



***Amt der Steiermärkischen Landesregierung,
Referat Naturschutz***

***Studie zum herbstlichen Greifvogelzug
in der Steiermark***

Ausfertigung

A	B	C	D	E	F	G	H	I
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Der vorliegende Bericht wurde erstellt von:

KOFLER Umweltmanagement

Ansprechpartner und Projektleitung:

Mag. Wolfgang Linhart – 0664 / 82 08 153

wolfgang.linhart@zt-kofler.at

in Zusammenarbeit mit

Arbeitsgruppe für
Tierökologie und Planung
J. Trautner
Johann-Strauß-Straße 22
D-70794 Filderstadt

Dr. Tobias Ludwig
Wildtierökologie und
Umweltmodellierung
Rotenweg 16
D-79199 Kirchzarten

Dr. Lars Ludwig
Institut f. Wissen-
schaftliches Rechnen
Techn. Univ. Dresden
D-01062 Dresden

Manuel Borovsky
Ingenieurbüro Borovsky
& Duschek GmbH
Passinigasse 9/9
A-8055 Graz

Datum: 28.02.2018 | Unsere GZ: 1056

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	5
2	Einleitung / Ausgangslage	8
3	Aufgaben-/ Fragestellung	10
4	Methodik	12
4.1	Untersuchungsgebiet	12
4.2	Herbstliche Greifvogelzugerhebungen	15
4.2.1	Erhebungszeitraum	15
4.2.2	Auswahl der Standorte	15
4.2.3	Zielarten	16
4.2.4	Erfassungsgrundlagen	16
4.3	Modellierung: Ausgangslage und grundlegende Vorgehensweise	18
4.4	Methodik zur Erstellung der Karte der Windverhältnisse der Steiermark mittels Durchführung einer CFD-Strömungssimulation in WindSim	20
4.5	Mathematische Grobmodelle - Methodik	21
4.5.1	Flussmodell für den herbstlichen Greifvogelzug	21
4.5.1.1	Ursprungsparameter	22
4.5.1.2	Weitere Parameter	22
4.5.2	Berechnung der räumlichen Aufwindsituation	23
4.5.2.1	Orographische Aufwinde	23
4.5.2.2	Thermische Aufwinde	24
4.6	Statistische Auswertungen	26
4.6.1	Evaluierung der in den Grobmodellen vorhergesagten Erwartungszonen	26
4.6.1.1	Variabilität des Zugaufkommens zwischen den Punkten und Erfassungstagen	26
4.6.1.2	Evaluierung der Erwartungszonen	27
4.6.2	Modellierung des Zugaufkommens mit den Wetterdaten	28
4.6.2.1	Datenvorbereitung	28
4.6.2.2	Modellkalibrierung	28



5	Ergebnisse der Erfassung	30
5.1	Anzahl der Arten und Individuen	30
5.2	Flughöhen	39
5.3	Zugrichtungen	47
5.4	Tagesphänologie	50
5.5	Phänologie nach Erfassungsperioden	52
6	Modellergebnisse	54
6.1	Flussmodell	54
6.2	Evaluierung Flussmodell und Aufwinde	55
6.3	Modelle des Zugaufkommens	57
6.3.1	Rohrweihe	57
6.3.1.1	Wahrscheinlichkeit für den Rohrweihenzug	57
6.3.1.2	Anzahl ziehender Rohrweihen	59
6.3.1.3	Flug der Rohrweihe unter 200 Meter	60
6.3.2	Wespenbussard	62
6.3.2.1	Wahrscheinlichkeit für den Wespenbussard-Zug	62
6.3.2.2	Anzahl ziehender Wespenbussarde	64
6.3.2.3	Flug des Wespenbussards unter 200 Meter	66
7	Diskussion: Modellierung	68
7.1	Modellierung des Breitfrontenzuges (Flussmodell)	68
7.2	Evaluierung Flussmodell und Aufwinde	68
7.3	Statistische Modellierung anhand der Wetterdaten	69
8	Diskussion: Schwellenwerte und Ausschlusszonen	71
9	Danksagung	74
10	Verzeichnisse	75
10.1	Abbildungsverzeichnis	75
10.2	Tabellenverzeichnis	79
11	Literatur und Quellen	82
12	Anhang	83
12.1	Übersicht der erfassten Zugvögel	83
12.2	Prozentuelle Verteilung der Zugrichtungen aller Greifvögel pro Punkt	88



