der Referenz-Beobachtungseinheiten Anzahl Tage auf Kulturen mit geringer, mittlerer und hoher Flächenzugänglichkeit als Nahrungshabitat. ....	52
Tab. 10:	Vorprogrammiertes Ortungsintervall zwischen zwei GPS-Punkten in Abhängigkeit des Akkuladezustands. ....	53
Tab. 11:	Telemetriedaten von 2018-2020 (einschließlich 20.08.2020) für das Untersuchungsgebiet Hakel.....	54
Tab. 12:	Telemetriedaten von 2018-2020 (einschließlich 20.08.2020) für das Untersuchungsgebiet Querfurter Platte. ....	56
Tab. 13:	Übersicht der Telemetriedaten von 2018-2019 für das Untersuchungsgebiet Freisen.....	57
Tab. 14:	Stichtage, bei denen die Bestände der häufigsten Anbaukulturen in Sachsen-Anhalt 2018-2020 im Verlauf des Frühjahrs als „offen“ und „geschlossen“ für die Nutzung durch Rotmilane zu betrachten sind.....	59
Tab. 15:	Anzahl der Felder mit Mahdzeiträumen (MZR), erhoben durch Vor-Ort-Beobachtungen und mittels Satellitenbild-Auswertung für die Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt 2018-2020. ....	61
Tab. 16:	Abweichung der GPS-Ortungen zum wahrscheinlichen wahren Standort (geometrischer Mittelpunkt) am Beispiel von zwei stationären Sendern unter Feldbedingungen.....	70
Tab. 17:	Gruppierung von Landnutzungsklassen zu Landnutzungstypen. ....	83
Tab. 18:	Gruppierung der Landnutzungsklassen zu Landnutzungstypen.....	85
Tab. 19:	Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer von Rotmilanen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Jahren 2018-2020. ....	93

Tab. 20:	Nutzungsintensität von Rotmilanen getrennt nach Anbaukultur, berechnet aus der im GAMM geschätzten Aktivitätsdauer für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und im UG Querfurter Platte. ....	95
Tab. 21:	Beobachtete mittlere Aktivitätsdauer ( $\pm$ SD) von Rotmilanen unterschieden nach Art der Bewirtschaftung für Tage während (Tag 0) und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte. ....	99
Tab. 22:	Paarweise Tests (Mann-Whitney U Test) auf signifikante Unterschiede zwischen Aktivitätsdichten Rotmilane auf Grünlandflächen mit geringer Flächenzugänglichkeit und Aktivitätsdichten auf aktuell oder wenige Tage zurückliegend bewirtschafteten Flächen. ....	102
Tab. 23:	Mediane der Nutzungsintensität (beobachtete Werte) für Rotmilane im UG Freisen während und nach Bewirtschaftungsereignissen auf Grünland, mit und ohne Folgebewirtschaftungen an Folgetagen (Wenden, Schwaden, Abräumen, Pressen). ....	102
Tab. 24:	Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Jahren 2018-2020. ....	103
Tab. 25:	Nutzungsintensität von Schwarzmilanen getrennt nach Anbaukultur, berechnet aus der im GAMM geschätzten Aktivitätsdauer für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte. ....	105
Tab. 26:	Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer (min/Tag) von besenderten Rotmilanen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Jahren 2018-2020. ....	109
Tab. 27:	Modellierte Effekte der im GLMM enthaltenen Parameter auf die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von Mahdflächen durch besenderte Rotmilane in den Jahren 2018-2020. ....	113
Tab. 28:	Modellierte Effekte der im GLMM enthaltenen Parameter auf die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von Mahdflächen durch besenderte Schwarzmilane in den Jahren 2018-2020. ....	122
Tab. 29:	GAMM Regressionsergebnisse zur Größe der 80 % und 95 %-UDs in Abhängigkeit von der Anzahl gleichzeitig existierender Attraktionsflächen. ....	126
Tab. 30:	GAMM Regressionsergebnisse zur Größe der 95 %-UDs. ....	127
Tab. 31:	Übersicht der Anzahl an aktiven Ortungen von besenderten, brütenden Rotmilanen, die für die Berechnung der Habitatpräferenz innerhalb des 2-km-Horstbereiches mittels Manly-Index verwendet wurden. ....	149
Tab. 32:	Ermittelte Werte $\pm$ Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand des Manly-Index im UG Hakel für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020). ....	149
Tab. 33:	Ermittelte Werte $\pm$ Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand des Manly-Index im UG Querfurter Platte für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020). ....	151
Tab. 34:	Ermittelte Werte $\pm$ Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand des Manly-Index im UG Freisen für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2019). ....	152
Tab. 35:	Übersicht der Anzahl an aktiven Ortungen von besenderten, brütenden Schwarzmilanen, die für die Berechnung der Raumnutzung innerhalb des 2-km-Horstbereiches mittels Manly-Index verwendet wurden. ....	155

Tab. 36:	Ermittelte Werte $\pm$ Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Schwarzmilane anhand des Manly-Index im UG Hakel für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020). .....	156
Tab. 37:	Ermittelte Werte $\pm$ Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Schwarzmilane anhand des Manly-Index im UG Querfurter Platte für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020). .....	157
Tab. 38:	Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer (min/Tag) von besenderten Rotmilanen auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020. ....	159
Tab. 39:	Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer (min/Tag) von besenderten Schwarzmilanen auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020. ....	162
Tab. 40:	Angaben zur Vermeidungsmaßnahme „Abschaltung bei Bewirtschaftung“ für den Rotmilan in den Leitfäden der Länder .....	189
Tab. 41:	Angaben zur Vermeidungsmaßnahme Ablenkflächen für den Rotmilan in den Leitfäden der Länder.....	195
Tab. 42:	Manly-Index-Werte brütender Rotmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Hakel (2018–2020). .....	211
Tab. 43:	Manly-Index-Werte brütender Rotmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Querfurter Platte (2018–2020). .....	212
Tab. 44:	Manly-Index-Werte brütender Schwarzmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Hakel (2018–2020). .....	213
Tab. 45:	Manly-Index-Werte brütender Schwarzmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Querfurter Platte (2018–2020). .....	214
Tab. 46:	Übersicht der Home-Range-Berechnungen (Kernel-Density-Schätzung 59 und 95) für die Jahre 2018-2020, unterteilt in Gesamtzeitraum sowie die Zeiträume 01.03.-30.04., 01.05.-15.07. und 16.07.-20.08. für das Untersuchungsgebiet Hakel.....	215
Tab. 47:	Übersicht der Home-Range-Berechnungen (Kernel-Density-Schätzung 59 und 95) für die Jahre 2018-2020, unterteilt in Gesamtzeitraum sowie die Zeiträume 01.03.-30.04., 01.05.-15.07. und 16.07.-20.08. für das Untersuchungsgebiet Querfurter Platte. ....	218
Tab. 48:	Übersicht der Home-Range-Berechnungen (Kernel-Density-Schätzung 59 und 95) für die Jahre 2018-2020, unterteilt in Gesamtzeitraum sowie die Zeiträume 01.03.-30.04., 01.05.-15.07. und 16.07.-20.08. für das Untersuchungsgebiet Freisen.....	219
Tab. 49:	Mittels Fernerkundung feststellbare Bewirtschaftungsereignisse im UG Freisen.....	228
Tab. 50:	Flächendifferenzierung in 2-km-Horstradien nach Fernerkundbarkeit und Landnutzung .....	240
Tab. 51:	Fern- und felderkundete Bewirtschaftungsereignisse auf landwirtschaftlichen Flächen.....	241

## Abkürzungsverzeichnis

Abk.	Ausgeschriebene Bezeichnung der Abkürzung
AIC	Akaike information criterion
AKS	Antikollisionssysteme
BayVGH	Bayerischer Verwaltungsgerichtshof
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BP	Brutpaar
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BvR	Aktenzeichen beim Bundesverfassungsgericht
CEF	Continuous ecological functionality (Vermeidungsmaßnahmen)
CLC	Corine Land Cover
DOP100	Digitale Orthophotos mit einer Bodenauflösung von 100 cm
DWD	Deutscher Wetterdienst
EuGH	Europäischer Gerichtshof
FCS	Favorable Conservation Status (Günstiger Erhaltungszustand)
GAMM	Generalized Additive Mixed Model
GIS	Geographisches Informationssystem
GLMM	Generalized Linear Mixed Model
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
hdop	Horizontal Dilution Of Precision
href	reference bandwidth selection (in Zusammenhang mit Kernel-Density-Estimation)
iSSM	integrated Step Selection Methods
KDE	Kernel Density Estimate (Kerneldichte-Schätzung)
LAG VSW	Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten
LANA	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung
LVerGeo	Landesamt für Vermessung und Geoinformation
LSA	Land Sachsen-Anhalt
lscv	least square cross validation (Kreuzvalidierung geringster Varianz)
M	Männchen (männlichen Geschlechts)
MESZ	Mitteuropäische Sommerzeit
NB	Nichtbrüter
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index

NDTI	Normalized Difference Tillage Index
QGIS	Open-Source-Geographisches-Informationssystem, vormals Quantum GIS
R	freie Softwareumgebung R für statistische Berechnungen und Grafiken
Rm	Rotmilan
Rn.	Randnummer
RNB	Raumnutzungsbeobachtung
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SL	Saarland
ST	Sachsen-Anhalt
Swm	Schwarzmilan
UD	Utilization Distribution (Vorkommensverteilung)
UG	Untersuchungsgebiet
UGs	Untersuchungsgebiete
UMK	Umweltministerkonferenz
VGH	Verwaltungsgerichtshof
VwV	Verwaltungsvorschrift
W	Weibchen (weiblichen Geschlechts)
WEA	Windenergieanlage

## **Vorwort**

Der Schutz der biologischen Vielfalt und der Klimaschutz sind integrative Handlungsfelder des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). Um den beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien voranzubringen, wurde im Jahr 2022 ein ganzes Bündel an Gesetzen und Gesetzesänderungen auf den Weg gebracht. Diese sollen Hemmnisse beim Ausbau u. a. der Windenergie an Land abbauen und zugleich auch dem Schutz der biologischen Vielfalt dienen. So wurden Planungs- und Genehmigungsverfahren für Windenergienutzung z. B. durch die Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) vom 20. Juli 2022 in Teilen bundeseinheitlich geregelt und beschleunigt. Mit der vorliegenden Veröffentlichung leistet das BfN einen Beitrag zur aktuellen Debatte über die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen als ein wichtiges Element einer naturverträglichen Ausgestaltung der Windenergienutzung.

Gegenstand des Vorhabens war die Erarbeitung von Empfehlungen für die Ausgestaltung von Lenkungsmaßnahmen für Rot- und Schwarzmilan, die auf Felduntersuchungen in zwei unterschiedlichen Naturräumen basieren. Die Erkenntnisse bieten trotz der zwischenzeitlich im BNatSchG geänderten Rahmenbedingungen eine wichtige Grundlage für fachliche Diskussionen, auch im Zusammenhang mit einer Konkretisierung der gesetzlichen Regelungen. Zudem bieten die Ergebnisse wichtige Grundlagen für die Ausgestaltung von Nahrungshabitaten für die beiden oben genannten Milanarten, die auch als Maßnahmen etwa innerhalb des neu eingerichteten nationalen Artenhilfsprogrammes, das den Erhaltungszustand windenergiesensibler Vogelarten sicherstellen soll, umgesetzt werden können.

Zum besseren Verständnis und zur Einordnung der Ergebnisse in die laufenden Prozesse weisen wir darauf hin, dass die Erarbeitung des Vorhabens bereits vor der Änderung des BNatSchG abgeschlossen war. So wird z. B. auf verschiedene Ansätze der Bundesländer mit unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben hingewiesen und ein Überblick darüber gegeben, die im Lichte der BNatSchG- Novelle zwischenzeitlich nicht mehr zur Anwendung kommen. Dies gilt ebenso für die zahlreichen Implikationen für die Umsetzung von Schutzmaßnahmen, die in dieser Veröffentlichung nicht berücksichtigt werden konnten.

Kathrin Ammermann und Nora Köcher

Fachgebiet II 4.3 "Naturschutz und Erneuerbare Energien", Bundesamt für Naturschutz

## **Zusammenfassung**

### **Hintergrund / Fragestellung**

In weiten Teilen des Verbreitungsgebietes des Rotmilans besteht ein erhöhtes Konfliktpotenzial zwischen den Belangen des Artenschutzes und dem Ausbau der Windenergie. Ziel dieses F+E-Vorhabens war es, einen naturverträglichen Ausbau der Windkraftanlagen zu unterstützen und Kenntnislücken bezüglich der Wirksamkeit und Ausgestaltung von Vermeidungsmaßnahmen zu schließen.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand hierbei die räumliche und zeitliche Attraktionswirkung von Bewirtschaftungsereignissen auf Rot- und Schwarzmilane, um zum einen die Maßnahme der Betriebseinschränkung von Anlagen während Bewirtschaftung zur Minimierung des Kollisionsrisikos zu beurteilen. Außerdem erfolgte eine Bewertung der Lenkungswirkung von Maßnahmenflächen mit besonderem Fokus auf Bewirtschaftungsereignisse.

### **Untersuchungsgebiete**

Die Untersuchungen fanden im Flachland in zwei Agrarlandschaften in Sachsen-Anhalt sowie in einer kleinstrukturierten Mittelgebirgslandschaft im Saarland statt. Das UG Hakel enthielt einen größeren Waldanteil und eine höhere Rotmilandichte von 18 Brutpaaren / 100 km<sup>2</sup> als das landwirtschaftlich vergleichsweise noch intensiver genutzte Offenland im UG Querfurter Platte mit einer Rotmilandichte von 8 Brutpaaren / 100 km<sup>2</sup> (beide Sachsen-Anhalt). Das UG Freisen (Saarland) war überwiegend durch einen hohen Waldanteil und Grünlandnutzung geprägt und wies hochgerechnet eine Rotmilandichte von 18 Brutpaaren / 100 km<sup>2</sup> auf.

### **Methodik**

Im Untersuchungszeitraum 2018-2020 wurden im UG Hakel 21 Rotmilane und 8 Schwarzmilane, im UG Querfurter Platte 7 Rotmilane und 8 Schwarzmilane und im UG Freisen 4 Rotmilane mit GPS-Transmittern besendert. Einige Individuen konnten mehrere Jahre beobachtet werden und gingen teilweise sowohl als Brutvögel als auch als Nichtbrüter in die Auswertungen ein.

Neben der Berechnung von Aktionsräumen sowie der Analyse der Raumnutzung und der Habitatwahl im 2-km-Umkreis um den Horst, lieferten die GPS-Daten auch Rückschlüsse auf die tägliche Flugaktivität der Milane. Mithilfe dieser Daten konnten individuelle Aufenthaltszeiten und Aufenthaltsmuster auf bestimmten Agrarflächen und entlang von Strukturelementen, Grenzlinien ermittelt werden, die im Zusammenhang mit der Anbaukultur und Bewirtschaftungsereignissen weiter analysiert wurden.

Zusätzlich erfolgten in allen Untersuchungsgebieten Erfassungen der Nutzungsintensität von Rot- und Schwarzmilanen auf Agrar- und Grünlandflächen während und in den Folgetagen von Bewirtschaftungsereignissen mittels Raumnutzungsbeobachtung.

### **Ergebnisse**

#### **Flugaktivität**

Rotmilane waren durchschnittlich 207 min, Schwarzmilane durchschnittlich 197 min am Tag flugaktiv, wobei es Unterschiede zwischen den Geschlechtern und im saisonalen Verlauf gab. Während Weibchen während der Bebrütungsphase im April kaum flugaktiv waren, war von erfolgreich brütenden Männchen während der Jungenaufzucht zwischen Mitte Juni und Anfang Juli die Flugaktivität stark gesteigert. Im Tagesverlauf stieg die Flugaktivität an, war über die Mittagsstunden am höchsten und ging zum Abend hin wieder zurück.

## **Attraktivität Bewirtschaftung**

Mahd und andere Bewirtschaftungsaktivitäten hatten eine hohe Attraktivität für Rot- und Schwarzmilane. Am Bewirtschaftungstag wurde eine 12-fach gesteigerte Aktivität von besenderten Rotmilanen festgestellt (Sachsen-Anhalt). Wird mittels Raumnutzungsbeobachtung die Anzahl aller anwesenden Rotmilane berücksichtigt, lag sogar eine 25-fach (Saarland) bis 30-fach (Sachsen-Anhalt) höhere Nutzungsintensität im Vergleich zu unbewirtschafteten Referenzflächen vor.

Auf einer Luzernefläche im UG Hakel waren während der Mahd drei besenderte Nichtbrüter zur selben Zeit anwesend und es wurden insgesamt bis zu 43 Individuen gleichzeitig registriert.

In allen Untersuchungsgebieten ging die Nutzungsintensität ab dem ersten Tag nach der Mahd zurück, blieb aber bis zu 3 Tage noch signifikant höher als auf unbewirtschafteten Referenzflächen. Auf Luzerneflächen hielt die gesteigerte Aktivität sogar bis 5 Tage nach der Mahd an.

Die Nutzungsintensität am Bewirtschaftungstag unterschied sich nicht signifikant zwischen Mahd, Folgebewirtschaftungen (z. B. Schwaden oder Wenden) und Bodenbearbeitung (z. B. Pflügen oder Grubbern). Jedoch ging nach Bodenbearbeitung in den Folgetagen die Aktivität schneller zurück als nach Mahd oder Folgebewirtschaftung.

In Sachsen-Anhalt unterlag die Attraktivität einer Mahdfläche einem saisonalen Effekt entgegen unspezifischer Feststellung am Mittelgebirgsstandort im Saarland. Der saisonale Effekt in Sachsen-Anhalt stand sowohl mit der Anbaukultur als auch mit der Dynamik in der Verfügbarkeit von Nahrungsflächen insgesamt im Zusammenhang. Aufgrund der klar abgegrenzten Bewirtschaftungszeiträume für die einzelnen Anbaukulturen ergab sich ein indirekter saisonaler Effekt, da auf früh im Jahr gemähten Grünroggen- und Luzernefeldern eine höhere Aktivität von Rotmilanen nachgewiesen wurde als auf später im Jahr geernteten Weizenfeldern.

Die Verfügbarkeit bzw. Zugänglichkeit von Nahrungsflächen zum Zeitpunkt der Mahd war die wichtigste erklärende Variable für die Aktivitätsdauer der Rotmilane. Im Verlauf des Frühjahrs findet durch das Aufwachsen der Vegetation eine kontinuierliche Abnahme der für den Rotmilan nutzbaren Flächen statt. Mitte Juni ist die höchste Bestandsdeckung erreicht, bis dann durch Einsetzen der Getreideernte neue offene Flächen geschaffen werden. Das Maximum der Anwesenheitsdauer von Rotmilanen während der Mahd, aber auch an den Folgetagen wurde zur Zeit der geringsten Offenheit Ende Juni erreicht. Da kaum alternative Flächen zur Nahrungssuche genutzt werden können, sind einzelne Mahdflächen zu dieser Zeit besonders attraktiv und werden auch in den Tagen nach der Mahd verstärkt angefliegen.

Gleichzeitig zeigten die Milane im Juni auch die höchste tägliche Flugaktivität, da sie in dieser Zeit ihre Jungen mit Nahrung versorgen müssen.

Etwa ab dem 20. Juli standen in Sachsen-Anhalt infolge der großflächigen Getreideernte wieder mehr Nahrungshabitate gleichzeitig zur Verfügung. Hier halbierte sich die Aktivitätsdauer von Rotmilanen zwischen Ende Juni und Ende Juli während und nach einer Bewirtschaftung.

Die Flächengröße spielte keine entscheidende Rolle für die Nutzungsintensität von Milanen. Grundsätzlich kann auf größeren Flächen, aufgrund der länger andauernden Bewirtschaftungsdauer während Ernte und Bodenbearbeitung, auch die Aktivitätsdauer der Milane gesteigert werden. Dieser Effekt war in Sachsen-Anhalt allerdings nur bis ca. 50 ha nachweis-

bar, danach lag die Zunahme unter der erwartbaren längeren Überflugzeit für größere Flächen.

Auch Schwarzmilane zeigten deutlich gesteigerte Aktivitätswerte während einer Bewirtschaftung und bis zu 3 Tage danach. Während einer Luzernemahd im UG Querfurter Platte waren bis zu 22 Individuen gleichzeitig anwesend. Anders als beim Rotmilan hatte die Offenheit in der Umgebung keinen signifikanten Effekt auf die Aktivitätsdauer bei Schwarzmilanen. Trotzdem nahm die Nutzungsintensität im Verlauf der Saison ab. Die höchste Aktivität wurde im Mai bei Luzernemahd und besonders während der Ernte von Grünroggen festgestellt.

### **Habitatpräferenz / Raumnutzung**

Grenzlinien und Strukturelemente wie Baumreihen wurden von besenderten Rotmilanen klar bevorzugt. Außerdem konnten hohe Aktivitätswerte auf Luzerneflächen, Brachen, Wiesen sowie grün geerntetem Getreide und Ackergras nachgewiesen werden. Ackerbrachen weisen meist keinen geschlossenen Vegetationsbestand auf und stellen neben mehrmals in der Saison gemähten Feldfutter und Ackergras über die gesamte Saison verfügbares Nahrungshabitat für Rotmilane dar.

Getreidefelder und spät eingebrachte Kulturen wie Mais oder Rüben werden im Frühjahr noch zur Nahrungssuche angeflogen, mit Bestandsschluss (spätestens Ende Juni: Mais) ging die Nutzung dieser Flächen zurück und Getreideflächen wurden erst nach der Ernte wieder zunehmend genutzt.

Allerdings zeigten brütende Rotmilane eine stark ausgeprägte Individualität in der Habitatnutzung der verfügbaren Agrarflächen im 2-km-Radius um den Horst, was dafür spricht, dass die Habitatwahl auch von Territorialität und durch eine Vermeidung von Konflikten mit Revirnachbarn beeinflusst ist. Ebenso hatte der Horststandort Auswirkungen auf die Habitatpräferenz. Rotmilane, die in Siedlungsnähe brüteten, nutzten auch Siedlungen vermehrt zur Nahrungssuche.

Schwarzmilane bevorzugten ebenfalls Strukturen wie Baumreihen und außerdem Gewässer zur Nahrungssuche. Hohe Aktivitätswerte wurden auf Luzerneflächen und besonders während der Ernte von Grünroggen registriert. Grünlandflächen und Brachen wurden in der Brutzeit präferiert, mit Beginn der Haupterntezeit auch abgeerntete Getreidefelder. Ähnlich wie beim Rotmilan lagen individuelle Unterschiede in der Habitatwahl vor, die sowohl im Horststandort als auch in möglicher intraspezifischer Konkurrenz begründet waren.

### **Ablenkung – Horstbindung**

Erfolgreich brütende Rotmilane hielten sich überwiegend in Horstnähe auf und 83 % aller flugaktiven Ortungen wurden bis zu einer Entfernung von 2 km um den Horst erfasst.

Brutvögel suchten auch Mahdflächen bevorzugt in diesem Bereich auf, im Mittel lagen diese 1,9 km entfernt. Mit zunehmender Entfernung zum Horst nahm die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit während der Mahd sehr schnell ab und lag ab 4 km Entfernung schon bei weniger als 10 % (Sachsen-Anhalt). Am Mittelgebirgsstandort ergaben sich ebenfalls Hinweise, dass das Gros der aufgesuchten Mahdereignisse unterhalb von 2 km Entfernung zum Horst liegt.

Luzerneflächen, die im 2-km-Radius um den Horst lagen, wurden mit hoher Wahrscheinlichkeit während der Mahd angeflogen. Aber es gab auch viele Mahdflächen (hauptsächlich Getreideflächen) in diesem Umkreis, die am Mahdtag ungenutzt blieben, da insbesondere später in der Saison wieder mehr Flächen gleichzeitig zur Verfügung standen.

Trotz der gesteigerten Aktivität von besenderten Rotmilanen auf einer Mahdfläche am Bewirtschaftungstag, entsprach für Brutvögel diese Aufenthaltsdauer durchschnittlich nur 15 % ihrer jeweils pro Tag ermittelten flugaktiven Zeit. In den Folgetagen nach der Mahd war der Anteil an der täglichen individuellen Flugaktivität kaum noch relevant.

Auch wenn die gesamte Flugaktivität zwischen Mahdfläche und Horst berücksichtigt wird, ergab sich am Mahdtag nur eine geringe Zunahme (durchschnittlich 13 % für Luzerne bzw. 10 % für Getreide) der Flugaktivität in Richtung der Mahdfläche im Vergleich zum Raumnutzungsverhalten in der gesamten Brutsaison (Sachsen-Anhalt).

Die Lage und Größe von Tagesaufenthaltsbereichen von besenderten Brutvögeln änderte sich infolge von Bewirtschaftungsereignissen nicht signifikant. Die Tagesaufenthaltsbereiche vergrößerten sich bei mehreren zeitgleichen Mahdereignissen (Saarland).

Somit konnte in dieser Untersuchung keine anhaltende Änderung in der Raumnutzung aufgrund einer einzelnen Mahdfläche für bestimmte Brutvögel beim Rotmilan nachgewiesen werden.

Auch wegen der großen individuellen Unterschiede in der Habitatwahl, lässt sich nur schwer vorhersagen, welche Bereiche und Richtungen um den Horst angefliegen werden.

Zusätzlich konnten wir die Anwesenheit von teilweise einer hohen Anzahl an Nichtbrütern belegen. Diese hielten sich nicht nur wesentlich länger auf Mahdflächen auf, sondern wurden auch aus größeren Entfernungen (bis zu 25 km) von Bewirtschaftungsereignissen angelockt.

In einer intensiv bewirtschafteten Kultur- und Agrarlandschaft, in der regelmäßig auch Bewirtschaftungsaktivitäten abseits der Ablenkfläche zu erwarten sind, ist daher keine gezielte Ablenkung von Brutpaaren möglich oder im Regelfall zu erwarten.

Bei brütenden Schwarzmilanen hatte die Horstbindung einen geringeren Einfluss auf das Raumnutzungsverhalten und es entfielen nur 58 % aller flugaktiven Ortungen auf den 2-km-Radius um den Horst.

Eine Betrachtung der Flugaktivität zwischen Mahdfläche und Horst konnte im Gegensatz zum Rotmilan eine signifikante Zunahme (durchschnittlich 14 % für Luzerne bzw. 13 % für Getreide) der Flugaktivität in Richtung der Mahdfläche am Mahdtag im Vergleich zum Raumnutzungsverhalten in der gesamten Brutsaison nachweisen (Sachsen-Anhalt).

Allerdings suchten Brutvögel auch Mahdflächen in deutlich größerer Entfernung zum Horst auf (max. 13 km) und nutzten dafür einige Flächen im näheren Umfeld der Horste am Mahdtag nicht.

Aufgrund der ausgedehnten Aktionsräume und der vorliegenden Individualität bei der Habitatnutzung, kann auch beim Schwarzmilan keine Vorhersage getroffen werden, welche Flächen während der Mahd angefliegen werden.

## **Ableitung Empfehlungen**

### **Vermeidungsmaßnahme Abschaltung während Bewirtschaftungsereignissen**

Mahd / Ernte, Folgebewirtschaftungsgänge oder Bodenbewirtschaftung lösen vor allem am Bewirtschaftungstag hohe Aktivität von Rot- und Schwarzmilanen aus, die im Lauf einiger Tage abnimmt und ausklingt. Nach Bodenbearbeitung (Grubbern oder Pflügen) geht in den Folgetagen die Aktivität schneller zurück als nach Mahd oder Folgebewirtschaftung (Schwaden, Wenden, Häckseln, Abtransport). Dementsprechend sollten bei Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Flächen im Windpark selbst und in dessen engem Umfeld folgende Regelungen zur Abschaltung festgelegt werden:

- WEA-Standort in weitläufigen, überwiegend ackerbaulichen Gebieten mit sowohl Brutvögeln als auch Nichtbrütern (vergleichbar den UGs Sachsen-Anhalt) bei Mahd / Ernte bestimmter Kulturen bis Ende Juli: Tage der Mahd + 5 nachfolgende Tage (Luzerne, anderes überjähriges Feldfutter wie z. B. Grünroggen), Mahdtag + 3 Tage (andere Kulturen), ebenso zzgl. (und ggf. über diese Tage hinausgehend) der Tag der Folgebewirtschaftung dieser Kulturen + 5 Tage (überjähriges Feldfutter) bzw. +3 Tage (andere Kulturen),
- WEA-Standort ebd. (siehe oben) bei Mahd ab Ende Juli (ab 01.08.): Mahdtag + 3 Tage (Luzerne), Mahdtag + 2 Tage (andere Kulturen) (dieser Termin kann regional variieren, wäre je Region einmalig festzulegen; Bezugswert ist ein Offenheitsindex der Landschaft von mindestens 0,6), ebenso zzgl. (und ggf. über diese Tage hinausgehend) der Tag der Folgebewirtschaftung dieser Kulturen + 3 Tage (Luzerne) bzw. +2 Tage (andere Kulturen),
- WEA-Standort in durch Wald und Grünland maßgeblich geprägten Gebieten im Mittelgebirge mit vergleichsweise geringem Anteil Nichtbrüter (vergleichbar dem UG Freisen) bei Mahd von Grünland: Mahdtag + 3 Tage, zzgl. (und ggf. über diese Kalendertage hinausgehend) der Tag der Folgebewirtschaftung + 1 nachfolgender Tag,
- bei Bodenbearbeitung: Ereignistag + 1 Tag.

Die Maßnahme sollte ab dem Beginn des Bewirtschaftungsereignisses für die oben genannte Zeitdauer (gemessen in Kalendertagen) durchgeführt werden. Die Effektdauern aufeinander folgender Bewirtschaftungsgänge addieren sich jeweils ab dem Beginn des Folgeereignisses, so dass z. B. auch Konstellationen mit Effektdauern von bis zu 10 Tagen auftreten können.

Begründet auf den hier vorgelegten wissenschaftlichen Daten zum Raumbezug der Anlockwirkung von Bewirtschaftungsereignissen (Zusammenfassung vgl. Kap. 6.3.3) kommen die Forschungsnehmenden zu der gutachterlichen Empfehlung, dass auch WEA mit der Maßnahme beauftragt werden sollten, die sich außerhalb des Regelbereichs von 1.500 m befinden:

- generell, sofern sie sich in einem stark von Milanen (Brutvögel und Nichtbrüter) frequentierten Landschaftsraum befinden, anderenfalls
- in allen anderen Landschaftsräumen in einem Abstand bis 2.000 m (Durchschnittswert für die Attraktionswirkung) zu einem Milanhorst.

### **Vermeidungsmaßnahme Ablenkung durch Bewirtschaftungsereignisse**

Den Ergebnissen nach zu urteilen ist die Anlage von Mahdflächen (oder anderen gezielten Bewirtschaftungsweisen) zur Ablenkung von Rot- und Schwarzmilanen nicht ausreichend wirksam und daher als Vermeidungsmaßnahme allein ungeeignet.

Aufgrund der deutlich erhöhten Präferenzierung von Maßnahmenflächen zur Nahrungssuche durch Milane kann dort von einer gesteigerten Nahrungsverfügbarkeit ausgegangen werden. Somit eignen sich Maßnahmenflächen zur Aufwertung der Habitatsigenschaften und sollten im Zuge einer artenschutzrechtlichen Ausnahme als populationsstützende FCS-Maßnahme empfohlen und gegenüber Maßnahmen zur allgemeinen Habitataufwertung mittels Extensivgrünlandnutzung (oder vergleichbar) priorisiert werden.

## **Summary**

### **Background**

In large parts of the red kite's range, there is an increased potential for conflict between the interests of species protection and the expansion of wind energy. The aim of this project was to support a nature-friendly expansion of wind power plants and to close knowledge gaps regarding the effectiveness, terms and conditions of mitigation measures.

The investigations focused on the spatial and temporal attraction effect of management events on red and black kites in order to assess the measure of restricting the operation of wind turbines during management to minimize the collision risk. In addition, an evaluation of the guidance effect of attractive measure areas with a special focus on management events was carried out.

### **Study areas**

The studies were conducted on two flat agricultural landscapes situated in the federal state of Saxony-Anhalt (study area "UG Havel" and "UG Querfurter Platte") as well as on a small-scale structured low mountain landscape in the federal state of Saarland ("UG Freisen"). UG Havel held a bigger proportion of forest and with 18 breeding pairs / 100 km<sup>2</sup> a higher occurrence of red kite than the UG Querfurter Platte, which is more intensively agriculturally used and held 8 breeding pairs / 100 km<sup>2</sup>. UG Freisen was mainly characterized by a high proportion of forest and grassland use and the projected occurrence of red kite was 18 breeding pairs / 100 km<sup>2</sup>.

### **Methods**

GPS-transmitters were attached onto birds over the study period from 2018 to 2020: in the UG Havel 21 red kites and 8 black kites got tracked, in the UG Querfurter Platte 7 red kites and 8 black kites and in the UG Freisen 4 red kites. Some individuals could be tracked over several years and partially went into the analysis as breeding birds and non-breeding birds.

The GPS-data made it possible to calculate operation ranges, to analyse use of space and choice of habitat in a 2-km-radius around the nest and enabled conclusions about the daily flying activity of the kites. By means of the data, individual residence times and patterns on particular agricultural areas could be determined, just as alongside linear habitat structures. These then were analysed in connection with crops and farming events.

Additionally, on all agricultural and grassland study areas the intensity of use by red and black kites was monitored during and in the days after farming events by observation with binoculars.

### **Results**

#### **Flying activity**

On average, red kites were flying 207 min a day, black kites 197 min a day. There were differences between sexes and seasonal pattern. Females were hardly flying during breeding time in April, whereas successful breeding males showed a prominently higher flying activity while raising their young between mid-June and beginning of July. In the course of a day the flying activity increased strongly, had its peak over the midday hours and decreased towards the evening.

#### **Attraction of farming practices**

Mowing and other farming activities had a high attraction on red and black kites. On the day of farming a 12 times higher activity was detected for transmitter carrying red kites (UGs

Sachsen-Anhalt). Including the observations of use of space made it possible to take the number of all present red kites into account. Then, even 25 times (UG Freisen) up to 30 times (UGs Saxony-Anhalt) higher intensity of use occurred, when compared to reference areas.

On a cultivation area of lucerne in the UG Hakel three non-breeding, transmitter carrying birds were present while mowing. Overall, up to 43 individuals were recorded simultaneously.

The intensity of use decreased from the first day after mowing on all study areas, though it stayed significantly higher than on uncultivated reference areas for up to 3 days. On areas growing lucerne the increased activity even continued up to 5 days after mowing.

Mowing, following management (e.g. raking or tedding) and soil cultivation (e.g. ploughing or clod breaking) did not show significant differences in the resulting intensity of use on the day of farming. However, the activity decreased faster over the days after soil cultivation than after mowing.

In Saxony-Anhalt, the attractiveness of mown areas was subject to a seasonal effect, contrary to unspecific results at the low mountain site in Saarland. The seasonal effect in Saxony-Anhalt was related to both the crop and the dynamics in the overall availability of foraging areas. Due to the clearly defined management periods for the individual crops, there was an indirect seasonal effect, as a higher activity of red kites was detected on green rye and alfalfa fields mowed early in the year than on wheat fields harvested later in the year.

Availability or accessibility of feeding grounds at the time of mowing was the most important explaining variable for the activity time of red kites. During springtime the growing vegetation leads to a continuous decrease of areas usable by red kites. In the middle of June, the highest vegetation cover is reached until the start of the grain harvest creates new open areas. The maximum presence time of red kites while mowing and the days after was during the time in June with the highest surface cover. Because almost no alternative feeding grounds are available, single mown areas are especially attractive and are approached very often also in the days after mowing.

Simultaneously, in June kites need to provide food to their nestlings and therefore showed the highest daily flying activity at this time.

From about July 20, more feeding habitats were available in Saxony-Anhalt as a result of the large-scale grain harvest. Here, the activity of red kites halved between the end of June and the end of July during and after farming practices.

Size of an area did not play an important role for the intensity of use by kites. Basically, larger areas are able – due to longer farming time while mowing, harvest and soil cultivation – to increase the activity time of kites. This effect was demonstrable in Saxony-Anhalt only up to 50 ha, above that the increase stayed below the expectable longer time it would take to fly over larger areas.

Black kites too showed clearly increased activity during farming practice and up to 3 days after. During one mowing of lucerne in UG Querfurter Platte, up to 22 individuals were present at the same time. In contrast to the red kite, the openness of the landscape did not have a significant effect on the activity time of black kites. Still, the intensity of use decreased in the course of season. Highest activity was recorded in May during lucerne harvest and especially during harvest of green / feeding rye.

### **Habitat selection and preference**

Linear habitat structures like rows of trees were clearly preferred by transmitter carrying red kites. Furthermore, high activities could be proven on areas of lucerne, fallow land, grassland

as well as on green harvested grain and agricultural grass. These areas are well accessible food habitats for red kites over the whole season, since fallow arable land in most cases does not hold closed vegetation cover and agricultural grasses are mown several times over season.

Grain fields and late sown crops like maize or sugarbeets are visited for foraging during spring. When the maximum surface cover is reached (maize: at the latest by end of June), use of these areas decreased and grain fields were only again used after harvest.

However, breeding red kites showed a strong individuality when it comes to the use of habitats on available agricultural areas in a 2 km radius around the nest. This indicates an influence on choice of habitat by territoriality and avoidance of conflicts between territory neighbours. Also, the location of the nest had influence on preference of habitat: red kites breeding near settlements used these for foraging, too.

Black kites also favoured linear habitat structures like rows of trees and furthermore waters for foraging. High activities were detected on areas of lucerne and especially while harvest of feeding / green rye. Grasslands and fallow lands were preferred in the breeding period, harvested grain fields with beginning of the main harvest time. Similar to the red kite, individual differences in choice of habitat were motivated by nest location and intraspecific competition.

### **Loyalty to the nest – spatial distraction / guidance**

Successful breeding red kites mostly stayed near the nest: 83 % of all localisations while flying were recorded in a range of 2 km around it.

Mown areas were also visited by nesting birds within this range (on average 1.9 km). With increasing distance to the nest, the probability of presence during mowing decreased fast and from 4 km distance it already laid below 10 % (Sachsen-Anhalt). On the low mountain site, the majority of visited mowing events also took place below 2 km distance to the nest.

Areas of lucerne inside the 2 km radius around the nest were approached with high probability during mowing. Nevertheless, a lot of mown areas (mainly grain fields) in this range were not used on mowing day, due to a higher number of simultaneously available areas in the later season.

In spite of the increased activity of transmitter carrying red kites on a mowed area at farming day, the duration of stay of breeding birds was on average 15 % of their actual investigated daily flying activity. The days after mowing the share of individual daily flying activity became of very little relevance.

When taking the whole flying activity between mowing area and nest into account, there was only a small increase into the direction of the mown area on mowing day (on average 13 % on lucerne, 10 % on grain) compared to use of space over the whole breeding season (Saxony-Anhalt).

The position and extent of the daily residence range of transmitter carrying nesting birds did not change significantly following farming events. Residence ranges expanded significantly with increasing numbers of simultaneous mowing events (Saarland).

Consequently, this study was not able to prove a persistent change in use of space by certain nesting red kites on the basis of a single mown area.

Big differences in individual choice of habitat also make it hard to predict the approached areas and directions around the nest.

Additionally, a partially high number of none-breeding birds could be verified. These not only stayed longer on mown areas but were also attracted by farming events from greater distances (up to 25 km).

An intensively used agricultural and cultivated landscape brings constantly occurring farming practices away from distraction areas (guidance-measures). Therefore, no specific spatial distraction of breeding pairs is possible or generally expectable.

Breeding black kites were less bound to their nests, so only 58 % of the localisations are recorded in the 2 km radius around the nest.

In contrast to red kites, there was a slightly significant increase of flying activity into the direction of mown area on mowing day (on average 14 % on lucerne, 13 % on grain) compared to use of space over the whole breeding season (Saxony-Anhalt).

However, breeding birds also visited mown areas in clearly greater distances to the nest (max. 13 km) and consequently did not use some areas at mowing time situated near the nest.

Due to the expanded operation ranges and the existing individual use of habitat, it is also not possible to predict which areas the black kite will approach at mowing time.

### **Derived recommendations**

#### **Mitigation measure: shutdown of wind turbines**

Mainly on the day of practice, mowing / harvesting, following farming practise (ranking, tedding, chaffing, removal) or soil cultivation cause high activity in red and black kites, which decreases and dies away in the course of few days. After soil cultivation (e. g. ploughing) the activity decreases faster than after mowing or following farming practise. Due to the connection to management of agricultural used areas on wind farms and their close surroundings, shutdown of wind turbines should be regulated by the following directives:

- wind turbine located on spacious, mainly agricultural used regions with occurrence of breeding birds and non-breeding birds (comparable to sites in Saxony-Anhalt) in case of mowing / harvesting of certain crops until end of July:
  - days of mowing +5 following days (lucerne, other perennial field forages e. g. feeding / green rye)
  - day of mowing +3 days (other crops)
  - plus (and if necessary, more than these days) the day of following farming practise of these crops:
    - +5 days (perennial field forage)
    - +3 days (other crops)
- location of wind turbine like above, mowing from end of July
  - day of mowing +3 days (lucerne)
  - day of mowing +2 days (other crops)
  - (The date could variate regionally, has to be specified for each region once; reference value is an index of openness for the landscape of at least 0,6)
  - Plus (and if necessary, more than these days) the day of following farming practise of these crops

+3 days (lucerne)

+2 days (other crops)

- wind turbine located on regions mainly characterised by forest and grassland on low-mountain landscapes with comparatively low share of none-breeding birds (comparable to UG Freisen) in case of mowing of grassland: day of mowing +3 days plus (and if necessary, more than these calendar days) the day of following farming practise +1 following day
- In case of soil cultivation: day of practice +1 day

The measure has to be conducted for the above specified time period (calendar days) from the beginning of the farming practice. Durations of effect of consecutive farming practices will be added up from the beginning of the following practice, so durations of effect of up to 10 days are possible.

These measures should also be valid for wind turbines beyond the regulation range of 1.500 m:

- in general, if they are located in a landscape heavily frequented by kites (breeding birds and non-breeding birds), otherwise
- in all other landscape areas at a distance of up to 2000 m (average value for the attraction effect) from a kite nest.

#### **Mitigation measure: spatial distraction (guidance-measure)**

Creation of mowing areas to distract red and black kites is not effective enough and therefore inappropriate as an exclusive mitigation measure.

However, attracting measure areas contribute to a population-supporting increase in foraging availability and enhancement of habitat characteristics and therefore should be recommended as part in the course of preservation of species (FCS-measure). They should be prioritised to the general measures for the enhancement of habitat through extensive use of grasslands.

# 1 Einleitung

## 1.1 Zielsetzung

Der Ausbau von Windenergieanlagen ist in Deutschland unabdingbar, um die von der Bundesregierung angestrebten Ausbauziele für erneuerbare Energien zu erreichen. Windenergie an Land spielt dabei im Strombereich eine entscheidende Rolle und infolge dessen besteht ein hoher Bedarf an (weiteren) Standorten. Dadurch wächst der Druck auf naturschutzfachlich sensible Flächen, bei denen ein erhöhtes Konfliktpotenzial zwischen den Belangen des Artenschutzes (hier Greifvögel) und dem Ausbau der Windenergie besteht. Bei Planung und Genehmigung von Windenergieprojekten ist als Zulassungsvoraussetzung insbesondere ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko (§ 44 (1) BNatSchG) für einige sogenannte windkraftsensible, kollisionsempfindliche Großvogelarten zu vermeiden. Nach Untersuchung durch Blew et al. (2018) bestehen bei einem Großteil der Vermeidungsmaßnahmen noch wesentliche Erkenntnislücken. Insbesondere fehlen quantifizierte Belege zur Wirksamkeit der Maßnahmen und deren Einfluss auf das Kollisionsrisiko, wobei die beiden zu betrachtenden Themenkomplexe „Vermeidung von Anlockung“ und „Weglockung“ eng miteinander verzahnt sind. Blew et al. (2018) formuliert insbesondere für Maßnahmen zur „Betriebsregulierung“ und „Lenkungsmaßnahmen“ einen weitergehenden Untersuchungsbedarf. Vor allem sollen die räumliche und zeitliche Dimensionierung von Betriebszeitenregelungen bei relevanten Bewirtschaftungsereignissen sowie die Weglockung vom Windpark mittels attraktiver Flächenbewirtschaftung außerhalb des Windparks quantifiziert werden.

Das Ziel dieses F+E-Vorhabens ist es, einen naturverträglichen Ausbau der Windkraftanlagen zu unterstützen und die Unsicherheiten bezüglich Wirksamkeit und Ausgestaltung dieser Vermeidungsmaßnahmen zu minimieren und artenschutzfachlich relevante Kenntnislücken bezüglich wichtiger Maßnahmenkenngrößen zu schließen. Die zentralen Forschungsfragen bedienen die nachfolgenden Themenfelder.

- Betriebsregulierungen (Abschaltung) bei landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen
- Raumnutzungsverhalten in Abhängigkeit von der Verteilung von Nahrungshabitaten.

## 1.2 Kernfragestellungen

Die Wirkungen von Flächenbewirtschaftung wurden art- und bewirtschaftungsspezifisch hinsichtlich der Faktoren untersucht, die für eine räumliche Lenkungsfunktion der ansässigen WEA-sensiblen Greifvögel verantwortlich sind.

Die Kernfragestellungen lauten:

- Wie groß sind der räumliche Wirkungsumfang und die zeitliche Dauer der Anlockwirkung infolge landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsereignisse (insbesondere Mahd / Ernte und Bodenbearbeitung)?
- Bestehen nachvollziehbare Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen habitat-, bewirtschaftungs- und zeitbezogenen Raumveränderungen und dem Raumnutzungsverhalten der Zielarten?
- Werden Flächen mit Bewirtschaftungsereignissen (signifikant) häufiger aufgesucht, als es durch ihren Flächenanteil und ihre Verfügbarkeit zu erwarten wäre?
- Unter welchen Bedingungen darf von einer Wirksamkeit und Geeignetheit der untersuchten Maßnahmentypen beziehungsweise Raumkonstellationen als Vermeidungs-

beziehungsweise Minderungsmaßnahmen ausgegangen werden?

Eine wesentliche Bedingung für die Wirksamkeit von Ablenkmaßnahmen ist, dass die temporäre Bindung an die Maßnahmenfläche nicht nur deutlich erhöht ist, sondern auch im räumlichen und zeitlichen Gesamtkontext des jeweiligen Individuums als bedeutsam anzusehen ist. Bezüglich des räumlichen Kontextes wäre ein Beleg für die Wirksamkeit von signifikant häufiger aufgesuchten Maßnahmenflächen die gleichzeitige – temporäre – Verringerung des Aktionsraums der entsprechenden Individuen.

### 1.3 Untersuchungskonzept

Zentraler Baustein des Untersuchungskonzeptes sind eigene Felduntersuchungen zum Raumnutzungsverhalten von Rot- und Schwarzmilanen sowie zu beeinflussenden Umgebungsvariablen in drei für den Ausbau der Windkraft relevanten Untersuchungsgebieten in verschiedenen Landschaftsräumen. Die Vorgehensweise wurde auf Basis der Leistungsbeschreibung (BfN 2018) entwickelt und berücksichtigt die Methodik und Zwischenergebnisse von Vorhaben mit teils vergleichbarer Zielsetzung, wie z. B. Mammen et al. (2013) und der Deutschen Wildtierstiftung (2020).

Ursprünglich angestrebt war eine methodengleiche Wiederholungsuntersuchung in den **Untersuchungsgebieten Hakel (ST), Querfurter Platte (ST) und Freisen (SL)** in zwei aufeinanderfolgenden Jahren (2018 und 2019). Anschließend sollte im Jahr 2020 die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgen.

In Absprache mit dem BfN wurde im Rahmen des 2. PAG-Treffen am 05.03.2020 ein weiteres Untersuchungsjahr diskutiert und im Folgenden für die Untersuchungsgebiete Hakel und Querfurt bewilligt. Im Jahr 2020 wurden daraufhin weitere Felduntersuchungen in zwei von drei Untersuchungsgebieten durchgeführt.

Im Fokus der Untersuchungsgebiete liegen Flächen mit greifvogelfreundlicher (rotmilanfreundlicher) beziehungsweise -angepasster Bewirtschaftung. Zeitlich parallel sollte die visuelle und satellitentelemetrische Untersuchung des Raumnutzungsverhaltens von Rotmilanen in Bezug auf solche Flächen erfolgen.

Über die Zielarten wurden sowohl flächenbezogene (visuelle Raumnutzungsbeobachtung RNB) als auch individuenbezogene Raumnutzungsdaten (Satelliten-Telemetrie) erhoben, die sich ergänzen und sich gegenseitig absichern. Die flächenbezogene Untersuchung ermöglicht einen quantitativen Vergleich der Nutzungsintensitäten von Maßnahmenflächen gegenüber Referenzflächen hinsichtlich der Gesamtheit der in den Untersuchungsgebieten vorkommenden Milane. Die individuenbezogene Satellitentelemetrie ermöglicht aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung der Ortungspositionen die Herstellung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen z. B. hinsichtlich individueller Raumnutzung im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen. Der Untersuchungsansatz mit Daten auf zwei Ebenen berücksichtigt die stark individuell variierende Lage und Größe der Aufenthaltsbereiche beim Rotmilan (Mammen et al. 2013: 86, Pfeiffer & Meyburg 2015).

## 2 Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsgebiete sind so gewählt, dass sie die Anforderungen des Untersuchungskonzeptes erfüllen. Hierzu zählt die Lage in Dichtezentren beziehungsweise in Regionen mit gehäuftem Vorkommen des Rotmilans, die Lage in verschiedenen naturräumlichen Großeinheiten / verschiedenen Landschaftsmosaiken vom Flachland bis zum Mittelgebirge und das Vorkommen von Maßnahmenflächen mit beabsichtigter Lenkungswirkung für Rot- und Schwarzmilane. Abb. 1 stellt die Lage der drei Untersuchungsgebiete in Deutschland dar, im westlichen Mittelgebirge Freisen, am nördlichen Rand des Harzes die Querfurter Platte, etwas nördlich davon im Übergang des nordostdeutschen zum nordwestdeutschen Tiefland Haket.



Abb. 1: Lage der ausgewählten Untersuchungsgebiete in Deutschland

### 2.1 Untersuchungsgebiet Haket

#### 2.1.1 Gebietscharakteristik

Das Untersuchungsgebiet (UG) Haket befindet sich im nordöstlichen Harzvorland in Sachsen-Anhalt zwischen den Städten Halberstadt im Westen und Staßfurt im Osten. Es umschließt den 13 km<sup>2</sup> großen Haket-Wald und mehrere Ortschaften (Abb. 2). Die südwestliche Grenze wird von der Bodeaue gebildet. Die Topographie des UG ist sanft-hügelig mit einer maximalen Höhe ü. NN von 245 m.

Es ist Teil des mitteldeutschen Schwarzerdegebietes mit Bodenwertzahlen zwischen 78 und

94 (Töpfer 1995). Der überwiegende Teil des Untersuchungsgebietes wird daher intensiv ackerbaulich genutzt. Die Bewirtschaftung erfolgt auf großflächigen Ackerschlägen. Es überwiegt der Anbau von Winterweizen und Mais, gefolgt von Winterraps und Wintergerste sowie Hackfrüchten (Rüben, Kartoffeln) (Abb. 3). Grünland machte im Durchschnitt nur 1,53 % der Fläche aus.

Die Ackerschläge werden teils von Baumreihen, Hecken, Wegen oder Straßen begrenzt. Außerdem befinden sich im Gebiet einige kleine Waldinseln, Streuobstwiesen sowie Feldwege und Straßen säumende Obstbaum- und Pappelreihen. Die Strukturdichte im Untersuchungsgebiet ist insgesamt gering. Einschließlich der Waldfläche Haket beträgt der Anteil an Gehölzflächen am UG nur ca. 8 % (Abb. 2).

Im Untersuchungszeitraum 2018 umfasste das UG zur Greifvogelerfassung eine Fläche von rund 172 km<sup>2</sup> und schloss in seinem zentralen Bereich die Maßnahmenfläche (Luzerne) mit ein (Abb. 4). Die festgelegten Grenzen des UG definierten den Raum für die Erfassung des Rot- und Schwarzmilan-Brutbestandes und gaben den räumlichen Rahmen für speziellere Untersuchungen vor (Kartierung von angebauten Feldkulturen und Bewirtschaftungsereignissen, Raumnutzungsbeobachtungen).

Da sich 2018 jedoch zeigte, dass sich Milanbrutplätze (auch besonderer Tiere) randlich und knapp außerhalb der 2018 gewählten Grenzen befanden, wurden 2019 die Außengrenzen für die Horst- und Landnutzungserfassung modifiziert und für 2020 beibehalten. Das erweiterte UG umfasst 178 km<sup>2</sup> (Abb. 4).

### **2.1.2 Habitatausstattung**

Im Jahr 2018 wurden Anbaukulturen auf insgesamt 10.856 ha Ackerfläche ermittelt; im Folgejahr waren es 19.081 ha Ackerfläche und 2020 insgesamt 18.949 ha.

Im gesamten Untersuchungszeitraum dominierte im UG Haket der Anbau von Weizen flächenanteilig unter den angebauten Feldkulturen mit 37,0-42,3 % (Abb. 3). Im Jahr 2018 war Raps mit ca. 23 % ebenfalls stark vertreten, in den Folgejahren ging der Anbau jedoch deutlich zurück, was unter anderem im Zusammenhang mit dem extrem trockenen Sommer 2018 stand, der dazu führte, dass der gedrillte Raps größtenteils nicht bestandsbildend aufblühte (9,3 %,Abb. 3). Mais wurde in allen Untersuchungsjahren mit einem Flächenanteil zwischen 15,8 und 17,6 % angebaut, Hackfrüchte (Kartoffel, Rübe) nahmen 11,7–14,4 % der Untersuchungsfläche ein. Die Zunahme von Gerste im Jahr 2019 ergibt sich aus der geänderten Abgrenzung des UG; der Anbau nimmt generell einen ähnlich hohen Flächenanteil wie der Hackfrüchte ein. Wiesen und Weiden machten insgesamt einen sehr geringen Flächenanteil (max. 2 %) aus, ebenso der Anbau von Luzerne (0,40-0,67 %).

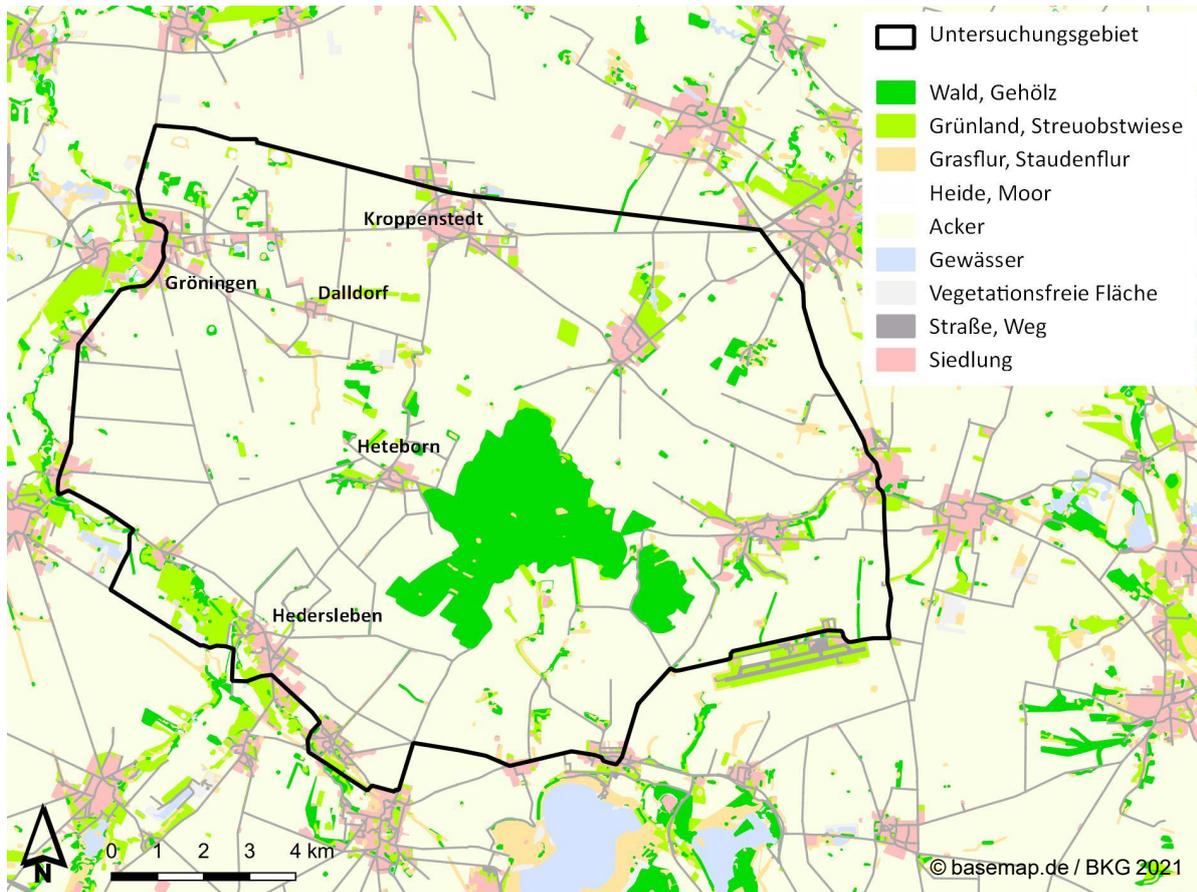


Abb. 2: Untersuchungsgebiet Hakel, Landnutzungstypen

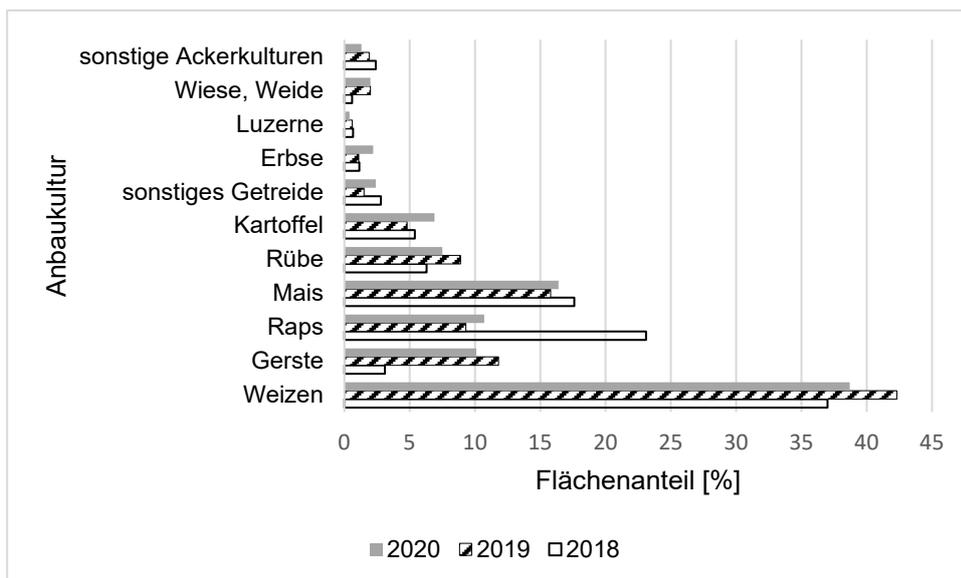


Abb. 3: Prozentualer Flächenanteil der ermittelten Anbaukulturen im UG Hakel in den Jahren 2018-2020

### 2.1.3 „Maßnahmenfläche“ Luzernefläche und Referenzfläche

Bei der Maßnahmenfläche im UG Hakel handelt es sich um eine dauerhaft mit Luzerne bestellte Fläche, die unmittelbar nordöstlich an den Hakel-Wald angrenzt (Abb. 4). Nördlich und östlich an die Maßnahmenfläche schließen sich ackerbaulich intensiv genutzte Flächen an.

Die Fläche hat eine Größe von 40 ha. Knapp 19 ha der Maßnahmenfläche sind von der

Landgesellschaft Sachsen-Anhalt mbH seit 2012 als Ökopoolmaßnahmenfläche mit speziellen Auflagen zur Bewirtschaftung verpachtet. Die Auflagen beinhalten u. a.:

- Anbau von Luzerne,
- mindestens zweimalige Mahd zwischen dem 01.05. und 30.07. eines Jahres,
- letzte Mahd nicht nach dem 15.09. eines Jahres,
- kein Einsatz von Herbiziden oder Rodentiziden und
- Flächenrotation nur abschnittsweise für ein 1/4 der Fläche pro Jahr mit Luzerneumbau und Neuansaat.

Die Luzernemahd erfolgte zeitlich gestaffelt, wobei aufgrund der Pachtverhältnisse mindestens zwei Teilflächen zeitlich voneinander entkoppelt wurden.

Der 2018 untersuchte Referenzbereich befand sich ca. 2,5 km nordwestlich der Maßnahmenfläche und grenzte ebenfalls an den Hakel-Wald an (Abb. 4). Die Fläche umfasste ca. 200 ha und stellte einen repräsentativen Ausschnitt des Offenlandes im Untersuchungsgebiet dar. Die Referenzfläche beinhaltete ausschließlich ackerbaulich intensiv genutzte Flächen, auf denen im Jahr 2018 in absteigender Reihenfolge des Flächenanteils Winterweizen, Rübe, Mais, Phacelia und Luzerne angebaut wurden. Die Luzernefläche (2018-2020) und die Referenzfläche (2018) standen im Fokus der Raumnutzungsbeobachtungen und wurden ab 2019 um weitere Beobachtungsflächen verschiedener Anbaukulturen ergänzt (vgl. Kap. 3.1.3).

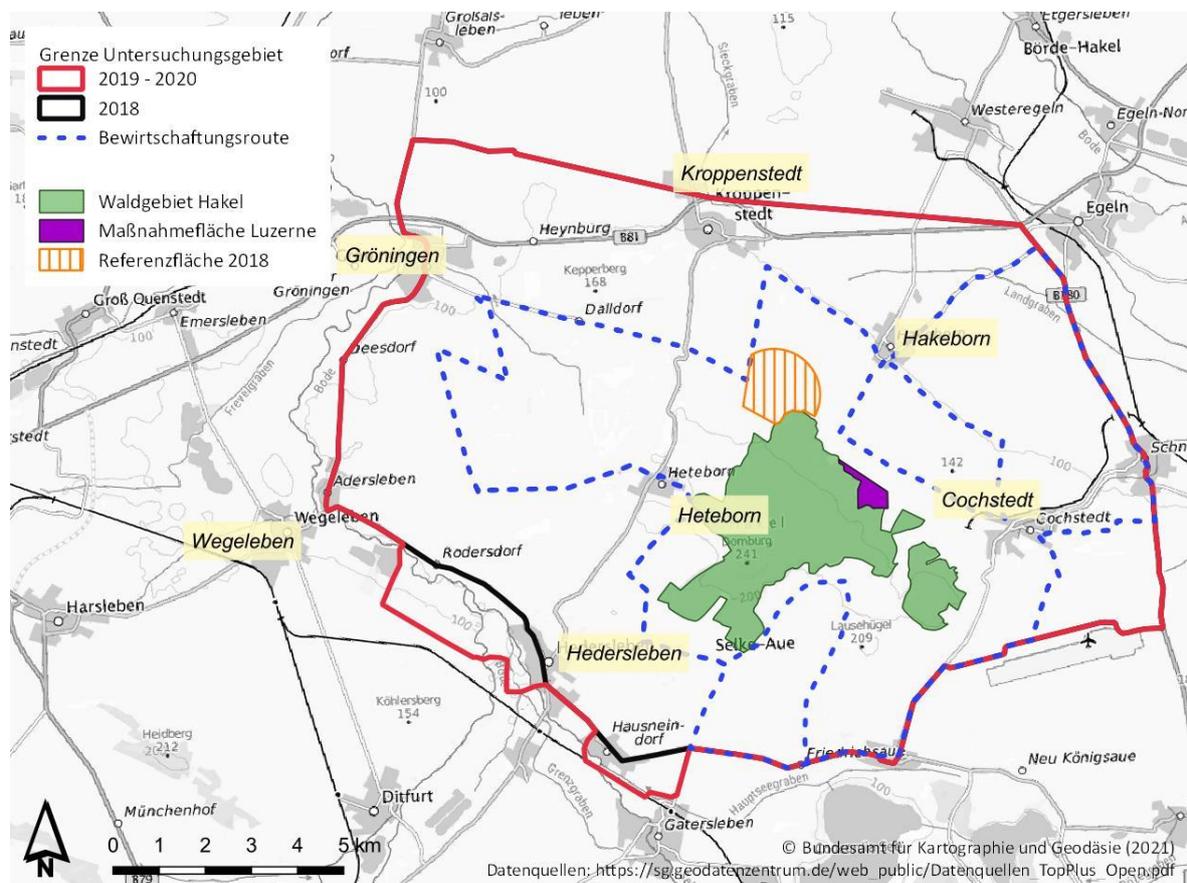


Abb. 4: Untersuchungsgebiet Hakel mit Bewirtschaftungsrute (vgl. Kap. 3.1.2.1), Maßnahme- und Referenzfläche.

## 2.1.4 Brutpopulation und Horststandorte

Die im UG HakeI in den Jahren 2018-2020 erfassten Brutstandorte sind gemeinsam in Abb. 5 dargestellt. In allen drei Jahren wurden auch Rot- und Schwarzmilan-Horste außerhalb der UG-Grenzen erfasst. Da sich alle Horste mit Ausnahme von einem (vgl. Abb. 5, Horst des Schwarzmilans 192008-Millie) in unmittelbarer Nähe zum UG befanden, wurden sie in die Auswertung mit einbezogen.

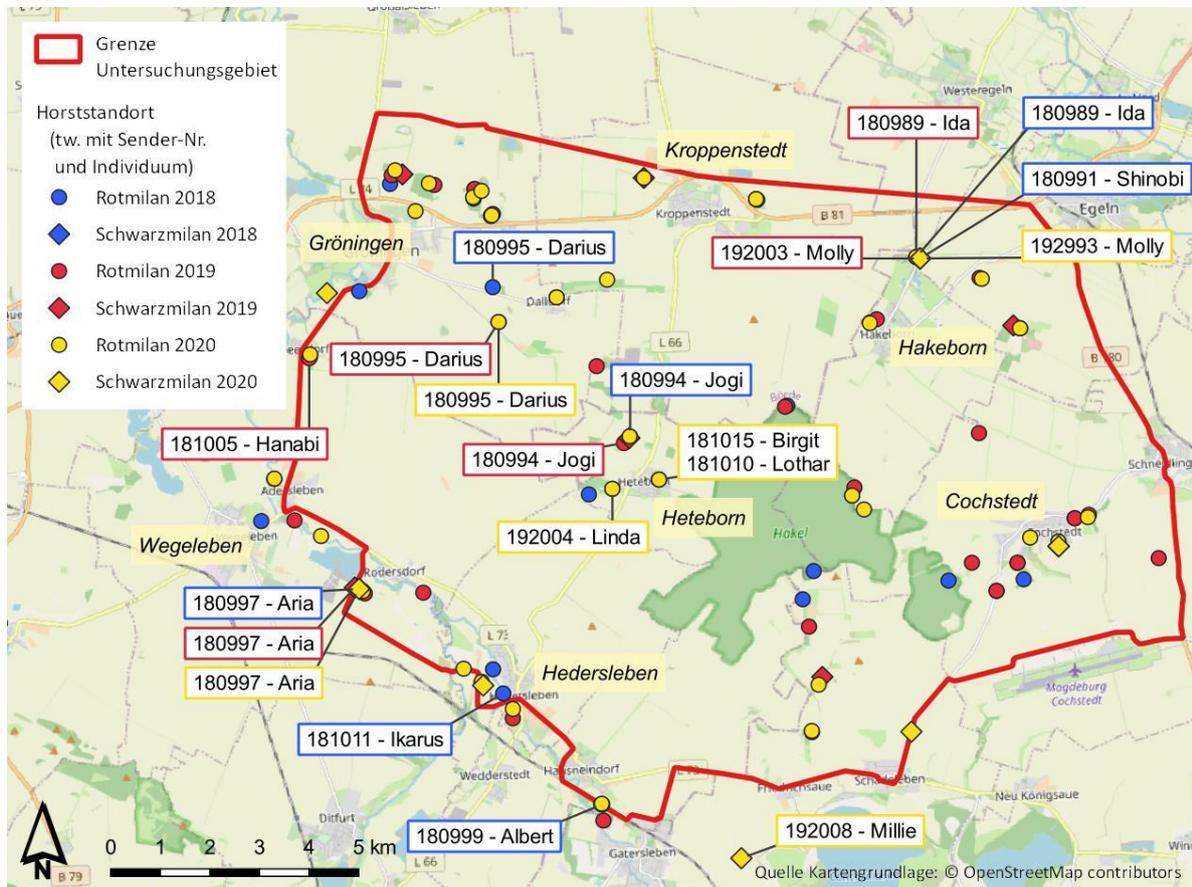


Abb. 5: Ergebnisse der Horstkartierung im Untersuchungszeitraum 2018-2020 im UG HakeI. Horste von besonderen Tieren sind mit ihrer ID beschriftet. Teilweise wurden Horste über die Jahre mehrfach genutzt und sind deshalb in der Karte überlagert.

Tab. 1 gibt eine Übersicht der Anzahl an ermittelten Milan-Brutpaaren (BP) über den gesamten Untersuchungszeitraum. Beim Rotmilan konnte im Laufe der drei Jahre ein deutlicher Zuwachs verzeichnet werden, so etwa von 2018 auf 2019 um etwa 50 %. Die Anzahl an Schwarzmilan-Bruten stieg sogar um mehr als 100 % und blieb in den letzten beiden Untersuchungsjahren fast unverändert. Für den gesamten Untersuchungszeitraum ergeben sich so für den Rotmilan eine mittlere Brutpaardichte von 18,1 BP/100 km<sup>2</sup> und für den Schwarzmilan von 3,4 BP/100 km<sup>2</sup>. Das Verhältnis von Rotmilan- zu Schwarzmilan-Bruten ist deutlich zu Gunsten der Rotmilane verschoben.

Tab. 1: Anzahl an Rot- beziehungsweise Schwarzmilan-Bruten im UG Hakel sowie Brutpaardichte pro 100 km<sup>2</sup>

Untersuchungsjahr	Rotmilan		Schwarzmilan	
	Anzahl BP	BP/100 km <sup>2</sup>	Anzahl BP	BP/100 km <sup>2</sup>
2018	25	14,5	3	1,7
2019	38	21,3	8	4,5
2020	33	18,5	7	3,9

## 2.2 Untersuchungsgebiet Querfurter Platte

### 2.2.1 Gebietscharakteristik

Das Untersuchungsgebiet Querfurter Platte liegt im Süden Sachsen-Anhalts zwischen den Ortschaften Querfurt im Westen und Bad Lauchstädt im Osten (Abb. 6). Es umfasst eine Fläche von rund 132 km<sup>2</sup>. Ab 2019 wurde die Landnutzungskartierung über die Grenzen des UG hinaus erweitert, hauptsächlich im Südwesten, wo sich der Brutstandort eines besonderen Milans befand.

Das Relief im Untersuchungsgebiet ist mit Ausnahme des nördlichen Drittels, in dem sich der Tagebau Amsdorf und seine Abraumhalden befinden, sehr flach. Der größte Teil des Untersuchungsgebietes wird intensiv ackerbaulich genutzt. Es herrschen hier Löss-Schwarzerdeböden mit höchster Bonität (Ackerzahlen zwischen 82 und 97) vor (Arndt 2002), weswegen vorzugsweise Getreide und Mais, aber auch Zuckerrübe und Raps angebaut werden. Grünland machte im Durchschnitt nur 0,75 % der Gesamtfläche aus.

Viele Schläge werden von Windschutzhecken, Pappel- oder Obstbaumreihen unterschiedlichen Alters begrenzt. Infolge der beträchtlichen Schlaggrößen (im Mittel ca. 40 ha) ist die Strukturdichte jedoch insgesamt sehr gering. Im Norden des Untersuchungsgebietes befinden sich auf aufgeforsteten Hängen einer Tagebaukippe mittlerweile hoch gewachsene Pappelwäldchen. Ansonsten stellen die bedeutendsten Horststandorte für Milane im Untersuchungsgebiet ca. 50-jährige Pappelreihen und kleine Gehölze am Rande von Ortschaften und entlang von Gräben und Bächen dar. Aufgrund des Alters und im Untersuchungszeitraum verschärften Trockenstresses ist jedoch ein Großteil dieser Pappelreihen abgestorben beziehungsweise weist eine sehr geringe Vitalität auf.

### 2.2.2 Habitatausstattung

Im Jahr 2018 wurden Anbaukulturen auf insgesamt 10.425 ha Ackerfläche ermittelt; im Folgejahr waren es 15.456 ha Ackerfläche und 2020 insgesamt 15.792 ha.

Im den beiden Untersuchungsjahren 2019 und 2020 war Weizen die am stärksten vertretene Feldkultur im UG Querfurter Platte (32,2 % beziehungsweise 27,1 %). Im Jahr 2018 wurden hier noch nicht so große Flächenanteile detailliert feldkartiert, daher ist ein größerer Anteil (25 %) der Getreidefelder nicht näher bestimmt und als sonstiges Getreide erfasst. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich dabei überwiegend um Weizenfelder und teils um Gerste handelte (da sonstiges Getreide insgesamt keinen hohen Anbauanteil erreicht), und dass die Anteile beider Kulturen statt 14 % beziehungsweise 15 % einen ähnlich hohen Anteil wie in den Folgejahren (vgl. Abb. 7) einnehmen. Der Anbau anderer Getreidearten, wie Triticale, Dinkel oder Roggen, spielt in der Querfurter Platte eine größere Rolle als im Hakel (2,3 % vs. 9,4 %). Mais wurde in allen Untersuchungsjahren mit einem Flächenanteil zwischen 13,6 und 20,0 % angebaut, Hackfrüchte (Kartoffel, Rübe) nahmen 11,2-13,4 % der Untersuchungsfläche ein. Im UG Querfurter Platte sticht der auf der Sommertrockenheit 2018 beruhende stark unterdurchschnittliche Rapsanteil im Jahr 2019 besonders heraus (vgl. Abb.

7). Wiesen und Weiden machten insgesamt einen sehr geringen Flächenanteil (max. 1,2 %) aus, ebenso der Anbau an Luzerne (1,7-2,3 %).

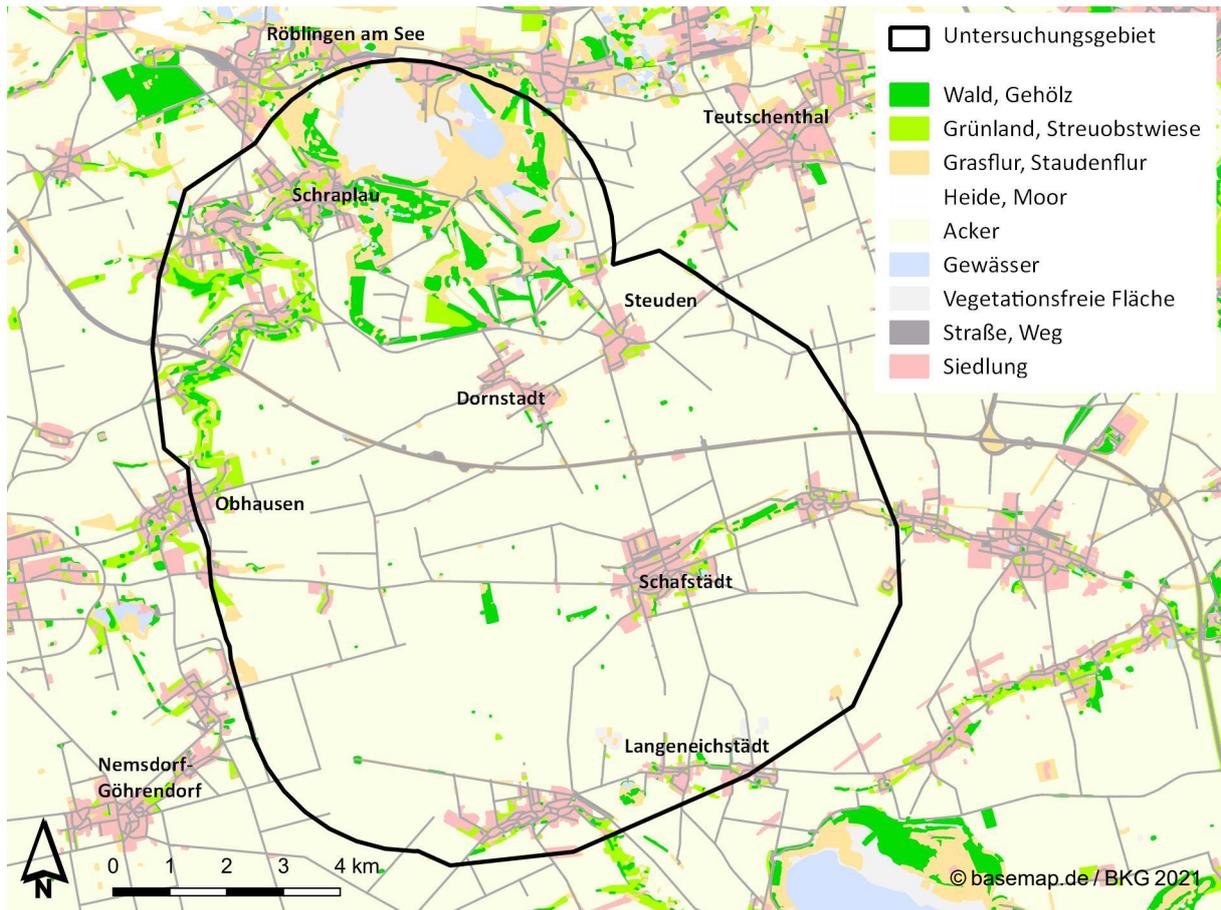


Abb. 6: Untersuchungsgebiet Querfurter Platte, Landnutzungstypen.

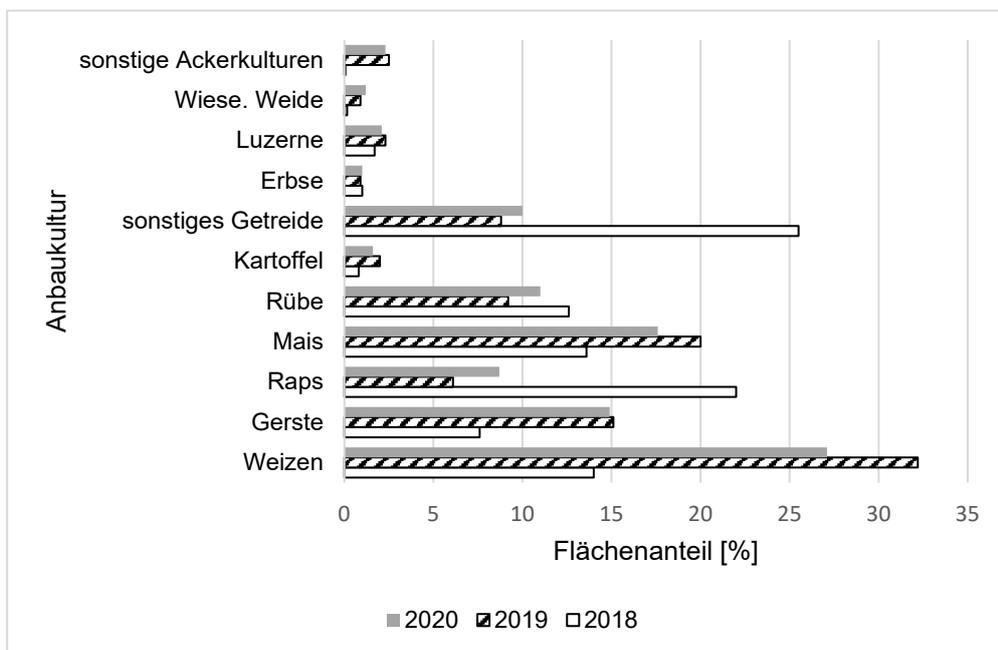


Abb. 7: Prozentualer Flächenanteil der ermittelten Anbaukulturen im UG Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020.

### 2.2.3 „Maßnahmenfläche“ Luzernefläche und Referenzfläche

Die Maßnahmenfläche im UG Querfurter Platte befand sich zu Projektbeginn im Jahr 2018 am westlichen Ortsrand von Schafstädt und umfasste eine 103 ha große konventionell genutzte Luzernefläche (Abb. 8). Die 2018 untersuchte Referenzfläche befand sich ca. 3,9 km südwestlich der Maßnahmenfläche und umfasste 255 ha (Abb. 8). Die Fläche lag im Windpark Obhausen / Nemsdorf und stellte einen repräsentativen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes dar. Dort wurden im Jahr 2018 Wintergerste, Winterweizen und Winterroggen sowie Mais und Rüben angebaut. Im Untersuchungsjahr 2019 wurde die zu Projektbeginn bestehende Luzernefläche am östlichen Ortsrand von Schafstädt nach der ersten Mahd umgebrochen und benachbart durch zwei bereits im Frühjahr neu angelegte Luzerneflächen ersetzt, die nachfolgend 2019 und 2020 untersucht wurden. Beide Flächen befinden sich nördlich von Schafstädt und grenzen teilweise an die BAB 38 an (Abb. 8). Sie umfassen jeweils 82 ha beziehungsweise 32 ha und sind von intensiv genutztem Ackerland umgeben.

Die Bewirtschaftung aller Luzerneflächen umfasste pro Jahr eine konventionelle dreimalige Mahd. Aufgrund der Größe der Flächen dauerte jeder Bewirtschaftungsgang (Mahd, Wenden, Abräumen) jeweils mehrere Tage. Die Luzerneflächen (2018-2020) und die Referenzfläche (2018) standen im Fokus der Raumnutzungsbeobachtungen und wurden ab 2019 um weitere Beobachtungsflächen verschiedener Anbaukulturen ergänzt (vgl. Kap. 3.1.3).

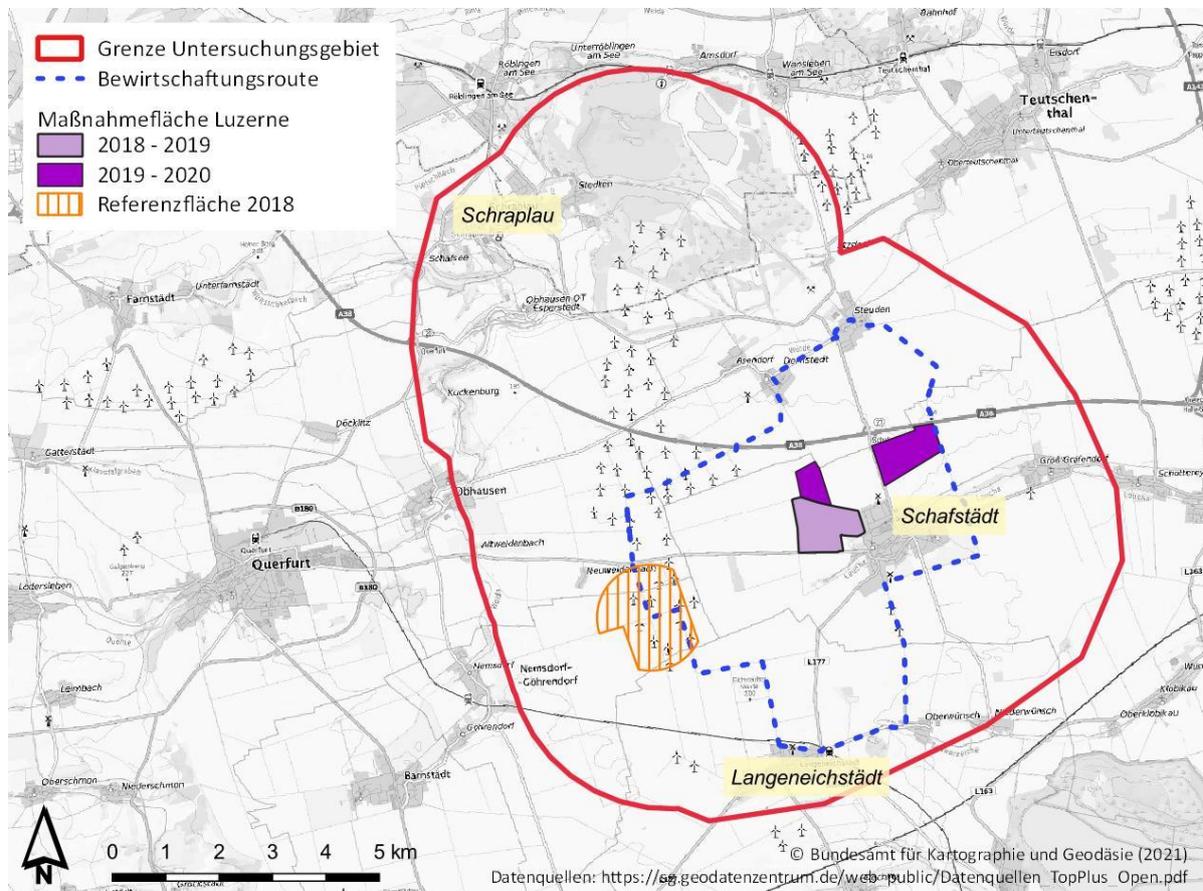


Abb. 8: Untersuchungsgebiet Querfurter Platte mit Bewirtschaftungsrouten (vgl. Kap. 3.1.2.1), Maßnahme- und Referenzfläche.

## 2.2.4 Brutpopulation und Horststandorte

Im UG Querfurter Platte wurde im Untersuchungszeitraum 2018-2020 eine Gesamtfläche von 132 km<sup>2</sup> auf Rot- und Schwarzmilan-Horste untersucht. Im Rahmen des Projekts Monitoring Greifvögel und Eulen (MEROS, Mammen et al. 2017) wurden im Jahr 2019 vornehmlich südwestlich des UG in ca. 2-3,5 km Entfernung weitere 5 vom Rotmilan besetzte Horste erfasst. Diese wurden zur Besenderung von Rotmilanen herangezogen und sind deshalb in Abb. 9 der Vollständigkeit halber dargestellt. Diese Horste wurden jedoch nicht zur Ermittlung der Brutpaardichte berücksichtigt.

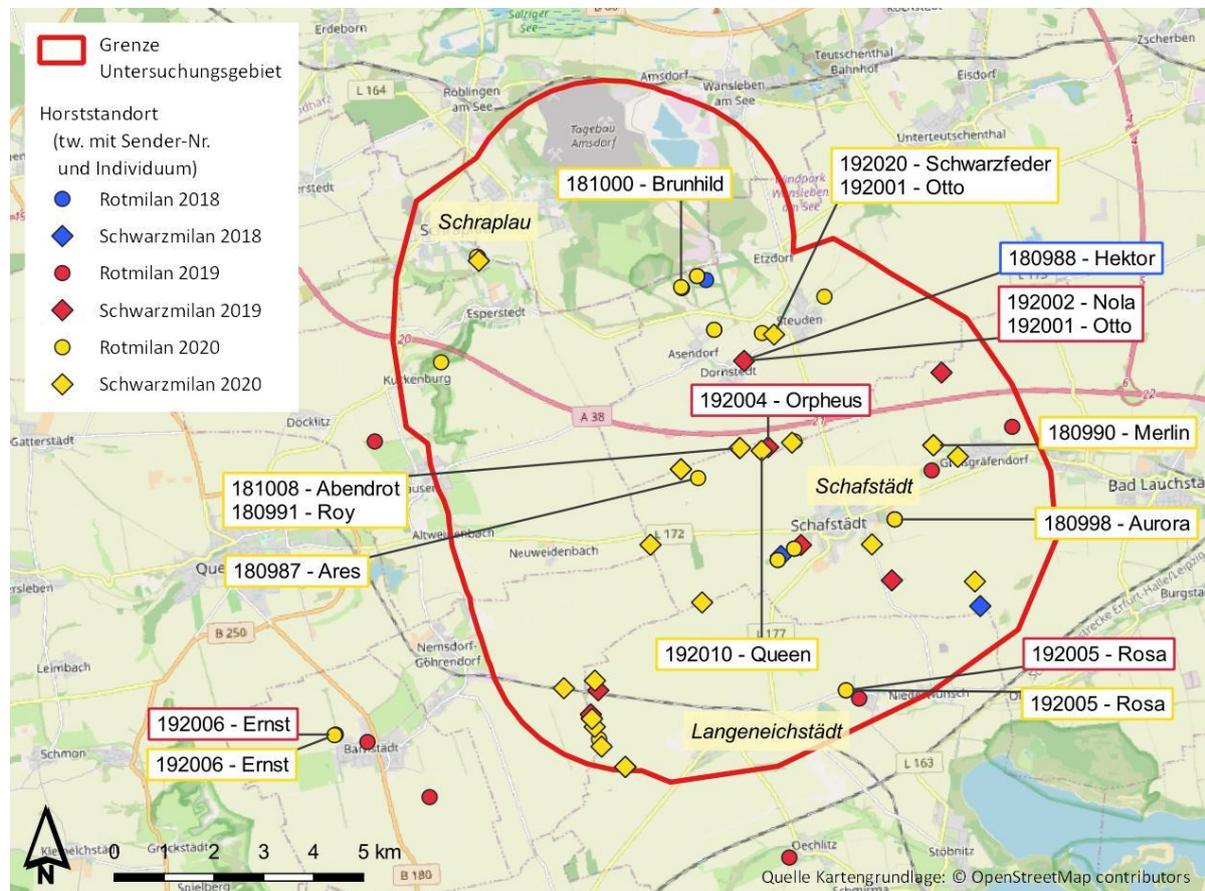


Abb. 9: Ergebnisse der Horstkartierung im Untersuchungszeitraum 2018-2020 im UG Querfurter Platte.

Horste von besenderten Tieren sind mit ihrer ID beschriftet. Teilweise wurden Horste über die Jahre mehrfach genutzt und sind deshalb in der Karte überlagert.

Tab. 2 gibt eine Übersicht der Anzahl an ermittelten Milan-Brutpaaren über den gesamten Untersuchungszeitraum. Beim Rotmilan konnte im 2. Untersuchungsjahr ein Zuwachs von mehr als 100 % beobachtet werden. Im Jahr 2020 änderte sich die Anzahl an Brutpaaren im Vergleich zum Vorjahr nicht mehr (vgl. Tab. 2). Noch auffälliger war die Zunahme beim Schwarzmilan-Brutbestand, welcher sich von 2018 bis 2020 mehr als verdreifachte (vgl. Tab. 2). Für den gesamten Untersuchungszeitraum ergeben sich für den Rotmilan eine mittlere Brutpaardichte von 8,0 BP / 100 km<sup>2</sup> und für den Schwarzmilan 7,8 BP / 100 km<sup>2</sup>, womit das Verhältnis von Rotmilan- zu Schwarzmilan-Bruten sehr ausgeglichen ist.

Tab. 2: Anzahl an Rot- beziehungsweise Schwarzmilan-Bruten im UG Querfurter Platte sowie ermittelte Brutpaardichte pro 100 km<sup>2</sup>.

BP = Brutpaar.

Untersuchungsjahr	Rotmilan		Schwarzmilan	
	Anzahl BP	BP/100 km <sup>2</sup>	Anzahl BP	BP/100 km <sup>2</sup>
2018	6	4,5	5	3,8
2019	13	9,8	8	6,1
2020	13	9,8	18	13,6

## 2.3 Untersuchungsgebiet Freisen

### 2.3.1 Gebietscharakteristik

Das Untersuchungsgebiet Freisen ist überwiegend im Nordosten des Saarlands gelegen und überschneidet sich leicht mit dem östlich angrenzenden Rheinland-Pfalz. Gelegen ist das Gebiet in der kulturlandschaftlich stark strukturierten Mittelgebirgslandschaft des Naturraums Prims-Nahe-Bergland. Das Nordpfälzer Bergland wird randlich berührt. Das Untersuchungsgebiet umfasst eine wiederholt untersuchte Fläche von rund 78 km<sup>2</sup>.

Das Relief wird von einer mittelgebirgstypischen relativ starken Reliefenergie bestimmt. Der Landschaftsaufbau ist geprägt durch einen Wechsel von Wald (38 %) und Offenland (vgl. Abb. 10), mit hohem Anteil von Grünland<sup>1</sup> (30 %) an der Gesamtfläche. Siedlungen machen im Untersuchungsgebiet etwa 11 % der Fläche aus.

Die mittlere Schlaggröße ist mit 1,5 ha (Median 0,9 ha) sehr gering. Die maximale Schlaggröße beträgt 22 ha. In Kombination mit einer Vielzahl von Feld- und Wirtschaftswegen an den diversen Schlaggrenzen und untergliedernden Wald- und Gehölzstrukturen ist eine hohe Strukturdichte in einer sehr abwechslungsreichen, kleinparzellierten Landschaft zu verzeichnen.

### 2.3.2 Habitatausstattung

Im Jahr 2018 wurden Feldkulturen und Grünland (inkl. Grünland- und Ackerbrachen) auf insgesamt 3.566 ha Anbaukulturenfläche ermittelt. Im Folgejahr waren es 3.749 ha. Das entspricht einem Anteil von 46 % der Anbaukulturen an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes.

Im Mittel der Untersuchungsjahre dominiert bei den Anbaukulturen (Feldkulturen und Grünland) bei den landwirtschaftlich genutzten Flächen Dauergrünland (60 %), vor Getreide (21 %), Mais (5,8 %), Ackergras / Klee gras (5,6 %) und Raps (3,8 %). Zwischen den Untersuchungsjahren schwanken die Anteile nur geringfügig. Die Reihenfolge der Kulturen gemäß ihrer Anteile an der Anbaufläche blieb bis auf einen 2019 um 193 ha (Steigerungsrate 8,1 %) erhöhten Anteil von Acker- und Klee gras unverändert. Der Anteil von Getreideflächen stieg von 2018 zu 2019 auf 22 % (98 ha Flächenzunahme).

Die Wüchsigkeit der Vegetation, insbesondere des Grünlandes, war 2018 durch die langanhaltende Trockenheit und die hohen Temperaturen in den Monaten Mai bis August stark eingeschränkt. Im entsprechenden Zeitraum erfolgten selbst auf Intensiv-Grünlandflächen mangels Aufwuchses zumeist nur zwei Schnitte, und die Grenzen zwischen hoch- und nied-

<sup>1</sup> Dauergrünland zuzüglich temporäres Grünland (Ackergras, Klee gras) – gemittelt zwischen den Untersuchungsjahren.

rigwüchsiger Vegetation waren im Untersuchungsraum im 1. Jahr der Untersuchung teilweise nur schwach ausgeprägt. Dies wiederholte sich im zweiten Untersuchungsjahr, wengleich der Mai verhältnismäßig kühler und niederschlagsreicher war als im ersten Untersuchungsjahr. Ab Mitte Juni dominierte bis zum Ende der Untersuchungen Trockenheit bei teils hohen Temperaturen.

### 2.3.3 „Maßnahmenfläche“ Extensiv-Grünland und Referenzbereich

Das Zentrum des Untersuchungsgebietes, die Maßnahmenfläche, liegt auf der namensgebenden 514 m hohen Kuppe „Eiselskist“ in der Gemarkung Grügelborn. Die Ortschaften Grügelborn, Reitscheid und Oberkirchen spannen ein Dreieck auf, in dessen Mitte die Maßnahmenfläche (Fläche der Ersatzmaßnahme: 7 ha; Gesamtfläche der vornehmlich gleichförmig bewirtschafteten Teilflächen: 19 ha) liegt (Abb. 10). Die Bewirtschaftung der Maßnahmenfläche (zentrale Grünlandbereiche) soll als einschürige Staffelmahd erfolgen.

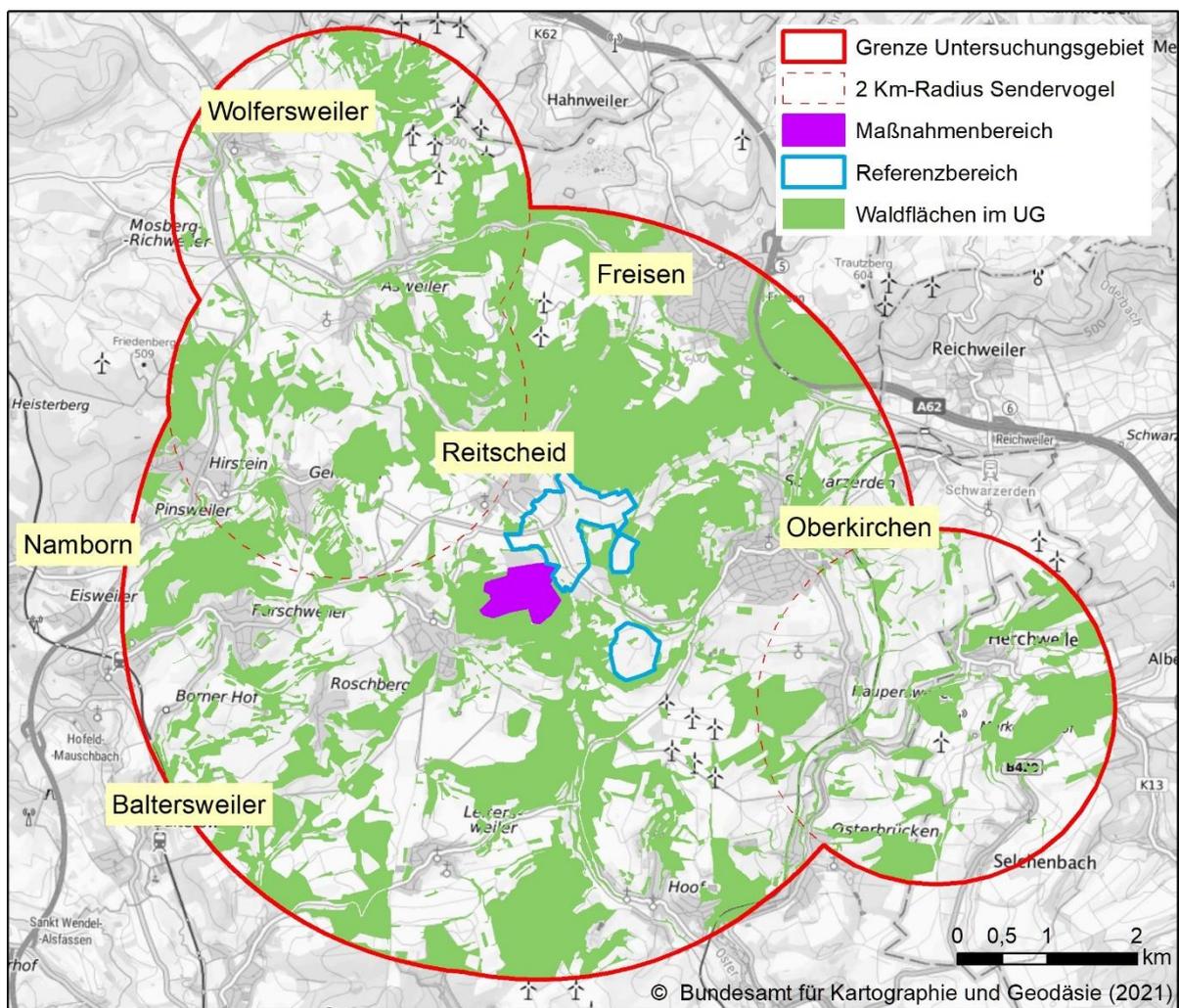


Abb. 10: Untersuchungsgebiet Freisen (Mittelgebirge) mit Darstellung der 2-km-Untersuchungsräume telemetrierter Sendervögel.

Auf drei Seiten ist die Fläche von Wald an den überwiegend steil abfallenden Hängen einer Vulkanitkuppe umgeben. Die Neigung der Maßnahmenfläche beschreibt eine leichte Nordwest-Exponierung. Nach Norden hin besteht im umgebenden Waldgürtel eine Lücke zu einem weiten Talboden, geprägt von anschließenden Mähwiesen und wenigen kleinflächigen

Ackerschlägen. Im Nordosten schließen größere extensiv beweidete Flächen mit halboffenem Charakter an. Die Grünlandflächen der Eiselskist gehen aus einer ackerbaulichen Nutzung auf mageren Grenzertragsstandorten hervor. Für die Herstellung wurden einige Jahre vor der Untersuchung nahezu alle aktuellen Grünlandbereiche mittels Impfsaat verschiedener regionaler Spenderflächen begrünt. Die Flächen weisen zwischenzeitlich einen mosaikartigen Bewuchs mit dominierenden höherwüchsigen Beständen und eingestreuten Bereichen niedrigeren Bewuchses auf. Insgesamt sind die tendenziell halbmageren Flächen durch einige botanische Magerkeitszeiger, hohen Blüten- und Insektenreichtum gekennzeichnet. Die Feldlerche nutzt den Bereich der Maßnahmenfläche zumindest zur ersten Jahresbrut, wenn die Grasbestände noch niedrigwüchsig und lückiger sind, randlich kommt u. a. der Baumpieper als Brutvogel vor.

Im Untersuchungsjahr 2018 erfolgte die Mahd auf etwa 19 ha zentral an einem Tag, am 02.07.2018. Danach erfolgten an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen, teils geringfügig zeitlich versetzt, das Wenden, Schwaden und Pressen von Heuballen. Zuvor bestand im Juni überwiegend keine bis geringe Eignung als Nahrungshabitat für den Rotmilan, da der Grasstand zu hoch und dicht war (Oberstand: 70-80 cm; durchschnittliche Höhe dichter Vegetation: 20-30 cm). Bereits im Mai war die Erreichbarkeit von Beutetieren auf den in diesem Zeitraum noch mosaikartig, lückig bewachsenen Flächen als nur mäßig einzuschätzen (Oberstand: 50 cm; durchschnittliche Höhe dichter Vegetation: 10-20 cm).

2019 wurde der überwiegende Teil der im Mai und Juni hochwüchsigen Wiesenfläche gestaffelt an zwei Terminen im Juli zur Heumahd sowie zur Heu-Saatgutgewinnung genutzt. Im Anschluss an die Mahd erfolgten im Verlauf mehrerer Tage das Wenden, Schwaden und Pressen von Heuballen. Beide Vorgänge wurden zur Beobachtung der Attraktionswirkungen genutzt.

Der Referenzbereich ist in beiden Untersuchungsjahren ein weitgehend deckungsgleicher Landschaftsausschnitt, der ca. 122 ha im Fokus der Beobachtung stehende Offenlandflächen umfasst. Der Landschaftsausschnitt wird unterteilt durch Gehölze, Siedlungsflächen, Photovoltaikanlagen und Verkehrswege u. a., die in der oben genannten Flächengröße nicht enthalten sind. Entsprechend der natur- und kulturräumlichen Voraussetzungen ist er aus unterschiedlich großen Teilflächen mit Bewirtschaftungseinheiten von bis zu 22 ha zusammengesetzt. Randlich werden Siedlungsbereiche berührt. Im Offenland dominiert Mähgrünland vor wenigen ackerbaulich genutzten Flächenanteilen (Sommergetreide) und Rinderweiden. Das Grünland ist zumeist ein-, auf wenigen Flächen zwei- oder mehrschürig für Heu- oder Silage-Gewinnung genutzt. Auf einigen wenigen Kleinflächen erfolgt zur kontinuierlichen Futtermittelgewinnung eine einschürige Staffelmahdnutzung, bei der jeder Mahdvorgang jedoch in der Regel nur wenige Minuten andauert. Das Ausbringen von Festmist spielt lediglich eine untergeordnete Rolle. Flüssigmist wird nur auf wenige intensiv genutzte Ackergrasflächen ausgebracht. Flächenumbruch wurde innerhalb des Untersuchungszeitraums nur einmal registriert.

Sowohl die Maßnahmenfläche als auch der Referenzbereich liegen in beiden Untersuchungsjahren innerhalb vergleichbarer Distanzen zu den kartierten Horsten und Revierzentren der drei nächstliegenden Rotmilane (vgl. Abb. 11).

### **2.3.4 Brutpopulation und Horststandorte**

Im UG Freisen wurde im Untersuchungszeitraum 2018-2019 eine Gesamtfläche von 47 km<sup>2</sup> systematisch auf Rot- und Schwarzmilanhörste untersucht. Darüber hinaus erfolgte unsystematisch eine Ergänzung um weitere bekannte Brutvorkommen, die der Vollständigkeit halber

ebenfalls in Abb. 11 dargestellt sind und das Gesamtverbreitungsbild der Art im Raum komplettieren. Die weiteren Brutvorkommen wurden u. a. auf Basis der zahlreichen Vor-Ort-Begleichen zur Landnutzungs- und Bewirtschaftungskartierung erfasst. Diese Horste wurden jedoch nicht zur Ermittlung der Brutpaardichte im Bereich bis 3.500 m berücksichtigt. Im Vergleich zwischen den Untersuchungsjahren veränderte sich die Zahl der registrierten Vorkommen (Horststandorte und Revierzentren) nur geringfügig über  $\pm 1$  Vorkommen Rotmilan. Die überwiegende Anzahl der Vorkommen war deckungsgleich in beiden Untersuchungsjahren besetzt.

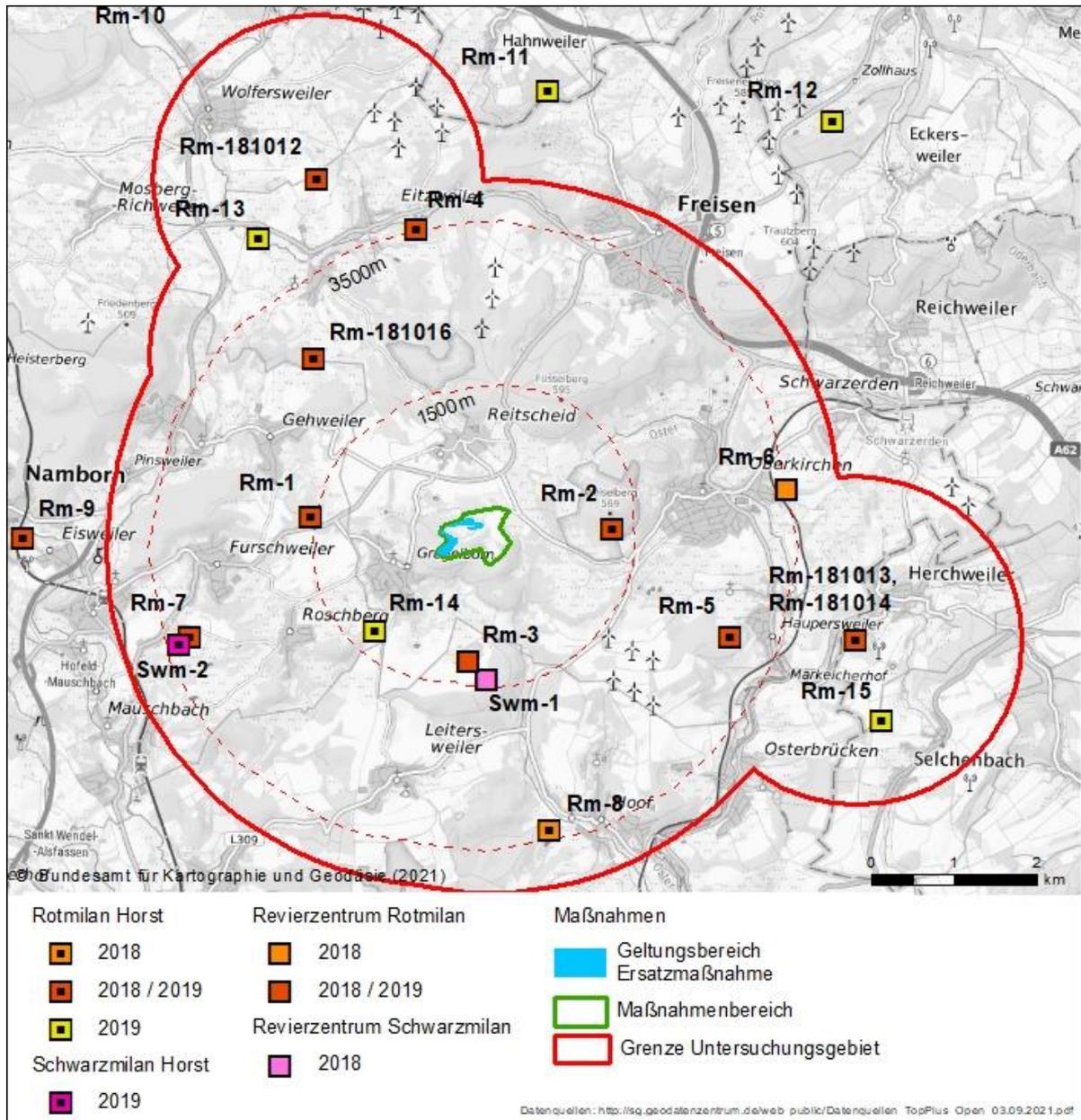


Abb. 11: Revierverteilung 2018 und 2019 im Untersuchungsgebiet Freisen.

Horste besonderer Tiere sind mit ihrer ID beschriftet. Der Radius von 3.500 m (47 km<sup>2</sup>) beschreibt den Raum des UG, in dem die Horst- und Revierkartierung systematisch und deckungsgleich als Wiederholungskartierung erfolgt ist.

In den Jahren 2018 und 2019 wurden 9, beziehungsweise 8 Vorkommen des Rotmilans und jeweils ein Vorkommen des Schwarzmilans im systematisch erfassten Bereich bis 3.500 m

registriert. Normiert und hochgerechnet auf 100 km<sup>2</sup> ergibt sich für den Bereich des systematisch auf Vorkommen untersuchten UG (47 km<sup>2</sup>) eine Dichte von 19 BP / 100 km<sup>2</sup> (2018) beziehungsweise 17 BP / 100 km<sup>2</sup> (2019). Es darf davon ausgegangen werden, dass die Revierverteilung u. a. mittels der zahlreichen Vor-Ort-Begehungen zur Landnutzung auch über den Erfassungsbereich von 3.500 m hinaus in den nur unsystematisch ergänzten Bereichen des UG Freisen (78 km<sup>2</sup>) ± vollständig erfasst ist. Daraus ergibt sich eine leicht nach unten korrigierte Dichte von 14 BP / 100 km<sup>2</sup> (2018) beziehungsweise 15 BP / 100 km<sup>2</sup> (2019). Nennenswerte Anzahlen von umhervagabundierenden Nichtbrütern wurden im UG zwischen 2018 und 2019 nicht registriert.

## **3 Methoden**

### **3.1 Erfassungsmethodik und Datengrundlage**

#### **3.1.1 Horst-, Revierkartierung**

Im Frühjahr, vor Beginn des Laubaustriebes, wurde in den drei Untersuchungsgebieten eine kombinierte Revier- und Horstkartierung von Rot- und Schwarzmilanen durchgeführt. Die Erfassung erfolgte in Anlehnung an Südbeck et al. (2005).

Ende April bis Anfang Mai wurden alle, für mittelgroße Greifvögel zur Brut geeigneten, Horste auf ihren Besatz kontrolliert und entsprechend als „besetzt“ oder „nicht besetzt“ eingestuft. In uneindeutigen Fällen waren mehrmalige Begehungen erforderlich. Bei besenderten Vögeln erfolgten weitere Begehungen zur Kontrolle des Brutverlaufs.

#### **3.1.2 Habitatparameter**

##### **3.1.2.1 Landnutzungskartierung und Offenheit der Agrarflächen**

Für die Beantwortung der Fragestellungen des Projektes wurden Daten über Anbau und Bewirtschaftungsereignisse auf einzelnen Feldern und Wiesen (Ort und Zeit), vor allem von Mahdereignissen (Feldkulturen, Grünland), erhoben. Mittels deren Terminierung wird zum einen – zusammen mit den Ortungsdaten der Sendertiere (Telemetrie) – die Attraktionswirkung von Bewirtschaftungsereignissen auf „Nicht-Maßnahme-Flächen“ untersucht. Zum anderen wird daraus die Umweltvariable „Offenheit des Bodens“ für Beutegreifer wie den Rotmilan in der Landschaftsmatrix agrarisch geprägter Naturräume abgeleitet.

##### **Vor-Ort-Kartierung**

In den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt wurden 2018 bis 2020 die Feldkulturen sowie Bewirtschaftungsereignisse durch Vor-Ort-Begehungen kartiert. Teilweise wurden Kulturen über die UG-Grenzen hinaus kartiert, z. B. bei randlich liegenden Horsten besonderer Vögel, um auch hier den Umkreis um die Horste mit Habitatdaten zu unterlegen.

2018-2020 wurden in Sachsen-Anhalt außerdem entlang einer festgelegten Route Bewirtschaftungsereignisse feldgenau erfasst (siehe Abb. 4 und Abb. 8). Die Begehungen fanden zwischen Juni und August mindestens einmal wöchentlich statt. Dabei wurden als repräsentativer Landschaftsausschnitt alle an die Route direkt angrenzenden Felder in die Kartierung einbezogen. Die so gewonnenen Daten zu Bewirtschaftungsereignissen dienten als Referenzwerte für die Ermittlung der Offenheit und für die Satellitenbildererkennung und bildeten auch die Grundlage für die Auswahl von Flächen für die Raumnutzungsbeobachtung. Alle Bewirtschaftungsereignisse wie Mahd, Folgebewirtschaftung und Bodenbearbeitung wurden dokumentiert. Fand eine Bewirtschaftung zwischen zwei Begehungen statt, wurde die Veränderung auf der Fläche dokumentiert.

Im Untersuchungsgebiet Freisen wurden 2018 bis 2019 die Landnutzung (insbesondere Feldkulturen) sowie Bewirtschaftungsereignisse durch Vor-Ort-Begehungen kartiert. Die UG-Grenzen wurden hierfür anfänglich in 2018 mit einem Puffer von 3.000 m um den Maßnahmenbereich festgelegt, vgl. Abb. 10). Diese Grenzen wurden z. B. bei randlich liegenden Horsten besonderer Vögel erweitert, um hier einen 2-km-Umkreis um die Horste mit Habitatdaten zu unterlegen. Ergänzend wurde im Bereich der Raumnutzungsbeobachtung (RNB) auf den Flächen zwischen den Begehungen liegende Bewirtschaftungsereignisse, die Flächenzugänglichkeit zur Nahrungssuche sowie detaillierte Vegetationsparameter (durchschnittliche Höhe der dichten Vegetation, Vegetationsoberstand) bei jeder RNB-Begehung erfasst und der Zeitpunkt notiert.