12.3 Liniendichten	91
12.4 Flussmodell	93
12.5 Zählformular	96
12.6 Karten	97
12.7 Wetterprotokoll	102



1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- In den Jahren 2016 und 2017 wurde innerhalb des Geltungsbereichs der Alpenkonvention in der Steiermark an insgesamt 30 Beobachtungsstandorten jeweils an 10 Tagen (in Summe 2.590 Beobachtungsstunden) der frühherbstliche Greifvogelzug sowie das Zugeschehen weiterer Großvögel erfasst. Drei Beobachtungsstandorte wurden sowohl im Jahr 2016 als auch im Jahr 2017 erfasst, sodass in Summe 33 Erfassungen durchgeführt wurden.
- Insgesamt wurden in den beiden Jahren von 33 Vogelarten 3.291 ziehende Individuen gezählt. In Summe wurden 2.793 Greifvogelindividuen erfasst (1.690 Individuen im Jahr 2016 an 20 Beobachtungsstandorten, 1.103 Individuen im Jahr 2017 an 13 Beobachtungsstandorten).
- Die insgesamt am häufigsten beobachteten Greifvogelarten waren in absteigender Reihenfolge Rohrweihe, Wespenbussard und Mäusebussard mit einem Anteil von insgesamt rund 78% aller beobachteten Greifvögel. Im Unterschied zum gesamten Betrachtungszeitraum bzw. zum Erfassungsjahr 2016 war im Jahr 2017 der Wespenbussard die häufigste Art; gefolgt von Mäusebussard und Rohrweihe.
- Am Beobachtungspunkt mit den meisten ziehenden Greifvögeln wurden insgesamt 175 Individuen gezählt (Kleiner Zinken – Lachtal). Am Beobachtungspunkt mit den geringsten Nachweisen wurden in Summe 11 Individuen gezählt (Zeutschach).
- An den beiden Punkten mit der höchsten Anzahl ziehender Wespenbussarde wurden in Summe 69 Individuen (Obdach) bzw. 68 Individuen (Handalm) ermittelt. Lediglich 1 ziehender Wespenbussard wurde an den Erfassungspunkten Polster – Präbichl und Kriemandl – Tauplitz dokumentiert.
- Erfassungspunkte mit der höchsten Anzahl an beobachteten Rohrweihen waren Kleiner Zinken – Lachtal (113 Individuen), Obdach (82 Individuen) und Planneralm (80 Individuen). An einem Punkt (Paltental) konnten keine ziehenden Rohrweihen festgestellt werden.
- Hinsichtlich der Höhenverteilung ziehender Greifvögel fand rund 68% des festgestellten Greifvogelzugs unter 250m, ca. 21% zwischen 251m und 500m und etwa 11% über 500m statt. Eine ähnliche Verteilung zeigte sich auch bei Betrachtung sämtlicher ziehender Großvögel. Im Hinblick auf den Wespenbussard lag die Höhenverteilung bei rund 60% unter 250m sowie ca. 26% zwischen 251m und 500m und etwa 14% über 500m. Im Hinblick auf die Rohrweihe lag die Höhenverteilung bei rund 70% unter 250m sowie ca. 19% zwischen 251m und 500m und etwa 11% über 500m.
- Als Haupt-Zugrichtungen wurden Südwest und Süd ermittelt. Knapp 37% der ziehenden Vögel (Greifvögel und sonstige Großvögel) flogen in südwestliche Richtung. Rund 32% flogen Richtung Süden und rund 14% Richtung Südosten. Ein sehr ähnliches Bild zeigte sich bei separater Betrachtung ziehender Greifvögel. Rund 39% der ziehenden Greifvögel flogen in südwestliche Richtung. Rund 30% flogen Richtung Süden und rund 13% Richtung Südosten.