2019 wurden in Freisen außerdem in 2-km-Radien um die Horste besonderer Vögel Bewirtschaftungsereignisse und die Flächenzugänglichkeit (3-stufige Eignungsskala von geringer bis hoher Flächenzugänglichkeit<sup>2</sup> zur Nahrungssuche, mit entsprechenden Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten auf Beutetiere) für Milane feldgenau in enger zeitlicher Taktung erfasst. Die Begehungen erfolgten hierzu zwischen Mai und Juli in der Regel einmal wöchentlich. Dabei wurden flächig alle in den 2-km-Radien (Abb. 10) liegenden Wiesen, Weiden und Felder in die Kartierung einbezogen. Die so gewonnenen Daten zu Bewirtschaftungsereignissen dienten zusätzlich als Referenzwerte für die Satellitenbilderkennung von weiteren Bewirtschaftungsereignissen beziehungsweise deren präzisere Terminierung. Alle Bewirtschaftungsereignisse wie Mahd, Folgebewirtschaftung und Bodenbearbeitung wurden dokumentiert. Fand eine Bewirtschaftung zwischen zwei Begehungen statt, wurde die Veränderung auf der Fläche dokumentiert.

### **Auswertung von Satellitendaten**

Um weitere Mahd- und Bewirtschaftungsereignisse zu erfassen und den Verlauf der „Offenheit“ im gesamten Untersuchungsgebiet genauer zu bestimmen, erfolgte für die Jahre 2018 und 2019 ergänzend zu den Feldbeobachtungen für alle UG eine Auswertung mittels Satellitenbild-Fernerkundung (vgl. Anhang 3). Methodenbedingt konnten Folgebewirtschaftungsereignisse wie Wenden, Schwaden, Häckseln in der Mehrzahl nicht mittels Fernerkundung terminiert werden. Ebenso ließ sich die Uhrzeit, zu der die Bewirtschaftung begann und endete mittels dieser Methode nicht feststellen.

### **3.1.3 Raumnutzungsbeobachtung**

#### **Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt**

Die Datenaufnahme der Raumnutzung (RNB) von Rot- und Schwarzmilanen erfolgte in Anlehnung an Mammen et al. (2013). Die Beobachtungen fanden zwischen April und August statt und deckten damit alle brutzeitlich relevanten Zeiträume über die Anwesenheitsphase im Brutrevier ab. Hinsichtlich der Tageszeit wurde vorrangig in den Hauptaktivitätszeiten der Milane zwischen 10:00 und 17:00 Uhr (vgl. Kap. 4.3.3) erfasst. An Mahdtagen ergaben sich ggf. auch andere Zeitintervalle, abhängig vom Beginn der Mahd. Die routinemäßige Beobachtungszeit pro Fläche und Tag betrug in der Regel drei Beobachtungseinheiten à 45 Minuten durchgehender Beobachtung, gefolgt in der Regel von 15 Minuten Pause bis zur nächsten Einheit. Um die Raumnutzung für möglichst viele Ereignisse erfassen zu können, wurde in Einzelfällen aber auch weniger lang, für zwei oder eine Beobachtungseinheit, ein bestimmtes Feld beobachtet. Auf Grund der Größe der Felder in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt wurde je Beobachtungseinheit jeweils genau ein Feld beobachtet. Bei besonders großen oder ungünstig geschnittenen Ackerschlägen wurden je Beobachtungseinheit synchon von bis zu drei Standorten beobachtet und die Flüge dokumentiert. Alle Ergebnisse werden als Bezugsgrundlage auf eine Standard-Beobachtungseinheit von 45 min normiert angegeben.

Die Aufenthaltszeiten von Rot- und Schwarzmilanen über oder auf der Beobachtungsfläche wurden minutengenau bestimmt und dokumentiert. Das Flugverhalten wurde nach den Kategorien Suchflug (Nahrungssuche), Überflug oder Thermikflug eingeteilt. In die Auswertung der Anwesenheitszeit einbezogen werden alle Flugbewegungen, denen die Verhaltensweise

---

<sup>2</sup> Um Unterschiede in der Erhebungsmethodik bezüglich der Flächenzugänglichkeit und Offenheit der Landschaft zwischen den UGs nicht zu verschleiern, werden die Begrifflichkeiten Flächenzugänglichkeit (gering, mittel, hoch) und Offenheit der Landschaft (geschlossen, halboffen, offen) einander gegenübergestellt.

„Nahrungssuche“ zugeordnet wurde. Die Aufenthaltszeiten wurden mit der Anzahl der jeweiligen Individuen multipliziert und für jede Beobachtungseinheit von 45 min addiert (Aktivitätsdauer). Für die Vergleichbarkeit aller Untersuchungsgebiete und mit anderen Studien wird die Aktivitätsdauer (in s=Sekunden) teilweise auch als Nutzungsintensität ( $s/ha \cdot h$ ) angegeben.

In den UG Hakel und Querfurter Platte fanden im Jahr 2018 von Anfang Mai bis Ende August zeitlich parallele Raumnutzungsbeobachtungen (RNB) für jeweils eine Maßnahmenfläche und einen Referenzbereich statt. Im UG Hakel erfolgte an 17 Tagen eine solche gleichzeitige Beobachtung von Maßnahmen- und Referenzfläche. Für zwei Bewirtschaftungsereignisse auf der Maßnahmenfläche (Luzernemahd) wurde die Raumnutzung an jeweils mindestens 3 Tagen während und nach der Mahd beobachtet. Zusätzlich konnte noch die Raumnutzung für ein Bewirtschaftungsereignis außerhalb der Maßnahmenfläche (Mahd eines Weizenfeldes) an 4 Tagen beobachtet werden. Im UG Querfurter Platte wurde an 14 Tagen eine gleichzeitige Beobachtung von Maßnahmen- und Referenzfläche durchgeführt. 13 Beobachtungstage standen unter dem potenziellen Einfluss von Bewirtschaftungsereignissen. Darunter wurden die Tage der Bewirtschaftung und die 4 darauffolgenden Tage gezählt. Für 3 Bewirtschaftungsereignisse auf der Maßnahmenfläche (Luzernemahd) konnte die Raumnutzung an jeweils mindestens 3 Tagen beobachtet werden.

Um die Datengrundlage weiter zu erhöhen, wurden die Beobachtungen auf den Luzerneflächen 2019 und 2020 zwar fortgeführt, jedoch statt vorab festgelegter Referenzflächen wurde die Untersuchung auf weitere Felder mit verschiedenen Anbaukulturen und unterschiedlichen Mahdzeitpunkten und Bewirtschaftungsereignissen ausgeweitet. So konnte die Attraktionswirkung der Bewirtschaftung auch für weitere Referenzflächen untersucht werden.

Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden in beiden UG in Sachsen-Anhalt insgesamt 73 Felder mit verschiedenen Anbaukulturen jeweils vor, während und bis zu 5 Tage nach einer Bewirtschaftung beobachtet. In der Kategorie „vor“ einer Bewirtschaftung wurden alle Beobachtungen bis max. 16 Tage vor der Mahd aufgenommen. Auf Luzerneflächen, auf denen mehrere Schnitte pro Saison beobachtet wurden, wurden Beobachtungen frühestens ab 15 Tage nach der letzten Mahd wieder als „vor“ einer Bewirtschaftung gewertet.

Die Maßnahmenfläche im UG Hakel (Luzerne) wurde in allen drei Jahren und zwei weitere Luzerneflächen im UG Querfurter Platte sowohl 2019 als auch 2020 beobachtet (Abb. 12 und Abb. 13).

Eine Übersicht über die beobachteten Felder (2018-2020) nach Anbaukulturen und die entsprechenden Summen der 45-Minuten-Beobachtungseinheiten geben Tab. 3 und Tab. 4. Im UG Hakel wurden auf 24 Flächen Raumnutzungsbeobachtungen über insgesamt 245 Einheiten und im UG Querfurter Platte auf 49 Flächen über insgesamt 492 Einheiten durchgeführt. In beiden Untersuchungsgebieten wurden insgesamt 118 Bewirtschaftungsereignisse beobachtet, wovon etwa die Hälfte Mahdereignisse („Mahd“) waren und jeweils zu etwa einem Viertel Folgebewirtschaftungen („Folge“, z. B. Wenden, Schwaden oder Häckseln zum Abtransport des Mähguts) und Bodenbearbeitung („Boden“, Grubbern oder Pflügen). Die Flächengröße betrug im UG Hakel im Mittel 62,4 ha (7,4-103,8 ha) und im UG Querfurter Platte im Mittel 46,3 ha (2,7-175,9 ha).

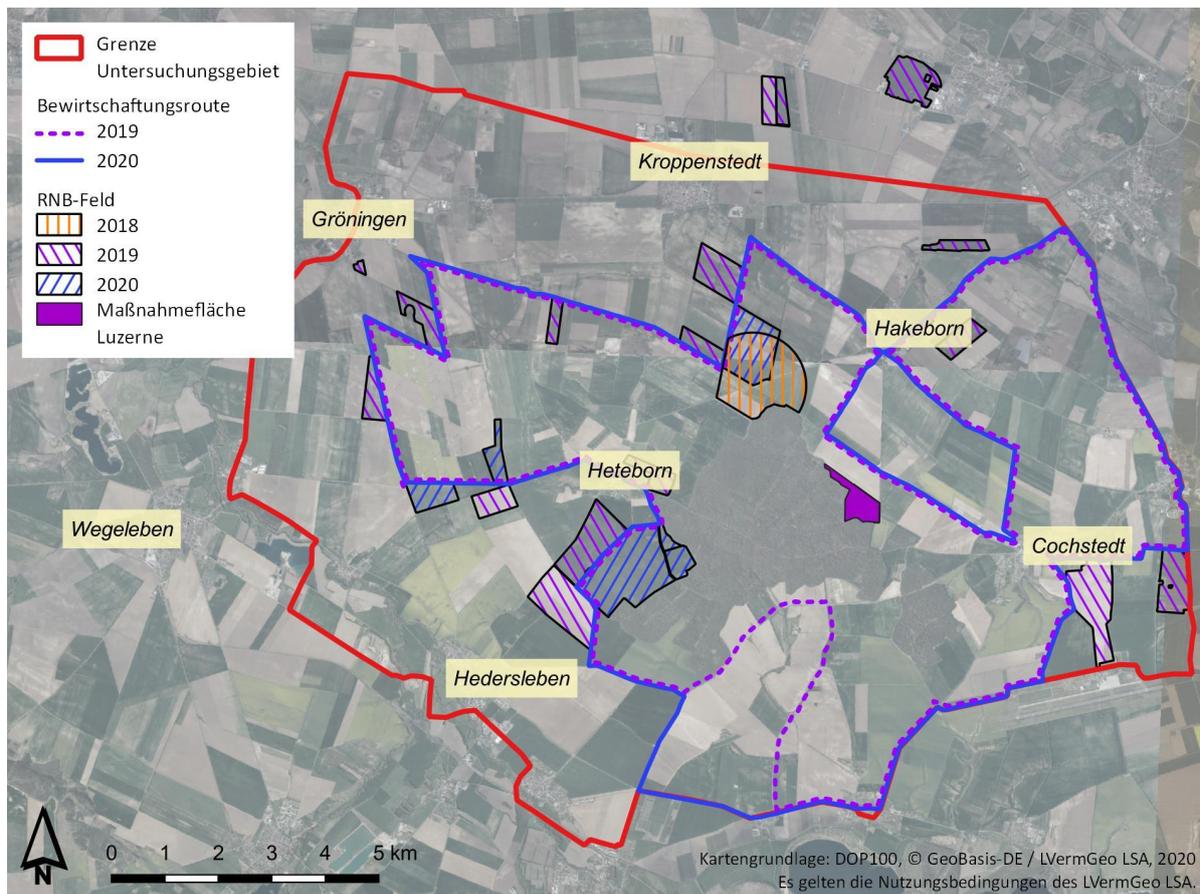


Abb. 12: Lage aller RNB-Flächen im UG Hakele 2018-2020.

Tab. 3: Verteilung der Beobachtungseinheiten im UG Hakele über die verschiedenen Anbaukulturen, Tage vor, während und nach Bewirtschaftung und die Bewirtschaftungsart in den Jahren 2018-2020.

Kultur	Anzahl Beobachtungseinheiten von 45 min											Anzahl Felder
	Tage nach Bewirtschaftung								Bewirtschaftungsart			
	vor	0	1	2	3	4	5	Σ	Mahd	Folge	Boden	
Luzerne	17	32	21	12	9	9	10	110	22	10		1
Gerste	4	11	10	2	3	6	3	39	1	6	4	7
Weizen	8	12	14	12	5	7	6	64	6		6	11
Roggen/ Triticale		1	2	2	2	1		8			1	1
Raps		2	4	4	2			12	2			2
Ackergras		1	2		2			5	1			1
Erbse		3	2	2				7			3	1
<b>Σ</b>	29	62	55	34	23	23	19	245	32	16	14	24

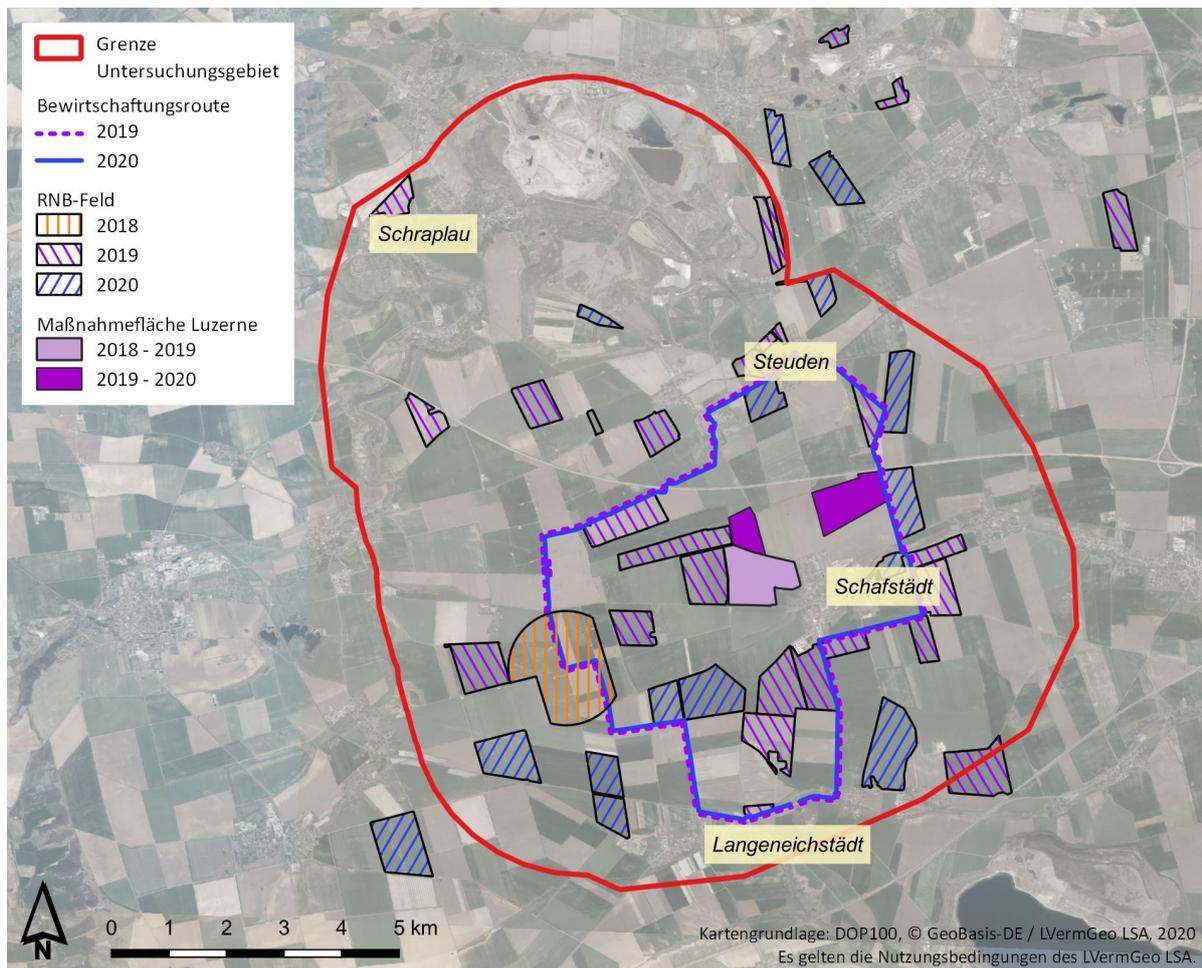


Abb. 13: Lage aller RNB-Flächen im UG Querfurter Platte 2018-2020.

Tab. 4: Verteilung der Beobachtungseinheiten im UG Querfurter Platte über die verschiedenen Anbaukulturen, Tage vor, während und nach Bewirtschaftung und die Bewirtschaftungsart in den Jahren 2018-2020.

Kultur	Anzahl Beobachtungseinheiten von 45 min											Anzahl Felder
	Tage nach Bewirtschaftung								Bewirtschaftungsart			
	vor	0	1	2	3	4	5	Σ	Mahd	Folge	Boden	
Luzerne	23	56	27	24	18	9	13	170	31	17	8	8
Grünroggen		60	12	12	12		2	98	12	23	25	5
Gerste		12	23	22	6	3	3	69	8	1	3	12
Weizen	15	28	22	16	14	7	9	111	7	4	9	18
Roggen/ Triticale		9	4	3	3	3	3	25	3	3	3	3
Raps		1	3	3	2			9	1			2
Ackergras		1	3	3	3			10	1			1
<b>Σ</b>	<b>38</b>	<b>167</b>	<b>94</b>	<b>83</b>	<b>58</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>492</b>	<b>63</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>49</b>

## **Untersuchungsgebiet Freisen**

Die Datenaufnahme für die Raumnutzungsbeobachtung erfolgte in Anlehnung an Isselbacher et al. (2018). Die Beobachtungen fanden im Zeitraum von April bis August statt und deckten damit alle brutzeitlich relevanten Zeiträume über die Anwesenheitsphase im Brutrevier ab. Die Erfassung berücksichtigt die veränderte Flugaktivität in Folge von Bewirtschaftungsereignissen.

Die routinemäßige Beobachtungszeit pro Fläche (Abb. 14) und Tag betrug im UG Freisen in der Regel 5 Stunden. Es wurde durchgängig beobachtet, unterbrochen nur durch eine 15-minütige Pause oder gegebenenfalls witterungsbedingte Störungen, z. B. Starkregen, wenn die Aktivität der Milane eingeschränkt war. Die Länge der Beobachtungseinheiten variierte abhängig davon, ob auf der jeweiligen Fläche Bewirtschaftungsereignisse stattfanden. Diese wurden minutengenau erfasst und bildeten dann jeweils eine eigene Beobachtungseinheit. Die Beobachtungen erfolgten zwischen 8:00 Uhr und 18:00 Uhr, Dämmerungszeiten wurden somit ausgespart.

Die Erfassung und Dokumentation erfolgten als Fluglinienskizze mit Angabe der Flugdauer und vorwiegenden Verhaltensweisen. Bei Wechsel der Verhaltensweise wurde die Fluglinie unterbrochen und getrennt weitergeführt. Das Verhalten wurde nach den Kategorien Suchflug (Nahrungssuche), Überflug oder Thermikflug eingeteilt. Die Aufenthaltszeiten von Rot- und Schwarzmilanen über oder auf der Beobachtungsfläche wurden sekunden- bis minuten-genau bestimmt und dokumentiert.

Die individuellen Aufenthaltszeiten wurden für jede Beobachtungseinheit addiert (Aktivitätsdauer). Für die Vergleichbarkeit aller Untersuchungsgebiete und mit anderen Studien wird die Aktivitätsdauer als zeitlich und räumlich normierte Nutzungsintensität ( $\text{min} / \text{ha} * \text{h}$ ) angegeben.

Die Raumnutzungsbeobachtungen wurden so durchgeführt, dass bei landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen auf Flächen des Maßnahmen- oder Referenzbereichs ein Zeitraum von mindestens 3 Tagen nach dem jeweiligen Ereignis (Mahd) abgedeckt war. Die RNB erfolgte im UG Freisen während der Untersuchungsjahre 2018 und 2019 grundsätzlich methodengleich, wobei die Anzahl von Beobachtungstagen im Vorfeld der Bewirtschaftungsereignisse im Maßnahmenbereich (Abb. 14) 2019 gegenüber 2018 reduziert wurde. Zum Zeitpunkt des Bewirtschaftungsereignisses und in dessen Folge (Nachgang) wurden dementsprechend die Beobachtungsdichte erhöht und mehr Bewirtschaftungsereignisse auch auf Nicht-Maßnahmeflächen dokumentiert. Die beobachteten Bereiche wurden gegenüber dem Vorjahr beibehalten.

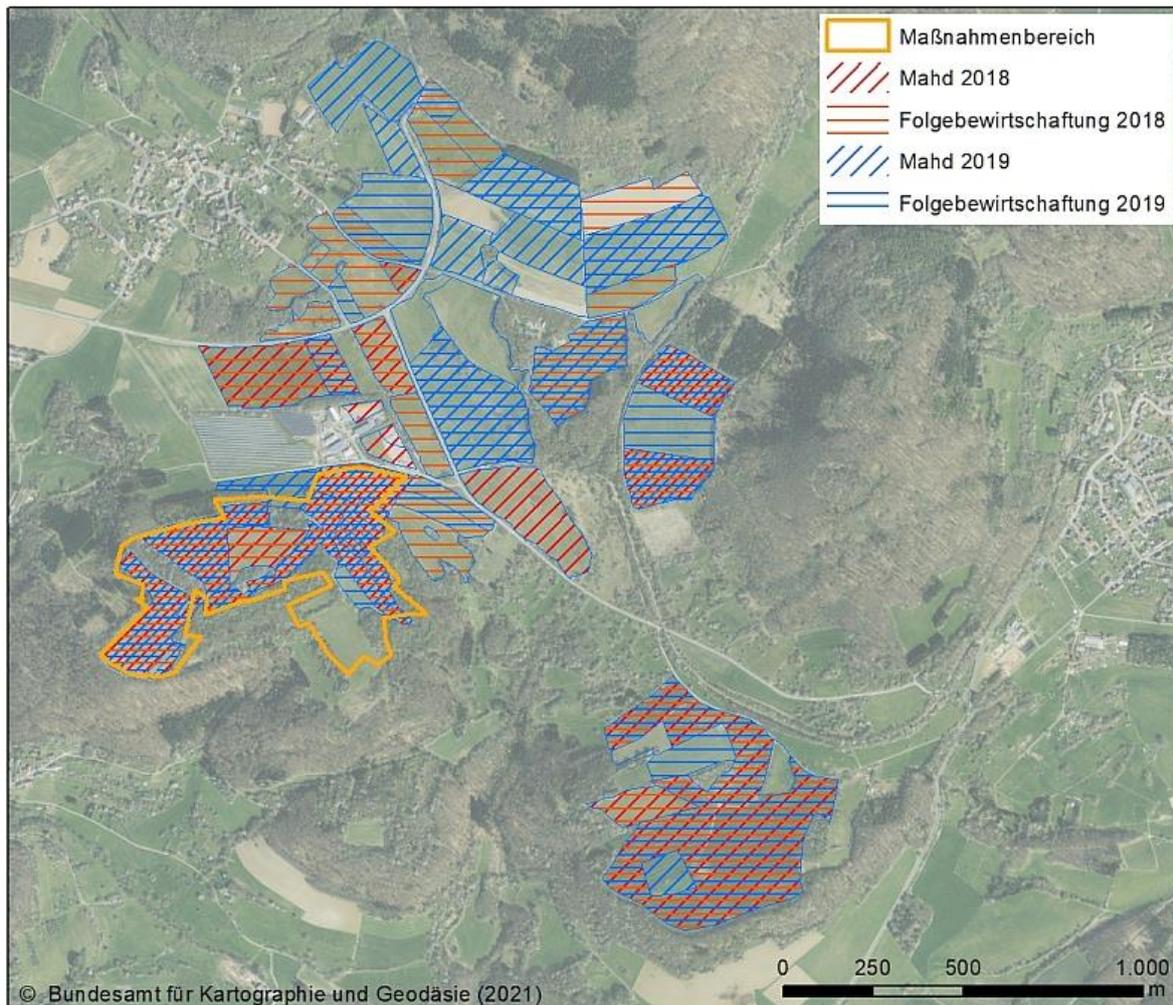


Abb. 14: Lage aller RNB-Flächen im UG Freisen (südöstl. Reitscheid) – 2018 und 2019.

Die Anzahl und Verteilung der Beobachtungseinheiten, beobachteten Stunden und der beobachteten Bewirtschaftungsereignisse ist in Tab. 5 bis Tab. 9 dargestellt. Die Dauer (Länge) der Bewirtschaftungsereignisse betrug im UG Freisen im Mittel 71 Minuten (2018) und 43 Minuten (2019), der Median betrug 45 Minuten (2018) und 35 Minuten (2019). In drei Fällen wurde am Mahdtag Tag „0“ nur eine Folgebewirtschaftung erfasst („während“ in Tab. 5 ff.), während die Mahd selber in diesen drei Fällen vor Beobachtungsbeginn z. B. in der Morgendämmerung erfolgte und nicht mit ausgewertet wurde. Die angegebenen Beobachtungsstunden für den Zeitraum „mit“ Bewirtschaftung in Tab. 7 sind die Summe aus „während“ des Bewirtschaftungsereignisses und „nach“ dem Bewirtschaftungsereignis (am selben Tag). Die Kategorie „ohne / vor“ Bewirtschaftungsereignissen enthält Werte für Flächen, die an diesem exakten Tag während oder vor der in Stunden angegebenen Beobachtungszeitspanne kein Bewirtschaftungsereignis aufwiesen.

Ein Beispiel: für den Tag 2 nach der initialen Mahd (2 Tage später) sind 21 Beobachtungseinheiten mit gesamt 103 Stunden Beobachtungszeitdauer „ohne / vor“ Bewirtschaftung angegeben. Die betreffenden Flächen können jedoch sehr wohl für den Tag 1 nach der Mahd in der Stichprobe von Beobachtungseinheiten „während“ eines Bewirtschaftungsereignisses enthalten sein (aufgrund eines Folgebewirtschaftungsereignisses am Tag 1).

Eine weitergehende Aufschlüsselung und Differenzierung hätte im Mittelgebirge aufgrund der landschaftstypisch regelmäßig auftretenden Folgebewirtschaftungen einen experimentellen Ansatz mit gezielter Bewirtschaftungssteuerung erfordert, um ausreichende Stichprobengrößen für Vergleiche der verschiedenen Gruppen zu generieren.

Erfolgt mehr als zwei gleiche Folgebewirtschaftungsereignisse an einem Tag (z. B. zweimal Wenden), so wurden die jeweiligen Ereignisse für die Auswertung der Nutzungsintensität an Folgetagen für diesen Tag zusammengefasst und demnach als ein Ereignis aufgeführt (Bewirtschaftungsart „Folge“).

Tab. 5: Verteilung der Beobachtungseinheiten n Tage im UG Freisen nach Feldkultur und Bewirtschaftungsart, Anzahl Flächen.

Zusammenstellung der Jahre 2018 und 2019. Beschrieben sind sowohl die Tage nach initialer Bewirtschaftung, als auch die Typen der Bewirtschaftung (Mahd, Folgebewirtschaftung, Bodenbearbeitung). Aufgrund der im Mittel geringen Flächengrößen wurden im beobachteten Landschaftsausschnitt stets mehrere Flächen zeitgleich beobachtet.

Anzahl Beobachtungseinheiten (n Tage)													Anzahl Flächen
Kultur	Tage nach Bewirtschaftung								Σ	Bewirtschaftungsart			
	0	1	2	3	4	5-9	10-15	16-21		Mahd	Folge	Boden	
Dauergrünland	33	27	21	16	16	21	20	30	184	30	28	0	38
Getreide	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Σ	34	27	21	16	16	21	20	30	185	30	28	1	39

Tab. 6: Verteilung der Beobachtungseinheiten n Tage im UG Freisen für Dauergrünland vor, während und nach Bewirtschaftung.

Zusammenstellung der Jahre 2018 und 2019. Aufgrund der im Mittel geringen Flächengrößen wurden im beobachteten Landschaftsausschnitt stets mehrere Flächen zeitgleich beobachtet.

Anzahl Beobachtungseinheiten (n Tage) Dauergrünland										
	Tage nach Bewirtschaftung									Σ
	0	1	2	3	4	5-9	10-15	16-21		
Ohne / Vor Bew.	25	25	21	16	16	21	20	30	174	
Während Bew.	33	9	8	3	1	1	0	3	58	
Nach Bew.	27	15	4	2	1	1	0	3	53	

Tab. 7: Verteilung der Stunden Beobachtungszeit im UG Freisen für Dauergrünland vor, während und nach Bewirtschaftung.

Zusammenstellung der Jahre 2018 und 2019. Aufgrund der im Mittel geringen Flächengrößen wurden im beobachteten Landschaftsausschnitt stets mehrere Flächen zeitgleich beobachtet.

Stunden Beobachtungszeit Dauergrünland									
	Tage nach Bewirtschaftung								
	0	1	2	3	4	5-9	10-15	16-21	Σ
Ohne/Vor Bew.	66	103	89	74	81	97	103	147	760
Während Bew.	33	9	13	3	4	0	0	13	75
Nach Bew.	81	22	20	3	30	3	0	29	188
Mit Bew.	114	31	33	6	34	3	0	43	263

Tab. 8: Verteilung der beobachteten Bewirtschaftungsereignisse nach Ereignistyp.

Anzahl Bewirtschaftungsereignisse							
Bewirtschaftungsart							
Kultur	Mahd	Wenden	Schwaden Abräumen	Ballen	Gülle	Umbruch	Σ
Dauergrünland	30	36	27	5	2	0	100
Getreide	0	0	0	0	0	1	1
Wildacker	0	0	0	0	0	0	0
Σ	30	36	27	5	2	1	101

Tab. 9: Verteilung der Referenz-Beobachtungseinheiten Anzahl Tage auf Kulturen mit geringer, mittlerer und hoher Flächenzugänglichkeit als Nahrungshabitat.

Die Anzahl der Flächen enthält die Summe jedes für sich ausgezählten Untersuchungsjahres.

Kultur	Anzahl Tage			Anzahl Flächen
	Zugänglichkeit			
	gering	mittel	hoch	
Dauergrünland	780	333	268	119
Getreide	37	11	5	4
Wildacker	5	4	16	2
Σ	822	348	289	125

### 3.1.4 Telemetrie

#### 3.1.4.1 Fang und Besenderung

##### Fangmethoden

Im Rahmen des Projektes wurden Rotmilane sowie Schwarzmilane unter Anwendung von zwei verschiedenen Methoden gefangen und besendert.

Ende Mai bis Ende Juni 2018-2020 (Freisen: 2018 und 2019) fanden nach dem Schlupf der Jungvögel unter günstigen Wetterbedingungen Netzfänge direkt in Horstnähe von brütenden Milanen statt. Dabei kam als Lockvogel entweder ein Seeadler- oder Uhu-Präparat zum Einsatz, alternativ ein lebender Uhu unter Beaufsichtigung eines ausgebildeten Falkners. Der Lockvogel wurde mit einem Sicherheitsabstand von 2 bis 3 m vor einem Japan-Netz (5,5 x 12 m, 60 mm Maschenweite) platziert, in welches sich ein Milan bei der Ausführung eines Scheinangriffs verfängt und verletzungsfrei geborgen werden kann.

Als zweite Fangmethode wurden in den UG Hakel und Querfurter Platte stationäre Fangeinrichtungen genutzt. Am Hakel wird seit vielen Jahren im Rahmen planmäßiger Beringung von Altvögeln ein Reusenfang betrieben (sog. „Krähenfalle“, siehe Stubbe et al. 1995), der im Rahmen des Projektes ab 2018 genutzt wurde. 2019 wurde nach diesem Vorbild auch im UG Querfurter Platte in Absprache mit Landeigentümer und Jagdpächter ein solcher Fang installiert. Die Krähenfalle wurde nur bei günstigen Wetterbedingungen in Betrieb genommen und regelmäßig mit Aas oder Fleisch als Lockmittel bestückt. Die Überwachung der Fangeinrichtung erfolgte mit einer Wildkamera von Sonnenaufgang bis -untergang. Gefangene Vögel wurden schnellstmöglich besendert und freigelassen.

### Verwendete GPS / GSM-Transmitter

Zur Besenderung der Milane kamen GPS / GSM-Transmitter mit geliftetem Solarpanel vom Typ „OrniTrack-20B“ des Herstellers Ornitela aus Litauen zum Einsatz. Die 58 x 25 x 14 mm kleinen Sender wiegen zzgl. Rucksacksystem ca. 20 g und überschreiten somit auch bei leichteren Männchen nicht die empfohlenen 3 % des Körpergewichts (Kenward 2001). Die Sender übermitteln neben Datum, Uhrzeit und den Koordinaten auch Aktivitätsinformationen und Temperatur sowie Angaben zum Ladezustand des Akkus, die per GPS gemessenen Werte der Geschwindigkeit und der Höhe. Der verwendete Sendertyp ermöglicht eine individuelle Programmierung der Ortungsintervalle. Zur Verfolgung der Raumnutzung (Flugaktivität) der besenderten Milane erfolgten in der Regel Ortungen im 5-Minuten-Rhythmus. Um die Tiefenentladung (Ausfall) eines Senders zu vermeiden, wurde entsprechend des Akkuladezustands eine schrittweise Reduktion des Ortungsintervalls vorprogrammiert (vgl. Tab. 10). Mittels Fernwartung können die Transmittereinstellungen über das Mobilfunknetz (GPRS) jederzeit angepasst und verändert werden. Die Übertragung der gewonnenen Daten erfolgt auf demselben Weg und kann nach Bedarf festgelegt werden.

Tab. 10: Vorprogrammiertes Ortungsintervall zwischen zwei GPS-Punkten in Abhängigkeit des Akkuladezustands.

Akkukapazität [%]	Ortungsintervall [min]
75 - 100	5
50 - 75	10
25 - 50	60
0 - 25	720

Ein weiteres Feature der „OrniTrack-20B“-Sender ist die Möglichkeit zur Festlegung einer geolokalisierten Begrenzung (Geofence). Bei Eintritt (Überflug) in ein Geofence wechselt der GPS-Transmitter in ein Ortungsintervall im Sekundentakt (= Burst). Da solch eine Taktung sehr akkuintensiv ist und schnell zur Entladung eines Senders führen kann, kann sie nicht dauerhaft angewendet werden und löst nur bei einem Ladezustand von mehr 75 % aus. Für bestimmte Individuen wurden Geofences eingerichtet, welche in der Regel nahe am Brutplatz gelegene Windparks oder einzelne Windkraftanlagen umfassten. Geofence-Ortungen weisen eine sehr hohe Genauigkeit auf, da über ein länger anhaltendes Zeitfenster Verbindung zum Satellitensystem gehalten wird, wodurch die präzise Nachverfolgung der Flugbahn eines Vogels möglich ist.

#### 3.1.4.2 Besenderte Rot- und Schwarzmilane

Im **UG Hake** konnten innerhalb des Projektzeitraums von 2018-2020 insgesamt 21 Rotmilane gefangen und besendert werden (siehe Tab. 11). Bereits im ersten Untersuchungsjahr konnten 14 Rotmilane besendert werden, nach einem Jahr erfolgloser Fangversuche wurden schließlich 2020 weitere 7 Individuen besendert.

Im selben Zeitraum konnten des Weiteren 8 Schwarzmilane gefangen und besendert werden, davon 4 Individuen im ersten Untersuchungsjahr, ein Individuum 2019 und weitere 3 Individuen im letzten Untersuchungsjahr.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der gefangenen Rot- und Schwarzmilane und die Anzahl an Ortungen, die den Telemetrie-Auswertungen zu Grunde liegen. Ein Tag gilt als im 5-Minuten-Takt erfasst, wenn 90 % aller Messwerte im  $\leq 5$ -Minuten-Intervall erfasst wurden.

Tab. 11: Telemetriedaten von 2018-2020 (einschließlich 20.08.2020) für das Untersuchungsgebiet Hakel.

Rm = Rotmilan; Swm = Schwarzmilan; m = männlich; w = weiblich; BV = Brutvogel; NB = Nichtbrüter; N/A = unbekannt; + = Brut erfolgreich; - = Brut erfolglos; UG = Untersuchungsgebiet. Vögel, die in dieser Zeit verstorben sind oder ihren Sender verloren haben, sind ausgegraut dargestellt.

ID	Art	Sex	Jahr	Datenaufnahme	Brutstatus / Erfolg	Tage mit durchschn. Ortungsintervall		Anzahl Ortungen	Anzahl der Ortungen im UG	Anteil [%]
						= 5 min	> 5 min			
180991-Shinobi	Swm	m	2018	07.06. - 23.06.	BV / +	18	1	4.386	3.837	87,5
180989-Ida	Rm	w	2018	07.06. - 20.08.	BV / +	44	31	13.842	13.276	95,9
			2019	08.03. - 20.08.	BV / +	32	134	15.937	15.507	97,3
180995-Darius	Rm	m	2018	07.06. - 20.08.	BV / +	47	28	16.040	16.034	100,0
			2019	01.03. - 20.08.	BV / -	91	82	53.002	52.989	100,0
			2020	01.03. - 20.08.	BV / -	0	170	3.372	3.371	100,0
180997-Aria	Swm	w	2018	20.06. - 11.08.	BV / +	42	11	11.932	9.645	80,8
			2019	28.03. - 11.08.	BV / +	47	89	19.150	12.672	66,2
			2020	21.03. - 15.08.	BV / +	44	104	22.760	19.879	87,3
180993-Herbert	Rm	m	2018	21.06. - 20.08.	N/A	32	29	11.879	6.841	57,6
180996-Nala	Swm	w	2018	26.06. - 20.08.	BV / -	49	7	13.876	346	2,5
180994-Jogi	Rm	m	2018	21.06. - 20.08.	BV / +	21	40	10.691	10.669	99,8
			2019	10.03. - 20.08.	BV / -	53	111	23.475	23.134	98,6
180999-Albert	Rm	m	2018	26.06. - 20.08.	BV / +	34	22	11.225	8.558	76,2
181004-Triton	Rm	m	2018	26.06. - 01.07.	NB	3	3	1.315	173	13,2
181001-Robin	Rm	m	2018	26.06. - 20.08.	NB	11	45	7.136	125	1,8
			2019	08.03. - 20.08.	NB	34	132	21.792	2.596	11,9
			2020	10.03. - 20.08.	NB	49	115	18.740	1.797	9,6
181003-Helge	Rm	m	2018	27.06. - 20.08.	NB	30	25	10.893	3.147	28,9
			2019	28.03. - 20.08.	NB	104	42	28.528	10.943	38,4
			2020	10.03. - 20.08.	NB	103	61	30.438	21.826	71,7
181005-Hanabi	Rm	m	2018	27.06. - 20.08.	NB	12	43	6.313	2.298	36,4
			2019	18.03. - 20.08.	BV / +	41	115	24.564	20.188	82,2
181006-Marco	Rm	m	2018	27.06. - 20.08.	NB	12	43	8.129	135	1,7

ID	Art	Sex	Jahr	Datenaufnahme	Brutstatus / Erfolg	Tage mit durchschn. Ortungsintervall		Anzahl Ortungen	Anzahl der Ortungen im UG	Anteil [%]
						= 5 min	> 5 min			
			2019	16.04. - 20.08.	NB	64	63	24.617	2.600	10,6
181007-Jamie	Swm	m	2018	27.06. - 15.08.	NB	50	0	11.586	282	2,4
			2019	22.04. - 11.08.	NB	78	34	30.681	103	0,3
			2020	29.04. - 20.08.	NB	14	100	30.505	153	0,5
181009-Ole	Rm	m	2018	29.06. - 18.08.	NB	21	30	9.362	111	1,2
181011-Ikarus	Rm	m	2018	03.07. - 20.08.	BV / +	0	49	1.984	1.120	56,4
			2019	08.03. - 20.08.	NB	58	108	22.165	2.648	12,0
			2020	01.03. - 20.08.	NB	31	142	16.943	1.324	7,8
180992-Amora	Rm	w	2018	16.07. - 20.08.	BV / +	9	27	5.570	0	0,0
			2019	05.03. - 20.08.	BV / +	35	132	18.461	0	0,0
			2020	31.01. - 20.08.	NB	55	148	30.438	0	0,0
180988-Akela	Rm	m	2018	21.07. - 20.08.	NB	22	9	6.288	86	1,4
			2019	14.03. - 20.08.	NB	1	159	13.475	2	0,01
192003-Molly	Swm	w	2019	12.06. - 10.08.	BV / -	57	3	14.172	2.414	17,0
			2020	31.03. - 20.08.	BV / +	40	103	22.979	19.434	84,6
192008-Millie	Swm	w	2020	07.04. - 20.08.	BV / -	105	31	28.601	1.435	5,0
192009-Red	Rm	w	2020	07.04. - 20.08.	NB	100	36	28.626	12.101	42,3
192011-Porthos	Rm	m	2020	14.04. - 20.08.	NB	58	71	22.837	21.635	94,7
192012-Athos	Rm	m	2020	14.04. - 20.08.	NB	33	96	14.906	641	4,3
192013-Aramis	Rm	m	2020	14.04. - 20.08.	NB	35	94	19.631	1.184	6,0
192014-d'Artagnan	Swm	m	2020	14.04. - 06.08.	NB	90	25	24.802	106	0,4
181015-Birgit	Rm	w	2020	06.06. - 20.08.	BV / +	0	76	6.571	6.571	100,0
181010-Lothar	Rm	m	2020	06.06. - 20.08.	BV / +	23	53	12.450	12.450	100,0
192004-Linda	Rm	w	2020	19.06. - 20.08.	BV / +	0	63	2.463	2.461	99,9
181002-Chuck	Swm	m	2020	06.08. - 20.08.	NB	15	0	3.202	68	2,1

Im **UG Querfurter Platte** konnten innerhalb des Projektzeitraums von 2018-2020 insgesamt 7 Rotmilane gefangen und besendert werden (siehe Tab. 12). Davon entfallen auf das Jahr 2018 nur ein Individuum, auf die Jahre 2019 und 2020 jeweils 3 weitere Individuen.

Zeitgleich konnten 8 Schwarzmilane gefangen und besendert werden, davon 3 im Jahr 2019 und 5 Individuen im Jahr 2020.

Tab. 12: Telemetriedaten von 2018-2020 (einschließlich 20.08.2020) für das Untersuchungsgebiet Querfurter Platte.

Vögel, die in dieser Zeit verstorben sind oder ihren Sender verloren haben, sind ausgegraut dargestellt.

Rm = Rotmilan; Swm = Schwarzmilan; m = männlich; w = weiblich; BV = Brutvogel; NB = Nichtbrüter; + = Brut erfolgreich; - = Brut erfolglos; UG = Untersuchungsgebiet. Vögel, die in dieser Zeit verstorben sind oder ihren Sender verloren haben, sind ausgegraut dargestellt.

ID	Art	Sex	Jahr	Datenaufnahme	Brutstatus / Erfolg	Tage mit durchschnittl. Ortungsintervall		Anzahl Ortungen	Anzahl der Ortungen im UG	Anteil [%]
						5 m= in	> 5 min			
180988-Hektor	Rm	m	2018	06.06. - 10.06.	BV / +	5	0	2.328	2.248	96,6
192001-Otto	Swm	m	2019	04.06. - 30.07.	BV / -	56	1	14.466	7.796	53,9
			2020	31.03. - 20.08.	BV / +	135	8	50.236	42.640	84,9
192002-Nola	Swm	w	2019	04.06. - 07.08.	BV / -	16	49	6.851	5.132	74,9
192004-Orpheus	Swm	m	2019	07.06. - 14.07.	BV / +	38	0	11.399	9.411	82,6
192005-Rosa	Rm	w	2019	09.06. - 20.08.	BV / +	0	73	6.470	5.851	90,4
			2020	06.03. - 20.08.	BV / +	0	168	2.746	2.738	99,7
192006-Ernst	Rm	m	2019	11.06. - 20.08.	BV / +	34	37	12.674	2	0,02
			2020	28.02. - 20.08.	BV / -	77	98	26.660	72	0,3
192007-Eddy	Rm	m	2019	10.07. - 20.08.	NB	39	3	9.411	634	6,7
192020-Schwarzfeder	Swm	w	2020	30.03. - 07.08.	BV / +	124	7	36.445	34.036	93,4
192010-Queen	Swm	m	2020	09.04. - 20.08.	BV / +	114	20	31.095	30.924	99,4
180991-Roy	Swm	m	2020	20.04. - 20.08.	BV / +	114	9	49.805	48.439	97,3
181008-Abendrot	Swm	w	2020	09.05. - 18.08.	BV / -	102	0	28.392	21.697	76,4
180990-Merlin	Swm	m	2020	10.05. - 20.08.	BV / +	102	1	34.321	31.390	91,5
180987-Ares	Rm	m	2020	27.05. - 20.08.	BV / -	50	35	46.546	45.867	98,5
180998-Aurora	Rm	w	2020	29.05. - 20.08.	BV / +	29	55	13.402	13.371	99,8
181000-Brunhild	Rm	w	2020	30.05. - 20.08.	BV / +	5	78	6.347	6.347	100,0

Im **UG Freisen** wurden von 2018-2019 insgesamt vier Rotmilane gefangen und besendert

(siehe Tab. 13). Davon entfallen alle vier Individuen auf das Jahr 2018. Weitere Fangversuche waren erfolglos.

Tab. 13: Übersicht der Telemetriedaten von 2018-2019 für das Untersuchungsgebiet Freisen.

m = männlich; w = weiblich; BV = Brutvogel; NB = Nichtbrüter; + = Brut erfolgreich; – = Brut erfolglos; UG = Untersuchungsgebiet. Vögel, die in dieser Zeit verstorben sind oder ihren Sender verloren haben, sind ausgegraut dargestellt (ID 181013, 181014).

ID	Sex	Datenaufnahme	Bruterfolg	Tage mit durchschn. Ortungsintervall		Anzahl Ortungen	Ortungen im UG	
				= 5 min	> 5 min		Anteil	Anzahl
181012	m	08.06.18-20.08.18	ja	75	0	16132	87,7	14146
		25.03.19-20.08.19	nein	12	161	7682	94,0	7224
181013	w	29.05.18-20.08.18	ja	39	45	11379	80,4	9153
		01.03.19-25.05.19	nein	0	24	320	91,6	293
181014	m	29.05.18-20.08.18	ja	25	57	9882	90,7	8965
		01.03.19-09.04.19	nein	0	40	999	95,4	953
181016	m	30.05.18-20.08.18	ja	72	11	17344	95,6	16584
		03.03.19-20.08.19	ja	135	35	29907	100,0	29907

## 3.2 Datenaufbereitung und Datenauswertung

### 3.2.1 Habitatparameter

#### 3.2.1.1 Ermittlung der saisonalen Offenheit der Agrarflächen

Die „Offenheit“ dient als Indikator für die Nutzbarkeit der Kulturen durch Rotmilane. Hintergrund der Relevanz der „Offenheit“ von Agrarflächen ist, dass die vergleichsweise kurzbeinigen Rotmilane zum erfolgreichen Nahrungserwerb nicht allzu hoch und dicht aufgewachsene Flächen benötigen, da sie entweder (zumeist) die am Boden befindliche Beute im Sturzflug ergreifen und sofort abtransportieren, oder (seltener) landen, um entweder von größeren Beutestücken wie Aas Teile abzulösen oder zu Fuß z. B. nach Regenwürmern zu suchen. Beide Verhaltensweisen werden jedoch nicht in dicht und / oder hoch aufgewachsener Vegetation ausgeführt. Stattdessen werden lückige Bereiche, Flächen mit niedriger Vegetation oder aber Randstrukturen beziehungsweise Straßen aufgesucht, wo Beute leicht aufzunehmen ist (Gelpke & Hormann 2012, Gottschalk et al. 2015).

Im Rahmen des Projektes wurden sowohl engmaschige Daten zur individuellen Raumnutzung von besenderten Rotmilanen mittels Satellitentelemetrie als auch flächenbezogene Nutzungsintensitäten von Rotmilanen mittels visueller Raumnutzungsbeobachtung erhoben. Um diese Informationen im Kontext der tatsächlichen Nutzbarkeit der Agrarflächen im UG zu analysieren, sind gleichzeitig Informationen über den Offenheitsgrad der Agrarflächen erforderlich, die auf Landschaftsebene in enger zeitlicher Auflösung nicht direkt erfassbar sind. Ähnliche Versuche der Landschaftsbewertung hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit für Rotmilane wurden auch in anderen Studien gemacht, allerdings relativ grob auf Monatsbasis und im

Zuge von verallgemeinerten Annahmen, wann bestimmte Kulturen nutzbar sind (z. B. Mammen et al. 2013, Heuck et al. 2019, Katzenberger 2019), was für die im folgenden vorgesehenen Auswertungen nur eingeschränkt nutzbare Aussagen ergeben hätte. Dementsprechend wird nachfolgend für die in Bezug auf Wachstum und Bestandesschluss der Vegetation auf (überwiegend) einjährigen Feldkulturen gut und raumgreifend modellierbaren UGs in Sachsen-Anhalt eine zeitlich dicht gestaffelte Auswertung der Offenheit über die gesamte Untersuchungsaison vorgenommen.

### **Untersuchungsgebiete Sachsen-Anhalt**

Ziel war eine Auswertung der Flächenzustände mindestens auf Basis der zeitlichen Auflösung von Pentaden. Im Hinblick auf die Offenheit von Agrarflächen sind zwei Fallgruppen zu unterscheiden:

- Wachstumsphase der Kulturen im Frühjahr
- Ernte (im Sommer) oder Mahd (ggf. mehrfach von Frühjahr bis Sommer)

### **Offenheit während der Wachstumsphase im Frühjahr**

Die Offenheit wird nicht als Absolutwert verstanden, sondern als Indikator der Nutzbarkeit der Kulturen für Rotmilane. Eine vom Rotmilan zur Nahrungssuche nutzbare Fläche gilt als „offen“, eine nicht nutzbare als „geschlossen“. Die Nutzbarkeit wird bestimmt von der aktuellen Vegetationshöhe und der Vegetationsdichte, aber auch von der Wuchsform der Kultur selbst. So ist Raps bspw. bereits sehr zeitig sehr dicht geschlossen, aber noch niedrig im Wuchs, so dass zumindest Fahrspuren und Fehlstellen vom Rotmilan noch genutzt werden können; er ist also noch teilweise nutzbar (in dem hier verwendeten indikatorischen Bezug also „halboffen“). Bereits ein geringes weiteres Höhenwachstum bewirkt jedoch eine schlagartige „Versiegelung“ der Fläche. Mais dagegen wird spät gesät, wächst sehr langsam auf und ist zudem, auch Ende Juni noch, durch den großen Pflanzabstand vollständig auf potenzielle Beutetiere zu überblicken – allerdings sind die einzelnen Pflanzen dann bereits zu hoch, als dass Rotmilane dazwischen noch Beute greifen könnten.

Im Frühjahr ändert sich die Offenheit und Nutzbarkeit der Kulturen gleitend. Sie wurde daher für jede häufiger auftretende Kultur in 3 Stufen unterteilt: **offen (optimal nutzbar) – halboffen (noch nutzbar) – geschlossen (nicht mehr nutzbar)**, analog zu der Einstufung im UG Freisen mit „gering“ bis „hoch“ in Bezug auf die Flächenzugänglichkeit als Nahrungshabitat (andere Erhebungs- und Bewertungsmethode). Da die Offenheit in großen Untersuchungsräumen nicht für jede Ackerfläche individuell ermittelt werden kann, wurde wie folgt vorgegangen: Als Grundlage zur Bestimmung des Zeitpunktes, wann eine Kultur aus Sicht des Rotmilans von offen zu halboffen und zu geschlossen wechselt, dienten bereits vorliegende Messreihen zu Vegetationshöhe und Deckungsgrad der entsprechenden Anbaukulturen aus den Untersuchungsgebieten Havel/Harzvorland und Querfurter Platte aus den Jahren 1995, 1999, 2004 und 2005 (Seluga 1996, Kayser & Stubbe 2003, Mammen & Stubbe 2006). Die Termine wurden auf Pentaden-Basis bestimmt und mit den phänologischen Beobachtungsreihen des DWD (Datenreihen 1992 bis 2020) für das Land Sachsen-Anhalt abgeglichen. Alle Jahre lagen bei den jeweiligen Kulturen phänologisch ohne größere Abweichungen nahe am langjährigen Mittelwert. Daraufhin wurde für die einzelnen Kulturen ein phänologischer Marker gesucht, der die Veränderung der Offenheit am besten wiedergibt, und die Differenz der mit den Messwerten ermittelten Termine zum Jahresmittelwert des jeweiligen Markers erfasst. Schwarzbrachen und eingedrillte Flächen wurden jeweils der dort nachfolgend wachsenden Anbaukultur zugeordnet und sind als Zeiträume kulturenweise in der Kategorie „offen“ enthalten.

Ein Beispiel: Für Winterweizen ergibt sich dabei, dass der Zustand „nicht mehr nutzbar“ für

Rotmilane ca. 7 Tage nach dem mittleren Termin des phänologischen „Schossens“ erreicht ist (Bezugsgrundlage: DWD-Definition Phänologie „Schossen“). Nicht bei allen Kulturen ließ sich ein Marker ermitteln. Die von Jahr zu Jahr nicht identischen phänologischen Verläufe, die zu einem verfrühten oder verspäteten Aufwuchs und Bestandsschluss und somit zu einer verfrühten oder verspäteten Nicht-Mehr-Nutzbarkeit führen, wurden für die Untersuchungsjahre 2018-2020 durch die Abweichungen des Jahresmittelwertes des jeweiligen Markers zum langjährigen Mittelwert berücksichtigt. Bei Abweichung um 1 Pentade oder mehr wurde der Termin um 1 Pentade verschoben. Größere Verfrühungen wurden ebenfalls mit 1 Pentade angesetzt, da die Phänologie immer nur den Beginn des Auftretens des jeweiligen Markerereignisses bei einem vorgegebenen Anteil der Pflanzen im Beobachtungsgebiet erfasst. Der Beginn kann durch kurzfristige Wärmeeinbrüche wesentlich stärker verfrüht werden als das Einsetzen des Ereignisses in der Gesamtlandschaft, welches hier aber relevant ist. Auch gab es in den UG während der Projektlaufzeit real keine so extremen vegetativ verfrühten Wuchsabweichungen auf breiter Flächenbasis. Phänologische Verfrühungen betrafen v.a. Winterkulturen, da diese aufgrund ihres fortgeschrittenen Entwicklungsstadiums günstige Bedingungen im Frühjahr optimal nutzen können. Bei Hackfrüchten, Leguminosen und Sommergetreide gab es bis zum Bestandsschluss keine phänologischen Verfrühungen. Beim Aufwuchs der Hackfruchtkulturen machten sich stattdessen die Trockenheitsextreme 2018 und 2019 in den UG stark bemerkbar, da die Vegetationsbestände wesentlich später beziehungsweise (hinsichtlich Nutzbarkeit für Rotmilane) gar nicht schlossen; daher wurden auch diese berücksichtigt (Tab. 14).

Tab. 14: Stichtage, bei denen die Bestände der häufigsten Anbaukulturen in Sachsen-Anhalt 2018-2020 im Verlauf des Frühjahrs als „offen“ und „geschlossen“ für die Nutzung durch Rotmilane zu betrachten sind.

Der Zeitraum dazwischen wurde als „halboffen“ gewertet.

Kultur	Jahr	Bestand		Bemerkung
		offen	geschlossen	
Winterraps	2018 2019 2020	< 01.03. < 01.03. < 01.03.	> 07.04. > 02.04. > 02.04.	ab „Knospen“ geschlossen
Wintergerste	2018 2019 2020	< 31.03. < 31.03. < 31.03.	> 21.04. > 16.04. > 16.04.	ca. 5 Tage nach „Schossen“ geschlossen
Winterweizen und andere Wintergetreide	2018 2019 2020	< 06.04. < 06.04. < 06.04.	> 26.04. > 21.04. > 21.04.	ca. 7 Tage nach „Schossen“ geschlossen
Mais	2018 2019 2020	< 01.06. < 01.06. < 01.06.	> 01.07. > 01.07. > 16.06.	bei starker Trockenheit erst ab 01.07. geschlossen

Kultur	Jahr	Bestand		Bemerkung
		offen	geschlossen	
Rüben	2018 2019 2020	< 01.06. < 01.06. < 01.06.	- - > 16.06.	bei starker Trockenheit kein geschlossener Bestand
Kartoffeln	2018 2019 2020	< 20.05. < 20.05. < 20.05.	> 01.06. > 05.06. > 05.06.	„Auflaufen“ ab 05.05.
Erbsen	2018 2019 2020	< 06.05. < 06.05. < 06.05.	> 21.05. > 21.05. > 21.05.	
Hafer	2018 2019 2020	< 01.05. < 01.05. < 01.05.	> 21.05. > 21.05. > 21.05.	„Schossen“ ab ca. 14.05.
Sommergerste und andere Sommergetreide	2018 2019 2020	< 01.05. < 01.05. < 01.05.	> 21.05. > 21.05. > 21.05.	„Schossen“ ab ca. 12.05.
Luzerne		< 31.03.	> 01.05.	nach Mahd 15 Tage „offen“, 10 Tage „halboffen“
Ackergras / Wiese	2018 2019 2020	< 15.04. < 10.04. < 05.04.	> 01.05. > 01.05. > 01.05.	nach Mahd 20 Tage „offen“, 15 Tage „halboffen“

### Offenheit nach Ernte oder Mahd

Bei Ernte- oder Mahdereignissen ändert sich die Offenheit nicht gleitend, sondern schlagartig. Zuvor geschlossene Felder stehen dann wieder zur Nahrungssuche zur Verfügung und sind aufgrund hoher Kleinsäugerdichten oder vorhandener tierischer Mahd-Opfer besonders attraktiv für Greifvögel (Szentirmai et al. 2010, Mammen et al. 2013, Gottschalk et al. 2015). Hinzu kommen weitere attraktivitätssteigernde Vorgänge (z. B. Nachbearbeitung wie Mahdgut wenden, abräumen oder Bodenbearbeitung). Diese Form von aktiv hergestellter Offenheit zuvor geschlossener Vegetationsbestände ist von grundlegend anderer Qualität als die zuvor beschriebene großflächige und langzeitige Offenheit der Landschaft im Winter und Frühjahr. Sie ist mit einem wesentlich höheren, plötzlich zugänglich gewordenen, Nahrungsangebot verbunden, welches von Milanen über einen gewissen Zeitraum intensiv genutzt wird. Ist das Beuteangebot erschöpft oder zumindest soweit abgeschöpft, dass andere Flächen attraktiver erscheinen, sinkt die Nutzungsintensität wieder auf das vorherige Niveau ab.

Als Basisdaten dienten in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt die jährlichen Vor-Ort-Kartierungen von Bewirtschaftungsereignissen entlang einer festgelegten Route. Für 2018 und 2019 wurden mögliche Mahdzeiträume (MZR) aus einer Kombination aus Feldbegehungen und einer Satellitenbild-Auswertung bestimmt. Wenn der Mahdzeitpunkt nicht aus der Vor-Ort-Begehung bekannt war, wurde als Mahdbeginn der Tag nach dem Datum der

spätesten Satellitenbilddaufnahme, auf der das Feld noch ungemäht zu erkennen war, angenommen. Der Tag vor dem Datum der frühesten Aufnahme, die das Feld vollständig gemäht zeigt, wurde als Mahdende gewertet.

Für 2020 wurden nur die Daten der Mahdroute und weiterer Beobachtungen verwendet, um Mahdzeiträume zu ermitteln. Entweder war der Tag der Mahd bekannt oder eine Bewirtschaftung hat zwischen zwei Begehungen stattgefunden. Dann wurde der Tag nach der letzten Begehung als möglicher Mahdbeginn und der Tag vor der Beobachtung einer bereits abernteten Fläche als Mahdende gewertet.

Tab. 15: Anzahl der Felder mit Mahdzeiträumen (MZR), erhoben durch Vor-Ort-Beobachtungen und mittels Satellitenbild-Auswertung für die Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt 2018-2020.

\*) einschließlich Felder ohne Mahd vor Ende des Untersuchungszeitraumes (meist Rübe oder Mais)

	Hakel			Querfurter Platte		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Begehungstage Mahdroute	8	14	8	8	16	11
Erfasste Felder mit Bewirtschaftung	74	167	134	45	85	119
Felder mit Sat.-Bild-Auswertung	708	578	-	433	677	-
Felder mit MZR *)	744	745	328	478	758	304
MZR taggenau	192	123	78	51	88	37
MZR 2 bis 7 Tage	372	322	36	184	218	58
MZR > 7 Tage	53	105	20	147	329	24
keine Mahd bis 20.08.	127	195	194	96	123	185
Erfasster Flächenanteil (%) *)	86	95	49	65	83	41

Für das Jahr 2018 gibt es für das **UG Hakel** 74 Felder mit Begehungen vor und nach der Mahd, für die ein Mahdzeitraum bestimmt werden konnte. Für 46 dieser 74 Felder konnte die Satellitenbild-Auswertung den Beginn oder das Ende des MZR gegenüber der Vor-Ort-Begehung präzisieren. Im Jahr 2019 wurde für 135 der erfassten 167 Felder durch die Satellitenbild-Auswertung der Mahdtermin genauer bestimmt. Für 322 Felder konnte der MZR auf max. 7 Tage eingegrenzt werden. In diesem Jahr lagen damit für 95 % der Fläche des gesamten Untersuchungsgebiets Informationen zum Mahdverlauf vor (Tab. 15).

Aufgrund der schlechteren Verfügbarkeit von Satellitendaten für das **UG Querfurter Platte** sind die bestimmten MZR deutlich länger als für das UG Hakel (Tab. 15). Trotzdem konnten auch hier MZR der Vor-Ort-Begehung durch die Satellitenbild-Auswertung weiter präzisiert werden. Im Jahr 2018 wurden für 235 Felder, im Jahr 2019 für 309 Felder die Mahdzeiträume auf max. 7 Tage eingegrenzt.

Im Jahr 2020 wurden im UG Hakel an 8 Tagen insgesamt 134 Bewirtschaftungsereignisse erfasst; 78 davon auf den Tag genau dokumentiert. Für 117 Felder konnte der Zeitraum auf max. 7 Tage eingegrenzt werden. Im UG Querfurter Platte wurden an 11 Tagen insgesamt 119 stattfindende Bewirtschaftungsereignisse aufgenommen. Für 95 Mahdtermine konnte der Zeitraum auf max. 7 Tage eingegrenzt werden (Tab. 15).

## Flächenscharfe Modellierung der Offenheit pro Pentade

Der Verlauf der Offenheit der Agrarflächen hinsichtlich der Nutzbarkeit für Rotmilane wurde für jedes Untersuchungsjahr zwischen 1. März und 20. August auf der zeitlichen Basis von Pentaden bestimmt. Hierzu wurden 34 Pentaden (P1 = 1.-5. März bis P34 = 16.-20. August) gebildet, wobei in Monaten mit 31 Tagen der 31. der Pentade 26.-30. zugerechnet wurde.

Für jede Agrarfläche im UG Hakel und UG Querfurter Platte wurde codiert, ob die Fläche in der jeweiligen Pentade **geschlossen = 0**, **halboffen = 0,5** oder **offen = 1** war.

Die Zuordnung der Offenheit im Verlauf des Frühjahrs erfolgte für die häufigsten Anbaukulturen anhand der festgelegten Stichtage für den Bestandsschluss während der Wachstumsphase für das jeweilige Beobachtungsjahr (siehe Tab. 14). Anhand der ermittelten Mahdzeiträume konnte für jede Pentade codiert werden, ob die jeweilige Fläche im Zeitraum jeder Pentade bereits gemäht (offen) oder noch unbewirtschaftet (geschlossen) war. Bei unbekanntem Mahddatum und längeren möglichen Mahdzeiträumen wurde die Offenheit als nicht bekannt (NA) für die jeweiligen Pentaden definiert. Mithilfe eines generalisierten linearen Modells (R package ‚lme4‘, Bates et al. 2014) wurde einzeln für jede Pentade eine Wahrscheinlichkeit der Offenheit zwischen 0 und 1 in Abhängigkeit von der Anbaukultur geschätzt. Diese modellierten Wahrscheinlichkeiten für jede Anbaukultur wurden für alle Flächen mit unbekanntem Mahddatum übernommen, sichere Zuordnungen von 0, 0,5 und 1 wurden jedoch beibehalten. Diese Datenmatrix wurde im GIS (QGIS, version 3.16, QGIS Development Team 2021) mit den Anbaukulturen des jeweiligen Jahres und Untersuchungsgebietes verknüpft. Somit liegt für jede Fläche für jede Pentade eine Angabe (Wahrscheinlichkeit) zur Offenheit vor, die auch im Zusammenhang mit der Raumnutzung der Rotmilane weiter analysiert werden kann.

Um den saisonalen Verlauf des gesamten offenen Flächenanteils, der für den Rotmilan zur Nahrungssuche verfügbar ist, darzustellen, wurde die Matrix aus „Offenheits“-Werten zwischen 0 und 1 mit der Flächengröße der jeweiligen Felder multipliziert. Die Flächengrößen wurden für jede Pentade addiert und ins Verhältnis zur Gesamt-Ackerfläche gesetzt.

## Untersuchungsgebiet Freisen

Die Vegetationsentwicklung und damit einhergehend die saisonale Entwicklung der Offenheit des Bodens im UG Freisen ist anhand einer Stichprobe im Bereich der (Teil-) Flächen zur Raumnutzungsbeobachtung (vgl. Abb. 14) ermittelt.

Die Offenheit wird nicht als Absolutwert verstanden, sondern als Indikator der Nutzbarkeit der Kulturen für Rotmilane. Eine vom Rotmilan zur Nahrungssuche auf bodenlebende Beutetiere nutzbare, zugängliche Fläche gilt als Fläche mit „hoher“, eine nicht nutzbare als Fläche mit „geringer“ Flächenzugänglichkeit. Fahrspuren und Fehlstellen als noch vom Rotmilan nutzbare Flächenbestandteile sind hierin einbezogen. Die Nutzbarkeit für Grünlandflächen wird bestimmt von der aktuellen Vegetationshöhe und der Vegetationsdichte. Die Wüchsigkeit der Vegetation und damit auch der Lückenschluss nach einer Mahd ist wiederum von vielfältigen Faktoren abhängig die die Witterung miteinschließen, insbesondere bestimmt jedoch im reliefierten Mittelgebirge kleinstandörtlich auch die Reliefierung, Feuchte- und Nährstoffversorgung die Wüchsigkeit wesentlich mit. Gemittelt noch teilweise nutzbare Flächen werden als von mittlerer Flächenzugänglichkeit gewertet (analog zu „halboffen“). Flächen für die in der jeweiligen Monatshälfte zu zwei Zeitpunkten unterschiedliche Flächenzugänglichkeit registriert worden sind (gering-hoch) wurden den jeweiligen Kategorien hälftig zugeschrieben und sind dementsprechend indikatorisch als „von mittlerer Flächenzugänglichkeit“ in die Auswertung der Monatshälfte einbezogen.

Der Verlauf der Offenheit wurde für 70 (2018), beziehungsweise 57 (2019) Grünlandflächen

aus dem Bereich der Raumnutzungsbeobachtung (vgl. Maßnahmen- und Referenzflächen in Abb. 14) für jedes Untersuchungsjahr zwischen April und Juli auf der zeitlichen Basis von Monatshälften ausgewertet.

Für jede dieser Grünlandflächen wurde codiert, ob die Fläche in der jeweiligen Monatshälfte hoch, mittel oder gering zugänglich war.

### **3.2.2 Raumnutzungsbeobachtung**

#### **3.2.2.1 Datenaufbereitung**

##### **Vorgehen in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt**

Für die Auswertung wurden alle Beobachtungseinheiten entfernt, in denen durch witterungsbedingte Störungen, z. B. Starkregen, die Aktivität der Milane eingeschränkt war oder der Bewirtschaftungszeitpunkt nicht klar bestimmt werden konnte, z. B. wenn kurz nach Beobachtungsbeginn die Mahd bereits beendet wurde oder Mahdpausen von mehr als 30 Minuten stattfanden.

Manche Bewirtschaftungsereignisse fanden an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen statt beziehungsweise wurden nach einer Unterbrechung weitergeführt. Daher wurde zunächst überprüft, ob es Unterschiede in der Aktivitätsdauer zwischen den einzelnen Tagen mit Bewirtschaftung sowie der Art der Bewirtschaftung für die Kategorien „Mahd“, „Folge“ (jede Folgebewirtschaftung zum Abtransport des Mähguts, wie z. B. Wenden, Schwaden oder Häckseln) und „Boden“ (Bodenbearbeitung, z. B. Grubbern oder Pflügen) gab. Hierfür wurden Kruskal-Wallis-Tests mit anschließenden Dunn-Bonferroni-Tests für paarweise Vergleiche (Dinno 2014) angewendet. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Aktivitätsdauer an aufeinander folgenden Bewirtschaftungstagen sowohl für Rotmilane (Kruskal-Wallis Test:  $\chi^2 = 8,87$ ,  $df = 8$ ,  $p = 0,35$ ) als auch für Schwarzmilane (Kruskal-Wallis Test:  $\chi^2 = 7,94$ ,  $df = 8$ ,  $p = 0,44$ ) festgestellt. Obwohl während Folgebewirtschaftungen etwas höhere Aktivitätswerte beobachtet wurden (Abb. 15), zeigte sich kein genereller signifikanter Unterschied zwischen der Art der Bewirtschaftung und der Aktivitätsdauer sowohl für Rotmilane (Kruskal-Wallis Test:  $\chi^2 = 1,44$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,49$ ) als auch für Schwarzmilane (Kruskal-Wallis Test:  $\chi^2 = 3,08$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,21$ ). Daher wurde jeder Tag mit Bewirtschaftung und jede Art von Bewirtschaftung in der weiteren Analyse als „Tag 0“ gewertet.

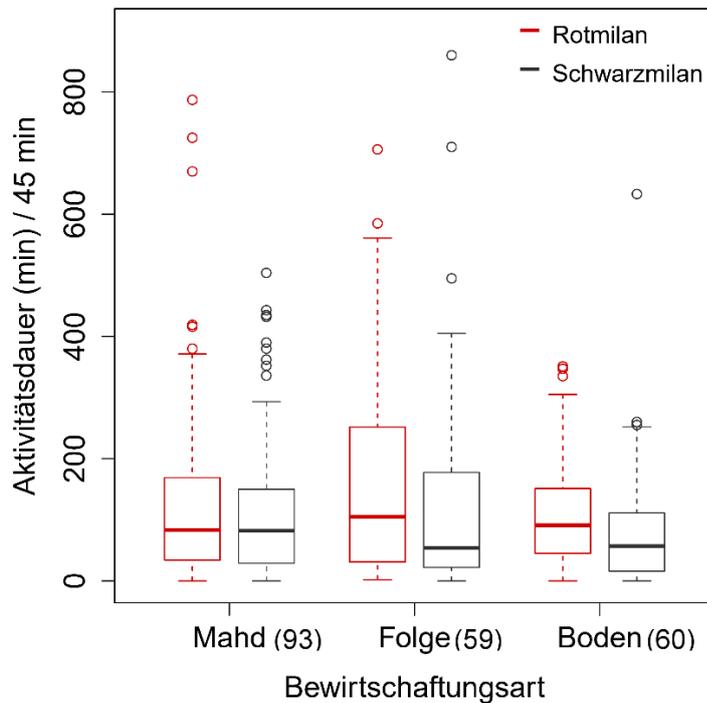


Abb. 15: Aktivitätsdauer von Rot- und Schwarzmilanen in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt pro 45-Min-Beobachtungseinheit nach Bewirtschaftungsart (Mahd, Folgebewirtschaftung und Bodenbearbeitung).

In Klammern ist die Anzahl der jeweiligen Beobachtungseinheiten angegeben.

Besonders während der Bewirtschaftung waren auf manchen Flächen gleichzeitig so viele Milane anwesend, dass nicht mehr zwischen den beiden Arten unterschieden werden konnte. Dies war für 28 von insgesamt 245 Beobachtungseinheiten im UG Havel und für 36 von insgesamt 467 Beobachtungseinheiten im UG Querfurter Platte der Fall. Um diese „Milane“ mit auszuwerten, wurde für alle übrigen Beobachtungseinheiten anhand der maximalen Anzahl anwesender Rot- beziehungsweise Schwarzmilane ein durchschnittliches Verhältnis von 75 % Rotmilane zu 25 % Schwarzmilane für das UG Havel und 56 % Rotmilane zu 44 % Schwarzmilane für das UG Querfurter Platte ermittelt. Um die beiden Arten getrennt auswerten zu können, wurde die Anzahl und die Aktivitätsdauer der unbestimmten Milane nach diesem Verhältnis für das jeweilige Untersuchungsgebiet aufgeteilt.

### Vorgehen für das Untersuchungsgebiet Freisen

Die Auswertung erfolgt art-, individuen- und zeitbezogen: Die Aufenthaltszeit der einzelnen Tiere über oder auf den Beobachtungsflächen wurde minutengenau bestimmt. Das Verhalten der Tiere wurde u.a. nach Kategorien von Bewegungsmustern (Suchflug/Nahrungssuche, Überflug und Thermikflug) eingeteilt. Die Datenauswertung berücksichtigt nur die Anwesenheitszeit von fliegenden, nahrungssuchenden Tieren.

Um die Raumnutzung für das landschaftstypische Spektrum mit vielen kleinen Schlägen (mittlere Schlaggröße = 1,5 ha, Median = 0,9 ha) und daraus resultierenden kurzen Bewirtschaftungszeiten zu erfassen und zudem möglichst viele Ereignisse erfassen zu können, wurden Bewirtschaftungsereignisse  $\geq$  ca. 10 Minuten Mindestzeitdauer in die Auswertungen einbezogen. Der Median der beobachteten Ereigniszeitdauern beträgt gemittelt über beide Untersuchungsjahre 55 / 35 Minuten (MW / Median). Bewirtschaftungsereignisse im Bereich der Maßnahmenfläche wurden im Fall sich am Bewirtschaftungstag zeitlich überlagernder Bewirtschaftung der einzelnen benachbarten Teilflächen summarisch betrachtet und als ein Flächenverbund in die Auswertung einbezogen.

Unterbrechungen von Bewirtschaftungsereignissen wurden minutengenau erfasst und die resultierenden Zeiträume aus der Auswertung von Nutzungsintensitäten während Bewirtschaftungsereignissen exkludiert. Ebenfalls ausgeschlossen wurden Zeiträume und Tage auf Teilflächen, in denen aufgrund von zeitweilig registriertem, liegendem Aas eine punktuelle Attraktionswirkung vorlag, die nicht der Vegetationsstruktur oder einer vorausgegangenen Bewirtschaftung anzurechnen waren (Jagdreste). Das festgestellte Aas hatte jeweils eine anziehende Wirkung, die wesentlich auf den Zeitraum beschränkt zu sein schien, in dem es optisch erkennbar und frei anfliegbar zu sehen war.

Als Auswertungseinheit wird aus Vergleichbarkeitsgründen mit anderen Studien die (tägewise) Nutzungsintensität dargestellt. Sie ist definiert als die Summe der beobachteten Aufenthaltszeiten jedes Individuums in Minuten pro Tag, normiert auf die Anzahl der Beobachtungsstunden des Tages (während und nach der initialen Bewirtschaftung) und die Fläche des beobachteten Grünlands / Wiesenschlags in Hektar mit gleichartiger Nutzung.

Ab dem fünften Folgetag nach der initialen Mahd wurden die Nutzungsintensitäten aufgrund ansonsten geringer Abdeckung in mehrere Tage umfassende Gruppen zusammengefasst (Tage 5 - 9, Tage 10 - 15 usw.). Die Notierweise lautet: Tag der Mahd = Tag 0, Folgetag 1 nach der Mahd ohne Folgebewirtschaftung = Tag  $x + 1$  (ohne), Folgetag 1 nach der Mahd mit Folgebewirtschaftung = Tag  $x + 1$  (mit), usw. Folgetage „mit“ Bewirtschaftung umfassen Beobachtungszeiträume während und im Anschluss an Folgebewirtschaftungen. Tage „ohne“ Bewirtschaftung umfassen Beobachtungszeiträume auf Flächen ohne vorauslaufende Folgebewirtschaftung an diesem Tag. Die Beobachtungszeiträume am Tag  $x + 4$  „ohne Bewirtschaftung“ umfassen somit nicht notwendigerweise nur Nutzungsintensitäten von Flächen, die seit der initialen Mahd bis zum Tag  $x + 4$  keine Folgebewirtschaftungen aufweisen.

Als Referenzen wurden Beobachtungszeiträume von Flächen und Beobachtungstagen herangezogen, die mindestens mehr als 10 Tage nach dem letzten zurückliegenden, bekannten Bewirtschaftungsereignis der jeweiligen Fläche liegen (hohe Flächenzugänglichkeit) und nicht an Flächen mit aktuellen Bewirtschaftungsereignissen angrenzen. Die Referenzen entstammen dem gesamten Aufnahmezeitraum der RNB von April bis Juli.

Für die Auswertung wurde zunächst überprüft, ob es Unterschiede in der Nutzungsintensität zwischen der Art der Bewirtschaftung für die Kategorien „Mahd“, „Wenden“, „Schwaden / Abräumen“, „Ballen Abräumen“ (jede Folgebewirtschaftung zum Abtransport des Mähguts) gab und zwischen diesen Kategorien und Referenzwerten von Flächen ohne aktuelle Bewirtschaftung mit geringer, mittlerer und hoher Flächenzugänglichkeit. Einbezogen wurden alle notierten Bewirtschaftungsereignisse außer „Gülle“ fahren und „Ballen Abräumen“. Erfolgte mehr als ein Folgebewirtschaftungsereignis innerhalb eines Tages, dann flossen die beiden Bewirtschaftungsereignisse jeweils als Einzelwerte in die Analyse ein. Hierfür wurden paarweise Vergleiche mittels Mann-Whitney U-Test angewandt (keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsereignissen  $p > 0,05$ , signifikante Unterschiede zu den Referenzen  $p < 0,01$ ). Ebenfalls mittels paarweiser Vergleiche (Mann-Whitney U-Test) wurde auf Unterschiede zwischen Referenzwerten von Flächen ohne aktuelle Bewirtschaftung mit (a) dem Tag der initialen Mahd und mit (b) Tagen mit sowie (c) Tagen ohne Folgebewirtschaftungsereignisse getestet (Kap. 4.2.1.1).

Für das nächstgelegene Schwarzmilanbrutpaar betrug im UG Freisen / am Mittelgebirgsstandort die Entfernung der bewirtschafteten Flächen im Jahr 2018 ca. 1.500 m und 2019 ca. 3.200 m (Kap. 2.3.4). Gemäß der Seltenheit des Auftretens als Brutvogel im UG Freisen und der räumlichen Distanz ist die Aktivitätsdichte auf den beobachteten Flächen dementsprechend über alle Tage sehr gering und Schlussfolgerungen nicht verallgemeinerbar. Darstellungen zum Schwarzmilan entfallen daher im Rahmen der Auswertungen für das UG Freisen.

### 3.2.2.2 Ermittlung der Attraktivität von Bewirtschaftungsereignissen

#### Vorgehen für die Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt

##### Modellierung der Attraktivität von Bewirtschaftungsereignissen

Der räumliche und zeitliche Effekt von Bewirtschaftungsereignissen auf die Aktivitätsdauer von Rot- beziehungsweise Schwarzmilanen wurde mit einem generalisierten additiven gemischten Modell GAMM unter Verwendung des R package ‚mgcv‘ (Wood 2006) analysiert. Es wurde eine quasi-Poisson-Verteilung angenommen, um die Überdispersion der Daten zu minimieren. Als kategoriale Parameter wurden Tage vor („vor“), während („Tag 0“) und nach einem Bewirtschaftungsereignis („Tag 1“ bis „Tag 5“) sowie die Anbaukultur („Luzerne“, „Grünroggen“, „Gerste“, „Weizen“) und das Untersuchungsgebiet („Hakel“, „Querfurter Platte“) verwendet. Aufgrund der geringen Stichprobe wurden die Beobachtungen auf Erbse, Ackergras, Raps und Roggen beziehungsweise Triticale nicht berücksichtigt. Um die wiederholten Beobachtungen einzelner Flächen und mögliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren sowie tageszeitliche Einflüsse zu berücksichtigen, wurden Flächen-ID, Beobachtungsjahr und Beobachtungsstunde als Zufallseffekte mit aufgenommen.

Als Glättungsfunktionen wurden die Flächengröße und die kürzeste Entfernung zum nächsten besetzten Horst hinzugefügt. Hierfür wurde für alle Flächen mit Raumnutzungsbeobachtungen in den Jahren 2018 bis 2020 die kürzeste Entfernung vom Flächenmittelpunkt zum nächsten besetzten Rotmilan-Horst beziehungsweise Schwarzmilan-Horst des jeweiligen Jahres im GIS bestimmt. Für die Integration des saisonalen Verlaufs als Parameter im Modell wurde eine Kombination aus Beobachtungsdatum und dem Anteil der offenen Fläche im Umkreis von 2 km zum Zeitpunkt der Beobachtung gewählt. Der Radius von 2 km dient der Anpassung des mittleren Offenheitswertes für das gesamte UG (siehe Kapitel 4.1) auf einen einheitlichen Bezugsraum um jede individuelle RNB-Fläche und orientiert sich an dem für die Habitatnutzung von Brutvögeln betrachteten Raumausschnitt (siehe Kapitel 3.2.3.8). Für jede Fläche mit Raumnutzungsbeobachtung wurde ausgehend vom Flächenmittelpunkt im GIS eine Kreisfläche mit 2 km Radius gelegt und mit dem Anbaukulturenlayer, der die Wahrscheinlichkeiten der Offenheit für jede Pentade enthält, verschnitten (siehe Kapitel 3.2.1.1 für die Bestimmung der Offenheit). Innerhalb des Radius wurde für jeden Flächenausschnitt die Flächengröße berechnet. Wald- und Siedlungsflächen wurden nicht berücksichtigt. Diese Flächengrößen wurden dann für jedes Beobachtungsdatum mit der Wahrscheinlichkeit der Offenheit multipliziert. Die Summe dieser Flächenwerte wurde ins Verhältnis mit der gesamten Fläche gesetzt, wobei als Gesamtfläche (100 %) alle landwirtschaftlich genutzten Flächen ohne die beobachtete Fläche gewertet wurden. Auf diese Weise wurde jeder Beobachtung ein Anteilswert an offener Fläche im Umkreis von 2 km zugeordnet. Da Datum und Offenheit hoch korreliert sind, können nicht beide Parameter gleichzeitig im Modell verwendet werden. Daher wurde zunächst der nicht-lineare Zusammenhang zwischen Offenheit und Datum ebenfalls mit einem GAMM für jedes UG separat modelliert, um für jeden Tag einen geschätzten Offenheitswert zu erhalten. Neben dem Datum als Glättungsfunktion wurden hier als Zufallseffekte Flächen-ID und Untersuchungsjahr verwendet. Die Schätzwerte dieser Modellierung wurden als weitere Glättungsfunktion im Modell für die Schätzung der Aktivitätsdauer hinzugefügt und können als Kombination von Offenheit und Datum betrachtet werden. So konnte für die Schätzung der Aktivitätsdauer der Wert für die Offenheit verwendet werden, aus dem für die Darstellung des saisonalen Verlaufs das Datum hervorgeht. Aufgrund der klar abgegrenzten Erntezeitpunkte der verschiedenen Anbaukulturen kann die Aktivitätsdauer nur für den Erntezeitraum der jeweiligen Anbaukultur modelliert werden.

Eine Modellauswahl erfolgte zum einen auf Basis des Akaike's Information Kriterium (AIC), wobei das Modell mit dem kleinsten AIC-Wert als das genaueste definiert ist (Burnham &

Anderson 2002). Zusätzlich wurde die Modellgüte anhand der Abweichung der Schätzwerte von den beobachteten Werten mit einer Korrelation überprüft und dann das Modell mit dem höchsten Korrelationskoeffizienten und gleichzeitig kleinsten AIC-Wert als das beste betrachtet.

### Vergleich der Attraktivität von Maßnahmen- und Referenzflächen

Als Auswertung für das Jahr **2018** wird die (tageweise) Nutzungsintensität (NI) dargestellt. Sie ist definiert als die Summe der beobachteten Aufenthaltszeiten jedes Individuums (min) pro Tag, normiert auf die Anzahl der Beobachtungsstunden des Tages und die Fläche des beobachteten Feldes (mit gleichartiger Nutzung).

Da 2018 nur ein Bewirtschaftungsereignis im Referenzbereich im UG Querfurter Platte beobachtet wurde, wurden aus den Raumnutzungsbeobachtungen **2019 und 2020** Referenzflächen ausgewählt, die zur selben Zeit (innerhalb einer Woche) wie die jeweiligen Maßnahmenflächen bewirtschaftet wurden (Abb. 16 und Abb. 17). Auf diese Weise konnte die Attraktivität während und nach einer Bewirtschaftung zwischen Maßnahmen- und Referenzfläche miteinander verglichen werden.

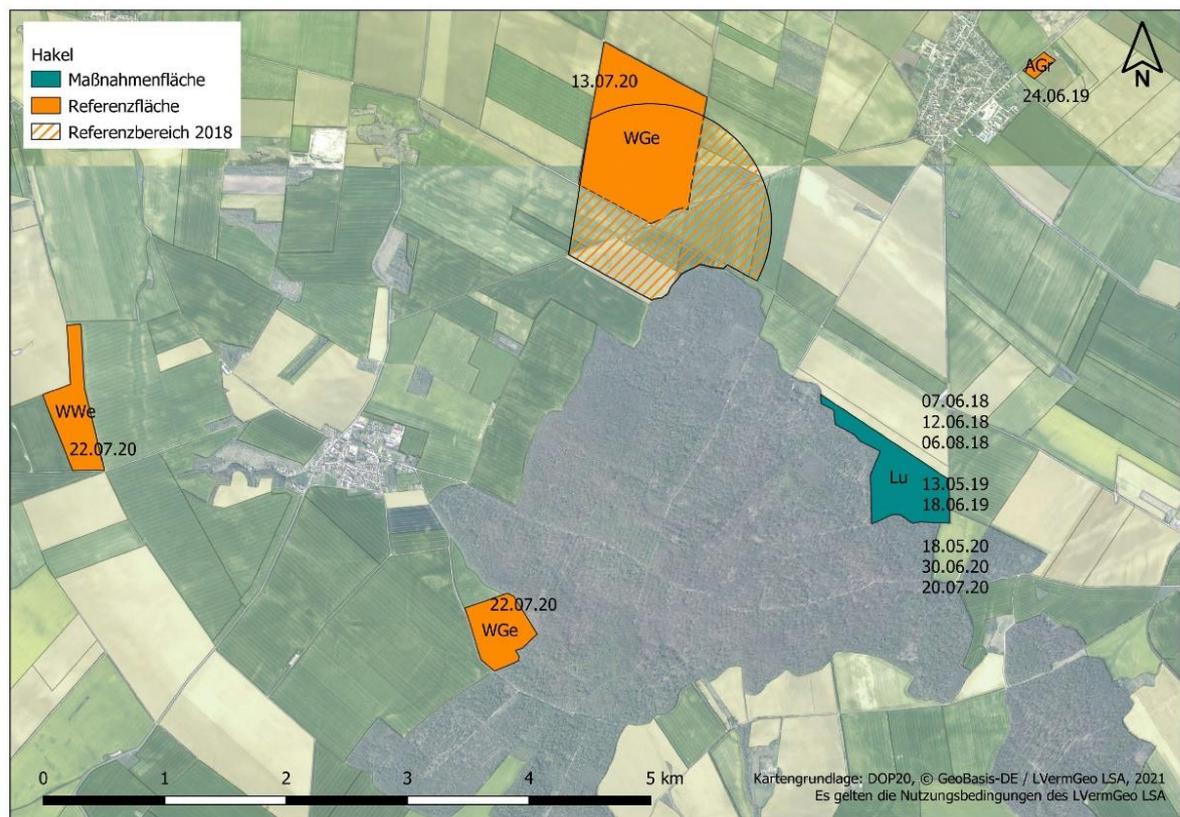


Abb. 16: Maßnahmenfläche und ausgewählte Referenzflächen mit zeitgleicher Bewirtschaftung (Datum des jeweiligen Jahres angegeben) im UG Havel 2018-2020.

Abkürzung Anbaukultur: Lu: Luzerne, AGr: Ackergras, WGe: Wintergerste, WWe: Winterweizen.

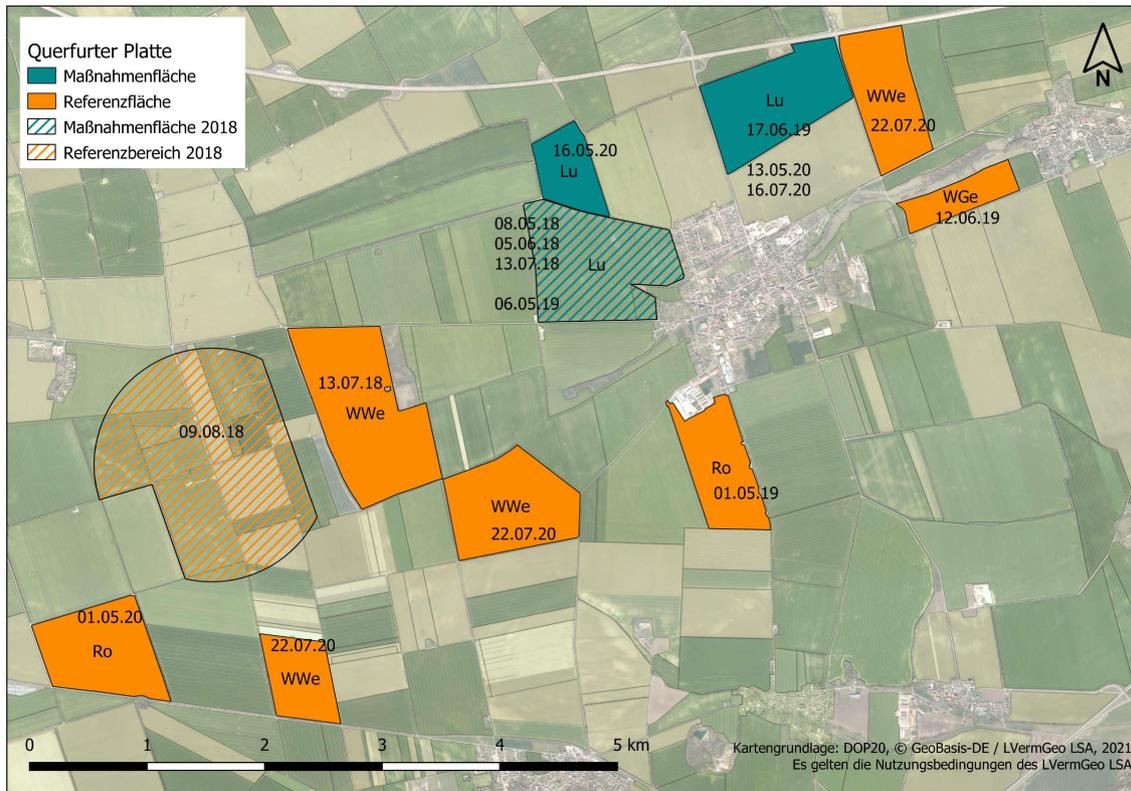


Abb. 17: Maßnahmenflächen und ausgewählte Referenzflächen mit zeitgleicher Bewirtschaftung (Datum des jeweiligen Jahres angegeben) im UG Querfurter Platte 2018-2020.

Abkürzung Anbaukultur: Lu: Luzerne, Ro: Grünroggen, WGe: Wintergerste, WWe: Winterweizen.

Somit lagen für alle Jahre im UG Hakel eine Maßnahmenfläche (mit 125 Beobachtungseinheiten) und vier Referenzflächen (mit 80 Beobachtungseinheiten) und für das UG Querfurter Platte drei Maßnahmenflächen (mit 167 Beobachtungseinheiten) und acht Referenzflächen (mit 119 Beobachtungseinheiten) vor. Alle Flächen wurden bis zu 5 Tage nach einer Bewirtschaftung beobachtet, für zwei Referenzflächen im UG Hakel und sieben im UG Querfurter Platte gibt es Beobachtungen am Bewirtschaftungstag.

Mögliche Unterschiede zwischen der Aktivitätsdauer von Rot- und Schwarzmilanen vor, während und nach einer Bewirtschaftung auf Maßnahmen- und Referenzflächen wurden mit nichtparametrischen Vergleichstests (Mann-Whitney-U-Test und Kruskal-Wallis-Tests mit anschließenden Dunn-Bonferroni-Tests für paarweise Vergleiche) untersucht.

### Vorgehen im Untersuchungsgebiet Freisen

Als Auswertung wird die (tageweise) Nutzungsintensität dargestellt. Sie ist definiert als die Summe der beobachteten Aufenthaltszeiten jedes Individuums in Minuten pro Tag, normiert auf die Anzahl der Beobachtungsstunden des Tages (während und nach der initialen Bewirtschaftung) und die Fläche des beobachteten Grnlands / Wiesenschlags (mit gleichartiger Nutzung).

Im Referenzbereich im UG Freisen wurden 2018 und 2019 eine Vielzahl von Bewirtschaftungsereignissen registriert, deren Mehrzahl jedoch nicht in engem zeitlichem Kontext zur Bewirtschaftung der Mahd auf der Maßnahmenfläche erfolgte oder auf wesentlich kleineren Flächen. Aus den Raumnutzungsbeobachtungen beider Untersuchungsjahre wurden jeweils Referenzflächen ausgewählt, die möglichst zur annähernd selben Zeit (innerhalb einer Woche) wie die Maßnahmenfläche bewirtschaftet wurden sowie annähernd an die Größe des

gleichartig genutzten Maßnahmenbereichs heranreichen. Zudem wurde der Jahresgang einer Fläche ausgewählt, die mit 22 Hektar eine für das UG Freisen überdurchschnittlich große Flächenausdehnung aufweist. Auf diese Weise konnten die Attraktivität während und nach einer Bewirtschaftung sowie im Jahresgang zwischen Maßnahmen- und Referenzflächen miteinander vergleichend dargestellt werden.

Aufgrund der geringen Stichprobenzahl von Bewirtschaftungsereignissen auf der Maßnahmenfläche wird auf eine deskriptive Auswertung und Darstellung abgestellt.

### **3.2.3 Telemetrie**

#### **3.2.3.1 Datenbereinigung und -auswahl**

Für sämtliche Auswertungen, denen Telemetriedaten zu Grunde liegen, wurden Ortungen, welche folgende Kriterien erfüllten, als fehlerhaft gelöscht:

- Koordinaten nicht vorhanden (‚Longitude‘ oder ‚Latitude‘ = 0)
- Datum nicht vorhanden (‚UTC\_date‘ = 0)
- hdop (Abnahme der Horizontalgenauigkeit mit größerem Index > 10)
- satcount (Zahl der Satelliten) < 3

Ortungen mit einem hdop größer 10 lassen keine zuverlässige Auswertung mehr zu; der bestmögliche hdop-Wert liegt bei „1“. Messungen, an denen weniger als drei Satelliten beteiligt waren, müssen ebenfalls als ungenaue Ortung verworfen werden. Meist trafen für Ortungen ohne Koordinaten zugleich weitere Ausschlusskriterien zu.

Die Datenbasis für Auswertungen der Telemetriedaten bildete der Untersuchungszeitraum zwischen der Ankunft eines Individuums im Brutgebiet +1 Tag (bei Standvögeln: 1. März) und dem Wegzug ins Winterquartier -1 Tag beziehungsweise spätestens der 20. August eines Jahres. Alternativ wurde im Falle eines festgestellten Todestages beziehungsweise Todeszeitpunktes ebenfalls bis -1 Tag ausgewertet. Die Monate September bis Februar wurden nicht explizit betrachtet.

Für manche Auswertungen wurde dieser Basisdatensatz reduziert (z. B. Exklusion von Nachtpeilungen, Ortungen im Nahbereich des Horstes, inaktive Ortungen (Vogel sitzt) oder längere Ausflüge).

#### **3.2.3.2 Genauigkeit der Ortungen**

Für den Genauigkeitstest unter Feldbedingungen wurden die Sender der Vögel 181005-Hanabi und 181003-Helge betrachtet. Die Sender befanden sich stationär und unbewegt im Gelände, einer in Portugal (vom Rotmilan Hanabi abgeworfen) und der andere in Frankreich (Rotmilan Helge verstorben, mit Sender liegend). Insgesamt konnte der Sender aus Portugal noch 2.261 GPS-Ortungen übertragen, der aus Frankreich 908 GPS-Ortungen.

Aus der Punktwolke der GPS-Ortungen der Einzelvögel wurden der geometrische Mittelpunkt und dessen Distanz zu den GPS-Ortungen berechnet. Tab. 16 zeigt die Kennwerte zur Abweichung der GPS-Punkte zum wahrscheinlichen Standort des Senders. Der Median der Abweichungen der einzelnen Ortungen lag bei 7 m beziehungsweise 12 m, der Mittelwert bei 11 m beziehungsweise 23 m. Je enger die Taktung der aufeinanderfolgenden Ortungen, desto genauere Positionen wurden ermittelt. Ortungen in größeren Abständen (verlängerte Ortungsintervalle nachts oder bei geringer Akkuladung) hatten aufgrund des Kaltstarteffektes höhere Abweichungen, hinzu kamen Fehlortungen aufgrund geringer Satellitenabdeckung bei diesen separaten Ortungen.

Da die Mittelwerte und Mediane gut mit den Streuungswerten der sitzenden Vögel in Gehölzreihen korrespondierten, wurde für die Separierung von Ortungen im Horstbereich oder anderen lokalen Aufhalten ein Umkreis von 25 m Radius definiert.

Tab. 16: Abweichung der GPS-Ortungen zum wahrscheinlichen wahren Standort (geometrischer Mittelpunkt) am Beispiel von zwei stationären Sendern unter Feldbedingungen.

	<b>181005-Hanabi</b>	<b>181003-Helge</b>
Anzahl GPS-Punkte	2.264	908
Mittelwert	11,1 m	22,9 m
Median	7,0 m	11,9 m
Standardabweichung	21,5	73,2
Minimum	0,2 m	0,1 m
Maximum	804,8 m	1.351,9 m

### 3.2.3.3 Harmonisierung der Ortungsintervalle

Bei Verwendung der Geofence-Option werden innerhalb der festgelegten Geofence Ortungen in kürzeren Zeitabständen aufgenommen. Diese Ortungen eignen sich für gezielte Auswertungen (z. B. Anwesenheit auf Mahdflächen). Für die meisten Auswertungen ist es jedoch von Vorteil, Ortungen eines einheitlichen Ortungsintervalls zu verwenden, zumal dies bei hinreichender Größe auch die Autokorrelation der Ortungen verringert. Obwohl die Sender auf 300- beziehungsweise 600-Sekunden-Taktung programmiert waren, wich das Ortungsintervall zwischen zwei GPS-Punkten technisch bedingt häufiger davon ab und ergab auch Werte < 300 Sekunden. Zur Harmonisierung der Ortungsintervalle wurde deshalb eine Stunde in 12 5-Minuten-Intervalle unterteilt und pro 5-Minuten-Intervall nur eine Ortung berücksichtigt. Im Idealfall konnten so pro Stunde 12 Ortungen herangezogen werden.

### 3.2.3.4 Flugaktivität vs. Inaktivität

Hochauflösende GPS-Daten erlauben Einblicke in das Flugverhalten von besenderten Rot- und Schwarzmilanen. Um zwischen flugaktiven von inaktiven Vögeln zu unterscheiden, werden in verschiedenen Studien über mit GPS-Sendern ausgestattete Greifvögel Schwellenwerte der Geschwindigkeit zwischen 5 und 10 km/h angenommen (Nathan et al. 2012, Silva et al. 2017, Heuck et al. 2019). Um den Grenzwert zu verifizieren, wurden Ortungen bestimmt, die sitzenden und damit inaktiven Sendervögeln zugeordnet werden konnten. Hierfür wurden sowohl für Rotmilane als auch für Schwarzmilane aus den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt und allen drei Jahren zufällig 20 Gehölze ausgewählt und alle Ortungen im 25-m-Radius um das jeweilige Gehölz aufgenommen. Anflug und Abflug wurden ausgeschlossen und nur zusammenhängende Zeiträume von mindestens drei aufeinanderfolgenden Ortungen berücksichtigt.

In Abb. 18 ist die Verteilung der auf diese Weise erfassten Geschwindigkeitswerte von 1.331 Ortungen von 16 Individuen von Rotmilanen und 1.010 Ortungen von 9 Individuen von Schwarzmilanen dargestellt. Einige Individuen waren mehrere Jahre besendert und wurden daher mehrmals verwendet. 99,5 % der Ortungen bei sitzenden Rotmilanen und 99,6 % der Ortungen bei sitzenden Schwarzmilanen wiesen einen Geschwindigkeitswert zwischen 0 und 7 km / h auf, wobei die Geschwindigkeiten zwischen 4 km / h und 7 km / h deutlich seltener beobachtet wurden (Abb. 18). Aufgrund dieser Verteilung der Geschwindigkeitswerte bei sitzenden Vögeln wurden in der weiteren Auswertung alle Ortungen mit Geschwindigkeiten < 8 km / h als Sitzen beziehungsweise Inaktivität und Geschwindigkeiten  $\geq$  8 km / h als Flugaktivität gewertet.

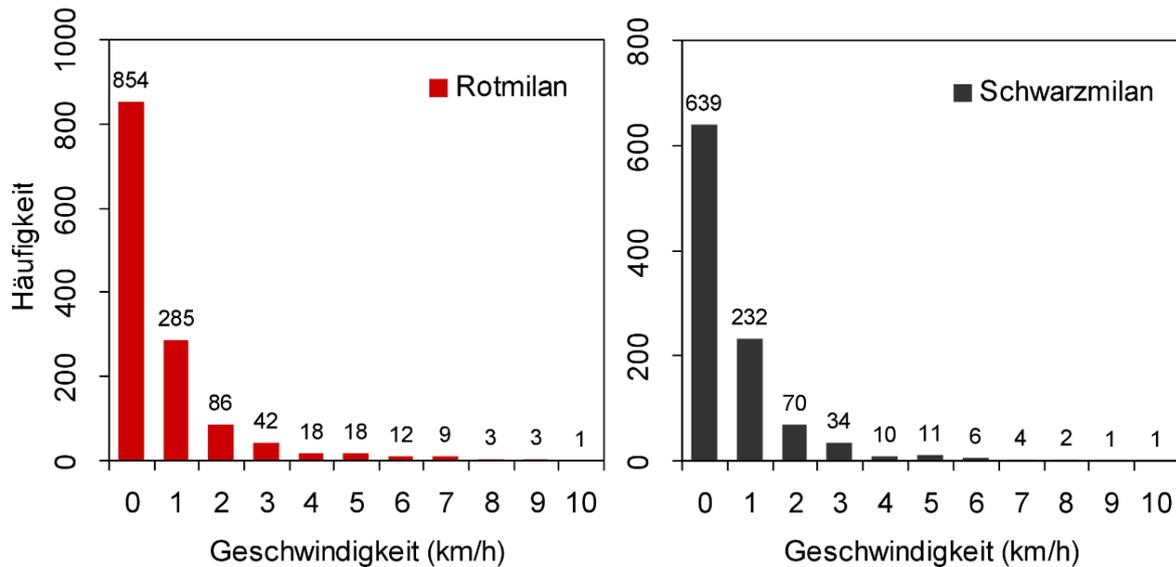


Abb. 18: Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeitswerte bei in (jeweils 20 verschiedenen) Gehölzen sitzenden Rotmilanen (n = 16) und Schwarzmilanen (n = 9) im UG Hakel und UG Querfurter Platte zwischen 2018 und 2020.

Auf diese Weise konnte für jeden Sendervogel die Flugaktivität in den beiden UGs im Tagesverlauf beziehungsweise Saisonverlauf berechnet werden, wobei als Tag die Zeit zwischen 5 und 21 Uhr MESZ definiert wurde. Um die tägliche Flugaktivität minutengenau zu erfassen, wurde die gesamte Flugzeit aller besenderten Vögel bestimmt. Hierfür wurden aufeinanderfolgende Ortungen im GIS mit einer Linie verbunden und die Zeit, die zwischen den Ortungen lag, dieser Linie zugeordnet. Als Geschwindigkeit wurde der Geschwindigkeitswert der zweiten Ortung übernommen und alle Linien mit einem Geschwindigkeitswert  $\geq 8$  km/h als flugaktiv gewertet. So konnte für jeden Sendervogel die Summe aller flugaktiven Minuten pro Tag beziehungsweise pro Tagestunde berechnet werden und im Verlauf der Saison dargestellt werden. Hierfür wurden die Mittelwerte ( $\pm$  SD) monatsweise und für Monatsdekaden zwischen 1. März und 20. August gebildet. Auf Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen beziehungsweise Nichtbrütern und Brutvögeln wurde mit nichtparametrischen Vergleichstests (Mann-Whitney-U-Test) getestet.

### 3.2.3.5 Bestimmung der Aktionsräume

Die Aktionsräume wurden mit Hilfe des R-package adehabitatHR (Calenge 2006) berechnet. Grundlage war der auf 5-min-Intervalle harmonisierte Datensatz der Ortungen.

Die Überwinterungszeit wurde von der Analyse ausgenommen. Der Auswertungszeitraum begann jeweils am Tag nach der Besenderung der Milane und in den Folgejahren mit der Rückkehr aus dem Überwinterungsgebiet (beginnend 1 Tag nach Ankunft) beziehungsweise bei Standvögeln am 1. März. Der Auswertungszeitraum endete am 20. August oder, sofern dies vorher eintrat, mit dem Wegzug (1 Tag vor Abflug endend) beziehungsweise in einigen Fällen mit dem Tod des Sendervogels. Ausflüge, die mindestens 2 Tage dauerten und bei denen sich die Vögel mehr als 50 km von ihrem Horst (Brutvögel) oder ihrem letzten Schlafplatz (Nichtbrüter) entfernten, wurden für die Berechnungen ausgeschlossen. Für einige Nichtbrüter, die erkennbar vagabundierten und kein festes Aufenthaltsgebiet aufwiesen, wurde kein Home Range berechnet.

Mittels Kernel-Density-Schätzung (KDE) unter Verwendung der Utilization Distribution (UD)

wurden das 95 %, 60 % und 50 % Home Range ermittelt und die Ergebnisse in QGIS visualisiert. Als Parameter wurden  $h = h_{ref}$  und  $grid = 500$  verwendet. Da nicht zum Home Range gehörende Ausflüge sowie Zug und Überwinterung vorher bereits aus dem Datensatz ausgeschlossen wurden, war die Robustheit dieses Verfahrens ausreichend. Neben dem Home Range für den Gesamtzeitraum jedes Untersuchungsjahres wurden pro Jahr und Individuum auch Home Ranges für mit dem Brutverlauf assoziierte saisonale Phasen berechnet, sofern für die entsprechende Phase mindestens 50 GPS-Ortungen vorlagen:

- Phase 1 (Vorbrutzeit mit Revierbesetzung und Brutbeginn): Ankunft bis 30.04.
- Phase 2 (Brutzeit): 01.05 - 15.07.
- Phase 3 (endende Versorgung Ästlinge und Nachbrutzeit): 16.07.- 20.08.

### **3.2.3.6 Entfernung der Ortungen zum Horst**

Für alle besenderten Brutvögel wurde für jede Flugortung (Geschwindigkeiten  $\geq 8$  km/h) die Distanz zum Horst berechnet. Als Betrachtungszeitraum wurde jeweils nur die Zeitspanne gewählt, in der die Vögel einen Horstbezug hatten, das heißt den Horst regelmäßig angeflogen haben. Bei vielen Vögeln war dies auch nach dem Ausfliegen der Jungvögel der Fall. Die Entfernungen wurden in 50-m-Abstandsklassen eingeteilt. Die Anzahl der Ortungen, die auf den jeweiligen Bereich entfiel, wurde als prozentualer Anteil bezogen auf die Gesamtzahl der Ortungen berechnet. Zur Darstellung der Verteilung der Häufigkeit der Ortungen über die Entfernung wurden die Prozentwerte kumuliert.

### **3.2.3.7 Attraktivität von Bewirtschaftungsereignissen**

#### **Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte**

#### **Modellierung auf Basis von Präsenz und Anwesenheitsdauer bei Mahd**

Für eine Bewertung des räumlichen Wirkungsumfangs von Bewirtschaftungsereignissen wurden alle Flächen mit bekanntem, taggenauen Mahddatum im UG Hakel und UG Querfurter Platte ausgewählt. Hierfür wurden die Beobachtungen der Mahdroute verwendet und für 2018 und 2019 zusätzlich die Flächen miteinbezogen, für die mittels Fernerkundung der Mahdzeitraum auf einen Tag eingegrenzt werden konnte (siehe Kapitel 4.2.2). Alle Mahdflächen, die vor der Besenderung der Milane bewirtschaftet wurden, konnten für den jeweiligen Vogel nicht berücksichtigt werden. Für Nichtbrüter wurden außerdem nur die Mahdflächen aufgenommen mit Mahdtagen, an denen die Vögel im UG anwesend waren, da sie nur dann eine Bewirtschaftung überhaupt bemerken konnten. Aufgrund der geringen Stichprobe wurden die Nachweise auf Erbsenfeldern nicht verwendet. Für jede Fläche wurde die Entfernung vom Flächenmittelpunkt zum Horst der im jeweiligen Jahr brüteten Rot- und Schwarzmilane berechnet. Für Nichtbrüter wurde die Entfernung zum Schlafplatz in der Nacht vor der Mahd bestimmt. Hierfür wurden die Ortungen zwischen 0 und 2 Uhr MESZ am Tag der Mahd ausgewählt und die Gehölzgruppe, auf die die Ortungen entfielen, als Schlafplatz definiert. Insgesamt wurden Daten von 22 Rotmilanen (7 Weibchen, 15 Männchen) ausgewertet. Da manche Vögel mehrere Jahre beobachtet wurden und nicht jedes Jahr brüteten, lagen für Weibchen nach Brutsaison betrachtet 8 Saisons als Brutvögel und 1 als Nichtbrüter, und für Männchen 11 Saisons als Brutvögel und 11 als Nichtbrüter vor. Von insgesamt 12 Schwarzmilanen (7 Weibchen, 5 Männchen) lagen für Weibchen nach Brutsaison betrachtet 10 Saisons als Brutvögel und keine als Nichtbrüter, und für Männchen 5 Saisons als Brutvögel und 2 als Nichtbrüter vor.

Für jeden Sendervogel wurde dann codiert, ob er während der Mahd beziehungsweise bis max. 3 Tage nach der Mahd auf der jeweiligen Mahdfläche anwesend (Präsenz = 1) war oder

nicht (Absenz = 0). Auf diese Weise wurden für Rotmilane auf 335 verschiedenen Flächen insgesamt 239 Anwesenheiten und 987 Abwesenheiten, für Schwarzmilane auf 458 Flächen 384 Anwesenheiten und 917 Abwesenheiten während einer Mahd registriert.

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird, wurde dann mit einem generalisierten linearen gemischten Modell (GLMM) unter Verwendung des R package ‚arm‘ (Gelman & Su 2013) modelliert. Als Parameter wurde die Anbaukultur verwendet, wobei nur zwischen Luzerne, Getreide (inklusive Flächen, die vor dem 20.06. als Grünschnitt geerntet wurden) und Raps unterschieden wurde. Da sich die Entfernungen für Brutvögel und Nichtbrüter stark unterschieden (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ) wurde der Brutstatus als Interaktion mit der Entfernung zu Horst beziehungsweise Schlafplatz integriert. Weiter wurden die Flächengröße und das Beobachtungsdatum hinzugefügt. Zur Berücksichtigung von wiederholten Beobachtungen einzelner Sendervögel und möglichen Unterschieden zwischen den Untersuchungsjahren und den Untersuchungsgebieten wurden Vogel-ID, Beobachtungsjahr und Untersuchungsgebiet als Zufallseffekte mit aufgenommen.

Um die zeitliche Dauer der Anlockwirkung von Bewirtschaftungsereignissen auf die besenderten Rotmilane zu bewerten, wurden die tägliche Aufenthaltsdauer beziehungsweise Suchflugzeit über Flächen, für die das Bewirtschaftungsdatum taggenau bekannt war, aus den Daten der flugaktiven Tageswerte ermittelt. Als Flächen wurden die Mahdflächen ausgewählt, auf denen zuvor die Anwesenheit von Rotmilanen nachgewiesen wurde. Für jeden anwesenden Beobachtungstag, der dem Bewirtschaftungsereignis zugeordnet werden konnte, wurden die aktiven Flugminuten übernommen. Es wurden auch die Aufenthaltszeiten mehrerer Tage vor und nach der Mahd einbezogen. Auf diese Weise wurde ein ähnlicher Datensatz wie bei der Raumnutzungsbeobachtung für das Verhalten von Individuen generiert, der die Aktivitätsdauer von Rotmilanen vor, während und bis zu 5 Tage nach einem Bewirtschaftungsereignis abbildet. In der Kategorie „vor“ einer Bewirtschaftung wurden Beobachtungstage bis max. 16 Tage vor der Mahd aufgenommen. Beobachtungstage ab dem 6. Tag wurden bis max. 15 Tage nach der Mahd in der Kategorie „> 5“ zusammengefasst. In beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt konnte die Flugaktivität an insgesamt 924 Beobachtungstagen von 21 Rotmilanen (7 Weibchen, 14 Männchen) für 169 Mahdflächen zugeordnet werden. Einige Rotmilane wurden mehrere Jahre beobachtet und nicht alle brüteten jedes Beobachtungsjahr, so dass für Weibchen nach Brutsaison betrachtet 6 Saisons als Brutvögel und 1 als Nichtbrüter, und für Männchen 7 Saisons als Brutvögel und 8 als Nichtbrüter vorlagen.

Der räumliche und zeitliche Effekt von Bewirtschaftungsereignissen auf die Aktivitätsdauer von Rotmilanen wurde wieder mit einem generalisierten additiven gemischten Modell (GAMM) unter Verwendung des R package ‚mgcv‘ (Wood 2006) analysiert. Als kategoriale Parameter wurden Tage vor („vor“), während („Tag 0“) und nach einem Bewirtschaftungsereignis („Tag 1“ bis „Tag 5“) sowie die Anbaukultur verwendet. Auch in diesem Datensatz wurde kein Unterschied zwischen der Art der Bewirtschaftung (Mahd, Folgebewirtschaftung und Bodenbearbeitung) und der Aktivitätsdauer für Rotmilane (Kruskal-Wallis Test:  $\chi^2 = 4,01$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,13$ ) festgestellt. Daher wurde jeder Tag mit Bewirtschaftung und jede Art von Bewirtschaftung als „Tag 0“ gewertet. Die beobachteten Flächen verteilen sich auf die Anbaukulturen „Luzerne“ (10 Flächen mit 116 Beobachtungstagen), „Getreide“ (114 Flächen mit 583 Beobachtungstagen), „Raps“ (34 Flächen mit 158 Beobachtungstagen) und „Grünschnitt“ (11 Flächen mit 67 Beobachtungstagen), wobei hierunter vor allem Grünroggen, aber auch anderes grün geerntetes Getreide und Ackergras zusammengefasst wurde.

Als Glättungsfunktionen wurden die Flächengröße und die Offenheit in der Umgebung hinzugefügt. Hierfür wurde der Anteil der offenen Fläche bezogen auf das gesamte UG zum

Zeitpunkt der Mahd für das jeweilige Jahr und UG (siehe Tab. 14, Kap. 4.1) verwendet. Weiter wurde die Entfernung zum Horst (für Brutvögel) beziehungsweise die Entfernung zum Schlafplatz in der Nacht vor der Mahd (für Nichtbrüter) hinzugefügt. Diese Entfernungen lagen für jede Mahdfläche bereits durch die Datenaufbereitung für die Modellierung der Anwesenheit bei der Mahd vor (siehe oben). Da sich die Entfernungen für Brutvögel und Nichtbrüter stark unterschieden (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ , Abb. 73) wurde der Brutstatus als Interaktion mit der Entfernung zu Horst beziehungsweise Schlafplatz integriert. Die Aktivitätsdauer selbst unterschied sich nicht zwischen Brutvögeln und Nichtbrütern (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,10$ ). Auch war kein Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgebieten feststellbar (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,18$ ). Um die wiederholten Beobachtungen einzelner Flächen sowie einzelner Sendervögel und mögliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten und -jahren zu berücksichtigen, wurden Flächen-ID, Vogel-ID, UG und Beobachtungsjahr als Zufallseffekte mit aufgenommen.

### **Sektorale Verteilung der Ortungen am Mahdtag**

Als zweiter Ansatz zur Beurteilung der Lenkungswirkung von Mahdflächen für Brutvögel wurde (neben dem auf die Mahdfläche entfallenden Anteil der täglichen Flugzeit) für die Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt die sektorale Nutzung des Landschaftsraumes zwischen Horst und Mahdfläche betrachtet. Geprüft wurde, ob sich die räumliche Verteilung der Ortungen am Mahdtag anders darstellt als in der gesamten Brutsaison, ob sich also die Raumnutzung nachweisbar in Richtung zur Mahdfläche hin verlagert. Die gesamte Brutsaison dient als Vergleichswert, da viele Individuen einen bestimmten Bereich um ihren Horst bevorzugt anfliegen und dann die Lenkungswirkung nicht der Mahdfläche zugeschrieben werden kann. Würde sich auf dieser Basis eine grundsätzlich bestehende Lenkungswirkung zeigen, könnten sich detailliertere Analysen anschließen.

Der Ausgangsdatensatz umfasste die Mahdflächen aller Untersuchungsjahre, auf denen am Mahdtag mindestens ein besonderer Brutvogel anwesend war. Berücksichtigt wurden nur flugaktive Ortungen (Geschwindigkeit  $\geq 8$  km) und nur Brutvögel, für die mindestens 25 flugaktive Ortungen am Mahdtag registriert wurden. Damit ergab sich eine Stichprobe für Rotmilane von 42 Mahdflächen und für Schwarzmilane von 142 Mahdflächen verschiedener Anbaukulturen (Luzerne, Getreide und Raps).

Vom Horst des jeweiligen Sendervogels als Nullkoordinate ( $x=0$ ,  $y=0$ ) ausgehend wurde als gepaarte Stichprobe für alle Ortungen des Mahdtages sowie für alle Ortungen innerhalb des Home Ranges des jeweiligen Vogels im aktuellen Jahr (saisonale Abgrenzung des Zeitraumes und Datenbereinigung analog zu Home Range gesamt in Kap. 3.2.3.1) mit R der Winkel im Bogenmaß bestimmt. Als  $0^\circ/360^\circ$ -Bezug diente die Achse zwischen Horst und Mahdflächen-Mittelpunkt. Für jede Mahdfläche ergab sich damit ein eigenes Bezugssystem. Die Daten wurden als  $180^\circ$ -Sektoren von  $270^\circ-90^\circ$  als „Mahdfläche zugewandt“ und von  $90^\circ-270^\circ$  als „Mahdfläche abgewandt“ zusammengefasst.

Die Anzahl der Ortungen wurden als Anteilswert bezogen auf die Gesamtanzahl der Ortungen sowohl am Mahdtag als auch im gesamten Jahr berechnet und getrennt nach Anbaukultur dargestellt. Auf Unterschiede wurde mit nichtparametrischen Vergleichstests (Mann-Whitney-U-Test) getestet. Von einer Ablenkungswirkung kann ausgegangen werden, wenn am Mahdtag ein signifikant höherer Anteil der Ortungen im der Mahdfläche zugewandten Bereich liegt, als es durch die Verteilung der Ortungen im gesamten Jahr zu erwarten wäre.

### **Analysen im Untersuchungsgebiet Freisen**

Im Rahmen der Analysen für das UG Freisen wird mittels iSSM-Methode („integrated step

selection methods“) untersucht, wie stark die Attraktionswirkung von bestimmten Bewirtschaftungsereignissen (Mahd / Umbruch) auf besenderte Rotmilanindividuen ist, und wie lange dieser Effekt anhält.

Hierfür wurden spezifische Auswertungsmethoden entwickelt. Zugrunde liegen GPS Ortungs-Daten von 4 verschiedenen Rotmilanen (Brutvögel) aus zwei unterschiedlichen Jahren. Diese Daten wurden auf diejenigen Punkte eingeschränkt, die innerhalb des 2 km Radius um den jeweiligen Horst lagen, was für 22.244 Punkte der Fall war. Der Anteil der Daten bezüglich der unterschiedlichen Tiere beziehungsweise Jahre variiert stark.

Aufgrund der geringen Anzahl an Individuen, der Beprobung nur eines Gebietes, und der heterogenen Datendichte zu den unterschiedlichen Individuen (vgl. Tab. 13) ist eine Übertragbarkeit der im nachfolgenden Kapitel 4.2.2. beschriebenen Ergebnisse auf andere Gebiete/Individuen nur eingeschränkt möglich.

Vor der finalen Analyse der Daten wurden diese für die Regressionsmethode wie nachfolgend dargestellt aufbereitet.

- Daten-Regularisierung. Wahrung homogener Zeitabstände zwischen den Trackingpunkten (vgl. Avgar et al. 2016, Signer et al. 2019). Da die Daten relativ regulär (5 Minuten  $\pm$  30 Sekunden) waren, änderte dieser Schritt die Datengrundlage nur marginal.
- Available locations. Neben den echten Ortungspunkten wurden auch solche generiert, die der Vogel hätte wählen können (diesem also prinzipiell zur Verfügung standen) aber nicht gewählt hat. Diese quantifizieren die Verfügbarkeit der unterschiedlichen Habitattypen. Die Punkte basieren auf den Bewegungscharakteristika der einzelnen Tiere, unter Annahme einer Gammaverteilung für die Schrittgrößen sowie einer von Mises-Verteilung für die Drehwinkel (Avgar et al. 2016, Signer et al. 2019). Es wurden 40 available locations per used location generiert, was in der Regel eine mehr als ausreichende Anzahl ist (Mercker et al. 2021).
- Variable dist\_horst. Messung der Distanz zum individuellen Horst. Mittels AIC-basierendem Modellvergleich wurde sichergestellt, dass die Variable untransformiert die Abhängigkeiten besser beschreibt als in log- oder Quadratwurzel-transformierter Form.
- Variable area. Flächengröße (in km<sup>2</sup>) zu jeder Fläche in die der jeweilige Punkt gefallen ist. Berechnung direkt aus den Shapefiles mit anschließender Prüfung über einen AIC-basierten Modellvergleich, ob sie untransformiert die Abhängigkeiten besser beschreibt als in log- oder Quadratwurzel-transformierter Form.
- Variable dist\_bound. Diese Variable misst für jeden Punkt den kürzesten Abstand zu einer Grenzlinie zwischen unterschiedlichen Flächen. Auch diese Variable wurde einem AIC-basierten Modellvergleich unterzogen (siehe oben).
- Variable Umbruch / Mahd. Basierend aus den Informationen in den Shapefiles misst diese Variable kategorial für jeden Punkt, ob er in ein Orts-Zeitfenster fällt in dem ein Umbruch oder eine Mahd stattgefunden hat (Wert 1) oder nicht (Wert 0).
- Variable Umbruch2 / Mahd2. Basierend aus den Informationen in den Shapefiles misst diese Variable für jeden Punkt die Länge des dazugehörigen Zeitfensters (in Tagen) in dem ein Umbruch / eine Mahd stattgefunden hat, beziehungsweise bestimmt die Länge des Zeitfensters innerhalb dessen das Ereignis durch Methodenkombination eingegrenzt werden kann. Fiel ein Punkt nicht in ein solches Zeitfenster, nimmt diese Variable den Wert 0 an.

- Variable Umbruch3 / Mahd3. Diese Variable reflektiert mögliche Formen der zeitlichen Abnahme der Nutzungsintensität nach dem Umbruch- / Mahd-Bewirtschaftungsereignis.
- Variable M\_type / U\_type. Diese Variable ist kategorischer Natur und misst ob zum gegebenen Zeitpunkt die Wahrscheinlichkeit für 0,1,2,3 oder größer gleich 4 gleichzeitige Mahd-/ Umbruch-bedingte Attraktionsereignisse am höchsten ist.
- Variable Homerange\_area. Diese Variable misst die Fläche des täglichen Home Ranges (als 80 % oder 95 % Utilization Distribution (UD)) basierend auf einer Kernel-Density-Schätzung.

Aufgrund der geringer als erwünscht ausfallenden Datendichte wurden alle iSSM Analysen bezüglich der Mahd und des Umbruchs zunächst basierend auf den Daten aller Individuen ausgewertet. Zusätzlich wurden Variablen wie z. B. Distanz zum Horst, Distanz zu Randstrukturen, usw. auch Individuen-spezifisch analysiert.

### **Berücksichtigung der Unschärfe bezüglich der Zeitfenster von Mahd und Umbruch**

Die Bewirtschaftungsereignisse (Mahd / Umbruch) waren insbesondere aufgrund der teils geringen Verfügbarkeit nutzbarer Satellitenbilder in den entscheidenden Sommermonaten nur in vergleichsweise wenigen Fällen (ca. 50 Ereignisse) taggenau bestimmbar (vgl. Abb. 102, Anhang 3). Um trotzdem das Datenkollektiv (z. B. liegen größer 300 Ereignisse innerhalb von 6 Tagen) möglichst vollständig zu nutzen, wurden die im Folgenden detailliert beschriebenen Ansätze entwickelt.

Die Grundidee der entwickelten Ansätze ist, dass die variierende Länge der oben genannten Zeiträume T (gemessen in Tagen) dafür genutzt wird, das Abklingverhalten der Attraktion zu analysieren. Je größer T ist, desto mehr Tage liegen in diesem Zeitfenster, an denen das Ereignis nicht stattgefunden hat. Die Attraktion sollte entsprechend geringer ausfallen. Somit kann man prinzipiell die Attraktionsstärke A ("relative intensity of use", Fieberg et al. 2021) in Abhängigkeit von T betrachten, das heißt, den funktionalen Zusammenhang zwischen T und A über eine Regression abschätzen, um dann A u. a. für den Fall T = 1 zu betrachten / zu extrapolieren, also für den Fall, dass das Ereignis auf den Tag genau abgeschätzt werden kann.

Um die Ergebnisse bestmöglich abzusichern, wurden zwei unterschiedliche Auswertungsmethoden entwickelt, die im Folgenden detailliert dargestellt sind.

#### **Methodenvariante 1**

Berechnung des "Abklingverhaltens":

Grundannahme ist, dass der Tag des Ereignisses im Mittel in der Mitte des Intervalls I mit der Länge T liegt. In diesem Fall liegt in der ersten Hälfte der Tage von I eine normale Attraktionswirkung auf die Rotmilane vor, dann in der Mitte eine starke Attraktion, die dann im Laufe der Zeit wieder abfällt. Hier wird davon ausgegangen, dass die Attraktion j Tage nach dem Bewirtschaftungsereignis auf gleichem Level bleibt, und ab Tag j + 1 nach dem Bewirtschaftungsereignis pro Tag um den Faktor  $\alpha$  wieder abfällt. Am Tag i des Ereignisses bis hin zum Tag i + j liegt also die Attraktion A, am Tag i + j + 1 dann die Attraktion  $A_{i+j+1} = \alpha A$ , am Tag danach die Attraktion  $A_{i+j+2} = \alpha^2 A$ , usw.

Wie hoch der Wert  $\alpha$  und die Zahl j sind, ist a priori nicht bekannt, sondern wird anhand der Daten näherungsweise ermittelt.

Werden nun ein Wert  $\alpha$ , ein Wert j und eine Zeitraumlänge T vorgegeben, so kann der Mittelwert der Attraktionen im gesamten Zeitfenster numerisch berechnet werden.

Beispiel: bei  $T = 5$ ,  $\alpha = 0.5$ ,  $j = 0$  und  $A = 1$  (der letzte Wert kann beliebig gewählt werden<sup>3</sup>) sind die Werte für  $A$  an den unterschiedlichen Tagen:  $0-0-1-0.5-0.25$  und der Mittelwert liegt bei  $0.3$  (unter der Annahme, dass das Ereignis in der Mitte des Zeitraumes stattfindet, was unabhängig vom Einzelfall im Mittel etwa stimmen sollte). Dieser Mittelwert in Abhängigkeit von  $T$  spiegelt sich in den Daten wider: für jede Intervalllänge  $T$  (gegeben durch die Variablen  $Mahd2$  beziehungsweise  $Umbruch2$  – siehe oben) kann eine mittlere Attraktionswirkung bezogen auf diese Zeitraumlänge  $T$  mittels iSSMs ermittelt werden. Diese aus  $T$  berechneten Mittelwerte werden durch die Variablen  $Mahd3$  beziehungsweise  $Umbruch3$  (siehe oben) beschrieben, hängen aber immer noch von  $\alpha$  ab, dessen Wert a priori nicht bekannt ist<sup>4</sup>.

Das optimale  $\alpha$  und  $j$  kann nun (separat für  $Mahd$  und  $Umbruch$ ) mittels Modell-Vergleich bestimmt werden. Insbesondere werden bei den oben genannten Berechnungen von  $Mahd3$  beziehungsweise  $Umbruch3$  die Werte  $\alpha = 0.9, 0.8, \dots, 0.1$  in allen möglichen Kombinationen mit  $j = 1, 2, \dots, 15$  verwendet, und entsprechende iSSMs mittels AIC (Akaike Information Criterion, vgl. Akaike 1973) miteinander verglichen. Das bestgeeignete Modell wird dann über den niedrigsten AIC-Wert ausgewählt (Zuur et al. 2007, Field et al. 2012, Zuur et al. 2009). Der entsprechende Wert  $j$  sagt uns dann wie lange die Attraktion etwa unverändert erhalten bleibt und der Wert  $\alpha$  sagt uns, um welchen Faktor die Attraktion danach pro Tag sinkt.

Berechnung der Attraktivität am Tag des Ereignisses:

Mittels iSSM Analyse wird über den zu  $Mahd3$  (beziehungsweise  $Umbruch3$ ) gehörigen Regressionskoeffizienten  $\beta$  die Aussage des relativen Anstiegs der Attraktion pro Einheit Anstieg in  $Mahd3$  beziehungsweise  $Umbruch3$  erzielt [Fieberg et al. 2021]. Bspw. würde ein Wert von  $\exp(\beta) = 1.5$  bedeuten, dass pro Einheit Anstieg von  $Mahd3$ , die Bevorzugung der Fläche um den Faktor 1.5, also um 50 % ansteigt. Die Einheiten von  $Mahd3$  (beziehungsweise  $Umbruch3$ ) sind jedoch abstrakt (und über die Setzung  $A = 1$  frei wählbar) und nicht von eigentlichem Interesse. Von Interesse ist hingegen, um welchen Faktor die Attraktivität über alle existierenden Werte von  $A$  ansteigt, denn dies repräsentiert den Bereich von  $T = 105$  bis hin zu  $T = 1$ , also den Bereich von einer herkömmlichen Attraktivität (bei sehr großen Werten von  $T$ ) bis hin zu den Fällen an denen der Tag des Ereignisses genau bekannt ist. Unter der Annahme, dass die Variable  $Mahd3$  (beziehungsweise  $Umbruch3$ ) die Werte von  $a$  bis  $b$  annimmt, so kann die Attraktivität am Tag der  $Mahd$  über  $(\exp(\beta))^{(b-a)}$  berechnet werden.

Da die Variablen  $Mahd3$  beziehungsweise  $Umbruch3$  Zeitfenster repräsentieren, bei denen durchschnittlich in der ersten Hälfte noch keine Attraktion vorhanden ist, werden die wie oben beschrieben ermittelten Attraktionsstärken mit dem Faktor 2 multipliziert um die finale Attraktion zu erhalten. Aus bspw. einer ermittelten relativen Attraktion von 1.41, also einer Zunahme der Nutzung um 41 %, würde dann eine Zunahme von 82 % werden.

### Methodenvariante 2:

Hier wird sich der Datenanalyse ergänzend und sich gegenseitig absichernd auf methodisch

---

<sup>3</sup> Der absolute Wert der Variable  $Mahd3$  (beziehungsweise  $Umbruch3$ ) ist beliebig, und kann über  $A$  festgelegt werden; wir haben  $A = 1$  verwendet. Würde hier bspw. stattdessen  $A = 10$  verwendet werden, wäre der Wert  $(b-a)$  in dem Ausdruck  $(\exp(\beta))^{(b-a)}$  zehnmal so groß, jedoch würde der Regressionskoeffizient  $\beta$  entsprechend kleiner geschätzt werden, sodass der finale Wert von  $(\exp(\beta))^{(b-a)}$  (nahezu) identisch bleibt.

<sup>4</sup> Tatsächlich werden die Variablen  $Mahd3$  beziehungsweise  $Umbruch3$  noch zusätzlich mit der inversen logit-Funktion transformiert, da die Prediktoren bei der iSSM Analyse auf der linearen Skala gegeben sind, und erst über die logit Link-Funktion in Wahrscheinlichkeiten überführt werden.

ganz andere Weise genähert, um über einen Vergleich der Ergebnisse von zwei unterschiedlichen Methoden eine Robustheit der Ergebnisse zu gewährleisten. Insbesondere werden separat für die Werte  $T = 3, 4, \dots, 100$  die Daten auf diejenigen Punkte eingeschränkt, für die entweder kein potenzielles Zeitfenster einer Mahd / eines Umbruches vorliegt, oder wenn doch, die Länge dieses Zeitfensters kleiner gleich dem Wert  $T$  ist. Für jeden dieser Datensätze wird separat ein iSSM angepasst und die relative Attraktionsstärke für Mahd beziehungsweise Umbruch ermittelt. Dieses Vorgehen liefert bspw. für  $T = 3$  die Attraktionsstärke für alle Tage die innerhalb eines Ereigniszeitraums liegen der höchstens die Länge von 3 Tagen hat, für  $T = 10$  für alle Zeiträume deren Länge maximal 10 Tage beträgt, usw. Je kleiner  $T$  ist, desto schärfer ist der eigentliche Zeitpunkt des Bewirtschaftungsereignisses bekannt, aber auch desto schlechter ist die Datengrundlage (weil nur wenige Ereignisse zeitlich sehr eng eingegrenzt werden konnten). Unter Betrachtung der entsprechenden Mittelwert-Kurve (Attraktion in Abhängigkeit von  $T$ ) wird ein Eindruck davon vermittelt, wie lange die Attraktion in etwa anhält – bis zu dem Wert von  $T$  bei dem die Kurve abfällt.

Auch hier wird, analog zu der oben beschriebenen Methode 1, die ermittelte Attraktion mit dem Faktor 2 multipliziert, um der Tatsache gerecht zu werden, dass Mahd<sub>3</sub> beziehungsweise Umbruch<sub>3</sub> Zeitfenster repräsentieren, bei denen durchschnittlich in der ersten Hälfte noch keine Attraktion vorhanden ist.

### **Jahresverlauf**

Ob eine sich im Jahresverlauf ändernde Stärke der Attraktion existiert/messbar ist, wird über den AIC-Vergleich unterschiedlicher Modelle untersucht. Insbesondere wird das "Standardmodell", in dem dieser Zusammenhang nicht angenommen wird, mit weiteren iSSMs verglichen, in denen ein Interaktionsterm zwischen der Faktorvariable Monat und Mahd<sub>3</sub> (beziehungsweise Umbruch<sub>3</sub>) untersucht wird (vgl. Field et al. 2012, Zuur et al. 2009, Wood 2017).

Statt der Prädiktoren Mahd<sub>3</sub>+Umbruch<sub>3</sub> werden also die 3 zusätzlichen Modelle mit den Formulierungen Monat+Mahd<sub>3</sub>+Mahd<sub>3</sub> / Monat+Umbruch<sub>3</sub> und Monat + Mahd<sub>3</sub> + Umbruch<sub>3</sub> + Umbruch<sub>3</sub> / Monat sowie Monat + Mahd<sub>3</sub> + Mahd<sub>3</sub> / Monat + Umbruch<sub>3</sub> + Umbruch<sub>3</sub> / Monat mittels AIC miteinander verglichen.

### **Distanz zum Horst**

Um zu untersuchen, ob eine Mahd/ein Umbruch die Attraktivität in Abhängigkeit von der Distanz zum Horst ändern (was bspw. der Fall wäre, wenn Vögel bei Mahd/Umbruch bereit sind weiter zu fliegen) wurden entsprechende Modelle mit vs. ohne Interaktionstermen (vgl. Abschnitt Jahresverlauf) miteinander verglichen. Statt der Prädiktoren Mahd<sub>3</sub> + Umbruch<sub>3</sub> wurden also die 3 zusätzlichen Modelle mit den Formulierungen dist\_horst + Mahd<sub>3</sub> + Mahd<sub>3</sub> : dist\_horst + Umbruch<sub>3</sub>, dist\_horst + Mahd<sub>3</sub> + Umbruch<sub>3</sub> + Umbruch<sub>3</sub> : dist\_horst, sowie dist\_horst + Mahd<sub>3</sub> + Mahd<sub>3</sub> : dist\_horst +Umbruch<sub>3</sub>+Umbruch<sub>3</sub> : dist\_horst mittels AIC miteinander verglichen. Dabei wurde nicht untersucht, ob die generelle Attraktivität von Flächen mit dem Abstand zum Horst abnimmt, sondern ob sich die Attraktivität von Mahd / Umbruch-Ereignissen mit zunehmender Distanz zum Horst von der generellen Abhängigkeit der Attraktivität von der Distanz unterscheidet.

### **Flächengröße vs. Randstruktur**

In der iSSM-Analyse wird synchron der Einfluss der Flächengröße als auch der Einfluss des Abstandes zur nächstgelegenen Randstruktur untersucht. Beide Variablen sind vermutlich wenigstens partiell kollinear: Bei größeren Flächen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Punkte einen größeren Abstand zu Randstrukturen aufweisen. Um zu untersuchen, ob beide oder möglicherweise nur eine der Variablen das Verhalten der Rotmilane beeinflussen, wer-

den verschiedene Modelle verglichen mit verschiedenen Konstellationen dieser beiden Variablen miteinander (das heißt, Modelle mit jeweils nur einer der beiden Variablen in den Prädiktoren vs. beide gleichzeitig und auch verschiedene Kombinationen mit den untransformierten vs. log-transformierten Variablen).

Das analoge Modell wurde mit verschiedenen Klasseneinteilungen angepasst, die insbesondere große und kleine Flächen gut auflösen.

### **Individuenspezifische und individuenübergreifende Effekte**

Individuenspezifische Effekte wurden berechnet, indem der Datensatz vor der Analyse auf das jeweilige Individuum eingeschränkt und dann mittels iSSM analysiert wurde. Die individuenspezifischen Effekte geben einen Überblick über die Variabilität in der Attraktion / Meidung zwischen unterschiedlichen Individuen. Entsprechende Mittelwerte (wobei jedes Individuum gleich stark gewichtet wurde) finden sich als graue Linien in den Plots, grau schattierte Bereiche sind entsprechende 95%-Konfidenzintervalle. Aufgrund der geringen Anzahl an Individuen (und einer starken Heterogenität in der Datendichte) ist es jedoch problematisch hier von Populationsmittelwerten zu sprechen. Individuen-spezifische Daten mit zu großen Unsicherheiten wurden aus einzelnen Plots entfernt.

Diesen Individuum-spezifischen Schätzungen der Attraktion/Meidung bezüglich einzelner Variablen wurde auch die Abschätzung eines iSSMs gegenübergestellt, welches alle Daten unabhängig vom Individuum gemeinsam auswertete. Hier beeinflusst das Verhalten derjenigen Individuen den Mittelwert am stärksten, die die größte Datendichte zeigen. Die hier geschätzten Konfidenzbereiche sind oft deutlich kleiner als im Falle des Mittelwertes über alle Individuen. Der Grund dafür kann eine Unterschätzung der Konfidenzintervalle sein dadurch, dass der hierarchischen Datenstruktur bei diesen Analysen nicht Rechnung getragen wurde (Hurlbert 1984, Zuur et al. 2009). Zum anderen sind die Konfidenzintervalle bezüglich des Mittelwertes über alle Individuen ggf. überschätzt, da alle Individuen (ungeachtet der Datendichte) in gleichem Maße den Mittelwert beeinflussen. Insofern liegt die Größe des wahren Konfidenzintervalls vermutlich zwischen beiden Abschätzungen.

### **Ermittlung der rechnerischen Veränderungen von Tages-Home Ranges**

Um Aussagen über die Veränderung von täglichen Home-Range-Größen einhergehend mit der Existenz oder Anzahl von Mahd / Umbruch-Ereignissen im 2-km-Umfeld des Horstes treffen zu können, wurde zunächst zu jeder Individuum-Tag-Kombination eine Home Range berechnet. Die Home Range (von n=6 Sendervogelsaisonen) basiert zunächst auf der Gesamtheit aller Flugortungen (s. Kap. 3.2.3.5). Trackingdaten außerhalb des 2-km-Radius um den Horst wurden zunächst einbezogen. Die Berechnung erfolgte mittels des R-package `a-dehabitatHR` mit der Software „R“.

Die Home-Range-Schätzung erfolgte dann mit einer Kernel-Density-Schätzung (KDE) (Calenge 2006) unter Verwendung der 80 % und 95 % Utilization Distribution (UD). Insbesondere wurde hier der Smoothing-Parameter  $h$  zuerst anhand einer Stichprobe von täglichen Trackingpunkten mittels Kreuzvalidierung (Methode LSCV) bestimmt, und darauf basierend der Wert  $h = 0.003$  für alle berechneten Home Ranges festgesetzt, um die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Home Ranges zu erhöhen. Aus diesen täglichen 80 % beziehungsweise 95 % UD's wurden im Anschluss die Fläche sowie der geografische Mittelpunkt berechnet. Dieser Datensatz wurde dann mit den Informationen zur Mahd beziehungsweise zu Umbruchereignissen im 2-km-Umfeld des jeweiligen Horstes verschnitten, um die Anzahl der Mahd beziehungsweise Umbruchereignisse am jeweiligen Tag zu erfassen (mit der Einschränkung, dass für einen großen Anteil der Bewirtschaftungsereignisse nur Zeitfenster variierender Länge bekannt sind. Angenommen wird, dass verkleinerte Home Ranges unter Umständen

nur vorliegen, wenn die Anzahl der gleichzeitig stattfindenden Bewirtschaftungsereignisse gering ist. Finden hingegen mehrere Bewirtschaftungsereignisse parallel statt, könnte das Pendeln der Vögel zwischen den Attraktionsflächen die von den Vögeln genutzte Fläche vergrößern.

Aufgrund der oben genannten Unschärfe in den Bewirtschaftungszeiträumen gibt es für viele Datumsangaben eine relativ hohe Anzahl an Zeitfenstern die sich überlappen, sodass theoretisch auch viele Bewirtschaftungsereignisse parallel stattgefunden haben könnten. Um trotz dieser Unschärfe eine solide wahrscheinlichkeitstheoretische Grundlage für die weitere Analyse zu schaffen, wird die im Folgenden detailliert beschriebene Berechnungsmethode verfolgt. Bei einer zu einem bestimmten Datum gegebenen Anzahl an Zeitfenstern (bezüglich der Mahd beziehungsweise bezüglich eines Umbruchs) kann die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet werden, dass null, eines, zwei, drei oder  $\geq$  vier dieser Bewirtschaftungsereignisse parallel an diesem Tag stattfanden. Basierend auf den iSSM-Ergebnissen wird als Attraktions-Zeitfenster nicht nur das Datum des Ereignisses selbst, sondern insgesamt ein 10-tägiger Zeitraum angenommen. Örtlich wurden die Bewirtschaftungsereignisse wieder auf diejenigen eingeschränkt, die im 2 km Radius des jeweiligen Horstes liegen.

Für die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten wurde der oben genannte „Home-Range-Datensatz“ zugrunde gelegt. Neben der Homerangefläche wurde auch zu jeder Vogel-ID-Datums-Kombination die Anzahl und Länge der Zeitfenster berechnet, in denen ein Mahd- beziehungsweise Umbruchereignis stattfand (”Ereigniszeitfenster”) und die zudem eine Überlappung mit dem spezifischen Datum zeigten. Im Anschluss wurden 1000 Simulationen durchgeführt, in denen in jedem dieser Ereigniszeitfenster ein zufällig ausgewähltes Datum als Bewirtschaftungsereignis ausgewählt wurde. Im Anschluss wurde eine zehntägige Attraktion angenommen (”Attraktionszeitfenster”, siehe oben), und dann der relative Anteil (als Proxy für die Wahrscheinlichkeit) an den 1000 Simulationen berechnet, an denen null, eins, zwei, drei oder vier Attraktionsereignisse (das heißt, Tage aus Attraktionszeitfenstern) parallel an diesem Datum existierten.

Diese Berechnung wurde separat für die Mahd und den Umbruch durchgeführt, sodass zu jedem Datum schlussendlich die Variablen M0, M1, M2, M3, M4 (für die Wahrscheinlichkeiten der Mahd) beziehungsweise U0, U1, U2, U3, U4 (für die Wahrscheinlichkeiten des Umbruchs) vorlagen. Naturgemäß steigt die Wahrscheinlichkeit für parallel stattfindende Attraktionsereignisse mit steigender Anzahl und sinkender Länge sich am spezifischen Datum überlappender Ereigniszeitfenster. Für kurze Ereigniszeitfenster können die Berechnungen unter Umständen leicht verzerrt sein, da es den Attraktionszeitfenstern nicht gestattet war, über die Länge der Ereigniszeitfenster hinauszugehen.

Basierend auf den Variablen M0, M1, M2, M3, M4 (beziehungsweise U0, U1, U2, U3, U4) wurden dann wiederum die finalen Faktor-Variablen M\_type (beziehungsweise U\_type) berechnet, die anzeigen, welche von den 5 Wahrscheinlichkeiten den jeweils höchsten Wert hatte. Diese Variablen messen also für jede Tier-ID-Datums-Kombination separat ob 0, 1, 2, 3, oder  $\geq$  4 Attraktionsereignisse im 2 km-Umkreis des jeweiligen Horstes am wahrscheinlichsten sind (separat für Mahd vs. Umbruch).

Die finale Analyse der Daten erfolgte mit geeigneten Generalisierten Additiven Gemischten Modellen (GAMMs) (Bolker et al. 2009, Hasti & Tibshirani 1990, Zuur 2012, Zuur et al. 2009). In einem ersten Schritt wurden mittels AIC die Normalverteilung, die Negativ-binomiale und

die Tweedie-Zufallsverteilung miteinander verglichen und die am besten geeignete ausgewählt<sup>5</sup>. In einem zweiten Schritt wurde das finale Modell gefittet, in dem die Homerangefläche als abhängige Variable fungierte und die Variablen M\_type und U\_type als Prediktoren. Zusätzlich wurde die Tier-ID als Random Intercept verwendet sowie ein örtlicher 2D-Smooth als additiver Prediktor um mögliche örtliche Autokorrelation zu berücksichtigen (Wood 2017). Zeitliche Autokorrelation wurde auf Ebene der Prediktoren integriert (Mercker et al. 2020, Mercker et al. 2021).

Da auch beziehungsweise insbesondere auf Unterschiede in der Flächenausdehnung getestet wurde, wurden für den Fall von nur sehr kleinen graduellen Unterschieden der Tageshomeranges (Vergleich basierend auf verschiedenen Ortungspunktzusammenstellungen: alle Ortungspunkte ggü. Ortungspunkte von Flächen ohne Bewirtschaftungsereignisse) nachfolgende Vorüberlegungen angestellt.

Für sehr kleine Differenzen zwischen den UD's aller Punkte vs. der UD's ohne Punkte aus Flächen mit möglichen Bewirtschaftungsereignissen könnte es mehrere Gründe geben:

1. Die Anzahl der besuchten (beziehungsweise im Bereich der Home Range verfügbaren) Flächen ohne Bewirtschaftungsereignis ist im Vergleich zur Anzahl der Flächen mit Ereignis so groß, dass die Attraktion durch die Bewirtschaftungsereignisse einen verschwindend geringen Einfluss auf die Größe der Home Ranges hat;
2. Die Erfassung der Bewirtschaftungsereignisse erfolgte im Bereich bis 2 km des jeweiligen Horstes. Der Berechnung der Home Ranges liegen jedoch Ortungspunkte zugrunde, die auch außerhalb dieses 2 km Radius' lagen, und vermutlich fanden auch dort Bewirtschaftungsereignisse statt, die die Verteilungsmuster der Vögel beeinflussten (wenn auch weniger stark, da die Attraktion mit zunehmender Distanz zum Horst stark abnimmt). Das nicht-Einbeziehen dieser außerhalb liegenden Bewirtschaftungsereignisse kann zu einer "Verwässerung" des gemessenen Effektes geführt haben;
3. Die angewendeten Home-Range-Methoden glätten die Home Ranges auf so großer örtlicher Skala (verglichen mit der Größe der Flächen mit Bewirtschaftungsereignis), dass selbst bei fehlenden Ortungspunkten aus Flächen mit möglichen Bewirtschaftungsereignissen diese Flächen trotzdem mit in die Home Ranges aufgenommen werden, sobald Ortungspunkte in deren Nähe liegen.

Um zu untersuchen, ob es sich um ein reales Problem (Szenario 1) oder ein Auswertungsproblem (Szenario 2, 3) handelt, wurden weitere, im Folgenden beschriebene Untersuchungen durchgeführt.

Szenario 1: Abschätzung des Anteils der betrachteten Attraktionsflächen im Verhältnis zu allen Flächen im oder nahe der Home Range. Prozentualer Flächenanteil im oder nahe der Home Range von dem im Mittel zu jedem Zeitpunkt eine Mahd / Umbruch-bedingte Attraktion ausgeht. Da die Bewirtschaftungsereignisse zeitlich versetzt stattfinden, ist dieser Flächenanteil natürlich deutlich kleiner als die gesamte Fläche, von der summarisch irgendwann einmal eine Attraktionswirkung ausgeht. Die Abschätzung kann über die Anzahlen / Verhältnisse der entsprechenden Dummy-Punkte aus der iSSM-Analyse erfolgen, denn die Dummy-Punkte sind ja zufällig im Bereich der Home Range generiert worden, und dienen der Quantifikation der Habitatverfügbarkeit zu jedem Zeitpunkt.

---

<sup>5</sup> AIC (Akaike's Information Kriterium): das Modell mit dem kleinsten AIC-Wert ist als das genaueste und damit als das am besten geeignete definiert (Burnham & Anderson 2002).

Szenario 2: Wiederholung der Home-Range-Analysen, jedoch ausschließlich basierend auf denjenigen Punkten berechnet, die innerhalb des 2 km Radius liegen. Zudem ausschließlich basierend auf denjenigen Ortungspunkten, die nicht in Flächen mit Ereigniszeitfenstern liegen.

Szenario 3: Wiederholung aller vorhergehenden Home-Range-Analysen mit einem deutlich kleineren und restriktiveren Glättungsfaktor  $h=0,001$  statt  $h=0,003$ , dessen Variation bewirkt, dass die Home Ranges deutlich kleinskaliger aufgelöst werden sollten.

### 3.2.3.8 Ermittlung von Habitatpräferenzen mittels Nutzungsindex

#### Manly-Habitatwahl-Index

Um Aussagen über die Habitatwahl von Milanen in der Kulturlandschaft treffen zu können, wurde für alle drei Untersuchungsgebiete eine Nutzungsanalyse mittels eines Habitatwahl-Index durchgeführt, bei der die Nutzung bestimmter Habitattypen mit deren Verfügbarkeit verglichen wird. Gewählt wurde der „**Manly-Habitatwahl-Index**“ (Manly et al. 2002), da dieser im Vergleich zu anderen Nutzungsindices (z. B. Jacobs-Index) weniger sensitiv auf kleinräumige Verfügbarkeit einzelner Habitattypen beziehungsweise nur selten auftretende Nutzung reagiert. Der „Manly-Habitatwahl-Index“ wurde auch in anderen Studien zur Habitatwahl von Greifvögeln in der Agrarlandschaft verwendet (z. B. Ursúa et al. 2005, Baltag et al. 2013, Alves et al. 2014).

Unter Berücksichtigung des saisonalen Verlaufs der Offenheit der Kulturlandschaft und damit veränderter Verfügbarkeit der Nahrungsflächen wurden drei verschiedene Zeitfenster getrennt voneinander analysiert. Das erste Zeitfenster (01.03.-30.04.) repräsentiert die Zeit vor der Brut, in der sich die Feldkulturen in der Aufwuchsphase befinden und Kulturen wie Mais, Kartoffeln und Rüben noch nicht eingesät sind und als Schwarzbrachen gewertet wurden. Das zweite Zeitfenster (01.05.-15.07.) deckt den größten Teil der Brutphase ab. Das dritte Zeitfenster (16.07.-20.08.) spiegelt die Zeit nach der Brut wider, wenn die meisten Felder bereits geerntet wurden und als Stoppelfelder vorliegen.

Als Referenzgebiet für die Bestimmung der Habitatwahl diente für Brutvögel ein Radius von 2 km um den Horst. Der unmittelbare Umkreis von 200 m um den Horst selbst wurde für die Berechnung ausgenommen. Waren innerhalb dieses Horstbereiches weniger als 70 % der Kulturen kartiert, wurde für den entsprechenden Brutvogel keine Nutzungsanalyse erstellt. Für Nichtbrüter wurde das gesamte Untersuchungsgebiet als Referenzgebiet verwendet. Als ein Minimum für die Nutzungsanalyse galten 50 Ortungen im jeweiligen Zeitfenster.

Für die Bestimmung der Verfügbarkeit wurden die Daten der Kulturenkartierung in den UGs Sachsen-Anhalt mit einem „Strukturlayer“ sämtlicher linearen Landschaftselemente ergänzt, die in den Untersuchungsgebieten vorhanden sind (Feldwege, Straßen und Gehölzreihen). Linearstrukturen wurden als Nutzungstyp flächenwirksam durch Zuweisung eines beidseitigen Puffers von 20 m, wobei davon ausgegangen wird, dass eine Annäherung in diesen Nahkorridor an eine Grenzstruktur aus einem Nutzungsinteresse heraus geschieht. Auf die Pufferfläche entfallende Ortungspunkte wurden dem Landnutzungstyp „Struktur“ zugewiesen. Die Nutzungsintensität von Grenzlinien wurde auf diese Weise nur in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt anhand des Datensatzes der linearen Landschaftsstrukturen untersucht. Für das UG Freisen wurde aufgrund des extremen Reichtums an Grenzlinien und der in der Regel geringen Flächenausdehnungen das Präferenz- und Selektionsverhalten von Grenzstrukturen separat in einem ergänzendem distanzbasierten Ansatz verfolgt (siehe unten).

Die verschiedenen Landnutzungsklassen nach der Landnutzungskartierung wurden für die

Auswertung in übergeordnete Landnutzungstypen eingeteilt (Tab. 17, Tab. 18). Feldkulturen wurden zusammengefasst, wenn Kulturart und/oder Erntezeitpunkt ähnlich sind. Für jeden Vogel wurde die verfügbare Fläche jedes Landnutzungstyps aufsummiert. Als Nutzung wurden ausschließlich flugaktive Ortungen (Geschwindigkeit  $\geq 8$  km/h) von besenderten Rot- und Schwarzmilanen verwendet. Geofence-Daten wurden aus dem Datensatz exkludiert, um eine Übergewichtung bestimmter Kulturen innerhalb der Geofences zu vermeiden. Jeder Ortung wurde ein Landnutzungstyp zugeordnet. Für jeden Vogel wurde dann die Summe der Ortungen, die auf den jeweiligen Landnutzungstyp entfallen, gebildet.

Der Habitatwahl-Index  $w$  wurde für jeden Sendervogel getrennt nach Untersuchungsgebiet und Beobachtungsjahr mit der folgenden Formel berechnet:

$$w = \frac{U}{p}$$

Dabei stellt  $U$  den Anteil Ortungen dar, der auf den jeweiligen Landnutzungstyp im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Ortungen entfällt und  $p$  ist der Anteil des Landnutzungstyps bezogen auf den Flächenanteil an der Gesamtfläche. Der Index kann Werte zwischen 0 (keine Nutzung trotz Verfügbarkeit) und unendlich (maximale Präferenz) annehmen. Ein Wert von 1 bedeutet keine Bevorzugung, Werte kleiner 1 Meidung und Werte größer 1 zeigen eine Präferenz für den jeweiligen Landnutzungstyp an (Manly et al. 2002).

Für die beiden Untersuchungsgebiete Hakel und Querfurter Platte wurden getrennt für jedes Zeitfenster die Werte der Einzelvögel sowie die Mittelwerte ( $\pm$  SD) der Indexwerte der einzelnen Sendervögel zusammengefasst dargestellt und mittels Chi<sup>2</sup>-Test auf Signifikanz geprüft.

Tab. 17: Gruppierung von Landnutzungsklassen zu Landnutzungstypen.

Landnutzungstyp	Landnutzungsklasse
Brache	Offenland verbuscht, Wiesenbrachen, Ackerbrachen
Erbsen	Erbsen
Gehölz	Gehölz, Wald, Anpflanzungen, Streuobstwiesen
Gerste	Gerste
Gewässer	Stillgewässer, Gräben
Hackfrüchte	Kartoffeln, Rüben
Luzerne	Luzerne
Mais	Mais
Raps	Raps
Siedlung	Siedlungen, Kleingärten, Verkehr, Solar, Sportplätze, Tierhaltung (Stall/Freiland)
sonstiges Getreide	Triticale, Roggen, Getreide unbestimmt, Dinkel, Hafer
Wiese, Weide	Wiesen, Weiden, Ackergras
Struktur	Feldwege, Straßen, Gehölzreihen
Weizen	Weizen
Schwarzbrache	Felder vor der Einsaat
Stoppelfelder	Getreidefelder nach der Ernte
keine Kategorie	sonstige oder unbestimmte Anbaukulturen (z. B. Soja, Gewürze)

## **Untersuchungsgebiet Freisen: Grenzlinien- und Flächenpräferenzen mittels Habitat Suitability Index**

Zur Quantifizierung von Präferenz-/ Meidungsverhalten der Rotmilane gegenüber verschiedenen Grenzlinientypen und damit einhergehend auch gegenüber Flächen mit verschiedenen Landnutzungstypen wird die Habitatpräferenzanalyse mittels einer Distanz-basierten Methode (distance-based, DA) nach Conner & Plowman (2001) durchgeführt. Diese Methode erfolgt aufgrund der geringen Flächenausdehnungen im UG Freisen als Ergänzung zu oben genanntem Methodenansatz nach Manly et al. (2002). Hierbei wird durch Berechnung des Habitatpräferenzindex (Habitat suitability Index, HSI) die Nutzungsintensität der Rotmilane für Grenzlinien zwischen verschiedenen Flächentypen mit der erwarteten Nutzungsintensität bei gleichmäßiger Nutzung der Landschaft abgeglichen. Entsprechend zeigt der HSI, ob bestimmte Strukturen präferiert oder gemieden werden: kleine Werte bedeuten, dass die betrachtete Landnutzung / der Grenzlinientyp häufiger frequentiert wird als dem Vorkommen in der Landschaft entsprechend. Hötker et al. (2013:113) verwenden in ihrer Studie bei der telemetrischen Untersuchung von Wiesenweihen diese Methode um Präferenzen der Tiere gegenüber Flächentypen (z. B. Extensivweiden, Mähwiesen) und linienhaften Strukturen zu untersuchen.

Die Distanz-basierte Methode nach Conner & Plowman (2001) wurde in der Vergangenheit gegenüber den verbreiteteren Methoden (z. B. Compositional Analysis, Neu et al. 1974) eher selten angewandt. Sie bietet jedoch einige entscheidende Vorteile (Conner et al. 2003):

- Jedes Individuum wird als „sample unit“ betrachtet, sodass auch Datensätze von Tieren mit verschiedenen Größen verglichen werden können.
- Die Ungenauigkeit der Telemetriepunkte (Senderungenauigkeit) verzerrt die Ergebnisse nicht in relevantem Maße, da die Entfernungsfehler des Senders in Bezug auf die jeweiligen Gesamtstrecken der gemessenen Distanzen gering sind.
- Jeder Grenzlinientyp wird unabhängig von allen anderen Grenzlinientypen untersucht, sodass die Anzahl und Auswahl der verwendeten Habitattypen (z. B. Grenzlinien, landwirtschaftliche Landnutzung) die Ergebnisse der restlichen Habitattypen nicht beeinflusst.

Es wird angenommen, dass typische Verhaltensmuster, die in der Ausprägung der Landschaft begründet sind, im Hauptaktivitätsraum (75 % aller Ortungspunkte) des Milans herausgearbeitet werden können (Spatz et al. 2019). Bei den untersuchten vier Individuen im UG Freisen liegen durchschnittlich 82,1% der Telemetriepunkte innerhalb eines 2 km Radius um den jeweiligen Horst. Lediglich bei einem Individuum (181013, 2018) liegen weniger als 75 % der Ortungspunkte innerhalb dieses Puffers. Da der Durchschnittswert jedoch deutlich über der 75 %-Schwelle liegt, wird der Telemetriepunkt datensatz zur Berechnung des HSI auf diejenigen Ortungspunkte beschränkt, die sich im 2 km Radius um die Horstposition befinden.

Die im Gelände erfassten Landnutzungsklassen der Flächen werden zur Verwendung in Landnutzungstypen gruppiert (siehe Tab. 18). Die vorgenommene Gruppierung basiert unter anderem auf der Bewirtschaftungsintensität beziehungsweise -häufigkeit der jeweiligen Landnutzungsklasse (Landnutzungsklassen innerhalb einer Gruppierung weisen vergleichbare Eigenschaften auf).

Tab. 18: Gruppierung der Landnutzungsklassen zu Landnutzungstypen

Landnutzungsklasse nach Landnutzungskartierung	Erläuterung	Genutzte Klassifizierung/ Landnutzungstyp
Grünland, Wiese, Weide	Offenland ohne Umbruch	Grünland
Mais, Raps, Getreide, Acker unbekannt, sonstige Ackerfrüchte, Zwischenfrucht	Acker mit einjähriger Frucht, Umbruch jährlich	Acker einjährig
Ackergras, Klee gras	Acker mit mehrjähriger Frucht, Umbruch nicht jährlich	Acker mehrjährig
Wildacker, Ackerbrache, Wiesenbrache, Saum/Randstreifen	Offenland ohne Bewirtschaftung	Brache
Siedlung	Dörfer, Photovoltaik	Siedlung
Gewässer	Fließ- und Stehgewässer	Gewässer
Wald/Gehölz, Streuobst, Gebüschbrache, Kahlschlag/Aufforstung	Bereiche mit Bäumen/Gebüsch	Gehölzstruktur

Grenzstrukturen wie Feldraine bilden in der modernen Agrarlandschaft wichtige Refugien für Kleinsäuger (Boye 1991). Da die Abundanz der Feldmäuse in diesen Feldrainen unter anderem von der Art der angrenzenden Flächennutzung abhängt (Rodriguez-Pastor et al. 2016), werden die Grenzlinien auf Grundlage dieser quantifiziert. Für jede Kombination der Landnutzungstypen werden die Grenzlinien einzeln untersucht, sodass 28 Grenzlinientypen (27 Paarungen aus 7 verschiedenen Landnutzungstypen und „alle Grenzlinien“) entstehen, die betrachtet werden (z. B. Grenzlinien zwischen Grünland und Brachen; Grenzlinien zwischen zwei Grünlandflächen). Dazu werden die Flächen des Landnutzungsshapes mit dem „polygon to polyline advanced“ Tool des ETgeowizard Plugins in ArcGIS entsprechend ihrer beidseitigen Landnutzungstypen klassifiziert und anschließend in QGIS vermessen.

Zur Bestimmung des HSI werden im ersten Schritt die Entfernungen zwischen Telemetriepunkten und der nächstgelegenen Fläche mit jedem Grenzlinientyp / Habitatübergang mit Hilfe der NNJoin Erweiterung in QGIS ausgemessen. Um Auskunft über die erwartete Raumnutzung des Rotmilans bei gleichmäßiger Nutzung der Landschaft zu erhalten, wird ein Referenzdatensatz mit Zufallspunkten im 2 km Radius um den Horst des jeweiligen Individuums herum erstellt, der die gleiche Anzahl an Datenpunkten enthält wie der individuelle Telemetriepunkt-Datensatz. Von jedem Referenzpunkt wird die Distanz zum nächstgelegenen Grenzlinientyp bestimmt. Der HSI wird anschließend berechnet, indem der Quotient aus den Entfernungen der Lokalisationspunkte zu den Grenzlinientypen durch die Distanzen der Zufallspunkte berechnet wird.

Das Verhalten des Rotmilans gegenüber den verschiedenen Grenzlinien (Vegetationshöhen, Nutzungen etc.) wird in Anlehnung an typische Flächendurchmesser im UG<sup>6</sup> und artökologische Sinnhaftigkeit nur für solche Typen berechnet, deren mittlere minimale Distanz weniger als 500 m beträgt. Präferenzen gegenüber Grenzlinientypen mit größeren Distanzwerten werden aufgrund der geringen Verfügbarkeiten im UG nicht quantifiziert.

Zur näherungsweisen Identifizierung von allgemeinem Präferenzverhalten der vier Rotmilane gegenüber den Grenzlinientypen werden die Distanzen der Telemetriepunkte aller Vögel

<sup>6</sup> Der Median für die maximale Entfernung zwischen zwei Grenzlinien einer Fläche liegt gemittelt über alle 2 km-Radien um die Horste bei 170m.

gleichzeitig betrachtet. Zusätzlich erfolgen die Berechnung des HSI und die statistische Untersuchung für jeden einzelnen Milan, um individuelle Präferenzen der Tiere zu ermitteln. Weichen die Werte der Distanzen vom Telemetriedatensatz bei einem Signifikanzniveau von 0,05 signifikant von denen an den Referenzpunkten ab, wird die Präferenz des entsprechenden Habitattyps als signifikant beschrieben. Die Datenverarbeitung und statistische Auswertung erfolgt mit Python (Van Rossum & Drake 2009, Virtanen et al. 2020, The pandas development team 2021, Jordahl et al. 2020, Gillies, S. et al. 2007). Der Shapiro-Wilk und Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung ergibt für die Verteilung aller Habitattypen signifikante Werte, weshalb ein nicht parametrisches Testverfahren (Mann-Whitney-U-Test) zur Untersuchung der Unterschiede verwendet wird.

### 3.2.3.9 Modellierung von Habitatpräferenzen

In den **Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt** wurde für 24 besenderte Rotmilane (17 Männchen, 7 Weibchen) und 10 Schwarzmilane (3 Männchen, 7 Weibchen) zusätzlich die Raumnutzung beziehungsweise Habitatpräferenzen basierend auf der Aktivitätsdauer für die einzelnen Anbaukulturen analysiert. Für das **UG Freisen** entfällt dies aufgrund der zuvor dargestellten hohen individuellen Variation in Kombination mit einer geringen Stichprobengröße von nur drei männlichen und nur einem weiblichen Rotmilan.

Für die Analyse in Sachsen-Anhalt wurden aufeinanderfolgende Ortungen im GIS mit einer Linie verbunden und die Zeit, die zwischen den Ortungen lag, dieser Linie zugeordnet. Als Geschwindigkeit wurde der Geschwindigkeitswert der zweiten Ortung übernommen und alle Linien mit einem Geschwindigkeitswert  $\geq 8$  km/h als flugaktiv gewertet (siehe Kapitel 4.2.2 Flugaktivität). Alle flugaktiven „Linien“ wurden im GIS mit den Flächenlayern der jeweiligen Jahre verschnitten, um für jede Agrarfläche eine Aufenthaltsdauer beziehungsweise Überflugzeit zu erhalten. Es wurden nur Agrarflächen berücksichtigt, während Siedlungen und Verkehrswege ausgespart bleiben. Gehölze und Baumreihen wurden mit einem 25-m-Puffer versehen und ebenfalls ausgeschnitten, um Ortungen von in Bäumen sitzenden Vögeln auszuschließen. Diese Flugminuten konnten dann zu einer täglichen Aktivitätsdauer für jede einzelne Agrarfläche und jeden Sendervogel zusammengefasst werden. So war es möglich, die Flugaktivität im saisonalen Verlauf und im Zusammenhang mit der Anbaukultur und Bewirtschaftungsereignissen weiter zu analysieren. Um Flächen mit überdurchschnittlich starker Nutzung wie z. B. Einflugschneisen zum Horst oder zu anderen häufig genutzten Gehölzgruppen auszuschließen, wurden alle direkt an den Horstbereich beziehungsweise stark frequentierten Schlafplätzen angrenzende Felder nicht berücksichtigt.

Für Rotmilane wurde insgesamt für 36.326 Flächen eine tägliche Überflugzeit berechnet, die zwischen 3 s und 155 min lag. Im Durchschnitt lag die Flugaktivität bei 2,7 min pro Tag und Fläche. Bei 45 % aller Flächen lag der Wert unter 1 min, bei weiteren 21 % unter 2 min Flugaktivität pro Tag. Für Schwarzmilane konnte für insgesamt 28.605 Flächen eine tägliche Überflugzeit berechnet werden, die zwischen 3 s und 156 min lag. Im Durchschnitt lag die Flugaktivität bei 2,4 min pro Tag und Fläche. Hier lag bei 52 % aller Flächen der Wert unter 1 min, bei weiteren 20 % unter 2 min Flugaktivität pro Tag. Für die Bewertung stand die Nutzung der einzelnen Flächen zur Nahrungssuche im Vordergrund und die Flugdauer sollte von reinen Überflügen unterschieden werden. Daher wurden nur Flächen mit mindestens 3 min Aufenthaltsdauer in die weitere Auswertung einbezogen. Damit reduzierte sich der Datensatz für Rotmilane auf 8.287 Flächen mit einer mittleren Flugaktivität von 8 min pro Tag und Fläche und für Schwarzmilane auf 5.534 Flächen mit einer mittleren Flugaktivität von 9 min pro Tag und Fläche.

Da für den saisonalen Verlauf auch in diesem Datensatz ein nicht-linearer Zusammenhang

bestand, erfolgte die Auswertung wieder mit einem generalisierten additiven gemischten Modell (GAMM) unter Verwendung des R package ‚mgcv‘ (Wood 2006). Als kategoriale Parameter wurden die Anbaukultur und der Brutstatus (Brutvögel und Nichtbrüter) verwendet. Bei Schwarzmilanen wurden nur die Brutvögel betrachtet, da nur ein Männchen als Nichtbrüter beobachtet wurde, der sich die meiste Zeit nicht im Untersuchungsgebiet aufhielt. Als Anbaukulturen wurden unterschieden: Mais, Rüben, Kartoffeln, Erbsen, Raps, Luzerne, Gerste, Weizen, sowie sonstige Getreide (v.a. Roggen, Triticale, Hafer und Dinkel), Grünschnitt (grün geerntetes Getreide, v.a. Grünroggen und Ackergras) und Wiesen wurden mit Weiden, Brachen und sonstigem Offenland zusammengefasst.

Als Glättungsfunktionen wurden die Pentade, zugeordnet anhand des Datums zwischen 1. März und 20. August, sowie die Flächengröße verwendet. Basierend auf den Pentaden wurde außerdem jeder Fläche eine Wahrscheinlichkeit der Offenheit zugeordnet (siehe Kapitel 4.1.2 Offenheit der Agrarflächen). Da die höchste Flugaktivität überwiegend während der Mahd festgestellt wurde, aber nur für wenige der Flächen das genaue Mahddatum bekannt war, wurde jeder Fläche aufgrund der Anbaukultur im Verlauf der Saison eine Wahrscheinlichkeit der Mahd zugewiesen. Im Sommer entsprach diese Wahrscheinlichkeit weitgehend der Wahrscheinlichkeit der Offenheit, im Frühjahr jedoch war die Mahdwahrscheinlichkeit 0, obwohl viele Flächen dann noch offen waren. Weiter wurde für Brutvögel die Entfernung zum Horst hinzugefügt. Um die wiederholten Beobachtungen einzelner Flächen sowie einzelner Sendervögel und mögliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten und -jahren zu berücksichtigen, wurden Flächen-ID, Vogel-ID, UG und Beobachtungsjahr als Zufallseffekte mit aufgenommen.

Für alle Modelle erfolgte eine Modellauswahl auf Basis des Akaike’s Information Kriterium (AIC), wobei das Modell mit dem kleinsten AIC-Wert als das genaueste definiert ist (Burnham & Anderson 2002). Zusätzlich wurde die Modellgüte anhand der Abweichung der Schätzwerte von den beobachteten Werten mit einer Korrelation überprüft und dann das Modell mit dem höchsten Korrelationskoeffizienten und gleichzeitig kleinsten AIC-Wert als das beste betrachtet. Für die statistische Datenauswertung wurde das Programm R, Version 4.0.5 (R Core Team 2021) verwendet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Saisonaler Verlauf der Offenheit

#### Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt

Grundsätzlich verlief in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt in allen drei Untersuchungsjahren die saisonale Verfügbarkeit von offenen Flächen zur Nahrungssuche für Rot- und Schwarzmilane ähnlich. Während im März fast das gesamte Gebiet offen war, fand ab April eine kontinuierliche Abnahme der für Milane nutzbaren Fläche statt. Mitte Juni war die höchste Bestandsdeckung der Anbaukulturen im Gebiet erreicht, bis durch Einsetzen der Getreideernte neue offene Flächen geschaffen wurden (Abb. 19).

Der starke Abfall im Juni 2020 ist darin begründet, dass dieses Jahr nicht so trocken wie die Jahre 2018 und 2019 war und daher sowohl Maisfelder (ca. 18 % Flächenanteil) als auch Rübenfelder (ca. 10 % Flächenanteil) ab Mitte Juni als geschlossen gewertet wurden. Da Mais und Rüben auch erst spät im August geerntet werden und bis dahin als geschlossen gelten, fällt auch im weiteren Verlauf die Offenheit geringer aus als in den beiden Vorjahren (Abb. 19).

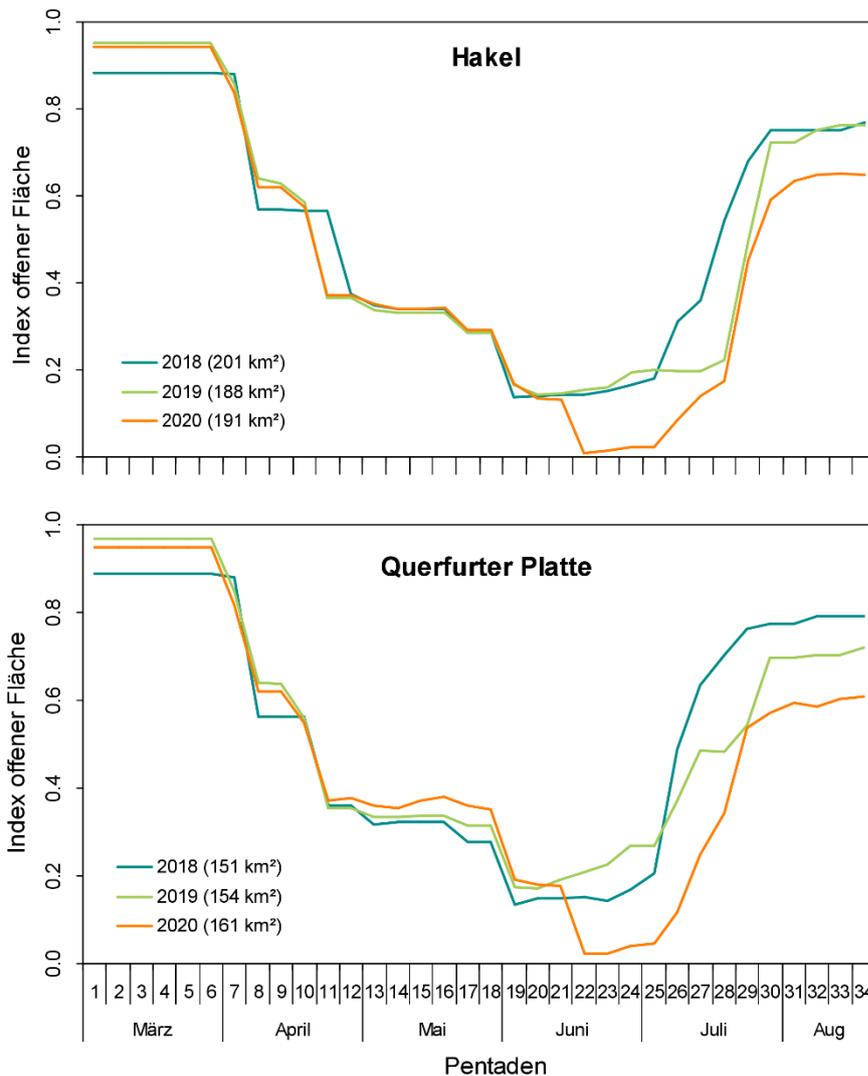


Abb. 19: Saisonaler Verlauf des offenen Flächenanteils im UG Havel und UG Querfurter Platte für die Jahre 2018-2020.

Zur Veranschaulichung des saisonalen Verlaufs der Offenheit sind in den Abb. 20 bis Abb. 23 exemplarisch die Pentade 22 (16.06.-20.06.) und Pentade 29 (21.07.-25.07.) dargestellt. Zwischen den beiden Pentaden liegen etwa 30 Tage, während derer die Offenheit und somit Nutzbarkeit der Agrarflächen sowohl im UG Hakel als auch im UG Querfurter Platte deutlich zunimmt.

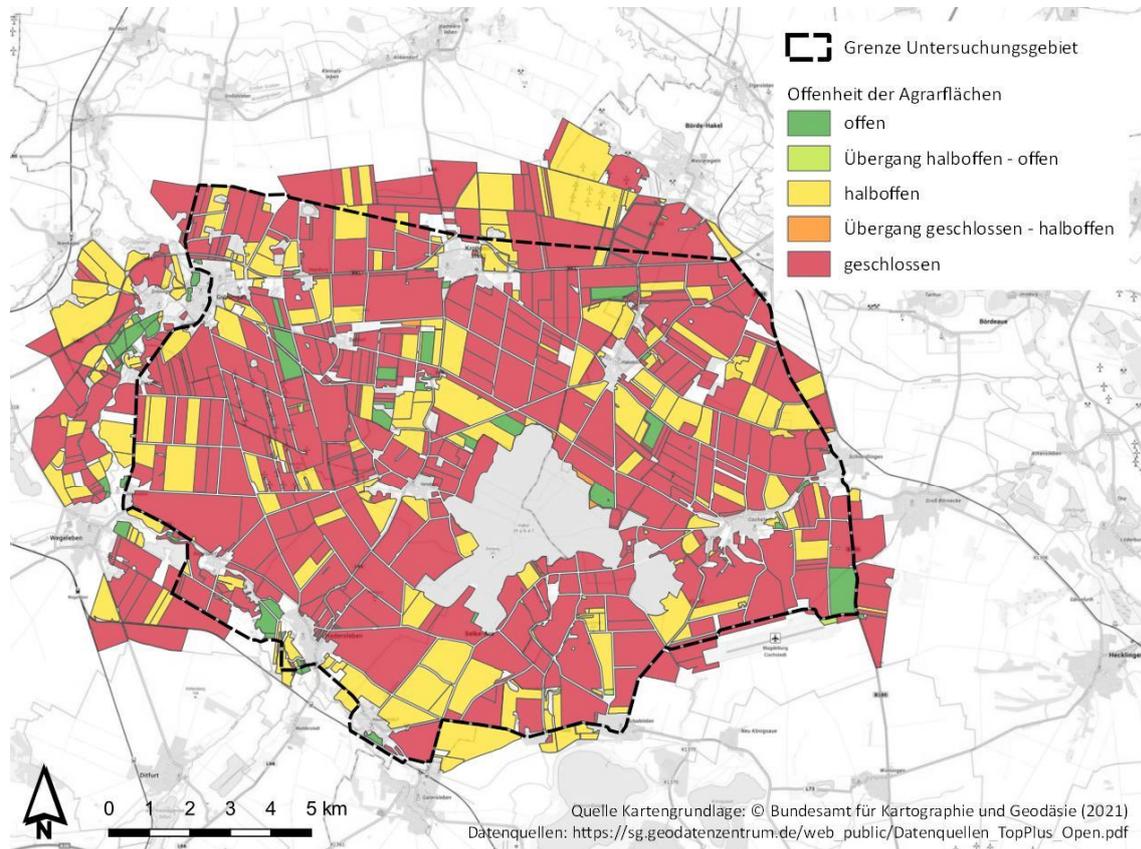


Abb. 20: Offenheit der Agrarflächen im UG Hakel in der 22. Pentade (16.06.-20.06.) des Jahres 2019.

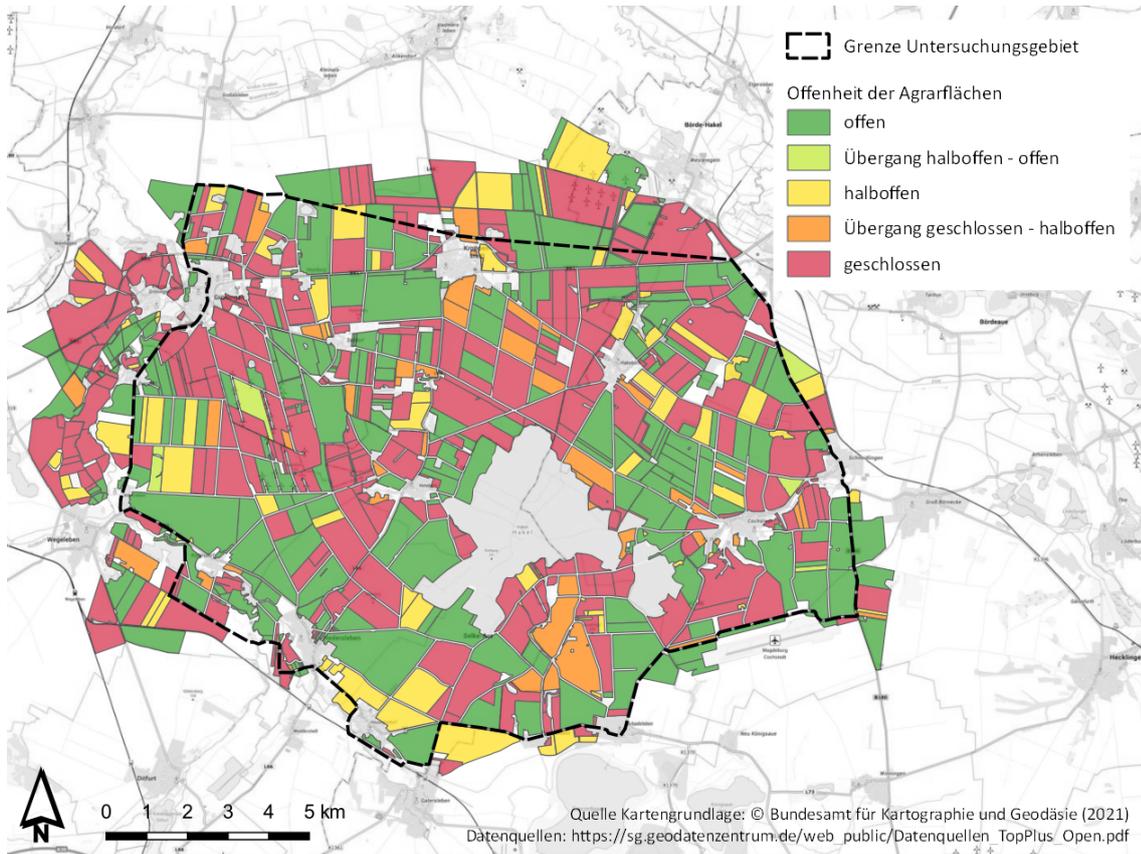


Abb. 21: Offenheit der Agrarflächen im UG Havel in der 29. Pentade (21.07.-25.07.) des Jahres 2019.



Abb. 22: Offenheit der Agrarflächen im UG Querfurter Platte in der 22. Pentade (16.06.-20.06.) des Jahres 2019.



Abb. 23: Offenheit der Agrarflächen im UG Querfurter Platte in der 29. Pentade (21.07.-25.07.) des Jahres 2019.

### Untersuchungsgebiet Freisen

Für das UG Freisen ist anhand einer Stichprobe im Bereich der Flächen zur Raumnutzungsbeobachtung (Abb. 24) der Offenheits-Index für die Entwicklung eines von Grünland und Dauergrünland geprägten Raumausschnitts ermittelt. Der Anteil von Flächen mit durchschnittlich hoher Flächenzugänglichkeit und entsprechender Eignung als Nahrungshabitat beginnt im April zwischen 50 und 75 %. Die nachfolgenden Monate Mai und Juni waren in beiden Untersuchungsjahren jeweils durch hohe und weit überwiegende Anteile von Flächen mit geringer Zugänglichkeit, mit geringen Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten auf bodenlebende Beuteorganismen geprägt. Der Offenheitsindex sinkt dementsprechend im Verlauf der Vegetationsperiode in den Monaten Mai und Juni auf etwa 30 % ab. Ab Ende Juni beginnt eine Erholung mit langsam steigender durchschnittlichen Flächenzugänglichkeit. Bis Mitte Juli steigt die Flächenzugänglichkeit im untersuchten Grünlandaspekt des UG in beiden Jahren stark und anhaltend an auf ein Plateau von ca. 75 % Flächenanteil. Dieser bewirtschaftungstypische Effekt bei überwiegender 1 bis 2 Schnitt-Nutzung des Grünlands wurde in den sommer-trockenen Jahren 2018 und 2019 durch lang anhaltende Niederschlagsarmut begleitet.

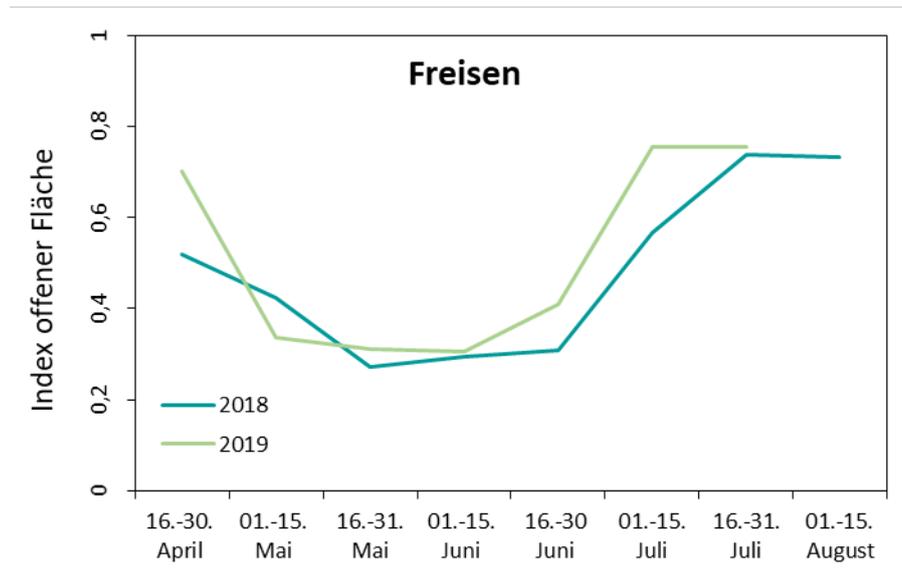


Abb. 24: Beobachtete Werte der Flächenzugänglichkeit für den Rotmilan im Sommerhalbjahr auf Grünland im UG Freisen

Blau umrandete und / oder schraffierte Flächen in Abb. 14: RNB-Umgebung im zentralen UG

Der Indexwert der offenen Fläche ergibt sich aus der Kombination von Vegetationsdichte und -Höhe des Aufwuchses.  $N_{2018} / N_{2019} = 70 / 57$  Flächen mit gemittelt 135 / 137 ha Flächenumfang.

## 4.2 Räumliche und zeitliche Attraktionswirkung von Bewirtschaftung

Die zeitliche Attraktionswirkung von Bewirtschaftungsereignissen auf die Aktivitätsdauer von Rot- und Schwarzmilanen, sowohl saisonal als auch auf die Tage vor, während und nach der Bewirtschaftung bezogen, wurde sowohl für die Daten der Raumnutzungsbeobachtungen als auch für die Aktivitätszeiten von besenderten Milanen analysiert. Für besenderte Milane konnte außerdem die räumliche Attraktionswirkung von Bewirtschaftungsereignissen näher betrachtet werden.

Die Ergebnisse werden in den Folgekapiteln zunächst für die Raumnutzungsbeobachtungen und dann für die telemetrierten Tiere dargestellt, jeweils getrennt für Rotmilane und Schwarzmilane.

### 4.2.1 Ergebnisse der Raumnutzungsanalyse

Die artspezifische Aufbereitung der Daten erfolgt im Weiteren insbesondere für die Untersuchungsgebiete Hakel und Querfurter Platte mit teilweise hoher Brutpaardichte beider Milanarten. Aufgrund der sehr geringen Brutpaardichte des Schwarzmilans im saarländischen Mittelgebirge und der daraus resultierenden geringen Anzahl beobachteter Individuen, wird für das UG am Mittelgebirgsstandort vorwiegend auf die Darstellung der Rotmilandaten abgestellt.

#### 4.2.1.1 Rotmilan

##### Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte

In beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt zeigte sich eine hohe Aktivität von Rotmilanen während Bewirtschaftungsereignissen. Der Parameter „Tage nach einer Bewirtschaftung“ hatte vor allem für den Bewirtschaftungstag (Tag 0) und bis zu 3 Tage nach einer Bewirtschaftung einen hoch signifikanten Effekt auf die Aktivitätsdauer, und es zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang mit der Anbaukultur (Abb. 25, Tab. 19). Die Flächengröße und

die Entfernung zum nächsten Horst hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Aktivitätsdauer der Rotmilane und wurden in der Endauswahl des Modells nicht mehr verwendet. Alle beobachteten Flächen lagen in einer relativ kurzen Distanz zu mindestens einem Rotmilanbrutpaar. Die Entfernung betrug im UG Hakel durchschnittlich 914 m ( $\pm 758$  m) und 1.401 m ( $\pm 722$  m) im UG Querfurter Platte.

Tab. 19: Modellierete Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer von Rotmilanen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Jahren 2018-2020.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	t-Wert	p-Wert
Achsenabschnitt	-3,46 ( $\pm 0,45$ )	-7,72	< 0,001
Anbaukultur (Referenz = Weizen)			
Gerste	0,23 ( $\pm 0,30$ )	0,76	0,44
Luzerne	1,19 ( $\pm 0,36$ )	3,30	0,001
Grünroggen	0,99 ( $\pm 0,39$ )	2,55	0,01
Tage nach Bewirtschaftung (Referenz = "vor")			
Tag 0	3,41 ( $\pm 0,38$ )	8,82	< 0,001
Tag 1	2,11 ( $\pm 0,40$ )	5,32	< 0,001
Tag 2	1,56 ( $\pm 0,41$ )	3,85	< 0,001
Tag 3	1,65 ( $\pm 0,42$ )	3,96	< 0,001
Tag 4	1,16 ( $\pm 0,45$ )	2,59	0,01
Tag 5	1,25 ( $\pm 0,44$ )	2,84	0,004
UG (Referenz = Hakel)	-0,44 ( $\pm 0,27$ )	-1,61	0,11
Glättungsfunktionen	Df	F-Wert	p-Wert
s (Anteil offen in 2 km Umkreis x Datum)	2,025	11,65	< 0,001

Insgesamt war die Aktivität (Dauer) während Bewirtschaftungsereignissen im Vergleich zur Aktivitätsdauer vor einer Bewirtschaftung 30-mal höher. Am Tag 1 nach Bewirtschaftung wurde eine 8-mal und am Tag 3 noch eine 5-mal höhere Aktivität geschätzt. Auf Luzerneflächen war die Aktivitätsdauer von Rotmilanen während der Mahd fast dreimal so hoch wie auf Getreideflächen und hielt auch über eine längere Zeit an (Abb. 25, Tab. 19). Während auf Luzerneflächen auch an Tag 5 nach der Bewirtschaftung noch hohe Aktivitätswerte (bis zu 23 min Aktivitätsdauer im UG Hakel, Abb. 25) vorlagen, wurde insbesondere auf Weizenfeldern bereits ab dem zweiten Tag nach der Mahd keine höhere Aktivität (durchschnittlich < 5 min Aktivitätsdauer) im Vergleich zu Vormahd-Beobachtungen auf anderen Kulturen mehr festgestellt (Abb. 25, Tab. 19). Auf Grünroggenflächen wurde eine ähnliche hohe Aktivität wie auf Luzerneflächen festgestellt, die auch bis 5 Tage nach der Bewirtschaftung doppelt so hoch wie auf den anderen Getreidefeldern blieb (Abb. 25).

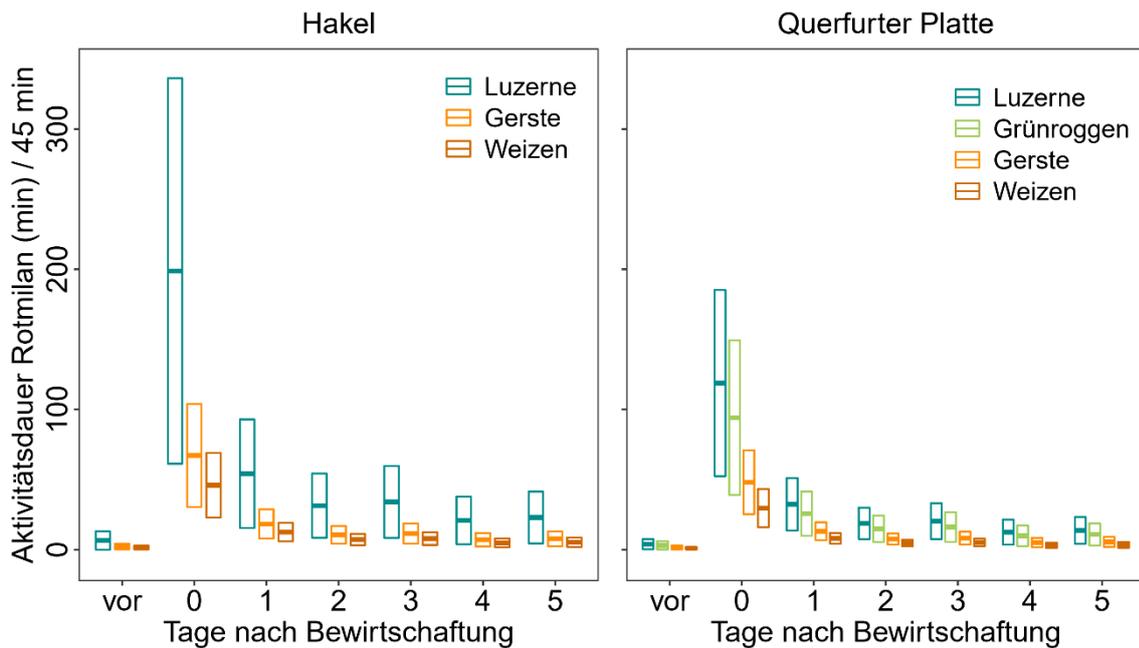


Abb. 25: Modellierter Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Rotmilanen getrennt nach Anbaukultur für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Haket und UG Querfurter Platte 2018-2020.

Im **UG Haket** wurden insgesamt höhere Aktivitätswerte beobachtet als im UG Querfurter Platte (Abb. 25), auch wenn im Modell kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgebieten nachgewiesen wurde (Tab. 19). Wird die Flächengröße berücksichtigt, das heißt die Aktivitätsdauer in s/ha für jede Beobachtungseinheit umgerechnet, ist die Nutzungsintensität auf Luzerneflächen im UG Haket dreimal höher als im UG Querfurter Platte, da hier die durchschnittliche Flächengröße nur etwa halb so groß war (Tab. 20).

Auch die Anzahl der Rotmilane, die gleichzeitig während der Mahd auf einer Fläche anwesend waren, unterschied sich zwischen den Untersuchungsgebieten. Im UG Haket waren während der Mahd durchschnittlich 8 Individuen und max. bis zu 43 Individuen gleichzeitig anwesend. Im UG Querfurter Platte wurden im Durchschnitt 5 Individuen und maximal bis zu 23 Individuen während einer Bewirtschaftung beobachtet. Am Tag 5 nach der Mahd wurden in beiden UGs maximal 4 Rotmilane gleichzeitig auf einer Fläche nachgewiesen. Die höchste maximale Anzahl an Rotmilanen wurde immer auf Luzerneflächen festgestellt.

Es zeigte sich kein von der Anbaukultur unabhängiger saisonaler Effekt auf die Aktivitätsdauer von Rotmilanen. Da jedoch die Bewirtschaftungszeiträume für die einzelnen Anbaukulturen klar abgegrenzt sind (Abb. 26), ergibt sich ein indirekter saisonaler Zusammenhang, da auf den spät geernteten Weizenfeldern weniger Aktivität nachgewiesen wurde. Zusätzlich folgt die Offenheit im Umkreis von 2 km der beobachteten Flächen einem deutlichen saisonalen Verlauf (Abb. 26). Die Aktivitätsdauer von Rotmilanen war signifikant vom Anteil der offenen Fläche im Umkreis der beobachteten Fläche beeinflusst und nahm mit zunehmender Offenheit der Umgebung ab (Tab. 19).

Tab. 20: Nutzungsintensität von Rotmilanen getrennt nach Anbaukultur, berechnet aus der im GAMM geschätzten Aktivitätsdauer für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und im UG Querfurter Platte.

Nutzungsintensität (s/ha*h) ±SE								Ø Fläche (ha)
Anbaukultur	Tage nach Bewirtschaftung							
	vor	0	1	2	3	4	5	
<b>UG Hakel</b>								
<b>Luzerne</b>	14,4 ±7,4	436,4 ±154,1	118,9 ±43,4	68,9 ±25,7	74,7 ±28,8	45,7 ±19,0	50,3 ±20,7	36,4
<b>Gerste</b>	4,4 ±2,0	133,8 ±37,3	36,5 ±10,6	21,1 ±6,4	22,9 ±7,3	14,0 ±4,9	15,4 ±5,4	40,2
<b>Weizen</b>	1,8 ±0,8	53,6 ±13,7	14,6 ±3,9	8,5 ±2,4	9,2 ±2,7	5,6 ±1,8	6,2 ±2,0	68,6
<b>UG Querfurter Platte</b>								
<b>Luzerne</b>	4,2 ±2,0	125,8 ±35,9	34,3 ±10,1	19,9 ±6,1	21,5 ±6,9	13,2 ±4,8	14,5 ±5,2	75,5
<b>Grünroggen</b>	3,1 ±1,5	93,5 ±28,0	25,5 ±8,0	14,7 ±4,8	16,0 ±5,4	9,8 ±3,7	10,8 ±4,0	80,5
<b>Gerste</b>	2,9 ±1,3	88,5 ±21,5	24,1 ±6,0	14,0 ±3,7	15,1 ±4,3	9,3 ±3,1	10,2 ±3,3	43,4
<b>Weizen</b>	1,4 ±0,8	43,8 ±10,3	11,9 ±2,9	6,9 ±1,8	7,5 ±2,0	4,6 ±1,5	5,0 ±1,6	54,0

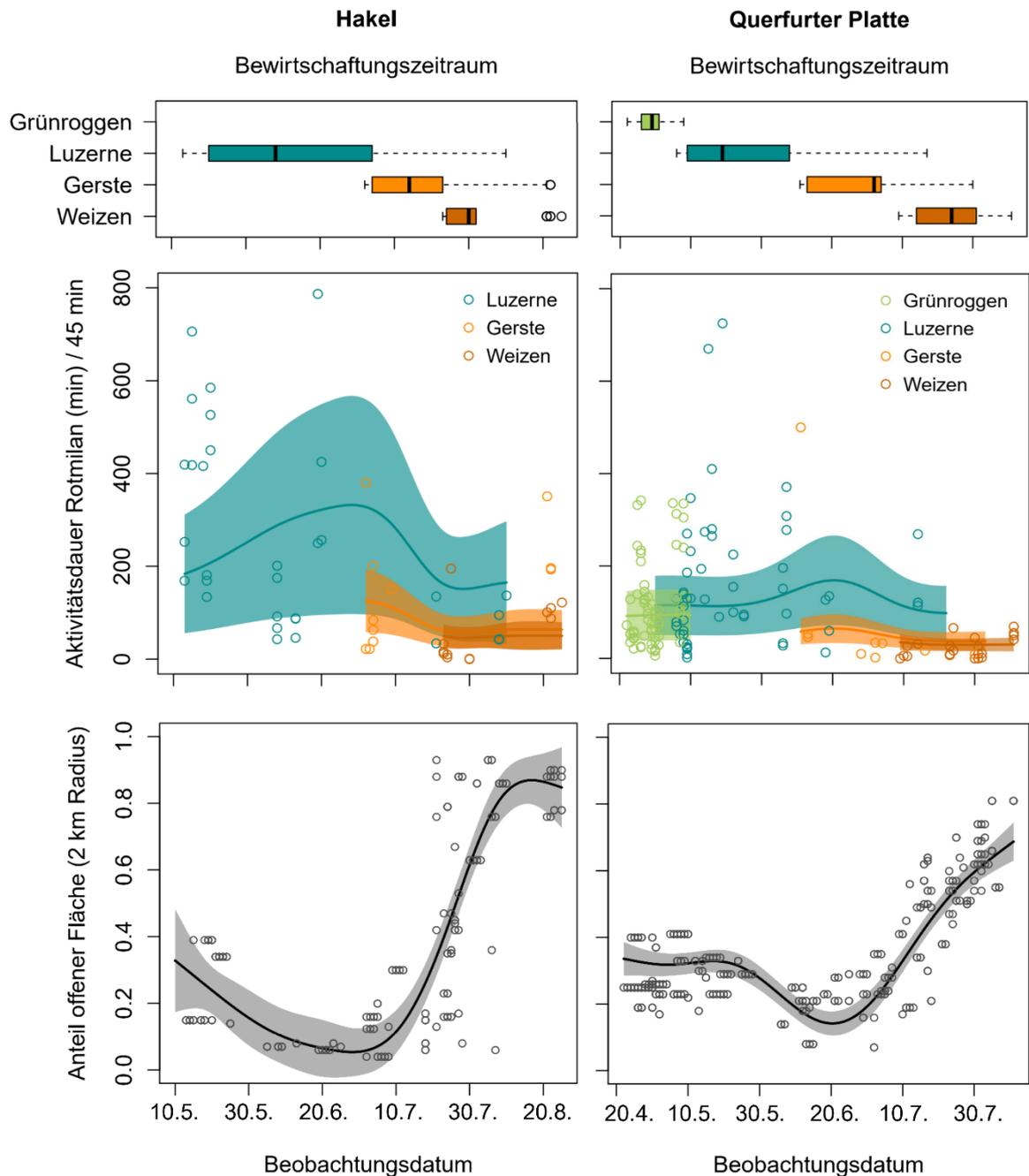


Abb. 26: Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Rotmilanen während einer Bewirtschaftung getrennt nach Anbaukultur im saisonalen Verlauf im UG Haket und UG Querfurter Platte 2018-2020.

Die oberen Panel zeigen die Bewirtschaftungszeiträume für die einzelnen Anbaukulturen, die unteren den geschätzten Verlauf der Offenheit ( $\pm$  SD) im Umkreis der beobachteten Flächen. Beobachtete Werte sind als Kreise dargestellt.

Die höchsten Aktivitätswerte für die einzelne Beobachtungsfläche wurden im Modell für Ende Juni angenommen, wenn in der Umgebung kaum offene Flächen zur Nahrungssuche zur Verfügung stehen (Abb. 26). Mit Einsetzen der großflächigen Getreideernte wird in beiden Untersuchungsgebieten etwa ab 20. Juli eine Offenheit von 50 % in der Umgebung erreicht und die Aktivitätsdauer nahm wieder ab (Abb. 26).

Im **UG Hake** halbiert sich auf Luzerneflächen der Höchstwert während der Bewirtschaftung von Ende Juni zum 20. Juli von 330 min auf 150 min Aktivitätsdauer (Abb. 27). Getreideflächen wurden im UG Hake erst ab Juli geerntet. Die Aktivitätsdauer von Rotmilanen während der Mahd lag am 20. Juli bei 50 min. Auch die Aktivität an den Tagen nach der Mahd geht mit zunehmender Offenheit im Umkreis zurück (Abb. 27). Während auf Luzerneflächen auch am Tag 5 nach der Mahd noch eine Aktivitätsdauer von 36 min vorlag, werden am 20. Juli noch 17 min festgestellt. Auf Getreidefeldern ist ab 20. Juli am ersten Tag nach der Bewirtschaftung noch eine Aktivitätsdauer von 14 min zu erwarten, am Tag 4 liegt die geschätzte Aktivitätsdauer bereits bei weniger als 5 min.

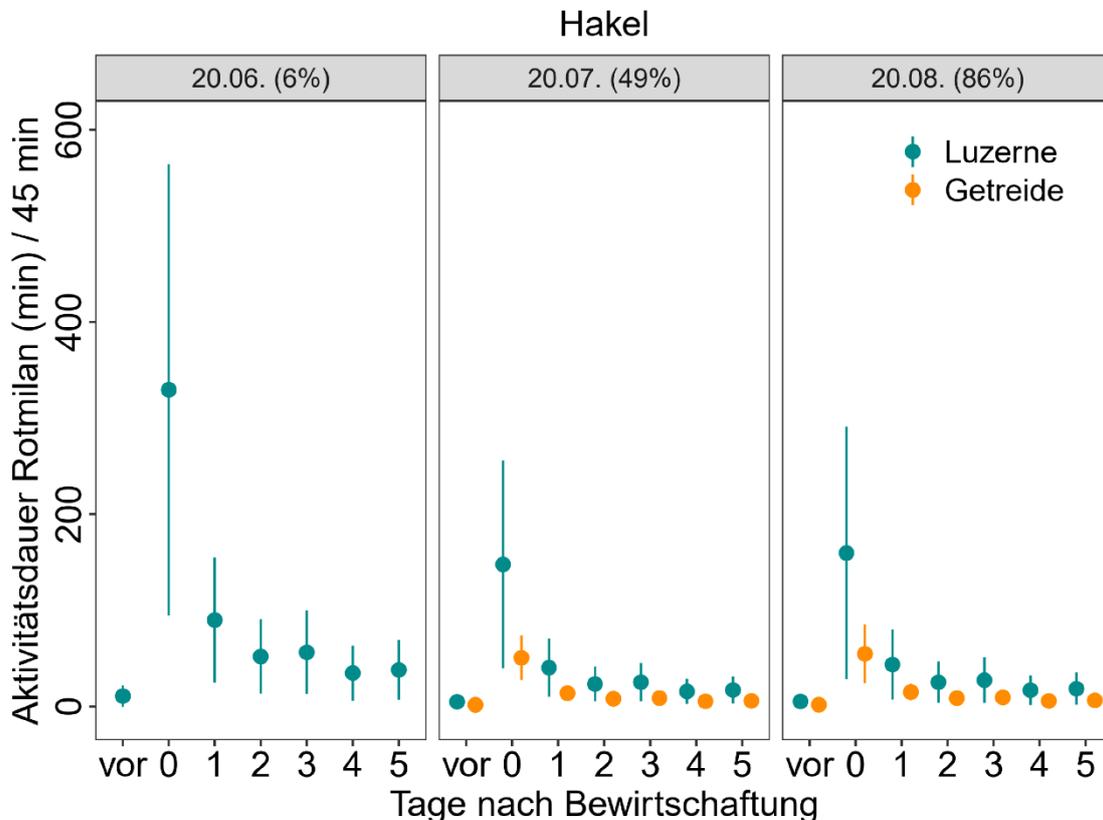


Abb. 27: Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Rotmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hake.

In Klammern ist die Offenheit in 2 km Umkreis der beobachteten Flächen am jeweiligen Stichtag angegeben.

Auch im UG **Querfurter Platte** wird auf Luzerneflächen der Höchstwert von durchschnittlich 168 min Aktivitätsdauer während der Bewirtschaftung Ende Juni festgestellt. Die Aktivität von Rotmilanen geht hier zum 20. Juli auf 96 min zurück (Abb. 28). Auf Getreideflächen reduziert sich die Aktivitätsdauer während der Mahd von 59 min auf 32 min. Anfang Mai, wenn gleichzeitig mit Luzerne nur Grünroggen gemäht wird, gibt es keinen Unterschied in der Aktivität der Rotmilane zwischen den beiden Kulturen. Während der Getreideernte ist der Unterschied zur Aktivitätsdauer auf Luzerneflächen wieder sehr deutlich (Abb. 28).

Auch hier ist die Aktivität an den Tagen nach der Mahd Ende Juni am größten und geht mit zunehmender Offenheit im Umkreis zurück (Abb. 28). Während auf Luzerneflächen auch am Tag 5 nach der Mahd noch eine Aktivitätsdauer von 20 min vorlag, werden am 20. Juli noch 11 min festgestellt. Auf Getreidefeldern ist ab 20. Juli am ersten Tag nach der Bewirtschaftung noch eine Aktivitätsdauer von 9 min zu erwarten, ab Tag 2 liegt die geschätzte Aktivitätsdauer bereits bei weniger als 5 min.

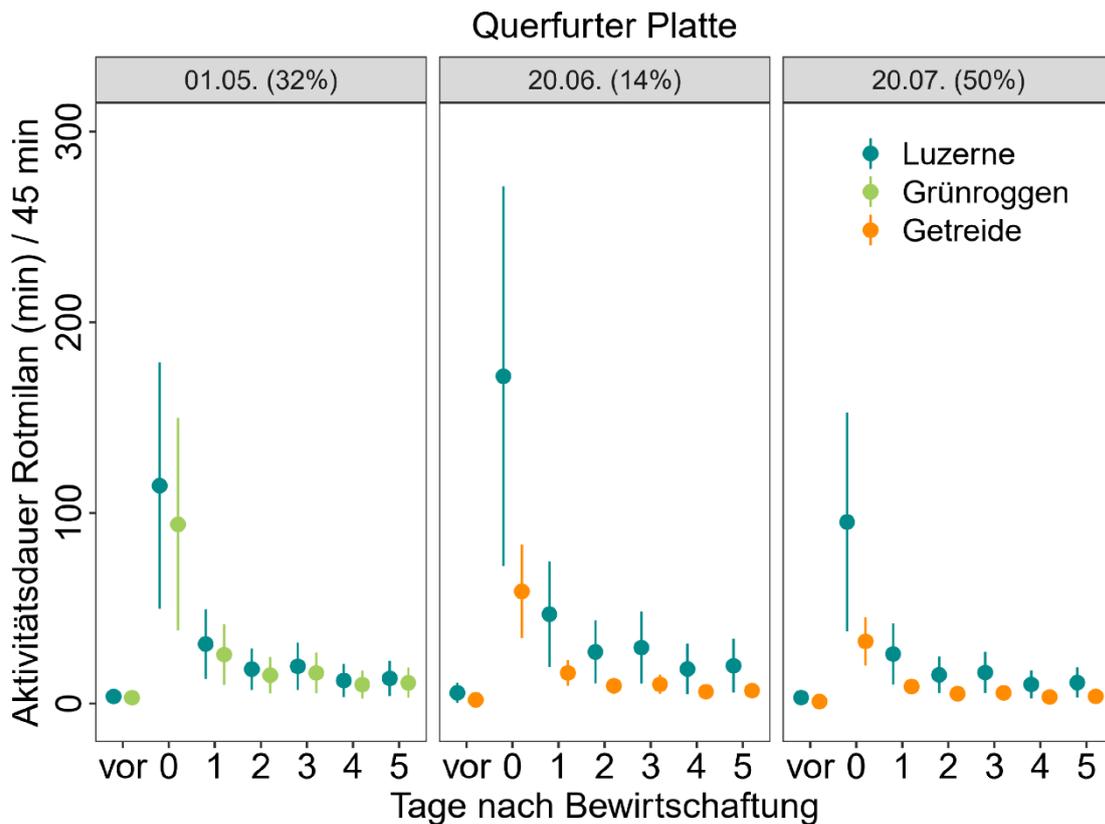


Abb. 28: Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Rotmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Querfurter Platte. In Klammern ist die Offenheit in 2 km Umkreis der beobachteten Flächen am jeweiligen Stichtag angegeben.

Wie bereits für die Eingangsdaten getestet (Kap. 3.2.2), gibt es am Bewirtschaftungstag in der Aktivitätsdauer von Rotmilanen keinen signifikanten Unterschied zwischen Mahd, Folgebewirtschaftung und Bodenbearbeitung (Tab. 21). Die Art der Bewirtschaftung hatte auch keinen signifikanten Effekt im Modell und wurde daher nicht als Faktor in der Modellierung verwendet.

Der einzige Unterschied zeigte sich in den Folgetagen nach einer Bewirtschaftung: Hier geht die Aktivität nach Bodenbearbeitung deutlich schneller zurück. Ab Tag 2 ist die durchschnittliche Aktivitätsdauer auf einer Fläche nach Bodenbearbeitung bereits signifikant niedriger als nach Mahd oder Folgebewirtschaftungen (Tab. 21).

Tab. 21: Beobachtete mittlere Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Rotmilanen unterschieden nach Art der Bewirtschaftung für Tage während (Tag 0) und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte.

Sternchen zeigen signifikante Unterschiede des Dunn's post-hoc Tests: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ .

	Aktivitätsdauer Rotmilan (min / 45 min) Mittelwert $\pm$ SD			Kruskal-Wallis-Test	
	Bewirtschaftungsart				
Tage nach Bewirtschaftung	Mahd	Folge	Boden	$\chi^2$	p
0	133 $\pm$ 154	172 $\pm$ 179	111 $\pm$ 94	1,44	0,49
1	39 $\pm$ 97	51 $\pm$ 82	21 $\pm$ 34	5,62	0,06
2	25 $\pm$ 54	36 $\pm$ 43	6 $\pm$ 9 **	17,87	<0,001
3	27 $\pm$ 51	27 $\pm$ 23	4 $\pm$ 5 **	15,97	<0,001
4	18 $\pm$ 17	21 $\pm$ 21	4 $\pm$ 6	3,36	0,19
5	13 $\pm$ 16	21 $\pm$ 20	3 $\pm$ 5	5,02	0,08

### Analysen im Untersuchungsgebiet Freisen

Es zeigt sich allgemein eine hohe Aktivität von Rotmilanen während Bewirtschaftungsereignissen im Grünland. Die absoluten Werte gleichzeitig bei Mahdereignissen anwesender Rotmilanindividuen deckt sich gut mit der Individuenzahl von im Nahbereich der Maßnahmenfläche bis ca. 1.500 m Entfernung vorkommenden Rotmilanbruten (2018 und 2019 3 resp. 4 Brutpaare; s. Kap. 2.3.4). Selten wurden darüber hinausreichende Individuenzahlen registriert. Lediglich sporadisch erfolgten bei der Mahd im Maßnahmenbereich Sichtungen von telemetrierten Sendervögeln weiter entfernter Horste (> 2.000 m) aus dem Projekt. Die Aktivitätsdichte während Mahdereignissen unterscheidet sich nicht signifikant von den Folgebewirtschaftungen Wenden und Schwaden (inkl. integriertem Abräumen und / oder Pressen von Ballen; Abb. 29). Die jeweiligen Referenzen mit geringer oder hoher Flächenzugänglichkeit (resp. Eignung als Nahrungshabitat mit geringen bis hohen Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten auf bodenorientierte Beutetiere) sind durch statistisch signifikant deutlich geringere Aktivitätsdichten als Mahd und Folgebewirtschaftungen gekennzeichnet ( $p \leq 0,05$ ). In der Tendenz ist Wenden im Vergleich zur Mahd und zum Schwaden / Abräumen von einer geringeren Aktivitätsdichte gekennzeichnet. Gemittelt ist der Median der Aktivitätsdichte während Mahd, Wenden und Schwaden um den Faktor 25 größer als im Vergleich zu Referenzflächen mit einer hohen Flächenzugänglichkeit (Tab. 23).

Das Abräumen von Ballen ist im Vergleich zu allen anderen Bewirtschaftungsereignissen von einer deutlich geringeren Nutzungsintensität begleitet. Die diesbezügliche Aktivitätsdichte und dementsprechende Attraktionswirkung tendiert gegen Null beziehungsweise liegt auf dem Niveau der Referenzwerte von Flächen ohne aktuelle Bewirtschaftungsereignisse. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wird jedoch keine statistische Signifikanz dargestellt.

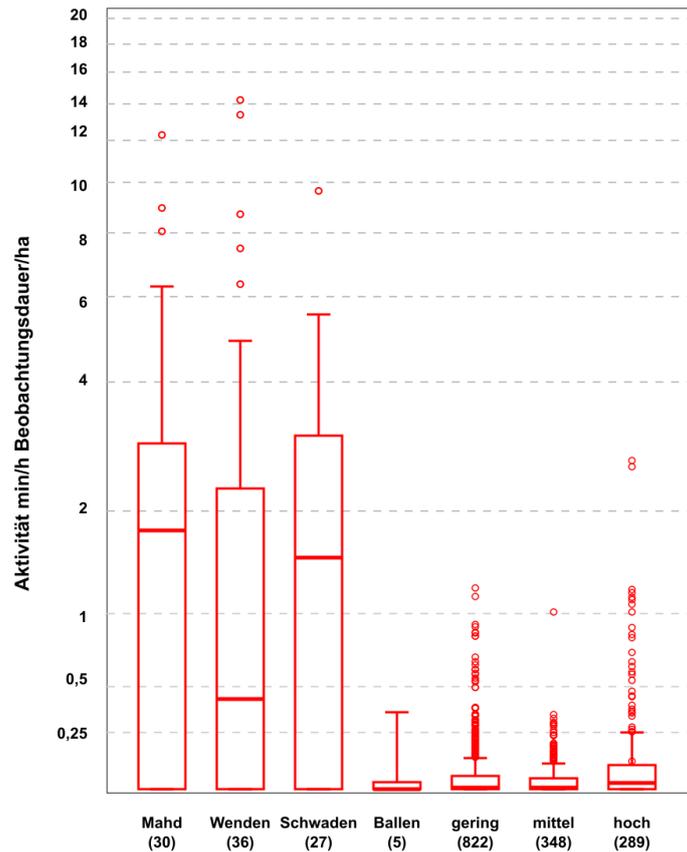


Abb. 29: Aktivitätsdichte von Rotmilanen auf Grünland im UG Freisen während Bewirtschaftungsereignissen (Mahd, Wenden, Schwaden, Abräumen von Ballen) im Vergleich zu Referenzen ohne aktuelle oder zeitlich nah zurückliegende Bewirtschaftungsereignisse mit geringer bis hoher Eignung und entsprechender Flächenzugänglichkeit.

In Klammern ist die Anzahl der jeweilig beobachteten Bewirtschaftungsereignisse beziehungsweise die Anzahl der Beobachtungstage aller Teilflächen für Referenzen mit geringer bis hoher Flächenzugänglichkeit angegeben. Die vertikale Achse ist logarithmiert dargestellt.

Am Tag der Mahd ist die Rotmilan-Aktivität deutlich höher als an den Folgetagen (Abb. 30). Der Zeitraum der aktiven Bewirtschaftung („während“) und im Anschluss unterscheidet sich in der Spanne der beobachteten Aktivität nicht voneinander. Im Zeitraum „danach“ weist lediglich der deutlich niedriger ausfallende Median auf eine tendenziell abnehmende Aktivitätsdichte im Anschluss an das Ende des aktiven Bewirtschaftungsereignis hin. Die starke Streuung beider Betrachtungszeiträume kann neben anderen möglichen Effekten aus der landschaftsraumtypischen Heterogenität in den Flächengrößen und der damit einhergehenden stark variierenden Bewirtschaftungsdauer resp. Entdeckungswahrscheinlichkeit des Bewirtschaftungsereignis durch die Zielarten resultieren (Kap. 3.2.2)<sup>7</sup>.

An den Folgetagen der initialen Bewirtschaftung stehen Flächen in Zeiträumen ohne an diesem Tag unmittelbar vorauslaufende Folgeereignisse (Wenden, Schwaden) für deutlich geringere Aktivitätsdichten als Flächen und Beobachtungseinheiten während Folgeereignissen.

<sup>7</sup> Aufgrund der geringen Stichprobengrößen verschiedener Flächengrößen und Bewirtschaftungszeitdauern wird über die reine Darstellung des kaum vorhandenen Zusammenhangs von Flächengröße und beobachteter Nutzungsintensität (Abb. 31) hinausgehend keine weiterführende, schließende Statistik aufgezeigt.

## Folgebewirtschaftung

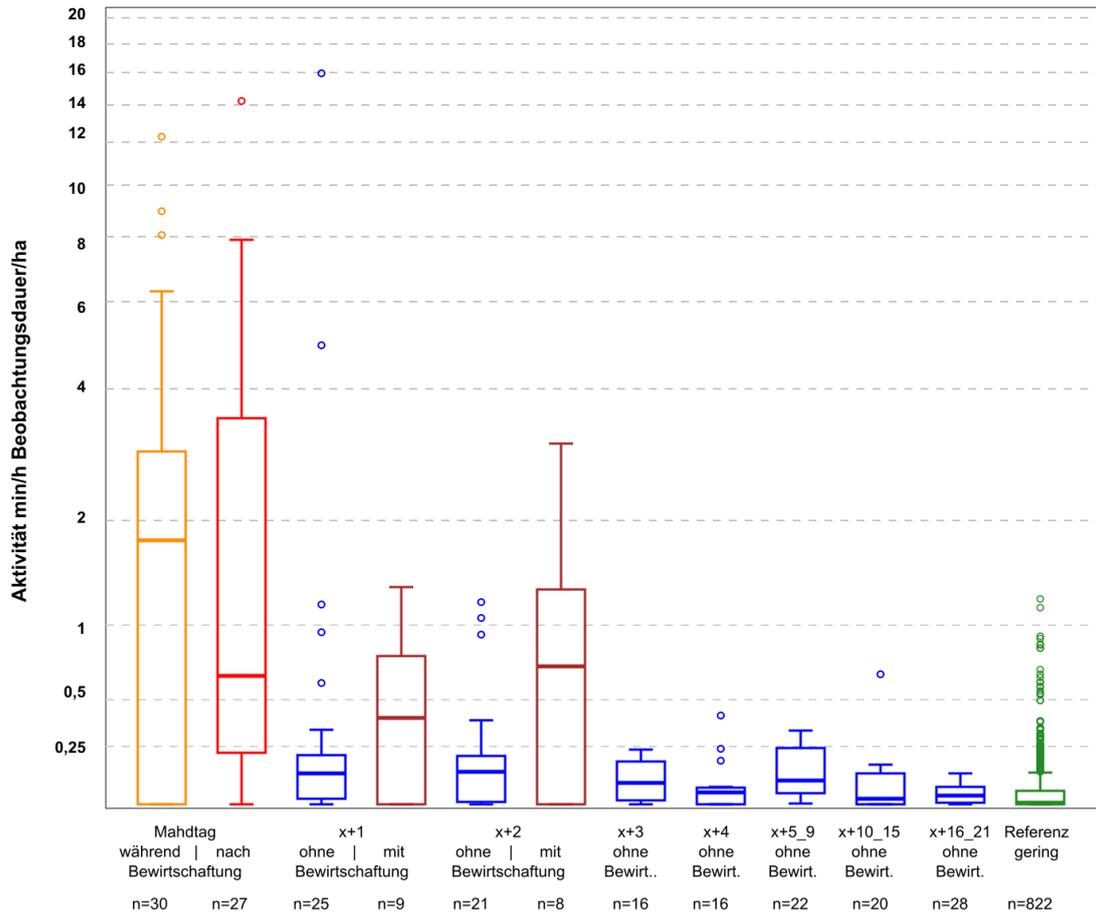


Abb. 30: Beobachtete Aktivitätsdichte von Rotmilanen auf Grünland während und nach Bewirtschaftungsereignissen, mit und ohne Folgebewirtschaftungen an Folgetagen (Wenden, Schwaden, Abräumen, Pressen).

Die Angabe x+y bezeichnet den Tag oder Zeitraum (Zeitraum ab Tag 5-9) seit der initialen Mahd. Als Referenzwert ist die Aktivitätsdichte auf Grünlandflächen mit aufwuchsbedingt geringer Flächenzugänglichkeit angegeben (Referenz gering). Die vertikale Achse ist logarithmiert dargestellt um die Grafik zu entzerren.

Vom Mahdtag angefangen bis zum Tag x+3 (ohne Folgebewirtschaftung) unterscheiden sich die Aktivitätsdichten auf Flächen nach der Mahd signifikant von Referenzbeobachtungen auf Grünlandflächen mit geringer Flächenzugänglichkeit respektive zur Aktivitätsdichte auf Flächen mit hoher und dichter Vegetation, wie sie vor der Mahd typisch ist (Tab. 22). Bereits am ersten Folgetag nach der initialen Mahd liegt auf Flächen ohne Folgebewirtschaftungsereignis eine deutlich geringere beobachtete Aktivität vor (wenngleich statistisch hochsignifikant von den Referenzwerten mit geringer Flächeneignung abweichend; Tab. 22). An den ersten beiden Tagen nach der Mahd reicht die Aktivität während Folgebewirtschaftungen im Mittel (Median) bis maximal an die Aktivität vom Mahdtag im Anschluss an die Mahd heran (Abb. 31). Zu den Terminen der Folgetage 3 bis 10-15 (teils gruppierte Betrachtung vgl. Abb. 30) wurde keine auswertbare Anzahl von Folgebewirtschaftungen registriert, wenngleich einzelne Ereignisse erfolgten. Die Aktivitäten ohne Folgebewirtschaftungen ist bis zum Tag 5-9 (gruppierte Betrachtung) statistisch signifikant höher als die Referenz (Ausnahme Tag 4). Für den Tag x+4 liegen keine statistisch signifikanten Abweichungen zur Aktivitätsdichte auf Flächen mit geringer Flächenzugänglichkeit vor. Dies deckt sich im Vergleich der Mediane von Referenzbeobachtungen auf Flächen mit einer hohen Flächenzugänglichkeit mit dem Median

der Nutzungsintensität am Tag x+4 (Tab. 23). Am Tag x+4 erreicht der Median nach kontinuierlichem Abwärtstrend ein vergleichbares Niveau wie der Referenzwert für Flächen mit einer allgemein hohen Flächenzugänglichkeit. Für Tag x+4 wurden in keinem Fall Folgebewirtschaftungen registriert. Zusammengefasst ist in Abb. 30 dargestellt, dass die Aktivität an Folgetagen mit Bewirtschaftungsereignissen ab dem ersten Tag nach der Mahd deutlich höher ist, als an Folgetagen ohne Bewirtschaftungsereignis. Statistische Signifikanz liegt nachvollziehbar noch bis Tag 5-9 vor.

Tab. 22: Paarweise Tests (Mann-Whitney U Test) auf signifikante Unterschiede zwischen Aktivitätsdichten Rotmilane auf Grünlandflächen mit geringer Flächenzugänglichkeit und Aktivitätsdichten auf aktuell oder wenige Tage zurückliegend bewirtschafteten Flächen.

Testpaare		Rotmilan		
Ref.	Folgebew.	Statistik	p-Wert	Signifik.
gering	Mahdtag während Bew.	5792	0,000	***
gering	Mahdtag nach Bew.	2555	0,000	***
gering	x+1 ohne Bew.	5367	0,000	***
gering	x+1 mit Bew.	1992	0,012	*
gering	x+2 ohne Bew.	4791	0,000	***
gering	x+2 mit Bew.	1937	0,036	*
gering	x+3 ohne Bew.	3533	0,001	***
gering	x+4 ohne Bew.	5483	0,232	
gering	x+5_9 ohne Bew.	3335	0,000	***
gering	x+10_15 ohne Bew.	7103	0,275	
gering	x+16_21 ohne Bew.	8800	0,026	*

Tab. 23: Mediane der Nutzungsintensität (beobachtete Werte) für Rotmilane im UG Freisen während und nach Bewirtschaftungsereignissen auf Grünland, mit und ohne Folgebewirtschaftungen an Folgetagen (Wenden, Schwaden, Abräumen, Pressen).

Die Angabe x+y bezeichnet den Tag oder Zeitraum (Zeitraum ab Tag 5-9) seit der initialen Mahd. Als Referenzwert ist die beobachtete Aktivitätsdichte (min/h/ha) auf Grünlandflächen mit hoher Flächenzugänglichkeit angegeben, um den Effekt des Bewirtschaftungsereignisses als solchem zu ermitteln.

Zeitpunkt / Zeitraum	Nutzungsintensität mit Bewirtschaftung	Nutzungsintensität ohne Bewirtschaftung
Referenz hoch	-	0,0421
Referenz gering	-	0,0072
Mahd+Wenden+Schwaden	1,0431	-
Mahdtag während Bew.	1,7816	-
Mahdtag nach Bew.	0,6423	-
x+1	0,3961	0,1281
x+2	0,7054	0,1340
x+3	-	0,0852
x+4	-	0,0459
x+5_9	-	0,0960
x+10_15	-	0,0226
x+16_21	-	0,0345

Die Flächengröße hat im flächenbezogenen Ansatz (Raumnutzungsbeobachtung) in Bezug

auf die Nutzungsintensität durch Rotmilane während Bewirtschaftungsereignissen über alle RNB-Flächen hinweg keinen wesentlichen Einfluss. Zwar steigt die über die Beobachtungszeitdauer normierte Nutzungsintensität mit zunehmender Flächengröße tendenziell an ( $r^2 = 0,25$ ), jedoch ist dieser Effekt nicht mehr nachweisbar, wenn die Nutzungsintensität nicht „absolut“ betrachtet wird, sondern zusätzlich zur Beobachtungsdauer auch in Bezug auf die betrachtete Flächeneinheit (1 ha) normiert wird (Abb. 31).