- Innerhalb der beiden Erfassungsperioden konnte rund 70% des Wespenbussardzuges im August und rund 30% im September dokumentiert werden. Bei der Rohrweihe zeigte sich ein umgekehrtes Bild. Von dieser Art wurden insgesamt rund 20% des Zuges im August und ca. 80% im September ermittelt, wobei im Jahr 2016 der Zug im September stärker ausgeprägt war als im Jahr 2017.
- Es wurden mathematische und statistische Methoden angewandt, um das herbstliche Zugverhalten von Rohrweihe und Wespenbussard über die Steiermark sichtbar zu machen und die wichtigsten Faktoren zu erklären.
- Das mathematische Flussmodell gibt den gerichteten Breitfrontenzug über der Steiermark wieder und zeigt Bereiche, in denen mit erhöhtem Zugaufkommen aufgrund von Ablenkung durch die Topografie zu rechnen ist.
- Die Evaluierung des Flussmodells mit den Beobachtungsdaten beider Erfassungsjahre auf Punktebene war positiv. Sie ergab höhere beobachtete Zugsummen bei höheren vorhergesagten Zugdichten für beide Arten wobei der Zusammenhang bei der Rohrweihe stärker war.
- Orografische Aufwinde zeigten stärkere positive Korrelationen mit den Punkt-Zugsummen der Rohrweihe. Thermische Aufwinde waren wiederum positiv mit höheren Punkt-Zugsummen des Wespenbussards verknüpft.
- In den Modellen des Zugaufkommens modellierten wir unterschiedliche Antwortvariablen. Generell ließ sich das Zugverhalten der Rohrweihe besser vorhersagen als das des Wespenbussards.
- Statistische Modelle wurden mit und ohne Null-Beobachtungen (Wetteraufzeichnungen ohne Greifvogelbeobachtung) kalibriert. Diese geben im ersten Fall die Wahrscheinlichkeit des Durchzuges, im zweiten Fall die Anzahl durchziehender Vögel pro Halbstundenintervall (Zugaufkommen) wieder. Ein drittes Modell gibt die Wahrscheinlichkeit wieder mit der die jeweilige Art unter 200m fliegt. Für beide Arten nahmen sowohl Zugwahrscheinlichkeit als auch Zugaufkommen mit steigenden Werten des Flussmodells zu.
- Innerhalb der Beobachtungsperiode von 20 Tagen nahm die Wahrscheinlichkeit für den Durchzug bei beiden Arten zu. Dieser Effekt war bei der Rohrweihe stärker ausgeprägt.
- Deutliche Unterschiede zeigten sich zwischen den Arten hinsichtlich der Bewölkung. So waren sowohl Zugwahrscheinlichkeit und –aufkommen der Rohrweihe positiv mit zunehmender Bewölkung verknüpft während es beim Wespenbussard umgekehrt war.
- Die Zugwahrscheinlichkeit des Wespenbussards hing positiv mit der Temperatur zusammen. Zudem war bei dieser Art nördlich bis nordwestlicher Wind positiv mit der Wahrscheinlichkeit des Zuges verknüpft.
- Das Zugaufkommen der Rohrweihe war bei Gegenwind aus Südwest höher, beim Wespenbussard trugen seitliche Winde aus Nord und West zu höheren Zugzahlen bei.
- Die Zugwahrscheinlichkeit beider Arten reagierte positiv auf thermische Aufwinde. Die Rohrweihe zeigte aber einen stärkeren Zusammenhang mit zunehmenden orografischen Aufwinden.



- Um eine Einordnung des Wespenbussardzuges hinsichtlich seiner Bedeutung an einzelnen Standorten vorzunehmen, wurden die im Zuge dieses Projektes gewonnenen Ergebnisse mit verfügbaren Daten aus bekannten Referenzpunkten in Relation gesetzt. Daraus lässt sich für die einzelnen, in der Steiermark untersuchten Erfassungspunkte maximal eine lokale Bedeutung ableiten. Hinweise auf Bereiche mit einer höheren Bedeutung (überregional bis national bedeutende Konzentrationspunkte) konnten im Zuge des Projektes nicht erbracht werden. Aufgrund dieser Tatsache bzw. unter Berücksichtigung der vergleichsweise geringen Stärke der errechneten Modelle ist eine Ausweisung hinreichend abgesicherter Ausschluss- bzw. Tabuzonen in Bezug auf den Wespenbussard nicht möglich bzw. sinnvoll.
- Im Hinblick auf die Rohrweihe ließen sich an einzelnen Standorten ähnlich hohe Werte wie an Vergleichsstandorten ermitteln. Diese liegen auch in Bereichen, die gemäß dem errechneten Flussmodell stärkere Zugkonzentrationen erwarten lassen, was als Hinweis in Bezug auf Konflikte im Zusammenhang mit Windkraftplanungen zu werten ist. Allerdings fehlen, im Unterschied zum Wespenbussard, geeignete Bezugspunkte als Referenz, um das Zugaufkommen an solchen Standorten hinsichtlich seiner Bedeutung hinreichenden einordnen zu können. Daher ist auf Basis der vorliegenden Untersuchungen eine Ableitung von Ausschlusszonen und Schellenwerten derzeit nicht möglich.