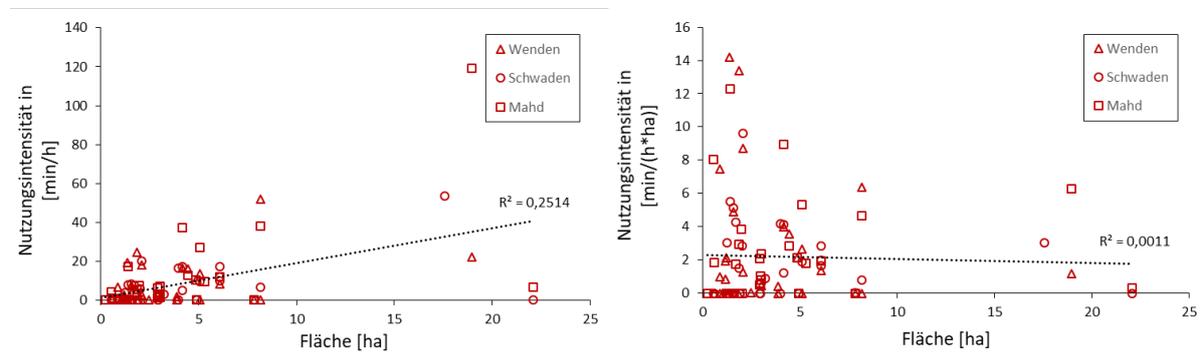


Abb. 31: Nutzungsintensität Rotmilan nach Flächengrößen während Bewirtschaftungsereignissen im UG Freisen

Vertikale Achse: Nutzungsintensität, normiert für die Beobachtungszeitdauer (links) und normiert für die Kombination aus Beobachtungszeitdauer und Flächengröße (rechts); horizontale Achse: Flächengröße.

#### 4.2.1.2 Schwarzmilan

##### Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte

Auch für Schwarzmilane wurde in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt eine hohe Aktivität während Bewirtschaftungsereignissen festgestellt. Der Parameter „Tage nach einer Bewirtschaftung“ hatte vor allem für den Bewirtschaftungstag (Tag 0) und bis zu 3 Tage nach einer Bewirtschaftung einen hoch signifikanten Effekt auf die Aktivitätsdauer und es zeigte sich ebenfalls ein Zusammenhang mit der Anbaukultur (Abb. 32, Tab. 24). Die Flächengröße und die Entfernung zum nächsten besetzten Horst hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Aktivitätsdauer der Schwarzmilane und wurden in der Endauswahl des Modells nicht mehr verwendet. Die durchschnittliche Entfernung der beobachteten Flächen zum nächsten Schwarzmilanbrutpaar betrug im UG Hakel 3.502 m ( $\pm 1.109$  m) und im UG Querfurter Platte 1.364 m ( $\pm 773$  m). Anders als bei den Rotmilanen konnte kein Zusammenhang mit der Offenheit in der Umgebung der Mahdflächen und der Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen festgestellt werden, und es wurde nur das Beobachtungsdatum zur Modellierung des saisonalen Verlaufs ins Modell integriert (Tab. 24).

Tab. 24: Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Jahren 2018-2020.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	t-Wert	p-Wert
Achsenabschnitt	-5,53 ( $\pm$ 0,73)	-7,53	< 0,001
Anbaukultur (Referenz = Weizen)			
Gerste	0,49 ( $\pm$ 0,35)	1,39	0,16
Luzerne	1,10 ( $\pm$ 0,42)	2,64	0,008
Grünroggen	1,00 ( $\pm$ 0,50)	1,98	0,05
Tage nach Bewirtschaftung (Referenz = "vor")			
Tag 0	4,53 ( $\pm$ 0,66)	6,91	< 0,001

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	t-Wert	p-Wert
Tag 1	2,76 ( $\pm$ 0,67)	4,13	< 0,001
Tag 2	1,45 ( $\pm$ 0,69)	2,10	0,04
Tag 3	2,37 ( $\pm$ 0,68)	3,47	< 0,001
Tag 4	1,85 ( $\pm$ 0,73)	2,52	0,01
Tag 5	1,66 ( $\pm$ 0,72)	2,31	0,02
UG (Referenz = Hakel)	0,65 ( $\pm$ 0,33)	1,97	0,05
Glättungsfunktion	Df	F-Wert	p-Wert
s (Datum)	3,536	6,15	< 0,001

Insgesamt waren während Bewirtschaftungsereignissen die modellierten Aktivitätswerte 93-mal höher im Vergleich zur Aktivitätsdauer vor einer Bewirtschaftung. Am Tag 1 nach Bewirtschaftung wurde im Modell eine 16-mal und am Tag 3 noch eine 10-mal höhere Aktivität geschätzt. Auf Luzerneflächen war die Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen während der Mahd fast dreimal so hoch wie auf Getreideflächen und hielt auch über eine längere Zeit nach der Bewirtschaftung an (Abb. 32, Tab. 25). Während auf Luzerneflächen auch an Tag 5 nach der Bewirtschaftung noch erhöhte Aktivitätswerte (bis zu 11 min Aktivitätsdauer im UG Querfurter Platte, Abb. 32) ermittelt, wurde insbesondere auf Weizenfeldern bereits ab dem zweiten Tag nach der Mahd keine höhere Aktivität (durchschnittlich < 3 min Aktivitätsdauer) im Vergleich zu Vormahd-Beobachtungen auf anderen Kulturen mehr festgestellt (Abb. 32, Tab. 25).

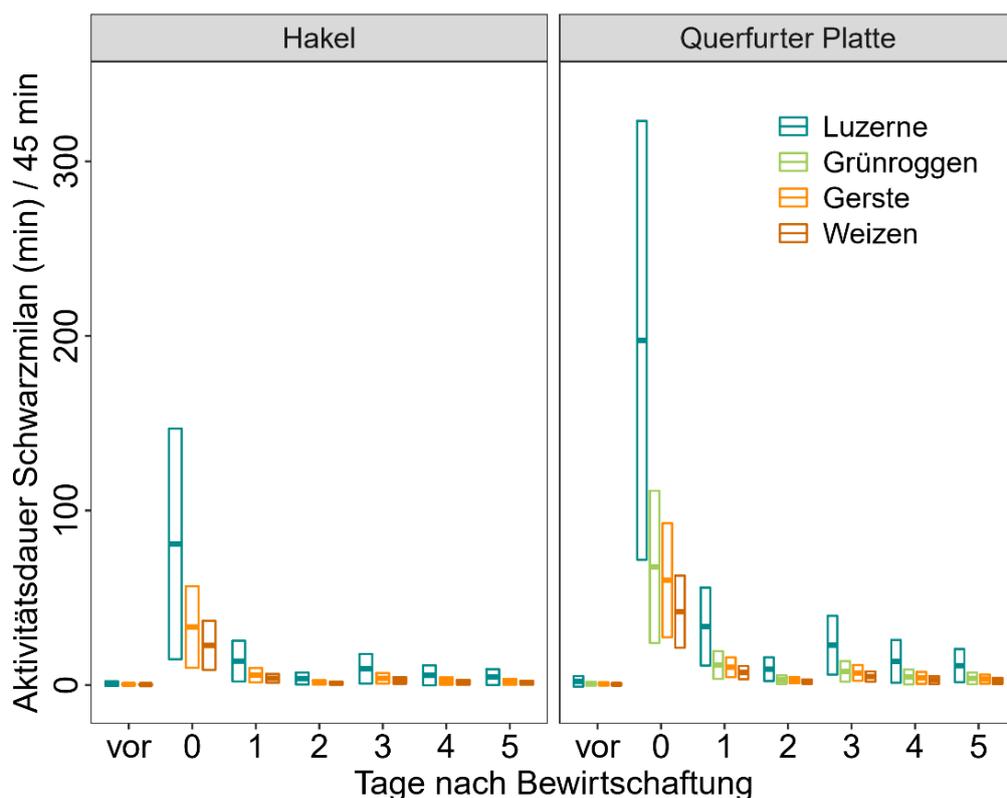


Abb. 32: Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Schwarzmilanen getrennt nach Anbaukultur für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte 2018-2020.

Für Schwarzmilane wurden im UG Querfurter Platte, wo eine höhere Schwarzmilandichte vorliegt, insgesamt höhere Aktivitätswerte beobachtet als im UG Hakel (Abb. 32, Tab. 25). Für Rotmilane war es mit einer höheren Aktivität im UG Hakel genau umgekehrt. Die Anzahl der Schwarzmilane, die gleichzeitig während der Mahd auf einer Fläche anwesend waren, unterschied sich jedoch nicht so deutlich zwischen den Untersuchungsgebieten. Im UG Hakel waren während der Mahd durchschnittlich 4 Individuen und maximal bis zu 16 Individuen gleichzeitig anwesend. Im UG Querfurter Platte wurden im Durchschnitt 5 Individuen und maximal bis zu 22 Individuen während einer Bewirtschaftung beobachtet. Auch bei Schwarzmilanen wurde die höchste maximale Anzahl immer während der Mahd von Luzerneflächen festgestellt.

Tab. 25: Nutzungsintensität von Schwarzmilanen getrennt nach Anbaukultur, berechnet aus der im GAMM geschätzten Aktivitätsdauer für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte.

Nutzungsintensität (s/ha*h) ±SE								Ø Fläche (ha)
Anbaukultur	Tage nach Bewirtschaftung							
	vor	0	1	2	3	4	5	
<b>UG Hakel</b>								
<b>Luzerne</b>	1,9 ±1,5	177,5 ±74,0	30,1 ±13,1	8,2 ±3,8	20,5 ±9,5	12,2 ±6,4	10,0 ±5,1	36,4
<b>Gerste</b>	0,7 ±0,5	66,2 ±23,7	11,2 ±4,1	3,0 ±1,3	7,6 ±3,1	4,5 ±2,1	3,7 ±1,7	40,2
<b>Weizen</b>	0,3 ±0,2	26,5 ±8,4	4,5 ±1,5	1,2 ±0,5	3,1 ±1,1	1,8 ±0,8	1,5 ±0,6	68,6
<b>UG Querfurter Platte</b>								
<b>Luzerne</b>	2,2 ±1,6	209,1 ±67,9	35,5 ±12,1	9,6 ±3,7	24,2 ±9,1	14,4 ±6,6	11,8 ±5,1	75,5
<b>Grünroggen</b>	0,7 ±0,5	67,2 ±22,1	11,4 ±4,0	3,1 ±1,2	7,8 ±3,0	4,6 ±2,2	3,8 ±1,7	80,5
<b>Gerste</b>	1,2 ±0,8	110,6 ±30,7	18,8 ±5,3	5,1 ±1,7	12,8 ±4,3	7,6 ±3,2	6,2 ±2,5	43,4
<b>Weizen</b>	0,7 ±0,5	62,3 ±15,6	10,6 ±2,8	2,9 ±0,9	7,2 ±2,2	4,3 ±1,8	3,5 ±1,3	54,0

Anders als bei den Rotmilanen wurden die höchsten Aktivitätswerte für die einzelne Beobachtungsfläche bereits Ende Mai festgestellt und nicht erst Ende Juni, wenn in der Umgebung kaum alternative Flächen zur Nahrungssuche zur Verfügung stehen (Abb. 33, Abb. 34). Ende Mai findet in den Untersuchungsgebieten neben Wiesenmahd nur die Mahd von Luzerne und keine Getreideernte statt. Auch die Aktivität an den Tagen nach der Mahd war zu diesem Zeitpunkt am höchsten. Die Abnahme der Aktivitätsdauer ist über die Saison weniger ausgeprägt als beim Rotmilan. Dennoch ging im UG Hakel auf Luzerneflächen der Höchstwert während der Bewirtschaftung von Ende Mai zum 20. Juli von 115 min fast um die Hälfte auf 60 min Aktivitätsdauer zurück (Abb. 33). Auf Getreideflächen blieb die Aktivitätsdauer während der Mahd zwischen Juni und August weitgehend unverändert zwischen 25 und 32 min (Abb. 33). Während auf Luzerneflächen Ende Mai auch bis Tag 5 nach der Mahd noch eine gesteigerte Aktivitätsdauer vorlag, wurden nach dem 20. Juli bereits ab Tag 4 weniger

als 4 min Aktivitätsdauer festgestellt. Auf Getreidefeldern ist ab dem 20. Juli am ersten Tag nach der Bewirtschaftung noch eine Aktivitätsdauer von 10 min zu erwarten, ab Tag 2 liegt die modellierte Aktivitätsdauer bereits bei weniger als 5 min.

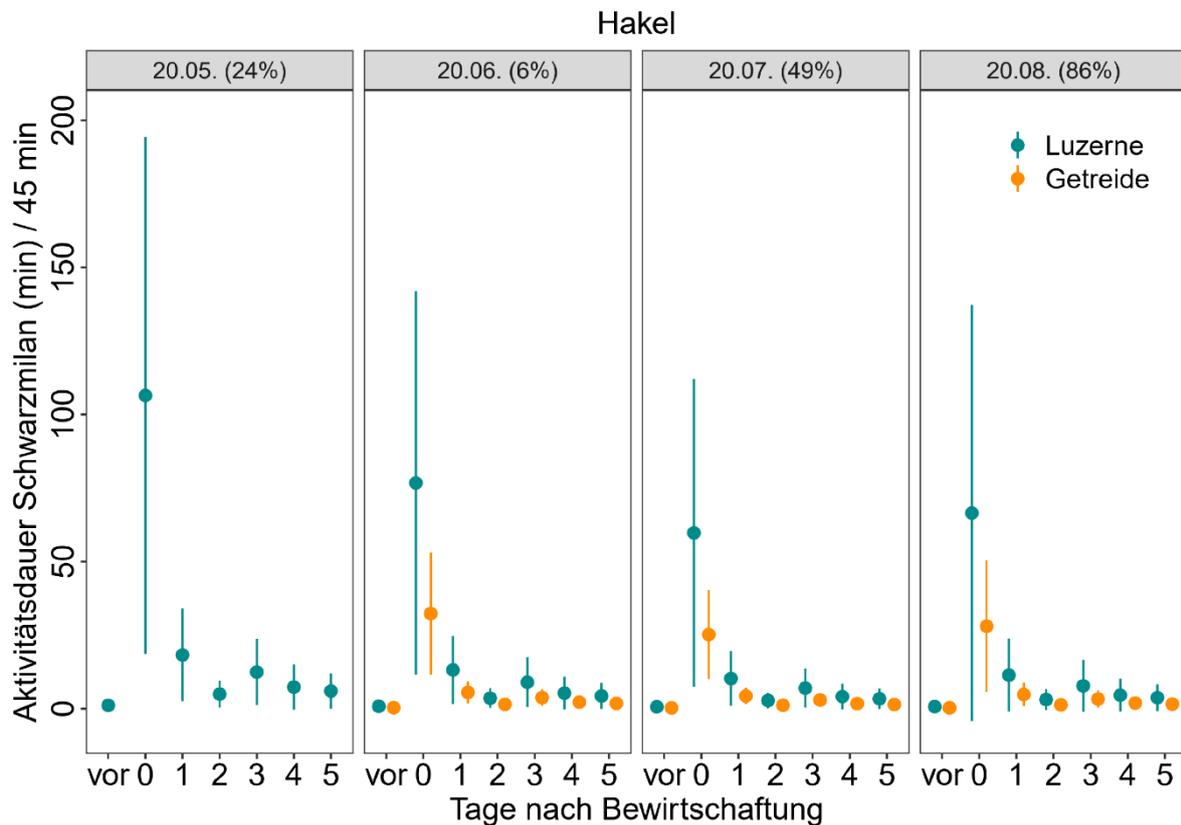


Abb. 33: Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Schwarzmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel. In Klammern ist die prozentuale Offenheit in 2 km Umkreis der beobachteten Flächen am jeweiligen Stichtag angegeben.

Auch im UG Querfurter Platte wird auf Luzerneflächen der Höchstwert von durchschnittlich 220 min Aktivitätsdauer während der Bewirtschaftung Ende Mai festgestellt, wenn keine andere Kultur geerntet wird (Abb. 34). Die Aktivität von Schwarzmilanen geht hier zum 20. Juli auf 118 min zurück. Anfang Mai, wenn gleichzeitig mit Luzerne nur Grünroggen gemäht wird, gibt es keinen Unterschied in der Aktivität von Schwarzmilanen zwischen den beiden Kulturen. Während der Getreideernte ist der Unterschied zur Aktivitätsdauer auf Luzerneflächen wieder sehr deutlich ausgeprägt (Abb. 34). Auch hier ist die Aktivität an den Tagen nach der Mahd Ende Mai am größten und geht später in der Saison zurück (Abb. 34). Während am 20.05. auf Luzerneflächen auch am Tag 5 nach der Mahd noch eine Aktivitätsdauer von 11 min vorlag, wurden am 20.07. noch 6 min festgestellt. Auf Getreidefeldern ist am 20.07. am ersten Tag nach der Bewirtschaftung noch eine Aktivitätsdauer von 10 min zu erwarten, ab Tag 4 liegt die modellierte Aktivitätsdauer bei weniger als 5 min.

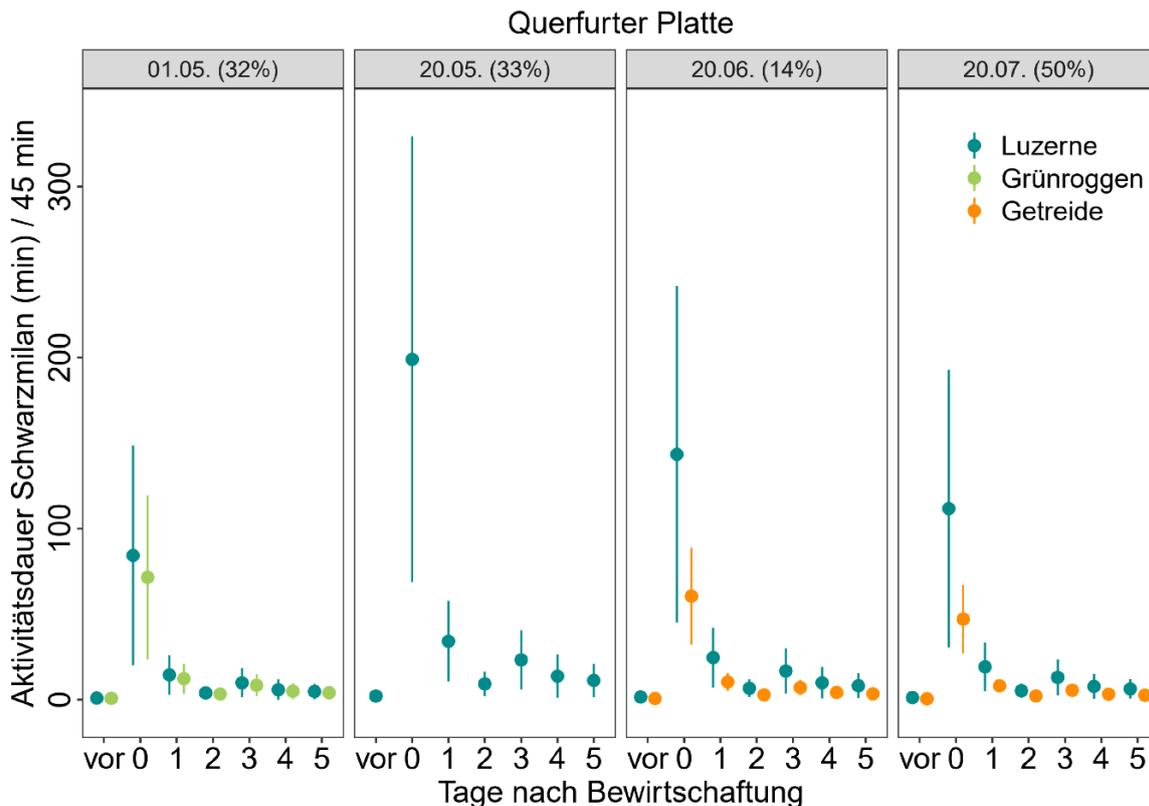


Abb. 34: Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von Schwarzmilanen für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Querfurter Platte  
In Klammern ist die prozentuale Offenheit in 2 km Umkreis der beobachteten Flächen am jeweiligen Stichtag angegeben.

## 4.2.2 Telemetriebasierte Ergebnisse zur Attraktionswirkung

### 4.2.2.1 Rotmilan

#### Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte

Auch für besenderte Rotmilane zeigte sich in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt eine erhöhte Aktivitätsdauer während Bewirtschaftungsereignissen. Am Bewirtschaftungstag wurden auf den Flächen durchschnittlich 29 min  $\pm$  19 min Flugaktivität einzelner Vögel beobachtet, im Vergleich zu durchschnittlich 2 min  $\pm$  2 min Flugaktivität auf Flächen ohne Bewirtschaftung (Abb. 35). Das entspricht einer 12-fach gesteigerten Aktivität während Bewirtschaftungsereignissen. Am Tag 1 nach Bewirtschaftung wurde eine 4-mal und am Tag 3 noch eine 2-mal höhere Aktivität festgestellt.

Auch wenn am Bewirtschaftungstag die Aktivitätsdauer der besenderten Rotmilane auf einer Mahdfläche deutlich gesteigert war, so entsprach für Brutvögel diese Aufenthaltsdauer durchschnittlich nur 15 % ( $\pm$  12 %, max. 60 %) ihrer jeweils pro Tag ermittelten flugaktiven Zeit (siehe Kap. 4.3.3). Am ersten Tag nach der Bewirtschaftung verbrachten Brutvögel noch durchschnittlich 6 % ( $\pm$  8 %, max. 58 %), am dritten Tag nach der Bewirtschaftung nur noch durchschnittlich 3 % ( $\pm$  4 %, max. 16 %) ihrer flugaktiven Zeit auf der Mahdfläche.

Nichtbrüter hielten sich am Mahdtag deutlich länger, durchschnittlich 22 % ( $\pm$  20 %, max. 87 %) ihrer flugaktiven Zeit, auf der Mahdfläche auf. Am ersten Tag nach der Bewirtschaftung waren Nichtbrüter noch durchschnittlich 9 % ( $\pm$  16 %, max. 83 %), am dritten Tag nach der Bewirtschaftung jedoch, ähnlich wie Brutvögel, nur noch durchschnittlich 3 % ( $\pm$  4 %, max. 18 %) ihrer flugaktiven Zeit auf der Mahdfläche anwesend.

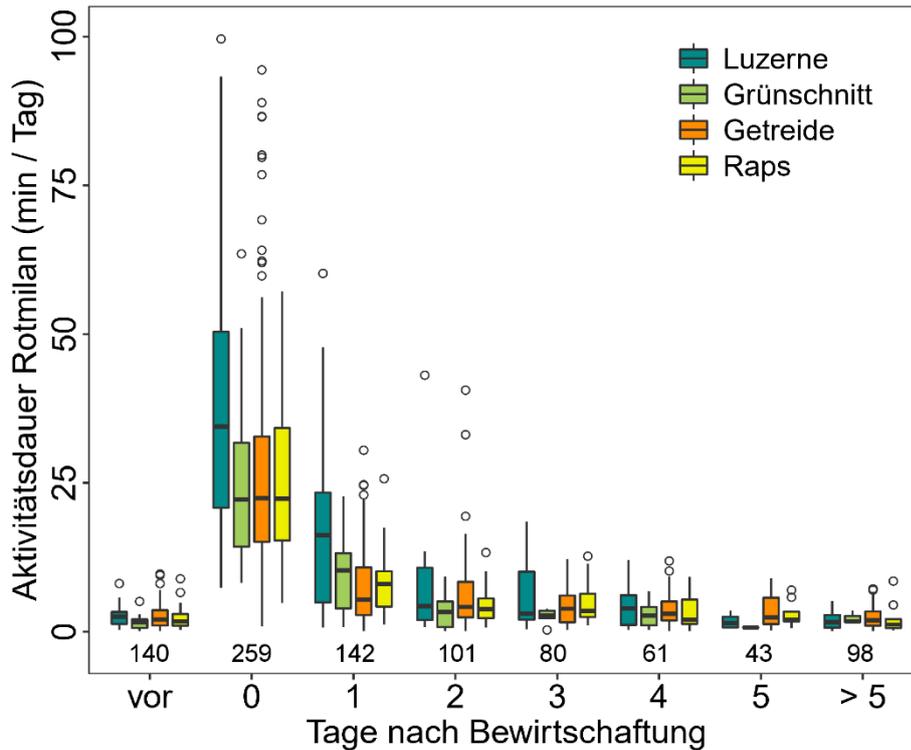


Abb. 35: Beobachtete Aktivitätsdauer von besenderten Rotmilanen getrennt nach Anbaukultur für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung im UG Hakel und UG Querfurter Platte 2018-2020.

Die Anzahl der jeweiligen Beobachtungstage ist unter den Boxplots angegeben.

Im Modell hatte der Parameter „Tage nach einer Bewirtschaftung“ vor allem für den Bewirtschaftungstag (Tag 0) und bis zu 3 Tage nach einer Bewirtschaftung einen hoch signifikanten Effekt auf die Aktivitätsdauer und es zeigte sich wieder ein Zusammenhang mit der Anbaukultur (Abb. 35). Auf Luzerneflächen waren am Mahdtag besenderte Rotmilane durchschnittlich  $40 \text{ min} \pm 25 \text{ min}$  anwesend, was 15-mal höher war als die Aktivität ohne Bewirtschaftung. Auf Getreideflächen wurden durchschnittlich  $28 \text{ min} \pm 19 \text{ min}$  Flugaktivität während einer Bewirtschaftung beobachtet. Ab Tag 5 nach der Bewirtschaftung gab es keinen signifikanten Unterschied mehr in der Flugaktivität zu Flächen ohne Bewirtschaftung (Tab. 26).

Tab. 26: Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer (min/Tag) von besenderten Rotmilanen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Jahren 2018-2020.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	t-Wert	p-Wert
Achsenabschnitt	-3,46 ( $\pm$ 0,13)	-26,13	< 0,001
Anbaukultur (Referenz = Raps)			
Getreide	-0,01 ( $\pm$ 0,10)	-0,12	0,90
Luzerne	0,42 ( $\pm$ 0,16)	2,6	0,01
Grünschnitt	0,22 ( $\pm$ 0,16)	1,36	0,17
Tage nach Bewirtschaftung (Referenz = "vor")			
Tag 0	2,32 ( $\pm$ 0,10)	22,79	< 0,001
Tag 1	1,25 ( $\pm$ 0,11)	11,34	< 0,001
Tag 2	0,82 ( $\pm$ 0,12)	6,85	< 0,001
Tag 3	0,58 ( $\pm$ 0,14)	4,25	< 0,001
Tag 4	0,42 ( $\pm$ 0,16)	2,70	0,007
Tag 5	0,32 ( $\pm$ 0,19)	1,72	0,09
Tag > 5	-0,03 ( $\pm$ 0,16)	-0,18	0,86
Glättungsfunktionen	df	F-Wert	p-Wert
s (Anteil offener Flächen im UG)	2,510	4,87	0,003
s (Flächengröße)	2,871	4,54	0,01
s (Entfernung zum Horst x Brutvögel)	1	24,87	< 0,001
s (Entfernung zum Schlafplatz x Nichtbrüter)	1	5,15	0,02

Es gab einen geringen Effekt der Flächengröße auf die Aktivitätsdauer, die bis zu einer Flächengröße von 50 ha leicht anstieg, dann aber gleich blieb. Die Aktivitätsdauer von Rotmilanen war signifikant vom Anteil der offenen Fläche im UG beeinflusst und nahm mit abnehmender Offenheit der Umgebung zu (Tab. 26). Dieser Effekt war aber nicht so deutlich wie bei der Raumnutzungsbeobachtung nachgewiesen werden konnte; möglicherweise, weil hier die Offenheit im gesamten UG und nicht im Umkreis der einzelnen Mahdfläche betrachtet wurde. Außerdem wurden nur Flächen betrachtet, die von besenderten Rotmilanen genutzt wurden, und nicht wie bei der Raumnutzungsbeobachtung, wo auch Flächen einbezogen wurden, auf denen am jeweiligen Beobachtungstag möglicherweise keine Milane beobachtet wurden.

Die höchsten Aktivitätswerte für die einzelnen Mahdflächen wurden trotzdem im Modell wieder für Ende Juni angenommen, wenn in der Umgebung kaum offene Flächen zur Nahrungssuche zur Verfügung standen (Abb. 36). Für Brutvögel wurde dann beispielsweise eine Anwesenheit von 35 min auf Luzerneflächen, und 28 min auf Getreideflächen ermittelt. Am 20. Juli, wenn wieder durch den Beginn der großflächigen Getreideernte eine Offenheit von etwa 50 % in der Umgebung erreicht wurde, nahm die Aktivitätsdauer – wenn auch marginal – auf 28 min für Luzerneflächen und 23 min für Getreideflächen ab (Abb. 36). Im Mai, wenn gleichzeitig mit Luzerne Getreide nur als Grünschnitt geerntet wurde, war der Unterschied in der Aktivität der Rotmilane geringer als im Vergleich zu Getreide und Raps später in der Saison.

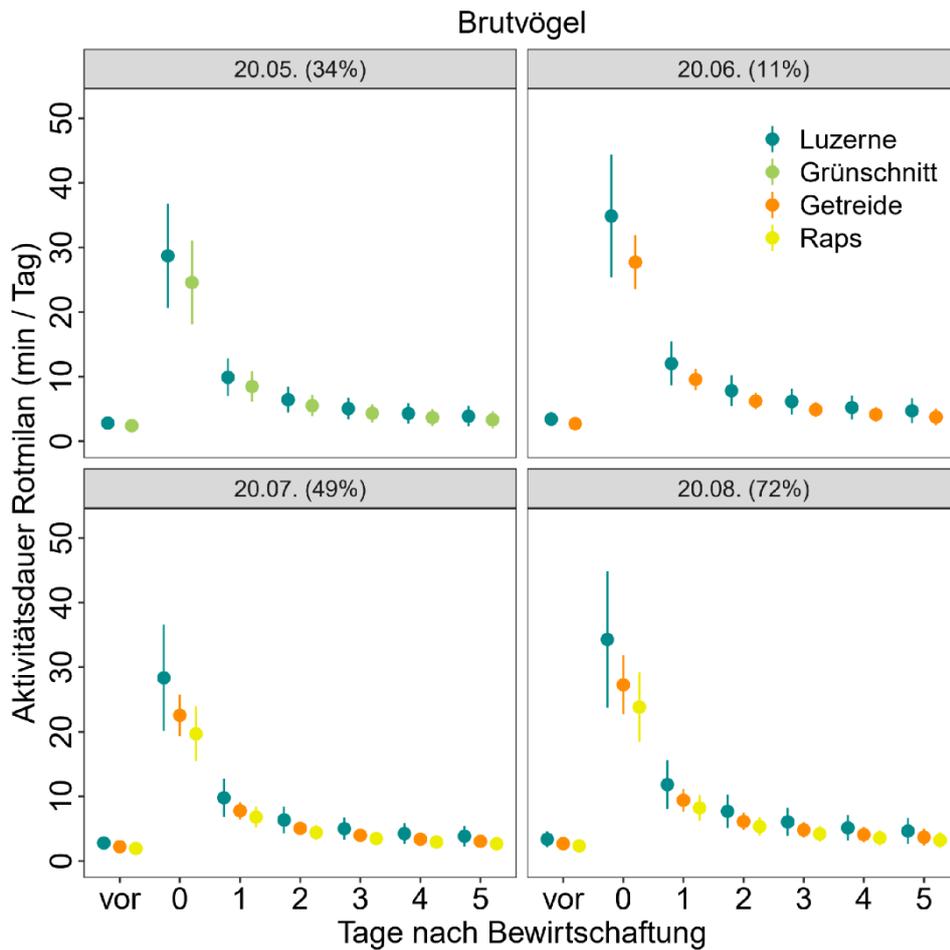


Abb. 36: Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Rotmilanen (Brutvögel,  $n = 13$ ) für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung.

In Klammern ist die durchschnittliche Offenheit im UG Hakel und UG Querfurter Platte am jeweiligen Stichtag angegeben.

Für Ende Juni wurde im Modell für Nichtbrüter eine Aktivitätsdauer von 38 min auf Luzerneflächen, und 25 min auf Getreideflächen angenommen. Die Aktivität verringerte sich zum 20. Juli auch hier nur geringfügig auf 31 min für Luzerneflächen, und 21 min für Getreideflächen (Abb. 37). Zum Stichtag 20.08. stieg trotz größerer Verfügbarkeit an offenen Flächen die geschätzte Aktivitätsdauer sogar wieder leicht an. Insbesondere für Nichtbrüter ist die gesteigerte Aktivitätsdauer auf Luzerneflächen durch die gesamte Saison hindurch bemerkenswert, während die Aktivitätswerte auf Getreideflächen weitgehend gleichbleiben (Abb. 37).

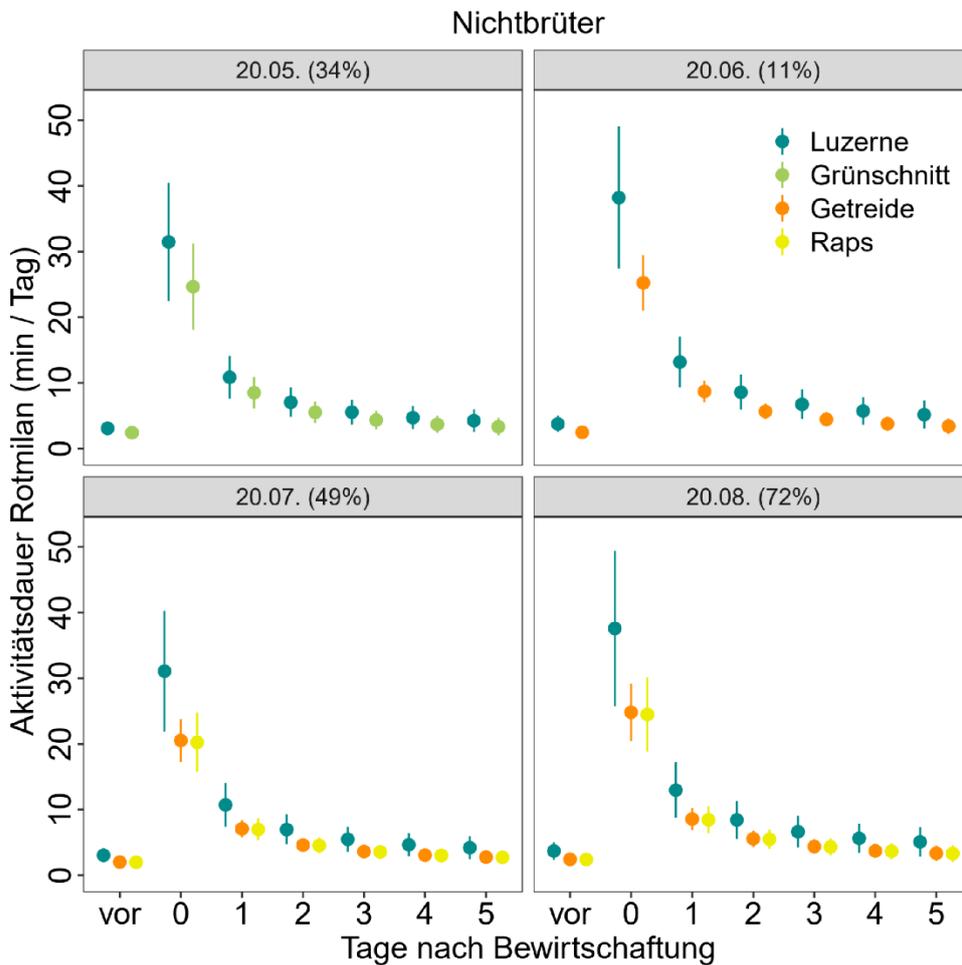


Abb. 37: Saisonale Unterschiede in der modellierten Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Rotmilanen (Nichtbrüter,  $n = 9$ ) für Tage vor, während und nach einer Bewirtschaftung. In Klammern ist die durchschnittliche Offenheit im UG Hakel und UG Querfurter Platte am jeweiligen Stichtag angegeben.

Die Entfernung zum Horst beziehungsweise Schlafplatz hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Aktivitätsdauer der Rotmilane, besonders für Brutvögel (Tab. 26). Für Brutvögel war die Aktivitätsdauer im Nahbereich ihres Horstes am höchsten und nahm mit zunehmender Entfernung ab. Es gab keine Beobachtung von Brutvögeln, die auf einer Mahdfläche weiter als 8 km entfernt vom Horst anwesend waren (Abb. 38). Luzerneflächen lagen im Mittel 2,2 km, Getreideflächen 1,4 km entfernt. Nichtbrüter dagegen wurden auch aus größeren Entfernungen zu Mahdflächen, insbesondere zu Luzernemahd angelockt. Luzerneflächen lagen hier im Mittel 8,1 km (bis max. 18 km), Getreideflächen im Mittel 4,5 km von den Schlafplätzen in der Nacht vor der Mahd entfernt.

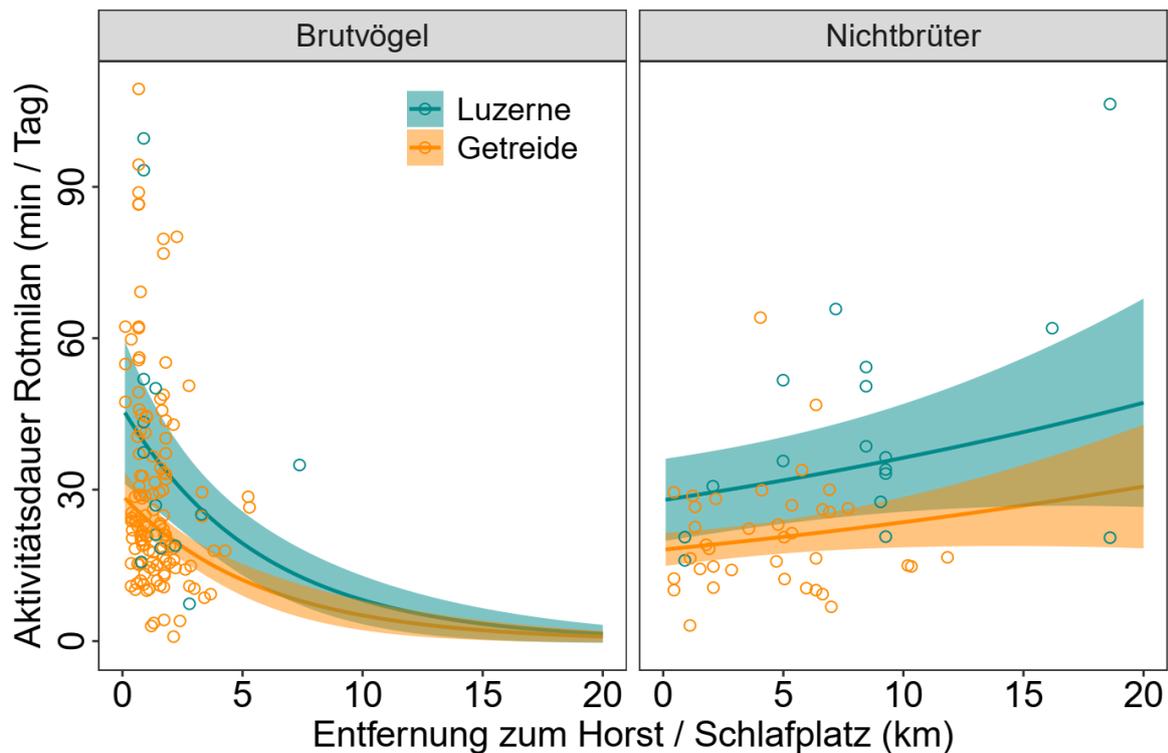


Abb. 38: Modellierte Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Rotmilanen während einer Bewirtschaftung in Relation zur Entfernung zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise zum Schlafplatz (Nichtbrüter) getrennt für Luzerne- und Getreideflächen.

Beobachtete Werte sind als Kreise dargestellt.

Die Entfernungen vom Horst beziehungsweise Schlafplatz zu Mahdflächen, auf denen Rotmilane anwesend waren unterschieden sich deutlich zu den Entfernungen zu Mahdflächen, für die keine Anwesenheit nachgewiesen wurde. Vor allem Brutvögel beflogen nur Flächen im Nahbereich ihrer Horste (Abb. 39). Luzerneflächen wurden während der Mahd tendenziell weiter entfernt aufgesucht. Für Brutvögel lagen diese durchschnittlich  $2,6 \pm 1,8$  km entfernt, während Getreideflächen durchschnittlich nur  $1,7 \pm 1,2$  km entfernt lagen. Mahdflächen ohne Anwesenheit lagen im Mittel  $7,0 \pm 3,1$  km entfernt.

Für Nichtbrüter betrug die Entfernung vom Schlafplatz zu während der Mahd angeflogenen Luzerneflächen durchschnittlich  $8,5 \pm 5,9$  km, Getreideflächen lagen im Durchschnitt  $5,3 \pm 4,2$  km vom Schlafplatz entfernt (Abb. 39). Der Entfernungsunterschied zu nicht aufgesuchten Flächen war hier weniger deutlich als bei den Brutvögeln.

Im Modell hatte die Entfernung zum Horst beziehungsweise Schlafplatz einen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche während der Mahd durch besenderte Rotmilane genutzt wurde (Tab. 27). In der Nähe von Horst beziehungsweise Schlafplatz war die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit am größten und nahm mit zunehmender Entfernung ab. Auf allen Luzerneflächen, die in 2 km Entfernung zu einem Horst lagen, waren die jeweiligen Brutvögel während der Mahd anwesend (7 Beobachtungen). Es gab keine Beobachtung von Brutvögeln, die auf einer Luzernefläche weiter als 8 km entfernt vom Horst anwesend waren (Abb. 39, Abb. 40). Bei 2,5 km Entfernung lag die geschätzte Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit auf einer Luzernefläche bei 50 %, bei 4 km Entfernung bereits bei weniger als 9 % (Abb. 40). Für Getreideflächen wurde eine Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit von 50 % bei 3,5 km Entfernung geschätzt, bei 5 km Entfernung lag sie bereits bei weniger als 8 %.

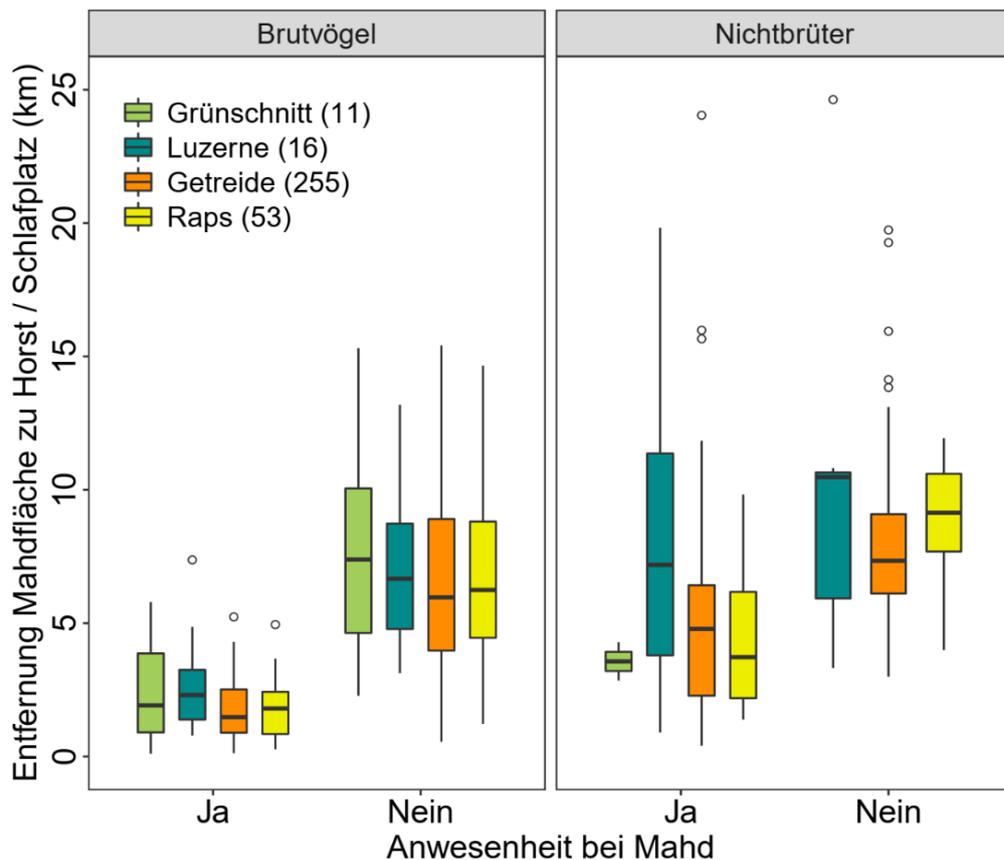


Abb. 39: Unterschiede in den Entfernungen zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise Schlafplatz (Nichtbrüter) von besenderten Rotmilanen und der An- beziehungsweise Abwesenheit auf Mahdflächen getrennt nach der Anbaukultur.

In Klammern ist die Anzahl der beobachteten Felder angegeben.

Tab. 27: Modellierte Effekte der im GLMM enthaltenen Parameter auf die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von Mahdflächen durch besenderte Rotmilane in den Jahren 2018-2020.

Ein signifikanter Effekt wird angenommen, wenn im 95 %-Vertrauensbereich die 0 nicht enthalten ist.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	z-Wert	95 % - Vertrauensbereich	
Achsenabschnitt	4,11 ( $\pm$ 0,87)	4,72	2,572	5,629
Anbaukultur (Referenz = Raps)	0			
Getreide	0,19 ( $\pm$ 0,28)	0,67	-0,556	0,586
Luzerne	1,38 ( $\pm$ 0,47)	2,95	0,360	2,437
Entfernung zu Horst / Schlafplatz	-1,58 ( $\pm$ 0,15)	-10,52	-1,850	-1,308
Brutstatus (Referenz = Brutvögel)	0			
Nichtbrüter	-2,57 ( $\pm$ 1,06)	-2,43	-4,184	-0,923
Entfernung Horst * Brutvögel	0			
Entfernung Schlafplatz * Nichtbrüter	1,31 ( $\pm$ 0,15)	8,49	1,016	1,596
Datum	-0,49 ( $\pm$ 0,14)	-3,45	-0,742	-0,198
Flächengröße	0,18 ( $\pm$ 0,12)	1,55	-0,057	0,420

Nichtbrüter, die sich teilweise nicht dauerhaft im Untersuchungsgebiet aufhielten, kamen auch aus größerer Entfernung (bis zu 25 km) zu Mahdflächen. Auf der Maßnahmenfläche im UG Hakel (Luzerne) waren teilweise mehrere besenderte Nichtbrüter gleichzeitig anwesend

(insgesamt 11 Beobachtungen). Eine 50 % Wahrscheinlichkeit, dass sie eine Fläche während der Mahd anfliegen, wurde bei Luzerne bei 5 km Entfernung zum Schlafplatz in der Nacht vor der Mahd geschätzt. Erst bei 13 km Entfernung sank die Wahrscheinlichkeit unter 10 %. Für Getreideflächen wurde sogar bis 10 km Entfernung eine Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit über 50 % ermittelt (Abb. 40).

Insgesamt besteht damit eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass insbesondere Luzerneflächen in 2 km Entfernung zum Horst von den Brutvögeln während der Mahd genutzt werden. Aber es gab auch viele Getreideflächen im 2-km-Radius um den Horst, die während der Mahd nicht aufgesucht wurden (Abb. 40). Nichtbrüter werden auch aus größeren Entfernungen zu Mahdflächen sowohl auf Luzerne- als auch auf Getreideflächen ange lockt.

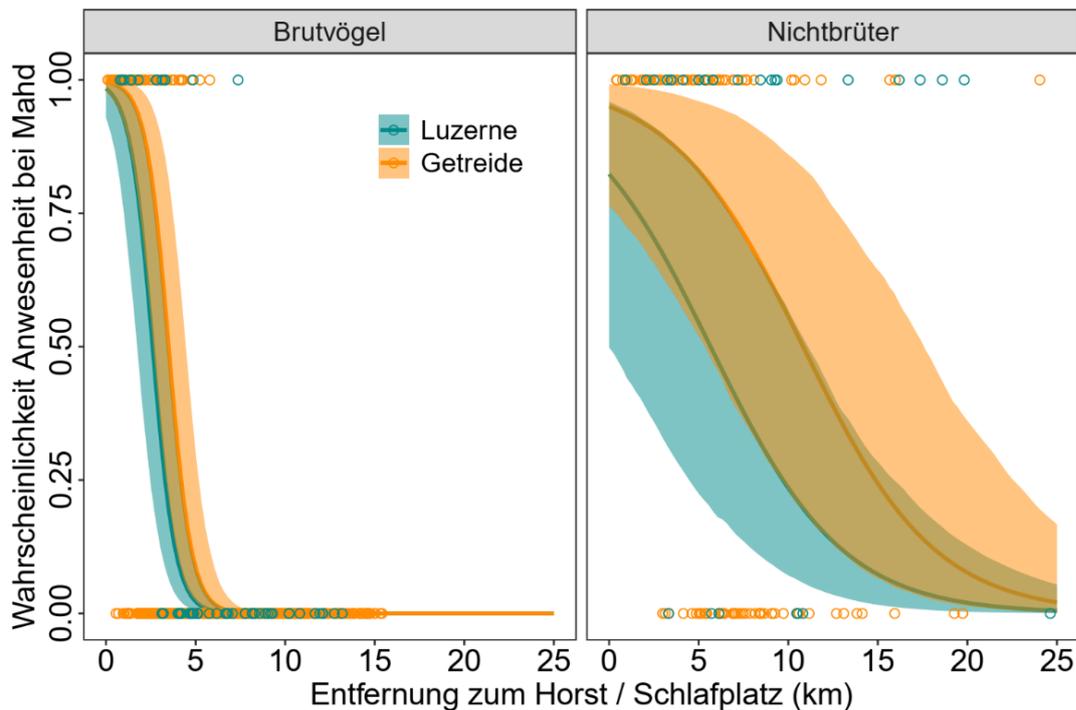


Abb. 40: Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd genutzt wird in Relation zur Entfernung zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise zum Schlafplatz (Nichtbrüter) getrennt für Luzerne- und Getreideflächen.

Beobachtete Werte sind als Kreise dargestellt.

Auch in dieser Auswertung zeigte sich wieder ein Zusammenhang mit der Anbaukultur, mit einer höheren Nutzungswahrscheinlichkeit für Luzerne (Tab. 27). Die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Luzerneflächen während der Mahd angefliegen wurden, lag bei 36 %, obwohl nur auf 5 % der beobachteten Flächen Luzerne angebaut wurde (Abb. 41). Für Getreideflächen, die den Großteil der Flächen ausmachten, lag nur eine Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit von durchschnittlich 17 % vor. Für Getreide, das früh im Jahr (< 20.06.) als Grünschnitt geerntet wird, liegt die Wahrscheinlichkeit bei 21 %, obwohl diese Flächen nur einen Anteil von 4 % hatten (Abb. 41).

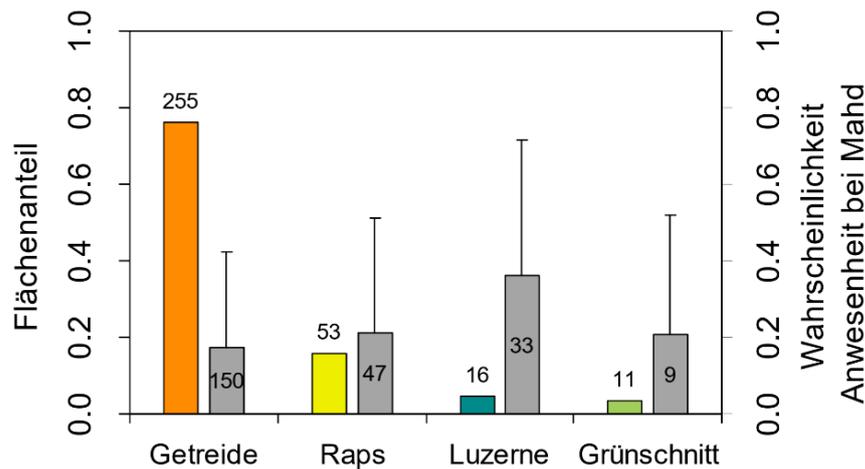


Abb. 41: Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit (+SD), dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird im Vergleich zum Flächenanteil der jeweiligen Anbaukultur.

Über den farbigen Säulen ist die Anzahl der Flächen, in den grauen Säulen ist die Anzahl der beobachteten Anwesenheiten angegeben.

Im Verlauf der Saison ging die Wahrscheinlichkeit, dass eine Mahdfläche aufgesucht wird, zurück (Tab. 27). Während Flächen, die vor dem 20. Juni gemäht wurden, durchschnittlich mit 29 % Wahrscheinlichkeit angefliegen wurden, nahm die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit auf durchschnittlich 19 % für nach dem 20. Juni gemähte Flächen ab. Auch hier gab es Unterschiede zwischen den Anbaukulturen und zwischen Brutvögeln und Nichtbrütern.

Brutvögel waren vor dem 20. Juni auf Luzerneflächen mit durchschnittlich 37 % und auf Getreideflächen (Grünschnitt) mit durchschnittlich 33 % Wahrscheinlichkeit anwesend. Nach dem 20. Juni lag die mittlere Wahrscheinlichkeit eine Fläche während der Mahd anzufliegen für Luzerne bei 21 %, für Getreide bei 18 % und für Raps bei 21 % (Abb. 42).

Nichtbrüter wurden fast nur vor dem 20. Juni während einer Luzernemahd nachgewiesen, was hier zu höheren Wahrscheinlichkeiten (68 % und 49 %) führte als nach dem 20. Juni (16 %, Abb. 42). Die insgesamt höheren Wahrscheinlichkeiten kommen daher zustande, dass nur Mahdtage berücksichtigt wurden, an denen Nichtbrüter überhaupt im Laufe des Tages im Untersuchungsgebiet anwesend waren. Dadurch war die Wahrscheinlichkeit deutlich größer, dass eine Mahd bemerkt und auch angefliegen wurde. Daher gab es für Nichtbrüter deutlich weniger Beobachtungen von Abwesenheiten was die Annahme von höheren Wahrscheinlichkeiten zur Folge hat.

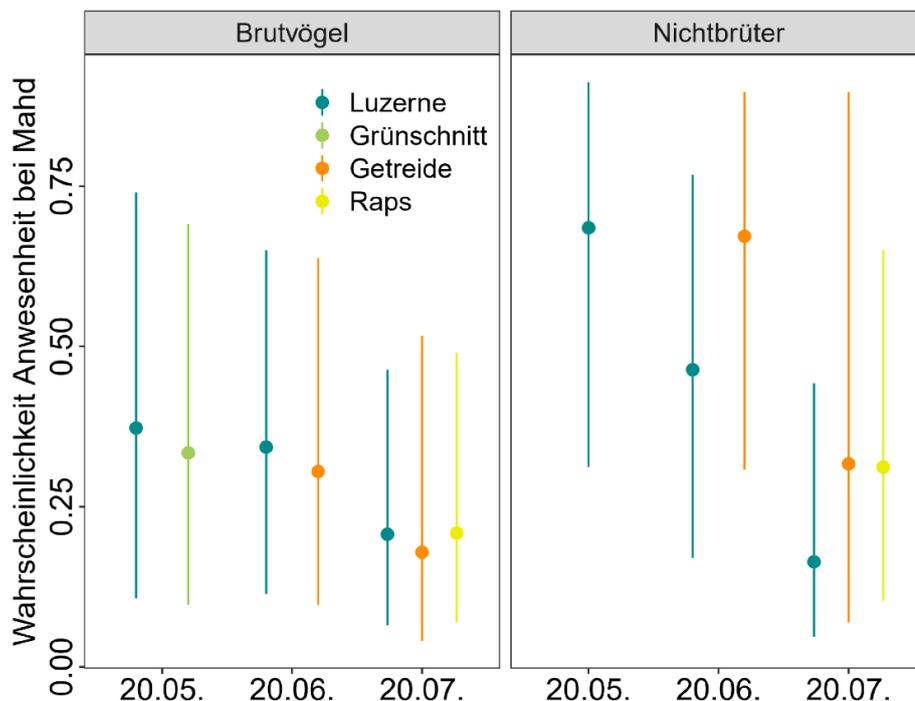


Abb. 42: Unterschiede zwischen den Anbaukulturen und zwischen Brutvögeln und Nichtbrütern in der Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird, modelliert für Stichtage in der Saison.

### Analysen im Untersuchungsgebiet Freisen

Die Attraktionswirkungen von Flächenbewirtschaftungen und Bewirtschaftungsereignissen im UG Freisen wurden mittels der in Kap. 3.2.3.7 beschriebenen iSSM für vier besenderte Rotmilane analysiert und nachfolgend dargestellt. Darunter fallen auch Ergebnisse zur relativen Selektionsstärke in Bezug auf Habitattypen, sowie die Effekte kontinuierlicher Variablen betreffend z. B. Flächengröße, Distanz zum Horst und Distanz zu Grenzlinien außerhalb direkter Interaktionen mit Bewirtschaftungsereignissen.

Die unter Kap.3.2.3.7 beschriebene Vorgehensweise nach Methodenvariante 1 ergibt im UG Freisen für die vier Individuen eine hochsignifikant positive Attraktionswirkung der Mahd auf den Rotmilan ( $P < 0,001$ ); frisch gemähte Flächen wurden von den vier besenderten Individuen um 64 % intensiver genutzt als die ungemähten.

Das aus der Methodenvariante 2 resultierende Ergebnis ist in Abb. 43 dargestellt. Für kurze Intervalllängen „T“ (Anzahl Tage, auf die das Bewirtschaftungsereignis eingegrenzt werden kann, beziehungsweise in denen das Ereignis stattfand) erreicht das Mittel der relativen Attraktivität der Mahd bei ca. 95 % die Sättigung, das heißt, die frisch gemähten Flächen werden in den ersten Tagen um ca. 95 % intensiver genutzt.

Zusammengefasst für beide Methodenansätze bewirkt die Mahd als Bewirtschaftungsereignis in den ersten Tagen eine um etwa 64 - 95 % intensivere Nutzung der Fläche. Obwohl die anhand der vier Individuen gemessene Attraktion hoch-signifikant ist, legen die Konfidenzintervalle in Abb. 43 nahe, dass der genaue Wert der relativen Attraktionsstärke mit großen Unsicherheiten behaftet ist und zwischen 50 % und 150 % liegen kann. Je nach Fläche und Ereignis schwankt der anhand der 4 Individuen gemessene Effekt stark und ist insoweit kaum verlässlich prognostizierbar / übertragbar.

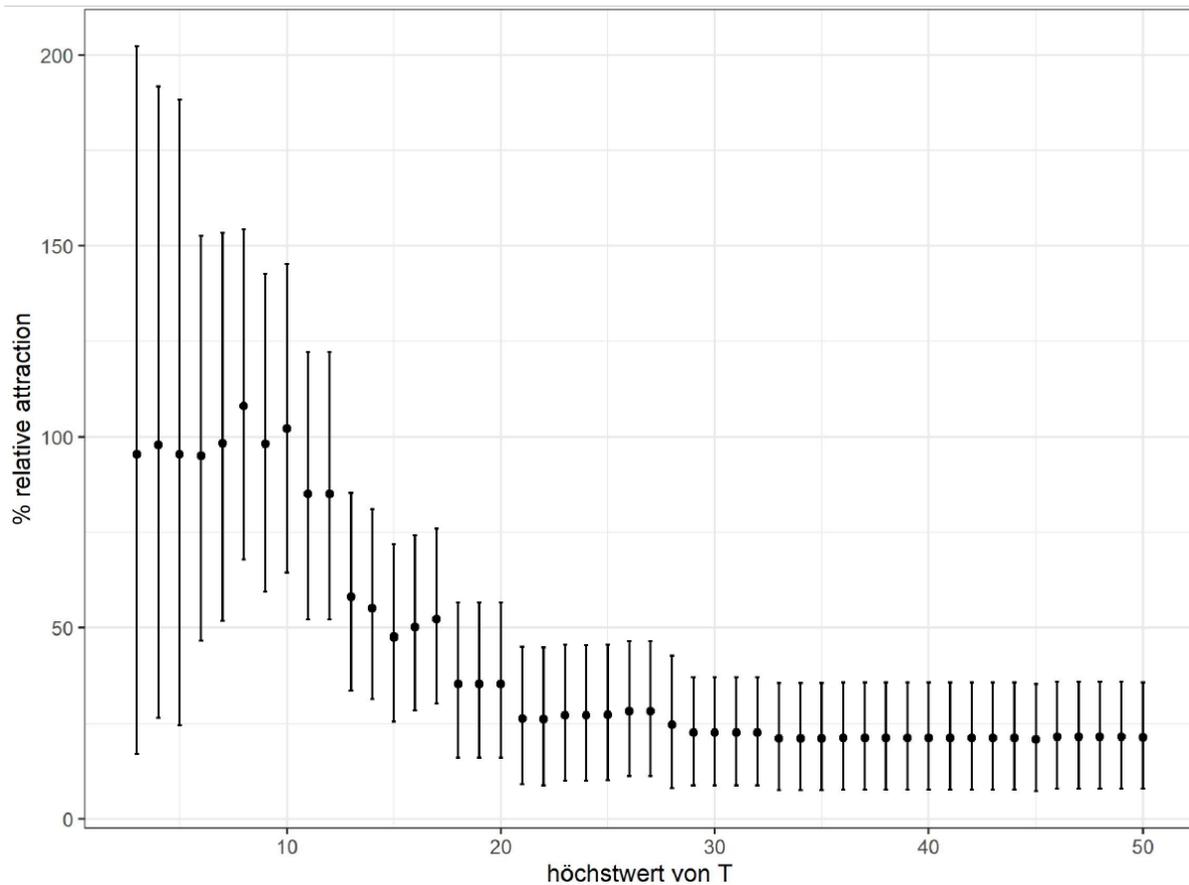


Abb. 43: Prozentuale Steigerung der Attraktivität durch Mahd in Abhängigkeit von der Höchstlänge des für die Mahd in Frage kommenden Zeitintervalls T.

Methodenvariante 2. Angabe der Attraktionssteigerung in Prozent. X-Achse: T – in Tagen gemessen, beginnend ab T=3. Daten zu den ersten Tagen nach dem Bewirtschaftungsereignis konnten aufgrund unzureichender Datengrundlage nicht generiert werden. Balken zeigen 95%-Konfidenzintervalle.

Die bewirtschaftungsbedingte Attraktion fällt nach Methodenvariante 1 ab dem dritten Tag nach der initialen Mahd pro weiterem Tag um etwa 10 %<sup>8</sup>. Im Vergleich zu der Attraktivität von unbewirtschafteten Flächen vor der Mahd liegt die Steigerung der Attraktivität am fünften Tag nach der Mahd noch bei ca. 50 %, nach 10 Tagen bei ca. 28 %. Diese Größenordnungen stimmen mit dem in Abb. 43 beobachteten Verlauf der Methodenvariante 2 überein, der ebenfalls etwa ab Tag 10 einen deutlichen Abfall zeigt. Dass Methodenvariante 2 insgesamt einen weniger starken Abfall zeigt als Methode 1 liegt daran, dass die y-Achse in Abb. 43 nicht T selbst sondern den Höchstwert von T zeigt. Wird hier eine Attraktion bspw. für den Wert 15 ermittelt, so fallen darunter auch alle Zeitintervalle, die eine Länge von  $\leq T$  haben, was insgesamt einen langsamen Abfall der Werte bewirkt.

Neben der Mahd haben auch Umbruchereignisse nach den Ergebnissen beider Methodenvarianten eine hochsignifikant positive Attraktionswirkung auf den Rotmilan ( $P < 0,001$ ).

<sup>8</sup> Es wird gem AIC dasjenige Modell als das beste definiert, bei dem  $\alpha = 0,1$  und  $j = 3$  zugrunde gelegt ist.

Die frisch umgebrochenen Flächen werden in den ersten Tagen intensiv genutzt. Obwohl die täglich ermittelte Attraktion hoch signifikant ist, legen die Konfidenzintervalle nahe, dass sowohl der genaue Wert der relativen Attraktionsstärke, als auch die Dauer der Abklingwirkung mit sehr großen Unsicherheiten behaftet ist, beziehungsweise je nach Fläche und Ereignis stark schwankt und insoweit kaum verlässlich prognostizierbar ist.

### **Jahresverlauf**

In beiden Fällen (Mahd und Umbruch) liegt keine jahreszeitlich abhängige Attraktionsstärke vor. Das erste, am wenigsten komplexe Modell, zeigt den niedrigsten AIC-Wert.

Nicht untersucht wurde inwiefern die Mahd beziehungsweise der Umbruch selbst ein jahreszeitliches Verhalten zeigt, sondern ob, sofern ein solches Ereignis in unterschiedlichen Monaten stattfindet, sich die entsprechende Attraktionswirkung zwischen den Monaten unterscheidet.

### **Distanz zum Horst**

Der Abgleich der Modelle mit vs. ohne Interaktionsterme (vgl. Kap. 3.2.3.7) zeigt, dass weder für die Mahd, noch den Umbruch die Attraktivität in Abhängigkeit von der Distanz zum Horst sich signifikant ändert. Das am wenigsten komplexe Modell zeigt den niedrigsten AIC-Wert. Ein solcher Zusammenhang, dass die untersuchten vier Individuen bei der Mahd / dem Umbruch bereit sind weiter zu fliegen, zeigt sich demnach nicht. Allgemein (unabhängig von Bewirtschaftungsereignissen) weist die Distanz zum Horst in Bezug auf die Raumnutzung einen deutlichen, starken Effekt auf (Abb. 46): im Mittel sinkt die Attraktivität von Flächen abseits von Bewirtschaftungsereignissen für die vier untersuchten Rotmilanindividuen für alle zusätzlichen 10 Meter Distanzen zum Horst um jeweils 1 %.

### **Flächengröße und Randstruktur**

Das Modell mit beiden (untransformierten) Variablen zeigt gegenüber log-transformierten Variablen den niedrigsten AIC-Wert. Es sind also beide Variablen notwendig, um das Verhalten der Rotmilane zu erklären. Insofern beschreiben beide Variablen qualitativ unterschiedliche Habitatselektionsprozesse.

Das iSSM, welches die Daten aller Vögel gemeinsam auswertet, zeigt einen hoch-signifikant negativen Zusammenhang mit der Flächengröße ( $P < 0,001$ ) – obwohl die Distanz zu Randstrukturen parallel mit untersucht (und von dem Effekt der Flächengröße somit unterschieden) wurde. (Im Mittel sinkt die Attraktivität von Flächen abseits von Bewirtschaftungsereignissen für die vier untersuchten Rotmilanindividuen für alle zusätzlichen 10 Meter Distanzen zu Grenzlinien um jeweils 1 %.

Nach Gruppierung der Flächengröße in Größenklassen (die auf der Häufigkeitsverteilung der Flächengrößen in dem Datensatz beruhen) zeigt sich, dass die Attraktivität mit der Größe der Flächen deutlich abnimmt. Die entsprechende relative Attraktion ist in Abb. 44 gegen die Klassen der Flächengrößen aufgetragen. Insbesondere wurde jede Klassengröße mit Flächen  $> 47$  ha verglichen.

Dies gilt jedoch nicht für beliebig kleine Flächen, wie sich bei Anpassung des analogen Modells mit einer anderen Klasseneinteilung zeigt, die insbesondere sehr kleine Flächen gut auflöst. Es zeigt sich in Abb. 44 deutlich, dass die Attraktivität bei kleineren Flächen wieder sinkt, und sehr kleine Flächen ( $< 0,12$  ha) ähnlich zu größeren Flächen ab  $> 1,8$  ha tendenziell weniger präferiert werden. Das anhand der vier untersuchten Sendervögel registrierte Optimum liegt bei etwa 0,4-1,8 ha.

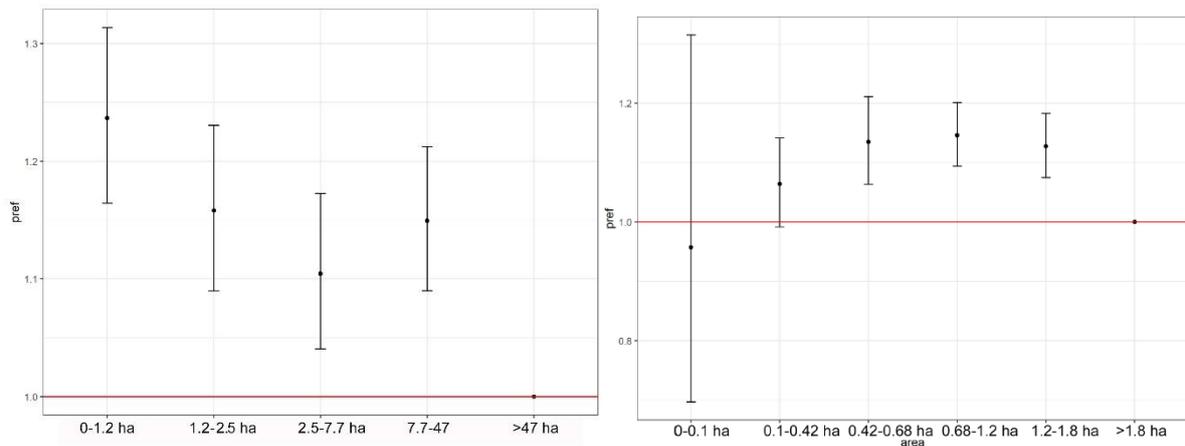


Abb. 44: Attraktion in Abhängigkeit von der Flächengröße.

Werte größer als 1 deuten eine Attraktion verglichen mit dem Basislevel (links Flächen > 47 ha; rechts: Flächen > 1,8 ha) an. Balken zeigen 95%-Konfidenzintervalle.

### Effekte kontinuierlicher Variablen

Im Folgenden werden individuenspezifische und individuenübergreifende Effekte verschiedener Variablen diskutiert. Entsprechende Plots finden sich in Abb. 45 - Abb. 46. Die horizontale rote Linie bei  $y = 1,0$  markiert den Wert an dem keine Attraktion / Meidung vorhanden ist; ein Wert von bspw. 1,2 beschreibt eine um 20 % erhöhte Attraktivität, ein Wert von 0,8 eine Meidung von 20 %. Mittelwerte (wobei jedes Individuum gleich stark gewichtet wurde) finden sich als graue Linien in den Plots, grau schattierte Bereiche sind entsprechende 95 %-Konfidenzintervalle. Aufgrund der geringen Anzahl von nur vier Individuen (und einer starken Heterogenität in der Datendichte) kann jedoch nur mit begrenzter Aussagekraft von Populationsmittelwerten gesprochen werden.

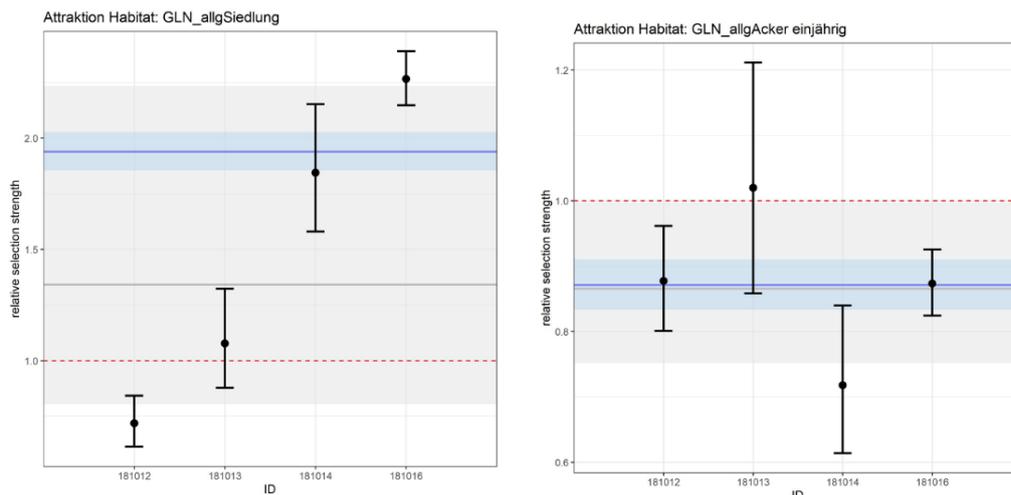


Abb. 45: Individuen-spezifische Abschätzungen der relativen Attraktionsstärke unterschiedlicher Landnutzungstypen (schwarze Punkte plus Konfidenzintervalle) im Vergleich zum Grünland.

Die rote gestrichelte Linie zeigt den Wert an für den kein Meidungs- oder Attraktionseffekt vorliegt. Die graue Linie zeigt den Mittelwert gleichgewichtet über alle Individuen an /grau schattierter Bereich: 95% Konfidenzbereich), die blaue Linie (beziehungsweise blau schattierter Bereich) resultieren aus dem iSSM welches alle Daten synchron auswertet. Letzteres führt zu einer stärkeren Gewichtung von Individuen mit vielen Daten.

Die Attraktions- / Meideeffekte bezüglich der generalisierten Landnutzungstypen finden sich in Abb. 45. Generell ist die Attraktion oder Meidung der verschiedenen Landnutzungstypen im Vergleich zu „Grünland“ sehr individuell: in keinem der Fälle finden sich die Mittelwerte

aller Individuen ausschließlich oberhalb (gleichbedeutend mit Attraktion) oder unterhalb (Meidung) der gestrichelten roten Linie.

Die relative Selektionsstärke kontinuierlicher Variablen ist abgesehen von der Distanz zum Horst (Abb. 46) mit großen individuellen Schwankungen versehen, die präzise Vorhersagen erschweren. Für die Distanz zum Horst gilt, dass alle Individuen Flächen bevorzugt aufsuchten, je näher diese am Horst lagen. Die Meidung von Flächen mit zunehmender Distanz zum Horst ist die einzige kontinuierliche Variable, die für alle Individuen Übereinstimmung zeigt.

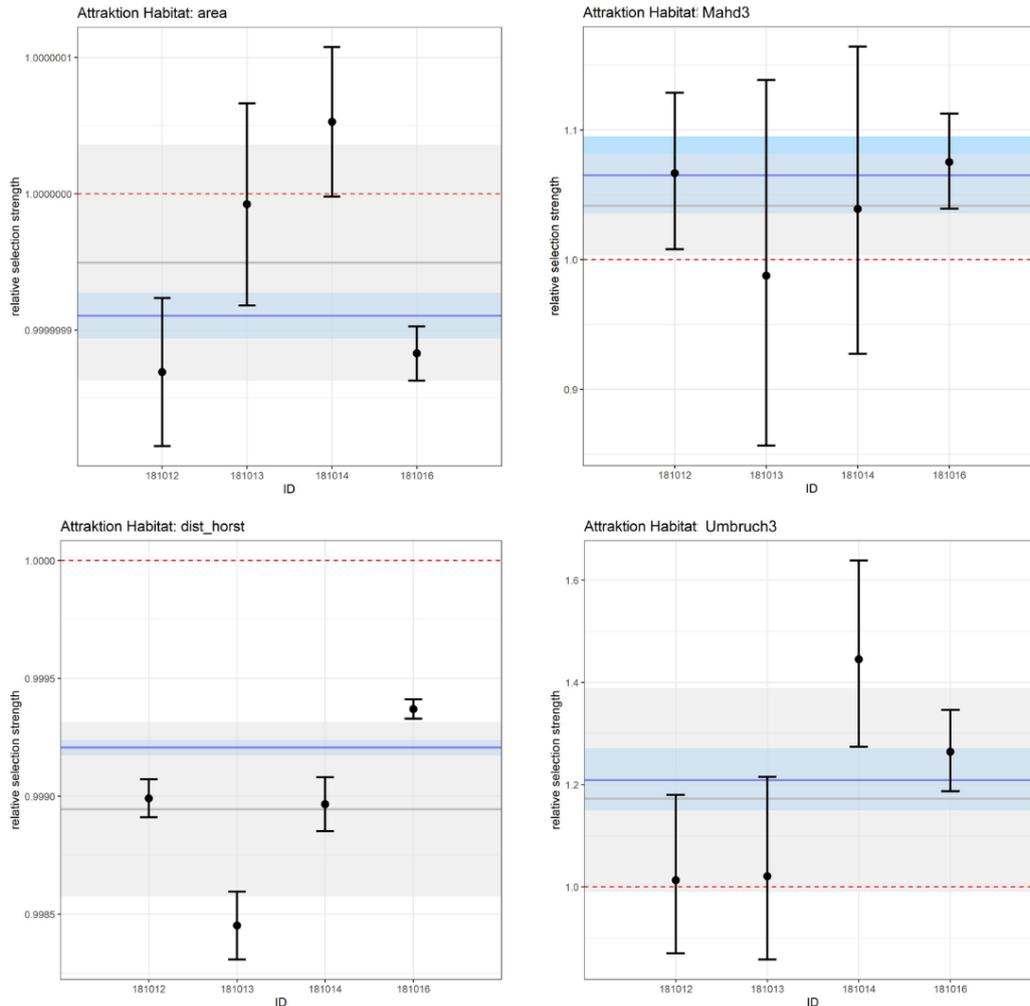


Abb. 46: Individuen-spezifische Abschätzungen der relativen Attraktionsstärke unterschiedlicher kontinuierlicher Variablen (schwarze Punkte plus Konfidenzintervalle).

Die Attraktion wird gemessen in Anstieg beziehungsweise Abfall pro Einheit der kontinuierlichen Variablen.

Die rote gestrichelte Linie zeigt den Wert an für den kein Meidungs- oder Attraktionseffekt vorliegt. Die graue Linie zeigt den Mittelwert gleichgewichtet über alle Individuen an / grau schattierter Bereich: 95 % Konfidenzbereich), die blaue Linie (beziehungsweise blau schattierter Bereich) resultieren aus dem iSSM welches alle Daten synchron auswertet. Letzteres führt zu einer stärkeren Gewichtung von Individuen mit vielen Daten.

#### 4.2.2.2 Schwarzmilan

##### Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt

Die Entfernungen vom Horst beziehungsweise Schlafplatz zu Mahdflächen, auf denen Schwarzmilane anwesend waren, unterschieden sich zu den Entfernungen zu Mahdflächen, für die keine Anwesenheit nachgewiesen wurde. Jedoch war dieser Effekt nicht so deutlich wie beim Rotmilan. Brutvögel nutzten auch Mahdflächen in größerer Entfernung zum Horst (Abb. 47): durchschnittlich waren sie 3,4 km ± 2,1 km entfernt. Ungenutzte Mahdflächen waren im Durchschnitt 7,1 km ± 2,3 km vom Horst entfernt. Flächen, auf denen früh im Jahr Getreide als Grünschnitt geerntet wurde, wurden in größerer Entfernung angefliegen (durchschnittlich 4,6 km ± 2,5 km) als Luzerne (durchschnittlich 3,0 km ± 1,9 km) und Getreide (durchschnittlich 3,3 km ± 1,9 km).

Als Nichtbrüter konnte nur ein Sendervogel beobachtet werden, daher lagen hier weniger Beobachtungen vor. Die Maßnahmenfläche im UG Hakel (Luzerne) wurde aus 10 km Entfernung zum Schlafplatz während der Mahd angefliegen. Genutzte Getreideflächen lagen im Durchschnitt 8,3 km ± 5,8 km vom Schlafplatz entfernt, während nicht aufgesuchte Flächen durchschnittlich 20,7 km ± 4,9 km entfernt lagen (Abb. 47).

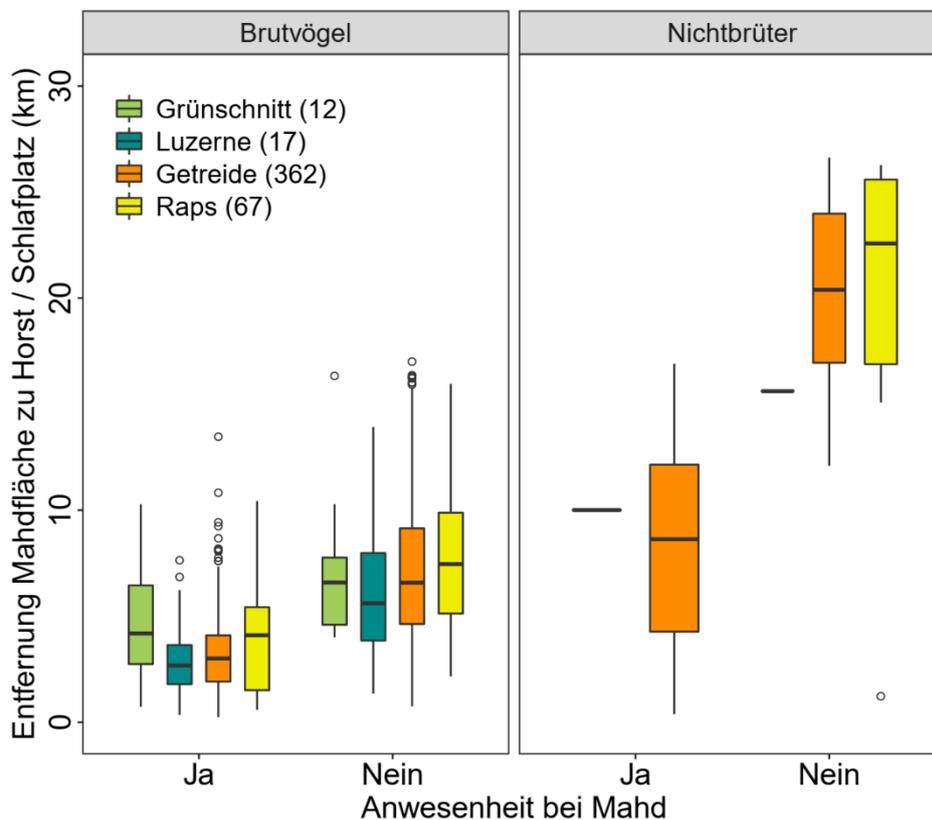


Abb. 47: Unterschiede in den Entfernungen zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise Schlafplatz (Nichtbrüter) von besenderten Schwarzmilanen und der An- beziehungsweise Abwesenheit auf Mahdflächen getrennt nach der Anbaukultur.

In Klammern ist die Anzahl der Flächen angegeben.

Tab. 28: Modellierte Effekte der im GLMM enthaltenen Parameter auf die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von Mahdflächen durch besenderte Schwarzmilane in den Jahren 2018-2020.

Ein signifikanter Effekt wird angenommen, wenn im 95 %-Vertrauensbereich die 0 nicht enthalten ist.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	z-Wert	95 %-Vertrauensbereich	
Achsenabschnitt	2,56 ( $\pm$ 0,64)	4,00	1,389	3,830
Anbaukultur (Referenz = Raps)	0			
Getreide	-0,17 ( $\pm$ 0,26)	-0,65	-0,715	0,372
Luzerne	0,64 ( $\pm$ 0,45)	1,44	-0,228	1,500
Entfernung zu Horst / Schlafplatz	-0,62 ( $\pm$ 0,04)	-14,24	-0,705	-0,537
Brutstatus (Referenz = Brutvögel)	0			
Nichtbrüter	0,54 ( $\pm$ 1,81)	0,30	-3,183	4,403
Entfernung Horst * Brutvögel	0			
Entfernung Schlafplatz * Nichtbrüter	0,26 ( $\pm$ 0,12)	2,16	0,018	0,506
Datum	-0,32 ( $\pm$ 0,08)	-3,84	-0,482	-0,170
Flächengröße	0,53 ( $\pm$ 0,09)	6,23	0,364	0,694

Auch wenn für die Anbaukultur im Modell kein signifikanter Effekt nachgewiesen wurde (Tab. 28), wurde auch für Schwarzmilane eine deutlich höhere Nutzungswahrscheinlichkeit für Luzerne festgestellt. Die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Luzerneflächen während der Mahd angefliegen wurden, lag bei 62 %, obwohl nur auf 4 % der beobachteten Flächen Luzerne angebaut wurde (Abb. 48). Für Getreideflächen, die den Großteil der Flächen ausmachten, lag eine Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit von durchschnittlich 27 % vor. Für Getreide, das früh im Jahr (< 20.06.) als Grünschnitt geerntet wird, lag die Wahrscheinlichkeit bei 52 %, obwohl diese Flächen sogar nur einen Anteil von 3 % hatten (Abb. 48).

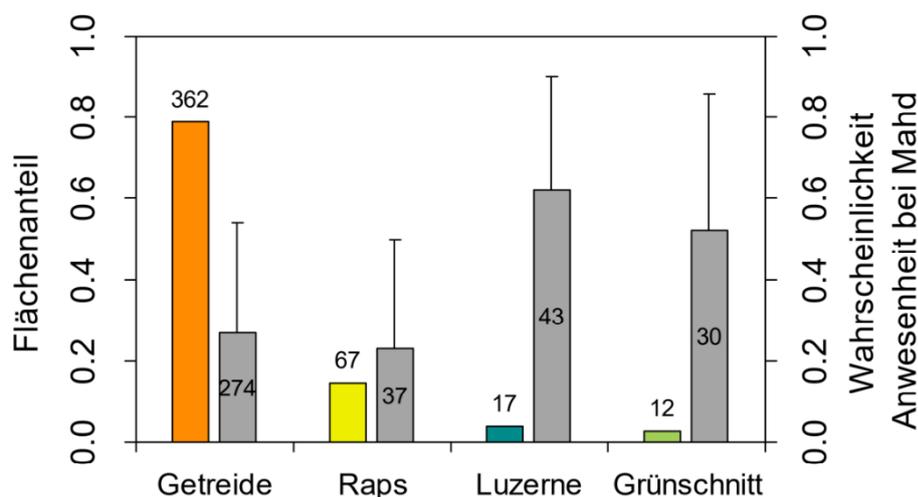


Abb. 48: Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit (+SD), dass von besenderten Rotmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird im Vergleich zum Flächenanteil der jeweiligen Anbaukultur

Über den Säulen ist die Anzahl der Flächen, in den grauen Säulen ist die Anzahl der beobachteten Anwesenheiten angegeben.

Im Modell hatte die Entfernung zum Horst beziehungsweise Schlafplatz einen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche während der Mahd durch besenderte Schwarzmilane genutzt wurde (Tab. 26). In der Nähe von Horst beziehungsweise Schlafplatz war die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit am größten und nahm mit zunehmender Entfernung ab.

Anders als beim Rotmilan wurden Luzerneflächen von brütenden Schwarzmilanen auch bis zu einer Entfernung von 7 km regelmäßig während der Mahd aufgesucht (Abb. 47, Abb. 49). Daher lag bei 4 km Entfernung die geschätzte Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit auf einer Luzernefläche bei 50 %, bei 8 km Entfernung bereits bei weniger als 9 % (Abb. 49). Getreideflächen wurden sogar bis maximal 13 km Entfernung angeflogen. Hier wurde eine Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit von 50 % bei 5 km Entfernung geschätzt, bei 8 km Entfernung lag sie bereits bei weniger als 9 %.

Das beobachtete Nichtbrüter-Männchen (181007-Jamie) hielt sich die meiste Zeit nicht im Untersuchungsgebiet auf. Im Jahr 2018 wurden 8 Getreideflächen während der Mahd aufgesucht, im Jahr 2020 wurde nur die Maßnahmenfläche im UG Hakel (Luzerne) während der Mahd genutzt. Aufgrund der wenigen Beobachtungen ist der Vertrauensbereich der Schätzung sehr groß. Eine 50%-Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche während der Mahd angeflogen wird, wurde für Luzerne bei 8,5 km Entfernung zum Schlafplatz in der Nacht vor der Mahd geschätzt. Erst bei 15 km Entfernung sank die Wahrscheinlichkeit unter 10 %. Für Getreideflächen wurde sogar bis 10 km Entfernung eine Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit über 50 % angenommen (Abb. 49).

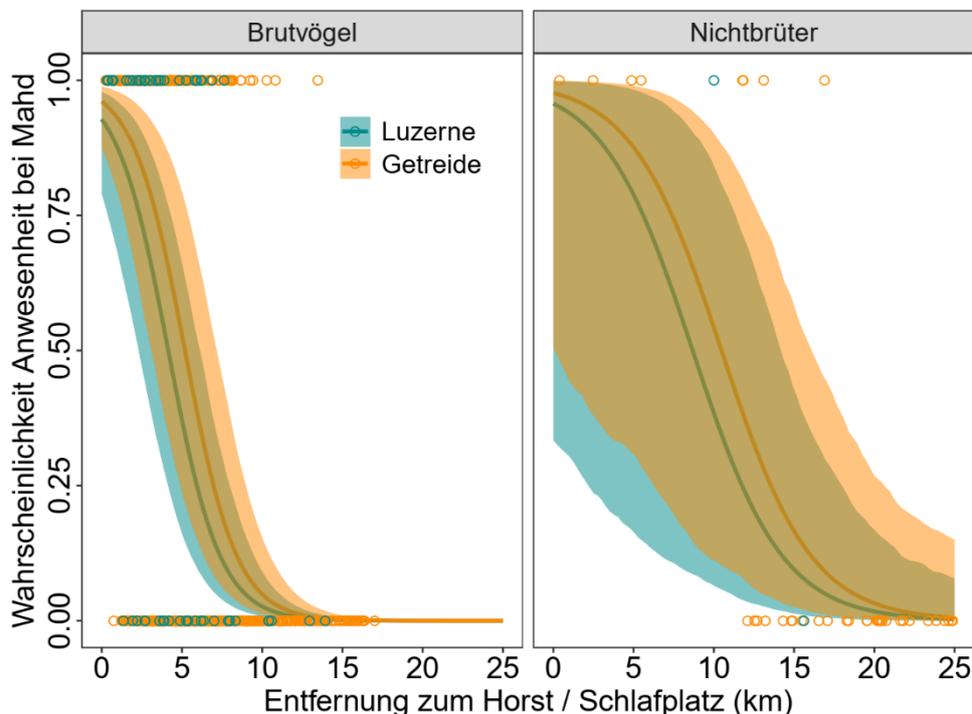


Abb. 49: Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Schwarzmilanen eine Fläche während der Mahd genutzt wird in Relation zur Entfernung zum Horst (Brutvögel) beziehungsweise zum Schlafplatz (Nichtbrüter) getrennt für Luzerne- und Getreideflächen. Beobachtete Werte sind als Kreise dargestellt.

Im Verlauf der Saison ging die Wahrscheinlichkeit, dass eine Mahdfläche aufgesucht wird, zurück (Tab. 26). Während Flächen, die vor dem 20. Juni gemäht wurden, durchschnittlich

mit 49 % Wahrscheinlichkeit angefliegen wurden, nahm die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit auf durchschnittlich 27 % für nach dem 20. Juni gemähte Flächen ab. Auch hier gab es Unterschiede zwischen den Anbaukulturen.

Auf Luzerneflächen waren Brutvögel sowohl vor dem 20. Juni als auch nach dem 20. Juni mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von durchschnittlich 60 % beziehungsweise 67 % während der Mahd anwesend. Vor dem 20. Juni geerntetes Getreide (Grünschnitt) wurde mit einer Wahrscheinlichkeit von durchschnittlich 45 % genutzt. Nach dem 20. Juni lag die mittlere Wahrscheinlichkeit eine Fläche während der Mahd anzufliegen nur noch bei 27 % für Getreide und bei 23 % für Raps (Abb. 50). Das Nichtbrüter-Männchen wurde nur nach dem 20. Juni beobachtet. Aufgrund der wenigen Beobachtungen lag die mittlere Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit bei Mahd für Luzerne bei 32 %, für Getreide bei 15 % und für Raps bei 29 % (Abb. 50).

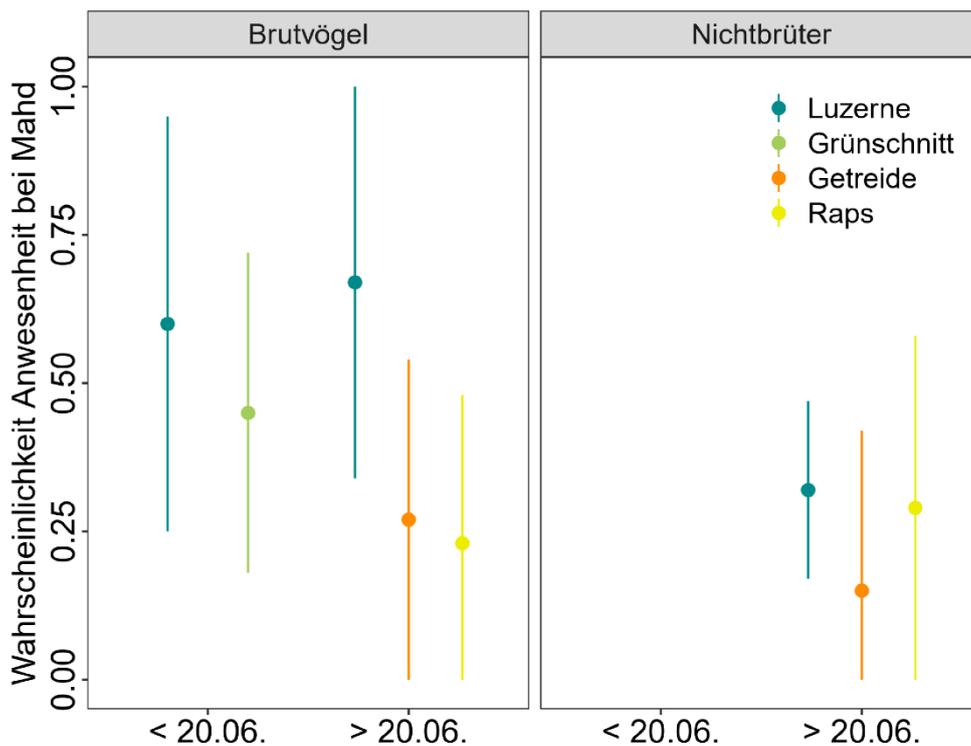


Abb. 50: Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit, dass von besenderten Schwarzmilanen eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird, zwischen den Anbaukulturen und zwischen Brutvögeln und Nichtbrütern vor und nach dem 20. Juni.

### 4.2.3 Telemetriebasierte Ergebnisse zur Lenkungswirkung

#### 4.2.3.1 Rotmilan

##### Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte

Beim Vergleich der räumlichen Verteilung der Ortungen (Mahdfläche zugewandter beziehungsweise abgewandter Sektor) am Mahdtag gegenüber der gesamten Brutsaison (siehe Abb. 51) wurde insgesamt eine leichte Steigerung der Aufenthaltsdauer am Mahdtag nachgewiesen (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,05$ ). Unterschieden nach Anbaukulturen, wurde für Luzerneflächen eine Anziehung festgestellt und es entfielen am Mahdtag durchschnittlich 77 % der Ortungen, in der gesamten Brutsaison durchschnittlich 64 % der Ortungen auf den

der Mahdfläche zugewandten Bereich (Abb. 51). Dies entspricht einer Steigerung der Aufenthaltsdauer von 13 %. Bei gegebener Stichprobengröße konnte jedoch kein signifikanter Unterschied belegt werden (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,2$ ). Für Getreideflächen waren durchschnittlich 64 % der Ortungen am Mahdtag und durchschnittlich 54 % der Ortungen in der gesamten Brutsaison im Bereich der Mahdfläche zu finden, was einer Steigerung von 10 % entspricht (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,04$ ). Für Rapsflächen entfielen am Mahdtag durchschnittlich 62 % der Ortungen auf die der Mahdfläche zugewandte Seite vom Horst, doch für die jeweils während der Mahd anwesenden Vögel lagen auch in der gesamten Brutsaison im Mittel 60 % der Ortungen in diesem Bereich (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,87$ , Abb. 51).

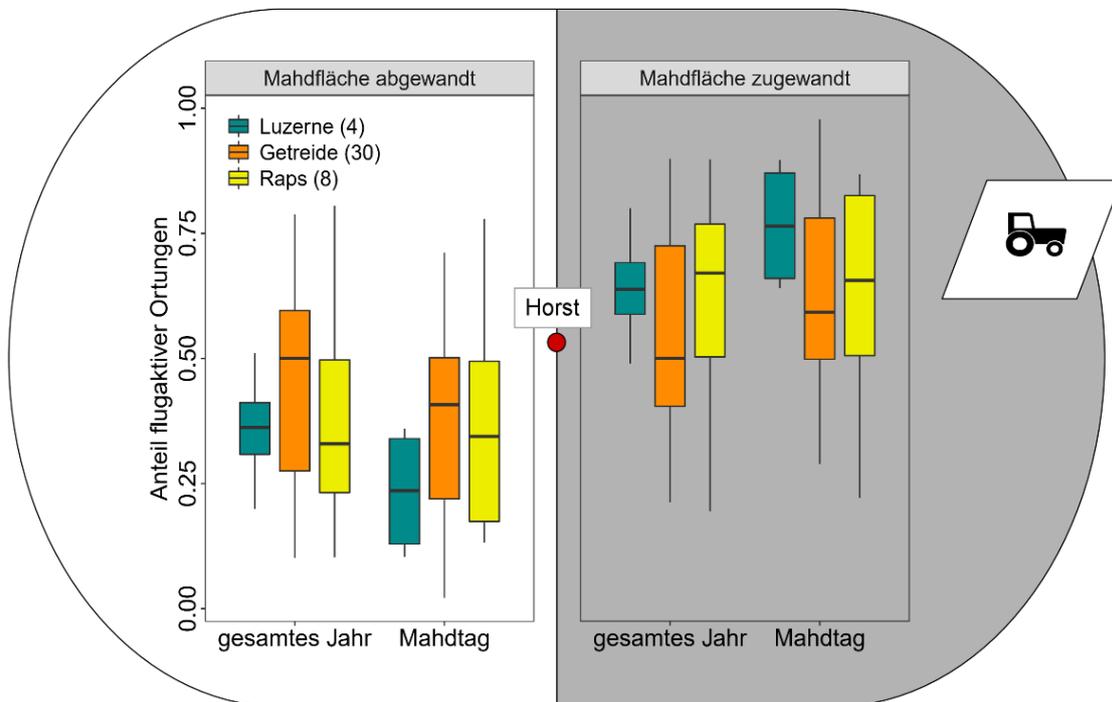


Abb. 51: Anteil der flugaktiven Ortungen besonderer Rotmilane getrennt nach Anbaukultur, die am Mahdtag in dem der Mahdfläche zugewandten beziehungsweise abgewandten Bereich vom Horst lagen, im Vergleich zur Verteilung im gesamten Jahr.

In Klammern ist die Anzahl der betrachteten Mahdflächen angegeben.

## Analysen im Untersuchungsgebiet Freisen

### Home-Range-Analyse in Bezug auf Bewirtschaftungsereignisse

Nachfolgend wird die Veränderung von Größe und Lage des Bewegungsraumes von besenderten Rotmilanen zu Zeitpunkten von Bewirtschaftungsereignissen im UG Freisen behandelt. Insbesondere wird der Frage nachgegangen, ob sich die tägliche Home-Range-Größe mit der Existenz oder Anzahl von Mahd/Umbruch-Ereignissen im 2-km-Umfeld des Horstes ändert. Arbeitshypothese ist, dass durch die Attraktionswirkung von Mahd/Umbruch der Bewegungsraum der Tiere temporär eingeschränkt ist, da sie sich auf die Fläche mit Bewirtschaftungsereignis konzentrieren.

Die mittlere Änderung der täglichen Homerangefläche bei der Anwesenheit von nur einem Mahdereignis, verglichen mit dem Szenario, ohne Attraktionsereignis, ist entgegen der Annahme nicht signifikant verkleinert. Für Tage mit zwei, drei oder  $\geq$  vier Mahd-bedingten Attraktionsflächen liegen hingegen hoch-signifikante ( $p < 0.001$ ) Veränderungen der täglichen Homerangefläche vor. Die exponierten Regressionskoeffizienten legen für Tage mit  $\geq 2$

Mahdereignissen (M\_type2 bis M\_type4) nahe, dass die täglichen Homerangeflächen bei mehreren gleichzeitigen Attraktionsflächen um etwa 43-57 % zunehmen<sup>9</sup> (Tab. 29). Diese Ergebnisse werden durch die nachfolgend beschriebenen weiteren Ansätze bestätigt.

Die analoge Betrachtung restriktiverer 80 % UD's liefert vergleichbare Ergebnisse (Tab. 29). Die Ergebnisse hängen demnach nicht sensibel von der genauen Wahl der UD ab.

Tab. 29: GAMM Regressionsergebnisse zur Größe der 80 % und 95 %-UD's in Abhängigkeit von der Anzahl gleichzeitig existierender Attraktionsflächen.

Die GAMM-Ergebnisse zu den 95%-UD's (Tabelle 27) zeigen, dass alle Umbruch-bezogenen Variablen (U\_type 1 bis 3) in hohem Maße nicht signifikant sind. Dies liegt vermutlich daran, dass bei dieser Variable die Unschärfe bezüglich der Ereigniszeiträume (vgl. Kap. 3.2.3) sehr groß ist. Bezogen auf die Mahd ist die Variable M\_type1 (die eine Änderung der Homerangefläche für Tage mit einer mahdbedingten Attraktionsfläche gegenüber Tagen ohne Mahd-Ereignis repräsentiert) nicht signifikant.

	Estimate	Std.Error	t.value	p-Wert	Estimate	Std.Error	t.value	p-Wert
	95 %-UD's				80 %-UD's			
M_type1	0.102	0.092	1.109	0.268	0.139	0.094	1.483	0.139
M_type2	0.361	0.087	4.167	<b>&lt;0.001</b>	0.272	0.088	3.076	<b>0.002</b>
M_type3	0.448	0.096	4.663	<b>&lt;0.001</b>	0.436	0.099	4.393	<b>&lt;0.001</b>
M_type4	0.368	0.100	3.671	<b>&lt;0.001</b>	0.330	0.102	3.235	<b>0.001</b>
U_type1	-0.033	0.074	-0.448	0.654	0.013	0.075	0.176	0.861
U_type2	-0.034	0.140	-0.242	0.809	-0.042	0.140	-0.302	0.763
U_type3	0.188	0.200	0.939	0.348	0.244	0.209	1.172	0.242

Die Berechnung einer zweiten Version von UD's, die sich ausschließlich auf diejenigen Trackingpunkte stützte, die nicht in Flächen mit möglichem Bewirtschaftungsereignis erfasst wurden, zeigt nur wenige Prozent Abweichung der Schnittflächen von den Ergebnissen der Analysen mit den Gesamt-UD's. Die Schnittfläche der UD's mit den Flächen ohne Bewirtschaftungsereignissen nimmt nicht relevant ab. Die geschätzten Homerangeflächen selbst, verkleinern sich im Mittel nur um etwa 2 % verglichen zu den UD's die auf allen verfügbaren Punkten (in Flächen mit und ohne Bewirtschaftungsereignissen) beruhen.

Diese nur geringen Differenzen können verschiedenen Ursachen zuzurechnen sein (vgl. Kap.3.2.3). Nachfolgend sind die Ergebnisse der drei verschiedenen Ansätze dargestellt.

Im Abgleich der besuchten beziehungsweise im Bereich des Home Ranges verfügbaren Flächen mit und ohne Bewirtschaftungsereignis zeigen die Ergebnisse, dass etwa 5.6 % (im Falle der Mahd), beziehungsweise 1.1 % (im Falle des Umbruchs) der Fläche im oder nahe des Home Ranges einem Ereigniszeitraum angehören<sup>10</sup>. Im Mittel geht demnach zu jedem Zeitpunkt nur von wenigen Prozent der Fläche eine Mahd/Umbruch-bedingte Attraktionswirkung aus, die dementsprechend keine große Veränderung des Home Ranges bewirkt<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Dies mag der Tatsache geschuldet sein, dass die Vögel zwischen den unterschiedlichen Flächen pendeln und so insgesamt überdurchschnittlich große Home Ranges zeigen.

<sup>10</sup> Hierbei ist folgendes zu beachten. Es handelt sich hier um Flächen, für die ein Ereigniszeitfenster vorliegt, das heißt ein Zeitfenster, in dem das Bewirtschaftungsereignis stattgefunden hat, welches jedoch meist nicht auf den Tag genau bestimmt werden konnte. Diese Zeitfenster sind oft deutlich größer als die etwa 10 Tage Attraktionswirkung. Die Prozentangaben stellen demnach wahrscheinlich eine deutliche Überschätzung des prozentualen Anteils an Flächen mit Attraktionswirkung dar.

<sup>11</sup> Selbst wenn hier die relative Attraktionswirkung wie im ISSM-Kontext geschätzt bei 100 % bis 200 % liegt, diese Flächen also 2 bis 3 mal so intensiv genutzt werden wie vergleichbare Flächen, sollte dies (übereinstimmend mit den GAMM-Ergebnissen) bei deren geringem Gesamtanteil einen kaum messbaren Einfluss auf die Größe der Home Range haben.

Die Analyse der Home Ranges basierend auf ausschließlich denjenigen Punkten, die innerhalb eines Radius von zwei km lagen, zeigt qualitativ vergleichbare Ergebnisse, allerdings werden alle Effekte im Vergleich zu den zuvor dargestellten Ergebnissen etwas schwächer (und vermutlich dadurch weniger signifikant) geschätzt<sup>12</sup>. Die entsprechenden GAMM-Ergebnisse sind in Tab. 30 gezeigt. Auch das Berechnen der Home Ranges ausschließlich basierend auf den Trackingpunkten, die nicht in Flächen mit Ereigniszeitfenster fielen (siehe oben), erbrachte keine grundlegend anderen Ergebnisse. Die Reduzierung der Datenbasis zur Home-Range-Berechnung auf den 2-km-Raum um den jeweiligen Horst, in dem systematisch Bewirtschaftungsereignisse erhoben wurden bewirkt keine grundlegende Abweichung (vgl. Tab. 30).

Tab. 30: GAMM Regressionsergebnisse zur Größe der 95 %-UDs

Links: eingeschränkt auf den 2 km Bereich um den jeweiligen Horst. Rechts: mit restriktiverem Glättungs-Faktor, verringert von  $h=0.003$  in Abhängigkeit von der Anzahl gleichzeitig existierender Attraktionsflächen

	95 %-UDs: 2 km				95 %-UDs: h = 0.001			
	Estimate	Std.Error	t.value	p-Wert	Estimate	Std.Error	t.value	p-Wert
M_type1	0.072	0.075	0.957	0.339	0.126	0.080	1.588	0.113
M_type2	0.180	0.070	2.591	<b>0.010</b>	0.251	0.073	3.465	<b>0.001</b>
M_type3	0.213	0.081	2.636	<b>0.009</b>	0.317	0.084	3.791	<b>&lt;0.001</b>
M_type4	0.204	0.080	2.539	<b>0.011</b>	0.305	0.081	3.757	<b>&lt;0.001</b>
U_type1	0.006	0.060	0.102	0.919	-0.043	0.061	-0.710	0.478
U_type2	0.140	0.113	1.243	0.214	-0.014	0.115	-0.120	0.904
U_type3	-0.003	0.167	-0.020	0.984	0.069	0.171	0.403	0.687

Die Ergebnisse zur räumlich restriktiveren Definierung des Glättungsfaktors  $h$  (Verwendung von  $h = 0.001$  statt  $h = 0.003$ ) für die Berechnung der 95 %-UDs zeigen wiederum qualitativ und quantitativ vergleichbare Ergebnisse (Tab. 30). Die mittlere Änderung der Homerangefläche ist bei der Anwesenheit von  $\geq 2$  zeitgleichen Mahdereignissen an diesem Tag hochsignifikant größer, als verglichen mit dem Szenario, dass keine Attraktionsereignisse vorliegen. Bei der Anwesenheit von nur einem Mahdereignis an diesem Tag, verglichen mit dem Szenario, dass keine Attraktionsereignisse vorliegen, ist die mittlere Änderung der täglichen Homerangefläche nicht signifikant. Auch das Berechnen der Home Ranges ausschließlich basierend auf den Trackingpunkten, die nicht in Flächen mit Ereigniszeitfenster fielen (siehe oben), bringt keine grundlegend anderen Ergebnisse.

#### 4.2.3.2 Schwarzmilan

##### Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte

Auch für Schwarzmilane wurde die räumliche Verteilung der Ortungen (Mahdfläche zugewandter beziehungsweise abgewandter Sektor (=Halbkreisfläche im  $90^\circ$ -Winkel zur Linie Horst-Mahdfläche) am Mahdtag gegenüber der gesamten Brutsaison (siehe Abb. 52) verglichen.

Gegenüber Rotmilanen zeigt sich eine stärkere Anziehungskraft der Mahdfläche am

<sup>12</sup> Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Vergrößerung der Home Range bei mehreren gleichzeitig stattfindenden Attraktionsereignissen auch Flüge (knapp) außerhalb des 2 km Radius bewirkt, insbesondere, wenn die Attraktionsereignisse am Rande des Radius liegen. Diese Flüge würden dann durch die Beschneidung der den Home Ranges zugrunde liegenden Daten jedoch nicht in die Berechnungen mit einfließen.

Mahdtag für Schwarzmilane und insgesamt wurde eine signifikante Steigerung der Aufenthaltsdauer am Mahdtag nachgewiesen (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ). Allerdings gab es für einzelne Individuen beziehungsweise Mahdflächen eine große Spanne von intensiver bis zu geringer Nutzung (Abb. 52). Unterschieden nach Anbaukulturen, entfielen auf Luzerneflächen am Mahdtag durchschnittlich 67 % der Ortungen, in der gesamten Brutsaison durchschnittlich 53 % der Ortungen auf den der Mahdfläche zugewandten Bereich (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,02$ , Abb. 52). Dies entspricht einer Steigerung der Aufenthaltsdauer von 14 %. Für Grünschnitt (hauptsächlich Grünroggen) war die Steigerung noch höher (16 %) und es lagen am Mahdtag durchschnittlich 73 % der Ortungen im Vergleich zu 57 % der Ortungen in der gesamten Brutsaison im Sektor der Mahdfläche (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,02$ ). Für Getreideflächen wurden durchschnittlich 71 % der Ortungen am Mahdtag und durchschnittlich 58 % der Ortungen in der gesamten Brutsaison im Bereich der Mahdfläche registriert (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ). Für Rapsflächen waren am Mahdtag durchschnittlich 64 % der Ortungen im Bereich der Mahdfläche zugewandten Seite vom Horst, in der gesamten Brutsaison lagen durchschnittlich 54 % der Ortungen in diesem Bereich (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,43$ , Abb. 52).

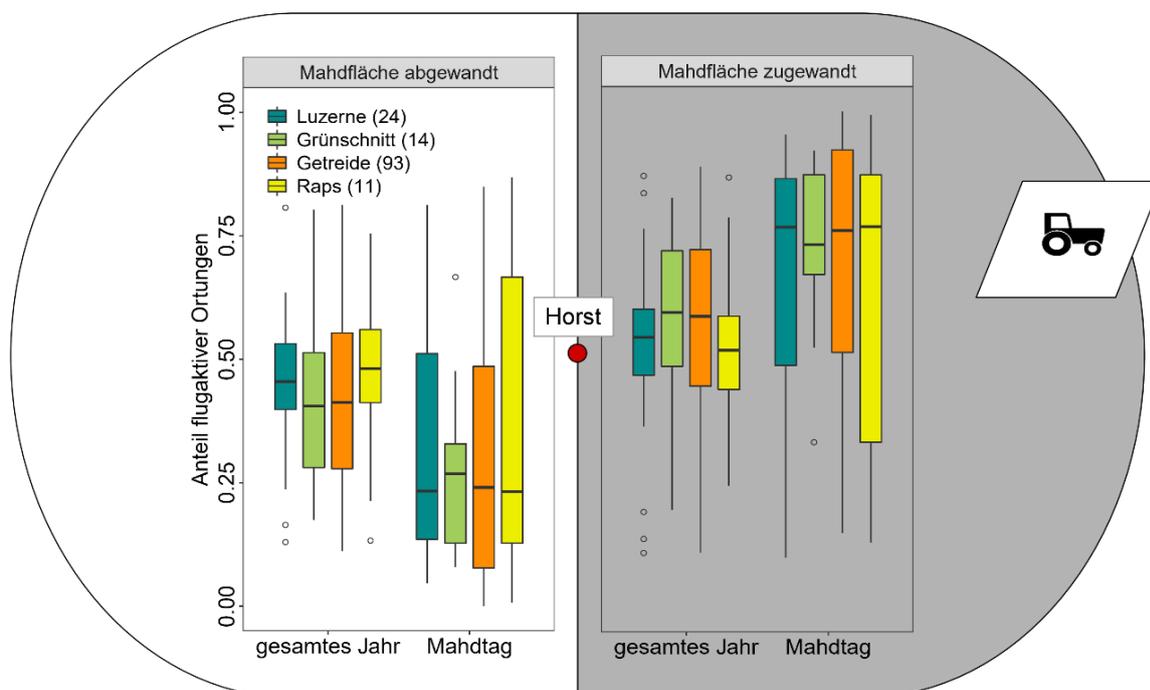


Abb. 52: Anteil der flugaktiven Ortungen besonderer Schwarzmilane getrennt nach Anbaukultur, die am Mahdtag in dem der Mahdfläche zugewandten beziehungsweise abgewandten Bereich vom Horst lagen, im Vergleich zur Verteilung im gesamten Jahr. In Klammern ist die Anzahl der betrachteten Mahdflächen angegeben.

#### 4.2.4 Vergleich Attraktivität von Maßnahmen- und Referenzflächen

##### 4.2.4.1 Gesamte Milanaktivität

##### Analysen in den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte

Im Jahr 2018 wurden in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt zeitgleich Maßnahmen- und Referenzflächen beobachtet und der saisonale Verlauf der tagesweisen Nutzungsintensität durch Rot- und Schwarzmilane dargestellt (Abb. 53 und Abb. 54).

Im UG Hakel fand auf der Referenzfläche keine Raumnutzungsbeobachtung während eines Bewirtschaftungsereignisses statt. Es wird deutlich, dass sich die Maßnahmenfläche in der Nutzungsintensität nur an Tagen mit Mahd und in deren Nachgang von der Referenzfläche unterscheidet, diese Unterschiede sind jedoch sehr stark (Abb. 53).

Auffallend ist die Verteilung der Nutzungsintensitäten am 12. Juni 2018: Auf der Referenzfläche wurde über die gesamte Beobachtungszeit an diesem Tag eine sehr hohe Aktivität von Greifvögeln, insbesondere Milanen, aber auch Rohrweihen und Schreiadlern, beobachtet, obwohl keine Bewirtschaftung stattfand. Innerhalb der Referenzfläche konnten 2 Aktivitätszentren festgestellt werden; mindestens eines davon war auf Aas zurückzuführen. Auf der Maßnahmenfläche fand an diesem Tag eine Teilmahd statt, die aber erst mit der vierten von insgesamt 6 Beobachtungseinheiten begann. Da vor Beginn der Mahd auf der Maßnahmenfläche kaum Greifvögel anwesend waren, ergibt sich trotz höherer Aktivität ab Mahdbeginn nur eine mittlere Nutzungsintensität für diesen Beobachtungstag.

RNB 2018 – Hakel

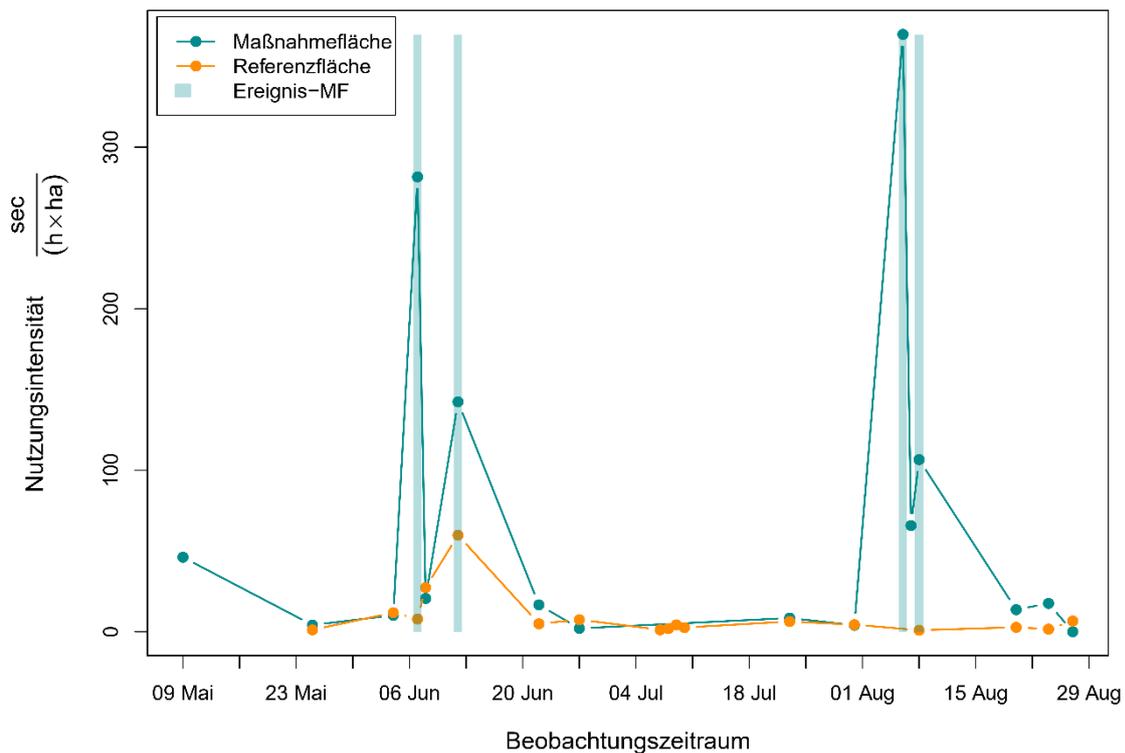


Abb. 53: Zeitlicher Verlauf der tagesweisen Nutzungsintensität aller Milanen auf der Maßnahmen- und der Referenzfläche im UG Hakel über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2018.

Auch im UG Querfurter Platte unterschieden sich die Nutzungsintensitäten von Rot- und Schwarzmilanen auf Maßnahmen- und Referenzfläche nur an Tagen während und im Nachgang von Bewirtschaftungsereignissen. Bei der ersten Luzernemahd auf der Maßnahmenfläche Anfang Mai fällt die Nutzungsintensität nach dem Ende der Mahd deutlich langsamer ab als bei der zweiten Mahd Anfang Juni. Bei der dritten Mahd Mitte Juli sinkt die Attraktivität nach dem Mahdtag sogar schlagartig ab. Die leicht erhöhte Nutzungsintensität im Referenzbereich am 9. August beruht darauf, dass eines der Felder während der Beobachtung gegrubbert wurde (Abb. 54).

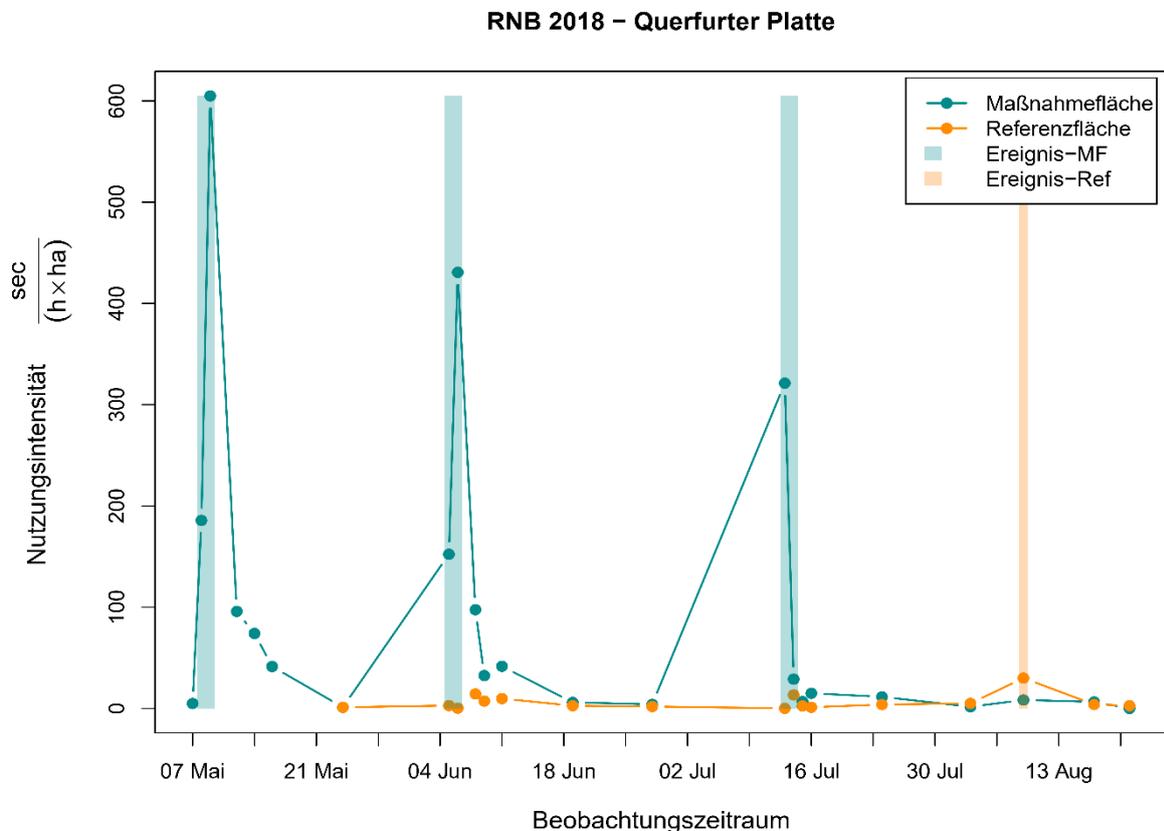


Abb. 54: Zeitlicher Verlauf der tagesweisen Nutzungsintensität aller Milane auf der Maßnahmen- und der Referenzfläche im UG Querfurter Platte über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2018.

### Analysen im Untersuchungsgebiet Freisen

In den Jahren 2018 und 2019 wurden zeitgleich Maßnahmen und Referenzflächen beobachtet und der saisonale Verlauf der tageweisen Nutzungsintensitäten durch Rot- und Schwarzmilane dargestellt (Abb. 55, Abb. 56).

Für das Jahr 2018 erfolgte sowohl die Darstellung eines Bewirtschaftungsereignis auf einer Maßnahmenfläche, als auch auf zwei hier dargestellten Referenzflächen (Abb. 55). Als Referenzflächen wurde einmal eine Fläche ausgewählt, die ebenfalls Anfang Juli innerhalb derselben Woche wie die Maßnahmenfläche eine Mahd aufweist sowie eine Referenzfläche, auf der die Mahd Mitte Mai erfolgte. Es hebt sich deutlich heraus, dass auf der Maßnahmenfläche (artenreiches Extensiv-Grünland) an Tagen ohne Bewirtschaftungsereignis keine höhere Aktivitätsdichte registriert ist, als auf vergleichbaren Referenzflächen. Deutlich sticht allein der Mahdtag auf der Maßnahmenfläche und der vergleichbar großen Referenzfläche (Abb. 55 links) mit einer hohen Aktivität von Rot- und Schwarzmilanen heraus.

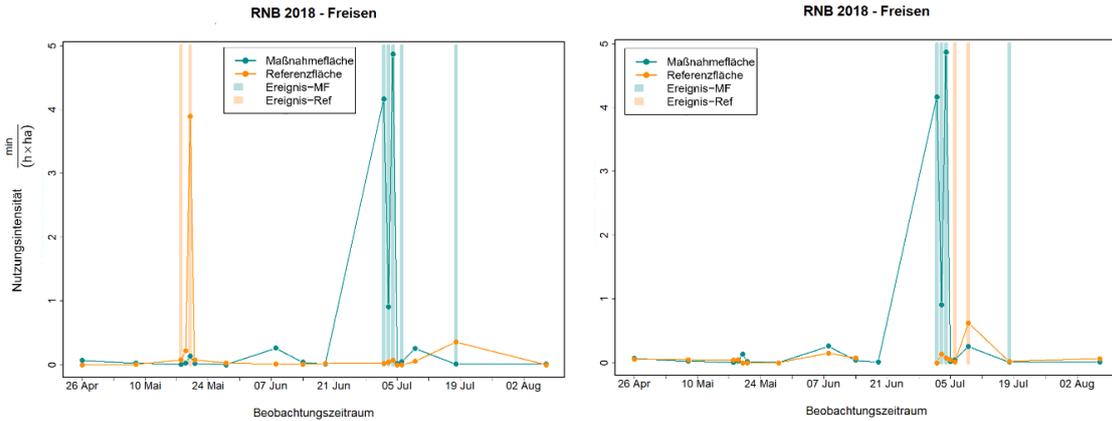


Abb. 55: Zeitlicher Verlauf der tageweisen Aktivität aller Milane auf einer Maßnahmen- und zwei Referenzflächen im UG Freisen über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2018.

Dargestellt sind in vertikalen Balken initiale Bewirtschaftungsereignisse (Mahd auf Grünland) und Folgebewirtschaftungsereignisse (Wenden, Abräumen, Pressen). Gelb: Referenzflächen, Grün: Maßnahmenfläche.

Im Jahr 2019 liegt vergleichbar zum Jahr 2018 über weite Zeiträume kein Unterschied in der Aktivität von Rot- und Schwarzmilanen zwischen der Maßnahmenfläche und den beiden dargestellten (typischen) Referenzflächen vor (Abb. 56). Ein Anstieg der Attraktionswirkung ist wiederum eng verknüpft mit der Mahd. Der Anstieg auf der Referenzfläche (Abb. 56: rechts) zu Mitte Juli ist ebenfalls auf ein Mahdereignis zurückzuführen, dessen Umsetzung an diesem Tag nicht im Beobachtungszeitraum lag. Die hiervon ausgehende Attraktionswirkung auf der Referenzfläche ist jedoch im Nachgang des Mahdtages in den Folgetagen deutlich zu erkennen. Das Mahdereignis auf der anderen Referenzfläche (Abb. 56: links) zu Ende Juni verläuft wesentlich flacher, als auf den beiden anderen Flächen.

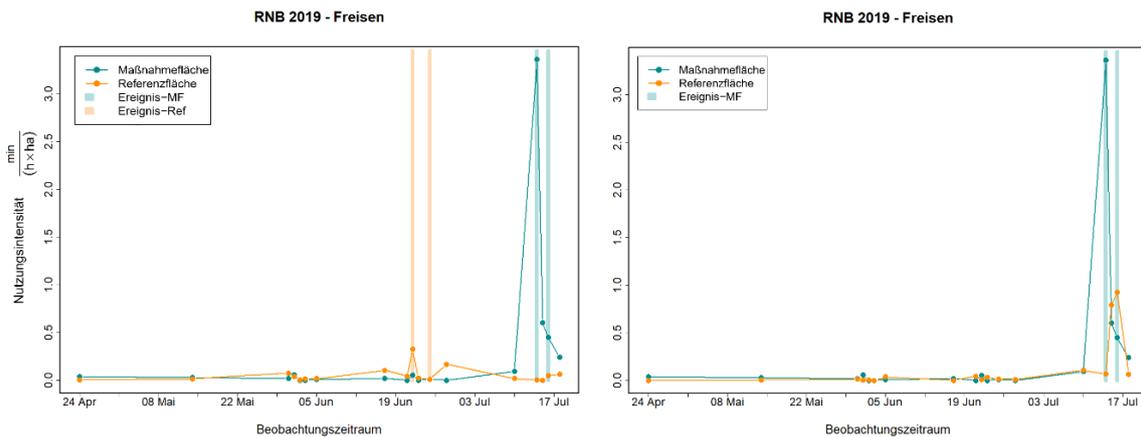


Abb. 56: Zeitlicher Verlauf der tageweisen Aktivität aller Milane auf einer Maßnahmen- und zwei Referenzflächen im UG Freisen über den gesamten Beobachtungszeitraum im Jahr 2019.

Dargestellt sind in vertikalen Balken initiale Bewirtschaftungsereignisse (Mahd auf Grünland) und Folgebewirtschaftungsereignisse (Wenden, Abräumen, Pressen). Gelb: Referenzflächen, Grün: Maßnahmenfläche.

#### 4.2.4.2 Rotmilan

In beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt wurde 2019 und 2020 während der Bewirtschaftung eine höhere Aktivitätsdauer von Rotmilanen auf den Maßnahmenflächen im Vergleich zu gleichzeitig bewirtschafteten Referenzflächen beobachtet (Abb. 57). Im Jahr 2018 konnte kein Unterschied festgestellt werden, da nur ein Bewirtschaftungsereignis auf einer Referenzfläche erfasst wurde. Insgesamt wurden im UG Hakel nur zwei Referenzflächen am Bewirtschaftungstag beobachtet. Daher wurde der Unterschied hier nicht so deutlich, obwohl die Maßnahmenfläche eine hohe Attraktionswirkung auf Rotmilane hatte und die höchsten Werte der Aktivitätsdauer erfasst wurden.

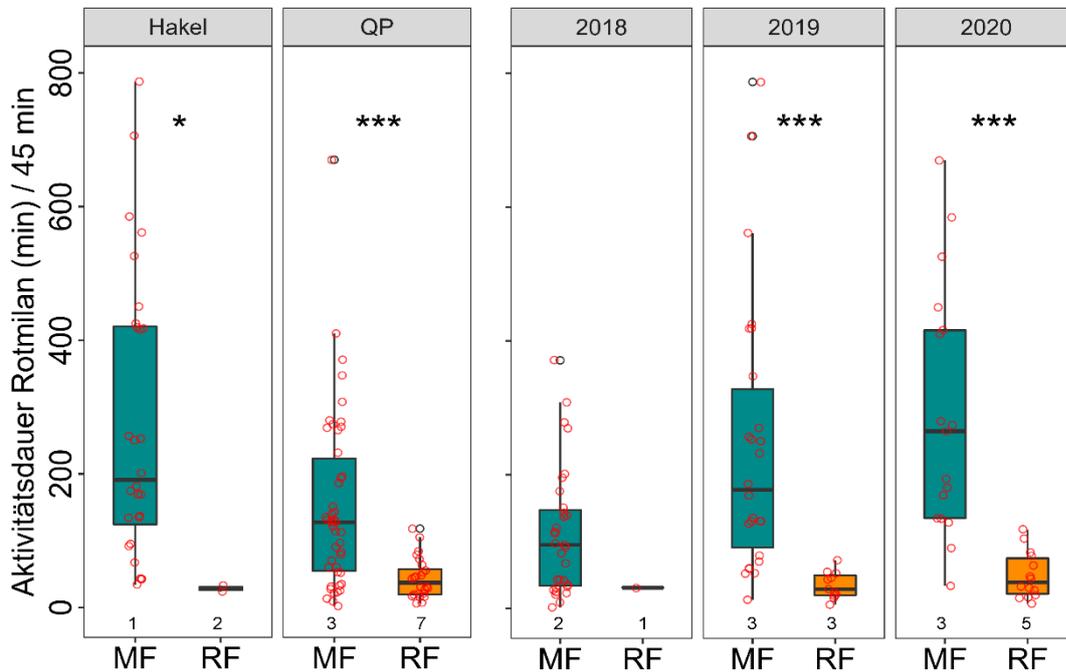


Abb. 57: Vergleich der Aktivitätsdauer von Rotmilanen während der Bewirtschaftung auf Maßnahmen- (MF) und Referenzflächen (RF) im UG Hakel und UG Querfurter Platte (QP) und in den Jahren 2018-2020.

Die Werte der einzelnen Beobachtungseinheiten sind als rote Kreise dargestellt, die Anzahl der beobachteten Felder ist unter den Boxplots angegeben, die Sternchen zeigen signifikante Unterschiede der Mann-Whitney-U-Tests an: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Die höhere Aktivitätsdauer der Rotmilane hielt auf den Maßnahmenflächen länger nach der Bewirtschaftung an als auf den Referenzflächen, auf denen ab Tag 3 nach der Mahd signifikant niedrigere Aktivitätswerte im Vergleich zur Maßnahmenfläche beobachtet wurden (Abb. 58). So zeigte sich auf Maßnahmenflächen auch am Tag 5 nach der Mahd noch eine höhere Aktivität im Vergleich zu Beobachtungen ohne Bewirtschaftung (Dunn's post-hoc test:  $p = 0,04$ ), während auf Referenzflächen schon ab Tag 1 nach der Mahd kein Unterschied zu Beobachtungen ohne Bewirtschaftung nachweisbar war (alle Dunn's post-hoc tests:  $p > 0,05$ ). Auch die Anzahl der Rotmilane war bis zum Tag 4 nach der Mahd auf den Maßnahmenflächen höher als auf den Referenzflächen. Besonders deutlich ist der Unterschied am Mahdtag (Abb. 58). Hier waren bis zu 43 Individuen gleichzeitig auf der Maßnahmenfläche im UG Hakel anwesend.

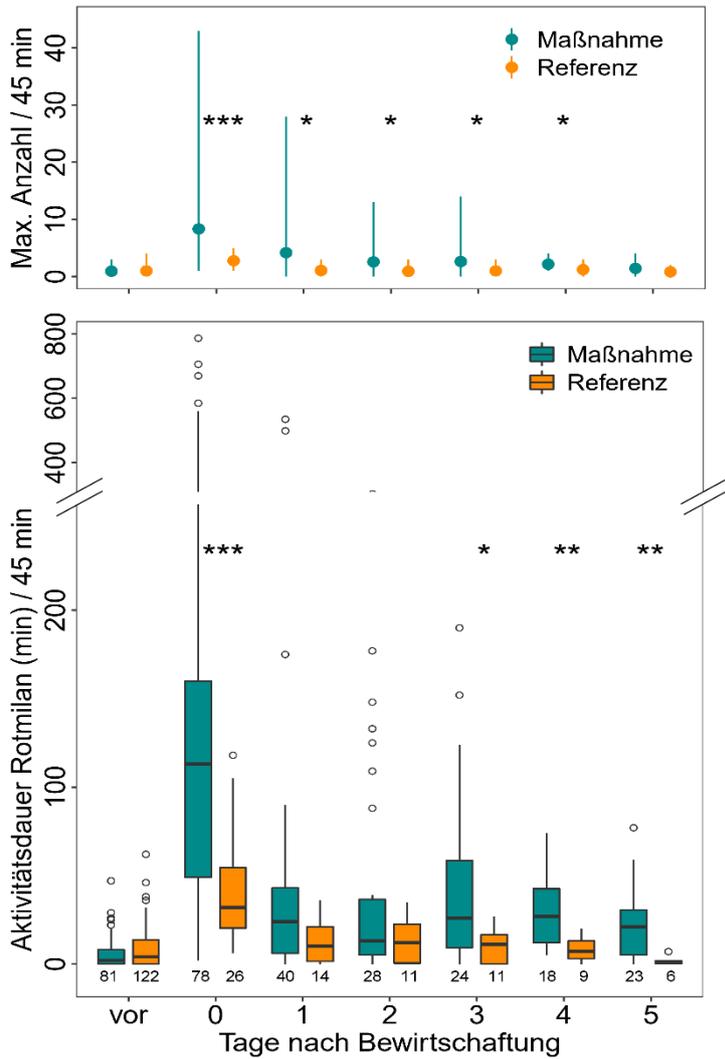


Abb. 58: Vergleich zwischen der Aktivitätsdauer und der maximalen Anzahl von Rotmilanen auf Maßnahmen- und Referenzflächen vor, während und nach einer Bewirtschaftung in den Jahren 2018-2020 aus dem UG Hakel und UG Querfurter Platte.

Anzahl der jeweiligen Beobachtungseinheiten ist unter den Boxplots angegeben, die Sternchen zeigen signifikante Unterschiede der Mann-Whitney-U-Tests an: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

#### 4.2.4.3 Schwarzmilan

Im Jahr 2019 und im UG Querfurter Platte wurde während der Bewirtschaftung eine signifikant höhere Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen auf den Maßnahmenflächen im Vergleich zu gleichzeitig bewirtschafteten Referenzflächen beobachtet (Abb. 59).

Im Jahr 2018 und im UG Hakel konnte aufgrund der geringen Stichprobe kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Im Jahr 2020 war auf den Maßnahmenflächen die Aktivitätsdauer im Durchschnitt höher, aber nicht signifikant zur Aktivität auf Referenzflächen (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,08$ ; Abb. 59).

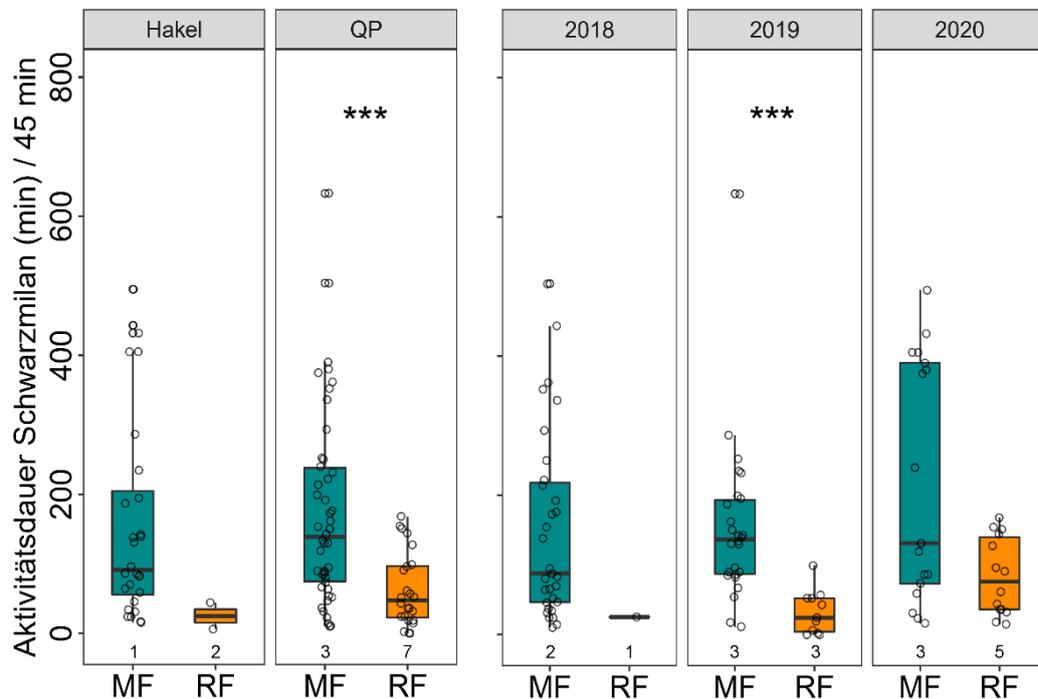


Abb. 59: Vergleich der Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen während der Bewirtschaftung auf Maßnahmen- (MF) und Referenzflächen (RF) im UG Hakel und UG Querfurter Platte (QP) und in den Jahren 2018-2020.

Die Werte der einzelnen Beobachtungseinheiten sind als schwarze Kreise dargestellt, die Anzahl der beobachteten Felder ist unter den Boxplots angegeben, die Sternchen zeigen signifikante Unterschiede der Mann-Whitney-U-Tests an: \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Insgesamt war die Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen im Vergleich zu Rotmilanen auf den Maßnahmenflächen geringer. Während sich am Bewirtschaftungstag Rotmilane im Durchschnitt  $194 \text{ min} \pm 176 \text{ min}$  dort aufhielten, waren Schwarzmilane durchschnittlich  $164 \text{ min} \pm 140 \text{ min}$  anwesend. Umgekehrt waren Schwarzmilane auf Referenzflächen während der Mahd  $60 \text{ min} \pm 52 \text{ min}$  aktiv, während Rotmilane eine durchschnittlich Aktivitätsdauer von  $43 \text{ min} \pm 29 \text{ min}$  zeigten. Somit fiel die Attraktivität der Maßnahmenfläche für Schwarzmilane nicht so deutlich aus wie für Rotmilane.

Die Aktivitätsdauer und die Anzahl der Schwarzmilane unterschieden sich nur am Tag der Bewirtschaftung zwischen Maßnahmen- und Referenzflächen (Abb. 60). Jedoch war auf den Maßnahmenflächen die Aktivität der Schwarzmilane bis zum Tag 5 nach Mahd erhöht im Vergleich zu Beobachtungen ohne Bewirtschaftung (alle Dunn's post-hoc test:  $p \leq 0,04$ ), während auf Referenzflächen schon ab Tag 1 nach der Mahd kein Unterschied zu Beobachtungen ohne Bewirtschaftung nachweisbar war (alle Dunn's post-hoc tests:  $p > 0,05$ ).

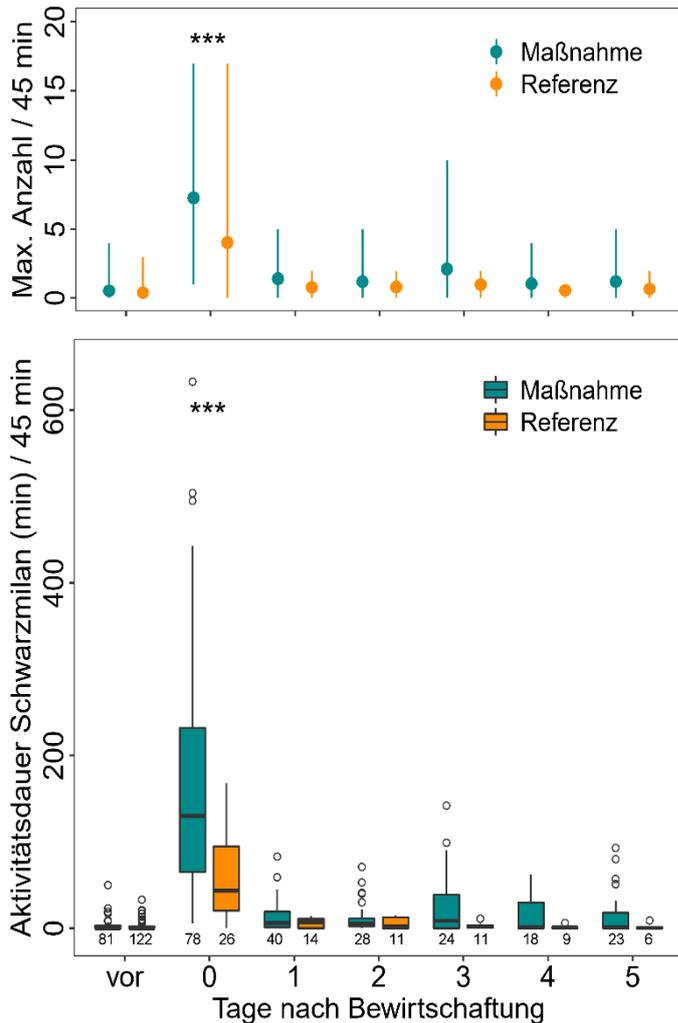


Abb. 60: Vergleich zwischen der Aktivitätsdauer und der maximalen Anzahl von Schwarzmilanen auf Maßnahmen- und Referenzflächen vor, während und nach einer Bewirtschaftung in den Jahren 2018-2020 aus dem UG Hakel und UG Querfurter Platte.  
Die Anzahl der jeweiligen Beobachtungseinheiten ist unter den Boxplots angegeben, die Sternchen zeigen signifikante Unterschiede der Mann-Whitney-U-Tests an: \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

### 4.3 Raumnutzung

#### 4.3.1 Home Range

##### 4.3.1.1 Rotmilan

In allen drei Untersuchungsgebieten konnten 2018-2020 von 30 Rotmilanen 641.023 GPS-Ortungen erfasst werden. Einige Vögel konnten mehrjährig verfolgt werden, sodass nachfolgend 49 Saisons zur Bewertung der Kernel-Density-Schätzung des 95% Home Range vorliegen. Als robuste Kenngröße wird nachfolgend zur Auswertung der Median genutzt. Auf Grund der höheren Präzision reagiert das arithmetische Mittel empfindlicher gegen Ausreißer und wird lediglich zur Vergleichbarkeit mit anderen Studien angegeben.

Brutvögel zeigten ein deutlich kleineres Home Range als Nichtbrüter (Abb. 61, Abb. 62). Sowohl bei Brutvögeln als auch bei Nichtbrütern zeigte sich die Tendenz, dass die Männchen ein ungefähr doppelt so großes Home Range wie die Weibchen besitzen. Der Median lag bei brütenden Rotmilanmännchen bei 13,4 km<sup>2</sup> (n = 19) und bei brütenden Weibchen bei 6,3 km<sup>2</sup> (n = 11) ( $\bar{x}$ : ♂ = 34,6 km<sup>2</sup>, ♀:  $\bar{x}$  = 17,1 km<sup>2</sup>). Bei Nichtbrütern lag der Home-Range-Median für Rotmilanmännchen bei 476,4 km<sup>2</sup> (n = 17), nahe dem der Weibchen mit 414,4 km<sup>2</sup> (n = 2).

Die Mittelwerte waren jedoch ebenfalls sehr unterschiedlich ( $\bar{x} = 990,1 \text{ km}^2$  beziehungsweise  $\bar{x} = 414,4 \text{ km}^2$ ). Ein extrem großes Home Range wies das Männchen 192013-Aramis im Jahr 2020 mit  $6.104,6 \text{ km}^2$  auf.

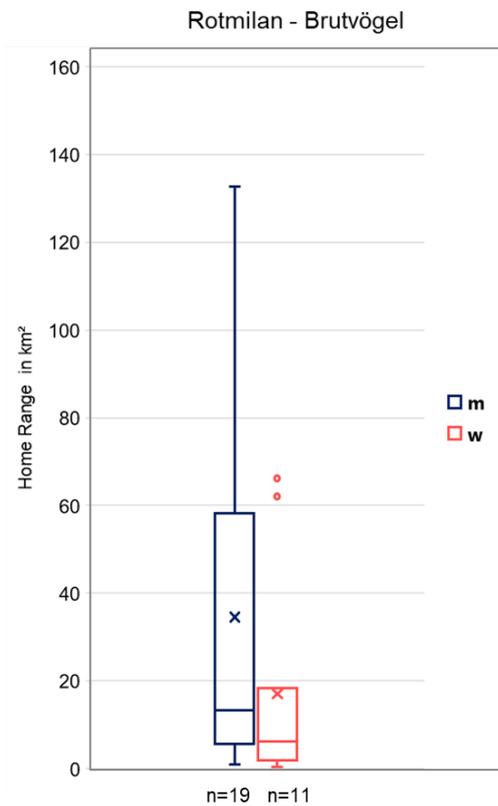


Abb. 61: Home-Range-Größe (Kernel 95 %) brütender Rotmilane 2018-2020.

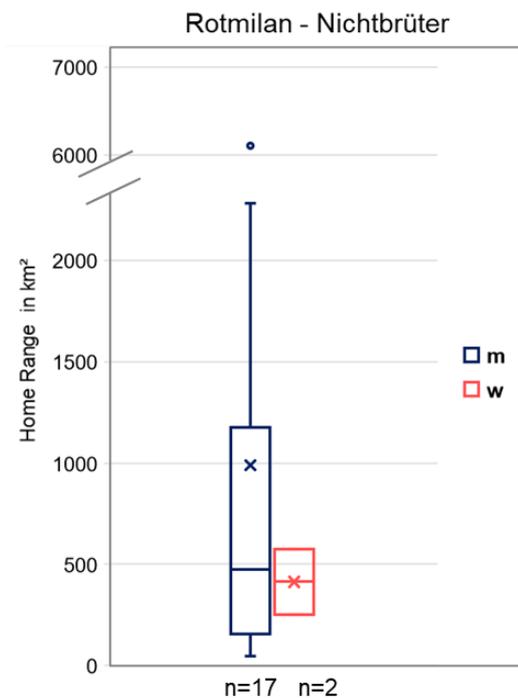


Abb. 62: Home-Range-Größe (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Rotmilanen 2018-2020.

Ein detaillierterer Einblick kann durch die Aufteilung in drei Zeitfenster (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) gewonnen werden (Abb. 63 und Abb. 64). Bei Brutvögeln lagen saisonal ähnliche Schwankungen der Home Range Größe vor. In der Vorbrut-Zeit wurde für beide Geschlechter ein niedriger Home-Range-Median ermittelt. Bei den Männchen lag er bei 4,6 km<sup>2</sup> (n = 7;  $\bar{x}$  = 20,3 km<sup>2</sup>) und bei den Weibchen bei 0,1 km<sup>2</sup> (n = 3;  $\bar{x}$  = 0,73 km<sup>2</sup>). Die Männchen hatten während der Brutzeit das größte Home Range mit 12,1 km<sup>2</sup> (n = 19;  $\bar{x}$  = 31,6 km<sup>2</sup>). Bei den Weibchen lag es in diesem Zeitfenster bei 2,0 km<sup>2</sup> (n = 10;  $\bar{x}$  = 12,6 km<sup>2</sup>). In der Nachbrutzeit wurden für beide Geschlechter ähnliche Werte ermittelt (♂: 6,7 km<sup>2</sup>, n = 18,  $\bar{x}$  = 21,7 km<sup>2</sup>; ♀: 3,8 km<sup>2</sup>, n = 11,  $\bar{x}$  = 22,2 km<sup>2</sup>). Sowohl bei den Männchen als auch den Weibchen gibt es während der Brut- und Nachbrutzeit Vögel mit vergleichsweise großen Home Ranges. Bei den Extremwerten handelt es sich um jeweils verschiedene Tiere.

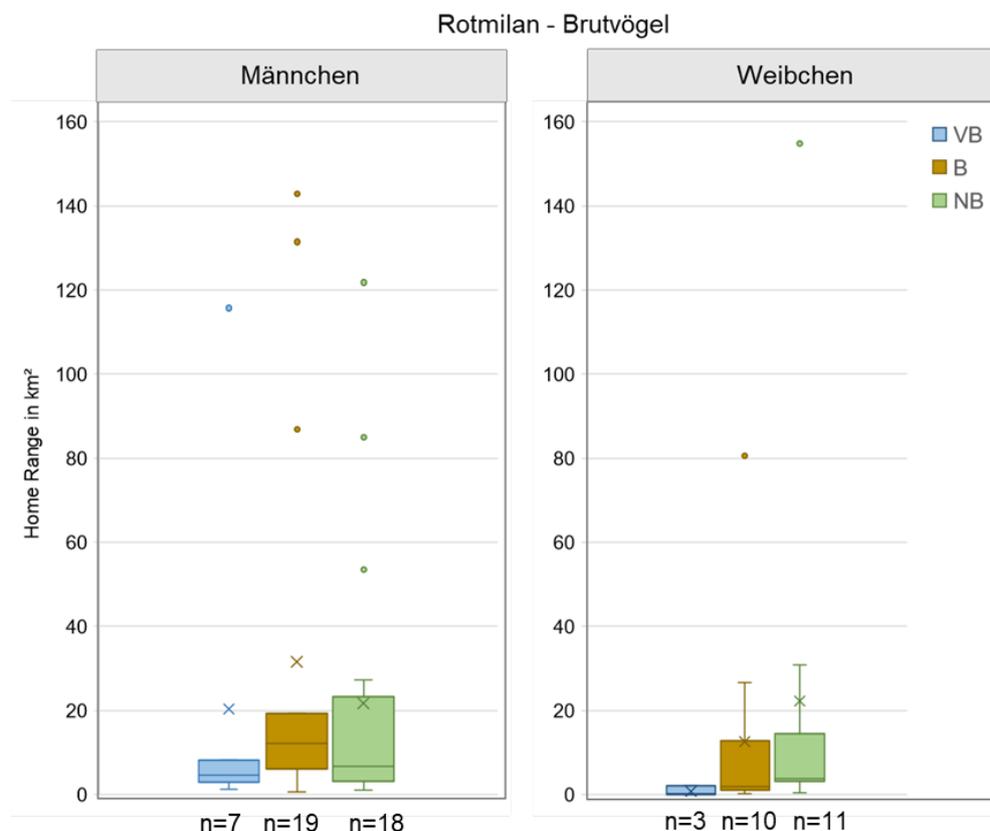


Abb. 63: Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von brütenden Rotmilanen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020.

Bei den Nichtbrütern ließen sich zwischen den Zeitfenstern nur geringe Unterschiede in der Größe der Home Ranges der Männchen ausmachen (Abb. 64): Diese lagen bei 649,1 km<sup>2</sup> (01.03.-30.04.: n = 10;  $\bar{x}$  = 750,7 km<sup>2</sup>), 349,6 km<sup>2</sup> (01.05.-15.07.: n = 16;  $\bar{x}$  = 694,0 km<sup>2</sup>) und 244,6 km<sup>2</sup> (16.07.-20.08.: n = 17;  $\bar{x}$  = 492,0 km<sup>2</sup>). Unter den Nichtbrütern gab es einige Männchen mit extrem großen Home Ranges.

Bei nichtbrütenden Weibchen lagen nur Daten von 2 Vögeln vor, daher können nur Tendenzen aufgezeigt werden. Ähnlich der Männchen entfiel das größte Home Range auf das Zeitfenster 01.03.-30.04. mit 632,5 km<sup>2</sup>, gefolgt von 338,8 km<sup>2</sup> in der Zeit von 01.05.-15.07. und 167,4 km<sup>2</sup> im letzten Zeitfenster.

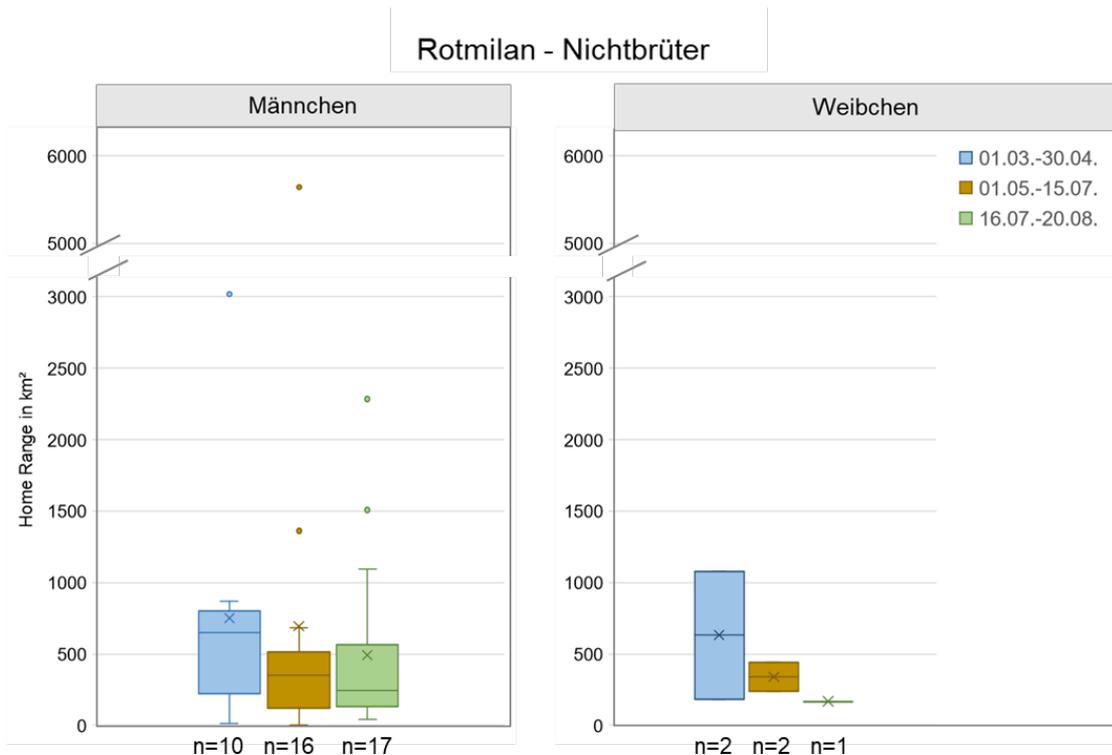


Abb. 64: Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Rotmilanen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020.

#### 4.3.1.2 Schwarzmilan

In den Untersuchungsgebieten Hakel und Querfurter Platte konnten zwischen 2018 bis 2020 von 14 Schwarzmilanen 353.341 GPS-Ortungen erfasst werden. Einige Vögel konnten mehrjährig verfolgt werden, sodass nachfolgend 19 Saisons zur Auswertung vorliegen. Die Berechnung der Kennwerte erfolgte analog zum Rotmilan.

Brutvögel zeigten in der Regel ein sehr viel kleineres Home Range (95 % Kernel) als Nichtbrüter. Besonders auffällig war weiterhin, dass der Home-Range-Median der brütenden Schwarzmilanmännchen mit 96,5 km<sup>2</sup> (n = 6;  $\bar{x}$  = 380,2 km<sup>2</sup>) mehr als doppelt so groß war wie der Weibchen mit 38,2 km<sup>2</sup> (n = 9;  $\bar{x}$  = 188,2 km<sup>2</sup>; Abb. 65). Bei den brütenden Schwarzmilanmännchen sowie -weibchen gab es jeweils einen Extremwert (192001-Otto [1.850,0 km<sup>2</sup> / 2019] und 181008-Abendrot [1.260,0 km<sup>2</sup> / 2020]). Das Home Range des brütenden Männchens lag dabei noch über dem Median der Home Ranges der Nichtbrüter von 1.384,3 km<sup>2</sup> (n = 4;  $\bar{x}$  = 1.412,8 km<sup>2</sup>). Bei den Nichtbrütern sind nur Daten von 2 Männchen mit 4 Saisons verfügbar, deren Home Range eine starke Streuung aufweist. Das Minimum (61,6 km<sup>2</sup>) und Maximum (2.821,1 km<sup>2</sup>) stammen dabei vom selben Vogel (181007-Jamie) aus zwei unterschiedlichen Jahren.

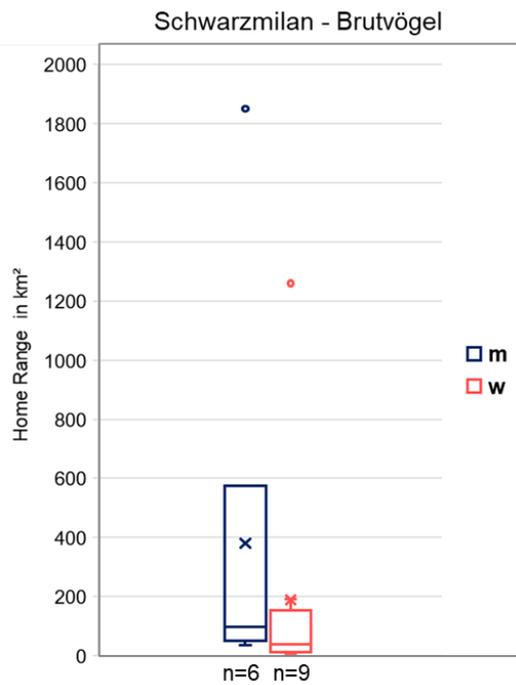


Abb. 65: Home-Range-Größen (Kernel 95 %) brütender Schwarzmilane 2018 und 2020.

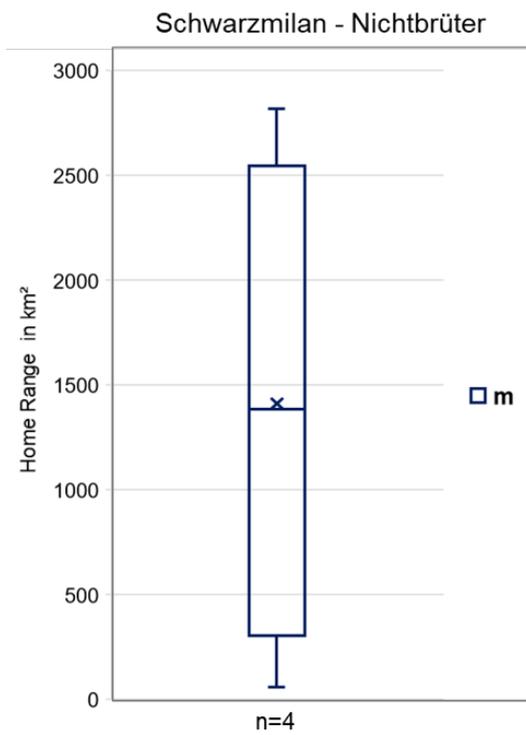


Abb. 66: Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Schwarzmilan-Männchen 2018-2020.

Bezogen auf die einzelnen Zeitfenster hatten brütende Schwarzmilanmännchen und -weibchen ähnliche Schwankungen, auch wenn das Home Range bei den Männchen um ein Vielfaches größer war (Abb. 67). In der Vorbrutphase wurden nur kleine Home Range von 26,5 km<sup>2</sup> (n = 2) für Männchen und 4,8 km<sup>2</sup> (n = 6;  $\bar{x}$  = 7,7 km<sup>2</sup>) für Weibchen gemessen, während die Vögel teilweise in der Brutphase und Nachbrutphase recht große Home Range zeigten. Diese lagen bei den Männchen für die Brutzeit bei 107,5 km<sup>2</sup> (n = 6;  $\bar{x}$  = 370,4 km<sup>2</sup>) und für die Nachbrutzeit bei 31,3 km<sup>2</sup> (n = 4;  $\bar{x}$  = 208,4 km<sup>2</sup>), sowie für die Weibchen bei 5,6 km<sup>2</sup> (n = 9,  $\bar{x}$  = 253,3 km<sup>2</sup>) während der Brutzeit und bei 75,5 km<sup>2</sup> (n = 9,  $\bar{x}$  = 331,7 km<sup>2</sup>) während der Nachbrutzeit.

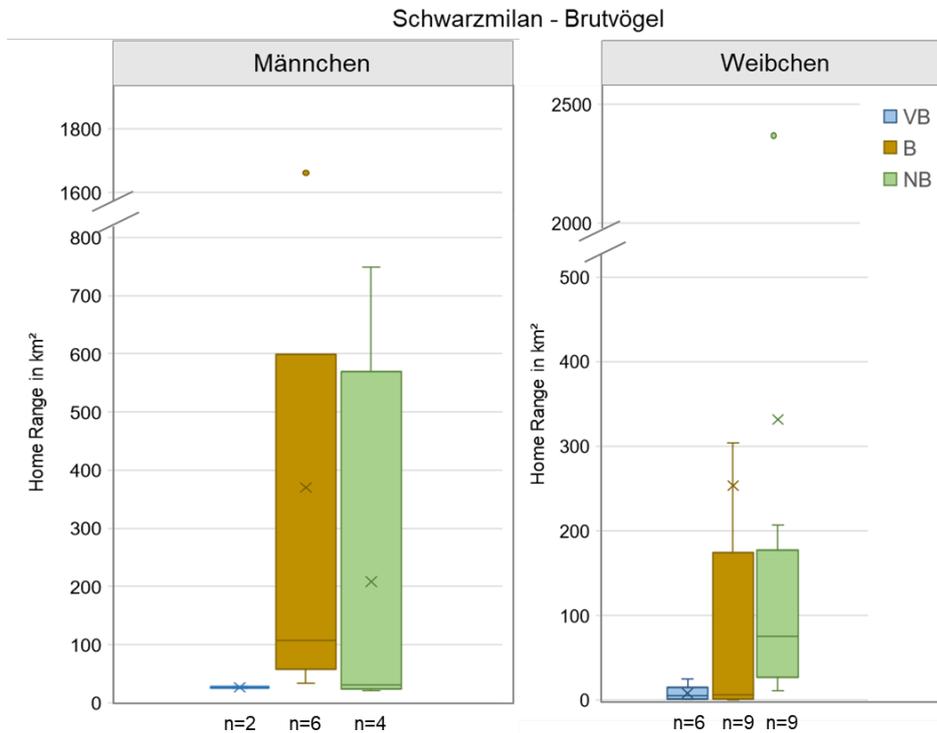


Abb. 67: Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von brütenden Schwarzmilanen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020.

Bei den Nichtbrütern (2 Männchen) zeigte sich eine andere Verteilung der Home-Range-Größen während der 3 Zeitfenster. Die geringe Anzahl an Individuen könnte hier jedoch zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen. Das mittlere Home Range für die Zeit vom 01.03.-30.04. lag bei 840,4 km<sup>2</sup> (n = 2), gefolgt von 378,4 km<sup>2</sup> (n = 4;  $\bar{x}$  = 1.256,1 km<sup>2</sup>) in der Zeit vom 01.05.-15.07. und abschließend 433,3 km<sup>2</sup> (n = 4;  $\bar{x}$  = 602,6 km<sup>2</sup>) in der Zeit vom 16.07.-20.08. (Abb. 68).

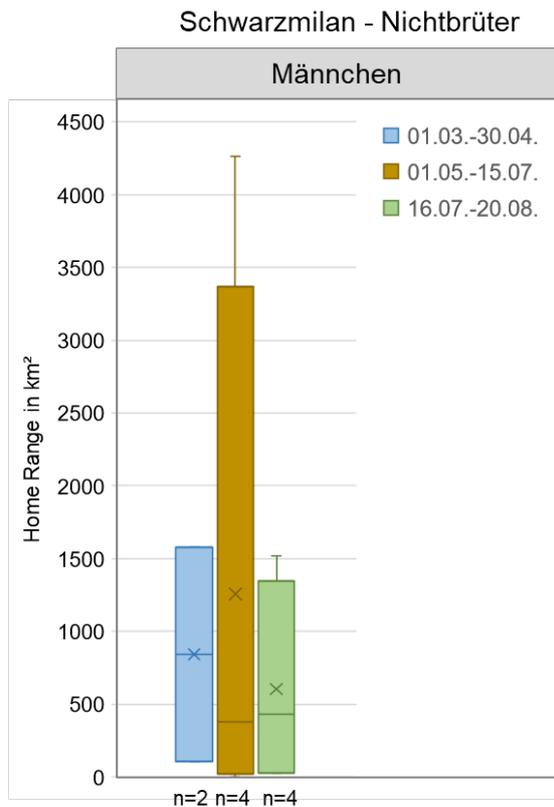


Abb. 68: Home-Range-Größen (Kernel 95 %) von nichtbrütenden Schwarzmilan-Männchen in drei Zeitphasen (Vorbrut [VB] = 01.03.-30.04.; Brut [B] = 01.05.-15.07; Nachbrut [NB]= 16.07.-20.08.) in den Jahren 2018-2020.

### 4.3.2 Entfernung der Ortungen zum Horst

#### 4.3.2.1 Rotmilan

In allen drei Untersuchungsgebieten konnten zwischen 2018 und 2020 von 20 Rotmilanen (12 Männchen, 8 Weibchen) Ortungen mit Horstbezug während der Brutzeit erfasst werden. Da einige Individuen mehrere Jahre verfolgt werden konnten, lagen Daten zu 18 Brutsaisons von Männchen und 11 Brutsaisons von Weibchen vor.

Die Rotmilane zeigten während der Brutzeit eine starke Bindung zu ihrem Horst und hielten sich überwiegend in der näheren Umgebung auf. Unter allen aktiven Ortungen (Sitzzeiten wurden ausgeschlossen, vgl. Kap. 3.2.3) wurden durchschnittlich 62 % ( $\pm 19$  %) der Ortungen bis 1.000 m, 76 % ( $\pm 17$  %) der Ortungen bis 1.500 m und 83 % ( $\pm 15$  %) der Ortungen bis 2.000 m Entfernung erfasst. Bei einer Entfernung von 4.000 m zum Horst sind bereits durchschnittlich 92 % ( $\pm 10$  %) der Ortungen enthalten (Abb. 69).

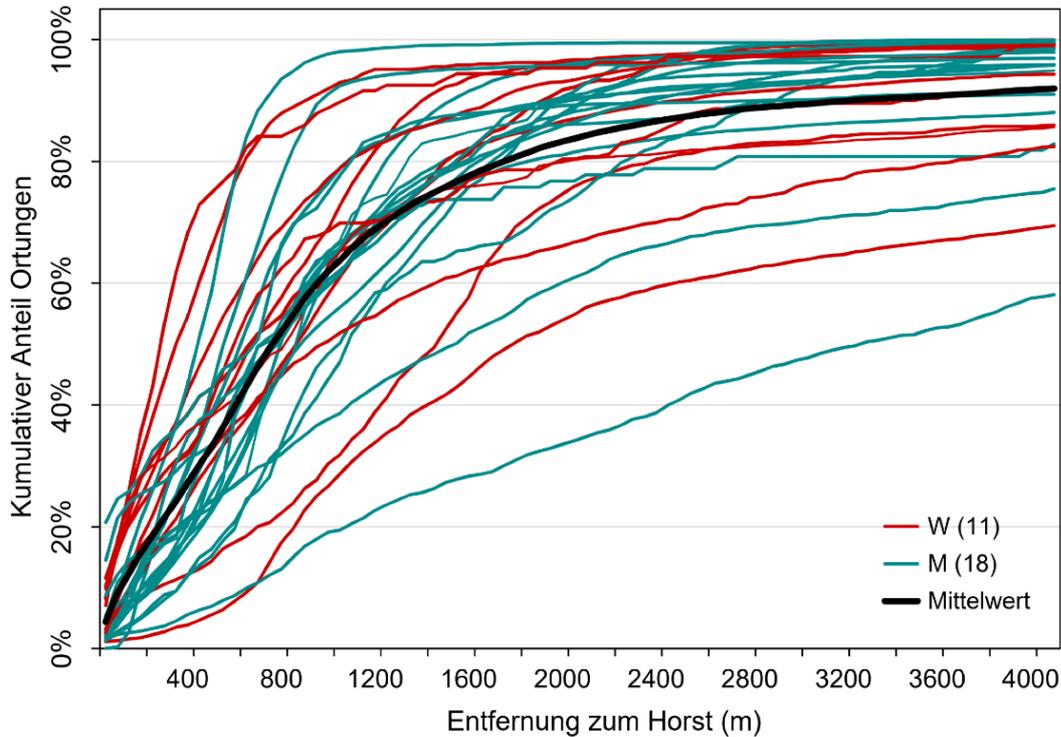


Abb. 69: Kumulative Verteilung der Entfernung der Ortungen zum Horst besenderter Rotmilane in den UGs Hakel, Querfurter Platte und Freisen (2018-2020).

W = Weibchen (n = 8), M = Männchen (n = 12), in Klammern ist die Anzahl der beobachteten Brutsaisons angegeben.

Es konnte kein Unterschied zwischen Männchen und Weibchen festgestellt werden, aber es lagen deutliche Unterschiede zwischen den Individuen vor (Abb. 69). Tendenziell hielten sich Weibchen näher im Horstbereich auf, da sie durch die Bebrütungszeit stärker an den Horst gebunden waren. Für zwei Weibchen lagen etwa 90 % der Ortungen bis in 1.000 m Entfernung (Abb. 69). Aber auch zwei Männchen blieben in Horstnähe, auch hier wurden mehr als 90 % der Ortungen bereits bis 1.000 m Entfernung registriert. Gleichzeitig gab es sowohl Männchen als auch Weibchen, die regelmäßig größere Entfernungen zum Horst zurücklegten (Abb. 69).

#### 4.3.2.2 Schwarzmilan

In den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt konnten zwischen 2018 und 2020 von 12 Schwarzmilanen (5 Männchen, 7 Weibchen) Ortungen mit Horstbezug während der Brutzeit erfasst werden. Da einige Individuen mehrere Jahre verfolgt werden konnten, lagen Daten zu 6 Brutsaisons von Männchen und 9 Brutsaisons von Weibchen vor.

Im Vergleich zum Rotmilan hielten sich Schwarzmilane während der Brutzeit deutlich weniger in der direkten Horstumgebung auf. Durchschnittlich wurden 41 % ( $\pm 20$  %) der Ortungen bis 1.000 m, 51 % ( $\pm 19$  %) der Ortungen bis 1.500 m und 58 % ( $\pm 19$  %) der Ortungen bis 2.000 m Entfernung erfasst. Bei einer Entfernung von 4.000 m zum Horst sind durchschnittlich 76 % ( $\pm 13$  %) der Ortungen enthalten (Abb. 70).

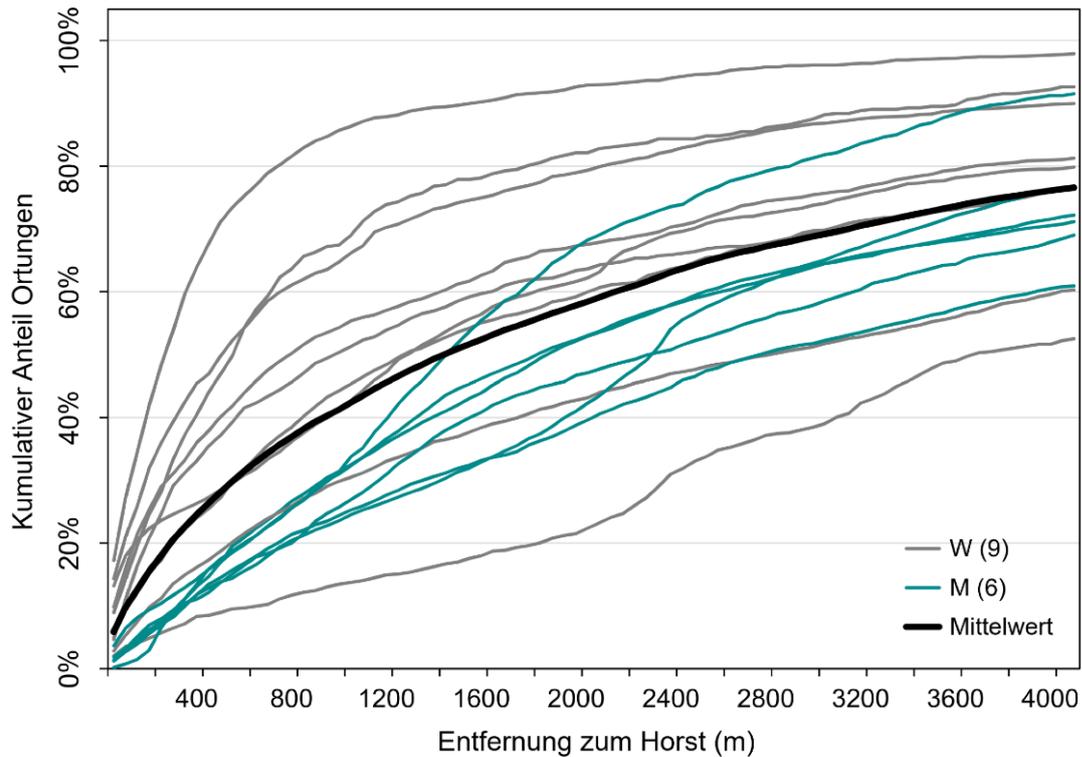


Abb. 70: Kumulative Verteilung der Entfernung der Ortungen zum Horst besonderer Schwarzmilane in den UGs Hakel und Querfurter Platte (2018-2020).

W = Weibchen (n = 7), M = Männchen (n = 5), in Klammern ist die Anzahl der beobachteten Brutsaisons angegeben.

Bei den Schwarzmilanen zeigte sich auch ein deutlicher Unterschied zwischen Männchen und Weibchen: Während für Männchen auf eine Entfernung von bis zu 1.000 m nur durchschnittlich 28 % der Ortungen entfielen, waren es für Weibchen im Mittel 50 % der Ortungen, in einem Fall sogar 86 % der Ortungen (Abb. 70). Aber auch bei den Schwarzmilanen gab es Weibchen, die während der Brutzeit Ausflüge in größeren Entfernungen zum Horst unternahmen.

### 4.3.3 Flugaktivität

#### 4.3.3.1 Rotmilan

Zwischen 2018 und 2020 wurden von 25 Rotmilanen (17 Männchen, 8 Weibchen) in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt Daten zur Flugaktivität erfasst. 12 Vögel wurden mehrere Jahre beobachtet. Da nicht alle Rotmilane jedes Jahr gebrütet haben, wurden nach Brutsaison betrachtet Männchen 10 Saisons als Brutvögel und 17 als Nichtbrüter und Weibchen 10 Saisons als Brutvögel und 2 als Nichtbrüter gewertet. Für insgesamt 3.850 Beobachtungstage konnte die tägliche Flugaktivität berechnet werden. Als Tag wurde die Zeit zwischen 5 und 21 Uhr MESZ definiert.

Für alle Rotmilane wurde eine Flugaktivität von durchschnittlich 207 min am Tag ermittelt. Für Brutvögel zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede über die Saison und auch zwischen den Geschlechtern. Männchen waren im Mittel 248 min  $\pm$  151 min flugaktiv, Weibchen 149 min  $\pm$  126 min (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ; Abb. 71). Bei den Brutvögeln unterscheiden sich deutlich in allen Monaten die Mittelwerte der Flugaktivität von Männchen und Weibchen (alle Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ).

Bei Nichtbrütern wurden ebenfalls Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt. Hier waren Weibchen mit im Mittel 249 min  $\pm$  143 min flugaktiver als Männchen mit durchschnittlich 199 min  $\pm$  130 min. Jedoch unterschied sich die Flugaktivität nur in den Monaten April und Mai signifikant (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ), während in den übrigen Monaten kein Unterschied in der Flugaktivität vorlag (alle Mann-Whitney-U-Test:  $p > 0,18$ ). Sowohl bei Brutvögeln als auch bei Nichtbrütern war die tägliche Flugaktivität im August am niedrigsten (Abb. 71).

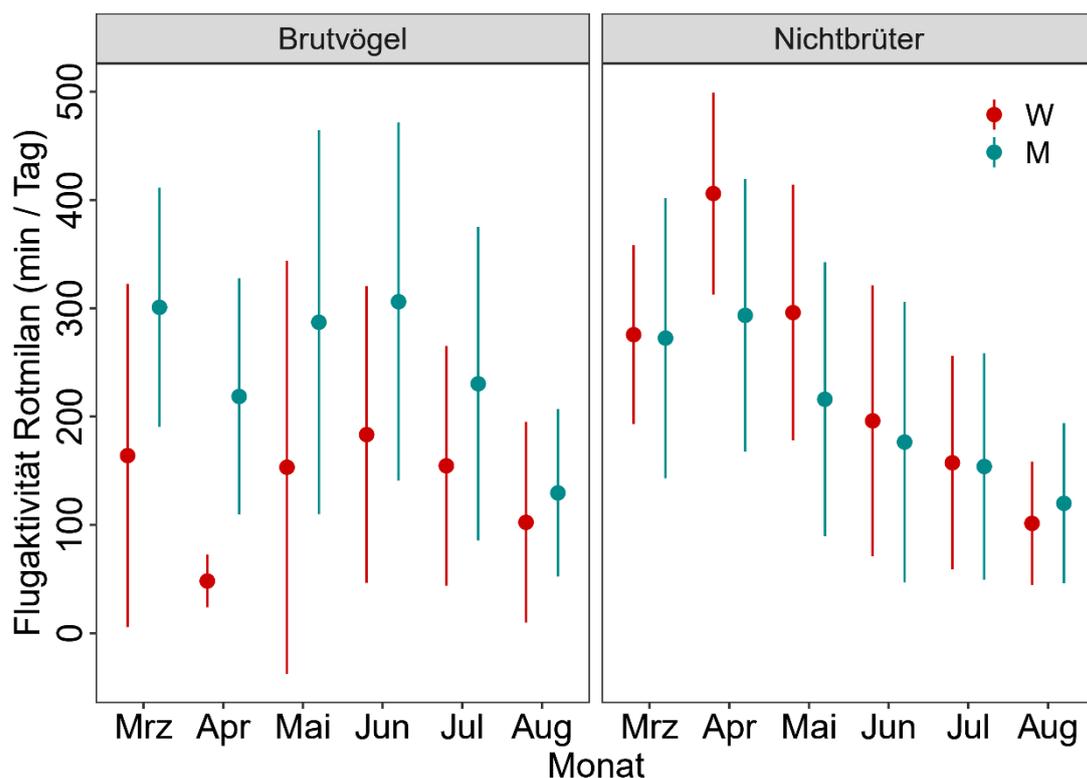


Abb. 71: Saisonale Unterschiede in der täglichen Flugaktivität (Mittelwert  $\pm$  SD) zwischen Männchen (M,  $n = 17$ ) und Weibchen (W,  $n = 8$ ) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Rotmilanen 2018-2020.

Wird der saisonale Verlauf der Flugaktivität auf Dekadenbasis betrachtet, wird ebenfalls der Unterschied zwischen den Geschlechtern bei den Brutvögeln deutlich. Während es in der ersten Märzdekade noch keinen Unterschied in der Flugaktivität zwischen Männchen und Weibchen gibt, ist die Flugaktivität der Weibchen im April deutlich reduziert (Abb. 72). Der niedrigste Wert wurde für Weibchen Mitte April mit  $38 \text{ min} \pm 23 \text{ min}$  während der Bebrütungsphase festgestellt. Ab Mai gab es wieder einen Anstieg in der Flugaktivität mit dem höchsten Wert von  $200 \text{ min} \pm 152 \text{ min}$  Ende Juni (Abb. 72). Alle beobachteten Weibchen brüteten erfolgreich. Für Männchen konnte die Flugaktivität ab Anfang Juni zwischen erfolgreichen ( $n = 6$ ) und erfolglosen Bruten ( $n = 4$ ) miteinander verglichen werden. Während der Jungenaufzuchtphase im Juni und Juli waren Männchen, die eine Brut versorgen mussten, deutlich flugaktiver als Männchen, deren Brutversuch erfolglos blieb (alle Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ; Abb. 72). Die höchste Flugaktivität wurde für Mitte Juni mit  $411 \text{ min} \pm 159 \text{ min}$  pro Tag ermittelt. Im August war kein Unterschied in der Flugaktivität mehr nachweisbar (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,13$ ).

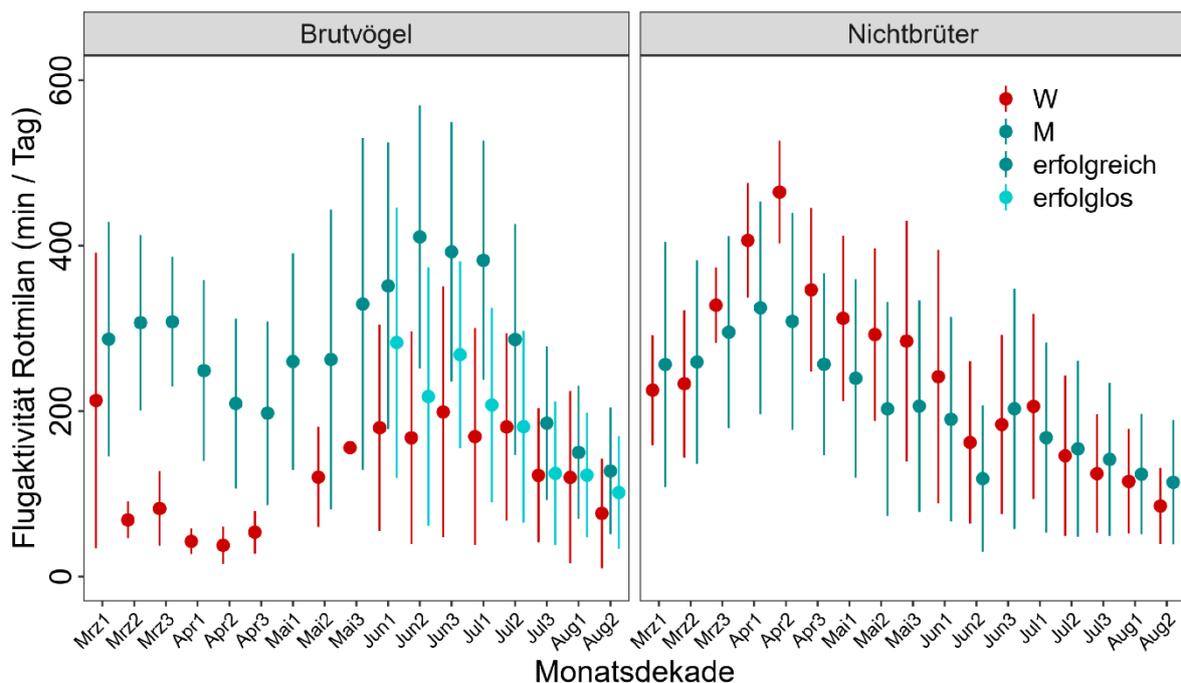


Abb. 72: Saisonale Unterschiede (auf Dekadenbasis) in der Flugaktivität (Mittelwert  $\pm$  SD) zwischen Männchen (M,  $n = 17$ ) und Weibchen (W,  $n = 8$ ) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Rotmilanen 2018-2020.

Für Männchen konnte ab Anfang Juni zwischen erfolgreichen und erfolglosen Bruten unterschieden werden.

Für eine Betrachtung der Flugaktivität von Rotmilanen im Tagesverlauf wurden 29.694 Beobachtungsstunden zwischen 5 und 21 Uhr MESZ ausgewertet. In den Morgenstunden waren Rotmilane im Mittel zwischen 8 min und 13 min pro Stunde flugaktiv. Die Flugaktivität stieg im Tagesverlauf zu den Mittagsstunden an, wobei die höchste Aktivität zwischen 11 und 14 Uhr mit durchschnittlich  $30 \text{ min} \pm 17 \text{ min}$  pro Stunde vorlag. In den Abendstunden nahm die Flugaktivität wieder kontinuierlich ab (Abb. 73). Im März begann die Flugaktivität erst nach 6 Uhr morgens und ging bereits früher am Abend wieder zurück. Im August war die Flugaktivität über den gesamten Tag verteilt geringer als der Durchschnittswert, während es in den übrigen Monaten keine größeren Abweichungen gab (Abb. 73).

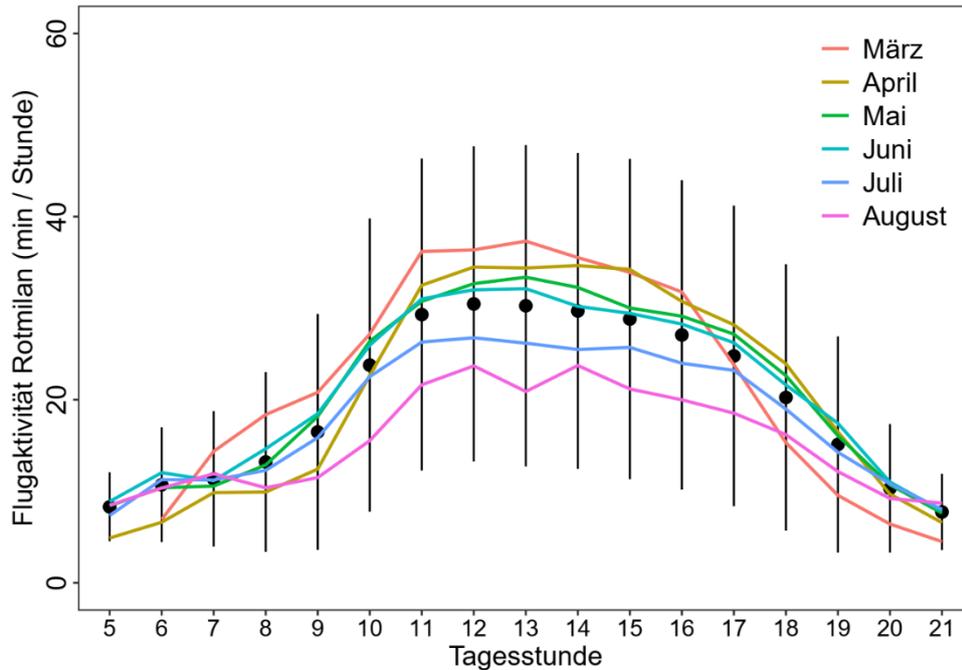


Abb. 73: Flugaktivität (Mittelwert  $\pm$  SD) pro Stunde von besenderten Rotmilanen (n = 25) im Tagesverlauf zwischen 5 bis 21 Uhr MESZ.

Als Linien sind die Mittelwerte getrennt nach Monaten dargestellt.

#### 4.3.3.2 Schwarzmilan

In beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt wurden zwischen 2018 und 2020 auch für 13 Schwarzmilane (5 Männchen, 8 Weibchen) Daten zur Flugaktivität erfasst. 4 Vögel wurden mehrere Jahre beobachtet. Da auch hier nicht alle Individuen jedes Jahr gebrütet haben, wurden nach Brutsaison betrachtet Männchen 4 Seasons als Brutvögel und 4 als Nichtbrüter, und Weibchen 11 Seasons als Brutvögel gewertet. Kein Weibchen wurde als Nichtbrüter beobachtet. Für Schwarzmilane lagen insgesamt 2.613 Beobachtungstage zur Berechnung der täglichen Flugaktivität zu Grunde.

Für alle Schwarzmilane wurde eine Flugaktivität von durchschnittlich 197 min am Tag ermittelt. Für Brutvögel zeigten sich auch bei den Schwarzmilanen deutliche Unterschiede im Verlauf der Saison und zwischen den Geschlechtern. Männchen waren im Mittel 261 min  $\pm$  149 min flugaktiv, Weibchen 144 min  $\pm$  123 min (Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ; Abb. 74). Diese Durchschnittswerte für die tägliche Flugaktivität bei Brutvögeln wurden fast identisch auch für männliche und weibliche Rotmilane berechnet. Bei den Brutvögeln der Schwarzmilane unterscheiden sich die Mittelwerte der Flugaktivität von Männchen und Weibchen signifikant in allen Monaten (alle Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ). Nur im August war kein Unterschied feststellbar (Mann-Whitney-U-Test:  $p = 0,05$ ; Abb. 74). Als Nichtbrüter wurden nur Männchen beobachtet. Besonders während der Jungenaufzuchtphase zwischen Mai und Juli war die tägliche Flugaktivität bei Nichtbrütern deutlich niedriger als bei Brutvögeln (alle Mann-Whitney-U-Test:  $p < 0,001$ ; Abb. 74).

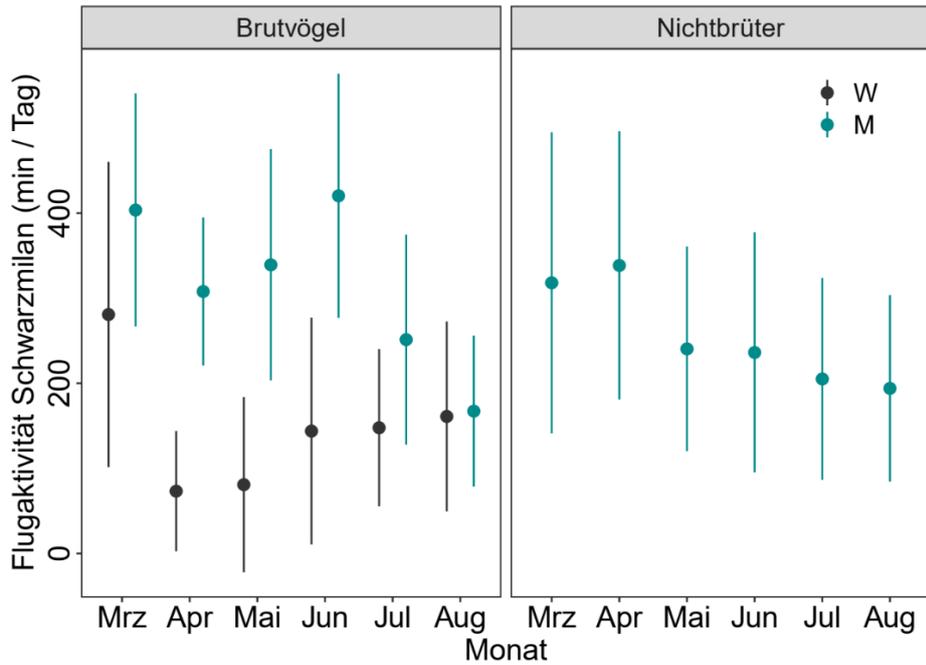


Abb. 74: Saisonale Unterschiede in der täglichen Flugaktivität (Mittelwert  $\pm$  SD) zwischen Männchen (M, n = 5) und Weibchen (W, n = 8) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Schwarzmilanen 2018-2020.

Wird der saisonale Verlauf der Flugaktivität auf Dekadenbasis betrachtet, wird ebenfalls der Unterschied zwischen den Geschlechtern bei den Brutvögeln deutlich. Hier konnte außerdem die Flugaktivität zwischen erfolgreichen (n = 8) und erfolglosen Bruten (n = 6) für beide Geschlechter miteinander verglichen werden. Für Weibchen, die erfolgreich brüteten ist die Bebrütungsphase deutlich an einer starken Reduzierung der täglichen Flugaktivität erkennbar (Abb. 75).

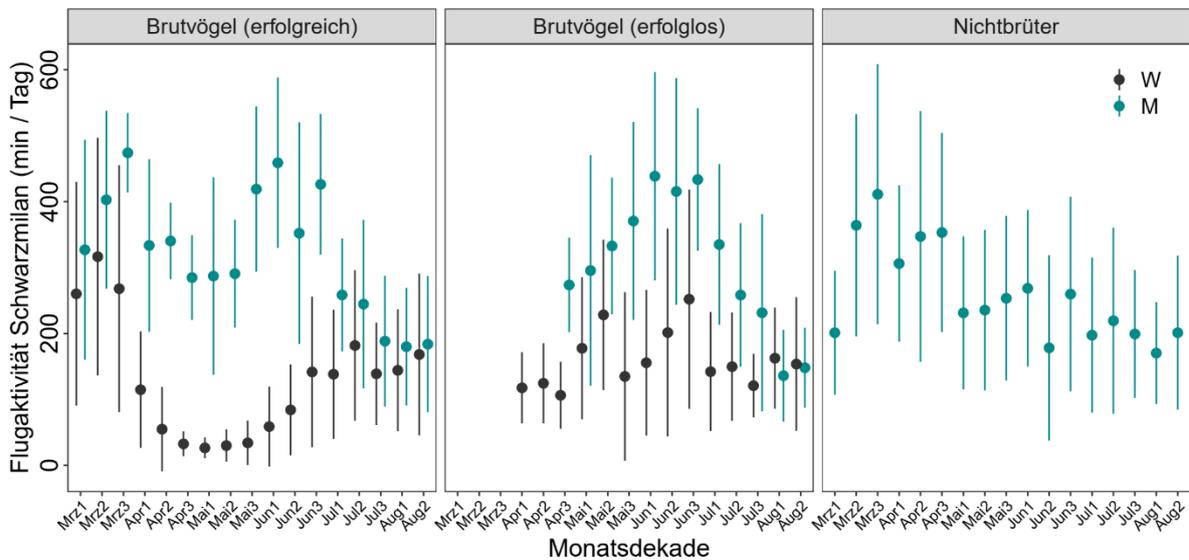


Abb. 75: Saisonale Unterschiede (auf Dekadenbasis) in der Flugaktivität (Mittelwert  $\pm$  SD) zwischen Männchen (M, n = 5) und Weibchen (W, n = 8) und Brutvögeln und Nichtbrütern von besenderten Schwarzmilanen 2018-2020.

Für Brutvögel konnte zwischen erfolgreichen und erfolglosen Bruten unterschieden werden.

Für eine Darstellung der Flugaktivität im Tagesverlauf von Schwarzmilanen wurden 18.723 Beobachtungsstunden zwischen 5 und 21 Uhr MESZ ausgewertet. Ähnlich wie bei Rotmilanen nahm auch bei Schwarzmilanen die Flugaktivität im Tagesverlauf bis zu den Mittagsstunden zu, wobei die höchste Aktivität um 14 Uhr mit durchschnittlich 29 min  $\pm$  18 min pro Stunde vorlag. In den Abendstunden nahm die Flugaktivität wieder kontinuierlich ab (Abb. 76). Auffällig sind hier die überdurchschnittlich hohen Werte im März mit bis zu 42 min  $\pm$  18 min pro Stunde. In den übrigen Monaten gab es keine größeren Abweichungen vom Durchschnittswert (Abb. 76). Die hohe Flugaktivität im März ist darauf zurückzuführen, dass die Schwarzmilane erst Ende März aus dem Überwinterungsgebiet ins Brutgebiet zurückkehrten und sich deshalb den Großteil des Monats noch auf dem Zug befanden, was auch die hohe tägliche Flugaktivität im März erklärt (Abb. 74, Abb. 75).

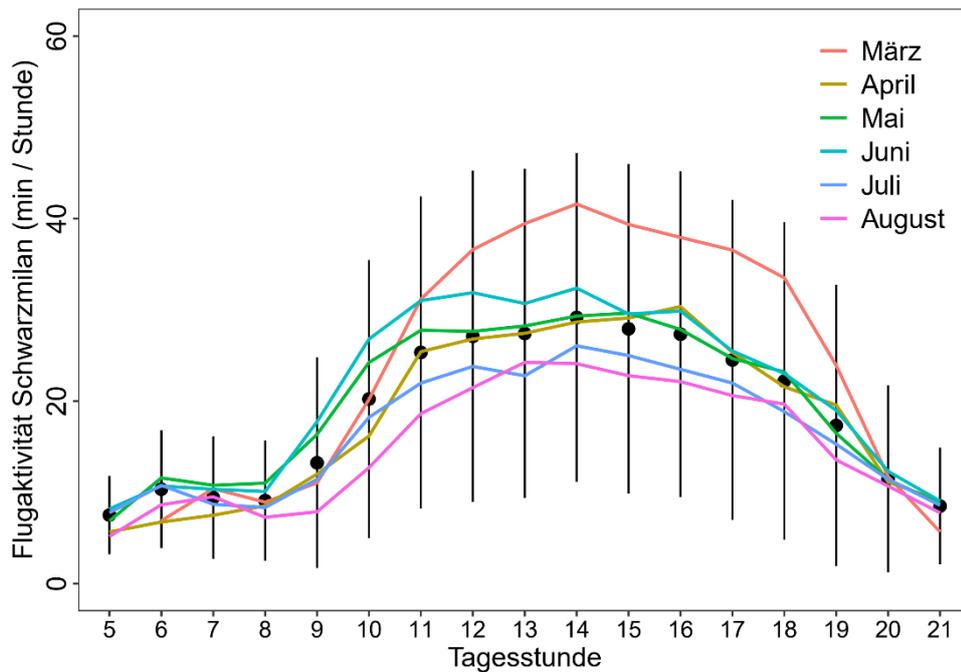


Abb. 76: Flugaktivität (Mittelwert  $\pm$  SD) pro Stunde von besenderten Schwarzmilanen (n = 13) im Tagesverlauf zwischen 5 bis 21 Uhr MESZ.  
Als Linien sind die Mittelwerte getrennt nach Monaten dargestellt.

## 4.4 Habitatpräferenzen telemetriertes Milane

### 4.4.1 Habitatpräferenz über Nutzungsindices

#### 4.4.1.1 Rotmilan

#### Untersuchungsgebiete Hakel und Querfurter Platte

#### Manly-Index

Für die Berechnung der Habitatnutzung durch brütende Rotmilane in der Kulturlandschaft wurden für das UG Hakel insgesamt 27.928 Ortungen von 26 besenderten Individuen herangezogen, für das UG Querfurter Platte insgesamt 11.284 Ortungen von 13 besenderten Individuen. Tab. 31 zeigt die Verteilung der Ortungen auf die betrachteten Zeitfenster. Aufgrund des individuellen Besenderungstages und der individuellen Besenderungsdauer, standen für die drei Untersuchungsjahre (2018-2020) für jedes Zeitfenster Daten von unterschiedlich vielen Vögeln zur Verfügung.

Tab. 31: Übersicht der Anzahl an aktiven Ortungen von besenderten, brütenden Rotmilanen, die für die Berechnung der Habitatpräferenz innerhalb des 2-km-Horstbereiches mittels Manly-Index verwendet wurden.

Untersuchungsgebiet	Anzahl Ortungen / Rotmilane					
	Vor-Brut		Brutzeit		Nach-Brut	
	01.03. - 30.04.		01.05. - 15.07.		16.07. - 20.08.	
Hakel	5.061	5	18.850	11	4.055	10
Querfurter Platte	2.622	1	6.940	7	1.722	6

Tab. 32: Ermittelte Werte  $\pm$  Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand des Manly-Index im UG Hakel für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020).

Dargestellt sind die Mittelwerte über die Jahre. Fett gedruckt sind nur Habitate, für die eine Präferenz oder Meidung inkl. SD eindeutig ist beziehungsweise die SD nur auf Extremwerten aus dem Wertebereich für Präferenz beziehungsweise Meidung beruht.

Landnutzungs-kategorie	Flächenanteil MW [%]	Manly-Index		
		Vor-Brutzeit	Brutzeit	Nach-Brutzeit
Gehölz	6,2	<b>4,68 <math>\pm</math> 5,87</b>	3,18 $\pm$ 4,99	3,00 $\pm$ 3,91
Siedlung	4,1	<b>0,24 <math>\pm</math> 0,21</b>	3,88 $\pm$ 6,78	3,18 $\pm$ 5,58
Struktur	7,6	<b>1,87 <math>\pm</math> 0,80</b>	<b>1,99 <math>\pm</math> 0,54</b>	<b>2,33 <math>\pm</math> 0,73</b>
Luzerne, Klee	0,7	<b>4,31 <math>\pm</math> 3,62</b>	1,28 $\pm$ 1,37	0,84 $\pm$ 0,42
Brache	1,4	<b>2,55 <math>\pm</math> 1,89</b>	2,06 $\pm$ 1,95	0,99 $\pm$ 1,25
Wiese, Weide	1,7	0,96 $\pm$ 1,02	1,36 $\pm$ 1,39	0,91 $\pm$ 0,93
Mais	10,4	-	<b>1,67 <math>\pm</math> 1,06</b>	<b>0,52 <math>\pm</math> 0,31</b>
Raps	6,5	<b>0,44 <math>\pm</math> 0,23</b>	<b>0,69 <math>\pm</math> 0,44</b>	-
Erbse	0,7	<b>0,04 <math>\pm</math> 0,07</b>	<b>0,49 <math>\pm</math> 0,64</b>	-
Gerste	5,2	0,67 $\pm$ 0,62	0,68 $\pm$ 0,76	-
Weizen	37,4	0,83 $\pm$ 0,63	0,65 $\pm$ 0,41	-
Sonstiges Getreide	1,5	<b>2,52 <math>\pm</math> 1,41</b>	<b>1,91 <math>\pm</math> 3,01</b>	-
Hackfrüchte	8,7	-	0,78 $\pm$ 0,72	<b>0,49 <math>\pm</math> 0,48</b>
Schwarzacker	temporär	<b>1,35 <math>\pm</math> 0,24</b>	-	-
Stoppelacker	temporär	-	-	0,94 $\pm$ 0,28

Den höchsten Anteil im 2-km-Radius von Rotmilan-Horsten machte Weizen aus (Tab. 32,

Tab. 33). Den geringsten Anteil im UG Hakel hatten Erbsen, Luzerne und Brachen, im Querfurter Platte die Feldkultur Luzerne, Wiesen und Brachen sowie Erbsen. Der Anteil an Strukturen (Baumreihen, Feldwege, Straßen) war in beiden Untersuchungsgebieten ähnlich hoch. Feldkulturen, die nur einen minimalen Flächenanteil einnahmen (z. B. Soja) oder nicht bestimmt werden konnten, fallen in die Klasse „keine Kategorie“. Auf diese Kategorie wird in den nachfolgenden Ergebnissen nicht eingegangen, da sie sehr heterogen ist und die darin enthaltenen Kulturen sich entsprechend variabel auf die Nutzung auswirken.

Im UG Hakel zeigten die besenderten Rotmilane über den gesamten Zeitraum (2018-2020) eine Meidung von Gerste, Weizen, Raps, Hackfrüchten sowie Erbse (Tab. 32). Eine klare Präferenz gab es für Strukturen, sowie im Frühjahr für Schwarzacker. Bevorzugt wurden außerdem Gehölz und sonstiges Getreide. Brachflächen wurden überwiegend von den Rotmilanen präferiert, Wiesen und Weiden entsprechend ihrer Verfügbarkeit genutzt und zur Brutzeit vermehrt. In der Nach-Brutzeit wurden Stoppelacker entsprechend ihrer Verfügbarkeit zur Nahrungssuche genutzt (Tab. 32). Luzerne nutzten die besenderten Rotmilane in der Vor-Brutzeit und zur Brutzeit stärker, als das Angebot erwarten lassen würde, nach der Brutzeit fiel die Nutzung jedoch ab. Mais wurde während der Brutzeit bevorzugt befliegen und in der Nach-Brutzeit gemieden (Tab. 32). Nach einzelnen Individuen betrachtet wurden für die meisten Anbaukulturen sowohl Präferenzen als auch Meidungen festgestellt, was zu teilweise hohen Standardabweichungen der Index-Werte führte (Abb. 77, Tab. 42 Anhang 1).

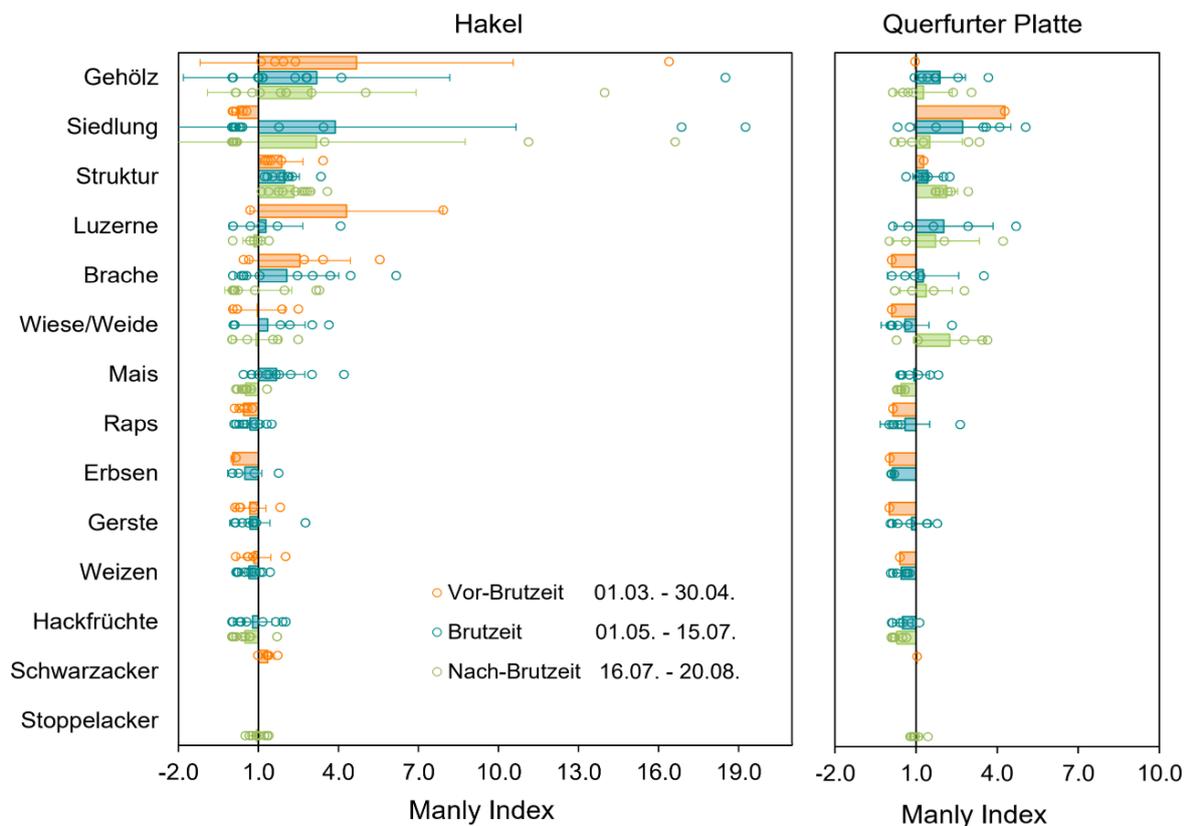


Abb. 77: Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand der Mittelwerte ( $\pm$  SD) des Manly-Index für die verschiedenen Landnutzungsklassen.

Als Kreise sind die Index-Werte der einzelnen Individuen dargestellt, die im jeweiligen Betrachtungszeitraum (2018–2020) beobachtet wurden. Werte größer 1 zeigen eine Präferenz, Werte kleiner 1 eine Meidung an.

Starke Schwankungen gab es auch hinsichtlich der Nutzung von Siedlungen, welche während und nach der Brutzeit insgesamt präferiert wurden. Hier wurde das individuelle Verhal-

ten besonders deutlich, da einige Brutvögel Siedlungen sehr stark bevorzugten und von anderen kaum Ortungen innerhalb von Ortschaften registriert wurden (Abb. 77, Tab. 42 Anhang 1).

Im UG Querfurter Platte wurden, ähnlich wie im UG Hakel, Gerste, Weizen, Raps, Hackfrüchte und Erbsen in allen Zeitfenstern gemieden, außerdem Mais und sonstiges Getreide (Tab. 33). Stärker genutzt, als es die Verfügbarkeit erwarten lassen würde, wurden über die gesamte Saison Strukturen sowie Siedlung. Letztere wurden wieder von einzelnen Vögeln, die in Siedlungsnähe brüteten, sehr stark angefliegen, während andere Individuen Siedlungen mieden (Abb. 77, Tab. 43 Anhang 1). Gehölz wurde ebenfalls bevorzugt beziehungsweise dem Angebot entsprechend genutzt (Tab. 33). Sofern Luzerne im Horstbereich vorhanden war, wurde sie von den besenderten Rotmilanen präferiert, obwohl sie flächenmäßig einen sehr geringen Anteil im Horstbereich ausmachte (Tab. 32 und Tab. 33). Gemäß ihrer Verfügbarkeit, wurde im Frühjahr Schwarzacker und in der Nach-Brutzeit, zur Haupterntezeit von Getreide, Stoppelacker (abgeerntete Flächen) zur Nahrungssuche befliegen. Brachflächen wurden nur zur Brutzeit bevorzugt von den Rotmilanen genutzt, Wiesen und Weiden hingegen nur nach der Brutzeit (Tab. 33). Auch im UG Querfurter Platte zeigte sich eine hohe Individualität im Nutzungsverhalten der einzelnen Sendervögel und für die meisten untersuchten Landnutzungsklassen lagen sowohl Präferenzen als auch Meidungen vor (Abb. 77, Tab. 43 Anhang 1).

Tab. 33: Ermittelte Werte  $\pm$  Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand des Manly-Index im UG Querfurter Platte für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020).

Dargestellt sind die Mittelwerte über die Jahre. Fett gedruckt sind nur Habitats, für die eine Präferenz oder Meidung inkl. SD eindeutig ist beziehungsweise die SD nur auf Extremwerten aus dem Wertebereich für Präferenz beziehungsweise Meidung beruht.

Landnutzungsklasse	Flächenanteil MW [%]	Manly-Index		
		Vor-Brutzeit	Brutzeit	Nach-Brutzeit
Gehölz	3,3	0,95	1,89 $\pm$ 0,87	1,28 $\pm$ 1,07
Siedlung	11,3	4,21	2,72 $\pm$ 1,66	1,50 $\pm$ 1,19
Struktur	9,9	1,24	1,42 $\pm$ 0,52	2,11 $\pm$ 0,39
Luzerne, Klee	1,5	-	2,02 $\pm$ 1,63	1,71 $\pm$ 1,59
Brache	0,7	-	1,27 $\pm$ 1,28	0,89 $\pm$ 0,59
Wiese, Weide	1,5	0,09	0,49 $\pm$ 0,48	1,92 $\pm$ 1,06
Mais	8,9	-	0,93 $\pm$ 0,52	0,45 $\pm$ 0,12
Raps	7,8	<b>0,14</b>	0,59 $\pm$ 0,85	-
Erbse	0,1	<b>0,02</b>	<b>0,12 <math>\pm</math> 0,05</b>	-
Gerste	12,8	<b>0,01</b>	0,83 $\pm$ 0,65	-
Weizen	19,8	<b>0,39</b>	<b>0,45 <math>\pm</math> 0,27</b>	-
sonstiges Getreide	9,0	<b>0,04</b>	<b>0,41 <math>\pm</math> 0,34</b>	-
Hackfrüchte	12,4	-	<b>0,50 <math>\pm</math> 0,33</b>	<b>0,28 <math>\pm</math> 0,20</b>
Schwarzacker	temporär	1,00	-	-
Stoppelacker	temporär	-	-	0,99 $\pm$ 0,21

## Untersuchungsgebiet Freisen

### Manly-Index

Für einen Großteil der betrachteten Saisonzeiträume und Landnutzungstypen liegt eher eine Meidung der Flächen vor (Werte  $<1$ ), als eine Bevorzugung. Je nach Zeitpunkt in der Saison

liegen jedoch auch einige wenige deutliche Präferenzen vor. Im Frühjahr werden die Flächentypen Klee gras, Mais und (Mäh-) Wiesen gegenüber den verfügbaren Flächenanteilen bevorzugt aufgesucht. Ackergras und Viehweide werden im Frühjahr hingegen deutlich gemieden. Im gemittelten Hauptzeitraum der Jungenaufzucht zwischen dem 01.05. und 15.07. werden die Flächentypen Mais und Wiese bevorzugt genutzt. Passend zum Lückenschluss in den Maiskulturen Ende Juni (bis Mitte Juni bestanden überwiegend noch gute Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten) werden diese im Folgezeitraum 16.07. bis 20.08. deutlich gemieden.

Tab. 34: Ermittelte Werte  $\pm$  Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Rotmilane anhand des Manly-Index im UG Freisen für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2019).

Dargestellt sind die Mittelwerte über die Jahre. Fett markiert sind diejenigen Habitate, deren Manly-Index zzgl. SD eine eindeutige Präferenz oder Meidung zeigt.

\*n= 2 Individuen / 1 Jahr

Landnutzungs-kategorie	Flächenanteil MW 2 km [%]	Manly-Index		
		Vor-Brutzeit*	Brutzeit	Nach-Brutzeit
Ackergras	1,9	<b>0,26 <math>\pm</math> 0,17</b>	0,94 $\pm$ 0,53	0,83 $\pm$ 0,45
Brache	2,2	0,85 $\pm$ 0,15	<b>0,62 <math>\pm</math> 0,25</b>	1,01 $\pm$ 0,26
Gehölz	31,6	<b>0,77 <math>\pm</math> 0,01</b>	0,86 $\pm$ 0,14	0,90 $\pm$ 0,13
Getreide	12,2	0,95 $\pm$ 0,42	0,77 $\pm$ 0,19	1,24 $\pm$ 0,28
Klee gras	0,3	1,17 $\pm$ 1,17	0,84 $\pm$ 0,98	1,56 $\pm$ 1,90
Mais	4,0	<b>1,90 <math>\pm</math> 0,29</b>	1,89 $\pm$ 1,04	0,78 $\pm$ 0,30
Raps	3,8	<b>0,19 <math>\pm</math> 0,08</b>	0,63 $\pm$ 0,43	1,20 $\pm$ 0,69
Siedlung	9,4	1,93 $\pm$ 1,16	1,65 $\pm$ 0,87	1,22 $\pm$ 0,56
Weide	3,9	<b>0,42 <math>\pm</math> 0,27</b>	<b>0,64 <math>\pm</math> 0,34</b>	<b>0,67 <math>\pm</math> 0,26</b>
Wiese	27,9	1,14 $\pm$ 0,26	1,09 $\pm$ 0,24	1,05 $\pm$ 0,28

Die Habitatselektion zugunsten von Getreideflächen, Raps und Klee gras steigt in diesem dritten und letzten Zeitraum der Saison hingegen deutlich an. Die entsprechenden Flächentypen werden teils deutlich bevorzugt. Insgesamt werden über die gesamte Saison hinweg Wiesen leicht bevorzugt beziehungsweise entsprechend ihrer Häufigkeit genutzt. Insbesondere im zeitigen Frühjahr scheint eine leichte Bevorzugung vorzuliegen. Die weiteren Grünland-Typen (im weiteren Sinne, also auch temporäres Grünland umfassend) müssen sehr differenziert betrachtet werden. Insbesondere im zeitigen Frühjahr, während der Phase der Bebrütung wird Ackergras deutlich gemieden. Die Selektion von Ackergras steigt auch im weiteren Verlauf nur leicht an, wobei die Werte für Ackergras im mittleren und späten Saisonzeitfenster stark streuen und stark von individuellen Präferenzen geprägt sind. Für Klee gras zeichnet sich insgesamt eine starke Bevorzugung ab, wenngleich die Werte im Zeitraum der Hauptjungenaufzucht stark streuen. Viehweiden werden während der gesamten Saison leicht bis deutlich gemieden.

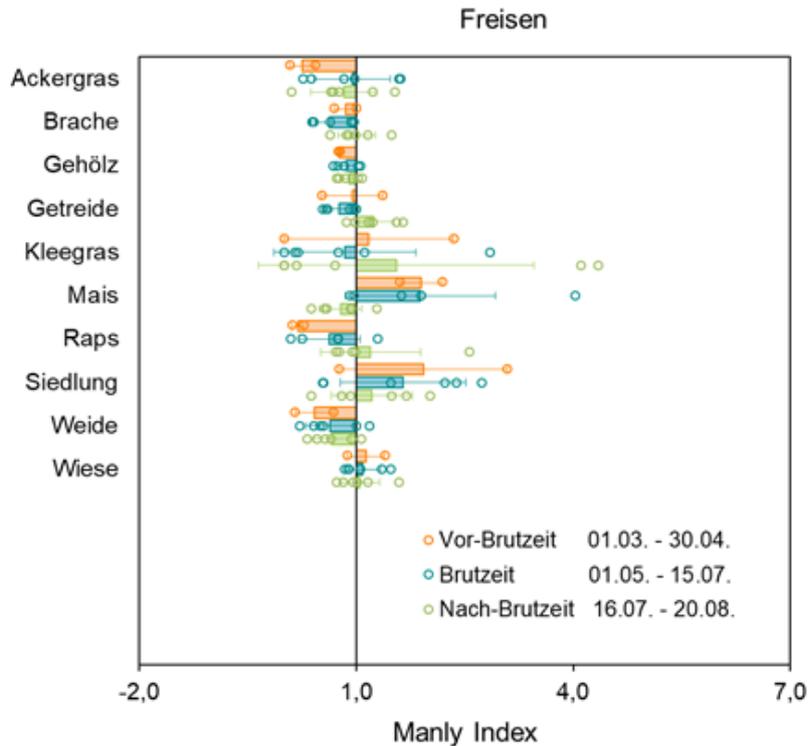


Abb. 78: Habitatpräferenz brütender Rotmilane im UG Freisen anhand der Mittelwerte ( $\pm$  SD) des Manly-Index für die verschiedenen Landnutzungsklassen.

Als Kreise sind die Index-Werte der einzelnen Individuen dargestellt, die im jeweiligen Betrachtungszeitraum (2018-2019) beobachtet wurden. Werte größer 1 zeigen eine Präferenz, Werte kleiner 1 eine Meidung an.

Auffallend ist insbesondere die deutliche Habitatselektion zu Gunsten von Siedlungen. Die entsprechende Bevorzugung von Siedlungsflächen weist jedoch eine starke Schwankung um den Mittelwert auf, die von einer deutlichen Bevorzugung bis in den Bereich einer klaren Meidung hineinreicht und dementsprechend auf individuelle Verhaltensmuster und Präferenzen zurückzuführen ist. Getreide und Raps fallen in der Gesamtbetrachtung mit einer geringeren Habitatselektion auf, als dies gemessen an ihren Flächenanteilen der Fall sein sollte. Im Zeitraum von Anfang März bis Mitte Juli werden diese Flächen im Mittel deutlich gemieden. Für Getreide liegt die größte Meidung insbesondere im Zeitraum 01.05.-15.07., für Raps liegt die stärkste Meidung v.a. im Zeitraum zwischen dem 01.03. und 30.04. Einheitlich ist für beide Flächentypen, dass ab dem Mitte Juli beginnenden Zeitraum eine Präferenz vorliegt. Dies fällt zusammen mit dem Zeitraum der Ernteaktivität auf diesen Flächen. Mit der Ernte auf Raps- und Getreidefeldern einhergehend weisen diese Flächen Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten für die Nahrungssuche auf. Dementsprechend passt das sich wendende Verhältnis der Meidung (von zuvor ungeeigneten Flächen) hin zu einer Präferenz gut zur allgemeinen saisonalen Flächeneignung. Umgekehrt verhält es sich für Mais als Feldkultur, der spät im Jahr (im Mai) gesät wird und bis mindestens Ende Mai (max. Mitte Juni) besonders geeignete Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten auf Nahrungstiere der Zielarten bietet. Die bis zu diesem Zeitpunkt nur gering von Vegetation bedeckten Maisanbauflächen werden präferiert (im Verhältnis zu ihrem Flächenanteil und Verfügbarkeit). Im Zeitfenster ab Mitte Juli werden Maisflächen gemieden, was einhergeht mit einer hohen Vegetationsdeckung auf dieser Feldkultur (dicht und hoch aufgewachsener Mais ohne Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten).

### Grenzlinien / Habitatübergänge

Die vier besenderten Rotmilane im UG Freisen zeigen allgemein eine signifikante Präferenz

(HSI von 0,9) für Grenzlinien. Die Telemetriepunkte liegen außer bei dem Grenzlinientyp Brache zu Gehölzstrukturen immer signifikant näher an Grenzlinien (unbeachtet des Grenzlinientyps), als Zufallspunkte (Abb. 79).

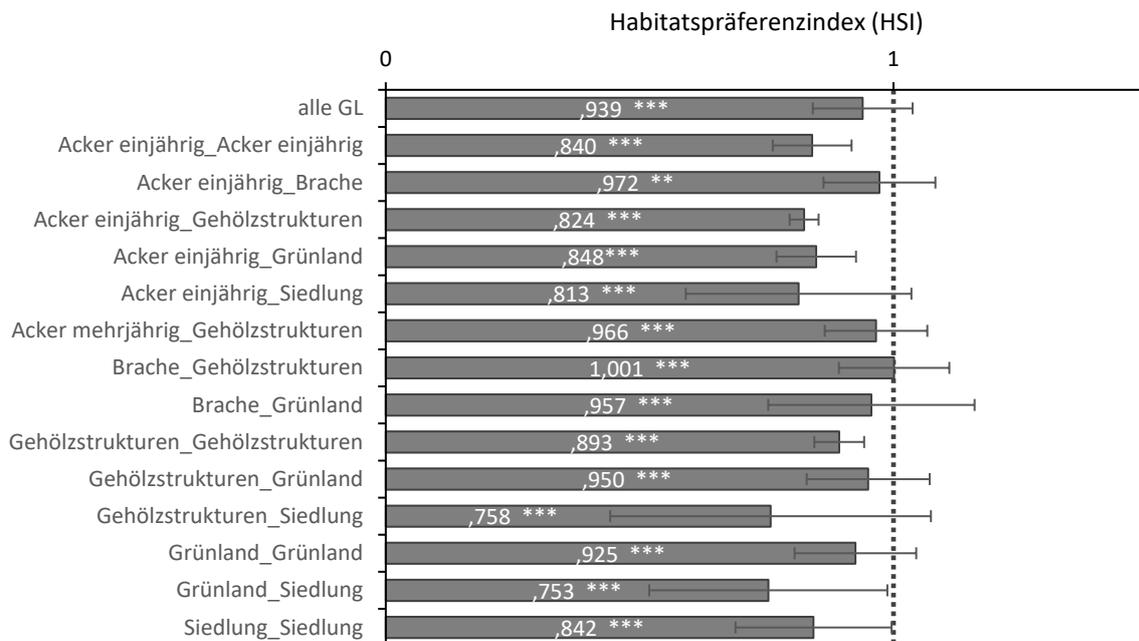


Abb. 79: Habitatpräferenzindex (HSI) aller Rotmilane für die verschiedenen Grenzlinientypen mit Angabe des Signifikanzniveaus und der SD  
 Sternchen: Signifikanzwerte (p-Werte) für Mann-Whitney-U-Test: \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$ ; GL = Grenzlinien

Der Vergleich der Präferenz oder Meidung von Grenzlinien inklusive deren Standardabweichungen ergibt jedoch für nahezu alle Grenzlinientypen eine deutliche Streuung zwischen den vier Individuen (vgl. Abb. 79). Neben der grundsätzlichen Bevorzugung zeigt sich demnach ein hohes Maß an schwer prognostizierbarem individuellem Verhalten.

#### 4.4.1.2 Schwarzmilan

Für die Berechnung der Raumnutzung durch brütende Schwarzmilane in der Kulturlandschaft wurden für das UG Hakel insgesamt 3.624 Ortungen von 11 besenderten Individuen herangezogen, für das UG Querfurter Platte insgesamt 15.984 Ortungen von 22 besenderten Individuen. Tab. 35 zeigt die Verteilung der Ortungen auf die betrachteten Zeitfenster. Aufgrund des individuellen Besenderungstages und der individuellen Besenderungsdauer standen für die drei Untersuchungsjahre (2018-2020) für jedes Zeitfenster Daten von unterschiedlich vielen Vögeln zur Verfügung.

Tab. 35: Übersicht der Anzahl an aktiven Ortungen von besenderten, brütenden Schwarzmilanen, die für die Berechnung der Raumnutzung innerhalb des 2-km-Horstbereiches mittels Manly-Index verwendet wurden.

Untersuchungsgebiet	Anzahl Ortungen / Schwarzmilane					
	Vor-Brut		Brutzeit		Nach-Brut	
	01.03. - 30.04.		01.05. - 15.07.		16.07. - 20.08.	
Hakel	410	3	2.122	5	1.092	3
Querfurter Platte	1.749	4	11.013	9	3.222	7

Den höchsten Anteil im 2-km-Radius von Schwarzmilan-Horsten machte Weizen aus (Tab. 36), gefolgt im UG Hakel von Hackfrüchten und Mais und im UG Querfurter Platte von Gerste und Mais. Den geringsten Anteil im Hakel hatten Luzerne, Gehölz und Erbsen, in der Querfurter Platte Gewässer, Brachen und Erbsen.

Der Anteil an Strukturen (Baumreihen, Feldwege, Straßen) war in beiden Untersuchungsgebieten ähnlich (vgl. Tab. 36 und Tab. 37), ebenso der Anteil an Siedlung. Feldkulturen, die nur einen minimalen Flächenanteil einnahmen (z. B. Soja) oder nicht bestimmt werden konnten, fallen in die Klasse „keine Kategorie“. Auf diese Klasse wird in den nachfolgenden Ergebnissen nicht eingegangen, da sie sehr heterogen ist und die darin enthaltenen Kulturen sich entsprechend variabel auf die Nutzung auswirken.

Im UG Hakel zeigten die besenderten Schwarzmilane über den gesamten Zeitraum (2018-2020) eine Meidung von Weizen, Hackfrüchten, Mais und Erbse (vgl. Tab. 36). Präferiert wurden Gehölz, Struktur sowie Gewässer und Luzerne. Siedlungen wurden überwiegend entsprechend der Verfügbarkeit genutzt, zur Brutzeit jedoch bevorzugt befliegen. Brachflächen wiesen in der Vor-Brutzeit und zur Brutzeit eine höhere Nutzung auf, als das Angebot erwarten lassen würde, nach der Brutzeit fiel diese jedoch ab.

Stoppelacker beziehungsweise Schwarzacker wurden von den Schwarzmilanen dem Angebot entsprechend zur Nahrungssuche genutzt (vgl. Tab. 36).

Wiesen und Weiden wurden überwiegend gemieden, in der Brutphase jedoch verstärkt genutzt. Eine ähnliche Nutzung zeigten die Schwarzmilane für Raps, jedoch mit hohen Schwankungen in der Nutzung während der Brutzeit. Zur Brutzeit fand außerdem eine höhere Nutzung von Gerste und sonstigem Getreide statt, als die Verfügbarkeit erwarten lassen würde (vgl. Tab. 36).

Auch für Schwarzmilane hatten die Index-Werte teilweise hohe Standardabweichungen, die im individuellen Nutzungsverhalten der einzelnen Sendervögel begründet war. Für einige Landnutzungsklassen wurden im jeweiligen Betrachtungszeitraum sowohl Präferenzen als auch Meidungen festgestellt (Abb. 80, Tab. 44 Anhang 1).

Tab. 36: Ermittelte Werte  $\pm$  Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Schwarzmilane anhand des Manly-Index im UG Hakel für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020).

Dargestellt sind die Mittelwerte über die Jahre. Fett gedruckt sind nur Habitats, für die eine Präferenz oder Meidung inkl. SD eindeutig ist beziehungsweise die SD nur auf Extremwerten aus dem Wertebereich für Präferenz beziehungsweise Meidung beruht.