2 Einleitung / Ausgangslage

SAPRO Windenergie

Das Entwicklungsprogramm für den Sachbereich Windenergie wurde 2013 vom Land Steiermark verordnet. Dieses hat zum Ziel, die Energiestrategie 2030 des Landes Steiermark von 2009 umzusetzen. Mit diesem rechtsverbindlichen Entwicklungsprogramm soll insbesondere die Rechtssicherheit im Vollzug erhöht werden. Geltungsbereich ist das Gebiet der Alpenkonvention in der Steiermark.

Gemäß dieser Verordnung wird die Zulässigkeit der Errichtung von Windanlagen über die Ausweisung von

- Ausschlusszonen (Unzulässigkeit der Errichtung von Windkraftanlagen),
- Vorrangzonen (Flächen mit guter Windeignung und guten infrastrukturellen Voraussetzungen, auf denen die Errichtung von Windkraftanlagen konzentriert werden soll) und
- Eignungszonen (ergänzen Vorrangzonen als Standorte zweiter Ordnung)

geregelt.

Laut §6 dieser Verordnung ist das Entwicklungsprogramm spätestens fünf Jahre nach dem Zeitpunkt des Inkrafttretens (d.h. bis zum 1.8.2018) zu überprüfen und gegebenenfalls zu ändern.

Erfordernis der vorliegenden Studie

Im Rahmen der Erarbeitung des SAPRO-Windenergie wurde versucht, u.a. auf den Umweltzustand und die Schutzziele des Naturschutzes (insbesondere Schutzgebiete) Rücksicht zu nehmen. Hierbei wurde die Ausweisung von Vorrangzonen nachfolgenden naturschutzrelevanten Kriterien vorgenommen bzw. geprüft: Vorhandensein bzw. Überlappung mit Europaschutzgebieten und Schutzgebieten gem. Stmk. Naturschutzgesetz, Biotop gem. „Biodigitop“, Vegetation (inkl. Wald), Wildökologie (Abschätzung möglicher Auswirkungen auf Raufußhühner).

Mangels verfügbarer Daten bzw. Grundlagen konnten hierbei jedoch die Aspekte des Vogel- und Fledermauszuges nicht in die Ausweisung der Zonen miteinbezogen werden. Vögel und Fledermäuse können bekanntlich, insbesondere am Zug, in erheblichem Maß durch Windkraftanlagen gefährdet sein.

Darüber hinaus wird zur Erreichung der Ziele der Energiestrategie 2030 ein weiterer Ausbau der Windenergie notwendig sein. Eine Erweiterung der bestehenden Vorrangs- und Eignungszonen ist somit zu erwarten.

Um eine, zumindest teilweise, Berücksichtigung des Aspektes ‚Vogelzug‘ in der anstehenden Evaluierung des SAPRO-Windenergie zu gewährleisten, wurde seitens des Naturschutzreferates des Landes Steiermark versucht, über die Erhebung von Daten eine entsprechende Grundlagenbasis zu erarbeiten. Aufgrund des überaus komplexen Ablaufes des Vogelzuges und unterschiedlicher Zugstrategien der verschiedenen Arten ist es jedoch vorerst nur möglich, Teilaspekte bzw. bestimmte Vogelgruppen mit erhöhter Kollisionsgefährdung herauszugreifen. Da insbesondere Greifvögel durch Windkraftanlagen in besonderem Ausmaß gefährdet werden können, soll deren Zugverhalten hinsichtlich der gegenständlichen Problematik untersucht werden.

Mit der Durchführung des Projektes „Studie zum herbstlichen Greifvogelzug in der Steiermark“ beauftrage das Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Referat Naturschutz, Stempfergasse 7, 8010 Graz, mit der GZ: ABT13-56G-44/2016-17 die ZT-Kanzlei KOFLER Umweltmanagement, Traföß 20, 8132 Pernegg/Mur.



3 Aufgaben-/ Fragestellung

Auf Basis der in der Einleitung dargestellten Ausgangslage ergeben sich folgende Aufgaben bzw. Fragestellungen, die im Rahmen der vorliegenden Studie geklärt werden sollen.