Landnutzungs-klasse	Flächenanteil MW [%]	Manly-Index		
		Vor-Brutzeit	Brutzeit	Nach-Brutzeit
Gehölz	1,9	<b>1,85 <math>\pm</math> 0,86</b>	<b>2,83 <math>\pm</math> 0,75</b>	<b>1,96 <math>\pm</math> 0,73</b>
Siedlung	4,5	0,94 $\pm$ 0,95	2,03 $\pm$ 1,61	1,03 $\pm$ 0,63
Struktur	5,3	<b>1,42 <math>\pm</math> 0,55</b>	<b>1,54 <math>\pm</math> 0,29</b>	<b>2,86 <math>\pm</math> 1,38</b>
Luzerne	0,4	<b>4,44 <math>\pm</math> 1,47</b>	<b>2,32 <math>\pm</math> 1,27</b>	2,02 $\pm$ 1,95
Brache	3,1	1,51 $\pm$ 1,16	1,29 $\pm$ 1,08	0,69 $\pm$ 0,60
Wiese, Weide	3,8	0,57 $\pm$ 0,60	1,37 $\pm$ 1,51	0,55 $\pm$ 0,27
Mais	12,2	-	<b>0,74 <math>\pm</math> 0,20</b>	<b>0,50 <math>\pm</math> 0,21</b>
Raps	2,1	<b>0,10 <math>\pm</math> 0,07</b>	1,03 $\pm$ 1,61	-
Erbse	2,0	<b>0,33 <math>\pm</math> 0,23</b>	<b>0,56 <math>\pm</math> 0,43</b>	-
Gerste	8,1	0,99 $\pm$ 0,42	1,22 $\pm$ 0,55	-
Weizen	31,2	<b>0,70 <math>\pm</math> 0,12</b>	<b>0,61 <math>\pm</math> 0,18</b>	-
Sonstiges Getreide	3,1	0,69 $\pm$ 0,35	<b>2,36 <math>\pm</math> 3,34</b>	-
Hackfrüchte	14,1	-	<b>0,55 <math>\pm</math> 0,31</b>	<b>0,53 <math>\pm</math> 0,12</b>
Gewässer	2,7	<b>3,41 <math>\pm</math> 1,46</b>	<b>3,36 <math>\pm</math> 2,31</b>	<b>1,82 <math>\pm</math> 0,43</b>
Schwarzacker	temporär	1,00 $\pm$ 0,08	-	-
Stoppelacker	temporär	-	-	1,07 $\pm$ 0,19

Ähnlich wie im UG Hakel zeigten die besenderten Schwarzmilane im UG Querfurter Platte eine Meidung von Hackfrüchten, Mais und Erbsen über den gesamten Untersuchungszeitraum (Tab. 37). Außerdem wurden Siedlungen gemieden. Jedoch gab es ein Brutpaar, dessen Horst sich in Siedlungsnähe befand, die auch diese Siedlung bevorzugt anfliegen (Abb. 80, Tab. 45 Anhang 1). Präferiert wurden, wie auch im UG Hakel, Gehölz, Struktur sowie Gewässer. Luzerne wurde nur zur Brutzeit bevorzugt, ebenso Wiesen und Brachflächen. Besonders auf diesen Landnutzungs-klassen gab es große Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen, die diese entweder präferierten oder mieden (Abb. 80, Tab. 45 Anhang 1). Sehr variabel nutzten die Schwarzmilane im UG Querfurter Platte auch Weizen, Gerste, Raps und sonstiges Getreide (Tab. 37). Stoppelacker wurde in der Nach-Brutzeit vermehrt zur Nahrungssuche befliegen, während Schwarzacker in der Vor-Brutzeit nur dem Angebot entsprechend genutzt wurde.

Tab. 37: Ermittelte Werte  $\pm$  Standardabweichung für die Habitatpräferenz brütender Schwarzmilane anhand des Manly-Index im UG Querfurter Platte für den gesamten Untersuchungszeitraum (2018-2020).

Dargestellt sind die Mittelwerte über die Jahre. Fett gedruckt sind nur Habitate, für die eine Präferenz oder Meidung inkl. SD eindeutig ist beziehungsweise die SD nur auf Extremwerten aus dem Wertebereich für Präferenz beziehungsweise Meidung beruht.

Landnutzungs-kategorie	Flächenanteil MW [%]	Manly-Index		
		Vor-Brutzeit	Brutzeit	Nach-Brutzeit
Gehölz	1,6	1,05 $\pm$ 1,26	1,04 $\pm$ 0,91	1,58 $\pm$ 1,01
Siedlung	5,9	0,64 $\pm$ 0,69	0,85 $\pm$ 0,78	<b>0,48 <math>\pm</math> 0,34</b>
Struktur	7,0	<b>2,01 <math>\pm</math> 0,52</b>	<b>1,64 <math>\pm</math> 0,49</b>	<b>1,62 <math>\pm</math> 0,42</b>
Luzerne, Klee	2,4	0,90 $\pm$ 0,48	1,42 $\pm$ 1,41	0,59 $\pm$ 0,66
Brache	0,2	<b>0,82 <math>\pm</math> 0,21</b>	1,84 $\pm$ 2,28	0,74 $\pm$ 0,63
Wiese, Weide	1,6	<b>0,36 <math>\pm</math> 0,06</b>	<b>1,44 <math>\pm</math> 0,45</b>	0,76 $\pm$ 0,57
Mais	8,6	-	0,83 $\pm$ 0,42	<b>0,97 <math>\pm</math> 0,47</b>
Raps	6,0	1,18 $\pm$ 0,46	0,74 $\pm$ 0,43	-
Erbse	0,4	<b>0,25 <math>\pm</math> 0,14</b>	<b>0,10 <math>\pm</math> 0,10</b>	-
Gerste	9,8	<b>0,75 <math>\pm</math> 0,24</b>	1,30 $\pm$ 0,77	-
Weizen	15,5	1,16 $\pm$ 0,46	0,83 $\pm$ 0,23	-
Sonstiges Getreide	1,0	0,37 $\pm$ 0,11	<b>1,46 <math>\pm</math> 2,71</b>	-
Hackfrüchte	4,8	-	<b>0,30 <math>\pm</math> 0,17</b>	<b>0,23 <math>\pm</math> 0,16</b>
Gewässer	0,1	<b>2,50 <math>\pm</math> 2,29</b>	<b>3,49 <math>\pm</math> 3,35</b>	<b>3,27 <math>\pm</math> 3,47</b>
Schwarzacker	temporär	0,79 $\pm$ 0,28	-	-
Stoppelacker	temporär	-	-	1,11 $\pm$ 0,22

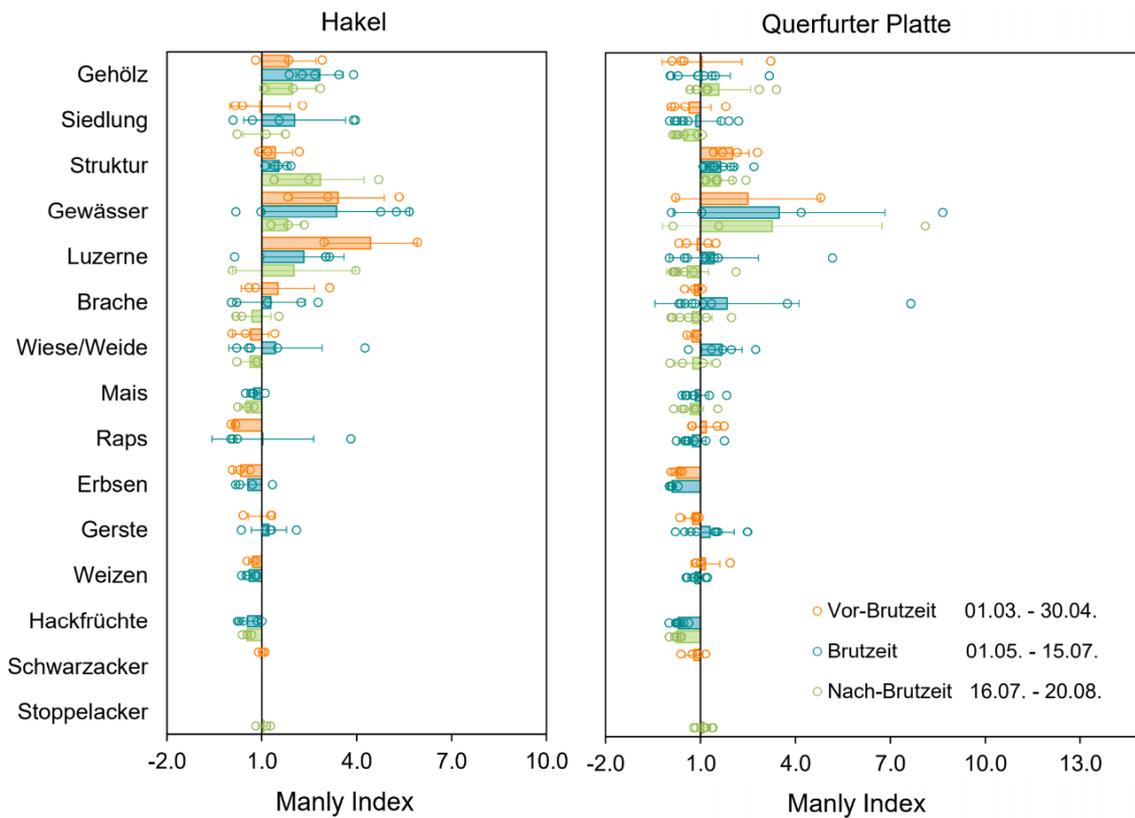


Abb. 80: Habitatpräferenz brütender Schwarzmilane anhand der Mittelwerte ( $\pm$  SD) des Manly-Index für die verschiedenen Landnutzungsklassen. Als Kreise sind die Index-Werte der einzelnen Individuen dargestellt, die im jeweiligen Betrachtungszeitraum (2018-2020) beobachtet wurden. Werte größer 1 zeigen eine Präferenz, Werte kleiner 1 eine Meidung an.

## 4.4.2 Modellierung der Habitatpräferenzen

Im Folgenden ist die gesamte Habitatnutzung von besenderten Rotmilanen und Schwarzmilanen in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt zusammengefasst dargestellt. Die Auswertung basiert auf der ermittelten flugaktiven Aufenthaltsdauer (min/Tag) über allen landwirtschaftlich genutzten Flächen in den UGs Hakel und Querfurte Platte zwischen 1. März und 20. August der Jahre 2018-2020 dargestellt. Im Modell wurde der Einfluss der Anbaukultur sowie Effekte in der jahreszeitlichen Dynamik in der Verfügbarkeit von Nahrungsflächen analysiert.

### 4.4.2.1 Rotmilan

Die Anbaukultur hatte einen deutlichen Einfluss auf die Aktivitätsdauer von Rotmilanen und es zeigten sich wieder saisonale Unterschiede, die mit der Offenheit und damit Zugänglichkeit der einzelnen Anbaukulturen in Verbindung stehen (Abb. 81). So nahm die Aktivitätsdauer mit höherer Wahrscheinlichkeit der Offenheit zu (Tab. 38).

Tab. 38: Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer (min/Tag) von besenderten Rotmilanen auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	t-Wert	p-Wert
Achsenabschnitt	-2,05 ( $\pm$ 0,04)	-50,71	< 0,001
Anbaukultur (Referenz = Raps)			
Erbse	0,01 ( $\pm$ 0,10)	0,08	0,94
Kartoffel	0,06 ( $\pm$ 0,06)	1,01	0,31
Mais	-0,06 ( $\pm$ 0,05)	-1,13	0,26
Rüben	-0,06 ( $\pm$ 0,06)	-1,05	0,30
Wiesen und Brachen	0,16 ( $\pm$ 0,06)	2,52	0,01
Grünschnitt	0,18 ( $\pm$ 0,10)	1,87	0,06
Luzerne	0,32 ( $\pm$ 0,08)	3,73	< 0,001
Getreide div.	0,05 ( $\pm$ 0,06)	0,81	0,42
Gerste	0,09 ( $\pm$ 0,05)	1,85	0,07
Weizen	-0,06 ( $\pm$ 0,04)	-1,58	0,12
Brutstatus (Referenz = Brutvögel)			
Nichtbrüter	-0,11 ( $\pm$ 0,03)	-3,64	< 0,001
Glättungsfunktionen	Df	F-Wert	p-Wert
s (Pentade)	3,777	28,56	< 0,001
s (Flächengröße)	4,491	25,81	< 0,001
s (Entfernung zum Horst)	1	27,89	< 0,001
s (Wahrscheinlichkeit Mahd)	1	19,58	< 0,001
s (Wahrscheinlichkeit Offenheit)	1	212,62	< 0,001

Die höchste Aktivität wurde auf Luzerneflächen nachgewiesen (Tab. 38), die aufgrund mehrmaliger Mahd über die gesamte Saison für Rotmilane zur Nahrungssuche nutzbar sind (Abb. 81). Durchschnittlich lag die tägliche Aufenthaltsdauer bei 14 min, während der Mahd bei maximal 106 min pro Tag. Die höchsten Werte wurden zwischen Mai und Juli festgestellt, wenn aufgrund des Bestandsschluss der meisten Anbaukulturen im Gebiet weniger Flächen

zur Nahrungssuche zur Verfügung stehen (Abb. 81). Nach Luzerne zeigten Grünschnitt (grün geerntetes Getreide und Ackergras) und Wiesen und Brachen gesteigerte Aktivitätswerte, auch besonders im Mai und Juni, wenn Getreidefelder nicht nutzbar waren. Rapsfelder sind bereits früh in der Saison nicht mehr von Rotmilanen nutzbar, mit Beginn der Ernte zwischen Juli und August, stieg auch die Aufenthaltsdauer auf Rapsfeldern wieder an. Felder, auf denen Mais oder Rüben angebaut werden, sind zu Beginn des Jahres von März bis Mitte Mai noch offen und damit nutzbar für Rotmilane, ab Juni erfolgte eine Abnahme der Aktivität auf den beiden Kulturen, die nicht vor Ende August geerntet werden (Abb. 81). Für Raps und Mais lag der Mittelwert der Aktivitätsdauer bei 7,5 min pro Tag und damit fast um die Hälfte niedriger als die durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf Luzerneflächen.

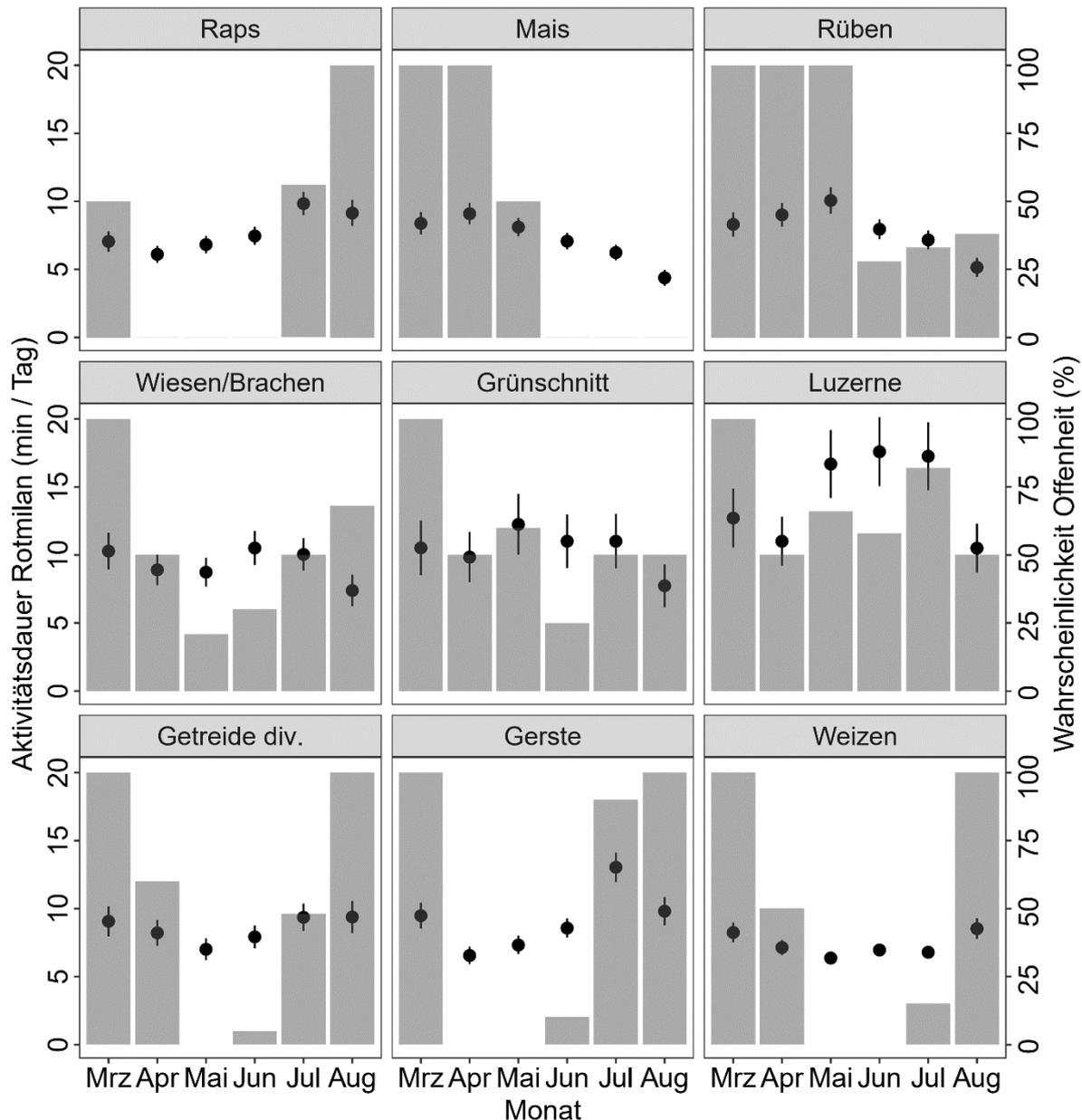


Abb. 81: Saisonale Unterschiede in der mittleren Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Rotmilanen über den verschiedenen Anbaukulturen Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020. Als graue Säulen ist die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit der Offenheit im jeweiligen Monat dargestellt.

Getreidefelder wurde zu Beginn des Jahres noch genutzt, während des Aufwuchses der Bestände von April bis Juni ging die Aktivitätsdauer von Rotmilanen zurück und nahm zur Zeit der Ernte im Juli und August wieder zu. Auffällig ist für die bereits früher im Jahr geerntete Gerste die gesteigerte Aktivitätsdauer im Juli (Abb. 81). Durchschnittlich lag die tägliche Aufenthaltsdauer für Gerste bei 9 min, der Maximalwert von 128 min pro Tag wurde während der Mahd am 30.06.2019 beobachtet. Auf Weizenfeldern wurden im Mittel 7 min Aufenthaltsdauer pro Tag registriert, für sonstige Getreide 8 min pro Tag, der Maximalwert von 155 min pro Tag wurde während der Mahd von Triticale am 23.06.2020 festgestellt.

Die Verfügbarkeit der Nahrungsflächen spiegelte sich auch im saisonalen Verlauf der Aktivitätsdauer wider. Im Laufe der Saison nahm die Aktivitätsdauer der besenderten Rotmilane für die einzelne Beobachtungsfläche bis Ende Juni zu und danach bis Ende August wieder ab (Abb. 82a). Ende Juni ist die Verfügbarkeit an Nahrungsflächen in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt am niedrigsten. Die Flächengröße hatte ebenfalls einen signifikanten Effekt (Tab. 38). Die Aufenthaltsdauer von Rotmilanen stieg mit zunehmender Flächengröße an, wobei ein starker Anstieg bis ca. 50 ha Flächengröße vorlag, danach war die Zunahme nicht mehr statistisch signifikant und lag unter der zu erwartenden längeren Überflugszeit für große Flächen (Abb. 82b). Auch in dieser Auswertung der Gesamtflugaktivität war für Brutvögel die Aktivitätsdauer im Nahbereich ihrer Horste am höchsten und nahm mit zunehmender Entfernung ab (Abb. 82c).

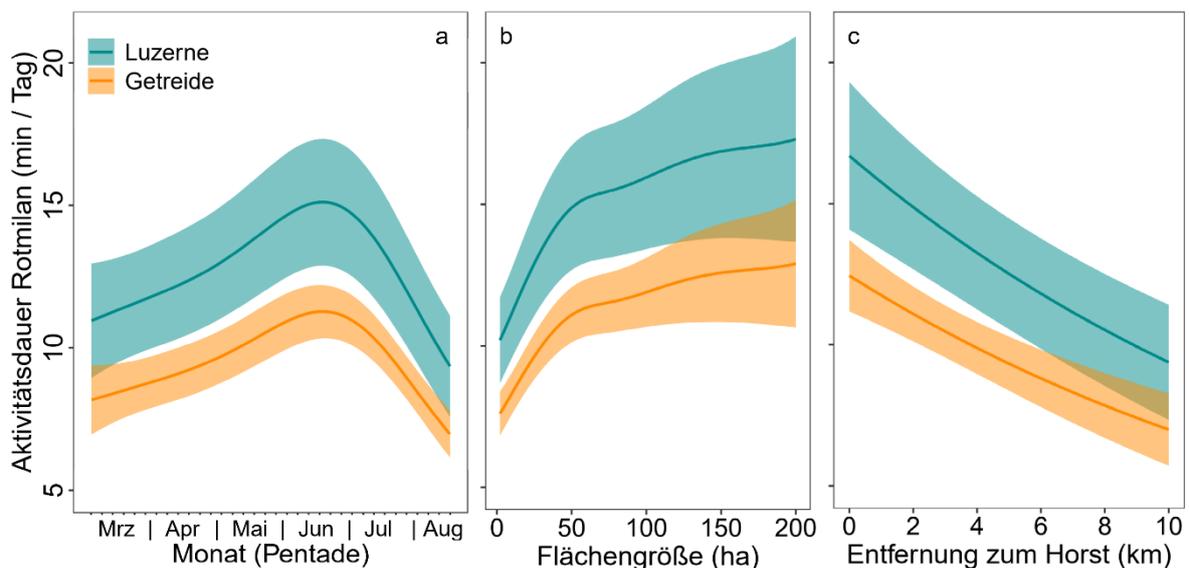


Abb. 82: Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Rotmilanen Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte (2018-2020) im Verlauf der Saison (a), in Relation zur Flächengröße (b) und zur Entfernung zum Horst (c). Dargestellt sind die Regressionskurven für Luzerne und Getreide (Gerste).

#### 4.4.2.2 Schwarzmilan

Auch bei Schwarzmilanen war die Aktivitätsdauer maßgeblich durch die Anbaukultur beeinflusst und es gab saisonale Unterschiede, die mit der Dynamik von Mahd und Offenheit und damit Nutzbarkeit der Agrarflächen im Zusammenhang stehen (Tab. 39). Die Entfernung zum Horst hatte für Schwarzmilane keinen signifikanten Einfluss auf die Aufenthaltsdauer (Tab. 39).

Tab. 39: Modellierte Effekte der im GAMM enthaltenen Parameter auf die Aktivitätsdauer (min/Tag) von besenderten Schwarzmilanen auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen in den UG Hakel und Querfurter Platte in den Jahren 2018-2020.

Parametrische Koeffizienten	Schätzwert ( $\pm$ SE)	t-Wert	p-Wert
Achsenabschnitt	1,69 ( $\pm$ 0,13)	13,05	< 0,001
Anbaukultur (Referenz = Erbse)			
Raps	0,22 ( $\pm$ 0,14)	1,62	0,11
Kartoffel	0,39 ( $\pm$ 0,18)	2,21	0,03
Mais	0,28 ( $\pm$ 0,14)	2,03	0,04
Rüben	0,28 ( $\pm$ 0,14)	1,99	0,05
Wiesen und Brachen	0,42 ( $\pm$ 0,15)	2,71	0,007
Grünschnitt	0,16 ( $\pm$ 0,14)	1,16	< 0,001
Luzerne	0,38 ( $\pm$ 0,14)	2,73	0,006
Getreide div.	0,44 ( $\pm$ 0,13)	3,27	0,001
Gerste	0,38 ( $\pm$ 0,13)	2,89	0,004
Weizen	0,17 ( $\pm$ 0,13)	1,30	0,19
Glättungsfunktionen	Df	F-Wert	p-Wert
s (Pentade)	3,906	98,19	< 0,001
s (Flächengröße)	1	25,80	< 0,001
s (Entfernung zum Horst)	1	1,14	0,29
s (Wahrscheinlichkeit Mahd)	2,931	352,52	< 0,001
s (Wahrscheinlichkeit Offenheit)	2,894	8,79	< 0,001

Die höchste Aktivität wurde auch bei Schwarzmilanen auf Luzerneflächen nachgewiesen, die über die gesamte Saison eine hohe Nutzbarkeit zur Nahrungssuche boten (Tab. 39, Abb. 83). Durchschnittlich lag die tägliche Aufenthaltsdauer bei 16 min, während der Mahd bei maximal 124 min pro Tag. Die höchsten Werte wurden zwischen Mai und Juli festgestellt, wenn aufgrund des Bestandsschluss der meisten Anbaukulturen im Gebiet weniger Flächen zur Nahrungssuche zur Verfügung stehen (Abb. 83).

Neben Luzerne zeigten Grünschnitt (grün geerntetes Getreide und Ackergras) und Wiesen und Brachen gesteigerte Aktivitätswerte. Es gab besonders viele Beobachtungen von Schwarzmilanen während der Ernte von Grünroggen Anfang Mai 2020 im UG Querfurter Platte (Abb. 83). Für Grünschnitt wurde eine durchschnittliche Aufenthaltsdauer von 12 min pro Tag ermittelt, der Maximalwert lag bei 131 min pro Tag während der Mahd. Rapsfelder wurden kaum von Schwarzmilanen zur Nahrungssuche genutzt, mit Beginn der Mahd zwischen Juli und August, stieg hier die Aufenthaltsdauer nur leicht an. Auf Feldern, auf denen Mais oder Rüben angebaut wurden, nahm mit Bestandsschluss die Aktivitätsdauer deutlich ab (Abb. 83). Für Mais lag der Mittelwert der Aktivitätsdauer bei 6 min pro Tag und damit

mehr als die Hälfte niedriger als die durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf Luzerneflächen.

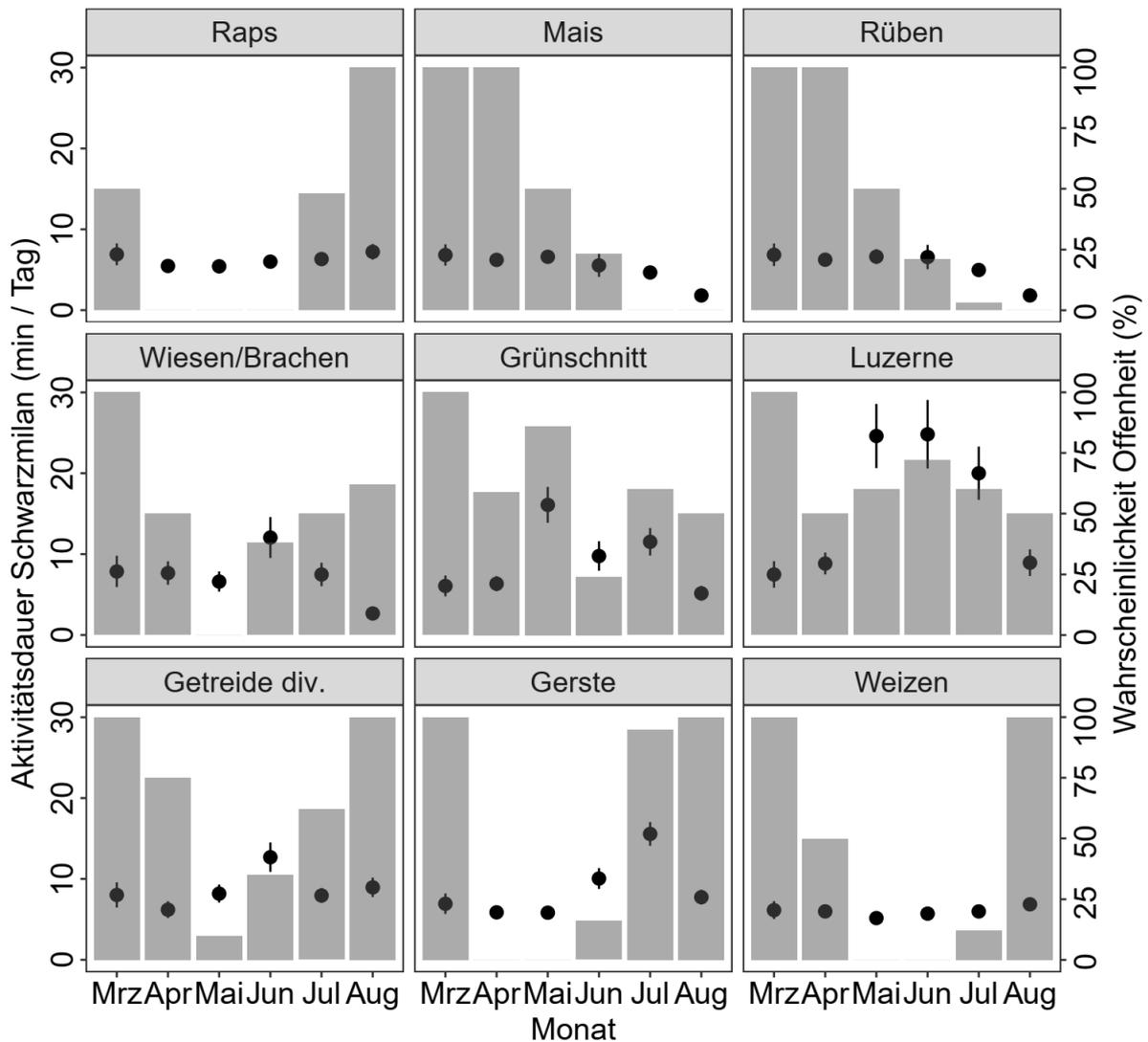


Abb. 83: Saisonale Unterschiede in der mittleren Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Schwarzmilanen in den UG Hakel und Querfurter Platte (2018-2020) über den verschiedenen Anbaukulturen.

Als graue Säulen ist die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit der Offenheit im jeweiligen Monat dargestellt.

Bei der Nutzung von Getreidefeldern fällt im saisonalen Verlauf die gesteigerte Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen im Zusammenhang mit der Mahd auf (Abb. 83). Gerste wurde hauptsächlich im Juli geerntet. Durchschnittlich lag die tägliche Aufenthaltsdauer für Gerste bei 8 min, der Maximalwert von 148 min pro Tag wurde während der Mahd am 30.06.2019 beobachtet. Auf Weizenfeldern wurden im Mittel 7 min Aufenthaltsdauer pro Tag registriert, für sonstige Getreide wurden durchschnittlich 11 min pro Tag ermittelt. Hierunter fielen besonders häufig frühe Sorten wie Triticale, die bereits ab Mitte Juni geerntet wurden. Der Maximalwert von 156 min pro Tag wurde während der Mahd von Triticale am 17.06.2020 festgestellt.

Die Verfügbarkeit der Nahrungsflächen spiegelte sich auch im saisonalen Verlauf der Aktivitätsdauer wider. Im Laufe der Saison nahm die Aktivitätsdauer der besenderten Schwarzmilane für die einzelne Beobachtungsfläche bis Ende Juni zu und danach bis Ende August deutlich ab (Abb. 84a). Ende Juni liegt die geringste Verfügbarkeit von Nahrungsflächen vor,

bevor dann durch die beginnende Getreideernte wieder mehr Flächen nutzbar werden. Die Aufenthaltsdauer von Schwarzmilanen stieg mit zunehmender Flächengröße an (Abb. 84b). Der Effekt der Flächengröße war bei Schwarzmilanen jedoch nicht so ausgeprägt wie bei Rotmilanen.

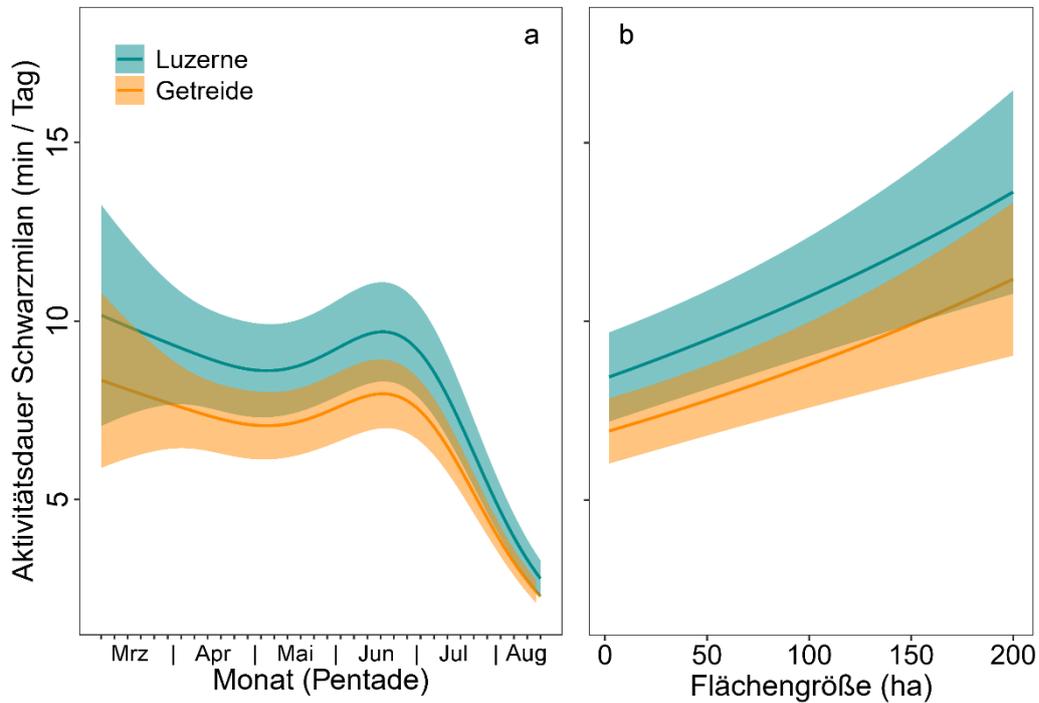


Abb. 84: Aktivitätsdauer ( $\pm$  SD) von besenderten Schwarzmilanen in den UG Hakel und Querfurter Platte (2018-2020) im Verlauf der Saison (a) und in Relation zur Flächengröße (b). Dargestellt sind die Regressionskurven für Luzerne und Getreide (Gerste).

## 5 Diskussion

### 5.1 Raumnutzung, Habitatpräferenzen, attraktive Flächenbewirtschaftung

Um geeignete Maßnahmen zum Schutz von Milanen festlegen oder auch besser ausgestalten zu können, ist es entscheidend, Muster der Raumnutzung und damit einhergehende Präferenzen in der Habitatnutzung aufzudecken. Unter den raumnutzungsrelevanten Parametern wurden insbesondere Home Ranges und Kennwerte der Flugaktivität für alle Untersuchungsgebiete analysiert. Zur Ermittlung der Habitatpräferenz beider Arten wurde zum einen die Nutzung bestimmter Habitattypen und zum anderen die Nutzung linearer Strukturelemente (wie z. B. Grenzlinien und Baumreihen) im Vergleich zu deren Verfügbarkeit im 2-km-Radius um den Horst untersucht und Nutzungs- oder Präferenzindizes berechnet.

Weiterhin wurde die Habitatnutzung basierend auf der Aufenthaltsdauer besenderter Vögel für einzelne Flächen im Zusammenhang mit der Anbaukultur analysiert (Untersuchungsgebiete Sachsen-Anhalt).

#### 5.1.1 Raumnutzung Rotmilan

##### 5.1.1.1 Home Range

Insgesamt zeigten sich in der Ausdehnung der Home Ranges über alle UGs hinweg ermittelt sehr große Unterschiede zwischen den Rotmilan-Individuen. Bei Brutvögeln hatten Männchen mit durchschnittlich 34,6 km<sup>2</sup> (1-124 km<sup>2</sup>) etwa doppelt so große Home Ranges wie Weibchen mit durchschnittlich 17,1 km<sup>2</sup> (0,3-66 km<sup>2</sup>). Während der Brutzeit (01.05.-15.07.) hatten Männchen größere Aktionsräume mit durchschnittlich 31,6 km<sup>2</sup> als in der Zeit davor (im Mittel 20,3 km<sup>2</sup>) und danach (im Mittel 21,7 km<sup>2</sup>). Weibchen hielten sich vor Brutbeginn hauptsächlich in Horstnähe auf, die Home Ranges waren dann im Mittel nur 0,73 km<sup>2</sup> groß. Während der Brutzeit nutzten Weibchen Aktionsräume von durchschnittlich 12,6 km<sup>2</sup>, nach der Brutzeit, ähnlich den Männchen große Home Ranges von durchschnittlich 22,2 km<sup>2</sup> (Kap. 4.3.1).

In einigen Studien wurden ähnlich große Home Ranges für brütende Rotmilane ermittelt (z. B. Nachtigall et al. 2010, Pfeiffer & Meyburg 2015), in anderen waren die gefundenen Aktionsräume im Mittel deutlich kleiner als in dieser Studie (Walz 2008, Mammen et al. 2013).

Erstmals untersucht wurde im Rahmen dieser Studie auch eine größere Anzahl an Nichtbrütern. Diese hatten erwartungsgemäß deutlich größere Home Ranges als Brutvögel, aber auch hier lagen große Unterschiede zwischen den Individuen vor. Männchen nutzten durchschnittlich 990,1 km<sup>2</sup> (46 bis 6.105 km<sup>2</sup>), Weibchen durchschnittlich 414,4 km<sup>2</sup> (14 bis 2.284 km<sup>2</sup>) große Aktionsräume (Kap. 4.3.1).

##### 5.1.1.2 Entfernung der Ortungen zum Horst

Erfolgreich brütende Rotmilane weisen eine starke Bindung zu ihrem Horst auf. Wir konnten für alle UGs gemeinsam ausgewertet zeigen, dass während der Brutperiode bis zu 83 % aller flugaktiven Ortungen in einer Entfernung von maximal 2 km zum Horst liegen. Bis in 1 km Entfernung zum Horst entfielen 62 %, bis 1,5 km Entfernung 76 % der Ortungen (Kap. 4.3.2). Eine ähnliche Verteilung der Ortungsdistanzen zum Horst wurde auch in früheren Studien bestimmt (Mammen et al. 2013, Pfeiffer & Meyburg 2015, Heuck et al. 2019). Es gab große Unterschiede im Verhalten zwischen den einzelnen Individuen (vgl. Mammen et al. 2013). Tendenziell blieben Weibchen mehr in Horstnähe, da sie aufgrund der Bebrütungsphase stärker an den Horst gebunden sind (vgl. Spatz et al. 2019). Jedoch wurden auch Männchen beobachtet, die sich ausschließlich in der Nähe ihrer Horste aufhielten. Dabei wurden 90 %

der Ortungen bereits bei 1 km Entfernung erfasst. Gleichzeitig gab es sowohl Männchen als auch Weibchen, die regelmäßig größere Entfernungen zum Horst zurücklegten.

### **5.1.1.3 Flugaktivität**

Für Rotmilane wurde anhand der Daten aus Sachsen-Anhalt eine tägliche Flugaktivität von durchschnittlich 207 min bestimmt (Kap. 4.3.3.1), was etwa einem Viertel der Tageszeit zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang entspricht. Ein ähnlicher Wert von 227 min wurde auch in einer früheren Studie (Mammen et al. 2013, Hötter et al. 2017) durch Tagestracking von mit VHF-Sendern ausgestatteten Rotmilanen an einer deutlich geringeren Stichprobengröße bereits ermittelt. Für Brutvögel fanden wir deutliche Unterschiede im saisonalen Verlauf und zwischen den Geschlechtern: Männchen waren deutlich flugaktiver und die Flugaktivität der Geschlechter unterschied sich in allen Monaten signifikant. Weibchen flogen während der Bebrütungsphase im April kaum noch. Nach dem Schlupf der Jungvögel im Mai stieg die tägliche Flugaktivität für beide Geschlechter an. Für erfolgreich brütende Männchen wurde eine stark gesteigerte Flugaktivität während der Jungenaufzucht Mitte Juni bis Anfang Juli festgestellt (so auch bei Nachtigall & Herold 2013), während sich bei Brutverlust die Aktivität auf das Niveau der Weibchen verringerte. Da in diesem Zeitraum die Verfügbarkeit von nutzbaren Nahrungsflächen für Rotmilane am niedrigsten ist (Kap. 4.1), müssen Brutvögel ggf. weite Strecken fliegen, um ausreichend Futter für die Jungvögel zu finden. Im Tagesverlauf stieg die Flugaktivität an, war über die Mittagsstunden am höchsten und ging zum Abend hin wieder zurück, wie es auch von Heuck et al. (2019) festgestellt wurde. Eine Mittagsdepression der Aktivität, wie sie Sübeck et al. (2005) annehmen, zeigte keiner der besenderten Vögel.

Bei Nichtbrütern dagegen waren Weibchen am flugaktivsten; signifikante Unterschiede zu Männchen bestanden aber nur im April und Mai. Auch die saisonale Aktivitätsverteilung unterschied sich deutlich von Brutvögeln, der Gipfel entfiel auf den Monat April und damit auf die Zeit der vergeblichen Versuche der Reviergründung.

### **5.1.2 Habitatpräferenzen Rotmilan**

Welch wichtige Rolle Grenzlinien im Lebensraum eines Rotmilans einnehmen, bestätigte die starke Präferenz der besenderten Rotmilane für lineare Strukturen wie Baumreihen, Verkehrsstrassen (Straßen, Bahnlinien) und Feldwege, was auch in früheren Studien bereits gezeigt wurde (Mammen et al. 2014). Baumreihen und Hecken werden zur Jagd auf Singvögel, Verkehrsstrassen hauptsächlich zum Auffinden von Aas abgeflogen (Gottschalk et al. 2015, Karthäuser et al. 2019). Analog gilt dies auch für andere Grenzlinien, die Strukturübergänge repräsentieren, wie WEA-assoziierte Strukturen (Zuwegungen, Kranstellflächen, Mastfußbrache). Der Habitattyp „Strukturen“ wurde über die gesamte Saison in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt intensiv durch alle Rotmilane genutzt, als einziger Habitattyp nie gemieden sowie in allen Brutzeitphasen auch im Mittel aller Sendervögel präferiert (Kap. 4.4.1).

Dies trifft allgemein auch auf das strukturreiche Mittelgebirgs-UG Freisen zu, in dem lineare Grenzlinienstrukturen und Habitatübergänge im Mittel aller Sendervögel deutlich bevorzugt wurden. Auffallend ist jedoch die teilweise hohe individuelle Streuung, wenn die Grenzlinien und Habitatübergänge nach einzelnen Typen und Kombinationen getrennt betrachtet werden. Die Ränder einjähriger Äcker im Übergang zu verschiedenen weiteren Kulturen und Gehölzen stehen dennoch als eindeutig präferierte Grenzlinientypen hervor (Kap. 4.4.1). Dies lässt sich damit erklären, dass am Rande einjähriger Äcker im UG zumeist aufgrund der Bewirtschaftung ein geringer bis zu einem Meter breiter Saum stehen bleibt, der verbracht und ganzjährig als Rückzugsort und Reservoir für Kleinsäuger dient. In den vergleichsweise

betrachteten Habitatübergängen von Grünland, das im UG Freisen weit überwiegend als Mähwiese genutzt wird (Kap. 2.3.2), erfolgt die Bewirtschaftung (Mahd) zumeist nahtlos bis zur Parzellengrenze oder darüber hinaus und weist somit zwar zum Zeitpunkt der Mahd im Gleichklang mit der Kernfläche eine erhöhte Attraktivität auf, bietet jedoch über die gesamte Brutsaison hinweg längst keine so deutliche Reservoirfunktion für Kleinsäuger. Die nahtlosen Habitatübergänge im Mähwiesen-geprägten Grünland bieten nur zu wenigen Zeitpunkten, in der Regel im Zusammenhang mit Bewirtschaftungsereignissen, Sicht- und Zugriffsmöglichkeiten auf Kleinsäuger. Der Flächigkeit der Randstrukturen (gegenüber nahtlosen Habitatübergängen ohne Säume) und deren gehobene Funktion als Reservoir mit Ausstrahlwirkung für die oben genannten Nahrungsressourcen (insbesondere Kleinsäuger) kommt über die gesamte Brutsaison gemittelt eine besondere Funktion zu (vgl. Garniel et al. 2014: 6), die zeitlich anhaltend über die Funktion abrupter, nahtloser Habitatübergänge im Offenland dominiert (Kap. 4.4.1). Auch Gehölzrandstrukturen wurden im stark zergliederten und kleinräumigen Mittelgebirgsstandort mit hohem Waldanteil tendenziell präferiert, wenngleich die Ergebnisse hierzu nicht in allen Kombinationen eindeutig sind, was auch an dem temporären Charakter als Nahrungsreservoir liegen kann. Die mit diesen Grenzlinien und zugehörigen Habitaten in Zusammenhang stehenden Nahrungsressourcen (Jungvögel, Nestlinge, vgl. Bischofberger et al. 2019, Gottschalk et al. 2015) wurden zu Beginn der Brutzeit gemieden, was damit einhergeht, dass zu diesem Zeitpunkt auch noch keine deutlichen Mengen von frisch ausgeflogenen Kleinvögeln und Nestlingen zur Verfügung stehen.

Rotmilane brüten meistens in kleinen Feldgehölzen oder am Waldrand, im Offenland aber auch häufig in Baumreihen, was sich auch bei den Sendervögeln unter Berücksichtigung nur flugaktiver Ortungen in einer hohen Nutzung von Gehölzen in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt niederschlug. Doch auch nach der Brutzeit wurden Gehölze vermehrt genutzt, da Rotmilane oft in Bäumen ruhen und durch An- und Abflüge ein Großteil der Ortungen sich über Bäumen und Feldgehölzen konzentrierte. Im walddreichen Mittelgebirgs-UG Freisen war dies nicht vergleichbar. Gehölze wurden tendenziell während aller Saisonphasen leicht gemieden, beziehungsweise trotz hoher individueller Streuung weniger stark genutzt, als es ihr Flächenanteil von ca. 32 % vermuten lässt (Kap. 4.4.1). Im Vergleich mit der geringen Verfügbarkeit in den tendenziell waldarmen UGs in Sachsen-Anhalt deutet dies darauf hin, dass die Funktion von Wäldern wesentlich in der Bereitstellung von Brut- und Ruhehabitat besteht und demgegenüber nur untergeordnet (und insb. an den Bestandsgrenzen) Bedeutung als Nahrungshabitat aufweist (Kap. 4.4.1). Ein weiterer dies unterstützender Aspekt ist die höhere Grenzlinienlänge zwischen Gehölz und potenziellen Nahrungshabitaten, die sich aus den überwiegend linearen Gehölzstrukturen in den UG in Sachsen-Anhalt gegenüber den flächigen Waldbeständen im UG Freisen ergibt.

Für Sachsen-Anhalt ließ sich analog zu der Präferenz von Gehölzen in Agrarräumen eine starke Präferenz für Siedlungsraum feststellen, da in den Untersuchungsgebieten auch Horste in Siedlungsrandbereichen lokalisiert waren. Eine vergleichbare (tendenzielle) Präferenz besteht auch im UG Freisen (Kap. 4.4.1), bei jedoch starker Individualität der Habitatwahl (4.2.2). Siedlungsflächen bieten häufig auch interessante, alternative Nahrungsquellen, so z. B. Komposthaufen in Gärten. Anhand einiger besonderer Individuen ließ sich umgekehrt in allen UGs aber auch eine deutliche Meidung von Siedlungsgebiet feststellen, wenn sich dort z. B. benachbarte Brutpaare befanden (vgl. Abb. 85). Dies spricht dafür, dass die Habitatnutzung auch durch Territorialität und durch eine Vermeidung von Konflikten mit Revirnachbarn beeinflusst ist (Walz 2008, Kolbe & Nicolai 2018). Demzufolge hängt die Meidung oder die Präferenz eines Habitattyps im Wesentlichen auch davon ab, wie benachbarte Rotmilane oder andere Greifvögel das Umland nutzen. Insgesamt zeigte sich bei der Analyse der Nutzung der verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst für alle drei UGs

eine stark ausgeprägte Individualität, die eine hohe Standardabweichung der Mittelwerte der Nutzungsindices zur Folge hatte (Kap. 4.4.1). Darum lassen sich allgemeine Aussagen über eine generelle Präferenz beziehungsweise Meidung, besonders bezogen auf einzelne Flächen und Anbaukulturen, für alle UGs nur bedingt und in wenigen Einzelfällen ableiten.

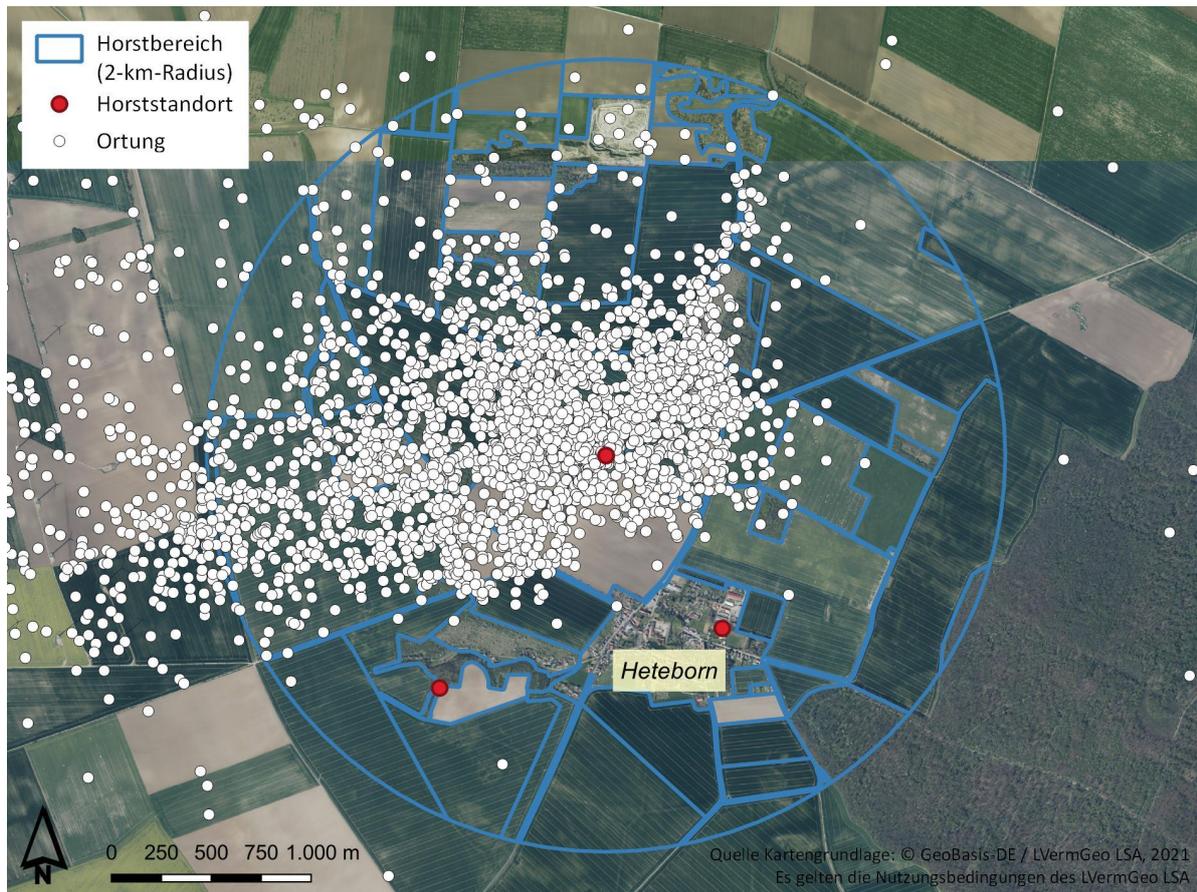


Abb. 85: Aktive Ortungen des Sendervogels 180994-Jogi im gesamten Betrachtungszeitraum 2018. Es lässt sich eine deutliche Meidung der Ortschaft Heteborn feststellen, wo im selben Jahr (2018) zwei weitere Rotmilane brüteten.

Anhand der Aufenthaltsdauer auf den einzelnen Flächen wurde für die Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt zusätzlich zu den Nutzungsindices die gesamte Habitatnutzung von besondern Individuen unabhängig von der Verfügbarkeit der Habitattypen im Horstumfeld bestimmt, um Aussagen über eine, für Rotmilane attraktive Flächenbewirtschaftung in Bezug auf die Anbaukulturen, zu treffen (Kap. 4.4.2). Für die Nahrungssuche von Greifvögeln spielt neben der vorhandenen Beutedichte die Zugänglichkeit der Beute eine entscheidende Rolle (Aschwanden et al. 2005, Schlaich et al. 2015). Aus diesem Grund sind Bewirtschaftungsereignisse so hoch attraktiv, da hierbei eine große Anzahl an Beutetieren ohne großen Jagdaufwand zur Verfügung steht. Es wurde bereits gezeigt, dass Rotmilane als Aasfresser auch häufig Mahdopfer erbeuten (Gottschalk et al. 2015). Trotzdem gibt es hinsichtlich der Nahrungverfügbarkeit Unterschiede zwischen den Anbaukulturen, die sich in der Habitatwahl der Rotmilane widerspiegeln.

Im Flachland Sachsen-Anhalts wurden Luzerneflächen von Rotmilanen deutlich bevorzugt zur Nahrungssuche aufgesucht (Kap. 4.4.2). Trotz des geringen Flächenanteils an der Gesamtfläche, war die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche von Rotmilanen während der Mahd angefliegen wird, für Luzerne mehr als doppelt so hoch wie für Getreideflächen (Kap. 4.2.2).

Auf allen Maßnahmenflächen (Luzerneanbau) wurden sowohl eine höhere Anzahl von Rotmilanen als auch eine höhere Aktivitätsdauer als auf Referenzflächen beobachtet (Kap. 4.2.4). Die Bedeutung von Luzerne für Greifvögel und insbesondere für Rotmilane, wurde bereits vielfach gezeigt (z. B. Mammen et al. 2013, Schlaich et al. 2015, Karthäuser et al. 2019). Luzerneflächen weisen als mehrjährige Kultur hohe Kleinsäugerdichten auf (Janova et al. 2011, Santamaría et al. 2019). Durch wiederholte Mahd (bis zu dreimal im Jahr) wird die Verfügbarkeit von Kleinsäugern als Greifvogelbeute deutlich gesteigert. Luzerneflächen sind besonders im Mai und Juni für Rotmilane interessant, da zu dieser Zeit kaum andere Flächen zur Nahrungssuche verfügbar sind, weil der Bestand auf den meisten Ackerflächen geschlossen ist und die Getreideernte noch nicht begonnen hat. Waren im Horstumfeld Luzerneflächen vorhanden, präferierten Brutvögel Luzerne den gesamten, betrachteten Zeitraum über, mit Ausnahme der Nach-Brutzeit im UG Hakel. Hier zeigte das Weibchen 180989-Ida im Jahr 2018 eine starke Meidung der südöstlich in ihrem Horstbereich gelegenen Luzernefläche, während es im Jahr 2019 eine Luzernefläche, die nordöstlich ihres Horstes lag, auch nach der Brutzeit bevorzugt nutzte. Betrachtet man beide Jahre zusammen, so fällt auf, dass das Weibchen generell den südöstlichen Teil seines 2-km-Horstbereiches kaum nutzte. Augenscheinlich stand dies im Zusammenhang mit dort ansässigen Rotmilanen. Dagegen stand der direkt benachbarte Horst eines Schwarzmilans in 80 m Entfernung einer fast vollständigen Überlappung in der Raumnutzung nicht im Wege. Dort brütete im Jahr 2018 Schwarzmilan 180991-Shinobi beziehungsweise im Jahr 2019 Schwarzmilan 192003-Molly. Eine vergleichbare Konkurrenzvermeidung zeigte sich auch im Fall einer Neuansiedelung eines Brutpaars im UG Freisen.

Im wald- und grünlandgeprägten Mittelgebirge des Saarlands kommen Luzerneflächen nicht vor und können dementsprechend in der Untersuchung keine Rolle spielen. Vergleichbar dauerhaft und anhaltend als Nahrungshabitat präferierte Landnutzungstypen gibt es in diesem Umfang im divers aufgebauten und stärker strukturierten Mittelgebirge nicht.

Keiner der Kulturentypen wurde am Mittelgebirgsstandort dauerhaft und über alle Saison-Zeiträume hinweg signifikant von den hier untersuchten vier Individuen bevorzugt. Klee gras weist als Kultur Tendenzen hin zu besonders hohen Kleinsäugerdichten auf (Gerhard 2020) und könnte demnach ggf. das Mittelgebirgs-Pendant von Luzerne kulturen im Flachland darstellen. Zu Beginn und Ende der Brutzeit wurde Klee gras im UG Freisen trotz des äußerst geringen Flächenanteils (< 1%) jeweils dementsprechend bevorzugt (Kap. 4.4.1). Wiesen (Dauergrünland) hingegen wurden im Saarland durchgehend über die gesamte Brutsaison hinweg leicht präferiert, beziehungsweise dem hohen Flächenanteil im UG entsprechend genutzt. Auf extensivem, artenreichem Grünland liegen nach Karthäuser et al. (2019) mit die höchsten Mäusedichten vor, was die häufige und tendenziell dauerhafte Bevorzugung von Mähwiesen über die gesamte Brutsaison hinweg unterstützt. Weiden werden als Subtyp des Grünlands im Vergleich zur Verfügbarkeit (4 % Anteil) hingegen durchgehend über die gesamte Saison hinweg von den vier telemetrierten Rotmilanen gemieden (unter den Weideflächen dominieren im UG flächenmäßig die Rinder- und Pferdeweiden; Schafsweden kommen nur in vergleichsweise geringen Flächenanteilen vor). Im Vergleich einzelner Grünlandtypen sticht hervor, dass temporäre artenarme Ackergrasflächen insbesondere in der Vor-Brutzeit gemieden werden und auch im Verlauf der weiteren Saison weniger stark aufgesucht werden, als es ihr Anteil vermuten lässt (Kap. 4.4.1). Die Nutzungsintensität auf artenarmem Intensivgrünland weist im Vergleich zu extensivem, artenreichem Mähgrünland / Wiesen auf keine geringere Attraktionswirkung am Tag der Mahd auf artenarmem Standort hin.

Nach Luzerne zeigten in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt Brachflächen und Wiesen sowie Grünschnitt (grün geerntetes Getreide und Ackergras) gesteigerte Aktivitätswerte von Rotmilanen (Kap. 4.4.2). In der Agrarlandschaft bieten Brachflächen Kleinsäugern

und Feldvögeln Vermehrungs- und Rückzugsräume und erhöhen so die Nahrungsmenge und -vielfalt für Rotmilane. Besonders die Grenzlinien von Brachstreifen eröffnen gute Jagdmöglichkeiten. Ackerbrachen weisen meist keinen geschlossenen Vegetationsbestand auf und stehen daher für Rotmilane die gesamte Saison als interessante Nahrungsflächen zur Verfügung. Regelmäßig bewirtschaftete Mähwiesen können eine bedeutende Rolle im Nahrungserwerb der Rotmilane spielen und ein hoher Grünlandanteil im Horstumfeld sich positiv auf den Bruterfolg auswirken (Katzenberger & Serfling 2020). In einer intensiv genutzten Agrarlandschaft stellen Mähwiesen auch besonders im Mai und Juni wichtige Jagdhabitate für Rotmilane dar, da zu dieser Zeit kaum alternative Flächen nutzbar sind. Im UG Querfurter Platte zeigten die Rotmilane für Wiesen und Weiden im Horstumfeld jedoch keine Präferenz, mit Ausnahme in der Nach-Brutzeit (Kap. 4.4.1). Dies kann neben der Bewirtschaftungsintensität auch in Lage und Größe der Flächen begründet liegen. Im Vergleich zu anderen Ackerflächen sind Grünlandflächen im untersuchten Gebiet oftmals weniger als einen Hektar groß und liegen verstreut im Raum. Dies könnte dazu geführt haben, dass weniger Ortungen auf Grünland erfasst wurden. Im UG Hakel gestaltet sich das Bild ähnlich, wobei Wiesen und Weiden überwiegend dem Angebot entsprechend genutzt wurden. In einigen Fällen lässt sich jedoch das individuelle Raumnutzungsverhalten beziehungsweise die Abwesenheit auf bestimmten Flächen nicht abschließend klären, wie hier am Beispiel des Sendervogels 181005-Hanabi, welcher ohne erkenntlichen Grund nur einen vergleichsweise kleinen Bereich in seinem 2-km-Horstbereich nutzte (Abb. 86). Möglicherweise spielte auch hier die intraspezifische Konkurrenz zu einem Reviernachbarn eine Rolle.

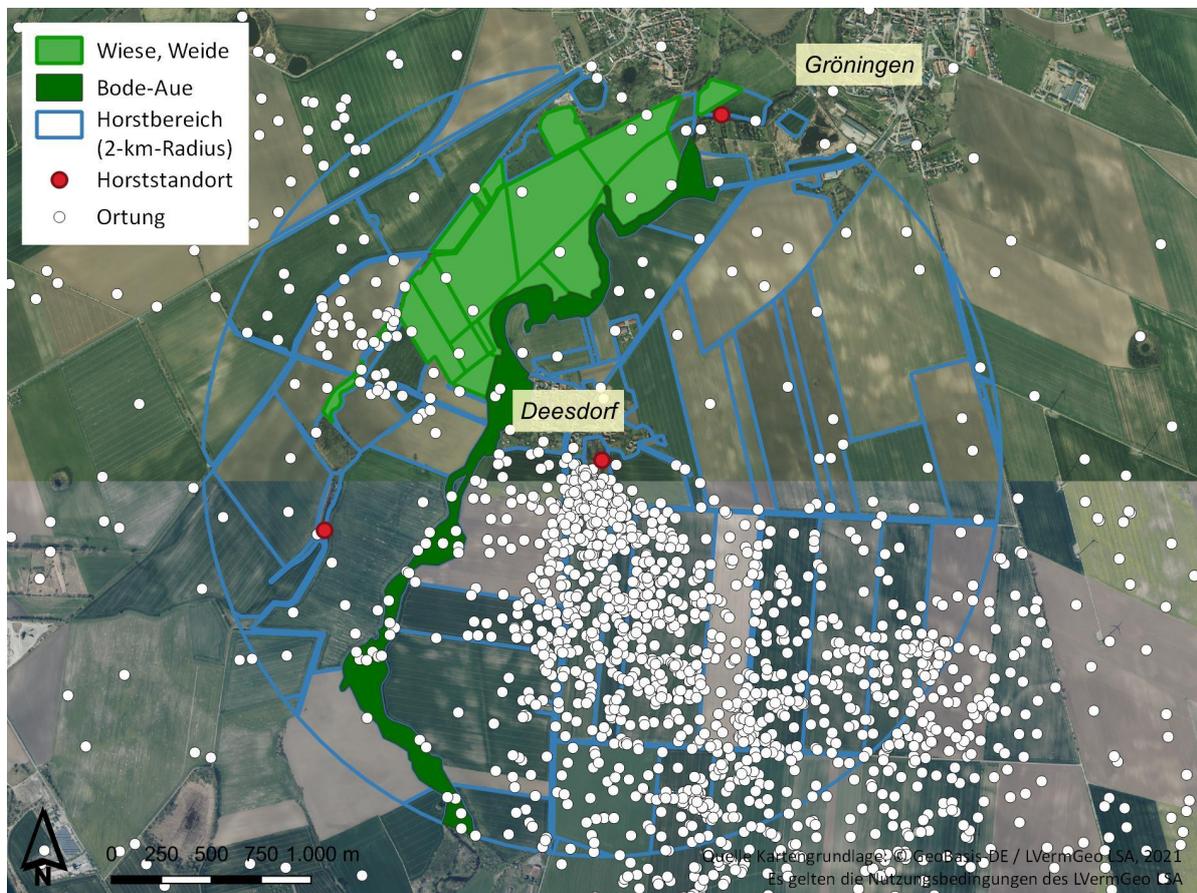


Abb. 86: Aktive Ortungen des Sendervogels 181005-Hanabi im gesamten Betrachtungszeitraum 2019. Der Vogel nutzte nur einen kleinen Teil des 2-km-Horstbereiches und mied offensichtlich die Wiesen und Weiden im nördlichen Bereich.

Getreidefelder weisen im Vergleich zu Luzerne und Grünland geringere Kleinsäugerdichten auf (Janova et al. 2011, Santamaría et al. 2019). In beiden Untersuchungsgebieten Sachsen-Anhalts war Winterweizen die dominante Anbaukultur. Zwischen Ende September und Ende Oktober wird das Saatgut in den Boden gedrillt und meist erst ab Ende Juli im Folgejahr geerntet. Dadurch bieten Winterweizenfelder im Frühjahr eine relativ gute Deckung für Kleinsäuger, diese sind jedoch bereits ab Ende April nicht mehr für Rotmilane erreichbar. Je später die Ernte erfolgt, umso länger bleiben Weizenfelder als Nahrungshabitat für Rotmilane uninteressant. Auch die Bestände von Wintergerste sind ab April geschlossen, jedoch erfolgt die Ernte von Wintergerste ab Anfang Juli, mitunter auch schon Ende Juni, und damit sehr früh und noch vor allen anderen Kulturen. Daher war die Mahd von Wintergerste besonders attraktiv für Rotmilane und es wurde hier eine höhere Aktivitätsdauer als auf anderen Getreidesorten festgestellt (Kap. 4.4.2).

Im Saarland spielt Getreide als einjährige Ackerkultur (12 % Flächenanteil) bei den Habitatpräferenzen eine ähnliche Rolle wie in Sachsen-Anhalt. Im Frühjahr und während der Brutzeit liegt überwiegend ein hoher Lückenschluss der Vegetation vor und die Flächen fallen als Nahrungshabitate bis zur Ernte aus. Ab Mitte Juli schwenkt die daraus resultierende tendenzielle Meidung (Kap. 4.4.1) um auf eine leichte Präferenz, einhergehend mit der zwischenzeitlichen Ernte und u. a. des nachfolgenden Umbruchs der Flächen. Aufgrund des relativ hohen Flächenanteils am UG weist der kleine Präferenzindex tendenziell auf eine reale Meidung hin. Demnach weist die Kultur selber keine Attraktivität auf, sondern am ehesten das Bewirtschaftungsereignis, was im Einklang mit den relativ geringeren Kleinsäugerdichten auf Getreideflächen im Vergleich zum im Mittelgebirge dominierenden Grünland steht.

Raps wird meist Ende August für das kommende Erntejahr eingesät und ist bereits im Herbst so dicht, dass er Kleinsäufern gute Deckung bietet. Daher können diese sich schon im Frühjahr fortpflanzen und es werden höhere Populationsdichten als in Wintergetreide erreicht (Heroldová et al. 2004, Panek & Hušek 2014). Aufgrund des frühen Bestandschlusses sind Rapsflächen bereits ab dem Frühjahr nicht mehr zur Nahrungssuche für den Rotmilan nutzbar. Brutvögel zeigten in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt in ihrem Raumnutzungsverhalten eine Meidung gegenüber Rapsfeldern, selbst dann, wenn diese sich in unmittelbarer Nähe zum Horst befanden. Jedoch sind Rapsfelder während der Mahd ab Ende Juli und besonders während der angeschlossenen Bodenbearbeitung im August hoch attraktiv und wurden häufig von besenderten Rotmilanen angefliegen. Selbiges Muster aus Meidung, gefolgt von Präferenz zeigt sich anhand des Habitatpräferenzindex auch am Mittelgebirgsstandort (Kap. 4.4.1).

Kulturen vor deren Einsaat eine intensive Bodenbearbeitung stattfindet, wie beispielsweise Rüben und Mais, zeigen eine geringere Abundanz von Kleinsäufern (Jacob 2003, Heroldová et al. 2007). Die Einsaat dieser Feldkulturen erfolgt erst im April und sie wachsen im Laufe des Folgemonats, je nach Witterungsbedingungen, hoch. Mais wächst im Vergleich sehr viel langsamer und bietet Kleinsäufern erst ab Ende Juni gute Deckung durch Prädatoren aus der Luft. Kleinsäuger finden sich daher kaum auf Schwarzacker, jedoch sind hier Regenwürmer leicht zugängliche Beute für Rotmilane (Gottschalk et al. 2015). Erwartungsgemäß wurde in den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt Schwarzacker im Frühjahr zur Nahrungssuche präferiert beziehungsweise dem Angebot entsprechend genutzt. Durch die späte Einsaat und das langsame Aufwachsen bleiben Maisfelder bis etwa Juni relativ offen und zugänglich für Rotmilane. Mais wurde dementsprechend in der Brutzeit im Mai präferiert beziehungsweise der Verfügbarkeit entsprechend befliegen. Auch im saarländischen Mittelgebirge kommt Mais eine vergleichbare Funktion und das dementsprechende Nutzungsmuster zu (Kap. 4.4.1). Da in die Betrachtung der Habitatpräferenzindizes nur flugaktive Ortungen eingeflossen sind und die Jagd nach Regenwürmern am Mittelgebirgsstandort häufig auch

zu Fuß erfolgte, ist diese reale Präferenz für das Mittelgebirge sogar als noch stärker einzuschätzen, als in Kap. 4.4.1 dargestellt. Sobald der Mais mit Ende der Brutzeit hochgewachsen stand, zeigten die Rotmilane eine klare Meidung dieser Anbaukultur. Hackfrüchte wie Rüben und Kartoffeln wurden in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt durchweg gemieden. Der Flächenanteil der beiden Kulturen ist im Mittelgebirge des Saarlands zu klein für Auswertungen. Aufgrund der späten Einsaat kommt Deckung zwar erst spät auf, doch solange nicht ausreichend Deckung vorhanden ist, sind diese Feldfrüchte für Kleinsäuger wenig attraktiv. Somit verlieren Kartoffel- und Rübenacker für Rotmilane mit zunehmender Deckung schlagartig an Attraktivität, da dann auch anderweitig verfügbare Beute nicht mehr erreichbar ist. Erbsenfelder sind bis in den Mai hinein für Rotmilane noch relativ gut zugänglich, bevor sie ab Ende Mai eine geschlossene Decke bilden. Trotzdem wurde diese Anbaukultur in beiden Untersuchungsgebieten durchweg von Rotmilanen gemieden. Dies mag zum Teil darin begründet liegen, dass sich potenzielle Beutetiere weniger in Erbsenfeldern aufhalten, aber auch darin, dass diese Kultur im Vergleich zu anderen sehr kleinflächig angebaut wird.

Die Attraktivität der einzelnen Agrarfläche war neben der Anbaukultur stark mit der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsaktivität verbunden (alle UGs im Allgemeinen). Deutlich erhöhte Aufenthaltszeiten von Rotmilanen wurden nur während und kurz nach Bewirtschaftungsereignissen festgestellt. Im saisonalen Verlauf spiegelt die Aufenthaltsdauer die Verfügbarkeit an zugänglichen Nahrungsflächen im Untersuchungsgebiet wider. Daher war die Aktivitätsdauer auf der einzelnen Fläche zur Zeit der geringsten Offenheit im Gebiet Ende Juni, wenn kaum alternative Jagdhabitats nutzbar sind, am größten und nahm bis Ende August ab. Außerdem stieg die Aufenthaltsdauer der Rotmilane mit zunehmender Flächengröße an. Insgesamt ist mit einer Zunahme der Flächengröße auch mit einer höheren Anzahl an Beutetieren zu rechnen. Zusätzlich kann auf größeren Flächen aufgrund von länger andauernder Bewirtschaftungsaktivität während der Ernte und Bodenbearbeitung auch die Aktivitätsdauer der Rotmilane gesteigert werden. Dieser Effekt war in Sachsen-Anhalt allerdings nur bis ca. 50 ha nachweisbar, danach lag die Zunahme unter der erwartbaren längeren Überflugzeit für größere Flächen (Kap. 4.4.2).

Am Mittelgebirgsstandort liegt in Bezug auf die Flächengröße ein nur schwacher Zusammenhang mit der Attraktivität vor. Der Effekt lässt sich zudem überwiegend durch die dominierende Flächenstruktur in den 2-km-Horstradien (Kap. 2.3.1) erklären und weniger anhand artökologisch nachvollziehbarer Ursache-Wirkungszusammenhänge (vgl. Ergebnisse aus Sachsen-Anhalt). Verhältnismäßig kleine Flächen weisen für die vier besenderten Vögel die höchsten Nutzungsraten (Aufenthaltsdauer pro Hektar) auf (Kap. 4.2.2.1). Dementsprechend spiegeln die anhand der vier besenderten Rotmilane ermittelten und überproportional genutzten Flächengrößen bis 1,8 ha keine unmittelbar artökologisch begründeten Zusammenhänge wider. Grundsätzlich wird angenommen, dass die deutlich geringeren Nutzungsraten auf Flächen < 0,4 ha mit der kurzen absoluten Bewirtschaftungszeitdauer auf diesen Flächen und der damit einhergehenden geringeren Detektionswahrscheinlichkeit (geschwächte Signalwirkung) von Bewirtschaftungsereignissen einhergehen. Die Uneindeutigkeit der Flächenpräferenzen am Mittelgebirgsstandort wird durch die Ergebnisse der Raumnutzungsbeobachtungen (Kap. 4.2.1.1) gestützt. Über die Größe der beobachteten Flächen normiert, liegt für Freisen kein klarer Trend für oder gegen größere Flächen mit einem relevanten Bestimmtheitsmaß des Zusammenhangs vor (Kap. 4.2.1.1), wenngleich die größten Flächen basierend auf der Kombination von Flächengröße, Länge des Bewirtschaftungsereignis und absoluter Beuteverfügbarkeit tendenziell höhere absolute Anwesenheitsdauern aufweisen.

### **5.1.3 Raumnutzung Schwarzmilan**

#### **5.1.3.1 Home Range**

Die Größe der Aktionsräume von Schwarzmilanen unterscheidet sich stark zwischen den Individuen, wobei einzelne Vögel extrem große Streifgebiete hatten (Kap. 4.3.1.2). Bei Brutvögeln hatten Männchen zwischen 34,5 km<sup>2</sup> und 1.850 km<sup>2</sup> große Home Ranges. Die Aktionsräume der Weibchen waren durchschnittlich nur halb so groß. Aber auch hier gab es ein Individuum mit einem sehr großen Aktionsraum von 1.260 km<sup>2</sup>. Das Schwarzmilanweibchen 181008-Abendrot machte nach Brutverlust Exkursionen von über 60 km, kehrte aber regelmäßig zum Brutplatz zurück. Eine ähnliche Ausdehnung der Home Ranges von brütenden Schwarzmilanen wurde auch in anderen Studien ermittelt (Hagge & Stubbe 2008, Tanferna et al. 2013), allerdings keine solchen extrem großen Home Ranges. Sowohl in den eigenen Untersuchungen als auch in der Literatur übersteigen die Home Ranges von Brutvögeln selten 120 km<sup>2</sup>. Bei Schwarzmilanen konnten nur zwei Individuen als Nichtbrüter beobachtet werden. Das Streifgebiet dieser Nichtbrüter war erheblich größer als das von Brutvögeln (von 61,6 km<sup>2</sup> bis 2.821 km<sup>2</sup>). Auch Tanferna et al. (2013) fanden bei Nichtbrütern wesentlich größere Aktionsräume, die etwa fünfmal so groß waren wie die von Brutvögeln.

#### **5.1.3.2 Entfernung zum Horst**

Anders als bei den Rotmilanen zeigen Schwarzmilane eine geringere Bindung an den Horst und es werden selbst in der Brutzeit teilweise weite Ausflüge unternommen (vgl. Meyburg & Meyburg 2009, Mammen & Mammen 2020). Während der Brutperiode lagen in Sachsen-Anhalt 58 % aller Ortungen in einer Entfernung von maximal 2 km zum Horst. Bis in 1 km Entfernung zum Horst entfielen nur 41 %, bis 1,5 km Entfernung 51 % der Ortungen (Kap. 4.3.2.2). Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist bei Schwarzmilanen deutlich ausgeprägt. Während Männchen sich in größerer Entfernung zum Horst bewegen, halten sich Weibchen häufiger in Horstnähe auf (vgl. Mammen & Mammen 2020).

#### **5.1.3.3 Flugaktivität**

Schwarzmilane waren mit täglich durchschnittlich 197 min ähnlich flugaktiv wie Rotmilane (Kap. 4.3.3.2). Für Brutvögel zeigte sich im saisonalen Verlauf wie bei Rotmilanen ein deutlicher Unterschied zwischen den Geschlechtern. Während der Bebrütungsphase im April ging die Flugaktivität der Weibchen stark zurück. Nach dem Schlupf der Jungvögel im Mai stieg die tägliche Flugaktivität für beide Geschlechter wieder an. Unabhängig vom Bruterfolg wurde für Männchen zwischen Mitte Juni bis Anfang Juli die höchste Flugaktivität festgestellt. Schwarzmilane legten auch während der Brutzeit teilweise weite Strecken zur Nahrungssuche zurück (Kap. 4.3.3.2). Auch bei Schwarzmilanen stieg die Flugaktivität im Tagesverlauf an, war über die Mittagsstunden am höchsten und fiel zum Abend hin ab (vgl. dazu auch Meyburg & Meyburg 2009).

### **5.1.4 Habitatpräferenzen Schwarzmilan**

Auch beim Schwarzmilan zeigte sich die wichtige Rolle von Grenzlinien in Form einer starken Präferenz für Straßen, Feldwege und Baumreihen. Strukturen wurden, ähnlich den Rotmilanen, die ganze Saison über in beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt intensiv genutzt (Kap. 4.4.1.2). Schwarzmilane brüten häufig in Baumreihen (oft in Gewässernähe) oder Feldgehölzen. Erwartungsgemäß wurde Gehölz bevorzugt, im UG Querfurter Platte dem Angebot entsprechend genutzt. Im Gegensatz zu den Rotmilanen, ließ sich bei den Schwarzmilanen überwiegend eine Meidung von Siedlungsraum feststellen. Dies ist zum Teil

darauf zurückzuführen, dass kein besonderes Individuum in einer Ortschaft oder am unmittelbaren Siedlungsrand brütete. Lediglich zur Brutzeit wurde Siedlungsraum im UG Hakel präferiert, besonders durch die Sendervögel 180050-Aria und 180991-Shinobi.

Obwohl Gewässer aller Art in beiden Untersuchungsgebieten nur einen geringen bis kaum nennenswerten Anteil ausmachten, zeigten die Schwarzmilane eine starke Präferenz für Gewässer, welche oft in Nähe zum Horst gelegen waren (Kap. 4.4.1.2). Anders als Rotmilane erbeuten Schwarzmilane auch Fische und andere Beutetiere und Aas in Gewässernähe (Ortlieb 1998, Walz 2005).

Luzerneflächen werden auch von Schwarzmilanen bevorzugt zur Nahrungssuche genutzt. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche von Schwarzmilanen während der Mahd angeflogen wird, war für Luzerne mehr als doppelt so hoch wie für Getreideflächen (Kap. 4.4.2.2). Auf allen Maßnahmenflächen (Luzerneanbau) wurden sowohl eine höhere Anzahl von Schwarzmilanen als auch eine höhere Aktivitätsdauer als auf Referenzflächen beobachtet. Die Schwarzmilane im UG Hakel präferierten ganzsaisonal Luzernefelder, besonders aber in der Vor-Brutzeit. Im UG Querfurter Platte wurde Luzerne in der Nach-Brutzeit weniger genutzt, als es die Verfügbarkeit erwarten lassen würde. Vermutlich war für die Schwarzmilane hier das Angebot an anderen Nahrungsflächen attraktiver, da vor allem im Jahr 2020 die Getreideernte vergleichsweise früh einsetzte. Die höchsten Aktivitätswerte von Schwarzmilanen wurden auf Luzerneflächen im Mai und Juni festgestellt (Kap. 4.4.2.2). Neben Luzerne hatte im Mai besonders die Ernte von Grünroggen eine hohe Attraktivität auf Schwarzmilane. Die Gründe liegen sicher auch hier in der geringen Verfügbarkeit alternativer Nahrungshabitate zu dieser Zeit im Jahr. In beiden Untersuchungsgebieten wurden Grünlandflächen und Brachen ausschließlich in der Brutzeit bevorzugt befliegen. Mit Beginn der Haupterntezeit schienen die Schwarzmilane sich zur Nahrungssuche eher auf Stoppelfelder zu verlagern.

Die Nutzung von Getreidefeldern spiegelt auch bei den Schwarzmilanen die Dynamik der Offenheit im saisonalen Verlauf und damit die Zugänglichkeit von potenzieller Beute wider. In der Brutzeit wurden Getreidefelder weitgehend gemieden (Kap. 4.4.1.2). Früh geerntete Getreidesorten wie Triticale oder Wintergerste wurden ab Ende Juni wieder attraktiv. Auch beim Schwarzmilan stand eine gesteigerte Aktivität immer im Zusammenhang mit Bewirtschaftungsereignissen. Stoppelfelder wurden in beiden Untersuchungsgebieten ab Mitte Juli als Nahrungsflächen präferiert. Anders als beim Rotmilan hatte die Entfernung zum Horst keinen Effekt auf die Aufenthaltsdauer auf der einzelnen Fläche (Kap. 4.4.2.2).

Raps, Mais und Hackfrüchte wie Rüben und Kartoffeln wurden ganzjährig von Schwarzmilanen gemieden (Kap. 4.4.1.2). Interessanterweise wurde Schwarzacker, anders als von den Rotmilanen, weniger genutzt, als das Angebot erwarten lassen würde. Möglicherweise bevorzugen Schwarzmilane zu dieser Zeit des Jahres Gewässer zur Nahrungssuche, wo sie auf zurückkehrende Amphibien Jagd machen.

## **5.2 Räumliche und zeitliche Attraktivität von Bewirtschaftungsereignissen**

Es ist bekannt, dass Mahd und andere Bewirtschaftungsaktivitäten Greifvögel anlocken, aber bisher wurde das Ausmaß der Attraktivität selten quantifiziert. Für Rotmilane (Mammen et al. 2013, Gottschalk et al. 2015, Karthäuser et al. 2019, Katzenberger & Serfling 2020) aber auch für Turmfalken *Falco tinnunculus* (Aschwanden et al. 2005, Garratt et al. 2011) und Wiesenweihen *Circus pygargus* (Szentirmai et al. 2010, Schlaich et al. 2015) konnte eine Präferenz für frisch gemähtes Grünland nachgewiesen werden. Wiesenweihen zeigten dabei eine 12-fach gesteigerte Aktivität während der Mahd, was ebenfalls zu einem höheren Jagderfolg führte (Szentirmai et al. 2010).

### 5.2.1 Rotmilan

In dieser Untersuchung wurde in Sachsen-Anhalt eine 12-mal höhere Aktivität während Bewirtschaftungsereignissen für besenderte Rotmilane festgestellt (Kap. 4.2.2). Im Saarland (Mittelgebirgsstandort) konnten für die vier besenderten Vögel am Mahdtag keine ausreichend fundierten Vergleichsdaten generiert werden, die Daten weisen jedoch auf eine deutlich geringere Aktivitätssteigerung hin. Wird bei unseren Untersuchungen die mittels Raumnutzungsbeobachtung (RNB) ermittelte Anzahl aller während RNB anwesenden Rotmilane berücksichtigt, so kann sogar von einer 30-fach gesteigerten Aktivität (Sachsen-Anhalt) und 25-fachen Steigerung am Mittelgebirgsstandort während einer Bewirtschaftung im Vergleich zu unbewirtschafteten Flächen ausgegangen werden (Kap. 4.2.1). Auf der Maßnahmenfläche (ca. 40 ha Luzerneanbau) im UG Hakel (Sachsen-Anhalt) waren während der Mahd drei besenderte Nichtbrüter zur selben Zeit anwesend und es wurden bis zu 43 Individuen gleichzeitig registriert (Kap. 4.2.1). Die Maximalwerte übersteigen die Ergebnisse aus dem Projekt „Land zum Leben“ (Karthäuser et al. 2019, Katzenberger & Serfling 2020) mit einer um 10- bis 20-fach erhöhten Nutzungsdauer während der Bewirtschaftung von Grünland und Feldfutter (anhand von RNB-Daten und mit geringerem Stichprobenumfang ermittelt). Während in anderen Studien die Attraktivität von Mahdflächen schnell wieder abnahm und bereits ab dem zweiten Tag nach der Mahd kein Unterschied zum ungemähten Zustand mehr nachgewiesen wurde (Szentirmai et al. 2010, Karthäuser et al. 2019), konnten wir auch nach dem zweiten Tag nach der Bewirtschaftung eine erhöhte Aktivitätsdauer von Rotmilanen beobachten (alle drei UGs). Besenderte Rotmilane verbrachten in Sachsen-Anhalt am dritten Tag nach der Mahd noch doppelt so viel Zeit über Mahdflächen wie über unbewirtschafteten Referenzflächen. Erst ab dem fünften Tag nach der Mahd gab es keinen Unterschied mehr (Kap. 4.2.2). Wird die Anzahl aller anwesenden Individuen berücksichtigt, war die Aktivitätsdauer von Rotmilanen am dritten Tag nach der Mahd noch 5-mal, am fünften Tag nach der Mahd noch 3,5-mal höher als ohne Bewirtschaftung (Sachsen-Anhalt). Nur bei reinen Bodenbewirtschaftungen fiel die Aktivität schneller ab und war bereits am Tag 2 nach der Bewirtschaftung wieder auf dem Niveau wie vor der Bewirtschaftung (ebd., Kap. 4.2.1).

Im grünland- und waldgeprägten Mittelgebirge des Saarlands verbrachten besenderte Rotmilane am dritten Tag nach der Mahd von Dauergrünland noch im Mittel bis zu 95 % mehr Zeit über Mahdflächen als über unbewirtschafteten Referenzflächen. In der Folge sank dieser Wert, am 10. Tag lag die Attraktivität für besenderte Vögel nur noch bei 28 % über dem Referenzniveau (Kap. 4.2.2). Wird die Anzahl aller anwesenden Individuen berücksichtigt (RNB), war die Aktivitätsdauer von Rotmilanen am dritten Tag nach der Mahd noch 2-mal und am 5.-9. Tag nach der Mahd ebenfalls noch ca. 2-mal höher als ohne Bewirtschaftung auf hoch zugänglichen Flächen (Kap. 4.2.1; ohne Berücksichtigung von Folgebewirtschaftungen). Dies entspricht den Werten besendeter Rotmilane in Sachsen-Anhalt. Am vierten Tag nach der initialen Mahd fiel die gesteigerte Attraktivität auf das Niveau des Referenzwertes von hoch zugänglichen Flächen ab (Kap. 4.2.1). Ab Tag 10 fiel die Nutzungsintensität der Flächen durch Rotmilane anhaltend unter das Niveau des Vergleichswertes hoch zugänglicher Flächen ohne direkten Mahdeinfluss. Obwohl die Mahd wie auch die Folgebewirtschaftungen Wenden und Schwaden im direkten Vergleich auf Grünland des Mittelgebirgsstandorts keine signifikanten Unterschiede bezüglich ihrer Nutzungsintensität durch Rotmilane aufwiesen (Kap. 4.2.1), wird angenommen, dass sich die beiden Typen initiale Mahd und die Folgebewirtschaftungen auf Grünland am Mittelgebirgsstandort in Bezug auf die jeweilige Abklingwirkung an den Folgetagen nicht vollumfänglich gleichen. Dementsprechend werden für Grünland im Mittelgebirge die ersten drei Tage nach der Mahd sowie der Tag der Folgebewirtschaftung und der nachfolgende Tag nach jeder Folgebewirtschaftung (Wenden,

Schwaden, Abräumen, Häckseln, vgl. Kap. 4.2.1.) als Zeitraum mit relevant gesteigerter Nutzungsintensität erachtet. Eine gewisse Deutungsunsicherheit verbleibt, der im Einzelfall begegnet werden muss, da in Bezug auf Grünlandbewirtschaftung von Kleinstandorten zumeist und im Regelfall Folgebewirtschaftungen vorgenommen werden. Die Aufspaltung in spezifische Effektstärken würde im Mittelgebirge einen umfangreichen experimentellen Ansatz mit gezielter Steuerung der Flächenbewirtschaftung erfordern.

Bei Bodenbewirtschaftung (in der Regel ohne Kenntnis vorauslaufender Bewirtschaftungen, Flächenzustände, Erntezeitpunkte) fiel die anfangs erhöhte Aktivität der besenderten vier Vögel am Mittelgebirgsstandort im Vergleich zur Mahd schneller ab. Aufgrund der zugrunde liegenden langen Ereigniszeiträume und keiner bestätigenden Vergleichsdaten (weder Hinweise aus der Literatur noch aus vergleichsweise herangezogenen Daten aus Sachsen-Anhalt, siehe oben) wäre der exakten Quantifizierung der Attraktionswirkung von Umbruch vor dem Hintergrund von nur vier besenderten Individuen sowohl bezüglich der Zeitdauer, als auch der Nutzungsintensität eine erhebliche Unsicherheit beizumessen.

Die Anbaukultur spielte in Sachsen-Anhalt für die Attraktivität eine wichtige Rolle. Für das saarländische Mittelgebirge konnte (ggf. aufgrund u.a. der geringen Anzahl besendeter Vögel und einem sehr hohen Grünlandanteil) kein vergleichbar deutlicher Effekt festgestellt werden (vgl. Kap. 4.2.2). In Sachsen-Anhalt wurde dabei auf Luzerneflächen eine dreimal so hohe Aktivität beobachtet, die auch länger nach der Mahd anhielt als auf Getreideflächen (Kap. 4.2.1, Kap. 4.2.2). Als mehrjährige Ackerkultur bietet Luzerne einen geeigneten Lebens- und Rückzugsraum für Kleinsäuger in der Agrarlandschaft und weist neben Brachflächen und Grünland die höchsten Kleinsäugerdichten auf (Heroldová et al. 2007, Santamaría et al. 2019). Zusätzlich ist hier eine hohe Anzahl an Kleinsäufern bereits im Frühjahr vorhanden, während sich in Getreidefeldern mit vorangegangenen Bodenbearbeitungen Kleinsäugerpopulationen erst im Laufe der Saison aufbauen (Janova et al. 2011, Santamaría et al. 2019). Daher ist nach der Mahd von Luzerneflächen, näherungsweise vergleichbar zum extensiven, artenreichen Dauergrünland (Karthäuser et al. 2019), ein hohes Nahrungsangebot für Greifvögel verfügbar, was hier die deutlich gesteigerten Aktivitätswerte von Rotmilanen auch bis fünf Tage nach der letzten Folge-Bewirtschaftung erklärt.

Die Attraktivität einer Mahdfläche unterlag einem saisonalen Effekt, der sowohl mit der Anbaukultur als auch mit der Dynamik in der Verfügbarkeit von Nahrungsflächen insgesamt im Zusammenhang stand. Der Effekt der Saisonalität war für das Mittelgebirge statistisch nicht nachweisbar, der grundsätzliche Zusammenhang ist jedoch in abgeschwächter Weise – die Offenheit des Bodens nimmt aufgrund des hohen Grünlandanteils nicht so stark ab (Kap. 4.1) – ebenfalls plausibel. Aufgrund der klar abgegrenzten Bewirtschaftungszeiträume für die einzelnen Anbaukulturen ergibt sich in Sachsen-Anhalt ein indirekter saisonaler Effekt, da auf früh im Jahr gemähten Grünroggen- und Luzernefeldern eine höhere Aktivität von Rotmilanen nachgewiesen wurde als auf später im Jahr geernteten Weizenfeldern. Die wichtigste erklärende Variable für die Aktivitätsdauer auf einer Mahdfläche war jedoch die Offenheit in der Umgebung zum Zeitpunkt der Mahd. Im Verlauf des Frühjahrs findet durch das Aufwachsen der Vegetation eine kontinuierliche Abnahme der für den Rotmilan nutzbaren Flächen statt. Mitte Juni ist die höchste Bestandsdeckung erreicht, bis dann durch Einsetzen der Getreideernte neue offene Flächen geschaffen werden. Das Maximum der Anwesenheitsdauer von Rotmilanen während der Mahd, aber auch an den Folgetagen wurde zur Zeit der geringsten Offenheit Ende Juni erreicht (Kap. 4.1, Kap. 4.2.1). Da kaum alternative Flächen zur Nahrungssuche genutzt werden können, sind einzelne Mahdflächen zu dieser Zeit besonders attraktiv und werden auch in den Tagen nach der Mahd verstärkt angefliegen. Gleichzeitig zeigten die Milane im Juni auch die höchste tägliche Flugaktivität (Kap. 4.3.3), da sie in dieser Zeit ihre Jungen mit Nahrung versorgen müssen.

Die geringere Verfügbarkeit von Nahrungshabitaten in Sachsen-Anhalt erklärt auch die hohen Aktivitätswerte, die im Frühjahr auf einzelnen Mahdflächen beobachtet werden. Im Frühjahr ist die hohe Aktivität während Bewirtschaftungsereignissen nicht allein durch die Offenheit in der Umgebung erklärbar (Kap. 4.2.1), denn in der ackerbaulich geprägten Gesamtlandschaft Sachsens sind noch viele Flächen offen (frisch eingedrilltes Sommergetreide, Schwarzbrachen, Hackfrüchte). Doch stellen diese offenen Flächen im Frühjahr wenig Nahrung für Rotmilane bereit – die länger andauernde Offenheit vieler Flächen im Frühjahr hat somit nicht die gleiche Wertigkeit für die Nahrungsverfügbarkeit wie die Offenheit nach Mahd. Im Frühjahr haben besonders einzelne (vorher lange geschlossene) Luzerneflächen und Getreide, das als Grünschnitt geerntet wird, eine hohe Attraktivität für Rotmilane, da sich hier zwischenzeitlich Kleinsäugerpopulationen aufbauen konnten.

Infolge der großflächigen Getreideernte wird etwa ab dem 20. Juli eine Offenheit von 50 % in den beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt erreicht (Kap. 4.1). Die Attraktivität der einzelnen Mahdfläche ist dann nicht mehr so hoch, da wieder mehr Nahrungshabitate gleichzeitig zur Verfügung stehen. Zwischen 20. Juni und 20. Juli halbiert sich die Aktivitätsdauer von Rotmilanen während und nach einer Bewirtschaftung. Während auf Luzerneflächen weiterhin die Aktivität bis fünf Tage nach der Mahd erhöht bleibt, liegt sie auf Getreidefeldern ab 20. Juli (hauptsächlich Weizen) bereits nach dem dritten Tag nach der Mahd bei weniger als 5 min und damit vergleichbar mit einer Aktivitätsdauer ohne Bewirtschaftung (Kap. 4.2.1).

Für besenderte Rotmilane war der saisonale Effekt nicht so deutlich wie er durch die Raumnutzungsbeobachtung nachgewiesen werden konnte, möglicherweise weil hier die Offenheit im gesamten Untersuchungsgebiet und nicht im Umkreis der einzelnen Mahdfläche betrachtet wurde. Außerdem wurden hier nur Flächen berücksichtigt, die von besenderten Rotmilanen genutzt wurden, und nicht wie bei der Raumnutzungsbeobachtung, wo auch Flächen einbezogen wurden, auf denen am jeweiligen Beobachtungstag möglicherweise keine Milane beobachtet wurden. Daher nimmt im Jahresverlauf die flächenbezogene Aktivität (Raumnutzungsbeobachtung) deutlicher ab als die auf Basis von Individuen ermittelte Aktivität.

Neben der zeitlichen Attraktionswirkung konnte für besenderte Rotmilane auch der räumliche Wirkungsumfang von Bewirtschaftungsereignissen näher beleuchtet werden. Flächen, die in Sachsen-Anhalt während der Mahd von brütenden Rotmilanen angefliegen wurden, lagen im Durchschnitt 1,9 km vom Horst entfernt. Kein Brutvogel wurde auf einer Mahdfläche weiter als 8 km entfernt vom Horst nachgewiesen. Daher nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche während der Mahd aufgesucht wird, mit zunehmender Entfernung zum Horst sehr schnell ab und liegt ab 4 km Entfernung schon bei weniger als 10 % (Kap. 4.2.2). Für Brutvögel war in Sachsen-Anhalt außerdem die Aktivitätsdauer während einer Bewirtschaftung im Nahbereich ihres Horstes am höchsten und nahm mit zunehmender Entfernung ab. Insgesamt besteht damit eine hohe Wahrscheinlichkeit von ca. 70 %, dass insbesondere Luzerneflächen, die bis zu 2 km vom Horst entfernt sind, von den Brutvögeln während der Mahd genutzt werden (Kap. 4.2.2). Aber es gab auch viele Getreideflächen im 2-km-Radius um den Horst, die während der Mahd nicht aufgesucht wurden, möglicherweise da die Ernte dann oft gleichzeitig stattfindet und zu dieser Zeit auch andere Nahrungsflächen (z. B. bereits abgeerntete Getreideflächen) zur Verfügung stehen. Auch in früheren Studien wurde gezeigt, dass Rotmilane etwa 80 % ihrer flugaktiven Zeit im 2-km-Radius um den Horst verbringen (Mammen et al. 2013, Heuck et al. 2019). Nichtbrüter dagegen wurden auch aus größeren Entfernungen (bis zu 25 km) von Bewirtschaftungsereignissen, unabhängig von der Anbaukultur, angelockt. Pfeiffer & Meyburg (2015) konnten ebenfalls nachweisen, dass Rotmilane teilweise weite Entfernungen (über 34 km) zu einer Mahdfläche zurücklegten.

Im Mittelgebirge konnte ebenfalls eine stark sinkende Raumnutzung mit zunehmender Entfernung zum Horst festgestellt werden, die jedoch nicht direkt in Zusammenhang mit Bewirtschaftungsereignissen ermittelt wurde (Kap. 4.2.2). Für Mahdereignisse im Mittelgebirge liegen deutliche Hinweise darauf vor, dass auch noch in Distanzen von bis zu 2 km Entfernung zum Horst und knapp darüber Bewirtschaftungsereignisse aufgesucht wurden. Dies wurde insbesondere an Tagen mit  $\geq 2$  zeitgleichen Mahdereignissen detektiert. Bei räumlicher und zeitlicher Überlagerung mehrerer benachbarter Mahdereignisse kam es am Mittelgebirgsstandort zu einer signifikanten Vergrößerung der Tageshomeranges durch Pendelflüge zwischen den verschiedenen Bewirtschaftungsereignissen, die auch außerhalb des 2-km-Radius erfolgten (Kap. 4.2.3). Hierbei sollte beachtet werden, dass die Pendelflüge auch Windparkstandorte queren können.

Wie für Sachsen-Anhalt (siehe oben) belegt wurde, werden selten auch Bewirtschaftungsereignisse in einer Distanz bis maximal 8 km vom Horst aufgesucht. Für besenderte Vögel im Mittelgebirge konnte selten, aber wiederholt ebenfalls festgestellt werden, dass auch ein geringer Anteil der brutzeitlichen Raumnutzung einige Kilometer über die regelhaft genutzten Home Ranges hinausgeht, die jedoch nicht eindeutig der Attraktionswirkung von (teils plausibel ableitbaren) Bewirtschaftungsereignissen zuzurechnen waren.

### **5.2.2 Schwarzmilan**

In Sachsen-Anhalt wurde auch für Schwarzmilane eine stark erhöhte Aktivität während Bewirtschaftungsereignissen nachgewiesen. Wird die Anzahl aller anwesenden Schwarzmilane berücksichtigt, lag eine 93-fach gesteigerte Aktivität während einer Bewirtschaftung im Vergleich zu unbewirtschafteten Flächen vor (Kap. 4.2.1.2). Am dritten Tag nach der Mahd war die Aktivitätsdauer von Schwarzmilanen noch 10-mal höher als ohne Bewirtschaftung. Vergleichbar mit Rotmilanen wurden für Schwarzmilane ebenfalls auf Luzerneflächen die höchsten Aktivitätswerte beobachtet, die fast dreimal so hoch waren wie auf Getreideflächen (Kap. 4.2.1.2). Neben Luzerne hatte im Mai besonders die Ernte von Grünroggen eine hohe Attraktivität auf Schwarzmilane, die auch in den Folgetagen nach der Bewirtschaftung anhielt. Dies ist sicher auch hier in der deutlich gesteigerten Verfügbarkeit von Beutetieren während der Mahd im Vergleich zu anderen Nahrungshabitaten in dieser Zeit begründet. Anders als beim Rotmilan hatte allerdings die Offenheit im Umkreis der Mahdfläche zum Zeitpunkt der Mahd keinen Einfluss auf die Attraktivität der einzelnen Mahdfläche (Kap. 4.2.1.2). Schwarzmilane legen zur Nahrungssuche regelmäßig weite Entfernungen vom Horst zurück (Kap. 4.3.2.2, Meyburg & Meyburg 2009). Möglicherweise sind Schwarzmilane so besser in der Lage auf alternative Nahrungsquellen und -habitate auszuweichen, wenn im Horstumfeld kaum geeignete Flächen zur Jagd verfügbar sind. Dennoch nahm die Aktivitätsdauer der Schwarzmilane im Verlauf der Saison ab. Während der Getreideernte ab Juli war die Aktivitätsdauer (besonders auf Weizenfeldern) niedriger als zu Beginn des Jahres und bereits ab dem zweiten Tag nach der Mahd vergleichbar mit Aktivitätswerten ohne Bewirtschaftung (Kap. 4.2.1.2). Im Vergleich der Maßnahmenflächen (Luzerneanbau) mit zeitgleich bewirtschafteten Getreideflächen wurden Unterschiede in der Aktivität nur am Tag der Bewirtschaftung nachgewiesen. In den Folgetagen nach der Mahd wurden insbesondere Getreideflächen aber auch Luzerneflächen von Schwarzmilanen nicht mehr so intensiv aufgesucht wie von Rotmilanen (Kap. 4.2.4.3).

Für besenderte Schwarzmilane wurde außerdem der räumliche Wirkungsumfang von Bewirtschaftungsereignissen näher betrachtet. Schwarzmilane flogen im Vergleich zum Rotmilan auch Mahdflächen in größerer Entfernung zum Horst an. Flächen, auf denen brütende Schwarzmilane während der Mahd anwesend waren, lagen durchschnittlich 3,4 km, maximal

13 km vom Horst entfernt (Kap. 4.2.2.2). Daher nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fläche während der Mahd von Schwarzmilanen aufgesucht wird, mit zunehmender Entfernung zum Horst wesentlich langsamer ab als beim Rotmilan und liegt erst ab 8 km Entfernung bei weniger als 10 % (Kap. 4.2.2.2). Brütende Schwarzmilane unternehmen regelmäßig Ausflüge (Meyburg & Meyburg 2009, Mammen & Mammen 2020) und entdecken so auch in größerer Entfernung Mahdereignisse. Das bedeutet aber auch, dass im Nahbereich der Horste einige Flächen während der Mahd nicht genutzt werden.

### **5.3 Lenkungswirkung von Bewirtschaftungsereignissen**

#### **5.3.1 Rotmilan**

Wir konnten zeigen, dass Bewirtschaftungsereignisse eine hohe Attraktionswirkung auf Rotmilane haben, wobei dies nur teilweise auf die im Einzugsbereich brütenden Individuen zurückgeht und von verschiedenen Faktoren abhängig ist (Kap. 5.2.1). Suchen Brutvögel jedoch eine Mahdfläche auf, dann spielt unter dem Aspekt der Lenkungswirkung nicht das Ereignis des Aufsuchens der Mahdfläche an sich die entscheidende Rolle. Relevant sind der durch dieses Ereignis gebundene Anteil der täglichen Flugzeit sowie eine Hin-Orientierung der Flugaktivitäten in Richtung der Mahdfläche (in Verbindung mit einer Weg-Orientierung aus anderen Bereichen des Home Ranges). Wird kein substanzieller Anteil der täglichen Flugzeit „abgelenkt“ und ist keine signifikante Veränderung der Raumnutzung im Zusammenhang mit Mahdereignissen zu verzeichnen, besteht keine Lenkungswirkung im hier untersuchten Sinn einer Vermeidungs- / Minimierungsmaßnahme.

Auch wenn am Bewirtschaftungstag die Aktivitätsdauer der besenderten Rotmilane auf einer Mahdfläche deutlich erhöht ist, so entspricht diese Aufenthaltsdauer für die jeweiligen Individuen in Sachsen-Anhalt durchschnittlich nur 15 % ( $\pm 12$  %, max. 60 %) ihrer jeweils pro Tag ermittelten flugaktiven Zeit (Kap. 4.3.3.1). Bereits am ersten Tag nach der Bewirtschaftung reduziert sich die Aufenthaltsdauer erheblich und am dritten Tag nach der Bewirtschaftung wurden nur noch durchschnittlich 3 % ( $\pm 4$  %, max. 16 %) der flugaktiven Zeit auf der Mahdfläche verbracht (Kap. 4.2.2: Sachsen-Anhalt). Diese Werte fallen deshalb so niedrig aus, da Brutvögel Beutetiere zurück zum Horst bringen müssen und nach Jagderfolg die Mahdfläche schnell wieder verlassen. Die generell schnell und bis zum dritten Tag stark absinkende Attraktionswirkung passt gut zu den in Kap. 5.2.1 geschilderten Mustern aus der RNB in allen drei UGs. Nichtbrüter halten sich am Mahdtag wesentlich länger, durchschnittlich 22 % ( $\pm 20$  %, max. 87 %) ihrer flugaktiven Zeit, auf der Mahdfläche auf. Aber auch für Nichtbrüter geht in den Folgetagen die Nutzungsdauer schnell zurück. Am dritten Tag nach der Bewirtschaftung sind sie, ähnlich den Brutvögeln, nur noch durchschnittlich 3 % ( $\pm 4$  %, max. 18 %) ihrer flugaktiven Zeit auf der Mahdfläche anwesend (Kap. 4.2.2: Sachsen-Anhalt).

Aufgrund der Horstbindung der Brutvögel ist für eine Beurteilung der Ablenkung die Aufenthaltsdauer auf der Mahdfläche allein nicht so relevant, wie die gesamte Flugaktivität, die zwischen Horst und Mahdfläche stattfindet. Daher wurde zusätzlich geprüft, ob sich die Anwesenheit (Anteil flugaktiver Ortungen) individueller Brutvögel am Mahdtag in Richtung der Mahdfläche verlagert und somit von einer Lenkungswirkung der Mahdfläche ausgegangen werden kann. Wir konnten nur eine geringe Zunahme der Flugaktivität in Richtung der Mahdfläche nachweisen. Für Luzerneflächen ergab sich in Sachsen-Anhalt eine Steigerung der Anwesenheit um 13 %, für Getreideflächen um 10 % im Vergleich zum Raumnutzungsverhalten in der gesamten Brutsaison (Kap. 4.2.3), die statistisch nicht signifikant war. Da diese Steigerung auch nur den Mahdtag und nicht die Folgetage nach der Bewirtschaftung betrifft, kann für Brutvögel von keiner nachhaltigen Lenkungswirkung durch Mahd ausgegangen wer-

den. Zusätzlich finden innerhalb von Windparks auch landwirtschaftliche Bewirtschaftungsereignisse statt, und es lässt sich nicht vorhersagen, welche Flächen von einem bestimmten Brutpaar angefliegen werden. Außerdem konnten wir zeigen, dass zahlreiche Nichtbrüter, auch aus großen Entfernungen besonders von Luzernemahd angelockt werden, was hohe Flugstrecken bedeutet (Kap. 4.2.2). Somit könnte eine Ablenkfläche gerade in Gebieten mit einer hohen Rotmilandichte eine unerwünscht hohe Anziehungskraft entfalten und letztendlich mehr Rotmilane in die Nähe des Windparks anlocken als ablenken.

Für eine Beurteilung der Ablenkwirkung ist die Aufenthaltsdauer auf der Mahdfläche aufgrund der Horstbindung der Brutvögel allein nicht relevant. Relevant ist die resultierende Verteilung der gesamten Flugaktivität, die außer auf der Mahdfläche u. a. auch zwischen Horst und Mahdfläche sowie abseits davon stattfindet. Daher wurde für das saarländische Mittelgebirge zusätzlich geprüft, ob sich die Anwesenheit individueller Brutvögel am Mahdtag messbar anhand ihrer Home Ranges in Richtung der Mahdfläche verlagert und verengt – als Maß für die von den Maßnahmenflächen potenziell ausgehende Steuerung der Raumnutzung der Rotmilane. Hierfür wurden tägliche Home Ranges berechnet und diese für Ereigniszeiträume / Tage mit und ohne Bewirtschaftungsereignisse abgeglichen. Die Tageshomerange sollte im Fall einer erfolgreichen Lenkung am Tag eines Bewirtschaftungsereignisses signifikant kleiner ausfallen, sofern sich die Raumnutzung auf den Bereich der einzelnen bewirtschafteten Maßnahmenfläche und Transferflüge zum Horst hin verengt. Es konnte aber kein solcher Effekt im Saarland nachgewiesen werden. Maßnahmen-Einzelflächen in der Größenordnung wie im Mittelgebirge vorherrschend, genügen offenbar nicht, um anhand von ausreichenden Zeitkontingenten und absoluter Aufenthaltsdauern anhaltende räumliche Verlagerungen hervorzurufen. An Tagen mit mehreren (verteilten) Mahdflächen vergrößerte sich das tägliche Home Range aufgrund von Pendelflügen zwischen diesen Flächen sogar signifikant um 43-57 % (Kap. 4.2.3), mit der mittelbaren Folge gesteigerter Aktivität abseits jeder einzelnen bewirtschafteten Fläche.

Die Analyse dieser Home Ranges am Mittelgebirgsstandort, basierend auf ausschließlich denjenigen Punkten, die innerhalb eines Radius von 2 km lagen, zeigt im Vergleich zu den Ergebnissen mit Ortungspunkten auch von außerhalb des 2 km-Radius qualitativ vergleichbare Ergebnisse, allerdings werden alle Effekte etwas schwächer geschätzt. Das deutet darauf hin, dass über den systematisch untersuchten Bereich bis 2 km Entfernung vom Horst aus Bewirtschaftungsereignisse dennoch kurzzeitig raumwirksame Attraktionswirkungen entfalten können. Viele kleine Parzellen und Bewirtschaftungseinheiten (vgl. Kap. 2.3) bewirken im saarländischen Mittelgebirge, dass regelmäßig mehr als eine Fläche pro Tag gemäht wird, wenngleich im Mittel zu jedem Zeitpunkt nur von wenigen Prozent der Fläche im 2-km-Radius eine mahd- oder umbruchbedingte Attraktionswirkung ausgeht (Kap. 4.2.2). Vergleichsdaten aus der Literatur liegen hierzu nicht vor, allerdings wurden mittels anderer Methodik für die UG Sachsen-Anhalt anhand räumlich sektoraler Betrachtung der Ortungspunktverteilung und absoluten Aufenthaltsdauer prinzipiell vergleichbare, geringe Lenkungswirkungen an Tagen mit Mahd festgestellt (Kap. 4.2.3). Mit Blick auf das Verhältnis von Aufenthalt auf der Ablenkfläche und restlicher Tagesaktivität ist auf Individuenebene davon auszugehen, dass sich durch Mahd keine nachhaltige Lenkungswirkung in relevantem Ausmaß entfaltet. Nicht untersucht wurden hierbei aber experimentelle Staffelmahdflächen mit enger zeitlicher Taktung und großem Raumumfang, wie sie von Mammen et al. (2014: 99) thematisiert wurden.

### **5.3.2 Schwarzmilan**

Für Schwarzmilane wurde zur Beurteilung der Lenkungswirkung von Mahd ebenfalls analysiert, ob sich die Anwesenheit (Anteil flugaktiver Ortungen) individueller Brutvögel am

Mahdtag in Richtung der Mahdfläche verlagert. Im Vergleich zum Rotmilan war die Lenkungswirkung der Mahd auf Schwarzmilane stärker ausgeprägt. Dazu trägt bei, dass insgesamt mehr Schwarzmilane auf Mahdflächen nachgewiesen wurden und die größere Stichprobe zu verlässlicheren statistischen Testergebnissen führte. Für Luzerneflächen lag am Mahdtag eine Steigerung der Anwesenheit um 14 %, für Getreideflächen um 13 % im Vergleich zum Raumnutzungsverhalten in der gesamten Brutsaison vor (Kap. 4.2.3.2). Die größte Lenkungswirkung ging von früh im Jahr grün geerntetem Getreide (v. a. Grünroggen) aus, mit einer Steigerung der Anwesenheitsdauer um 16 % in Richtung der Mahdfläche. Die Mahd von Grünroggen hat eine hohe Attraktionswirkung auf Schwarzmilane, da zu dieser Zeit (Ende April bis Anfang Mai) in der Agrarlandschaft wenig Kleinsäuger und andere Beutetiere verfügbar sind und neben Luzerne keine andere Kultur geerntet wird. Während der Getreideernte ab Juli, wenn viele Flächen gleichzeitig gemäht werden, kann eine einzelne Mahdfläche nicht dieselbe Anziehungskraft entfalten.

Aufgrund der größeren Mobilität von Schwarzmilanen auch zur Brutzeit ist eine Vorhersage, welche Flächen während der Mahd von Brutvögeln angefliegen werden, kaum möglich. Schwarzmilane nutzen während der Brutzeit ausgedehnte Aktionsräume (Kap. 4.3.1.2) und wurden auch auf Mahdflächen in größerer Entfernung zum Horst (max. 13 km) nachgewiesen (Kap. 4.2.2.2). Folglich kann in einer intensiv bewirtschafteten Agrarlandschaft eine gezielte Lenkungswirkung für bestimmte Brutpaare von Schwarzmilanen durch Mahd nicht bestätigt werden.

## 6 Empfehlungen für die naturschutzfachliche Umsetzung

### 6.1 Zur rechtlichen Einordnung von Vermeidungsmaßnahmen

Nach § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG darf die Genehmigung nur erteilt werden, wenn „andere öffentlich-rechtliche Vorschriften [...] der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen“. Hierunter fallen auch die Zugriffsverbote des § 44 BNatSchG. Gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG ist es verboten, wild lebenden Tieren der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören. Die heimischen Greifvögel gehören nach § 7 Abs. 2 Nr. 13 Buchst. b, Unterbuchst. bb BNatSchG – wie alle in Europa natürlich vorkommenden Vogelarten – zu den besonders geschützten Arten im Sinne dieser Vorschrift.