Herbstliche Greifvogelzugerhebungen

Ziel der Vogelzugerfassungen ist, den Ablauf des frühherbstlichen Greifvogelzuges (insbesondere der Arten Wespenbussard *Pernis apivorus* sowie Rohrweihe *Circus aeruginosus*) über den steirischen Alpenraum räumlich darzustellen. Dabei sollen lokale Zugverdichtungen und Zugkorridore – sofern vorhanden – ermittelt werden.

Der jährliche Erfassungszeitraum ist dabei auf den zeitlich sehr eng gefassten herbstlichen Durchzug des Wespenbussards, welcher im ostösterreichischen Alpenraum zu über 90% in der dritten Augustdekade erfolgt (vgl. PROBST & KORNER 2014), sowie der Rohrweihe ausgerichtet.

Diese zwei Arten stellen die Hauptmasse der im Anhang I der Europäischen Vogelschutzrichtlinie gelisteten Greifvögel am frühherbstlichen Durchzug dar. Diese beiden Arten repräsentieren einerseits den Typ des „Aktivfliegers“ (Rohrweihe) als auch den Typ einer Art, welche „passiv“ von der Thermik abhängig ist (Wespenbussard). Dadurch sollen sich Aussagen über den räumlichen Zugverlauf von weniger häufigeren Greifvogelarten treffen lassen. So kann man z.B. durch die Beobachtung der Rohrweihe auch besser die Zugwege anderer Aktivflieger wie Wiesenweihe, Kornweihe, diverser Falkenarten, aber auch des Fischadlers abschätzen.

In Ergänzung sollen im Rahmen der Erhebungen standardisiert Daten über den Zugverlauf aller Großvogelarten gesammelt und für den Erhebungszeitraum ausgewertet und tabellarisch in Excel-Tabellen dargestellt werden.

Auf Basis der Vogelzugerfassung sollen im Konkreten folgende Fragen beantwortet werden:

Wie verläuft der Greifvogelzug in der Steiermark (bezogen auf das Gebiet der Alpenkonvention)?

- Welche Arten sind in welchen Häufigkeiten vertreten?
- Verläuft der Greifvogelzug gleichmäßig über die Steiermark verteilt, oder gibt es lokale Konzentrationen? Wenn es Konzentrationen gibt, wodurch werden diese beschrieben und wo liegen diese?
- Welcher Anteil passiert die untersuchten Erhebungen (Pässe, Bergrücken, Gipfel) in Windkraft relevanter Höhe? Gibt es hier witterungsbedingte Unterschiede, Muster?



Erarbeitung von Vorschlägen für Schwellenwerte, Definierung von Tabuzonen für den Bau von Windkraftanlagen (Ausschlusszonen) bzw. zur Verwendung in naturschutzrechtlichen Verfahren

Das Sachprogramm Windenergie arbeitet mit geografisch festgelegten Zonierungen. Um die im Rahmen der gegenständlichen Untersuchung erzielten Ergebnisse in die Evaluierung der SAPRO-Windenergie-Verordnung einfließen lassen zu können (Überarbeitung bestehender Zonen, Neuausweisung von Zonen) wurde eine möglichst flächendeckende kartografische Darstellung des Greifvogelzuges auf Fläche der Alpenkonvention in der Steiermark angestrebt.

4 Methodik

Die vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung in Auftrag gegebene Studie beinhaltet eine zweijährige Erhebung (2016 und 2017) des herbstlichen Greifvogelzuges an ausgewählten Standorten in der Steiermark und umfasst folgende inhaltliche Untersuchungen:

- Herbstliche Greifvogelzugerhebungen
- Modellierung des Greifvogelzuges
- Vorschläge für Schwellenwerte und mögliche Ausschlusszonen

4.1 Untersuchungsgebiet

Die Erhebungen des Greifvogelzuges erfolgten, basierend auf der Fragestellung der Studie, im Geltungsbereich der Alpenkonvention in der Steiermark (siehe Abbildung 1).

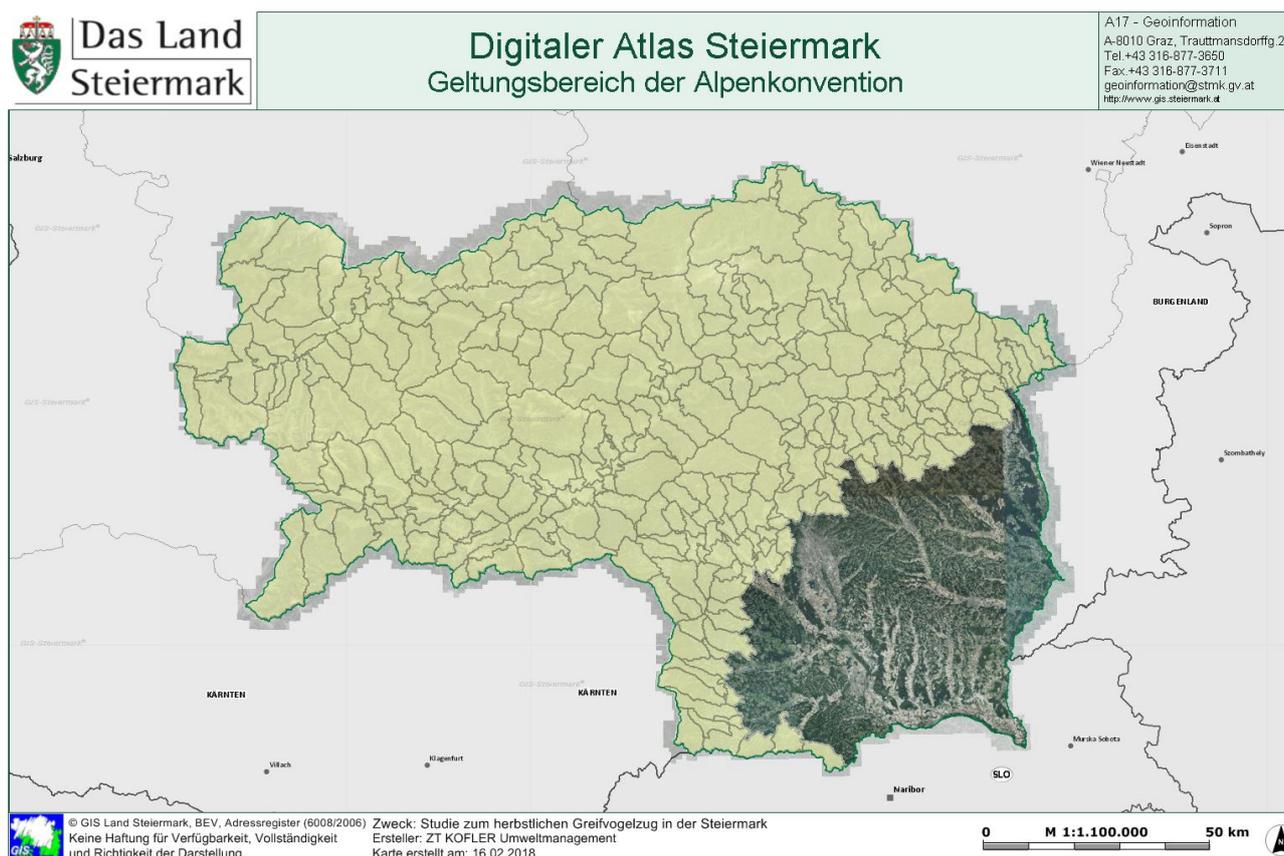


Abbildung 1: Untersuchungsraum: Geltungsbereich der Alpenkonvention

Im abgebildeten Untersuchungsraum erfolgten in den Jahren 2016 und 2017 an 30 unterschiedlichen Standorten Erhebungen des Vogelzuges (siehe Tabelle 1 und Abbildung 2), wobei drei Standorte in beiden Erhebungsjahren untersucht wurden (Näheres zur Auswahl der Standorte siehe Kapitel 4.2).

Tabelle 1: Liste der Beobachtungspunkte in den Jahren 2016 und 2017 inkl. Beobachtungspunktnummer

Pkt. Nr. 2016	Pkt. Nr. 2017	Beobachtungspunkt
1		Aflenzer Bürgeralm
2	31	Altes Almhaus
3	32	Dürrenschöberl
4		Geierkogel - Seetaleralpe
5		Speikkogel - Gleinalm
6		Handalm
7		Hochkar
8		Kleiner Zinken - Lachtal
9		Planneralm
10		Polster - Präbichl
11		Schöckl
12		Hornfeldspitze - Sölkpass
13		Plankogel - Sommeralm
14		Stoderzinken
15	33	Spitaleralm - Stuhleck
16		Kriemandl - Tauplitz
17		Triebenstein
18		Hohe Rinsenock - Turracher Höhe
19		Wechsel
20		Wenzelalpe
	21	Paltental
	22	Schladming
	23	Mitterberg - Ennstal
	24	Pyhrnpass
	25	Im Schollhof - Mürztal
	26	Oberaich - Murtal
	27	Obdach
	28	Pack Nord
	29	St. Michael
	30	Zeutschach