Das Tötungsverbot ist individuenbezogen zu verstehen (vgl. zuletzt EuGH vom 04.03.2021 - C-473/19 und C-474/19 "Föreningen Skydda Skogen"). Dass bedeutet nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts allerdings nicht, dass absehbare Einzelverluste (bspw. durch den Straßenverkehr oder eine WEA) notwendigerweise den Tatbestand des Tötungsverbots verwirklichen. Auch dem genannten EuGH-Urteil (vgl. Rn. 71) ist zu entnehmen, dass die bloße Präsenz von Artvorkommen im Wirkraum eines Vorhabens nicht zwingend bereits einen Verbotstatbestand auslöst, sondern dass eine Bewertung stattfinden muss, welche dann zwangsläufig auch bestimmte Bewertungsspielräume ausfüllen und bewältigen kann. Das Vorhaben muss *„unterhalb der Gefahrenschwelle in einem Risikobereich bleiben, der im Naturraum immer gegeben ist, vergleichbar dem ebenfalls stets gegebenen Risiko, dass einzelne Exemplare einer Art im Rahmen des allgemeinen Naturgeschehens Opfer einer anderen Art oder eines Naturereignisses werden.“*<sup>13</sup> Dieser Maßstab wurde in der Rechtsprechung mit Blick auf den Verkehrswegebau damit begründet, dass die Schädigung einzelner Tiere durch Kollisionen mit Kraftfahrzeugen die nahezu unvermeidliche Konsequenz jedes Straßenneu- oder -ausbaus ist, Straßenbauvorhaben anderenfalls stets gegen das Tötungsverbot verstoßen würden und nur im Wege einer artenschutzrechtlichen Ausnahme nach § 45 Abs. 7 zugelassen werden könnten, was in der rechtlichen Beurteilung (nach dem damals noch einschlägigen § 43 BNatSchG) als unverhältnismäßig und sachwidrig eingestuft wurde. Insoweit wurde mit der Novelle 2017 in § 44 Abs. 5 Satz 2 BNatSchG dahingehend klargestellt, dass das Tötungsverbot unter bestimmten Rahmenbedingungen Tierverluste nur dann erfasst, wenn sich das Kollisionsrisiko für Exemplare der betroffenen Arten durch das Vorhaben – auch unter Berücksichtigung ggf. vorgesehener Vermeidungsmaßnahmen – *signifikant* erhöht.<sup>14</sup> Laut Rechtsprechung ist damit keine rechnerisch-statistisch nachzuweisende Schwelle gemeint, sondern eine unter Berücksichtigung verschiedener Merkmale (siehe unten) „deutliche Steigerung“ des Tötungsrisikos.<sup>15</sup> Bestrebungen, die Signifikanz durch numerische Wahrscheinlichkeitsrechnungen zu unterfüttern, haben sich bisher weder in fachlicher Hinsicht noch in rechtlicher Hinsicht durchgesetzt (vgl. z. B. Grünkorn et al. 2016, Fachagentur Windenergie an Land 2017, Brand et al. 2020).

---

<sup>13</sup> Vgl. BVerwG, Urteil vom 12.03.2008 - 9 A 3.06, Rn. 219, Urteil vom 09.07.2008 - 9 A 14.07, Rn. 90 f.; Urteil vom 09.02.2017 – 7 A 2/15, Rn. 466 (m.w.N.).

<sup>14</sup> BVerwG, Urteil vom 14.07.2011 (9 A 12.10); BVerwG, Urteil vom 13.05.2009 (9 A 73.07); BVerwG, Urteil vom 18.03.2009 (9A 39.07); BVerwG, Urteil vom 09.07.2008 (9 A 14.07); VGH München, Urteil vom 19.02.2014 (8 A 11.40064); OVG Lüneburg, Beschl. vom 18.04.2011 (12 ME 274/10); VG Hannover, Urteil vom 22.11.2012 (12 A 2305/11)

<sup>15</sup> BVerwG, Urteil vom 09.07.2009 – 4 C 12.07, Rn. 42. Vgl. Begründung zum Gesetzesentwurf zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes vom 12.04.2017, BT-Drs. 18/11939, S. 19.

Merkmale, die für die Beurteilung der Signifikanz eine Rolle spielen, sind insbesondere art-spezifische Verhaltensweisen, häufige Frequentierung des betroffenen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen (vgl. z. B. BVerwG, Urteil vom 12.11.2020 - 4 A 13.18, Rn. 5, BVerwG, Urteil vom 03.11.2020 - 9 A 12.19, BVerwG, Urteil vom 8.1.2014 - 9 A 4.13 – BVerwGE 149, 31; Urteil vom 14.7.2011 - 9 A 12.10 - BVerwGE 140, 149; Urteil vom 12.3.2008 -9 A 3.06 - BVerwGE 130, 299). Bei der Errichtung von Windenergieanlagen gelten dieselben Grundsätze (vgl. z. B. BVerwG, Beschluss vom 07.01.2020 – 4 B 20.19 Rn. 5, OVG Sachsen-Anhalt, Urteil vom 20.4.2016 - 2 L 64/14 - juris; BayVGH, Urteil vom 18.6.2014 - 22 B 13.1358 – NuR 2014, 736; OVG Niedersachsen, Beschl. vom 18.4.2011 - 12 ME 274/10 - NVwZ-RR 2011, 597; VGH BW Beschl. Vom 6.7.2016 - 3 S 942/16).

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Zulassungsverfahrens besteht für den Vorhabenträger daher die Möglichkeit, gegebenenfalls das Eintreten der artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände des § 44 Abs. 1 BNatSchG erfolgreich abzuwenden, indem „Schutzmaßnahmen“ (UMK 2020a: 3) vorgesehen werden. Zu diesen zählen (UMK 2020b: 2):

- Vermeidungsmaßnahmen, die unmittelbar am betreffenden Vorhaben (an der Infrastruktur der WEA) ansetzen, wie beispielsweise Maßnahmen zur Anlagensteuerung von WEA zur Abwendung von Kollisionsgefahren. Solche Maßnahmen werden im Folgenden insoweit in die Betrachtung einbezogen, als sie von den Maßnahmen, welche Gegenstand des vorliegenden Forschungsvorhabens sind, abhängen.<sup>16</sup>
- Vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen sind vom Gesetzgeber in § 44 Abs. 5 BNatSchG eingeführt. Vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen dienen originär der Sicherung – trotz Eingriff – der ökologischen Funktion der vom Vorhaben betroffenen Fortpflanzungs- und Ruhestätten in ihrem räumlichen Zusammenhang. Sie entsprechen insoweit den „funktionserhaltenden Maßnahmen“, welche die EU-Kommission in ihrem Leitfaden zum strengen Artenschutz (Europäische Kommission 2021a: 2-67 ff.) als Option darlegt. Vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen können in bestimmten Konstellationen darüber hinaus im Sinne von Vermeidungsmaßnahmen dazu beitragen, die mögliche Steigerung eines Tötungsrisikos für die betreffenden Arten unter ein signifikantes Niveau sinken zu lassen. Beispielsweise können im Einzelfall Maßnahmen zur Entwicklung von Lebensstätten / Habitaten fern des Vorhabens Kollisionen im Bereich des Vorhabens (an anderer Stelle) reduzieren.

Die Beurteilung der Wirkung des Schutzkonzeptes (nicht der einzelnen Schutzmaßnahme) ist grundsätzlich Gegenstand der artenschutzrechtlichen Antragsunterlagen für jedes einzelne WEA-Vorhaben. Je detaillierter die artenschutzrechtlichen Konflikte in den Antragsunterlagen erkannt und die Wirksamkeit des Schutzkonzeptes durch die Gutachter nachvollziehbar beurteilt worden sind, desto belastbarer ist die Unterlage im Genehmigungsverfahren und im ggf. nachfolgenden Klageverfahren. Aufgabe des Antragstellers ist es, die im Rahmen der Untersuchungen ermittelten Konflikte im Fachgutachten darzustellen und zu bewerten sowie die geeigneten Maßnahmen vorzuschlagen. Im Rahmen der Behördenbeteiligung, die gemäß § 10 (5) BImSchG bzw. § 11 der 9. BImSchV im Zuge des Genehmigungsverfahrens stattfindet, prüfen die Fachbehörden den Antrag und formulieren auf dessen Basis in einer

---

<sup>16</sup> Prinzipiell hat die Vermeidung von Beeinträchtigungen und Verlusten Vorrang vor einem (vorgezogenen) Ausgleich. § 15 Absatz 1 BNatSchG verpflichtet den Verursacher eines Eingriffs vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu unterlassen, „wenn zumutbare Alternativen, den mit dem Eingriff verfolgten Zweck am gleichen Ort ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu erreichen, gegeben sind.“ Dieser Vorrang wird begrenzt durch das allgemein geltende Verhältnismäßigkeitsgebot beziehungsweise eine Zumutbarkeitsgrenze, welche in jedem Einzelfall neu gefunden werden muss.

Stellungnahme die erforderlichen Projekteigenschaften, Bedingungen und Nebenbestimmungen.

Für eine möglichst belastbare Unterlage ist es gerade auch in Bezug auf die Maßnahmenkonzeption grundsätzlich wichtig, die jeweiligen landesweit gültigen Vorgaben (artenschutzrechtliche Leitfäden und Hinweise im Rahmen der WEA-Zulassung, z. B. BayWEE 2016, LfU Bayern 2021, MELUR & LLUR 2017, MELUND & LLUR 2021, MKULNV 2013 und 2017, MULE ST 2018, UM & LUBW 2021) anzuwenden<sup>17</sup> und Abweichungen im Vorfeld mit den Naturschutzbehörden abzustimmen. Belastbare Angaben können den Leitfäden allerdings nur dann entnommen werden, wenn sie den aktuell besten wissenschaftlichen Erkenntnisstand widerspiegeln. Die Leitfäden und „Hinweise“ der Länder stellen lediglich „norminterpretierende Verwaltungsvorschriften“ dar. Sie haben gegenüber Gerichten keine Bindungswirkung, wenngleich sie auch in der Regel als „antizipiertes Sachverständigengutachten hoher Qualität“ und insoweit richtungsgebend eingestuft werden wie bspw. der Bayerische Windenergieerlass (in der Fassung von 2011) vom BayVGH (LfU Bayern 2021: 5). Die Anwendung einer auf einen Leitfaden gestützten Maßgabe kann einem Antrag jedenfalls dann keinen Schutz geben, wenn die Verallgemeinerbarkeit bzw. Übertragbarkeit von Leitfaden-Regelungen in Zweifel steht (vgl. VGH Kassel, Beschluss vom 14.1.2021 - 9 B 2223/20; BVerwG Urteil vom 24.6.2020 – 6 C 23.18, juris Rn. 18). Im konkreten Fall hatte der VGH Kassel u. a. Zweifel, ob die den fachlichen Empfehlungen der Verwaltungsvorschrift „Naturschutz / Windenergie“ des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutzes sowie des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen vom 17. Dezember 2020 (VwV 2020) zugrundeliegende Studie dem besten verfügbaren wissenschaftlichen Stand entspreche. Die dem Leitfaden und der Verwaltungsverordnung zugrundeliegende Datenbasis aus Untersuchungen des walddreichen Vogelbergs sei möglicherweise nicht repräsentativ, und man habe es zumindest versäumt, die Übertragbarkeit der darin enthaltenen Festlegungen, v. a. für waldarme Ackerlandschaften, belastbar darzulegen.

Insoweit besteht der Wunsch, möglichst allgemeine, belastbare Grundlagen bereit zu stellen, auf deren Basis Maßnahmen bzw. Schutzkonzepte formuliert und bewertet werden können. Nach Maßgabe der nachfolgend genannten Kriterien ist dabei zu klären, unter welchen Bedingungen die Maßnahmen geeignet sind, ein signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko für Rot- bzw. Schwarzmilan durch die Errichtung und den Betrieb der Windenergieanlagen auszuschließen. Zumindest muss der Anwendungs- bzw. Gültigkeitsbereich, für den der jeweilige Leitfaden Gültigkeit beansprucht, ausreichend begründet sein.

## **6.2 Anforderungen an den Wirksamkeitsnachweis von Vermeidungsmaßnahmen**

Als wirksam hat ein Schutzkonzept zu gelten, wenn es die vorhabenbedingten (signifikanten) Risiken mit Hilfe von Maßnahmen (vgl. die unter Kap. 6.3 ff. näher beschriebenen Maßnahmentypen zur „Vermeidung von Anlockung“ bzw. zur „Ablenkung“ in Verbindung mit der „Betriebszeitenregulierung“) auf ein nicht signifikantes Niveau zu senken vermag<sup>18</sup>. Diese Risiken entstehen aufgrund der artspezifischen Verhaltensweisen der potenziell betroffenen

---

<sup>17</sup> VG Arnsberg, Urteile vom 20.02.2018 - 4 K 459/16 und 4 K 1411/16. In folgenden Urteilen wird gerade auf die Maßnahmenkonzeption im Leitfaden NRW abgestellt: OVG Münster, Urteil vom 29.03.2017 - 11 D 70/09.AK; OVG Münster, Beschluss vom 22.05.2017 - 8 B 927/16, OVG Münster, Beschluss vom 09.06.2017 - 8 B 1264/16, OVG Münster, Urteil vom 26.11.2018 - 10 D 40/16.NE.

<sup>18</sup> BVerwG, Urteil vom 18.03.2009 – 9 A 39./07, Rn. 58, BVerwG, Urteil vom 14.07.2011 – 9 A 12./10, Rn. 99

Tierarten, vorliegend der Milane, im Vorhabenbereich in Verbindung mit einer häufigen Frequentierung des Gefährdungsbereichs.

Die Anforderungen an artenschutzrechtliche Schutzmaßnahmen sind im EU-Leitfaden zum strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse (EU-Kommission 2021: 46 Rn. 2-67) sowie in den Hinweisen zu zentralen unbestimmten Rechtsbegriffen des Bundesnaturschutzgesetzes der LANA (2010) – in Bezug auf die vorgezogenen Ausgleichsmaßnahmen – abstrakt benannt und können auf die hier darzustellenden Schutzmaßnahmen insgesamt angewendet werden:

- Maßnahmen müssen mit Eintreten der vorhabenbedingten Beeinträchtigungen ohne zeitliche Verzögerung ihre Wirkung entfalten.
- Sie müssen „entsprechend der beeinträchtigten ökologischen Funktion und den Ansprüchen der beeinträchtigten Art“ konzipiert sein.
- Die Schutzmaßnahmen müssen fachlich anerkannt sein.
- Die spezifische Eignung muss der Vorhabenträger noch vor dem Beginn der Beeinträchtigungen belegen.<sup>19</sup>

Die Maßnahmen müssen demgemäß – in rechtlicher Hinsicht – die grundsätzliche Eignung aufweisen und damit naturschutzfachlich „vertretbar“ sein, sie müssen Ziel und Zweck plausibel erfüllen können und ihre Wirksamkeit muss „hoch wahrscheinlich“ sein.<sup>20</sup>

Eine hoch wahrscheinliche Wirksamkeit bedeutet dabei nicht, dass die Beeinträchtigung (erhöhtes Kollisionsrisiko) mit Gewissheit ausgeschlossen werden muss.<sup>21</sup> Ein Nullrisiko ist nicht zu fordern, weshalb auch Schutzmaßnahmen nicht mit nahezu 100-prozentiger Sicherheit jegliche Kollisionen vermeiden müssen.<sup>22</sup> Dies erklärt sich aus dem gegenüber dem Gebietsschutz geringeren Schutzniveau des Artenschutzes: Anders als im Habitatschutz setzt die Wirksamkeit von Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen nicht voraus, dass die Beeinträchtigung mit an Gewissheit grenzender Sicherheit (vgl. EuGH, Urteile vom 21.07.2016; C-387/15 und C-388/15, Urteil vom 17.04.2018 - C-441/17 – Urwald Bialowieza und vom 25.07.2018 - C-164/17 – Kornweihe und Windenergie) ausgeschlossen werden muss. Ausreichend ist eine am Maßstab praktischer Vernunft ausgerichtete Prüfung.<sup>23</sup> Es ist jedoch erforderlich, das vorhabenspezifische Tötungsrisiko unter die Signifikanzschwelle zu senken; dabei ist das Tötungsrisiko wie bereits angeführt individuenbezogen auszulegen.<sup>24</sup>

Die UMK (2020a: 14) geht bezüglich der von ihr aufgelisteten Schutzmaßnahmen überwiegend davon aus, dass sie als „fachlich geeignet“ gelten und „eine hinreichende Wahrscheinlichkeit der Wirksamkeit angenommen werden kann“, auch wenn diese im Einzelfall „noch nicht ausreichend durch Studien belegt“ ist. In den Hinweisen der Landesbehörden (z. B. LfU Bayern 2021 bzw. BayWEE 2016, UM & LUBW 2021, MELUND & LLUR 2017, MELUND &

---

<sup>19</sup> BVerwG, Urteil vom 17. Januar 2007 – 9 A 20/05 – juris, Rn. 53 f.. VG Kassel, Beschluss vom 20. Mai 2020 – 7 L 200/20 – juris, 2. Leitsatz.

<sup>20</sup> EU-Kommission (2021); LANA 2009; BVerwG, Urteil v 12.03.2008 - 9 A 3.06 Rn. 201; Urteil v 12.08.2009 - 9 A 64.07, Rn. 84 f.; BayVG, Urteil v 16.03.2010 - 8 N 09.2304, Rn. 41.

<sup>21</sup> BVerwG, Urteil vom 27. November 2018 – 9 A 8/17 – juris, Rn. 123 f.

<sup>22</sup> vgl. BVerwG, Urteil vom 28. April 2016 – 9 A 9/15 – juris, Rn. 141.

<sup>23</sup> BVerwG, Urteil vom 9. Juli 2008 - 9 A 14.07 – juris, Rn. 57.

<sup>24</sup> Ständige Rechtsprechung BVerwG, z. B. Urteile vom 12.03.2008 - 9 A 3.06, 09.07.2008 - 9 A 14.07, 14.07.2011 - 9 A 12.10; EuGH-Urteil vom 04.03.2021 - C-473/19 und C-474/19 ("Föreningen Skydda Skogen").

LLUR 2021, MULE ST 2018) werden im Wesentlichen dieselben Maßnahmentypen benannt.

In UMK und den Hinweisen der Länder wird angenommen, dass die Schutzmaßnahmen zur „Senkung der Attraktivität von Habitaten insbesondere im Gefahrenbereich“ (UMK 2020a: 14) geeignet sein können, das Kollisionsrisiko – gegebenenfalls in Kombination mit weiteren Maßnahmen – unter die Signifikanzschwelle zu senken.

Die artspezifische Wirksamkeit speziell von „Ablenkflächen“, vgl. die detaillierte Beschreibung in Kap. 6.4, ist für Groß- und Greifvögel nach UMK (2020a: 15) „mit einigen Einzelstudien und einstimmigen Expertenmeinungen belegt“. Dabei sei das „Ausmaß der Lenkungswirkung [...] bisher allerdings kaum quantifiziert“ (UMK 2020a: 15, vgl. auch Blew et al. 2018: 38). Entsprechend sollen die Länder „(artspezifische) Festlegungen treffen, nach welchen Kriterien Lenkungsflächen bemessen, verortet und bewirtschaftet werden sollten, damit eine hohe Wirkungswahrscheinlichkeit erreicht wird“. „Sofern eine regelmäßige Lenkungswirkung erreicht wird, sind Ablenkflächen geeignet, das Kollisionsrisiko in relevanter Weise zu senken.“ (UMK 2020a:16).

Ein Bewertungsrahmen für die Einstufung der Wirksamkeit von Vermeidungs- / Schutzmaßnahmen ist mit den Empfehlungen der UMK (2020a) noch nicht gegeben. Ein fachlich ausreichend unterfütterter Bewertungsrahmen, der sowohl Zielwerte als auch zulässige Abweichungen benennt, sowohl allgemein (zur Bewertung bisheriger empirischer Forschungsergebnisse), als auch im Kontext der Genehmigung von WEA-Vorhaben, wenn z. B. ein Monitoring als Bestandteil eines Risikomanagements beurteilt werden muss, ist jedoch zwingend insbesondere im Hinblick auf notwendige Standardisierung bzw. „eine zumindest untergesetzliche Maßstabsbildung“ (BVerfG, Beschluss vom 23.10.2018 - 1 BvR 2523/13, Rn. 1-36) und damit nachvollziehbare, rechtssichere Entscheidungen erforderlich.<sup>25</sup> Ein Bewertungsrahmen für die Einstufung der Wirksamkeit von Vermeidungs- / Schutzmaßnahmen findet sich z. B. in der Fachkonvention zur artspezifischen Wirksamkeit von Vogelschutzmarkern an Freileitungen von Liesenjohann et al. (2019) sowie diesen Bewertungsrahmen aufgreifend und verallgemeinernd bei Bernotat & Dierschke (2021a: 137 ff. bzw. 2021b: 39 ff.).

Den – oft auch ausdrücklich erwähnten – Zweifeln an der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen wird in den Leitfäden überwiegend begegnet, indem eine Kombination von Maßnahmen als Standard empfohlen wird. Doch steht auch hier die Frage im Raum, inwieweit die Maßnahmenkombination ihr Ziel erreichen kann.

Die Frage der Wirksamkeit von Maßnahmen an sich lässt sich über ein im Rahmen der Anlagengenehmigung nach Immissionsschutzrecht zulässiges maßnahmenbezogenes Monitoring auch nicht weiter klären, weil dieses nur die Durchführung und ggf. die Nachjustierung derselben bei verbleibenden Prognose-Unsicherheiten im konkreten Einzelfall sicherstellt.

Als Grundannahme für die o.g. Maßnahmen bzw. die Wirksamkeits-Annahme gilt der Zusammenhang als fachlich anerkannt, dass die Kollisionswahrscheinlichkeit zunimmt, je häufiger und länger sich Exemplare einer kollisionsgefährdeten Art im Gefahrenbereich einer WEA aufhalten (Band et al. 2007, Madders & Whitfield 2006).

Dabei wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit des Aufenthalts im Gefahrenbereich

---

<sup>25</sup> Auch für andere Artengruppen und Maßnahmen existieren erst sehr wenige geeignete Bewertungsvorschläge in Bezug auf Maßnahmen, insbesondere solche die zur Manipulation der Raumnutzung der jeweilig zu schützenden Art dienen sollen. Verwiesen wird z. B. auf den Vorschlag von Berthinussen & Altringham (2015, Appendix 1, Seite 10) in Bezug auf Schutzmaßnahmen für Fledermäuse gegenüber Kollisionsgefahren mit dem Verkehr, wonach für eine wirksame Maßnahme lediglich eine Abweichung von 10 % vom Zielwert als artenschutzrechtlich tolerabel gilt.

nahe des Rotors mit zunehmendem Abstand zwischen WEA und dem jeweiligen Neststandort (Brutplatz) abnimmt (Rasran et al. 2013). Modifizierend wirkt unter anderem die Anlockwirkung, die von Bewirtschaftungsereignissen im Aktionsraum ausgeht, und zu einer veränderten Raumnutzung führen kann. Bei UMK (2020) und in den Hinweispapieren / Leitfäden der Länder<sup>26</sup> werden Schwellen- bzw. Orientierungswerte bezüglich der Abstände aufgeführt, welche aber bislang höchstens im Einzelfall empirisch in Studien fundiert sind (keine Hinweise z. B. in Blew et al. 2018).

Schwellen- bzw. Orientierungswerte bezüglich der kritischen Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich sind ansatzweise den unterschiedlichen Bewertungsvorgaben / methodischen Hinweisen zu den Raumnutzungsanalysen (z. B. Isselbacher et al. 2018, Sprötge et al. 2018, LfU Bayern 2021: 46 ff., UM & LUBW 2021: 74 ff., MELUND SH & LLUR 2021: 65 ff.) zu entnehmen. Allerdings sind die Angaben in den verschiedenen Hinweispapieren noch unterschiedlich und können nicht als etabliert oder allgemein anerkannt angesehen werden.

Mit Bezug auf die erwartete unterschiedliche Wahrscheinlichkeit des Aufenthalts im Gefahrenbereich werden in den Hinweisen der UMK (analog in den o.g. Hinweisen der Länder) bezüglich der Maßnahmenvorschläge unterschieden (UMK 2020a: 14f.):

1. Senkung der Attraktivität von Habitaten im Gefahren- bzw. im Regelbereich<sup>27</sup>
  - Unattraktive Gestaltung des Turmfußes und der Kranstellfläche
  - Anpassung der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen insbesondere im Gefahrenbereich (später Zeitpunkt, möglichst gleichzeitige Mahd/Ernte, kombinieren mit Abschaltung)
  - Verzicht auf Dung-, Silage- und Kompostlagerung im Gefahren- bzw. Regelbereich
2. Steigerung der Attraktivität von Habitaten außerhalb des Regelbereichs (Ablenkflächen)
  - Optimierung von Nahrungshabitaten (Wirksamkeit aber weitgehend ungeklärt, Empfehlung als komplementäre Maßnahme)
3. Betriebsregulierung
  - Abschaltung bei Bewirtschaftungsereignissen
  - Abschaltung während der Brut- und Fortpflanzungszeit
  - Abschaltung auf Basis automatisierter Detektion (nach Bruns et al. 2021 als Antikollisionssysteme, kurz AKS, bezeichnet).

---

<sup>26</sup> UM & LUBW (2021), LfU (2021) / BayWEE (2016), MLUL (2018), HMKLV & HMWEVW (2020), Garniel (2014), LUNG MV (2016), NMUEK (2016), MKUNLV & LANUV (2017), MUEEF (2020)/UMK (2020), Richarz et al. (2013), SMEKUL (Entwurf 05/2021), MULE ST (2018), MELUND SH & LLUR (2021), TLUG (2017), ergänzt aus Wulfert & Schöne-Warnefeld (2021).

<sup>27</sup> „Der Gefahrenbereich ist der vom Rotor umfasste Luftraum, ggf. zuzüglich eines landesspezifisch festzulegenden Abstands“ (UMK 2020a: 3). „Der Regelbereich ist die artspezifische, horizontal projizierte Kreisfläche um den Mittelpunkt des Turms bis zum jeweiligen Regelabstand. Artspezifische Regelabstände sind in Tabelle 1 genannt (Radius). Diese sind fachlich abgeleitet von regelmäßigen, artspezifischen Aktivitäten mit Bezug zum Brutplatz. Der Regelbereich begründet im Rahmen der Vorhabenzulassung keine Tabuzone, die Errichtung von WEA ist auf Basis einer vertieften Einzelfallprüfung möglich.“ (UMK 2020a: 3). Lt. UMK (2020a: Tab. 1) können die Länder „auf Grund unterschiedlicher Lebensraumausstattung“ in Bezug auf den Rotmilan einen „Regelabstand von 1.000 m bis 1.500 m“ festlegen, für den Schwarzmilan ist der Regelabstand mit 1.000 m festgelegt.

Sowohl die Ablenkflächen als auch die Betriebsregulierung sind in ihrer Ausgestaltung auf eine Definition angewiesen. Bei der Betriebsregulierung ist etwa festzulegen, in welchem Bereich um die Anlage, bzw. welche räumliche Lage von Bewirtschaftungsereignissen konkret die Abschaltung auslöst und wie lange sie andauern soll. In enger Wechselbeziehung zur Abschaltung steht die Anpassung der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen, die Bestandteil der Maßnahmen nach (1) ist. Von diesen Definitionen hängt jeweils auch das Ausmaß der Wirksamkeit ab.

### **6.3 Betriebszeitenregulierung von WEA bei Bewirtschaftungsereignissen**

Die mahd- bzw. erntebezogene Abschaltung ist als Vermeidungsmaßnahme der WEA geboten, wenn die artenschutzrechtliche Beurteilung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ein signifikant erhöhtes Risiko feststellt. Dies ist, gestützt auf die oben genannten Regelvermutungen oder im Einzelfall auf gutachterliche Raumnutzungsanalysen, dann anzunehmen, wenn sich Großvögel regelmäßig und mit erhöhter Frequentierung (Aufenthaltswahrscheinlichkeit und -dauer) während der Mahd von Grünland oder Feldfutter bzw. der Ernte von Feldfrüchten sowie während nachfolgender Arbeiten (Grünland/Feldfutter: u. a. Schwaden, Wenden, Aufpressen; Ackerflächen: Strohpressen, Bodenbearbeitung) und Zeitphasen (z. B. gemähte Grünlandflächen, Stoppeläcker) im Planungsgebiet aufhalten.

Die Abschaltung soll in Zeiten durchgeführt werden, in denen im Bereich der Windenergieanlage auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen relevanter Größe Maßnahmen der Feldbewirtschaftung (Bodenbearbeitung (konkret Eggen, Pflügen), Ernte oder Mahd, Mulchen, Festmistausbringung) erfolgen (müssen).

#### **6.3.1 Bestehende Regelungen**

Die Länder-Regelwerke machen höchst unterschiedliche Angaben zu den Bezugsräumen um die WEA, in denen eine Bewirtschaftung die Abschaltung auslöst, und zur Dauer der Abschaltung nach einem Bewirtschaftungsereignis, vgl. Tab. 40.

Die Abschaltung einer WEA wird demnach durch Mahd/Ernte auf den um die WEA liegenden Flächen in einem bestimmten als Gefährdungsbereich angesehenen Radius um die jeweilige WEA (z. B. 500 m nach MELUND SH & LLUR 2017:19; 300 m nach LUNG MV (2016), LAG VSW (2017), UM & LUBW 2021:126; 200 m nach MULE ST (2018), 250 m BayWEE 2016: „im Windpark“) ausgelöst. Flächen, die mit wesentlichen Flächenanteilen in diesem Radius liegen, lösen eine Abschaltung aus. Vorkommens-Wahrscheinlichkeiten von Milanen im Gefährdungsbereich, die eine Abschaltung auslösen sollen, sind in den Leitfäden nicht spezifiziert.

Tab. 40: Angaben zur Vermeidungsmaßnahme „Abschaltung bei Bewirtschaftung“ für den Rotmilan in den Leitfäden der Länder

Quellen: UM & LUBW (2021), LfU (2021) / BayWEE (2016), MLUL (2018), HMKLV & HMWEVW (2020)/Garniel (2014), LUNG MV (2016), NMUEK (2016), MKUNLV & LANUV (2017), MUEEF (2020)/UMK (2020), Richarz et al. (2013), SMEKUL (Entwurf 05/2021), MULE ST (2018), MELUND SH & LLUR (2021), TLUG (2017).

Empfehlungen der LAG VSW (2017): siehe MV, aber Abschaltseason April-Oktober

<b>Abschaltung bei Bewirtschaftung...</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
innerhalb 500 m um WEA												X	
innerhalb 300 m um WEA	X				X								X
bis etwa 200 m um WEA				X						X	X		
innerhalb 100 m um WEA						X	X						
im Bereich Rotor + 50 m									X				
im Windpark		X											
Stetigkeit >= 40 % und Flugfrequenz > 1,0 FS/d												X	
Mindestgröße bewirtschafteter Fläche größer als [ha]	0,7									1,0			1,0
Großflächige Ernte oder Mahd		X											
<b>... auf Grünland</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
für den Mahdtag													
für zwei Tage		X		X									
für den 2. Folgetag						X				X	X		X
wenige Tage (UMK)								X					
für den 3. Folgetag	X				X		X	X	X			X	
<b>... auf Ackerland</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
für den Bewirtschaftungstag													
für zwei Tage		X		X									
für den 2. Folgetag						X	X		X	X	X		X
wenige Tage								X					
für den 3. Folgetag	X				X								
für den 4. Folgetag												X	
<b>Abschaltseason</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
Brutzeit bis 15. Juli						X							
Brutzeit								X			X		
März-August				X									
März-Oktober	X				X				X				
April-September													X
Mai-August												X	
Gesamtes Jahr							X						
<b>Kombination</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
obligatorisch (Ablenkfläche)	X			X									
bei höheren Stetigkeiten (phänologiebed. Abschaltung oder Ablenkflächen)												X	
obligatorisch (maßnahmenbezogenes Monitoring)						X					X	---	

### 6.3.2 Geeignete Bewertungsparameter und -maßstäbe

Unzweifelhaft geht von einer abgeschalteten Windenergieanlage kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko für Rot- und Schwarzmilane aus. Da die Maßnahme „Abschaltung der Anlage im Falle von Bewirtschaftungsereignissen“ aber aufgrund von Gesichtspunkten der Verhältnismäßigkeit nur anlassbezogen und aufgrund abnehmender Attraktionswirkung zeitlich auf wenige Tage begrenzt durchgeführt wird, hängt ihre Wirksamkeit auch davon ab,

- wie stark die Attraktivität von Flächen durch Bewirtschaftungsereignisse gesteigert wird (Gefahrensteigerung),
- wie viele Tiere sich potenziell im Gefahrenbereich wie lange aufhalten können und
- welche Lagebeziehungen zwischen der die Abschaltung auslösenden bewirtschafteten Fläche, der WEA und den üblicherweise (auch ohne Bewirtschaftungsereignisse) genutzten Aufenthaltsbereichen der Milane bestehen.

Abstrakt betrachtet haben folgende Parameter Einfluss auf die Lockwirkung von Bewirtschaftungsereignissen und damit auch auf die Wirksamkeit von hierdurch veranlassten Abschaltungen und eignen sich entsprechend als Messgrößen:

#### 6.3.2.1 Steigerung der Attraktivität von Flächen durch Bewirtschaftungsereignisse

- Parameter:
  - Steigerung der Offenheit der Fläche infolge der Bewirtschaftung:  
Mit der Bewirtschaftung wird eine vordem geschlossene, zur Nahrungssuche wenig geeignete Fläche plötzlich hoch geeignet, weil offen (und somit zur Jagd zugänglich) und zudem kurzzeitig durch die Bewirtschaftung selbst noch mit besonders hohem Nahrungsangebot (Mahdopfer u. ä.) versehen.
  - Attraktivität des Ereignisses als solches (Signalwirkung):  
Die Detektionswahrscheinlichkeit der Fläche ist unmittelbar zur Zeit der Bewirtschaftung noch zusätzlich gesteigert, indem die Bewirtschaftung (einschließlich Sekundäreffekten wie z. B. Staubentwicklung, hoch über der Fläche kreisende Milane) eine Signalwirkung hat, und zwar abhängig von  
Mindestgröße, Zeitdauer der Bewirtschaftung, unter Umständen Relief, räumlichem Kontext („attraktive Lage“) sowie  
ggf. Typ des Bewirtschaftungsereignisses (Mahd, Wenden, Umbruch, etc.).
  - Jahreszeitlicher Kontext:  
Je geringer das Nahrungsangebot im Lebensraum der Vögel und je größer der Nahrungsbedarf zum entsprechenden Zeitpunkt sind, desto bedeutsamer könnte die frisch bewirtschaftete Fläche sein, wenn z. B.  
das erste Bewirtschaftungsereignis in einem bestimmten Zeitraum interessanter ist als spätere,  
der Nahrungsbedarf im Zuge der Jungenaufzucht steigt etc.
  - Vergangene Zeit nach Beginn des Bewirtschaftungsereignisses:  
Für ein gegebenes Bewirtschaftungsereignis gilt, dass die Attraktivität allmählich abflaut. Parameter sind hierbei:  
Kalendertag seit Ereignis,  
Typ der Bewirtschaftung (u. a. Umbruch, Mahd oder Ernte, Wenden),  
Initialereignis vs. Folgeereignis.

Bezüglich der Maßstabsfindung, wann die Maßnahme als hinreichend wirksam gelten kann, ist zu beachten, dass eine Rückkehr zu der – aufgrund des geschlossenen Bewuchses – geringen Attraktivität vor der Bewirtschaftung erst wieder zu erwarten ist, wenn das Grünland ausreichend hoch oder eine neue Generation von Feldfrüchten nachgewachsen oder das Beuteaufkommen aus anderen Gründen erschöpft ist (vgl. Kap. 3.2.1.1). Zumindest in Sachsen-Anhalt tritt die „geringe Attraktivität“ (indiziert durch eine gegenüber dem Zustand vor der Mahd / Ernte nicht mehr erhöhte Nutzungsintensität) spätestens ab dem 6. Kalendertag nach dem Bewirtschaftungsereignis (initiales Ereignis und / oder Folgebewirtschaftungsereignis) ein, ohne dass sich der Bewuchs nennenswert verändert hat, was anzeigt, dass das Beuteaufkommen entweder erschöpft oder soweit abgeschöpft ist, dass die Fläche nicht mehr stärker aufgesucht wird als geschlossene Flächen.

Offenheit an sich ist kein Faktor, der eine signifikante Steigerung der Gefährdung bewirkt, sondern nur, wenn er eine erhöhte Verfügbarkeit von Beute signalisiert. Jedenfalls für lokale Brutvögel unter den Milanen tritt dies nur in Verbindung mit einem die Offenheit aus einem geschlossenen Zustand heraus schaffenden (und damit Beutezugänglichkeit herstellenden) Bewirtschaftungsereignis auf.

### **6.3.2.2 Antreffwahrscheinlichkeit von Rotmilanen auf der Bewirtschaftungsfläche**

Dieser Wert stellt das Produkt der Antreffwahrscheinlichkeit ohne Bewirtschaftung mit dem aus der Bewirtschaftung resultierenden Steigerungs-Faktor (siehe oben) dar und hängt auch davon ab, wie hoch der Basiswert für die Attraktivität einer Fläche ist. Dieser kann auf die jeweilige Bewirtschaftungsfläche bezogen dargestellt werden (z. B. Aufenthaltssekunden / Stunde auf der Fläche), oder als Intensität (Aufenthaltssekunden / Stunde / Hektar). Je höher die Antreffwahrscheinlichkeit der betreffenden Art im Gefahrenbereich ist, desto dringlicher ist die Durchführung / desto größer muss die Vermeidungswirkung der Maßnahme sein.

Die Attraktivität einer Fläche kann abhängen von

- Horstnähe bzw. Vorkommen von Brutvögeln
- Dichte von Nichtbrütern
- Attraktivität einer gegebenen Flächengröße (verminderte Anziehungswirkung sehr kleiner oder sehr großer Flächen)
- Attraktivität hinsichtlich Beute
- Offenheit (Beutezugänglichkeit)
- Art der Feldfrucht / Grünland
- Regionale Aspekte mit Einfluss auf die Abundanz und Artenzusammensetzung der Beute
- Räumlicher Kontext (hat Einfluss sowohl auf Nutzungsintensität ohne Bewirtschaftung als auch auf die Entdeckbarkeit)
- Grenzlinien in der Umgebung (mit Strukturen als Quelle von Beutetieren)
- Saisonalität

### **6.3.2.3 Lage von Flächen mit Bewirtschaftungsereignissen nahe des Windparks innerhalb des Home Range**

Die Notwendigkeit der bewirtschaftungsbedingten Abschaltung hängt auch davon ab, in welcher Nähe sich bewirtschaftete Fläche und WEA zueinander befinden, aber auch davon,

welche weiteren räumlichen Parameter die Flugwege der ansässigen Brutvögel oder gegebenenfalls zahlreich angelockter Nichtbrüter in den Gefahrenbereich hinein beeinflussen:

- Lage des Horstes, der Bewirtschaftungsfläche und der WEA zueinander,
- Lage weiterer gleichzeitiger Bewirtschaftungsereignisse,
- Sonstige Parameter mit Einfluss auf die Form des Home Range zum Zeitpunkt des Mahdereignisses (z. B. intraspezifische Konkurrenz).

### 6.3.3 Schlussfolgerungen aus den Projektergebnissen zum Raumbezug der Anlockwirkung

Angesichts der Vielzahl der Parameter und des oft nur ansatzweisen, nicht quantifizierbaren Wissens um die Zusammenhänge steht eine quantitative Prognose der Wirksamkeit vor erheblichen Schwierigkeiten. Einige der benötigten quantitativen Aussagen lassen sich aber aus dem vorliegenden Projekt heraus beitragen. Vorliegend werden sie primär mit Bezug auf die Notwendigkeit von Betriebszeitenregulierungen dargestellt. Prinzipiell gelten die Aussagen aber auch für die Betrachtung von Ablenkmaßnahmen, wobei hier ein anderer Betrachtungsmaßstab angelegt werden muss (vgl. Kap. 6.4.2).

Als Faktoren für die Anlockwirkung von Bewirtschaftungsereignissen und damit verbunden die Notwendigkeit der temporären Abschaltung von Windenergieanlagen sind sowohl die **Attraktivität bestimmter Feldfrüchte** als auch die **Saisonalität** relevant (vgl. Kap. 5.2). Der Einfluss der Feldfrucht war auf den Ackerflächen in Sachsen-Anhalt deutlich. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass Luzerne und Grünroggen eine stärkere Attraktion ausüben als andere Feldfrüchte. Frühe Bewirtschaftungsereignisse, insbesondere in WEA-Nähe, in Sachsen-Anhalt in den Monaten Mai und Juni, sind als besonders kritisch bezüglich einer signifikanten Steigerung der Anlockwirkung und dem daraus in diesem Bereich resultierenden erhöhten Tötungsrisikos zu betrachten.

Hohe Flächenanteile von Luzerne und vergleichbar attraktiven Feldfrüchten im Gefahrenbereich einer WEA indizieren also bereits ein gesteigertes Risiko. Dies gilt insbesondere in Gebieten mit einer hohen Dichte von Nichtbrütern (siehe unten). Entsprechend sollten in der Umgebung von WEA, unabhängig von den notwendigen bewirtschaftungsbedingten Abschaltungen, wenig attraktive Feldfrüchte wie Weizen angebaut werden, mit möglichst früh einsetzendem und lange anhaltendem Lückenschluss der Vegetation sowie später Ernte.

Für den **Typ des Ereignisses** (Ernte / Mahd, Wenden, ...) ergaben sich in Sachsen-Anhalt keine signifikanten Unterschiede in der Attraktivität. In Freisen liegt der Median für Wenden deutlich unter dem für die beiden die Offenheit und Beuteverfügbarkeit stärker begünstigenden Ereignisse Mahd oder Schwaden, was mit den insgesamt kleineren Bewirtschaftungseinheiten und der davon abhängigen geringen Steigerung an Beuteangebot im Vergleich mit der Umgebung zusammenhängen kann.

Beweidete Flächen wurden im Mittelgebirge nach den im UG Freisen gewonnenen Daten deutlich gemieden. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wäre vor einer Verallgemeinerung aber eine weitere Prüfung erforderlich.

Zu erwarten wäre gewesen, dass die zunehmende **Offenheit der Umgebung** im Landschaftsraum zugleich die Attraktivität einer einzelnen, bewirtschafteten Fläche senkt, weil sie die „Besonderheit“ des Bewirtschaftungsereignisses verringert. Die Projektergebnisse zeigen jedoch komplexere Zusammenhänge. In Sachsen-Anhalt war die Aktivitätsdauer von Rotmilanen auf bewirtschafteten Flächen besonders hoch im Frühjahr, bei mäßiger Offenheit (vgl. Kap. 4.1) der Gesamtlandschaft, wobei die meisten offenen Flächen jedoch unattraktiv

waren (vorherrschend noch unbestellte Schwarzbrachen). Auf Luzerneflächen war sie gesamtsaisonal sehr hoch, wenn auch tendenziell abnehmend. Mit zunehmender sehr starker Offenheit der Gesamtlandschaft, ab Mitte Juli, nahm die Aktivitätsdauer auf allen Mahdflächen ab.

Für die **Signalwirkung des Bewirtschaftungsereignisses** (davon zu trennen ist die unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Flächengrößen) ergab sich für das grünlanddominierte, im struktur- und reliefreichen Mittelgebirge gelegene UG Freisen mittelbar eine untere Flächengröße der betreffenden Bewirtschaftungsflächen (von ca. 0,4 ha). Kleine Flächen wurden bei Bewirtschaftung auch in Relation zur Fläche von den Vögeln unterdurchschnittlich stark besucht. Ein Erklärungsansatz ist, dass bedingt auch durch den kürzeren Zeitraum, in dem das Ereignis auf einer kleinen Fläche stattfindet, Bewirtschaftungsereignisse weniger wahrgenommen werden, die Detektionswahrscheinlichkeit also geringer ist. In den UG in Sachsen-Anhalt sind die Flächen allerdings generell so groß, dass von einem Bewirtschaftungsereignis auch eine Signalwirkung ausgehen kann. Tendenziell ist der Aufenthalt auf kleineren Flächen dort zwar kürzer, doch ist dieser Effekt nicht proportional zur Flächengröße. Auch kleine Flächen können also eine hohe Anlockwirkung ausüben und dementsprechend – in der Nähe der WEA – ungünstige, risikoe erhöhende Folgen haben. Bezüglich des weiteren Einflusses der Flächengröße ergaben die Untersuchungen kein klares Bild (vgl. dazu in Kap. 5.1.2).

**Grenzl意思 und Grenzstrukturen** (Gehölze, Raine, Säume, Feldwege etc.) hatten eine starke Attraktionswirkung auf die Raumnutzung. Diese Bevorzugung (vgl. Kap. 4.4.1) war besonders deutlich in Sachsen-Anhalt, wo Grenzl意思 aufgrund der Großflächigkeit der Bewirtschaftungseinheiten selten(er) auftreten. Soweit in räumlicher Nähe zu WEA solche strukturgebenden Elemente vorhanden sind, können sie die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Milanen im Gefahrenbereich der WEA erhöhen und bedürfen mit Blick auf etwaige Abschalterfordernisse einer besonderen Beachtung, losgelöst von den vorgenannten Bewirtschaftungsflächen.

Bewirtschaftungsflächen bzw. -ereignisse haben unter Umständen einen hohen „Einzugsbereich“: Die durchschnittliche **Entfernung** angeflogener Bewirtschaftungsereignisse **vom Horst** (also für Brutvögel) betrug in Sachsen-Anhalt 1,9 km. Setzt man die Lokalisation der Mahdfläche, von der nur im nahen Umfeld von WEA eine Gefährdung (erhöhtes Kollisionsrisiko) ausgehen kann, hilfsweise gleich mit dem WEA-Standort, erfolgen die Nutzungen überwiegend innerhalb des Prüfbereichs der WEA von 4.000 m nach LAG VSW (2015). Dennoch nistet nur ein Teil der angelockten Brutvögel innerhalb des nach UMK (2020a) festgelegten Regelbereichs von 1.000 / 1.500 m um die WEA (vormals Mindestabstand in LAG VSW 2015). Dies gilt insbesondere für attraktive Feldfrüchte wie Luzerne, die noch bis in größere Entfernung angeflogen werden (durchschnittliche Entfernung 2,2 km). Bei Getreide betrug der Durchschnitt nur 1,4 km (vgl. Kap. 5.2). Die Maßnahme ist somit nicht nur veranlasst, wenn ein Horst im Regelbereich um die WEA besteht.

Für das UG Freisen wurde unter den Bedingungen im Mittelgebirge mittelbar anhand der Veränderungen von Tageshomeranges festgestellt, dass außerhalb der 2-km-Horstumgebung Bewirtschaftungsereignisse noch angeflogen werden, diese jedoch eher eine untergeordnete Rolle spielen. Darüber hinausgehende Flugbewegungen wurden nur in geringem Ausmaß festgestellt. Das heißt, anhand der vier telemetrierten Individuen sind wesentliche Attraktionswirkungen am Mittelgebirgsstandort regelmäßig nur in Bereichen kleiner 2 km zu erwarten.

Mehrere zeitgleiche Bewirtschaftungsereignisse, im Nahbereich um die WEA herum (oder insbesondere an verschiedenen Stellen im Windpark) verteilt, sind als besonders kritisch zu

erachten, weil sie Pendelflüge im Gefahrenbereich provozieren.

Bezüglich der **Anlockung von Nichtbrütern** liegen aus dem Projekt zahlreiche Befunde vor. In Sachsen-Anhalt wurden telemetrierte Nichtbrüter auch aus großer Entfernung von den Tages-Schlafplätzen angelockt (8,1 km für Luzerne, 4,5 km für Getreide).

Da die Anlockwirkung auch für Nichtbrüter stark ausgeprägt ist, ergibt sich fachlich als auch artenschutzrechtlich die Schlussfolgerung, dass Abschaltungen bei Bewirtschaftungsereignissen und an deren Folgetagen im nahen Umfeld von WEA generell erforderlich sein könnten.

Alle Faktoren zusammengenommen ergeben eine im Rahmen des Projekts ermittelte sehr erhebliche **Attraktivitätssteigerung** (Effekt) für Brutvögel und Nichtbrüter infolge von Bewirtschaftungsereignissen. Am Bewirtschaftungstag unterscheiden sich Bewirtschaftungs- (Maßnahmenflächen) und nicht bewirtschaftete Flächen im Umfeld bis zum Faktor 30 (Sachsen-Anhalt) bzw. Faktor 25 (Freisen).

#### **6.3.4 Effektdauer der Anlockwirkung von Maßnahmen**

Ein **Effekt** kann unterstellt werden, wenn mit Einsetzen der Maßnahmen (bzw. der Bewirtschaftung) die Nutzungsintensität auf einer Fläche höher ist als vor Beginn der Maßnahme, bzw. hilfsweise, höher liegt als im Mittel auf unbewirtschafteten gleichartigen Flächen (Erwartungswert). Ist die Nutzungsintensität mindestens doppelt so hoch wie zuvor, liegt ein sehr starker Effekt vor.

Bezüglich der **Effektdauer** – welche für die auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht unerhebliche Dauer / Länge der Abschaltzeiten maßgeblich ist, ergeben sich nach unseren Daten die folgenden Orientierungswerte (vgl. Kap. 5.2):

- In ackerbaudominierten und großflächig strukturierten Landschaften mit geringem Waldanteil vorwiegend des Flachlandes (vergleichbar den Untersuchungsräumen Hakel und Querfurter Platte in Sachsen-Anhalt) ist die Attraktivität am Bewirtschaftungstag sehr stark erhöht. Eine gegenüber dem Vorzustand erhöhte Nutzungsintensität (siehe in Kap. 6.3.2.1) ist – nach dem eigentlichen Bewirtschaftungstag allerdings sukzessive abnehmend – bei Grünroggen und bei Luzerne (sofern Mahd bis Mitte Juli) noch über 5 Folgetage, bei anderen Kulturen und späteren Luzernemahden noch über 3 Folgetage festzustellen. Dies trifft ebenso auf Folgebewirtschaftungen zu. Nur nach Bodenbearbeitung geht in den Folgetagen die Aktivität schneller zurück und ist bereits am Folgetag 2 nicht mehr erhöht. Die Effekte aufeinander folgender Bewirtschaftungsgänge addieren sich jeweils ab dem Tag des Folgeereignisses, so dass z. B. auch Konstellationen mit einer kumulativen Effektdauer von bis zu 10 Tagen zustande kommen können.
- In grünland- und walddominierten Landschaften vorwiegend des Mittelgebirges (vergleichbar dem Untersuchungsraum im saarländischen Mittelgebirge) ist die Attraktivität am Bewirtschaftungstag ebenfalls sehr stark erhöht. Danach sinkt die Attraktivität ab, liegt aber in den 3 Folgetagen weiter sehr deutlich (Steigerung > 100 %) über dem allgemeinen Erwartungswert (vgl. Kap. 4.2.1). Ab Tag 4 nach der Mahd ist die Nutzungsintensität nur noch im Zusammenhang mit Folgebewirtschaftungen relevant erhöht. In diesen Fällen dauert der Effekt noch bis einen Tag nach der Folgebewirtschaftung an.

## 6.4 Ablenkung durch die Anlage von Nahrungsflächen außerhalb des Gefahrenbereichs mit angepasster Bewirtschaftung

### 6.4.1 Bestehende Regelungen

Bei der Anlage von Ablenkflächen handelt es sich um Maßnahmen zur Aufwertung und Entwicklung von Nahrungshabitaten abseits der WEA, aber mit Bezug zu einem bestehenden Horst und dem damit verbundenen brutzeitlichen Aktionsraum. In den Leitfäden werden hierzu unterschiedliche Strategien verfolgt, indem teilweise sehr nah am Brutplatz gelegene, teilweise deutlich davon entfernte Standorte empfohlen werden.

Teil der Maßnahme ist in der Regel eine optimierte Bewirtschaftung dieser Flächen, damit die Flächen über einen möglichst langen Zeitraum während der Brutzeit für die Greifvögel maximal attraktiv sind (z. B. Staffelmahd nach Mammen et al. 2013).

Gesteuert werden soll das Anlocken ansässiger Brutvögel über für die Arten attraktive Flächenmerkmale. Als hoch „attraktiv“ gelten z. B. extensives Grünland, Ansaat von Luzerne oder Klee gras, Streifenmahd (vgl. die folgende Tab. 41).

Tab. 41: Angaben zur Vermeidungsmaßnahme Ablenkflächen für den Rotmilan in den Leitfäden der Länder

Quellen: UM & LUBW (2021), LfU BY (2021)/BayWEE (2016), MLUL (2018), HMuKLV & HMWEVW (2020)/Garniel (2014), LUNG MV (2016), NMUEK (2016), MKUNLV & LANUV (2017), MUEEF (2020)/UMK (2020), Richarz et al. (2013), SMEKUL (Entwurf 05/2021), MULE ST (2018), MELUND SH & LLUR (2021), TLUG (2017)

Größe der Ablenkfläche	BW	BY	BB	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
mind. 2 x die von den Rotorblättern der WEA bestrichene Fläche/BP mit Streifenmahd o. ä.					X								
5 ha Grünland mit angepasster Bewirtschaftung <sup>28</sup> + 5 ha sonstige Nahrungsflächen	X												
7,5 ha Grünland mit angepasster Bewirtschaftung <sup>29</sup> + 1 ha sonstige Nahrungsflächen	X												
35 ha Grünland oder Acker mit angepasster Bewirtschaftung (2 ha jeden 2. Tag)													X
kleinparzellig mit ausreichend häufigen Pflegemaßnahmen		X											
Landwirtschaftsfläche mit wöchentlicher Bewirtschaftung von 1 ha										X			
Extensives Grünland, Luzerne, Klee gras, Streifenmahd, Beweidung, Ackerlebensräume-Milanvariante (SL: 1-2 ha)								X	X			X	
Strukturanreicherung anrechenbar					X								
Saisonal angepasste Bewirtschaftung	BW	BY	BB	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
Mai-Juli	X												

<sup>28</sup> Größe für 1 WEA, weitere mit Abschlügen. Jeweils Mahd von 1 ha im 6-Tage-Rhythmus vom 01. Mai – 31. Juli

<sup>29</sup> Größe für 1 WEA, weitere mit Abschlügen. Jeweils Mahd von 1 ha im 4-Tage-Rhythmus vom 01. Mai – 31. Juli

<b>Entfernung der Ablenkfläche vom Horst</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
im Umgebungsbereich der Brutstandorte		X			X								
optimal 1.000-2.000 m					X								X
innerhalb 2.000 m					X								
innerhalb 3.000 m				X									
<b>Entfernung der Ablenkfläche von WEA</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
mindestens 500 m									X				
mind. 1.000-1.500 m	X			X	X								
3.000 m													X
in der Regel 4.000 m										X			
<b>Kombination</b>	<b>BW</b>	<b>BY</b>	<b>BB</b>	<b>HE</b>	<b>MV</b>	<b>NI</b>	<b>NW</b>	<b>RP</b>	<b>SL</b>	<b>SN</b>	<b>ST</b>	<b>SH</b>	<b>TH</b>
obligatorisch (Monitoring, ggf. Folgemaßnahmen)							(X)						X

Bezüglich der konkreten Ausgestaltung der Maßnahme liegen wenige konkrete Handreichungen vor. Beispielhaft wird auf die Angaben beim Vertragsnaturschutzmuster SH „Ackerlebensräume – Milanvariante“ verwiesen (MELUND SH & LLUR 2021), bezüglich der Grünlandflächen auf die entsprechende Maßnahmenbeschreibung im Leitfaden für Artenschutzmaßnahmen des MKULNV (2013 – Aktualisierung 2022).

#### 6.4.2 Geeignete Bewertungsparameter und -maßstäbe

Die von uns ermittelten Ergebnisse zur Attraktivität landwirtschaftlicher Flächen (Kap. 6.3.3 ff.) sind auf Ablenkflächen unmittelbar übertragbar, müssen aber unter anderem Blickwinkel beurteilt werden. Entsprechend gelten viele im vorausgehenden Kap. 6.3 getroffene Aussagen zur Problematik WEA-naher Flächen spiegelbildlich auch für Ablenkflächen. Im Vordergrund steht dabei die Betrachtung der Rotmilane. Die Ergebnisse werden in der Regel aber auch als übertragbar auf Schwarzmilane erachtet, auf Abweichungen wird verwiesen.

Neben den zahlreichen im letzten Kapitel dargestellten, die Attraktivität betreffenden Parametern, die als Bewertungsmaßstab in Betracht gezogen werden können, spielt für die Wirksamkeit von Ablenkflächen ein weiterer Aspekt zusätzlich eine Rolle, nämlich

- Ausmaß und Dauer der Veränderung des Raum-Zeit-Verhaltens der angelockten Tiere durch das Bewirtschaftungsereignis:

Die Ablenkfläche kann nur hinreichend wirksam sein, wenn sie ausreichenden Einfluss auf das Bewegungsmuster der angelockten Individuen hat. Parameter hierfür können sein:

- die Dauer des Aufenthalts auf der Ablenkfläche
- Relevante Verlagerung der Aktivität weg von der WEA, z. B. angezeigt durch eine Veränderung der Form der Tageshomeranges oder der sektoralen Raumnutzung.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die Ablenkung (im Unterschied zur Anlockung) konkret auf bestimmte Brutvögel, deren individuelles Risiko durch eine Beeinflussung der Raumnutzung gemindert werden soll, wirken muss.

### 6.4.3 Ablenkungseffekte und Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen

Die Ergebnisse des vorliegenden Projekts lassen nicht erkennen, dass bei Brutvögeln die **Dauer des Aufenthalts über einer bewirtschafteten Fläche** in Relation zur täglichen Aktivitätsdauer während der Brutzeit eine relevante (wirksame) Größe erreicht. Die Aufenthaltsdauer auf den Flächen in den UGs in Sachsen-Anhalt betrug 15 % am Tag der Bewirtschaftung und am dritten Tag nur noch 3 % (vgl. Kap. 4.2.2.1; für das UG Freisen liegen hierzu keine Vergleichswerte vor). Die in Kap. 4.2.3 dargestellten Ergebnisse aus der Analyse der sektoralen Raumnutzung in den UGs in Sachsen-Anhalt lassen ebenfalls nicht erkennen, dass Brutvögel ihren **Tagesaufenthaltsbereich** während der Brutzeit infolge von Bewirtschaftungsereignissen relevant verändern (die auf der „Ablenkseite“ nachgewiesene Zunahme der Aktivität um 13 % war statistisch nicht signifikant). Das gilt ausnahmslos für alle in den drei Gebieten (2 UG in Sachsen-Anhalt, ein UG im Mittelgebirge) untersuchten Flächenkonfigurationen hinsichtlich Flächengröße und -verteilung. Auch im UG Freisen ergaben sich für die dort telemetrierten Rotmilane keine durchschlagend anderen Ergebnisse (Kap. 4.2.3). Insoweit fehlen Belege für ein ausreichendes Ausmaß der Nutzung bzw. der Lenkungswirkung in Richtung der Maßnahmenfläche(n) im Sinne der UMK (2020a: 15).

Für Schwarzmilane konnte in Sachsen-Anhalt eine leichte Lenkungswirkung in Richtung Mahdfläche festgestellt werden; in Bezug auf diese Art war – unter Berücksichtigung anderer Werte bezüglich der Grundgesamtheit – die Zunahme auf der „Ablenkseite“ statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ) und lag je nach Anbaukultur bei 13-16 %. Die starke individuelle Variabilität der Raumnutzung (siehe Kap. 4.2.3.2) in Kombination mit der höheren Mobilität von Schwarzmilanen, die Mahdflächen ohne ersichtliche intraspezifische Konkurrenzrestriktionen auch über weite Entfernungen aufsuchen, zeigen aber, dass die erzielbaren Verlagerungseffekte wiederum nicht genügen, um der Maßnahme eine planerische und rechtlich ausreichende Wirksamkeit zu bestätigen. Eine für die artenschutzrechtliche Beurteilung ausreichend verlässliche Prognosen bezüglich der Flächenwahl / Reaktion der Milane ist nicht möglich. Diese Feststellung betrifft wie dargestellt alle drei Untersuchungsgebiete, unabhängig vom naturräumlichen Bezug mit unterschiedlicher Ausstattung der Landschaften und ist unabhängig von der Größe der Maßnahmenflächen.

Angesichts dessen, dass Unterschiede statistisch entweder generell nicht nachweisbar (Rotmilan, nicht signifikant) waren oder unauffällig (Schwarzmilan) blieben, und die individuelle Varianz der festgestellten Werte sehr groß war, kommt auch nicht in Betracht, eine „planungsrelevante“, ausreichende Wirksamkeit in artenschutzrechtlicher Hinsicht als „Ablenkmaßnahme“ abseits statistischer Nachweise zu konstatieren. Obgleich die Milanaktivität insgesamt auf Maßnahmenflächen stets hoch war, ist die Wirksamkeit der Maßnahme „Ablenkflächen“ nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen aus Sicht der Forschungsnehmer nicht mit der vom Artenschutzrecht für Vermeidungsmaßnahmen geforderten ausreichenden Sicherheit bezüglich des Effektes pauschal ableitbar. Während beim Maßnahmetyp „Bewirtschaftung“ im Nahbereich von WEA aufgrund stark erhöhter Milan-Aktivitäten (sowohl von Brutvögeln als auch von Nichtbrütern) die Abschaltung erforderlich ist, um ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko der zahlreichen anwesenden Individuen auszuschließen (vgl. Kap. 6.3), konnte im Projekt keine ausreichende Evidenz für die Wirksamkeit der Maßnahme „Bewirtschaftung“ als gezielte Ablenkfläche für Brutpaare der Arten Rotmilan und Schwarzmilan festgestellt werden. Der Betrachtungswinkel der beiden Maßnahmetypen setzt unterschiedliche Maßstäbe hinsichtlich der erforderlichen Wirksamkeit an, deren Evidenz für „Ablenkflächen“ nicht ausreicht, um sie als Typus für artenschutzrechtlich wirksam zu erklären.

Diese Ergebnisse untermauern die in der Vollzugshilfe der UMK (2020a) und einer Reihe von Länderleitfäden bereits dargestellten Vorbehalte, wonach einzelne Ablenkflächen – im

Spektrum der von uns untersuchten Qualität und Quantität – das generelle Revier- bzw. Raumnutzungsverhalten nicht maßgeblich beeinflussen können (vgl. MELUND SH & LLUR 2021: 76). So sinnvoll Maßnahmenflächen (mit denselben Bewirtschaftungsregelungen wie auf den Ablenkflächen) unter dem Aspekt der Populationsstärkung nach allgemeiner Überzeugung und gestützt auf empirische Daten (u. a. Katzenberger & Serfling 2020) sind (vgl. dazu in Kap. 6.5), vermögen sie – für Rotmilan und Schwarzmilan – nicht die zwingend erforderliche verlässliche Lenkungswirkung zu entfalten.

Im Zusammenhang eines alle relevanten Maßnahmen umfassenden „Schutzkonzeptes“ können Ablenkmaßnahmen, wie in UM & LUBW (2021) empfohlen, zusammen mit Abschaltmaßnahmen während Bewirtschaftungsereignissen, einen – wie aufgezeigt – sehr begrenzten Beitrag leisten. Die Höhe des Beitrags der Ablenkmaßnahmen zum Schutzkonzept lässt sich nicht sicher prognostizieren. Dies wird nicht zuletzt durch die von uns festgestellte individuelle Reaktionsbreite der Rotmilane belegt. Dieser Befund begründet grundsätzlich auch die geringe Eignung der Einzelmaßnahme. Vor diesem Hintergrund erscheint auch die Anforderung des LUNG Mecklenburg-Vorpommern (2016: 36), „die Funktionsfähigkeit der Lenkungsflächen während des gesamten Genehmigungszeitraumes sicherzustellen“, nicht verhältnismäßig erfüllbar, sofern damit die in der Regel gebotene permanente Funktionsfähigkeit während der jährlichen Brutsaison gefordert wird. Perspektivisch gesehen ist es auch eine Frage des im Einzelfall erforderlichen Aufwands, ob sich die Optimierung von Ausgleichsmaßnahmen durch seltenere automatische Abschaltungen bezahlt macht. Insofern sollten potenzielle Ablenkeffekte bei der Planung von Maßnahmen nicht ignoriert werden, auch wenn diese Maßnahmen keinen Status als Vermeidungsmaßnahme beanspruchen können.

## **6.5 Maßnahmen zur Sicherung des Erhaltungszustandes / FCS-Maßnahmen**

Maßnahmen zur Sicherung des Erhaltungszustandes (FCS-Maßnahmen, engl. favorable conservation status) werden im artenschutzrechtlichen Leitfaden der EU-Kommission (2021) für erforderlich gehalten, wenn keine Vermeidung möglich ist, die weiteren Voraussetzungen für eine artenschutzrechtliche Ausnahme nach dem Bundesnaturschutzgesetz (§ 45 Abs. 7 BNatSchG) gegeben sind und Maßnahmen zur Sicherung des günstigen Erhaltungszustands einer durch die Ausnahme beeinträchtigten Art (hier die Milane) zur Populationsstützung fachlich geboten sind.

Die geschilderten Maßnahmen schaffen nachweislich günstige Nahrungshabitate für die Milane. Insofern dienen die Maßnahmen anerkanntermaßen der Verbesserung der Habitatbedingungen des Rotmilans in der Landschaft und tragen objektiv zur Bewahrung oder Verbesserung des Erhaltungszustands der Population bei. Als FCS-Maßnahme hat daher der Maßnahmentyp „Ablenkung“ (Anlage von Nahrungsflächen außerhalb des Gefahrenbereichs mit angepasster Bewirtschaftung) eine sehr gute Eignung. Die Bereitstellung von als Nahrungshabitat günstigen Flächen kann – in Kombination mit den als Vermeidungsmaßnahmen wirksamen und deswegen rechtlich gebotenen Abschaltungen – als Maßnahme insbesondere im Kontext einer artenschutzrechtlichen Ausnahme ihre Berechtigung haben. Sie können dazu beitragen, dass Milane der lokalen Brutpopulation aufgrund der Verteilung der Nahrungshabitate im weiteren Umfeld und aufgrund vergleichsweise stabiler Nahrungsverfügbarkeit mittelfristig ein Revier fern der WEA begründen (können), und deswegen – ebenso mittelfristig,

prognostisch nicht hochgradig sicher<sup>30</sup> und daher nicht als Vermeidungswirkung eingestuft – einer geringeren Gefährdung im Bereich der WEA unterliegen.

Auch wirtschaftlich könnten Maßnahmen, welche die Nahrungshabitatverfügbarkeit abseits von Windparks fördern, interessant sein, wenn sie mittelfristig zu einer Revierverlagerung beitragen können und dadurch Abschaltungen durch automatische Abschaltssysteme (mit denen in Zukunft absehbar zu rechnen ist) reduzieren.

## **6.6 Ableitung projektbasierter Empfehlungen für die Praxis**

Die Faktoren für eine signifikant erhöhte Kollisionsgefahr von Rotmilan und Schwarzmilan an WEA bzw. im Umfeld von WEA und Windparks sind grundsätzlich bekannt: Die Kollisionsgefahr resultiert aus dem Phänomen, dass im Zeitraum sehr hohen Nahrungsbedarfs der Milane und entsprechend hoher Aktivität in der Landschaft kaum Flächen verfügbar sind, die sich als Nahrungshabitate eignen. Entsprechend hoch ist die Attraktivität von Nutzflächen, Brachflächen und Zufahrtswegen um die WEA, die offene und gleichzeitig relativ beutereiche Strukturen darbieten. Mahd und andere Bewirtschaftungsereignisse auf den die WEAs unmittelbar umgebenden landwirtschaftlich genutzten Flächen verstärken die Attraktionswirkung und damit das Kollisionsrisiko erheblich.

Bei den im Rahmen dieses Projekts durchgeführten empirischen Untersuchungen standen folgende Maßnahmentypen im Mittelpunkt des Interesses, denen eine Vermeidungswirkung zugeschrieben wird:

1. die Abschaltung der Anlage im Falle von Bewirtschaftungsereignissen mit Anlockwirkung für Milane im bzw. in den Gefahrenbereich,
2. die Anlage von „Ablenkflächen“ (Maßnahmen zur Aufwertung und Entwicklung von Nahrungs- und Bruthabitaten, um Milane vom Windpark wegzulenken, mit besonderem Fokus auf der Wirksamkeit von Bewirtschaftungsereignissen).

Für die Genehmigungsplanung für WEA ergeben sich aus dem Projekt heraus folgende zentralen Empfehlungen und Hinweise:

### **6.6.1 Vermeidungsmaßnahme Abschaltung**

Mahd / Ernte, Folgebewirtschaftungsgänge oder Bodenbewirtschaftung lösen vor allem am Bewirtschaftungstag (in den UGs Sachsen-Anhalt und im Mittelgebirge im UG Freisen unterschiedslos) hohe Aktivität von Milanen aus, die im Lauf einiger Tage abnimmt und ausklingt. Nach Bodenbearbeitung (Grubbern oder Pflügen) geht in den Folgetagen die Aktivität schneller zurück als nach Mahd oder Folgebewirtschaftung (Schwaden, Wenden, Häckseln, Abtransport).

Bezüglich der Abschaltung und ihres Zusammenhangs mit der Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Flächen im Windpark selbst und in dessen Umfeld sollten, begründet auf den hier vorgelegten wissenschaftlichen Daten, folgende Regelungen festgelegt werden:

- in weitläufigen, überwiegend ackerbaulichen Gebieten mit Brutvögeln und Nichtbrütern (vergleichbar den Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt) bei Mahd / Ernte bestimmter Kulturen

---

<sup>30</sup> Einschränkung wirkt, dass die konkreten Brutrevierinhaber durch verschiedenste Restriktionen, Entfernungsabhängigkeit, intraspezifische Konkurrenz und Territorialität, Offenheit des Umfeldes, nur mäßig angesprochen werden.

- bis Ende Juli: Tage der Mahd + 5 nachfolgende Kalendertage (Luzerne, anderes überjähriges Feldfutter wie z. B. Grünroggen), Mahdtag + 3 Tage (andere Kulturen), ebenso zzgl. (und ggf. über diese Kalendertage hinausgehend) der Tag der Folgebewirtschaftung dieser Kulturen + 5 Tage (überjähriges Feldfutter) bzw. +3 Tage (andere Kulturen),
- ab Ende Juli: Mahdtag + 3 Tage (Luzerne), Mahdtag + 2 Tage (andere Kulturen) (dieser Termin kann regional variieren, wäre je Region einmalig festzulegen; Bezugswert ist ein Offenheitsindex der Landschaft von mindestens 0,6), ebenso zzgl. (und ggf. über diese Kalendertage hinausgehend) der Tag der Folgebewirtschaftung dieser Kulturen + 3 Tage (Luzerne) bzw. +2 Tage (andere Kulturen),
- in durch Wald und Grünland maßgeblich geprägten Gebieten im Mittelgebirge mit vergleichsweise geringem Anteil Nichtbrüter (vergleichbar dem UG Freisen) bei Mahd von Grünland: Mahdtag + 3 Tage, zzgl. (und ggf. über diese Kalendertage hinausgehend) der Tag der Folgebewirtschaftung + 1 nachfolgender Kalendertag,
- bei Bodenbearbeitung: Ereignistag + 1 Tag.

Die Maßnahme muss ab dem Beginn des Bewirtschaftungsereignisses für die oben genannte Zeitdauer durchgeführt werden. Bezüglich des nächtlichen Betriebs der WEA empfiehlt die LAG VSW (2017), den Zeitraum von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang von der Maßnahme auszunehmen. Als relevanten Zeitraum für die Maßnahme empfiehlt die LAG VSW (2017) die Monate April bis Oktober. Die Effektdauern aufeinander folgender Bewirtschaftungsgänge addieren sich jeweils ab dem Beginn des Folgeereignisses, so dass z. B. auch Konstellationen mit Effektdauern von bis zu 10 Tagen auftreten können.

Sofern möglich, sollten – wie bereits in verschiedenen Länderregelwerken empfohlen – sämtliche genannte Bewirtschaftungsereignisse im relevanten Umfeld der WEA vollständig auf einen Zeitpunkt sehr spät im Jahr verschoben werden und dann möglichst gleichzeitig durchgeführt werden, um lokale Konzentrationen attraktiver Flächen im Risikobereich zu vermeiden. Als relevant wird von der LAG VSW (2017) das Umfeld in einem Radius von 300 m erachtet. Diese Anforderung stellt sich zwingend, wenn im relevanten Umfeld ganz überwiegend eine kleinparzellige Flächen- bzw. Nutzungsstruktur vorherrschend ist (typischerweise in wald- und grünlandgeprägten Mittelgebirgslagen) und eine zeitgleiche oder zeitlich überlagernde Bewirtschaftung auf den verteilten Kleinflächen (oder auf Teilflächen einer sehr großen Fläche mit den WEA darin) absehbar ist. Die Milane nutzen dann verteilte Flächen um die WEA, was vermehrt Pendelflüge durch den engeren Risikobereich provoziert. Planerische Konsequenzen aus diesen gefahrerhöhenden Lagebeziehungen sind im Einzelfall abzuleiten. Es bestehen aktuell keine Ansätze, sie bei der Formulierung von Abschaltvorschriften regelhaft einzubeziehen. Bei automatisierter Abschaltung ist davon auszugehen, dass sich solche jahresweise variierenden Lagebeziehungen in einer erhöhten Anzahl von Abschaltungen bemerkbar machen werden.

Begründet auf den hier vorgelegten wissenschaftlichen Daten zum Raumbezug der Anlockwirkung von Bewirtschaftungsereignissen (Zusammenfassung vgl. Kap. 6.3.3) kommen die Forschungsnehmenden zu der gutachterlichen Empfehlung, dass auch WEA mit der Maßnahme beauftragt werden sollten, die sich außerhalb des Regelbereichs von 1.000 / 1.500 m nach UMK (2020a) befinden:

- generell, sofern sie sich in einem stark von Milanen (Brutvögel und Nichtbrüter) frequentierten Landschaftsraum befinden, anderenfalls

- in allen anderen Landschaftsräumen in einem Abstand bis 2.000 m (Durchschnittswert für die Attraktionswirkung) zu einem Milanhorst.

### **6.6.2 Vermeidungsmaßnahme Ablenkwirkung**

Die artspezifische Wirksamkeit von „Ablenkflächen“ ist für Groß- und Greifvögel nach UMK (2020a: 15) „mit einigen Einzelstudien und einstimmigen Expertenmeinungen belegt“. Dabei sei das „Ausmaß der Lenkungswirkung [...] bisher allerdings kaum quantifiziert“ (UMK 2020a: 15, vgl. auch Blew et al. 2018: 38). Entsprechend sollen die Länder „(artspezifische) Festlegungen treffen, nach welchen Kriterien Lenkungsflächen bemessen, verortet und bewirtschaftet werden sollten, damit eine hohe Wirkungswahrscheinlichkeit erreicht wird. [...] Sofern eine regelmäßige Lenkungswirkung erreicht wird, sind Ablenkflächen geeignet, das Kollisionsrisiko in relevanter Weise zu senken.“ (UMK 2020a: 16).

Die Anlage von Mahdflächen bzw. die Festlegung eines Bewirtschaftungsregimes ist für die (Ab-)Lenkung der Milan-Aktivität im Umfeld von WEA nicht (ausreichend) wirksam. Entsprechende Maßnahmen sind als Schutzmaßnahme zur Vermeidung eines artenschutzrechtlichen Verbotseintritts (§44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG) (allein) ungeeignet.

Die Mahd auf Flächen bewirkt eine sehr hohe Steigerung der Milan-Aktivität auf das bis zu 30-fache. Mahdflächen im 2-km-Radius um einen Horst werden mit hoher Wahrscheinlichkeit angefliegen, und zwar unabhängig von ihrer Lage im Aktionsraum und auch weitestgehend unabhängig von der Größe der Flächen, die gemäht oder anderweitig bewirtschaftet werden. Die Daten unseres Projektes belegen jedoch, dass zugleich auch viele andere Flächen im Aktionsraum genutzt bzw. Maßnahmenflächen (Mahdflächen) ungenutzt bleiben. Die Verlagerung der Milane auf die Nahrungsangebote im weiteren Umfeld der WEA ist nicht sicher prognostizierbar und betrifft nur kleine Anteile der täglichen Aktivität. Dieses Phänomen tritt besonders stark spät in der Saison auf, wenn gleichzeitig viele Flächen gemäht werden und verteilte Nahrungsangebote wieder zur Verfügung stehen. Eine gezielte Lenkungswirkung dieser Maßnahmen (Änderung der Raumnutzung) ist nicht nachweisbar.

### **6.6.3 Maßnahmen mit Kompensationswirkungen**

Die mit dem Ziel der Ablenkwirkung beschriebenen Maßnahmen führen ausweislich unserer Daten zu einer deutlich erhöhten Nutzung als Nahrungshabitat. Geht man davon aus, dass mit der durch Mahd realisierten Zugänglichkeit eine Steigerung der Nahrungsverfügbarkeit verbunden ist, können diese Maßnahmen in Habitaten der Milane im Zuge einer artenschutzrechtlichen Ausnahme als FCS-Maßnahmen empfohlen werden. Als FCS-Maßnahme (measures that ensure the favourable conservation status) hat der Maßnahmentyp eine sehr gute Eignung.

## 7 Literatur

- Akaike, H. (1973): Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. International Symposium on Information Theory, Second Edition: 267-281.
- Alves, M., Ferreira, J. P., Torres, I., Fonseca, C. & Matos, M. (2014): Habitat use and selection of the marsh harrier *Circus aeruginosus* in an agricultural-wetland mosaic. *Ardeola* 61: 351-366.
- Arndt, O. (2002): Die Entwicklung der Kulturlandschaft auf der Querfurt-Merseburger Platte seit dem Mittelalter. *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt* 39: 3-20.
- Aschwanden, J., Birrer, S. & Jenni, L. (2005): Are ecological compensation areas attractive hunting sites for common kestrels (*Falco tinnunculus*) and long-eared owls (*Asio otus*)? *Journal of Ornithology* 146: 279-286.
- Avgar, T., Potts, J.R., Lewis, M.A. & Boyce, M.S. (2016): Integrated step selection analysis: bridging the gap between resource selection and animal movement. *Methods in Ecology and Evolution* 7(5) 7:619-630
- Baltag, E.S., Pocora, V., Sfică, L. & Bolboacă, L.E. (2013): Common Buzzard *Buteo buteo* population during winter season in North-Eastern Romania: the influences of density, habitat selection and weather. *Ornis Fennica* 90: 186-192.
- Band, W., Madders, M. & Whitfield, D. P. (2007): Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In: de Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (eds): *Birds and Wind Power*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2014): lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- BayWEE (2016): Gemeinsame Bekanntmachung der Bayerischen Staatsministerien des Innern, für Bau und Verkehr, für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat, für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, für Umwelt und Verbraucherschutz, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie für Gesundheit und Pflege über die Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) (Windenergie-Erlass – BayWEE) vom 19. Juli 2016 (AllMBI. S. 1642).
- Bernotat, D. & Dierschke, V. (2021a): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – Teil I: Rechtliche und methodische Grundlagen, 4. Fassung, Stand 31.08.2021, 193 S.
- Bernotat, D. & Dierschke, V. (2021b): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – Teil II.3: Arbeitshilfe zur Bewertung der Kollisionsgefährdung von Vögeln an Windenergieanlagen (an Land), 4. Fassung, Stand 31.08.2021, 107 S.
- Berthinussen, A. & Altringham, J. (2015): WC1060 Development of a cost-effective method for monitoring the effectiveness of mitigation for bats crossing linear transporting infrastructure. School of Biology, University of Leeds. 60 S. + 10 Anhänge.
- Blew, J., Albrecht, K., Reichenbach, M., Bußler, S., Grünkorn, T., Menke, K. & Middeke, O. (2018): Wirksamkeit von Maßnahmen gegen Vogelkollisionen an Windenergieanlagen. *BfN-Skripten* 518.
- Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H. H. & White, J.-S. S. (2009): Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol Evol*, 24(3):127-135, Mar 2009.
- Boye, P. (1991): Die Bedeutung von linearen Saumstrukturen für Kleinsäuger auf Agrarflächen. In: *Naturschutz und Verhalten. Internationales Symposium der Ethologischen Gesellschaft, Arbeitsgruppe Ethologie und Naturschutz*. Hamburg, 28.3.-31.3.1990. *Seevögel* 12, Sonderheft 1: 13-14.

- Brand, C., Langeleh, C., Männel, T. (2020): Die Signifikanzschwelle nach § 44 (5) Nr. 1 BNatSchG – ein Verfahren zur Bewertung des Tötungsrisikos geschützter Arten im Gefahrenbereich von Windenergieanlagen, ZNER 1/2020, S. 7.
- Buck, O., Kleinwillinghöfer, L., Biscan, A., Müller, S., Völker, A. & Haub, C. (2020): Landnutzungsänderungen in Natura 2000-Gebieten. Methodenvergleich und Anwendungsbeispiele der Satelliten-Fernerkundung; Abschlussbericht des F+E-Vorhabens „Bedeutung und Auswirkungen Erneuerbarer Energien auf Natura 2000-Gebiete. Daten und Methoden der Satelliten-Fernerkundung“ (FKZ 3515 82 3800); BfN-Skripten 566, Bundesamt für Naturschutz; Bonn- Bad Godesberg, online unter: <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript566.pdf> (zuletzt aufgerufen am 01.07.2021).
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. (2002): Model selection and multi-model inference – a practical information theoretical approach. New York: Springer. 488 S.
- Calenge C. (2006): The package “adehabitat” for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197(3): 516-519.
- CLMS – Copernicus Land Monitoring Service (2021): Corine Land Cover Product User Manual (Version 1.0). 128 S. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/clc-product-user-manual> (zuletzt aufgerufen am 01.07.2021)
- Conner, M. & Plowman, B. (2001): Using Euclidean distances to assess nonrandom habitat use. In: Millsaugh, J.J. & Marzluff, J.M.: *Radio Tracking and Animal Populations*. Chapter 10. San Diego, CA, USA. 275-290.
- Conner, M., Smith, M. & Burger, W. (2003): A comparison of distance-based and classification-based analyses of habitat use. *Ecology*, 84(2): 526-531.
- Curran, P. J. (1989) ‘Remote sensing of foliar chemistry’, *Remote Sensing of Environment*, 30(3): 271-278.
- Dinno, A. (2014): dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. R package version 1.2.1. <http://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>.
- Europäische Kommission (2021a): Leitfaden zum strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der FFH-Richtlinie. Mitteilung der Kommission 12.10.2021. [https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/guidance/pdf/guidance\\_de.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/guidance/pdf/guidance_de.pdf). (Zugriff 16.11.2021).
- Europäische Kommission (2021b): Prüfung von Plänen und Projekten in Bezug auf Natura-2000-Gebiete. Methodik-Leitlinien zur Erfüllung der Vorgaben des Artikels 6 Absätze 3 und 4 der FFH-Richtlinie 92/43/EWG. [https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/methodological-guidance\\_2021-10/DE.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/methodological-guidance_2021-10/DE.pdf) (Zugriff 16.11.2021).
- Fachagentur Windenergie an Land (2017): Windenergie und Artenschutz: Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben PROGRESS und praxisrelevante Konsequenzen. Ergebnis-papier der Diskussionsveranstaltung am 17. November 2016 in Hannover. [https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_Ergebnispapier\\_PROGRESS\\_03-2017.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Ergebnispapier_PROGRESS_03-2017.pdf) (Zugriff 01.03.2022).
- Fieberg, J., Signer, J., Smith, B. & Avgar, T. (2021): A 'how to' guide for interpreting parameters in habitat-selection analyses. *The Journal of animal ecology* 90: 1027-1043.
- Field, A., Miles, J. & Field, Z. (2012): *Discovering statistics using R*. SAGE Publications Ltd. 992 S.

- Garniel, A. (2014): Grundsätzliche Eignung von Maßnahmentypen zur Vermeidung von erheblichen Beeinträchtigungen windkraftsensibler Arten in Vogelschutzgebieten mit Schwerpunkt bei den Arten Rotmilan und Schwarzstorch. Gutachterliche Stellungnahme im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. Stand 31. Oktober 2014, 30 S.
- Garratt, C.M., Hughes, M., Eagle, G., Fowler, T., Grice, P. V. & Whittingham, M. J. (2011): Foraging habitat selection by breeding kestrels *Falco tinnunculus* on lowland farmland in England. *Bird Study* 58: 90-98.
- Gelman, A. & Su, Y.S. (2013): arm: Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. R package version 1.6-04. <http://CRAN.R-project.org/package=arm>.
- Gelpke, C. & Hormann, M. (2010): Artenhilfskonzept Rotmilan (*Milvus milvus*) in Hessen. Gutachten im Auftrag der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland. Echzell. 115 S. + Anhang (21 S.).
- Gerhard, J. (2020): Die Feldmausaktivität (*Microtus arvalis*) auf unterschiedlich bewirtschafteten Flächen im Agrarland und ihr Einfluss auf die Raumnutzung des Rotmilans (*Milvus milvus*). Unveröffentlichte Master-Arbeit zur Erlangung des Grades eines Master of Science, Universität Trier.
- Gillies, S. et al. (2007): Shapely: manipulation and analysis of geometric objects. Retrieved from "<https://github.com/Toblerity/Shapely>" (zuletzt aufgerufen am 30.09.21).
- Gottschalk, E., Wasmund, N., Sauer, B. & Bayoh, R. (2015): Nahrungsmangel beim Rotmilan *Milvus milvus*? Was können zusätzliche Mahdflächen zur Nahrungsverfügbarkeit beitragen? *Abh. Ber. Mus. Heineanum* 10: 17-32.
- Grünkorn, T., Blew, J., Coppack, T., Krüger, O., Nehls, G., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., Weitekamp, S. (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.
- Hagge, N. & Stubbe, M. (2006): Aktionsraum und Habitatnutzung des Schwarzmilans (*Milvus migrans*) im nordöstlichen Harzvorland. In: Stubbe, M. & Stubbe, A. (Hrsg.): Populationsökologie Greifvogel- und Eulenarten 5: 325-335.
- Hastie, T. & Tibshirani, R.J. (1990): *Generalized Additive Models*. London, UK: Chapman and Hall. 352 S.
- Heroldová, M., Bryja, J., Zejda, J. & Tkadlec, E. (2007): Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.* 120: 206-210.
- Heroldová, M., Zejda, J., Zapletal, M., Obdržálková, D., Janova, E., Bryja, J., Tkadlec, E. (2004): Importance of winter rape for small rodents. *Plant Soil Environ.* 50: 175-181.
- Heuck, C., Sommerhage, M., Stelbrink, P., Höfs, C., Geisler, K., Gelpke, C. & Koschkar, S. (2019): Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen in Abhängigkeit von Wetter und Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Windenergieanlagen im Vogelschutzgebiet Vogelsberg. Im Auftrag des Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen. 125 S.
- HMUKLV & HMWEVW (2020): Verwaltungsvorschrift (VwV) „Naturschutz/Windenergie“. Gemeinsamer Runderlass des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen; <https://natureg.hessen.de/resources/recherche/HMUKLV/Erlasse/RunderlassNaturschutz-WindenergieStAnz2021S13.pdf>. (zuletzt aufgerufen am 30.09.21)

- Hötker, H., Krone, O. & Nehls, G. (2013): 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. 337 S. + Anhang 98 S.
- Hötker, H., Mammen, K., Mammen, U. & Rasran, L. (2017): Red Kites and wind farms – Telemetry data from the core breeding range. In: Köppel, J. (ed.): Wind Energy and Wildlife Interactions. Presentations from the CWW2015 Conference, Berlin Springer: 3-15.
- Hurlbert, S.H. (1984): Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2): 187-211.
- Isselbacher, T., Gelpke, C., Grunwald, T., Korn, M., Kreuziger, J., Sommerfeld, J., Stübing, S. (2018): Leitfaden zur visuellen Rotmilan-Raumnutzungsanalyse. Untersuchungs- und Bewertungsrahmen zur Behandlung von Rotmilanen bei der Genehmigung für Windenergieanlagen. LfU Rheinland-Pfalz. Im Auftrag des Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten. Mainz, 23 S.
- Jacob, J., (2003): Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agric. Ecosyst. Environ.* 95: 321-325.
- Janova, E., Heroldová, M., Konecny, A. & Bryja, J. (2011): Traditional and diversified crops in South Moravia (Czech Republic): habitat preferences of common vole and mice species. *Mamm. Biol.* 76: 570-576.
- Jordahl, K., Van den Bossche, J., Fleischmann, M., et al. (2020): geopandas/geopandas: v0.9 (v0.9) [Computer software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3946761> (zuletzt aufgerufen am 30.09.21).
- Karthäuser, J., Katzenberger, J. & Sudfeldt, C. (2019): Evaluation von Maßnahmen zur Verbesserung des Nahrungsangebotes für den Rotmilan *Milvus milvus* in intensiv genutzten Agrarlandschaften. *Vogelwelt* 139: 71-86.
- Katzenberger, J. (2019): Verbreitungsbestimmende Faktoren und Habitataignung für den Rotmilan *Milvus milvus* in Deutschland. *Vogelwelt* 139: 117-128.
- Katzenberger, J. & Serfling, J. (2020): Evaluation praktischer Maßnahmen zur Verbesserung der Rotmilan-Nahrungsverfügbarkeit. In: Deutsche Wildtier Stiftung (Hrsg.) (2020): Schutz der Verantwortungsart Rotmilan – Ergebnisse des Verbundprojekts Rotmilan – Land zum Leben. Tagungsband zur Abschlussveranstaltung am 22.10.2019 in Berlin, 64-73, Hamburg.
- Kayser, A. & Stubbe, M. (2003): Der Feldhamster in Sachsen-Anhalt. *Tiere im Konflikt* 7/2003.
- Kenward, R. E (2001): A Manual for Radio Tagging. Academic Press, New York, San Diego, Sydney, San Francisco. 400 S.
- Kolbe, M. & Nicolai, B. (2018): Unsichtbares sichtbar gemacht: Gibt es beim Rotmilan abgegrenzte Nahrungsreviere. Poster auf der 151. Jahrestagung der DO-G.
- Kolecka, N., Ginzler, C., Pazur, R., Price, B. & Verburg, P. H. (2018): Regional Scale Mapping of Grassland Mowing Frequency with Sentinel-2 Time Series. *Remote Sensing*. 10(8):1221.
- LAG VSW (2015): Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogel-lebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten (Stand April 2015). Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten. *Berichte zum Vogelschutz* 51: 15-42
- LAG VSW (2017): Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von Greifvögeln und Störchen bei bestimmten landwirtschaftlichen Arbeiten. LAG-VSW-Beschluss 2017.1.1 am 25.04.2017. Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten. *Berichte zum Vogelschutz* 53/54: 155-158

- LfU Bayern (2021): Arbeitshilfe Vogelschutz und Windkraft. Fachfragen des bayerischen Windenergie-Erlasses. Bearb.: Stefan Kluth. Landesamt für Umwelt, Augsburg, 58 S.
- Liesenjohann, M., Blew, J., Fronczek, S., Reichenbach, M., Bernotat, D. (2019): Artspezifische Wirksamkeiten von Vogelschutzmarkern an Freileitungen. Methodische Grundlagen zur Einstufung der Minderungswirkung durch Vogelschutzmarker – ein Fachkonventionsvorschlag. BfN-Skripten 537. 286 S.
- LUNG Mecklenburg-Vorpommern (2016): Artenschutzrechtliche Arbeits- und Beurteilungshilfe für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen (AAB-WEA) Teil Vögel Stand: 01.08.2016. 74 S.
- Madders, M. & Whitfield, D. P. (2006): Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. *Ibis* 148, Supplementum 1: 43-56.
- Mammen, K. & Stubbe, M. (2006): Integrative Umsetzung des multikriteriellen Bewertungs- und Optimierungsverfahrens auf der Querfurter Platte (IUMBO), DBU AZ 19369, AP 5: Zoologische Begleituntersuchungen, Abschlussbericht 2003-2005. 49 S.
- Mammen, U. & Mammen, K. (2020): Einblicke in die Brutbiologie des Schwarzmilans (*Milvus migrans*) mittels GPS-Telemetrie. *Ornithologische Jahresberichte des Museum Heineanum* 35: 61-70.
- Mammen, U., Nicolai, B., Böhner, J., Mammen, K., Wehrmann, J., Fischer, S. & Dornbusch, G. (2014): Artenhilfsprogramm Rotmilan des Landes Sachsen-Anhalt. Ber. Landesamt Umweltschutz Sachsen-Anhalt 5/2014. 162 S.
- Mammen, U., Thümmler, T. & Stubbe, M. (2017): 25 Jahre Monitoring Greifvögel und Eulen Europas. *Ornithologische Mitteilungen* 69: 171-182.
- Mammen, K., Mammen, U. & Resetaritz, A. (2013): Rotmilan. In: Hötter, H., Krone, O. & Nehls, G. (Hrsg.): 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: 13-100.
- Manly, B., McDonald, L., Thomas, D., McDonald, T. & Erickson, W. (2002): Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Second edition. Kluwer Press, New York, USA. 222 S.
- MELUND SH & LLUR SH – Schleswig-Holsteinisches Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume; Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (2017): Integration artenschutzrechtlicher Vorgaben in Windkraftgenehmigungen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Kiel / Flintbek, 29 S.
- MELUND SH & LLUR SH – Schleswig-Holsteinisches Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume; Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (2021): Standardisierung des Vollzugs artenschutzrechtlicher Vorschriften bei der Zulassung von Windenergieanlagen für ausgewählte Brutvogelarten. Arbeitshilfe zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange in Schleswig-Holstein. Stand: 30.06.2021. Kiel / Flintbek, 103 S.
- Mercker, M., Markones, N., Schwemmer, J., Borkenhagen, K., Wahl, J. & Garthe, S. (2020): An integrated framework to estimate seabird population numbers and trends. *Journal of Wildlife Management*, page <https://doi.org/10.1002/jwmg.22026>.
- Mercker, M., Schwemmer, P., Peschko, V., Enners, L. & Garthe, S. (2021): Analysis of local habitat selection and large-scale attraction/avoidance based on animal tracking data: is there a single best method? *Movement ecology*, 9:20, April 2021.

- Meyburg, B. U. & Meyburg, C. (2009): GPS-Satelliten-Telemetrie bei einem adulten Schwarzmilan (*Milvus migrans*): Aufenthaltsraum während der Brutzeit, Zug und Überwinterung. *Populationsökologie Greifvogel- und Eulenarten* 6: 243-284.
- MKULNV (2013): Leitfaden „Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen“ für die Berücksichtigung artenschutzrechtlich erforderlicher Maßnahmen in Nordrhein-Westfalen. Schlussbericht. Stand: 5.2.2013. Forschungsprojekt des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) Nordrhein-Westfalen (Az.: III-4 - 615.17.03.09). Bearb. FÖA Landschaftsplanung GmbH (Trier): J. Bettendorf, R. Heuser, U. Jahns-Lüttmann, M. Klußmann, J. Lüttmann, Bosch & Partner GmbH: L. Vaut, Kieler Institut für Landschaftsökologie: R. Wittenberg.
- MULNV & LANUV (2017): Leitfaden Umsetzung des Arten- und Habitatschutzes bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Nordrhein-Westfalen. Fassung: 10.11.2017, 1. Änderung. Herausgeber: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV). Erarbeitet durch Kaiser, M., Fels, B. (LANUV), Kiel, E. F., von Hoffen, L. (MULNV). 65 S.
- MLUL (2018): Tierökologische Abstandskriterien für die Errichtung von Windenergieanlagen in Brandenburg (TAK). Stand 15.09.2018. Anlage 1 (aktualisiert) zum Windkraftrlass 2011. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, Potsdam.
- MUEEF (2020): Erlass zum Natur- und Artenschutz bei der Genehmigung von Windenergieanlagen im immissionsrechtlichen Verfahren. Beschluss der UMK vom 11.12.2020 zum standardisierten Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten (WEA) an Land – Signifikanzrahmen.
- MULE (2018): Leitfaden Artenschutz an Windenergieanlagen in Sachsen-Anhalt. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt. 47 S.
- Nachtigall, W. & Herold, S. (2013): Der Rotmilan (*Milvus milvus*) in Sachsen und Südbrandenburg. *Jahresber. Monitoring Greifvögel und Eulen Europas*, 5. Sonderband: 1-104.
- Nachtigall, W., Stubbe, M. & Herrmann, S. (2010): Aktionsraum und Habitatnutzung des Rotmilans (*Milvus milvus*) während der Brutzeit – eine telemetrische Studie im Nordharzvorland. *Vogel & Umwelt* 18: 25-61.
- Nagel, H., Nicolai, B., Mammen, U., Fischer, S. & Kolbe, M. (2019): Verantwortungsart Rotmilan. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 51(1): 14-19.
- Nathan, R., Spiegel, O., Fortmann-Roe, S., Harel, R., Wikelski, M. & Getz, W. M. (2012): Using tri-axial acceleration data to identify behavioral modes of free-ranging animals: general concepts and tools illustrated for griffon vultures. *J. Experiment. Biol.* 215: 986-996.
- Ortlieb, R. (1998): Der Schwarzmilan. Die neue Brehm-Bücherei Bd. 100. Hohenwarsleben.
- Panek, M. & Hušek, J. (2014): The effect of oilseed rape occurrence on main prey abundance and breeding success of the Common Buzzard *Buteo buteo*. *Bird Study* 61: 457-464.
- 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.
- Quantum GIS Development Team (2021): QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. (zuletzt aufgerufen am 30.09.21).
- Quemada, M. & Daughtry, S. T. (2016): Spectral Indices to Improve Crop Residue Cover Estimation under Varying Moisture Conditions. *Remote Sensing*. 8(8): 660.
- R Core Team (2021): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (zuletzt aufgerufen am 30.09.21).

- Rasran, L., Grajetzky, B. & Mammen, U. (2013): Berechnungen zur Kollisionswahrscheinlichkeit von territorialen Greifvögeln mit Windkraftanlagen. In: Hötker, H., Krone, O. & Nehls, G. (Hrsg.): 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: 302-313.
- Richarz, K., Hormann, M., Braunberger, C., Harbusch, C., Süßmilch, G., Caspari, S., Schneider, C., Monzel, M., Reith, C. & Weyrath, U. (2013): Leitfaden zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange beim Ausbau der Windenergienutzung im Saarland betreffend die besonders relevanten Artengruppen der Vögel und Fledermäuse. Staatliche Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland (Frankfurt am Main) & Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz -Fachbereich Naturschutz -Zentrum für Biodokumentation im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz Saarland. 112 S.
- Roy, D. P., Kovalsky, V., Zhang, H. K., Vermote, E. F., Yan, L., Kumar, S. S. & Egorov, A. (2016): Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity, *Remote Sensing of Environment* 185: 57-70.
- NMUEK (2016): Leitfaden Umsetzung des Artenschutzes bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Niedersachsen. Anlage 2 zum Windenergieerlass Niedersachsen vom 24.02. 2016. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz. Niedersächsisches Ministerialblatt 66(7): 212-225.
- Santamaría, A. E., Olea, P. P., Viñuela, J., & García, J. T. (2019): Spatial and seasonal variation in occupation and abundance of common vole burrows in highly disturbed agricultural ecosystems. *European Journal of Wildlife Research* 65: 52.
- Schlaich, A. E., Klaassen, R. H. G., Bouten, W., Both, C. & Koks B. J. (2015): Testing a novel agri-environment scheme based on the ecology of the target species, Montagu's harrier *Circus pygargus*. *Ibis* 157: 713-721.
- Seluga, K. (1996): Untersuchungen zu Bestandssituation und Ökologie des Feldhamsters, *Cricetus cricetus* L., 1758, in den östlichen Bundesländern Deutschlands. Diplomarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Signer, J., Fieberg, J., Avgar, T. (2019): Animal movement tools (amt): R package for managing tracking data and conducting habitat selection analyses. *Ecology and evolution*, 9: 880-890.
- Signer, J., Muff, S., & Fieberg, J. (2020): Accounting for individual-specific variation in habitat-selection studies: Efficient estimation of mixed-effects models using bayesian or frequentist computation. *Journal of Animal Ecology*, 89(1):80–92.
- Silva, R., Afán, I., Gil, J. A. & Bustamante, J. (2017): Seasonal and circadian biases in bird tracking with solar GPS-tags. *PLoS ONE*, 12: e0185344.
- Spatz, T., Schabo, D.G., Farwig, N. & Rösner, S. (2019): Raumnutzung des Rotmilans *Milvus milvus* im Verlauf der Brutzeit: Eine Analyse mittels GPS-basierter Bewegungsdaten. *Vogelwelt* 139: 161-169.
- Sprötge, M, Sellmann, E. & Reichenbach, M. (2018): Windkraft Vögel Artenschutz: Ein Beitrag zu den rechtlichen und fachlichen Anforderungen in der Genehmigungspraxis, 229 S. Books on Demand.
- SMEKUL – Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (2021): Leitfaden Vogelschutz an Windenergieanlagen im Freistaat Sachsen. Entwurf zur Anhörung, Stand 28.05.2021.
- Stubbe, C., Ahrens, M., Stubbe, M & Goretzki, J. (1995): Lebendfang von Wildtieren. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 208 S.

- Südbeck, P., Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, S., Schröder, K. & Sudfeldt, C. (Hrsg.) (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten und des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten. e.V.
- Szentirmai, I., Dijkstra, C., Trierweiler, C., Koks, B.J., Harnos, A. & Komdeur, J. (2010): Raptor foraging efficiency and agricultural management: mowing enhances hunting yield of the endangered Montagu's harrier. In: Trierweiler, C.: Travels to feed and food to breed: The annual cycle of a migratory raptor, Montagu's harrier, in a modern world. Thesis, University of Groningen.
- Tanferna, A., López-Jiménez, L., Blas, J., Hiraldo, F. & Sergio, F. (2013): Habitat selection by Black kite breeders and floaters: Implications for conservation management of raptor floaters. *Biological Conservation* 160: 1-9.
- The pandas development team (2021). pandas-dev/pandas: Pandas 1.3.3 (v1.3.3) [Computer software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5501881> (zuletzt aufgerufen am 30.09.21).
- TLUG (2015): Avifaunistischer Fachbeitrag zur Fortschreibung der Regionalpläne 2015 – 2018. Empfehlungen zur Berücksichtigung des Vogelschutzes bei der Abgrenzung von Vorranggebieten für die Windenergienutzung. Bearb.: Vogelschutzwarte Seebach im Auftrag des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN), 26 S.
- TLUG (2017): Avifaunistischer Fachbeitrag zur Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Thüringen. Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Abteilung 3 Naturschutz, Referat 31 Zoologischer Artenschutz – Vogelschutzwarte Seebach, 61 S.
- Töpfer, S. (1995): Beziehungen zwischen Landschaftsstruktur und Vogelbeständen einer Agrarlandschaft im nördlichen Harzvorland. Diplomarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Tucker, C. J. (1989): Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland.
- UM & LUBW (2021): Hinweise zur Erfassung und Bewertung von Vogelvorkommen bei der Genehmigung von WEA. Stand Februar 2021. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, Bearb.: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Karlsruhe, 158 S.
- UMK – Umweltministerkonferenz (2020a): Standardisierter Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten an Windenergieanlagen (WEA) an Land – Signifikanzrahmen. Umweltministerkonferenz 11. 12. 2020, 17 S.
- UMK – Umweltministerkonferenz (2020b): Hinweise zu den rechtlichen und fachlichen Ausnahmevoraussetzungen nach § 45 Abs. 7 BNatSchG bei der Zulassung von Windenergievorhaben. Umweltministerkonferenz.
- Ursúa, E., Serrano, D. & Tella, J. L. (2005): Does land irrigation actually reduce foraging habitat for breeding lesser kestrels? The role of crop types. *Biological Conservation* 122: 643-648.
- Van Deventer, A. P., Ward, A. D., Gowda, P. H. & Lyon, J. G. (1997): Using Thematic Mapper Data to Identify Contrasting Soil Plains and Tillage Practices. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 63: 87-93.
- Van Rossum, G. & Drake, F. L. (2009). Python 3 Reference Manual. CreateSpace, Scotts Valley, CA. 242 S.

- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, M., Reddy, T., Cournapeau, E., Peterson, P., Weckesser, J., Walt, M., Wilson, J., Millman, N., Nelson, A., Jones, R., Larson, E., Carey, ., Feng, Y., Moore, J., Laxalde, D., Perktold, R., Henriksen, I., Quintero, C., Archibald, A., Pedregosa, P., & SciPy 1.0 Contributors (2020). SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods* 17: 261-272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>.
- Walz, J. (2005): Rot- und Schwarzmilan. Flexible Jäger mit Hang zur Geselligkeit. Aula-Verlag, Wiebelsheim.
- Walz, J. (2008): Aktionsraumnutzung und Territorialverhalten benachbarter Rot- und Schwarzmilanpaare (*Milvus milvus*, *M. migrans*) bei Neuansiedlung in Horstnähe. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.*24: 21-38.
- Wood, S. N. (2006): *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. Chapman and Hall, London. 391 S.
- Wood, S. N. (2017): *Generalized Additive Models: An Introduction with R, Second Edition*. Chapman & Hall/CRC.
- Wulfert, K. & Schöne-Warnefeld, J. (2021): Dichtezentrenkonzepte – Fachliche Herleitung sowie Umsetzung in den Ländern. Gutachten Bosch & Partner im Auftrag des KNE, Herne/Berlin 29.03.2021, 39 S.
- Xie, Y., Sha, Z. & Yu, M. (2008) 'Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review', *Journal of Plant Ecology* 1(1): 9-23.
- Yan, L.; Roy, D. P.; Li, Z.; Zhang, H. K.; Huang, H. (2018): Sentinel-2A multi-temporal mis-registration characterization and an orbit-based sub-pixel registration methodology. *Remote Sensing of Environment* 215: 495-506.
- Zheng, B., Campbell, J. B., Serbin, G. & Daughtry, C. S. T. (2013) 'Multitemporal remote sensing of crop residue cover and tillage practices: A validation of the minNDTI strategy in the United States', *Journal of Soil and Water Conservation* (2): 120-131.
- Zuur A. F. (2012): *A beginner's guide to generalized additive models with R*. Highland Statistics Ltd.
- Zuur, A. F., Leno, E. N., Smith, G. M. (2007): *Analysing Ecological Data*. Springer Science+Business Media, LLC
- Zuur, A. F., Leno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., Smith, G. M. (2009): *Mixed Effect Models and Extensions in Ecology with R*. Springer Science+Business Media, LLC, New York.

## Anhang 1: Individuenwerte der Habitatpräferenzen (Manly-Index)

Tab. 42: Manly-Index-Werte brütender Rotmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Hakel (2018–2020).

Werte mit signifikanten Chi<sup>2</sup>-Test ( $p < 0,05$ ) sind fett gedruckt und farbig hinterlegt: grün= Präferenz (Werte > 1), rot = Meidung (Werte < 1).

Rotmilan	Schwarzacker	Gehölz	Siedlung	Struktur	Luzerne	Brache	Wiesen Weiden	Mais	Raps	Erbsen	Gerste	Weizen	Sonstige Getreide	Hackfrüchte	Stoppel- acker
Vor-Brutzeit 01.03. – 30.04.															
Hanabi 2019	<b>1.35</b>	<b>16.39</b>	0.42	<b>3.42</b>		0.64	0.20		0.46		0.12	<b>0.62</b>	4.50		
Darius 2019	0.97	1.93	0.55	<b>1.85</b>		2.71	2.49		0.59	0.15	<b>0.32</b>	<b>0.79</b>	1.79		
Jogi 2019	<b>1.38</b>	<b>1.62</b>	0.06	1.47	0.69	0.44	0.04		<b>0.10</b>	0.00	0.29	<b>2.01</b>	0.29		
Ida 2019	1.31	2.38	0.02	1.25	7.93	3.42	1.89		0.77	0.00	1.81	0.14	3.17		
Darius 2020	<b>1.72</b>	1.10	0.14	1.35		<b>5.55</b>	0.19		0.27	0.00	0.81	0.59	2.85		
Brutzeit 01.05. – 15.07.															
Darius 2018		1.17	0.26	<b>2.27</b>		4.45	2.17	<b>1.30</b>	1.05		0.85	1.05	0.00	1.16	
Jogi 2018		0.97	0.00	<b>2.14</b>		0.43	0.06	0.73	<b>1.49</b>			<b>1.15</b>	0.61	1.64	
Ida 2018		<b>2.82</b>	0.40	<b>1.82</b>	0.05	<b>3.69</b>	<b>3.01</b>	0.98	0.47	0.85	<b>2.76</b>	<b>0.48</b>	0.32	<b>0.33</b>	
Hanabi 2019		<b>18.51</b>	0.06	<b>3.34</b>		0.45	0.11	0.43	0.56		0.10	<b>0.84</b>	0.16	<b>1.90</b>	
Darius 2019		<b>2.37</b>	0.34	<b>2.09</b>		2.46	1.82	<b>1.77</b>	0.42	0.25	<b>0.39</b>	<b>0.72</b>	1.64	0.32	
Jogi 2019		1.01	0.09	<b>2.12</b>	<b>4.07</b>	0.55		<b>2.20</b>	<b>0.09</b>	0.01	0.62	<b>1.43</b>	0.24	<b>0.30</b>	
Ida 2019		<b>4.11</b>	0.15	<b>2.10</b>	1.71	3.03	<b>3.63</b>	1.40	1.31	0.02	0.92	<b>0.25</b>	<b>3.57</b>	<b>0.55</b>	
Darius 2020		1.15	1.77	<b>1.92</b>		1.04		0.75	0.16	1.75	0.79	<b>0.63</b>	1.68	<b>2.03</b>	
Linda 2020		<b>2.79</b>	<b>3.44</b>	1.22	0.04	6.16		<b>4.20</b>	0.27	0.02	0.12	<b>0.19</b>	<b>10.87</b>	0.34	
Lothar 2020		0.05	<b>19.26</b>	<b>1.53</b>	1.11	0.36		<b>1.65</b>	0.86		0.13	<b>0.16</b>	1.66	0.01	
Birgit 2020		0.02	<b>16.86</b>	1.33	0.69	0.04		<b>3.00</b>	0.86		0.14	<b>0.22</b>	0.29	0.04	
Nach-Brutzeit 16.07. – 20.08.															
Darius 2018		0.76	0.20	<b>2.62</b>		0.12	1.54	0.73						0.67	<b>1.32</b>
Jogi 2018		1.06	0.00	<b>2.74</b>		0.08	0.01	0.52						0.50	<b>1.22</b>
Ida 2018		2.03	0.15	<b>2.95</b>	0.03	1.98	0.58	0.54						0.16	<b>1.38</b>
Hanabi 2019		<b>13.98</b>	0.03	2.82		0.10	0.01	0.21						1.70	0.93
Darius 2019		1.83	0.03	<b>2.39</b>		3.16	2.49	0.15						0.00	<b>0.67</b>

Rotmilan	Schwarzacker	Gehölz	Siedlung	Struktur	Luzerne	Brache	Wiesen Weiden	Mais	Raps	Erbsen	Gerste	Weizen	Sonstige Getreide	Hackfrüchte	Stoppel- acker
Jogi 2019		2.04	0.01	<b>3.58</b>	0.68	0.86	0.02	0.57						0.07	1.02
Ida 2019		5.02	0.08	1.91	1.39	<b>3.28</b>	1.73	0.41						0.67	0.90
Linda 2020		<b>2.99</b>	3.48	1.11	1.10	0.23		1.32						0.69	<b>0.65</b>
Lothar 2020		0.16	<b>16.62</b>	1.38	0.97	0.02		0.38						0.02	<b>0.51</b>
Birgit 2020		0.14	<b>11.12</b>	1.75	0.82	0.04		0.41						0.39	<b>0.76</b>

Tab. 43: Manly-Index-Werte brütender Rotmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Querfurter Platte (2018–2020).

Werte mit signifikanten Chi<sup>2</sup>-Test ( $p < 0,05$ ) sind fett gedruckt und farbig hinterlegt: grün= Präferenz, rot = Meidung.

Rotmilan	Schwarzacker	Gehölz	Siedlung	Struktur	Luzerne	Brache	Wiesen Weiden	Mais	Raps	Erbsen	Gerste	Weizen	Sonstige Getreide	Hackfrüchte	Stoppel- acker
<b>Vor-Brutzeit 01.03. – 30.04.</b>															
Ernst 2020	1.03	0.96	<b>4.28</b>	1.28		0.10	0.10		0.14	0.02	0.01	<b>0.40</b>	0.04		
<b>Brutzeit 01.05. – 15.07.</b>															
Hektor 2018		1.21	<b>3.48</b>	0.63	4.70	0.59	0.31	0.48	0.32		0.11	0.66	0.42	0.82	
Rosa 2019		3.67	1.74	<b>2.24</b>	0.70	0.09	0.04	1.82	2.63	0.09	0.78	0.75	0.21	0.40	
Ernst 2019		1.41	<b>5.05</b>	<b>1.44</b>			0.07	<b>0.43</b>	0.44	0.07	<b>1.78</b>	<b>0.15</b>	0.14	0.09	
Ares 2020		0.94	0.31	<b>2.01</b>	1.64	0.94		1.08	0.45		<b>1.39</b>	<b>0.68</b>	0.17	0.41	
Brunhild 2020		<b>1.68</b>	0.76	1.33	2.92	<b>3.50</b>	0.68	0.40	0.00		1.41	<b>0.06</b>	1.02	0.51	
Aurora 2020		2.54	<b>3.59</b>	1.09	0.14		2.33	0.74	0.11		0.32	<b>0.60</b>	0.83	0.13	
Ernst 2020		1.74	<b>4.09</b>	1.24		1.16	0.12	1.51	0.17	0.19	0.05	<b>0.28</b>	0.06	<b>1.12</b>	
<b>Nach-Brutzeit 16.07. – 20.08.</b>															
Rosa 2019		2.36	0.84	1.72	0.62	1.65	1.06	0.58						0.64	1.08
Ernst 2019		0.14	3.33	<b>1.86</b>			0.27	0.42						0.13	<b>0.82</b>
Ares 2020		0.51	0.45	<b>2.17</b>	2.04	0.20		0.59						0.08	<b>0.90</b>
Brunhild 2020		0.88	0.20	<b>2.93</b>	4.22	0.84	3.44	0.45						0.15	1.43
Aurora 2020		3.05	1.27	1.74	0.01		3.64	0.35						0.21	0.96
Ernst 2020		0.70	<b>2.93</b>	<b>2.29</b>		2.79	2.79	0.28						0.49	0.78

Tab. 44: Manly-Index-Werte brütender Schwarzmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Hakel (2018–2020).

Werte mit signifikanten Chi<sup>2</sup>-Test (p < 0,05) sind fett gedruckt und farbig hinterlegt: grün= Präferenz, rot = Meidung.