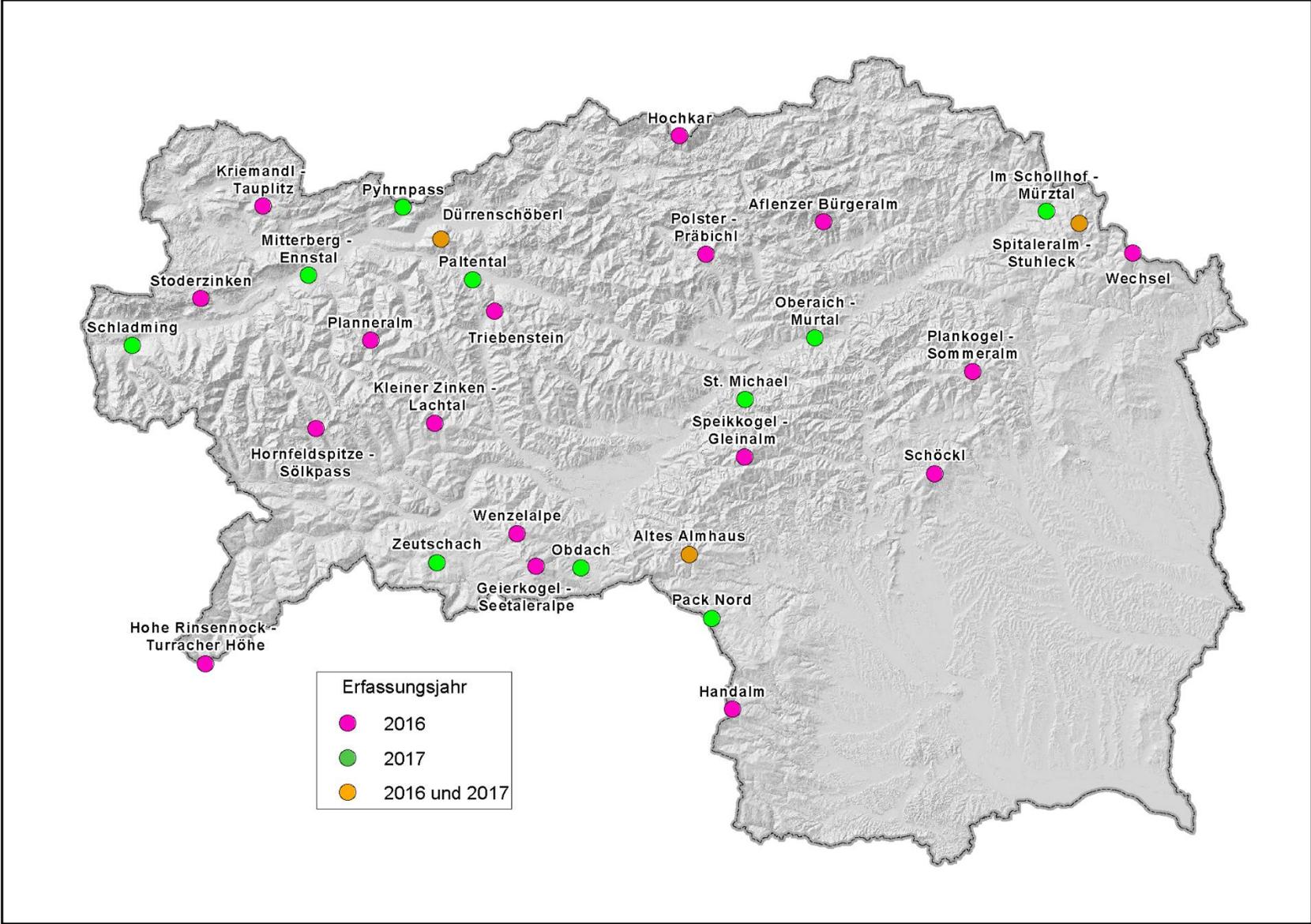


Abbildung 2: Übersichtskarte der Erfassungspunkte in den Erhebungsjahren 2016 und 2017



4.2 Herbstliche Greifvogelzugerhebungen

4.2.1 Erhebungszeitraum

Als Erfassungszeitraum waren für die beiden Erfassungsjahre 2016 und 2017 vom Land Steiermark folgende Perioden bzw. Tage vorgegeben: Die Erfassung des Vogelzuges erfolgte in den Jahren 2016 und 2017 an insgesamt 10 Tagen am jeweiligen Standort:

- 5 Tage im Zeitraum 23. – 27. August (Wespenbussarddurchzug)
- 5 Tage im Zeitraum 07. – 15. September (Rohrweihendurchzug)

Somit waren an jedem Beobachtungsstandort jeweils an 10 Tagen der Greifvogelzug zu erfassen.