Schwarz- milan	Schwarz- acker	Gehölz	Siedlung	Struktur	Gewässer	Luzerne	Brache	Wiesen / Weiden	Mais	Raps	Erbsen	Gerste	Weizen	Sonstige	Hackfrüchte	Stoppel- acker
<b>Vor-Brutzeit 01.03. – 30.04.</b>																
Aria 2019	1.02	0.79	0.38	2.18	<b>3.08</b>	2.97	0.79	0.04		0.17	0.07	1.31	0.79	0.30		
Aria 2020	1.09	2.90	2.28	0.91	<b>5.34</b>		0.59	0.47		0.03	0.29	0.40	0.53	1.15		
Molly 2020	0.89	1.85	0.16	1.18	1.82	5.91	3.14	1.41			0.62	1.28	0.79	0.62		
<b>Brutzeit 01.05. – 15.07.</b>																
Shinobi 2018		2.27	<b>3.90</b>	<b>1.91</b>	4.75	3.03	<b>2.78</b>	<b>4.26</b>	0.48	0.22	1.33	1.27	<b>0.36</b>	0.33	<b>0.28</b>	
Aria 2019		3.90	1.54	1.41	<b>5.25</b>	0.13	0.04	0.20	0.65	0.08	0.30	1.11	<b>0.50</b>	0.47	1.00	
Molly 2019		2.67	0.70	1.50	0.17	3.01	1.18	0.57	0.71	<b>3.81</b>	0.30	1.30	0.55	<b>9.03</b>	0.40	
Aria 2020		3.43	<b>3.95</b>	1.79	<b>5.66</b>		0.20	0.64	0.74	0.01	0.70	0.35	0.79	0.99	0.84	
Molly 2020		1.86	0.08	1.10	0.96	3.13	2.24	1.49	1.10		0.16	<b>2.09</b>	0.83	0.99	0.23	
<b>Nach-Brutzeit 16.07. – 20.08.</b>																
Aria 2019		1.98	1.13	<b>2.48</b>	<b>2.34</b>	0.07	0.36	0.20	0.74						0.68	<b>0.81</b>
Aria 2020		1.06	1.74	<b>4.69</b>	1.28		0.17	0.83	0.54						0.53	1.14
Molly 2020		2.85	0.21	1.39	1.83	3.97	1.54	0.85	0.23						0.38	<b>1.27</b>

Tab. 45: Manly-Index-Werte brütender Schwarzmilan-Individuen für die jeweils verfügbaren Habitattypen im 2-km-Radius um den Horst im UG Querfurter Platte (2018–2020).

Werte mit signifikanten Chi<sup>2</sup>-Test (p < 0,05) sind fett gedruckt und farbig hinterlegt: grün= Präferenz, rot = Meidung

Schwarz- milan	Schwarz- acker	Gehölz	Siedlung	Struktur	Gewässer	Luzerne	Brache	Wiesen / Weiden	Mais	Raps	Erbsen	Gerste	Weizen	Sonstige Getreide	Hackfrüchte	Stoppel- acker
<b>Vor-Brutzeit 01.03. – 30.04.</b>																
Roy 2020	0.90	0.10	0.08	<b>2.15</b>		1.48	0.49			0.72	0.16	0.88	0.99	0.49		
Schwarzf. 2020	0.73	0.39	0.19	1.70	0.21	0.31	1.05	0.57		1.53	0.42	0.95	<b>1.94</b>	0.48		
Otto 2020	1.16	0.48	<b>1.80</b>	1.41	4.79	0.55	0.92	0.91		0.74	0.33	0.83	0.84	0.26		
Queen 2020	0.38	3.22	0.51	<b>2.79</b>		1.23	0.80			1.74	0.07	0.35	0.86	0.27		
<b>Brutzeit 01.05. – 15.07.</b>																
Orpheus 2019		1.36	0.41	<b>2.06</b>		<b>0.50</b>	7.65	1.70	0.57	0.62		<b>2.48</b>	<b>0.57</b>	<b>9.08</b>	0.34	
Otto 2019		0.92	<b>2.20</b>	1.07	4.18	0.02	1.07	0.61	<b>1.28</b>	1.16		0.70	<b>0.77</b>	0.15	0.29	
Nola 2019		1.11	<b>1.65</b>	1.11	8.65	0.58	0.82	1.35	<b>1.82</b>	1.75		0.50	<b>0.58</b>	0.51	0.23	
Merlin 2020		<b>3.17</b>	0.61	<b>1.94</b>		1.30	0.51	1.97	0.76	0.24		<b>1.44</b>	0.91	0.78	<b>0.47</b>	
Abendrot 2020		0.06	0.26	1.45		1.12	0.32		0.57	0.52	0.11	<b>1.49</b>	1.21	0.32	0.24	
Roy 2020		0.29	0.18	<b>1.72</b>		1.43	0.73		0.42	<b>0.50</b>	0.02	<b>1.55</b>	<b>1.16</b>	0.73	0.21	
Schwarzf. 2020		1.46	0.47	1.30	0.08	1.16	0.39	2.74	0.80	0.53	0.08	<b>2.49</b>	0.92	0.36	0.26	
Otto 2020		0.91	<b>1.90</b>	1.40	1.04	1.55	1.35	1.69	0.77	0.59	0.29	0.86	0.82	1.15	0.63	
Queen 2020		0.04	0.02	<b>2.69</b>		<b>5.17</b>	3.74		0.52	0.80	0.02	0.21	<b>0.54</b>	0.06	0.00	
<b>Nach-Brutzeit 16.07. – 20.08.</b>																
Otto 2019		0.85	1.06	1.53	8.10	0.16	0.12	1.08	1.54						0.40	0.78
Merlin 2020		2.86	0.48	<b>2.00</b>		0.48	0.35	1.50	0.49						<b>0.26</b>	<b>1.14</b>
Abendrot 2020		3.40	0.27	1.53		0.79	0.85		0.48						0.01	1.09
Roy 2020		1.23	0.20	1.15		0.29	0.61		0.15						0.01	<b>1.36</b>
Schwarzf. 2020		0.67	0.30	1.18	0.13	0.20	0.07	0.04	0.81						0.38	<b>1.39</b>
Otto 2020		0.87	0.91	1.49	1.57	0.12	1.18	0.43	0.85						0.36	<b>1.16</b>
Queen 2020		1.19	0.12	<b>2.43</b>		<b>2.12</b>	1.98		0.41						0.19	<b>0.85</b>

## Anhang 2: Homeranges der Individuen

Tab. 46: Übersicht der Home-Range-Berechnungen (Kernel-Density-Schätzung 59 und 95) für die Jahre 2018-2020, unterteilt in Gesamtzeitraum sowie die Zeiträume 01.03.-30.04., 01.05.-15.07. und 16.07.-20.08. für das Untersuchungsgebiet Hakel.

Rm = Rotmilan; Swm = Schwarzmilan; m = männlich; w = weiblich; BV = Brutvogel; NB = Nichtbrüter

					Gesamt			Vorbrut (01.03.–30.04.)			Brut (01.05.–15.07.)			Nachbrut (16.07.–20.08.)		
					Home Range			Home Range			Home Range			Home Range		
ID	Art	Sex	Jahr	Status	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen
180991-Shinobi	Swm	m	2018	BV	2,3	34,5	4.166				2,3	34,5	4.166			
180989-Ida	Rm	w	2018	BV	1,1	10,3	13.612				0,4	8,2	9.243	2,5	14,0	4.369
			2019	BV	0,0	1,9	15.699	0,0	0,1	3.278	0,1	2,2	10.052	0,3	3,2	2.369
180995-Darius	Rm	m	2018	BV	0,4	6,4	15.781				0,5	7,4	9.452	0,3	3,9	6.329
			2019	BV	0,3	5,5	26.210	0,3	5,9	9.600	0,4	5,4	15.976	0,2	3,3	634
			2020	BV	0,4	5,7	3.361	0,2	4,6	792	0,6	6,0	2.117	0,2	3,1	452
180997-Aria	Swm	w	2018	BV	0,4	15,9	11.814				0,2	5,6	5.891	1,0	19,2	5.923
			2019	BV	0,5	15,0	18.875	0,0	0,5	5.843	0,1	0,6	7.574	3,9	75,5	5.458
			2020	BV	0,2	7,9	21.870	0,0	0,5	6.213	0,0	0,5	9.005	1,5	34,8	6.652
180993-Herbert	Rm	m	2018	BV	6,8	75,1	7.257				3,4	15,1	1.283	7,5	85,0	5.974
180994-Jogi	Rm	m	2018	BV	0,6	7,3	10.564				1,0	9,6	5.530	0,5	4,6	5.034
			2019	BV	0,8	4,9	23.223	0,1	1,3	7.873	1,7	10,0	12.395	0,1	1,4	2.955
180999-Albert	Rm	m	2018	BV	0,4	9,2	11.091				0,7	12,1	4.920	0,4	5,4	6.261
181004-Triton	Rm	m	2018	BV	15,8	86,8	1.303				15,8	86,8	1.303			
181001-Robin	Rm	m	2018	NB	34,8	241,8	6.079				17,8	185,0	2.937	49,2	255,4	3.142
			2019	NB	160,8	683,8	9.895	146,5	683,5	5.608	60,2	365,2	3.503	147,7	575,3	784
			2020	NB	100,1	445,6	16.506	98,5	426,9	8.983	68,2	394,8	5.550	36,6	181,7	1.973

					Gesamt			Vorbrut (01.03.–30.04.)			Brut (01.05.–15.07.)			Nachbrut (16.07.–20.08.)		
					Home Range			Home Range			Home Range			Home Range		
ID	Art	Sex	Jahr	Status	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen
181003-Helge	Rm	m	2018	NB	53,8	282,6	6.536				61,3	292,9	2.289	41,4	244,6	4.247
			2019	NB	58,8	476,4	27.290	23,3	230,9	6.601	44,6	334,1	17.085	44,5	376,6	3.604
			2020	NB	30,0	177,8	29.750	38,8	191,7	9.538	19,0	161,7	15.440	18,4	92,6	4.772
181005-Hanabi	Rm	m	2019	BV	8,1	123,9	23.559	2,5	115,7	6.773	17,9	105,6	3.601	0,7	8,0	3.914
	Rm		2018	NB	18,0	115,3	6.191				17,3	143,0	12.872	15,7	116,3	2.590
181006-Marco	Rm	m	2018	NB	21,0	132,1	7.963				0,3	1,7	3.418	50,4	222,1	4.545
			2019	NB	346,7	1.955,7	24.220	619,4	3.016,5	3.120	212,5	1.360,8	14.429	168,0	1.092,8	6.671
181007-Jamie	Swm	m	2018	NB	208,1	1.724,5	6.953				0,4	1,8	502	208,3	1.515,3	6.451
			2019	NB	8,7	61,6	18.530	14,6	103,4	1.858	13,3	80,7	11.260	4,8	29,4	5.412
			2020	NB	240,1	2.821,1	17.317				441,3	4.265,5	12.355	3,8	28,4	4.618
181009-Ole	Rm	m	2018	NB	6,9	56,0	9.272				10,8	64,2	3.143	5,1	41,2	6.129
181011-lkarus	Rm	m	2018	BV	2,5	25,6	1.980				0,1	0,7	918	2,6	20,4	1.062
			2019	NB	108,6	781,0	9.833	121,5	621,6	5.809	83,9	514,8	2.180	76,3	458,3	1.844
			2020	NB	122,1	692,9	11.311	116,0	676,6	6.668	95,7	503,5	3.333	36,4	149,6	1.310
180992-Amora	Rm	w	2018	BV	1,8	14,4	5.483							1,8	14,4	5.483
			2019	BV	5,3	66,2	13.981	0,2	2,0	630	10,0	80,6	7.897	2,8	30,8	5.454
			2020	NB	23,6	253,6	17.415	11,5	185,0	9.585	27,1	238,4	7.830			
180988-Akela	Rm	m	2018	NB	461,4	2.284,4	6.187							461,4	2.284,4	6.187
			2019	NB	129,9	896,5	7.063	140,9	869,1	4.520	136,8	681,4	455	113,8	556,2	2.088
192003-Molly	Swm	w	2020	BV	0,9	50,7	21.122	0,5	8,5	4.349	0,1	2,4	9.377	6,8	147,8	7.396
192008-Millie	Swm	w	2020	BV	5,5	192,1	23.597	0,6	24,9	4.847	12,7	303,7	10.888	3,6	80,7	7.862
192009-Red	Rm	w	2020	NB	66,9	575,2	28.236	168,0	1.079,9	4.894	61,4	439,1	17.335	31,6	167,4	6.007

					Gesamt			Vorbrut (01.03.–30.04.)			Brut (01.05.–15.07.)			Nachbrut (16.07.–20.08.)		
					Home Range			Home Range			Home Range			Home Range		
ID	Art	Sex	Jahr	Status	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen
192011-Porthos	Rm	m	2020	NB	3,7	45,9	22.564	2,0	14,6	3.518	3,5	30,1	14.946	9,9	59,2	4.100
192013-Aramis	Rm	m	2020	NB	1.183,5	6.104,6	19.517	174,4	775,5	3.540	750,7	5641,7	11.546	35,4	149,5	4.431
192014-d'Artagnan	Swm	m	2020	NB	146,4	1.044,1	19.770	314,1	1.577,3	1.227	109,9	676,2	13.694	209,5	837,1	4.849
181015-Birgit	Rm	w	2020	BV	0,1	1,0	6.524				0,0	0,4	3.435	0,1	1,4	3.089
181010-Lothar	Rm	m	2020	BV	0,1	1,0	12.356				0,1	0,9	8.047	0,1	1,0	4.309
192004-Linda	Rm	w	2020	BV	0,4	6,3	2.449				0,2	1,7	1.462	1,1	14,5	987

Tab. 47: Übersicht der Home-Range-Berechnungen (Kernel-Density-Schätzung 59 und 95) für die Jahre 2018-2020, unterteilt in Gesamtzeitraum sowie die Zeiträume 01.03.-30.04., 01.05.-15.07. und 16.07.-20.08. für das Untersuchungsgebiet Querfurter Platte.

Rm = Rotmilan; Swm = Schwarzmilan; m = männlich; w = weiblich; BV = Brutvogel; NB = Nichtbrüter

					Gesamt			Vorbrut (01.03.–30.04.)			Brut (01.05.–15.07.)			Nachbrut (16.07.–20.08.)		
					Home Range			Home Range			Home Range			Home Range		
ID	Art	Sex	Jahr	Status	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen	50 in km <sup>2</sup>	95 in km <sup>2</sup>	GPS-Ortungen
192001-Otto	Swm	m	2019	BV	97,9	1.849,9	11.653				81,1	1.661,4	10.061	147,0	749,3	1.592
			2020	BV	3,8	148,9	31.714	1,1	24,8	6.150	7,6	245,0	17.755	1,6	32,7	7.809
192002-Nola	Swm	w	2019	BV	7,0	111,8	5.207				3,0	45,1	4.973	431,1	2.368,9	234
192004-Orpheus	Swm	m	2019	BV	6,1	91,3	9.056				6,1	91,3	9.056			
192005-Rosa	Rm	w	2019	BV	3,7	62,1	6.440				0,1	1,3	3.231	9,7	154,9	3.209
			2020	BV	0,0	0,3	2.735	0,0	0,1	819	0,0	0,3	1.166	0,1	0,5	750
192006-Ernst	Rm	m	2019	BV	0,2	4,1	12.496				0,3	4,2	8.396	0,2	3,5	4.100
			2020	BV	0,4	8,4	24.048	0,2	2,9	10.057	0,6	18,8	12.116	0,2	1,5	1.875
192007-Eddy	Rm	m	2019	NB	312,9	1.459,7	9.278				88,0	466,9	1.463	292,9	1.507,8	7.815
192020-Schwarzfeder	Swm	w	2020	BV	2,3	38,2	27.816	1,0	10,8	6.307	0,9	13,2	16.373	15,6	206,5	5.136
192010-Queen	Swm	w	2020	BV	0,1	1,8	29.189	0,1	1,1	4.504	0,0	0,1	17.503	0,7	11,3	7.182
180991-Roy	Swm	m	2020	BV	1,9	54,6	27.402	1,7	28,2	2.222	2,5	66,6	17.757	0,9	21,5	7.423
181008-Abendrot	Swm	w	2020	BV	66,5	1.260,0	23.570				131,2	1.907,9	16.053	1,8	40,1	7.517
180990-Merlin	Swm	m	2020	BV	2,4	101,7	23.720				3,6	123,7	15.878	1,7	30,0	7.842
180987-Ares	Rm	m	2020	BV	1,9	58,3	17.328				3,0	87,5	11.084	0,9	14,3	6.244
180998-Aurora	Rm	w	2020	BV	0,0	2,3	13.283				0,0	1,4	9.167	0,1	3,2	4.116
181000-Brunhild	Rm	w	2020	BV	0,2	4,6	5.337				0,1	3,4	3.770	0,7	3,5	1.567

Tab. 48: Übersicht der Home-Range-Berechnungen (Kernel-Density-Schätzung 59 und 95) für die Jahre 2018-2020, unterteilt in Gesamtzeitraum sowie die Zeiträume 01.03.-30.04., 01.05.-15.07. und 16.07.-20.08. für das Untersuchungsgebiet Freisen.

Rm = Rotmilan; Swm = Schwarzmilan; m = männlich; w = weiblich; BV = Brutvogel; NB = Nichtbrüter

					Gesamt			Vorbrut (01.03.–30.04.)			Brut (01.05.–15.07.)			Nachbrut (16.07.–20.08.)										
					Home Range			Home Range			Home Range			Home Range										
ID	Art	Sex	Jahr	Status	50 km <sup>2</sup>	in	95 km <sup>2</sup>	in	GPS-Ortungen	50 km <sup>2</sup>	in	95 km <sup>2</sup>	in	GPS-Ortungen	50 km <sup>2</sup>	in	95 km <sup>2</sup>	in	GPS-Ortungen	50 km <sup>2</sup>	in	95 km <sup>2</sup>	in	GPS-Ortungen
Vogel_181016	Rm	m	2018	BV	1,8		20,0		16.407						1,6		13,5		9.804	2,2		27,2		6.603
			2019	BV	1,6		13,4		29.907	0,8		8,3		6.339	2,0		19,3		15.892	1,2		10,6		7.676
Vogel_181012	Rm	m	2018	BV	2,4		35,5		15.409					0,7		10,3		8.299	5,1		53,5		7.110	
			2019	BV	1,8		33,4		7.682	0,3		3,5		2.305	1,6		18,3		4.173	11,3		121,8		1.204
Vogel_181013	Rm	w	2018	BV	8,6		132,7		10.915					8,5		131,4		7.877	2,1		21,9		3.038	
Vogel_181014	Rm	m	2018	BV	1,2		18,4		9.497					1,5		26,7		6.964	0,5		3,8		2.533	

## Anhang 3: Fernerkundung von Bewirtschaftungsereignissen

### Satelliten-Fernerkundung – Einführung

Die flächenscharfe Kartierung von Bewirtschaftungsereignissen durch Vor-Ort-Begehungen in ausreichend engen zeitlichen Abständen für ein großes Gebiet ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden, der personell kaum leistbar ist. Die Forschungsnehmer haben deshalb die Nutzung von frei erhältlichen Fernerkundungsdaten verschiedener Satelliten geprüft, um durch die Auswertung der Bilddaten Bewirtschaftungsereignisse im großflächigen Maßstab zu erheben und die Vor-Ort-Begehungen zu ergänzen.

Die Auswertung entsprechender Daten war zu Beginn des Vorhabens für diesen speziellen Zweck bislang nicht erprobt. Die Forschungsnehmer haben dafür im Jahr 2019 eine methodische Vorstudie durchgeführt. Es musste geklärt werden, ob überhaupt Bilddaten, welche die verschiedenen Teilräume in ausreichender Frequenz wiederholt befliegen und deswegen die Mahdereignisse differenziert abbilden könnten, erhältlich sind. Weiter war zu klären, ob anhand der Bilddaten mit hinreichender Genauigkeit und Effizienz Bewirtschaftungsereignisse zeitlich eingegrenzt werden können. Die Qualität der Bilddaten (z. B. Bewölkung, Auflösung, Konsistenz) ist dabei von entscheidender Bedeutung.

Im Rahmen der fernerkundlichen Arbeiten wurden nachfolgende Ziele verfolgt.

- Bestimmung der satellitenfernerkundlichen Parameter und Grenzwerte für die Detektion von Bewirtschaftungsereignissen sowie Bestimmung der Güte der Methodik
- Unterfütterung und Verdichtung der feldkartierten Mahd- und Bewirtschaftungsaktivitäten 2019 durch Fernerkundung:
  - Im Kartierzeitraum: im Feld „übersehene“ Mahdaktivitäten hinzufügen, fehlerhafte Feldkartierungen ausschließen
  - Im Untersuchungszeitraum: Mahd- und Bewirtschaftungsaktivitäten durch Fernerkundung detektieren, die außerhalb des Kartierzeitraums liegen
- Zeitliche Eingrenzung der Mahdaktivitäten 2019 durch Kombination von Feld- und Fernerkundung
- Retrospektive Anwendung auf das vorhergehende Untersuchungsjahr (2018)

Zwischen den Untersuchungsgebieten und verschiedenen Naturräumen in Sachsen-Anhalt (Untersuchungsgebiete „Hakel“ und „Querfurter Platte“) und im Saarland/Rheinland-Pfalz (Untersuchungsgebiet Freisen) bestehen bezüglich der Verfügbarkeit der Daten, Datenlücken und Anforderungen an die Auflösungsqualität des Bildmaterials (sehr viel kleinere Nutzungseinheiten in Freisen als in den übrigen Gebieten) große Unterschiede. Die methodische Herangehensweise erfolgt mit Blick auf diese Unterschiede daher im Detail verschieden. Deswegen werden soweit erforderlich sowohl die Methoden als auch die Ergebnisse für die Untersuchungsgebiete getrennt dargestellt.

Die Auswertung erfolgt in einem Raum von einem 2-km-Radius um die Horste der besondern Rot- und Schwarzmilane beziehungsweise für Nichtbrüter im Bereich des gesamten Untersuchungsgebietes.

## **Daten (Satelliten, Quellen, Verfügbarkeit, Vorprozessierung)**

Für die fernerkundliche Kartierung von Bewirtschaftungsereignissen wurden frei verfügbare multispektrale Satellitenbilder der Landsat 8 und der Sentinel Mission verwendet<sup>31</sup>. Multispektrale Satellitendaten werden regelmäßig erfolgreich zur Detektion von Bewirtschaftungsformen, -veränderungen und -ereignissen verwendet (z. B. CORINE-Land Cover (CLMS 2021), BfN 2020).

Für das UG Hakel wurden die Produkte von Landsat 8 und Sentinel-2 genutzt. Sentinel-2 (u. a. True-Colour-Image-Bilder (Rot-, Grün- und Blaukanal) mit der Prozessierungsstufe 2A) wurden vom Copernicus Open Access Hub heruntergeladen. Landsat 8 Bilder der einzelnen Spektralbänder wurden vom Server des Harmonized Landsat Sentinel-2 Projektes der NASA heruntergeladen. Die Bänder 02, 03 und 04 wurden dann zu einem RGB Bandkomposit kombiniert. Die Bildkachel mit der Bezeichnung T32UPC überlappt vollständig die beiden Untersuchungsgebiete Hakel und Querfurter Platte. RGB Bandkomposite von Landsat 8 haben eine Pixelgröße von 30 m, die von Sentinel-2 eine Pixelgröße von 10 m. Die Bilder weisen eine sehr unterschiedliche Qualität auf. Bewölkung und nur teilweise Füllung der Kachel mit Bilddaten<sup>32</sup> sind die Hauptfaktoren für Qualitätsminderung. Im UG Hakel wurden Bilder nur bei sehr starker Bewölkung (über 70 %) oder vollständig fehlenden Bilddaten in Gänze verworfen.

Im UG Freisen wurden ausschließlich Sentinel-2 Szenen der Prozessierungsstufe 2A (Bottom of Atmosphere) genutzt, die vom Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu>) und von CODE-DE (<https://code-de.org>), dem Erdbeobachtungsportal des DLR, bezogen wurden. Es wurden alle Bänder (incl. Oberflächenklassifizierung) heruntergeladen. Aufgrund der viel geringeren durchschnittlichen Flächengröße der Bewirtschaftungseinheiten in Freisen (nur partieller Zugewinn) und damit zusammenhängenden größeren Problemen der Auswertbarkeit (größere Pixel bei Landsat 8) im Vergleich mit den beiden Untersuchungsgebieten in Sachsen-Anhalt wurde der Ansatz, fehlende Sentinel-2 Bilder durch Landsat-8 Bildern zu ersetzen, für das UG Freisen nicht weiter verfolgt<sup>33</sup>.

Es wurden nur Aufnahmen ohne oder mit sehr geringer Wolkenbedeckung (< 10 %) gewählt. Die mitgelieferten Wolkenmasken bildeten nicht den tatsächlichen Bedeckungsgrad ab, weshalb diese verworfen werden mussten. Wolken innerhalb des Untersuchungsgebiets mussten in der Konsequenz manuell ausmaskiert werden.

Für das Untersuchungsjahr 2019 wurden Bilder aus dem Zeitraum von Ende März bis Ende August ausgewertet. Im UG Hakel wurden in 2018 Satellitenbilder aus dem Zeitraum von Anfang Juni (Beginn der Besenderung von Milanen) bis Ende August verwendet. Im UG Freisen wurde der Untersuchungszeitraum 2018 bis Mitte September ausgeweitet um herbstliche Umbrüche mit einzubeziehen. Gleichzeitig liegt im UG Freisen der erste Fernerkundungstermin 2018 im April, da das UG im März auf allen Szenen von Wolken verdeckt ist.

Die Verfügbarkeit geeigneter Bilder und zeitlich bestehende Lücken (inkl. Verluste durch Wolken) sind in den folgenden Abbildungen für die Untersuchungsgebiete Freisen (Abb. 87), Hakel und das UG Querfurter Platte (Abb. 88) dargestellt.

---

<sup>31</sup> Landsat 7 Szenen wurde nicht verwendet, da sie für den Untersuchungszeitraum nur geringfügig zur Schließung von Lücken beitragen, und sie aufgrund der abweichenden spektralen Auflösung nur begrenzt mit den anderen beiden Sensoren vergleichbar sind (vgl. Roy et al. 2016)

<sup>32</sup> aufgrund von Lücken zwischen Überfliegungskorridoren der Satelliten

<sup>33</sup> Für den relevanten Zeitraum 2019 liegt zudem nur eine verwendbare Aufnahme (29.06.) vor.

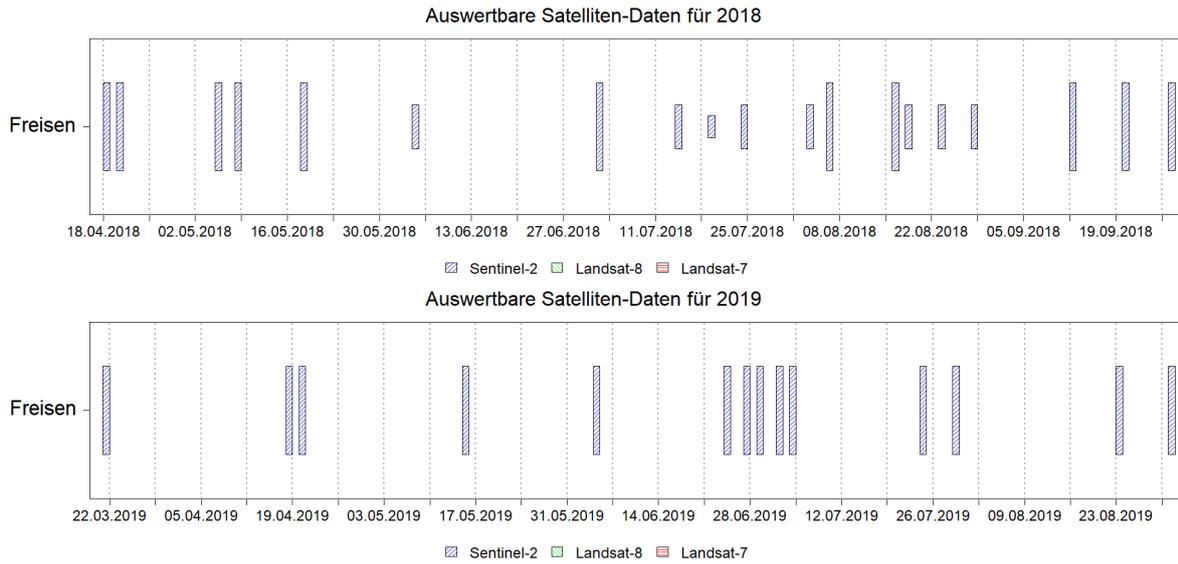


Abb. 87: Verfügbarkeit auswertbarer Satellitenbilder in den Untersuchungsjahren 2018 und 2019 für das UG Freisen.

Jeder Balken entspricht einer Aufnahme (ein Tag). Die Balkenhöhe zeigt in drei Stufen die Qualität der Aufnahme an (100%, <100 bis >=50 %, < 50 %).

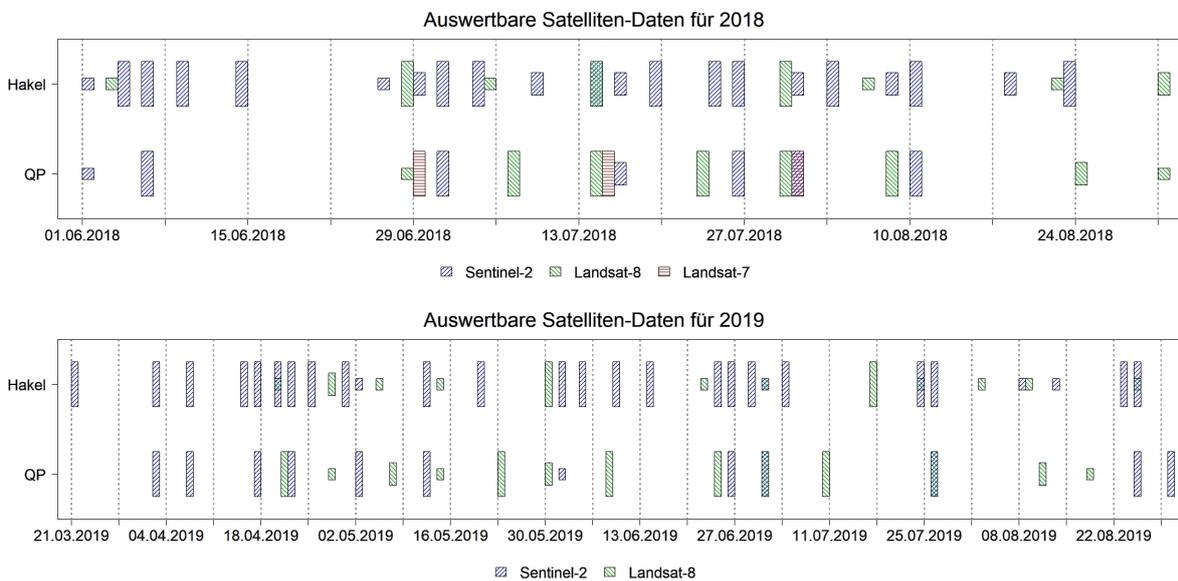


Abb. 88: Verfügbarkeit auswertbarer Satellitenbilder in den Untersuchungsjahren 2018 und 2019 für die Untersuchungsgebiete Habel und Querfurter Platte (QP).

Jeder Balken entspricht einer Aufnahme (ein Tag). Die Balkenhöhe zeigt die Qualität der Aufnahme an (drei Stufen).

## **Methodik und Analysen in den Untersuchungsgebieten Havel und Querfurter Platte**

In Studien, die Veränderungen in der Vegetationsbedeckung über Satellitenbilder detektieren wollen, kommt häufig der sogenannte NDVI (engl. Normalized Difference Vegetation Index) erfolgreich zum Einsatz (z. B. Tucker 1989, Kolecka et al. 2018). Der NDVI eignet sich für die Bestimmung von Vegetationsveränderungen grüner (das heißt chlorophyllhaltiger) Vegetation. Der NDVI wurde daher für die Detektion von Mahdereignissen grüner Vegetation eingesetzt. Ein deutlicher Abfall des NDVI zwischen aufeinanderfolgender „Befliegungen“ / Datenreihen steht auf Mähgrünland kennzeichnend für ein Mahdereignis. Zur Absicherung und Ergänzung wird außerdem der NDTI (Normalized Difference Tillage Index) nach Van Deventer et al. (1997) verwendet, der als Indikator für einen Bodenbearbeitungsvorgang im Sinne eines Umbruchs auf der Fläche dienen kann. Zur Erstellung von NDVI-Bildern für die Sentinel-2 Aufnahmen wurden für die jeweiligen Aufnahmetage vom Copernicus Open Access Hub als Level 2A Produkt (Bottom of Atmosphere) vollständig heruntergeladen (alle Bänder). Es wurden nur Aufnahmen ohne oder mit sehr geringer Wolkenbedeckung (< 10 %) gewählt. Je nach Anwendung wurde die Auswahl und Kombination der verschiedenen Kanäle in der Folge entsprechend weiter verfeinert.

Die Detektion von Mahdereignissen wurde visuell (also nicht automatisiert) durchgeführt. Bei der Entscheidung, ob eine Mahd stattgefunden hat, wurden folgende Kriterien verwendet:

1. Farbwechsel im RGB-Bild zwischen Aufnahmetagen
2. NDVI-Abfall zwischen Aufnahmetagen
3. Phänologie der Feldkulturen (z. B. zeitlicher Verlauf der Vergilbung) und deren Einfluss auf Farb- und NDVI-Werte
4. Zeitlicher Abstand zwischen zwei verglichenen Satellitenbildern
5. Einfluss von Schleierwolken und Wolkenschatten auf Farb- und NDVI-Werte

Als Referenzflächen dienten Felder, für die der Mahdzeitraum auf wenige Tage eingegrenzt werden konnte, entweder durch Daten aus den Vor-Ort-Begehungen oder durch Satellitenbilddaufnahmen, die das Feld im Zustand teilweiser Mahd zeigen.

**Farb- und Helligkeitswechsel in Echtfarbenbildern:** Einige Echtfarbenbilder (RGB) aus den Spektralbändern 2, 3 und 4 der beiden Satelliten Sentinel-2 und Landsat 8 zeigen Felder, die im Moment der Aufnahme teilweise gemäht sind. Abb. 89 zeigt exemplarisch für ein Weizenfeld, wie sich die Farbe und die Helligkeit durch die Mahd verändert.

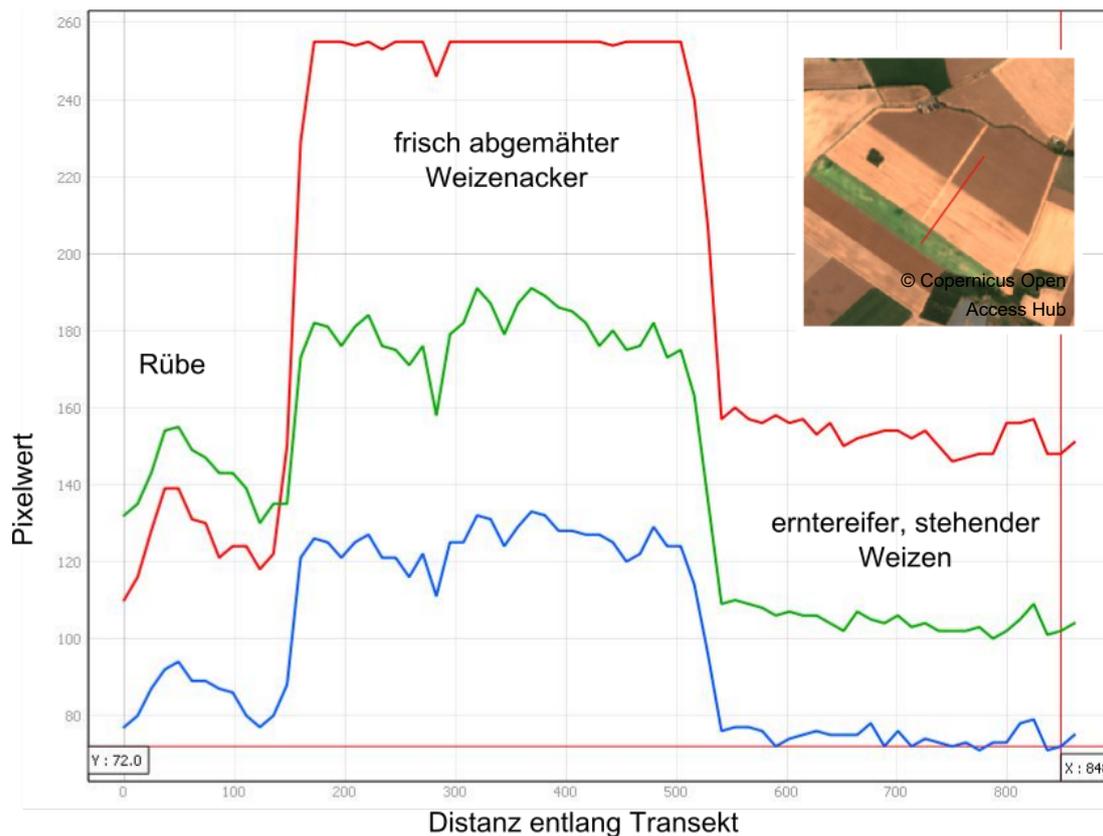


Abb. 89: Veränderung der Werte in den drei Farbkanälen über den im Satellitenbild rot markierten Transekt, der von einem Rübenfeld in ein teilweise gemähtes Weizenfeld reicht. Das Satellitenbild ist in der Abbildung rechts oben dargestellt.

Die Profile wurden mit dem QGIS-Plugin *Profile tool* erstellt.

Erkennbar ist der für die Mahd charakteristische Farb- und Helligkeitswechsel für eine spezifische Feldkultur über einzelne Felder, die ein Satellitenbild im Zustand der partiellen Mahd zeigt. Ein Vergleich mit teilweise gemähten Feldern derselben Kultur erlaubt dann auch, die Mahd auf Feldern zeitlich einzugrenzen, für die keine Aufnahme direkt während der Mahd existiert.

**NDVI-Abfall:** Um die Veränderungen in der Vegetationsbedeckung über Satellitenbilder zu detektieren, kommt in der Literatur häufig der NDVI zum Einsatz. Für die Sentinel-2 Aufnahmen wird er wie folgt berechnet:

$$\text{NDVI} = (\text{Band } 8\text{A} - \text{Band } 04) / (\text{Band } 8\text{A} + \text{Band } 04).$$

Der NDVI für die Landsat 8 Bilder wird mit den Bändern 05 (entspricht Sentinel-2 Band 8A) und 04 berechnet. Jeder Pixel bekommt dann in dem neuen Raster einen NDVI-Wert.

Abb. 90 zeigt exemplarisch für denselben Transekt wie in Abb. 89 den Verlauf des NDVI. Der Abfall des NDVI von ungemähtem zu gemähtem Weizenacker ist vergleichsweise gering (nur ca. 0,02) aber trotzdem deutlich zu erkennen. Mahd auf noch unreifen Getreide- und Rapsfeldern (für Futtermittel oder Biogas) verursacht einen deutlicheren Abfall des NDVI. Die Stärke des Abfalls der durchschnittlichen NDVI-Werte für die jeweiligen Aufnahmetage wurde deswegen bei der Bestimmung von Mahdzeiträumen als ein Entscheidungskriterium genutzt, vor allem dann, wenn kein deutlicher Farb- und Helligkeitswechsel im Echtfarbenbild zu erkennen war (vermutlich durch zusätzlich erfolgtes Grubbern).

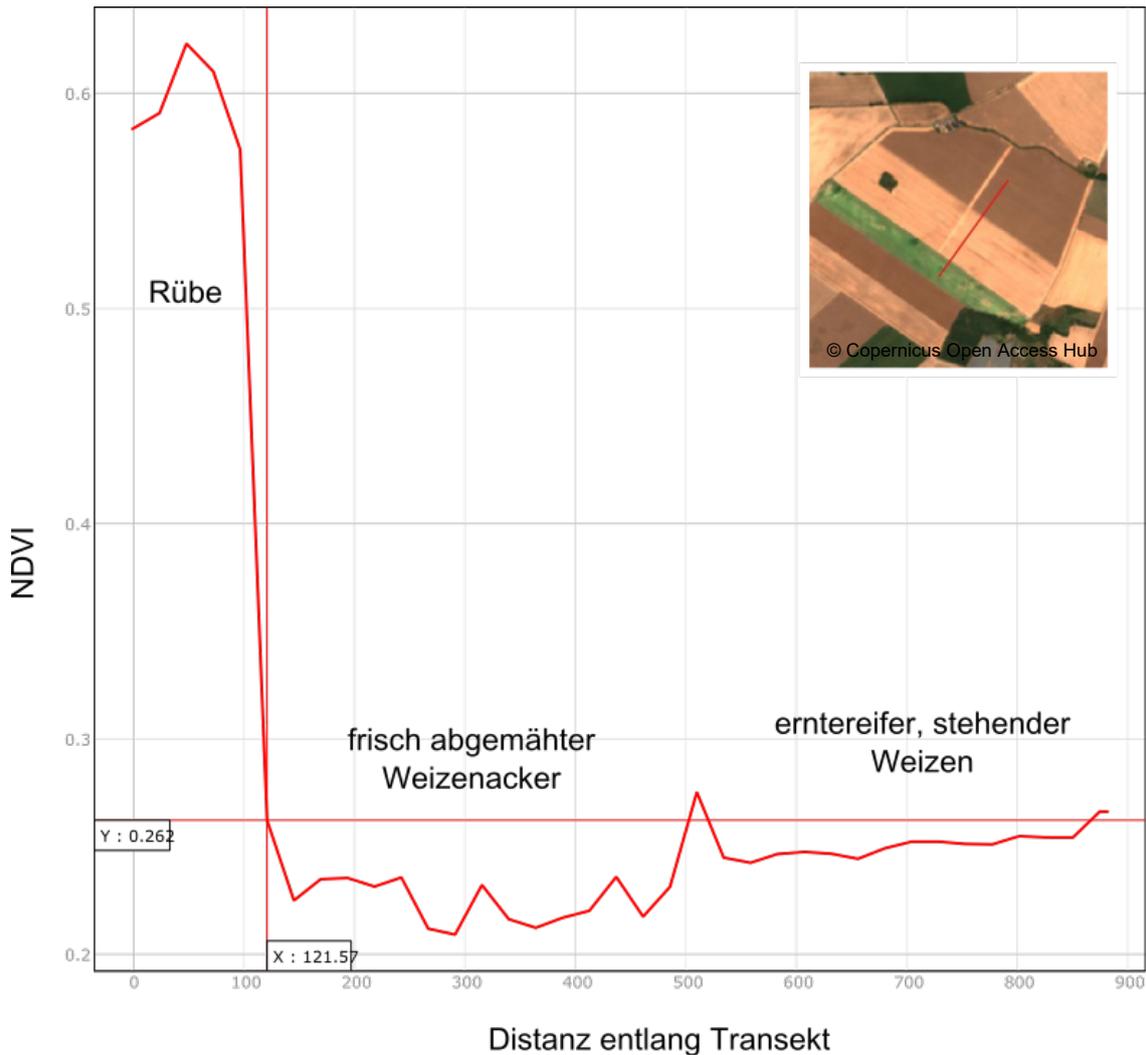


Abb. 90: NDVI-Profil entlang eines Transektes von einem Rübenfeld über ein teilweise gemähtes Weizenfeld  
 Rote Linie im oben rechts dargestellten Satellitenbild

**Phänologie der Feldkultur und Abstand zwischen den Aufnahmetagen:** Bei der Interpretation von RGB- und NDVI-Veränderungen zwischen Aufnahmetagen muss die Phänologie der jeweiligen Feldkultur berücksichtigt werden. So führt die Vergilbung von Getreide im Juni zu einer starken Farbveränderung und einem starken Abfall des NDVI.

Abb. 91 zeigt die Phänologie der Vergilbung auf einem Winterweizenfeld von Mitte Juni bis Ende Juli. Hier fällt der mittlere NDVI in den zwei Tagen vom 24.06. zum 26.06. genauso stark ab wie in den zehn Tagen davor (um 0,13). In den 20 Tagen vom 04.07. bis zum 24.07. sinkt der mittlere NDVI dagegen nur noch um 0,03 (von 0,28 auf 0,25). Zu sehen ist auch der NDVI-senkende Einfluss der Schleierwolken in der Aufnahme vom 01.07. (siehe nächster Abschnitt). Der Abfall des mittleren NDVI um ca. 0,05 vom 24.07. zum 26.07.2019 kann daher nicht durch Vergilbung des Weizens erklärt werden. Der Farb- und Helligkeitswechsel zwischen den Echtfarbenbildern der beiden Tage bestätigt, dass hier eine Weizenmähd stattgefunden haben muss.

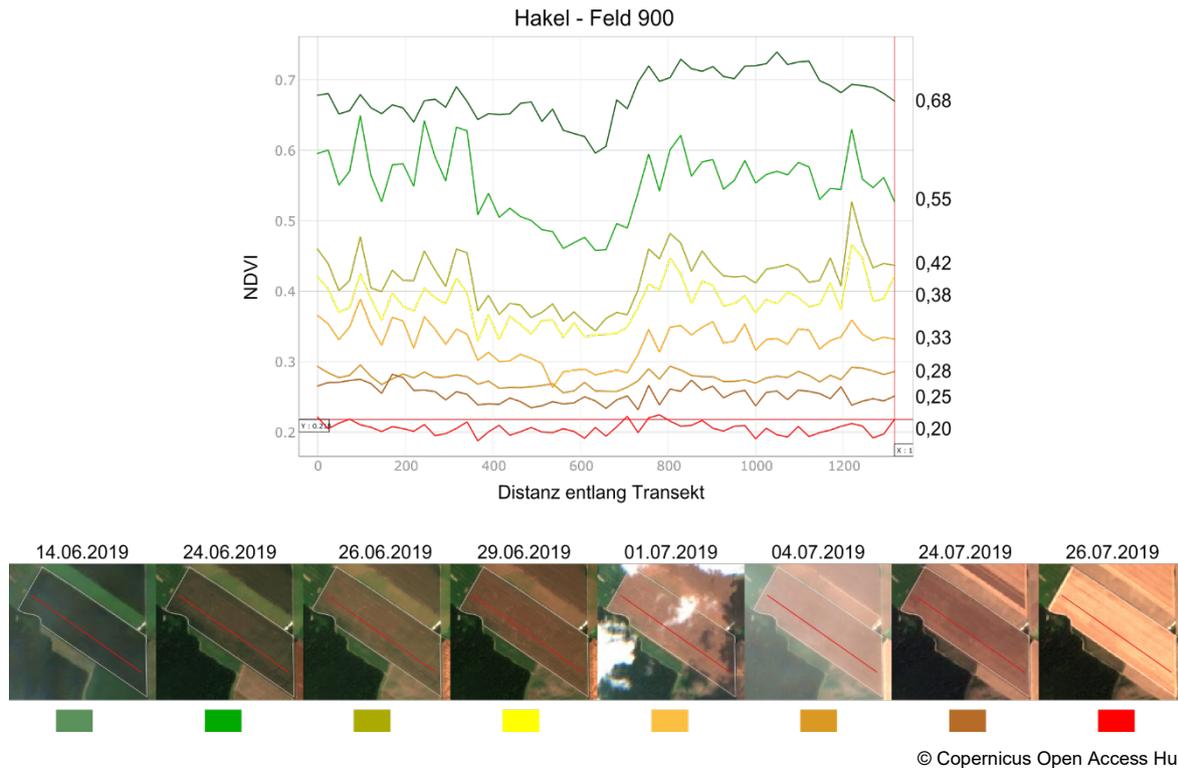


Abb. 91: NDVI-Profile über ein Winterweizenfeld an 8 Aufnahmetagen von Mitte Juni bis Ende Juli 2019.

Der Transekt ist als rote Linie in den Echtfarbenen Bildern dargestellt. Am Ende jeder Profilkurve ist der mittlere NDVI-Wert für das jeweilige Profil angegeben.

**Einfluss von Schleierwolken:** Wolken reflektieren rotes Licht und senken dadurch den NDVI. Undurchsichtige Wolken im Echtfarbenen Bild haben einen sehr niedrigen NDVI nahe Null oder gar im negativen Bereich. Diese Bereiche können daher nicht analysiert werden. Relativ zu einem schon niedrigen NDVI auf bereits vergilbten Getreidefeldern kann die Absenkung jedoch beträchtlich sein (siehe Abb. 91) und darf nicht als Hinweis auf eine erfolgte Mahd fehlgedeutet werden.

**Zusammenfassende Bestimmung der Mahdzeiträume:** Generell wurden nur Bilder von Flächen mit derselben Kultur und aus demselben UG und Untersuchungsjahr verglichen, wobei alle o.g. Faktoren beachtet wurden. Felder, deren Mahdzeitraum durch Vor-Ort-Begehungen erhoben wurde, dienten als Referenzflächen. Ihre zeitlichen Farb-, Helligkeits- und NDVI-Veränderungen wurden – ähnlich wie die Felder mit Aufnahmen während der Mahd – dann mit Feldern ohne diese Zusatzinformation verglichen, um deren Veränderungen richtig zu interpretieren.

Für alle ausgewerteten Felder wurde dann ein Mahdzeitraum eingegrenzt. Dieser wurde als der Zeitraum in Tagen angenommen zwischen dem Datum der spätesten Satellitenbilddaufnahme, auf der das Feld in ungemähtem Zustand zu erkennen ist, und dem Datum der frühesten Aufnahme, auf dem das Feld als vollständig gemäht zu erkennen ist.

## Methodik und Analysen im Untersuchungsgebiet Freisen

Im Auswertungsbereich von 2-km-Radius um die Horste besonderer Rotmilane liegen für das Jahr 2019 auch zeitlich eng getaktet Felddaten der Landnutzung und der Bewirtschaftungsereignisse vor<sup>34</sup>, die nachfolgend mit den Daten der Fernerkundung verschnitten werden. Bei der unterstützenden Feldkartierung wurde vor Ort festgestellt, ob gerade Bewirtschaftungsereignisse stattfinden, oder seit der letzten Feldkartierung stattgefunden haben. Im zweiten Fall kann der Bewirtschaftungszeitraum auf die Zeit zwischen der aktuellen und der letzten Feldkartierung eingegrenzt werden<sup>35</sup>. Die Länge der Bewirtschaftungszeiträume ist damit stark abhängig von den Kartierintervallen.

Im UG Freisen wurde nachfolgend ein automatisierter Ansatz gewählt, bei dem Bewirtschaftungsereignisse mit Hilfe eines Algorithmus erkannt und damit im Optimalfall zeitlich weiter eingegrenzt werden können. Ein Bewirtschaftungsereignis zeichnet sich dadurch aus, dass sich die spektralen Eigenschaften einer Bewirtschaftungseinheit im zeitlichen Verlauf nach bestimmten Regeln verändern. Für die Analyse wurden die Mittelwerte verschiedener spektraler Indizes aller Pixel einer Bewirtschaftungsfläche verwendet. Die Regeln wurden anhand feldkartierter Bewirtschaftungsereignisse und deren Auswirkungen auf die spektralen Eigenschaften von Testflächen festgelegt.

Nachfolgend werden die Festlegung der Regeln, die Anwendung auf das UG und die Ausprägung der so generierten Ausgangsdaten für die im eigentlichen Sinne projektrelevanten Analysen vorgestellt.

**Detektion der Bewirtschaftungsereignisse:** Bewirtschaftungsereignisse, die im Gebiet sowohl automatisiert fernerkundlich detektierbar, als auch artbiologisch relevant sind (Erhöhung der Offenheit) sind die Mahd von photosynthetisch aktiven Flächen (z. B. Ackergras, Wiese, Wiesenbrache) und der Umbruch von Flächen (z. B. Getreide, Mais, Ackergras).

Der artbiologisch ebenfalls zu betrachtende Zeitpunkt der Ernte von photosynthetisch nicht mehr aktiven Feldkulturen wie ausgereiftem Getreide und Hackfrüchten konnte für das Gebiet Freisen nicht automatisiert fernerkundlich festgestellt werden. Grund hierfür ist das Fehlen einer ausreichenden Anzahl an zeitlich eingegrenzten feldkartierten Ernteereignissen, verwendbarer Fernerkundungsdaten, und geringer Flächenausdehnungen welche für die Entwicklung einer Klassifizierungsmethode als Trainingsdaten nötig gewesen wären. Somit kann für vergleichbare Feldkulturen nur der Umbruch fernerkundlich festgestellt werden.

Fernerkundlich kann nicht zwischen Mahd und Beweidung unterschieden werden. Gleichzeitig wurde vor Ort festgestellt, dass auch Weideflächen in Einzelfällen gemäht oder gemulcht wurden. Da für die Zielarten zwischen Mahd und Beweidung unterschieden werden muss, wurde die Fernerkundungsmethodik auf Weideflächen nur genutzt, um feldkartierte Mahdereignisse zeitlich weiter einzugrenzen. Dasselbe gilt für Landnutzungsarten, bei denen die Bewirtschaftungsereignisse divers sind (z. B. Wildacker). Flächen ohne landwirtschaftliche

---

<sup>34</sup> Der Kartierzeitraum der wöchentlichen Feldkartierungen umfasst im saarländischen Mittelgebirge (UG Freisen) den Zeitraum vom 06. Mai 2019 (Day of Year 127) bis zum 23. Juli 2019 (DOY 204). Innerhalb dieses Zeitraums liegen im wöchentlichen Rhythmus Daten der feldkartierten Kompletterhebung vor. Für 2019 (wöchentliche Kartierung) liegen somit aufgrund der sukzessive weiterentwickelten Methodik kürzere Bewirtschaftungszeiträume und mehr Beobachtungen von konkreten Bewirtschaftungsereignissen vor als für das Jahr 2018, in dem die Flächen nur im Rahmen weniger Übersichtsbegehungen feldkartiert wurden.

<sup>35</sup> Wurde Grünland bei der ersten Feldkartierung als „gemäht“ kartiert, wurde das Anfangsdatum des Bewirtschaftungszeitraums aufgrund üblicher Landnutzungsmuster konservativ auf den 1. Mai festgelegt. Wurde eine Fläche in weniger als 19 Tagen Abstand erneut als „gemäht“ feldkartiert, wurde der zweite Termin als Doppelkartierung aus den Daten entfernt.

Nutzung (Wald, Streuobst, Siedlung, Gewässer) und damit ohne verwertbare Fernerkundungsdaten wurden von der fernerkundlichen Datenaufbereitung ausgeschlossen. Feldkartierte Bewirtschaftungsereignisse bei diesen Flächen (z. B. Streuobst) werden jedoch für bilanzierende Analysen in Bezug auf Verschneidungen mit Ortungspunkten aus der Satellitentelemetry genutzt (vgl. 3.2.3). Tab. 49 gibt an, welche Bewirtschaftungsereignisse mit der Methodik für die verschiedenen Bewirtschaftungsarten fernerkundlich festgestellt werden können.

Tab. 49: Mittels Fernerkundung feststellbare Bewirtschaftungsereignisse im UG Freisen

\* Die Festlegung von Bewirtschaftungsereignissen allein durch Fernerkundung ist in der Regel nicht ausreichend präzise möglich. Feldkartierte Bewirtschaftungsereignisse werden mithilfe der Fernerkundungsdaten weiter zeitlich eingegrenzt.

Bewirtschaftungsart	Mahd	Umbruch
Wiese	X	X
Ackergras	X	X
Kleegras	X	X
Wiesenbrache	X*	X
Ackerbrache	X*	X
Weidefläche	X*	X
Getreide		X
Raps		X
Mais		X
Zwischenfrucht		X
Wildacker		X
sonstige Ackerfrucht /Hackfrucht		X

Die automatisierte fernerkundliche Kartierung von Bewirtschaftungsereignissen ist nur auf Bild-Pixel anwendbar, die ausschließlich eine einzige Bewirtschaftungsart enthalten (keine Mixed-Pixel an Bewirtschaftungsrändern). Daraus ergibt sich eine Mindest-Flächengröße die von der räumlichen Auflösung der Satellitenbilder und der Genauigkeit der räumlichen Zuordnung der Satellitendaten abhängt. Eine Bewirtschaftungseinheit muss mindestens ein volles Pixel<sup>36</sup> enthalten. Um außerdem Registrierfehlern (Misregistration beziehungsweise Co-registration Error: Yan et al. 2018) durch die Sentinel Sensoren vorzubeugen, wurden Pixel innerhalb eines 15-m-Pufferbereichs um Bewirtschaftungsgrenzen ausgeschlossen. Das bedeutet, dass eine Bewirtschaftungseinheit mindestens 40 x 40 m groß sein muss, um per Fernerkundung erfassbar zu werden. Für das vergleichsweise kleinteilige UG Freisen konnten zwischen 58 % (2019) und 75 % (2018) der landwirtschaftlichen Flächen mit der fernerkundlichen Methodik erfasst oder ergänzt werden<sup>37</sup>. Einen Überblick über die fernerkundlich kartierbaren Flächen gibt (Abb. 92).

<sup>36</sup> Das heißt 10x10 m bei Sentinel-2 NDVI- und NDTI-Werten

<sup>37</sup> Die Unterschiede zwischen den Jahren ergeben sich aus Landnutzungsänderungen, der größeren Anzahl kartierter Flächen in 2019 und der Zusammenlegung beziehungsweise Aufteilung von Flächen zwischen den Jahren.

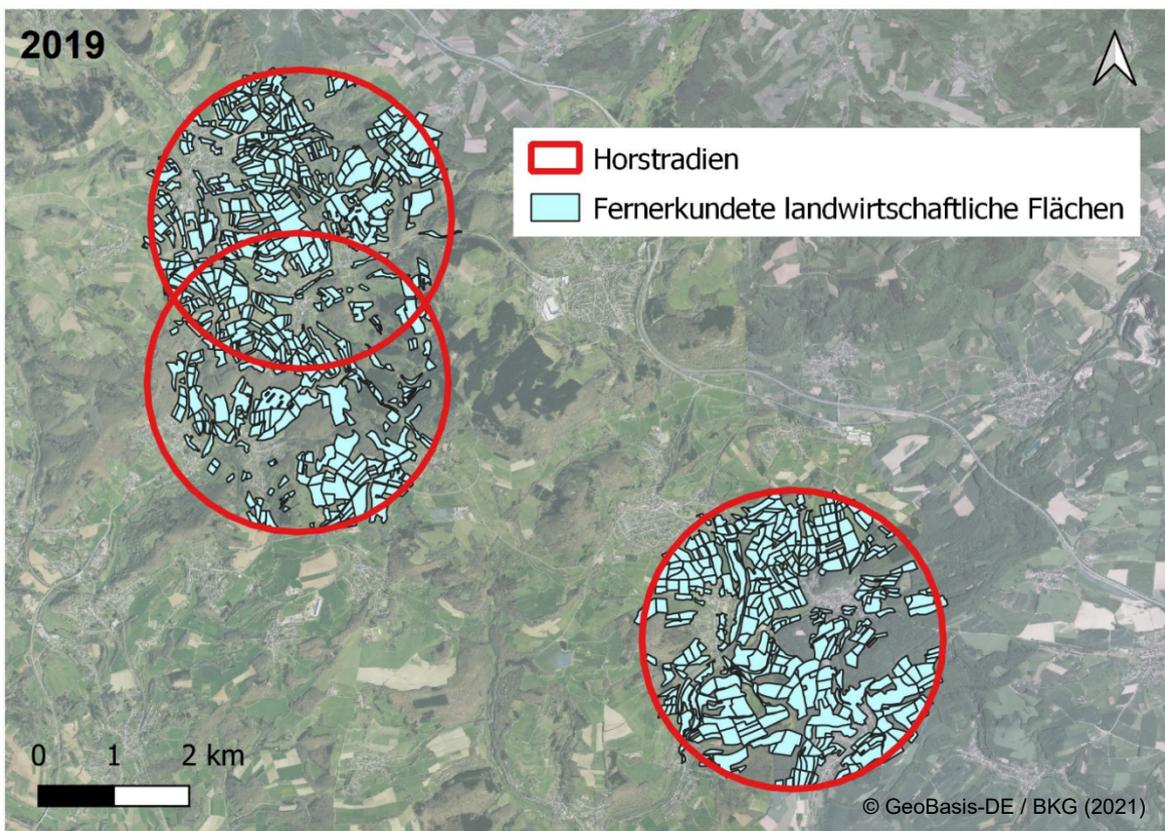
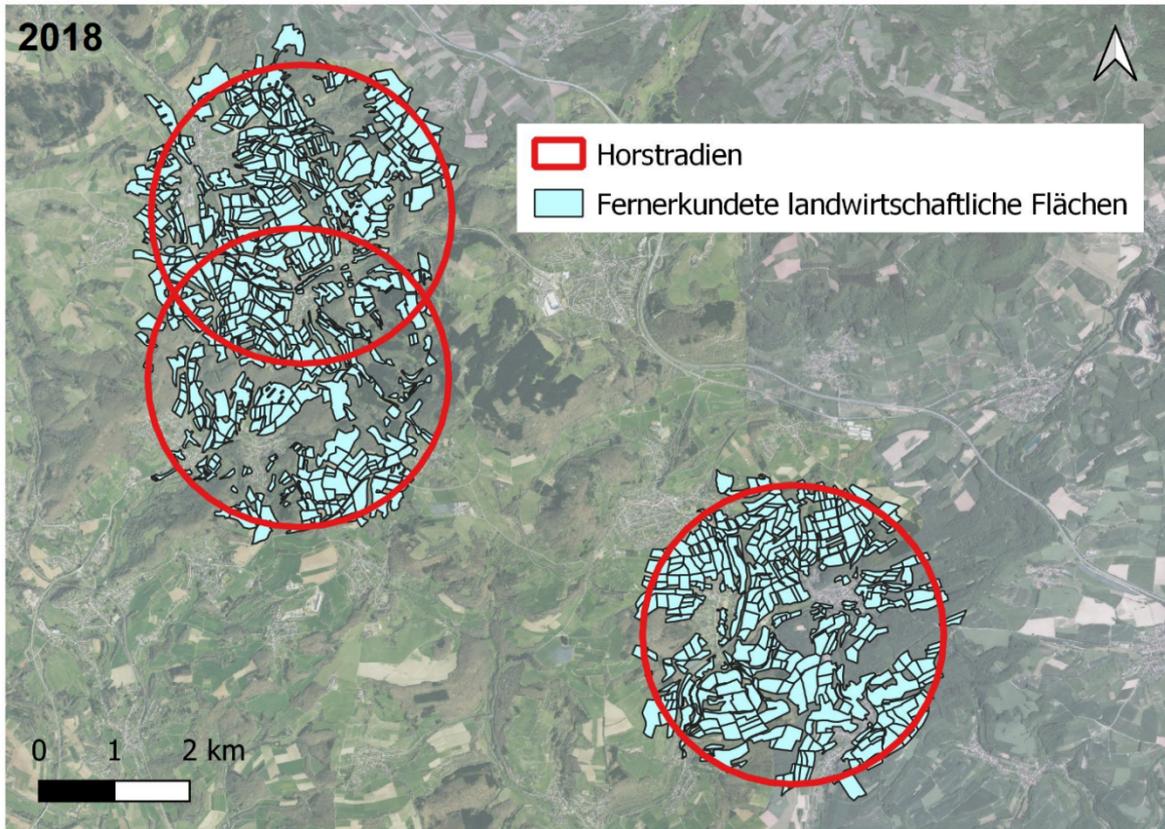


Abb. 92: Flächen bei denen die Bewirtschaftungsereignisse im UG Freisen mittels Fernerkundung bestimmt / ergänzt werden können.

**Regelherleitung / Grenzwertermittlung zur Bestimmung des Mahdzeitpunktes:** In Studien, die Veränderungen in der Vegetationsbedeckung über Satellitenbilder detektieren, kommt regelmäßig der NDVI (engl. Normalized Difference Vegetation Index, Tucker 1989) erfolgreich zum Einsatz (Xie et al. 2008, Kolecka et al. 2018). Der NDVI eignet sich für die Detektion von Vegetationsveränderungen grüner (das heißt photosynthetisch aktiver) Vegetation<sup>38</sup>. Ein deutlicher Abfall des NDVI bei zwei aufeinanderfolgenden Satellitenaufnahmen steht auf Mähgrünland kennzeichnend für ein Mahdereignis. Ab welchem Differenz-Wert (NDVI-Grenzwert) ein solcher Abfall des NDVI ein Mahdereignis darstellt wurde mithilfe von Trainingsdaten ermittelt, bei denen die Mahd vor Ort feldkartiert wurde.

Als Trainingsdatensatz wurden ausschließlich Bewirtschaftungsflächen herangezogen

- die als Wiese kartiert wurden,
- die mindestens eine feldkartierte Mahd aufwiesen,
- die im Feldkartierzeitraum durchgängig wöchentlich auf Bewirtschaftung kartiert wurden (dementsprechend wurden nur Daten aus 2019 verwendet),
- für die Daten aus allen Satellitenbildern im Trainingszeitraum vorliegen (das heißt alle Flächen für 2019),
- deren Landnutzung beziehungsweise NDVI-Werte homogen sind<sup>39</sup>
- die ökologisch plausible Feldkartierungsdaten aufweisen<sup>40</sup>
- die spektral plausible Feldkartierungsdaten aufweisen<sup>41</sup>.

Nach erfolgter Datenaufbereitung gem. der o.g. Kriterien standen 217 Flächen mit insgesamt 274 Mahdereignissen als Trainingsdatensatz zur Verfügung (Abb. 93).

---

<sup>38</sup> Der Index wird berechnet als  $(\text{NIR}-\text{Rot})/(\text{NIR}+\text{Rot})$ , wobei NIR das Band im nahen Infraroten Spektralbereich (Band 8) und Red das Band im roten Spektralbereich (Band 4) darstellt. Der Index beruht darauf, dass photosynthetisch aktive Vegetation im roten Bereich des sichtbaren Spektralbereichs (Wellenlänge von etwa 600 bis 700 nm) relativ wenig und im darauf folgenden nahen Infrarot-Bereich (Wellenlänge von etwa 700 bis 1300 nm) relativ viel Strahlung reflektiert (Curran 1989). Andere Oberflächen, wie Boden, Fels oder auch tote Vegetation, zeigen keinen solchen kennzeichnenden Unterschied des Reflexionsgrades beider Bereiche. Dieser Umstand kann dazu dienen, vegetationsbedeckte von vegetationsfreien Flächen zu unterscheiden.

<sup>39</sup> Wenn auf einer Fläche viele Bäume, Sträucher, Siedlungsflächen oder sonstige „Störstellen“ vorhanden sind, kann dies die Berechnung der Vegetations-Indizes unsicher machen. Diese Unsicherheiten wurden auf zwei Wegen beurteilt: Zum einen wurden jeweils Mittelwert und Median des NDVI für alle Zeitpunkte im Jahr für jede der untersuchten Flächen berechnet. Da der Mittelwert für Extremwerte anfälliger ist als der Median, kann durch Vergleich der beiden Größen auf die Homogenität der Flächen rückgeschlossen werden. Ergänzend erfolgte eine visuelle Überprüfung auf mögliche Inhomogenitäten anhand von Orthophotos.

<sup>40</sup> Nach Analyse der Feldkartierungsdaten und unter Berücksichtigung ökologischer und landwirtschaftlicher Gesichtspunkte wurde der minimale Abstand zwischen zwei Mahden auf 20 Tage festgelegt. Eine zweite Mahd innerhalb von 20 Tagen kann plausibel auf eine Doppelkartierung zurückgeführt werden.

<sup>41</sup> Dies führt zum Ausschluss von 3 Flächen, bei denen die Feldkartierung nicht im Bereich der ansteigenden NDVI-Flanke liegt.

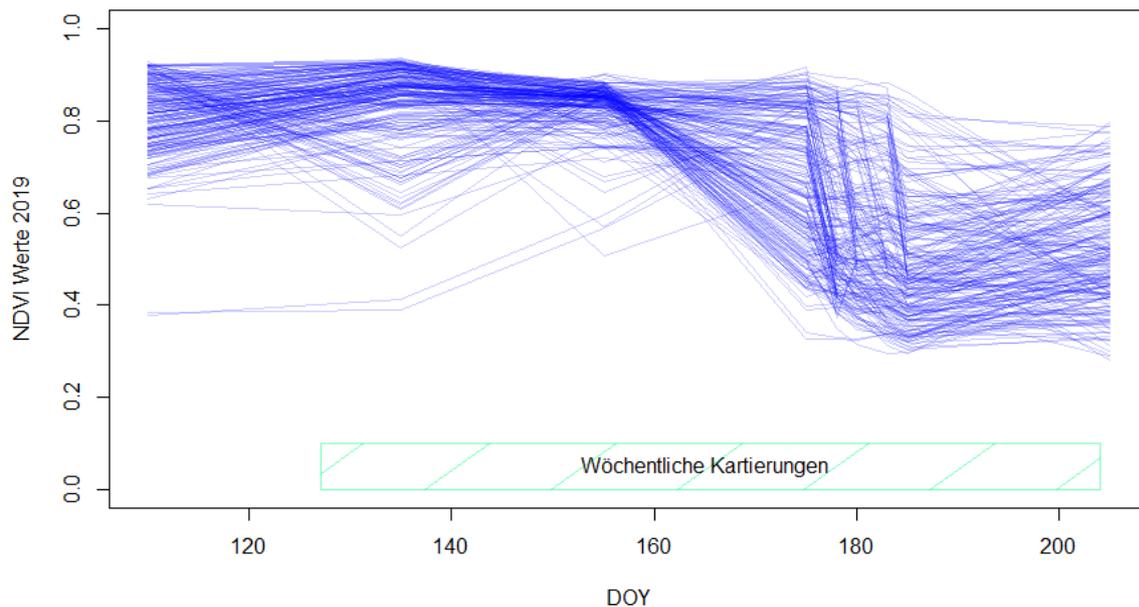


Abb. 93: NDVI-Zeitreihen der 217 Trainingsdaten im UG Freisen

Darstellung der Zeitreihen in blau und des Zeitraums wöchentlicher Feldkartierungen (grüner horizontaler Balken). Gut zu erkennen sind die sich zwischen den Flächen wiederholenden Muster des Abfalls der NDVI-Zeitreihen infolge von Mahdereignissen. z .B. fällt der NDVI für eine Vielzahl von Flächen im Zeitraum zwischen dem 24. Juni (DOY 175) und dem 4. Juli (DOY 185).

Im Vergleich mit den Felddaten zeigte sich, dass insbesondere die Detektion der Flanke zwischen hohem und niedrigem NDVI wichtig für die Mahderkennung ist. Die besten Ergebnisse zur Bestimmung der Flanke des Abfalls wurden bei vergleichsweise niedrigen NDVI-Grenzwerten erzielt, für die im Folgeschritt jedoch nur jeweils der höchste Abfall in einem 20 Tage Zeitfenster gezählt wurde (vgl. Abb. 94).

Bei der Bestimmung des endgültigen NDVI-Grenzwertes wurde die Zielstellung verfolgt, durch die Fernerkundung möglichst viele feldkartierte Mahdaktivitäten zu erkennen (Right Positive, RP) und gleichzeitig möglichst wenig falsche fernerkundliche Mahdaktivitäten zu detektieren (False Positive, FP). Als Kenngrößen wurde die Anzahl der Right-Positive und False-Positive-Fälle für NDVI-Grenzwerte zwischen 0,01 bis 0,4 im Abstand von 0,01 Indexpunkten bestimmt<sup>42</sup>. Der Ergebnisvergleich der NDVI-Grenzwerte zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen sinkendem Grenzwert und steigender Anzahl bestätigter Mahdereignisse (vgl. Abb. 95). Je niedriger der Grenzwert ist, desto höher ist die Zahl der korrekt eingestuft Fälle (RP). Damit einher geht allerdings auch eine steigende Anzahl der False-Positive-Fälle. Ein exponentieller Anstieg der False Positives ergibt sich bei Grenzwerten unter 0,06.

Die Aufschlüsselung des Verhältnis von Right-Positiv klassifizierten Mahdereignissen zu False-Positive klassifizierten Mahdereignissen ergibt, dass der betrachtungsrelevante Grenzwertbereich auf den Bereich zwischen 0,08 bis 0,17 eingeschränkt werden kann (Abb.

<sup>42</sup> Fernerkundlich-kartierte Mahdaktivitäten an Anfang und Ende des Kartierzeitraums wurden nicht als falsch (FP) gewertet. Denn es kann eine Mahd zwischen dem ersten Fernerkundungstermin und dem ersten Feldkartierungstermin oder nach dem letzten Feldkartierungstermin und vor dem letzten Fernerkundungstermin stattgefunden haben.

96). Bei Grenzwerten unter 0,08 verschlechtert sich das Verhältnis zwischen RP und FP. Der letztendlich gewählte NDVI-Grenzwert von 0,08 stellt zugleich den Grenzwert mit der besten Rate von Right-Positive klassifizierten Mahdereignissen (ca. 93 %) gegenüber einer möglichst geringen Anzahl an False-Positive klassifizierten Mahdereignissen dar. Der entsprechende Grenzwert kann entgegen niedrigerer Grenzwerte auch als robuster gegenüber natürlichen NDVI-Schwankungen in Folge von Trockenheit und Dürre gelten.

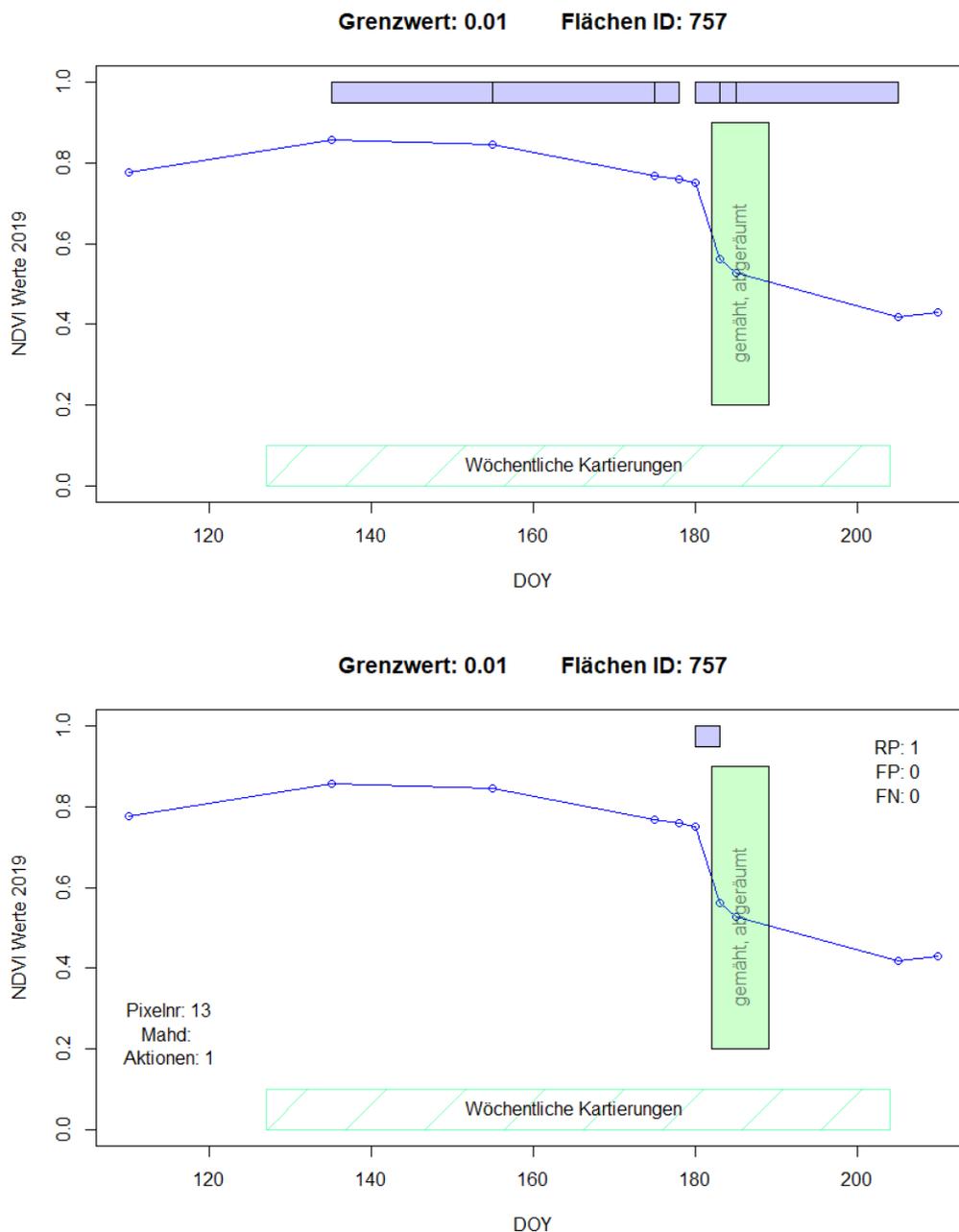


Abb. 94: Ausschluss von Mahdereignissen aufgrund der Unterschreitung von Mindestabständen zwischen Mahdterminen: iterative Minimierung der Fehlerquote

Dargestellt ist die feldkartierte Mahd (vertikaler grüner Balken), die Zeitreihe des NDVI (blaue Linie) und die mittels Fernerkundung ermittelten Mahdzeiträume (blauer horizontaler Balken) bei Anwendung eines Grenzwertes (NDVI-Gefälle) von 0,01 Index-Punkten. Vor der Bereinigung (oben) und danach (unten).

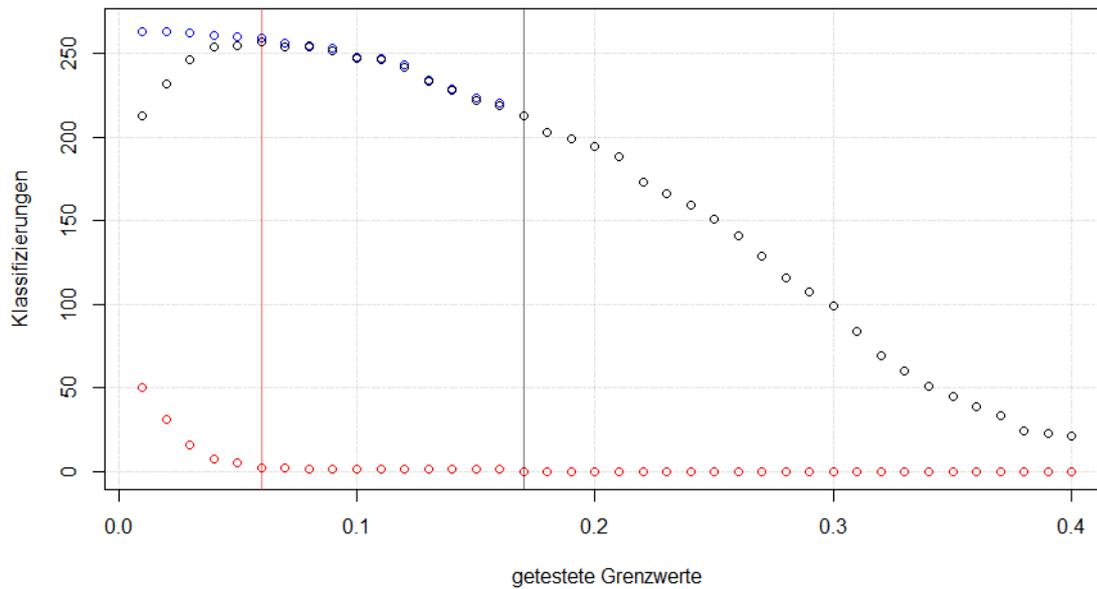


Abb. 95: Anzahl der klassifizierten Fälle pro getestetem Grenzwert

blaue Punkte: Right-Positive-Fälle, rote Punkte: FP, schwarze Punkte: Differenz von Right Positives und False Positives,  
rote vertikale Linie: Grenzwert mit der höchsten Anzahl an RP bei gleichzeitig geringer FP Anzahl (Nutzenoptimum 0,06),  
schwarze vertikale Linie: Grenzwert mit der höchsten Anzahl an RP und gleichzeitig keinem FP (FP-Optimum 1,7).

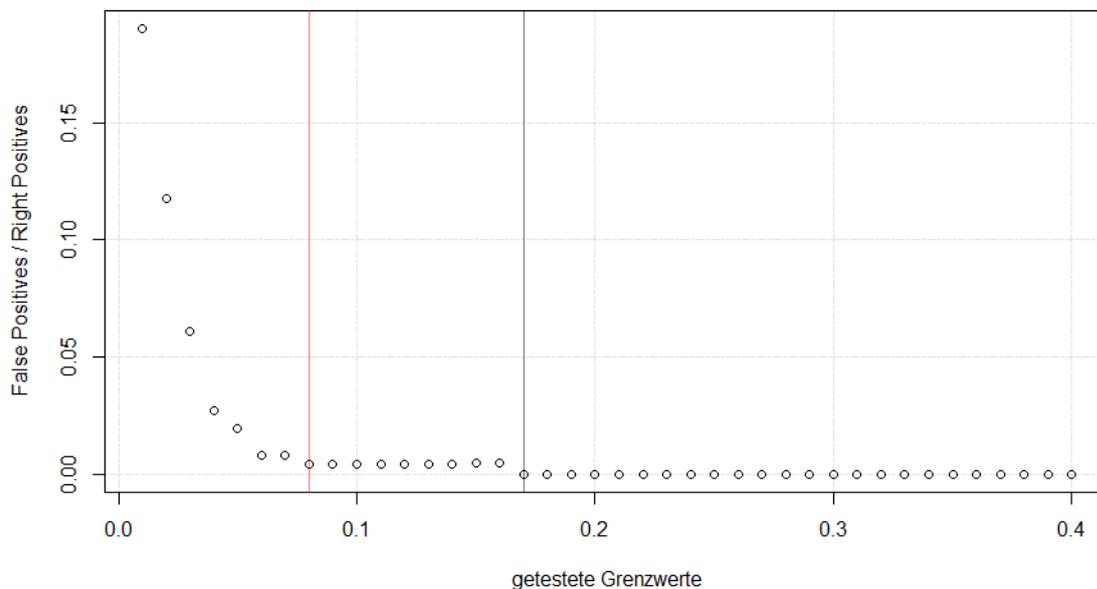


Abb. 96: Anzahl der False Positives die pro Right Positive klassifiziert werden für alle getesteten Grenzwerte

schwarze Punkte: Grenzwerte;  
rote vertikale Linie: kleinster Grenzwert bei dem die Anzahl der FP pro RP noch nicht exponentiell ansteigt (Kostenoptimum, 0,08),  
schwarze vertikale Linie: kleinster Grenzwert bei dem kein FP pro RP klassifiziert wird (FP-Optimum, 0,17).

Die Regeln zur Erkennung von Mahdterminen werden mit Hilfe der empirisch begründeten Grenzwerte und grundlegender ökologischer Zwangspunkte festgelegt:

- Zwischen zwei fernerkundeten NDVI-Werten muss ein Abfall von der Höhe des NDVI-Grenzwertes stattfinden,
- Mahdtermine werden nur zwischen dem 20. April (DOY 110) und dem 23. August (DOY 235) fernerkundlich kartiert (danach keine sichere Differenzierung zwischen Mahd und abtrocknen der Vegetation möglich),
- Zwischen zwei Mahdterminen müssen mindestens 20 Tage liegen, in der Regel 6 Wochen (abgeleitet aus den feldkartierten Bewirtschaftungsereignissen)

**Regelableitung / Grenzwertermittlung zur Bestimmung des Flächenumbruchs:** Die Detektion von Umbrüchen wurde mit Hilfe des Normalized Difference Tillage Index (NDTI) nach Van Deventer et al. (1997) durchgeführt, der als Indikator für einen Bodenbearbeitungsvorgang im Sinne eines Umbruchs auf der Fläche dienen kann<sup>43</sup>.

Als Quelle des Trainingsdatensatzes für den Umbruch dienten 69 Flächen aus dem Jahr 2019, bei denen mindestens einmal die Landnutzung „Acker umgebrochen“ kartiert wurde. Die NDTI-Werte, die nach dem feldkartierten Umbruch gemessen wurden bilden den Trainingsdatensatz (69 Datenpunkte).

Zur Detektion des Umbruchs wurde der spektrale Unterschied zwischen offenem Boden (nach dem Umbruch) und verschiedenen anderen Landnutzungsarten genutzt. Aus Abb. 97 wird deutlich, dass die sehr niedrigen NDVI- und NDTI-Werte von offenem Boden sich zur Abgrenzung zu anderen Landnutzungen eignen: bei ständig mit Vegetation bedeckten Flächen (hier Wiese) werden keine vergleichbar niedrigen NDVI- und NDTI-Werte beobachtet<sup>44</sup>. Bei Landnutzungsarten, bei denen ein Umbruch zu erwarten ist (hier Getreide) kann eine Datenklumpung im Bereich der Trainingsdaten beobachtet werden, was plausibel auf offenen Boden nach dem Umbruch zurückzuführen ist. Dass bei Getreide, im Vergleich zu Wiese, eine Datenklumpung im Bereich niedriger NDVI-Werte und vergleichsweise hoher NDTI-Werte auftritt, ist auf das Abtrocknungsstadium des Getreides zurückzuführen, bei dem ein hoher Biomasseanteil ohne photosynthetische Aktivität vorhanden ist. Dass die Klumpung im Bereich der Trainingsdaten klar von der Klumpung im Bereich des Abtrocknungsstadiums bei Getreide abzugrenzen ist, bestätigt die Annahme, dass ein NDVI-Grenzwert geeignet ist offenen Boden abzugrenzen.

Trainingsdaten mit vergleichsweise hohem NDVI- und NDTI-Werten stammen aus Frühjahr und Spätherbst. Die höheren Werte im Frühjahr sind darauf zurückzuführen, dass "Acker umgebrochen" auch bei Flächen kartiert wurde, die im Herbst umgebrochen wurden, und im Frühjahr schon leicht aufgekeimt waren. Die hohen NDTI-Werte im Herbst sind vermutlich auf das Vorhandensein von Ernterückständen trotz Umbruch zurückzuführen, die (insbesondere im nassen Zustand) zu einer NDTI-Erhöhung führen (Quemada & Daughtry 2016). Es wurde deshalb eine konservative Festlegung des NDTI-Grenzwertes auf das 90 % Perzentil der NDTI-Werte der Trainingsdaten festgelegt (0,128).

---

<sup>43</sup> Der NDTI wird als  $(SWIR1-SWIR2)/(SWIR1 + SWIR2)$  berechnet, wobei SWIR1 das erste Band im Kurzwellen-Infrarotbereich (Band 11) und SWIR2 das zweite Band im Kurzwellen-Infrarotbereich (Band 12) darstellt. Dieser Index ist auf die Cellulose-Absorption im Bereich kurzwelliger Infrarotstrahlung spezialisiert, durch die eine Unterscheidung zwischen toter Vegetation (abgetrocknetes Getreide, Stoppelfelder) und offenem (umgebrochenem) Boden möglich ist (Zheng et al. 2013).

<sup>44</sup> Vereinzelt Ausreißer können plausibel auf falsche Feldkartierungen (Wiese statt Ackergras) zurückgeführt werden.

Für Grünländer (Wiese, Weidefläche, Ackergras etc.) wurde außerdem auch das 90 % Perzentil der NDVI-Werte der Trainingsdaten (0,305) als zusätzlicher Grenzwert verwendet (NDVI-Grenzwert-Umbruch). Die Regeln zur Klassifizierung wurden mit Hilfe der Grenzwerte und zusätzlicher ökologischer Überlegungen festgelegt:

- Der NDTI muss vor dem Umbruch über dem Grenzwert liegen (Biomasse vorhanden)
- Der NDTI muss nach dem Umbruch kleiner als der Grenzwert sein (offener Boden)
- Der NDTI muss weiterhin (zwischen 20 und 30 Tage nach dem Umbruch, beziehungsweise 17 und 30 Tagen in 2018 wegen veränderter Datenverfügbarkeit) unter dem NDTI-Grenzwert liegen
- Bei Grünländern gelten diese Regeln auf gleiche Weise für den NDVI (NDVI-Grenzwert-Umbruch)

Nach diesen Regeln ergibt sich der Zeitraum, in dem ein Umbruch kartiert werden kann, für 2018 vom 21. März bis zum 28. August und für 2019 vom 21. März bis zum 29. Juli.

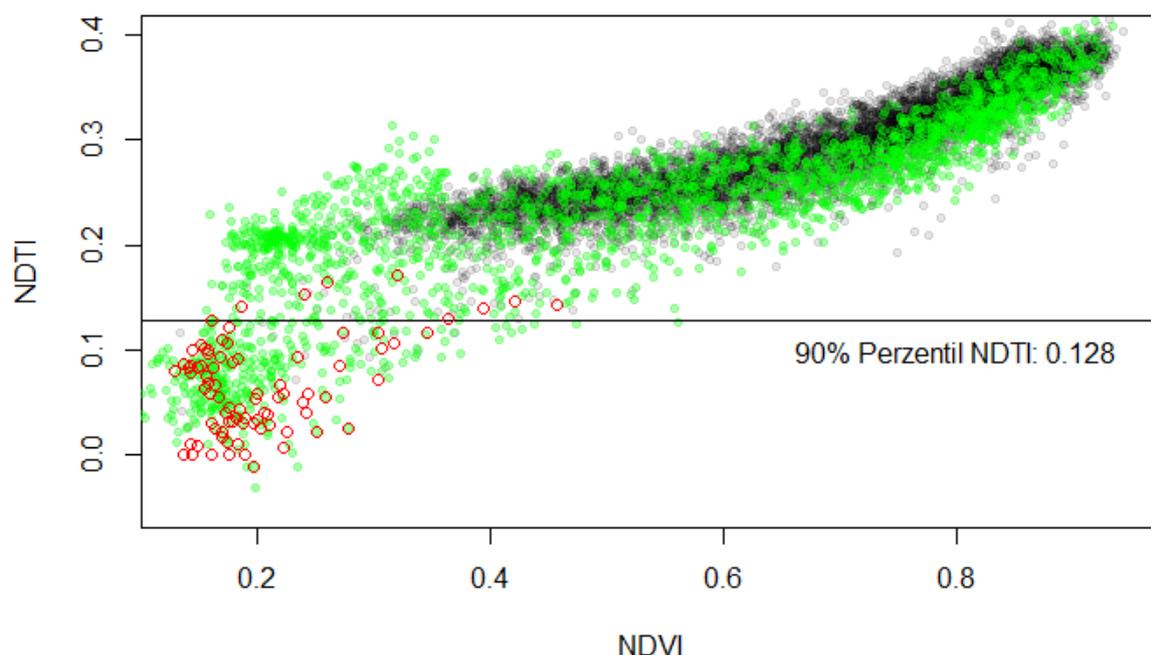


Abb. 97: NDTI- und NDVI-Charakteristik der Trainingsdaten (offener Boden, rot), von Wiesenflächen (schwarz) und Getreide (grün) mit dem NDTI-Grenzwert (schwarze Linie).

**Anwendung der entwickelten Methodik auf die Kartierjahre:** Da die Methodik anhand der Daten 2019 entwickelt wurde, wurde in einem ersten Schritt geprüft, ob die Methodik auf 2018 übertragen werden kann. Abb. 98 zeigt, dass sich die spektrale Charakteristik von NDVI und NDTI der zwei Jahre nicht grundsätzlich unterscheidet. Es wird daraus gefolgert, dass keine generellen Datenunterschiede in 2018 vorliegen (z. B. Sensorenfehler) und die Methodik auch auf dieses Jahr angewendet werden kann.

Außerdem wurde überprüft, wie viele der felddetektierten Mahdereignisse in 2018 von der Methodik erkannt werden: Von 63 felddetektierten Mahdereignissen auf Wiesen wurden 54

richtig von der fernerkundlichen Methodik erkannt, was einen Anteil von 86 % RP ausmacht<sup>45</sup>. Über fälschlicherweise fernerkundlich erfasste Mahdtermine (FP) kann keine Aussage gemacht werden, da in 2018 keine der Flächen durchgängig feldkartiert wurde. Die restriktive Klassifizierung, bei der in 2018 nicht alle Mahdtermine fernerkundlich kartiert wurden (siehe oben) macht einen hohen Anteil von FP jedoch unwahrscheinlich. Trotzdem können FP in beiden Datensätzen nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Für die Übertragbarkeit der Umbruchmethodik können anhand der feldkartierten Daten in 2018 keine evaluierenden Aussagen gemacht werden. Eine stichprobenhafte Überprüfung der spektralen Zeitverläufe zeigte aber, dass die erfassten Umbruchereignisse der landwirtschaftlichen Praxis entsprechen, und somit plausibel sind.

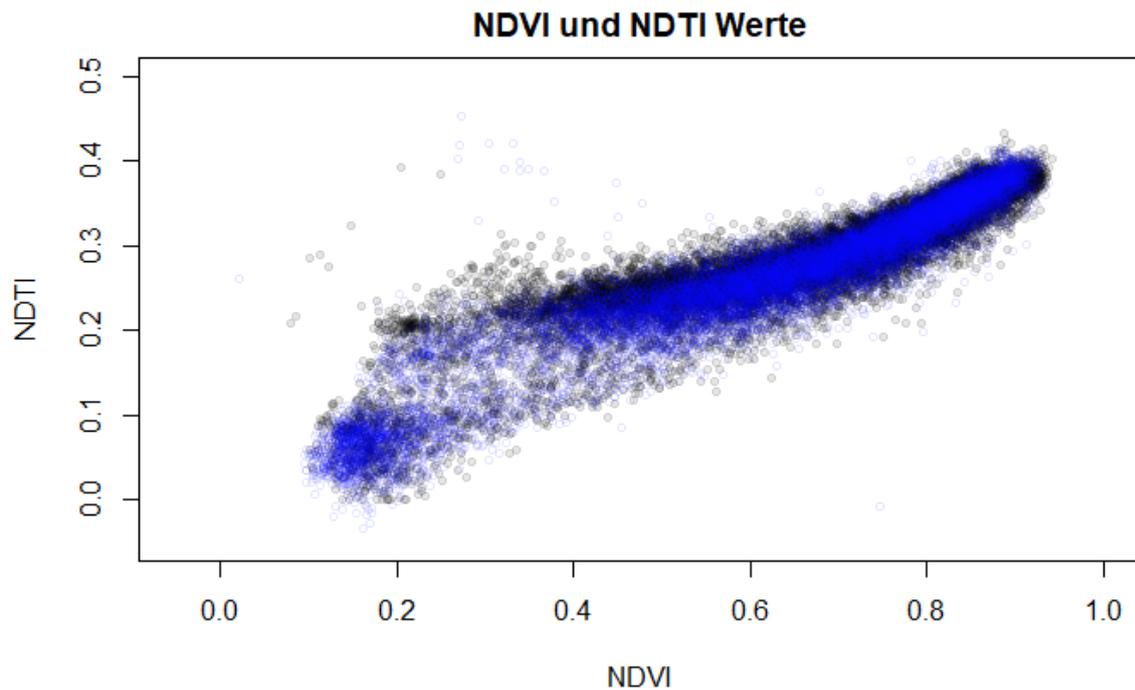


Abb. 98: NDTI und NDVI Charakteristik aller fernerkundeter Flächen in 2019 (schwarz) und 2018 (blau).

Ausreißer sind u. a. auf Siedlungs- und Wasserflächen zurückzuführen.

<sup>45</sup> Dass die restlichen 9 Termine nicht erkannt wurden, kann an der geringen Verfügbarkeit von Satellitendaten im Juli 2018 liegen. Gleichzeitig weisen die feldkartierten Daten durch die geringere Kartierintensität eine höhere Fehlerwahrscheinlichkeit auf.

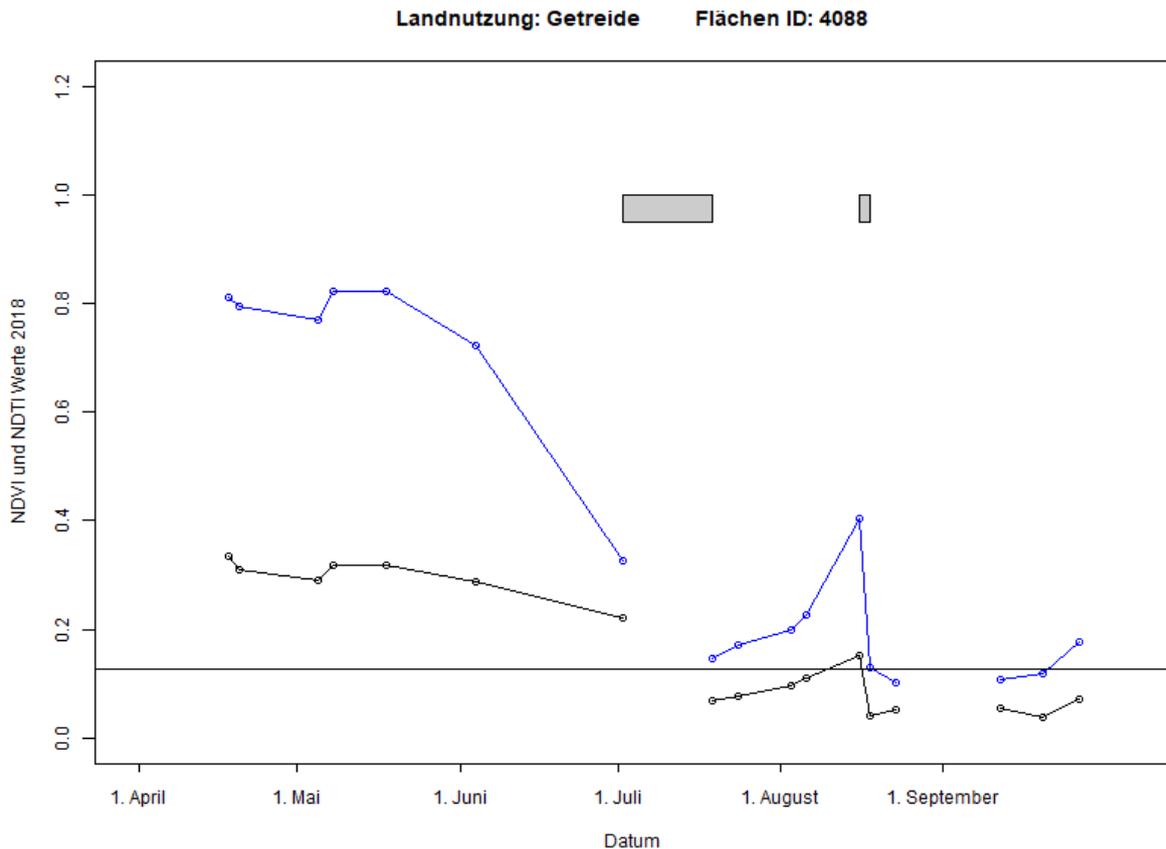


Abb. 99: Fernerkundete Umbruchszeiträume (graue Balken) auf einer Getreidefläche.

Dargestellt sind die Verläufe von NDVI (blau) und NDTI (schwarz), fernerkundlich kartierte Umbrüche (graue Balken), sowie der NDTI-Grenzwert (schwarze horizontale Linie). Unterbrechungen in den Kurven sind auf Wolkenbedeckung in den Satellitendaten zurückzuführen. Der erste Umbruchszeitraum wurde nach Abtrocknen des Getreides (verm. Wintergetreide) festgestellt. Der zweite Umbruchszeitraum wurde nach dem erneuten Aufkeimen (NDVI-Erhöhung) der umgebrochenen Fläche festgestellt, was der landwirtschaftlichen Praxis entspricht.

Vor der Anwendung der Methodik auf die Daten wurde die feldkartierte Landnutzung mithilfe von Fernerkundungsdaten, Orthophotos und der Landnutzungskartierung des jeweils anderen Jahres näherungsweise überprüft. Die Landnutzungsart wurde geändert, wenn typische NDVI-Zeitreihen (vgl. Abb. 99, Abb. 100) nicht mit der feldkartierten Landnutzungsart übereinstimmten, wenn die Landnutzung nicht plausibel war (z. B. Wiese nach Getreide, Saum / Randstreifen über 40 m x 40 m) oder sich die Abgrenzungen der Bewirtschaftungsflächen unterschieden. In 2018 wurde die Landnutzungsart in 126 Fällen angepasst<sup>46</sup>, in 2019 betraf dies nur 24 Flächen, da die Intensität der Feldkartierung, und damit die Datenqualität höher waren. Die Gesamtzahl landwirtschaftlicher Flächen in den Horstradien ist Tab. 50 zu entnehmen.

<sup>46</sup> Hierzu zählen auch Flächen, die 2018 nicht feldkartiert wurden und anhand von Fernerkundungsdaten und der Kartierung 2019 klassifiziert wurden (z. B. Wald, Siedlung).

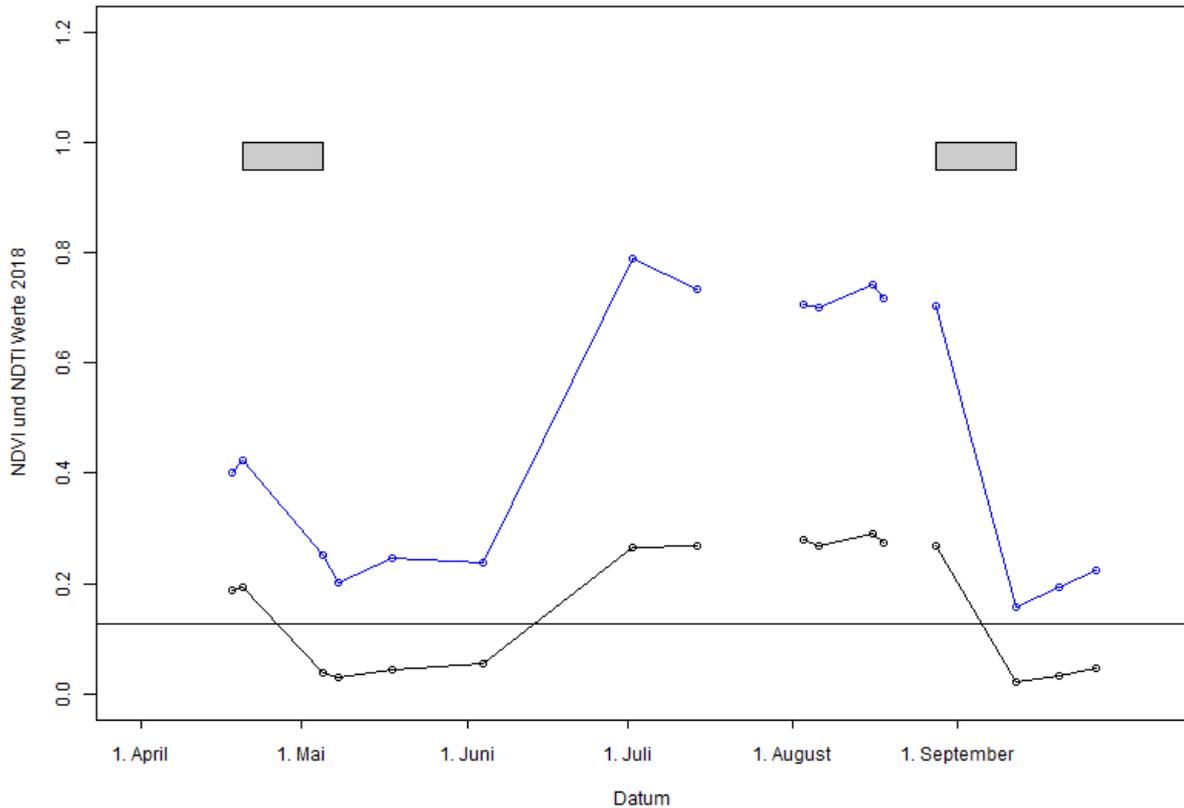


Abb. 100: Typischer NDVI- und NDTI-Verlauf für Mais.

Dargestellt sind die Verläufe von NDVI (blau) und NDTI (schwarz), fernerkundlich kartierte Umbrüche (graue Balken), sowie der NDTI-Grenzwert (schwarze horizontale Linie). Unterbrechungen in den Kurven sind auf Wolkenbedeckung in den Satellitendaten zurückzuführen. Der Typische Verlauf ist durch eine lange Phase offenen Bodens im Frühsommer (niedriger NDVI; NDTI unter Grenzwert) einen späten und dabei schnellen Aufwuchs im Sommer (stark steigender NDVI), hohe NDVI-Werte während der Vegetationszeit und einen schnellen Abfall von NDVI und NDTI in der Ernte- und Umbruchsphase gekennzeichnet.

Die fernerkundliche Detektion von Mahd und Umbruch wurde entsprechend Kap. 3.1.2 und der vorhergehenden Erläuterungen für 2018 und 2019 angewandt. Die Ergebnisse wurden anschließend manuell überprüft und mit den feldkartierten Bewirtschaftungsereignissen abgeglichen. Unplausible Ereignisse (z. B. feldkartierte Mahd bei steigendem NDVI, zwei Mahden mit unter 20 Tagen Abstand) wurden dabei manuell aus dem Datensatz entfernt.

Fernerkundete Mahdzeiträume wurden anschließend automatisiert mit den fernerkundeten Mahdzeiträumen verschnitten um den Zeitraum der Bearbeitung weiter einzugrenzen (vgl. Abb. 101).

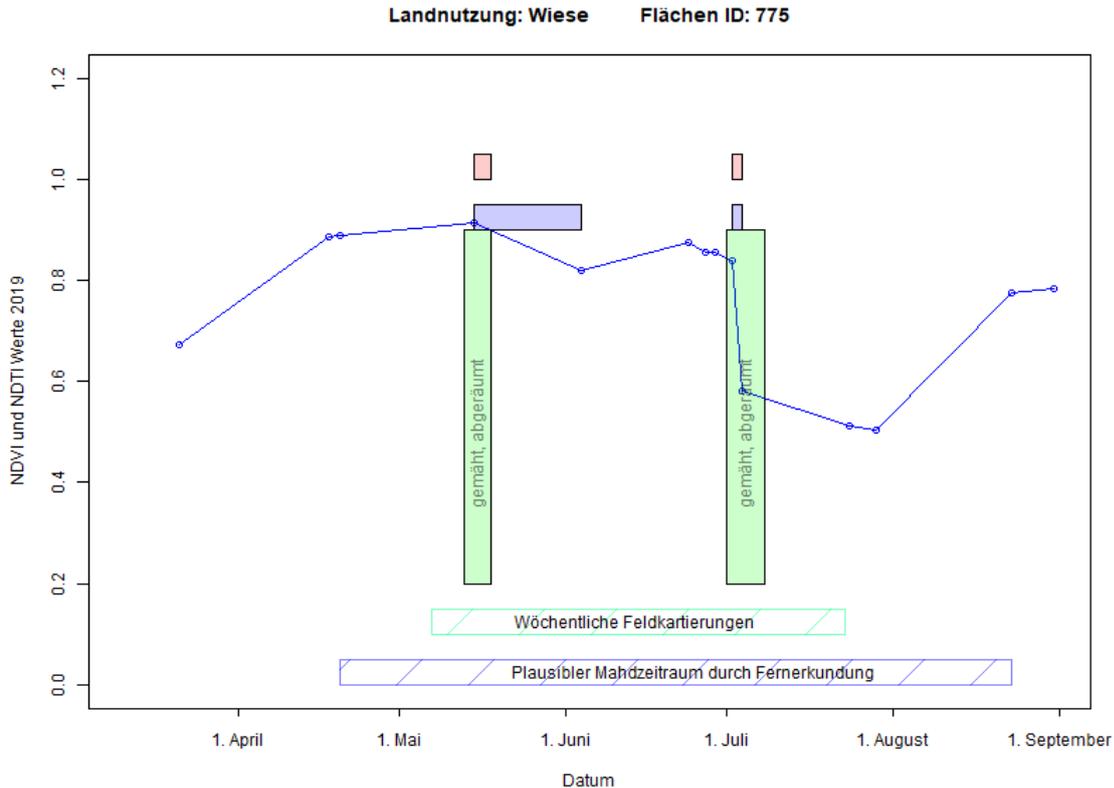


Abb. 101: Verschneidung von feldkartierten und fernerkundeten Mahdterminen.

Dargestellt sind der Verlauf von NDVI (blaue Linie), fernerkundeten Mahdzeiträumen (lila Balken), feldkartierten Mahdzeiträumen (grüne Balken) und ihrer Schnittmenge (rosa Balken). Beide feldkartierten Mahden konnten durch die Fernerkundung weiter eingegrenzt werden.

Als Resultat wurden in 2018 insgesamt 707 Mahden und 291 Umbrüche festgestellt (davon 39 Felder mit zwei Umbrüchen), in 2019 insgesamt 689 Mahden und 66 Umbrüche (davon ein Feld mit zwei Umbrüchen)<sup>47</sup>. Eine genaue Auflistung der erfassten Termine ist in Tab. 51 dargestellt. Wie erwartbar wurden in 2018 aufgrund der geringeren Anzahl Felderfassungstermine im Vergleich mehr Ereignisse ausschließlich durch Fernerkundung festgestellt. Damit ist die Verlässlichkeit der Daten von 2019 als höher einzuschätzen.

Die Bewirtschaftungsereignisse konnten abhängig von der Datenverfügbarkeit der Satellitendaten und der Häufigkeit der Feldkartierungen auf unterschiedliche Zeiträume eingegrenzt werden. Für 2018 konnten aufgrund der besseren Verfügbarkeit von Satellitenbildern in Frühjahr und Herbst deutlich mehr Umbrüche kartiert und auf kürzere Zeiträume eingegrenzt werden (durchschnittlich ca. 11 Tage im Vergleich zu ca. 19 Tagen in 2019; vgl. Abb. 102).

Die Mahd konnte in 2019 aufgrund der höheren Intensität der Feldkartierung und der besseren Verfügbarkeit von Satellitenbildern in den Sommermonaten auf deutlich kürzere Zeiträume eingegrenzt werden (durchschnittlich ca. 10 Tage im Vergleich zu ca. 18 Tagen in 2018; vgl. Abb. 102).

<sup>47</sup> Der Unterschied in der Zahl der Umbruchkartierungen ergibt sich daraus, dass in 2018 noch verwendbare Satellitendaten aus dem September zur Verfügung standen und somit häufiger der Umbruch nach der Ernte festgestellt werden konnte beziehungsweise der mehrmalige Umbruch im Herbst.

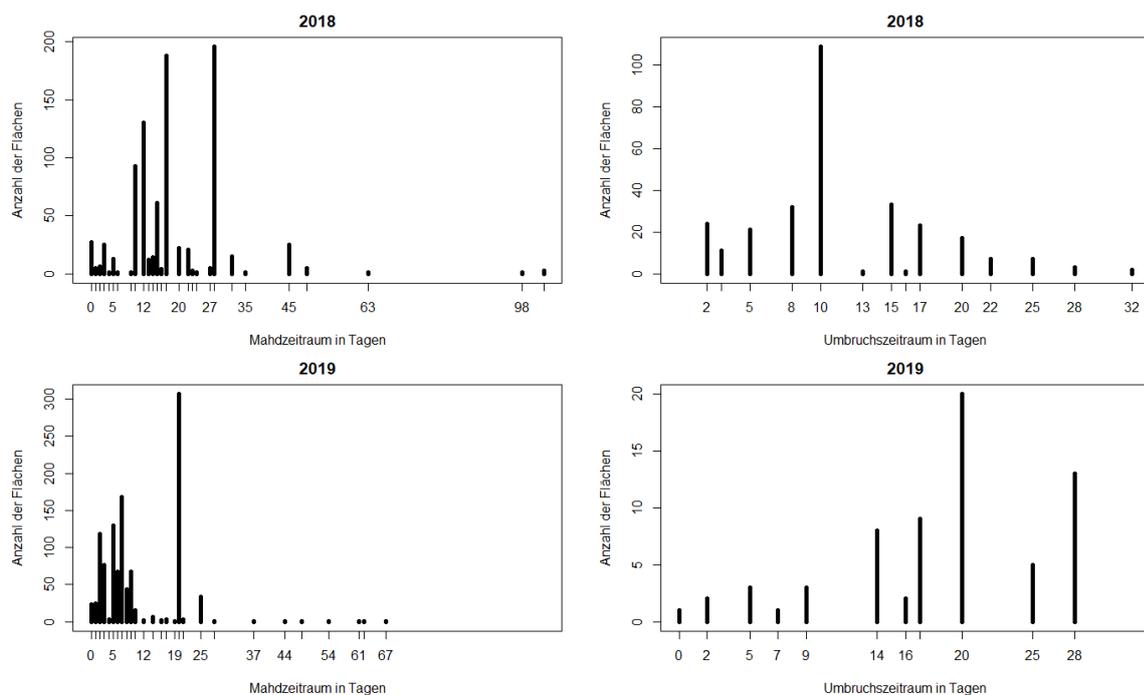


Abb. 102 Länge der detektierten Mahd- und Umbruchszeiträume für beide Kartierjahre, die durch die Kombination aus Feldbeobachtung und Fernerkundung festgestellt wurde (in Tagen).

Tab. 50: Flächendifferenzierung in 2-km-Horstradien nach Fernerkundbarkeit und Landnutzung

Bewirtschaftungsart	2018			2019		
	fernerkundbar	nicht fernerkundbar	gesamt	fernerkundbar	nicht fernerkundbar	gesamt
Wiese	528	176	704	501	349	850
Weide	46	12	58		173	173
Ackergras	18	3	21	46	29	75
Kleegras	8	2	10	8	5	13
Getreide	177	39	216	176	62	238
Mais	47	7	54	35	11	46
Raps	32	3	35	49	10	59
Zwischenfrucht	-	-	-	4	7	11
Wildacker	5	3	8	1	7	8
sonst. Ackerfrucht / Hackfrucht	10	5	15	8	12	20
Feldkultur einjährig (k. A.)	23	0	23	5	9	14
Brache (Acker, Saum, Wiese)	34	58	92	52	123	175
Gehölz / Obstbau / Wald	*	274	274	*	384	384
Gewässer	*	4	4	*	7	7
Siedlung	*	88	88	*	113	113
k.A.	*	143	143	-	-	-
<b>SUMME</b>	<b>928</b>	<b>817</b>	<b>1745</b>	<b>885</b>	<b>1301</b>	<b>2186</b>

Tab. 51: Fern- und felderkundete Bewirtschaftungsereignisse auf landwirtschaftlichen Flächen

Feld: Mahd beziehungsweise Ernte durch Feldkartierung festgestellt (insbesondere Flächen die nicht fernerkundet werden konnten),

Fern: Mahd nur durch Fernerkundung festgestellt,

Feld\*Fern: Fernerkundung bestätigt Feldkartierung, ggf. weitere zeitliche Eingrenzung durch die Kombination beider Methoden. Umbruch wurde ausschließlich mittels Fernerkundung registriert.

Jahr	2018					2019				
	Mahd				Umbruch	Mahd				Umbruch
	Feld	Feld* Fern	Fern	ge- samt	Fern	Feld	Feld* Fern	Fern	ge- samt	Fern
Wiese	29	71	567	644		205	317	266	502	3
Ackergras	1	3	24	28	2	18	54	12	67	3
Kleegras	1		13	13	1		2	10	12	
Wiesenbrache						3	19		8	
Ackerbrache						3	1		1	2
Weidefläche	2	3		4		11				
Getreide	8				173	21				25
Raps					30					3
Mais					62	1				26
Zwischenfrucht										2
Wildacker					1	2				
sonstige Ackerfrucht /Hackfrucht										1
Acker einjährig (k.A.)					22	1				1
Streuobst						13				
<b>SUMME</b>	<b>41</b>	<b>77</b>	<b>622</b>	<b>707</b>	<b>291</b>	<b>278</b>	<b>379</b>	<b>288</b>	<b>689</b>	<b>66</b>