Die Erfassungen hatten an Tagen mit geeigneten Witterungsbedingungen zu erfolgen. Bei Schlechtwetterphasen waren die Erfassungszeiträume um die entsprechende Anzahl an Tagen zu ergänzen.

Aufgrund der günstigen Witterungsverhältnisse zu den jeweiligen Erfassungsperioden konnten die Erhebungen an nahezu allen Erfassungspunkten innerhalb der vorgegebenen Perioden bzw. Tage durchgeführt werden. Lediglich an einem Beobachtungspunkt pro Jahr musste krankheitsbedingt auf den 28.08. ausgewichen werden.

Die tägliche Beobachtungszeit war von 9-17 Uhr (bei Eintreten von Schlechtwetter zumindest 5 Stunden Beobachtungszeit) vorgegeben. Der reale Erfassungsaufwand betrug insgesamt 2.590 Stunden.

4.2.2 Auswahl der Standorte

Vom Auftraggeber wurden insgesamt 40 Erhebungspunkte mit guter Rundumsicht und einer Höhenlage ab rund 1.000m vorgegeben. Aus diesen 40 Punkten waren, in Absprache mit dem Auftraggeber, 20 Beobachtungspunkte für das Erhebungsjahr 2016 auszuwählen.

Die Auswahl der Punkte des zweiten Erhebungsjahres war auf Basis der Datenanalyse des ersten Erhebungsjahres und in Rücksprache mit dem Auftraggeber durchzuführen. Die Auswahl der Punkte für 2017 erfolgte auf Basis der adaptierten Methodik der Modellierung (siehe Kapitel 4.3).

Die Vogelzugerfassung wurde an insgesamt 30 Standorten durchgeführt, wobei 3 Standorte in beiden Erfassungsjahren untersucht wurden um eine Referenz zwischen den beiden Erfassungsjahren zu erhalten. Hierfür wurde je ein Punkt mit hohem im Jahr 2016 ermittelten Zugaufkommen, ein Punkt mit mittlerem Zugaufkommen sowie ein Punkt mit geringem Zugaufkommen gewählt. Insgesamt wurden somit 33 Erfassungen durchgeführt (siehe Abbildung 2 und Tabelle 1).



Um die Beobachtungspunkte wurden für die Erhebung und die anschließende Auswertung Standardkreise bis zu 500m und bis zu 1.000m sowie als Hilfestellung ein weiterer Radius von 3.000m gelegt.

4.2.3 Zielarten

Es wurden sämtliche ziehende Großvogelarten erfasst, wobei der Schwerpunkt der Erhebung auf der Erfassung des Greifvogelzuges lag (Bussarde, Weihen, Adler, Milane, Falken, etc.). Hauptaugenmerk lag bei den Greifvögeln dabei insbesondere bei Wespenbussard und Rohrweihe. Als weitere Großvögel wurden definiert: Taucher, Kormorane, Reiherartige, Störche, Schwäne, Gänse, Enten, Kraniche, Möwen, Tauben, Krähen, Kolkkrabe.

4.2.4 Erfassungsgrundlagen

Die zu erhebenden Daten wurden mithilfe der folgenden Unterlagen aufgenommen:

- Zählformular (siehe Anhang – Kapitel 12.5)
- Kartengrundlagen (siehe Anhang – Kapitel 12.6)
- Wetterprotokoll (siehe Anhang – Kapitel 12.7)

Zählformular

Folgende Daten wurden im Zählformular erfasst:

- Datum des Erhebungstages
- Nummer des Erhebungstages
- Name des Zählpunktes
- Name des Beobachters
- Fortlaufender Code
- Uhrzeit der Erstansprache eines Vogels
- Verweildauer des Vogels im Gesichtsfeld ab 10 Minuten
- Vogelart
- Individuenzahl (bei Trupps bzw. Schwärmen)
- Alter der Vögel
- Geschlecht der Vögel
- Flugrichtung (von – nach)
- Minimalflughöhe über Grund pro Standardkreis
- Angabe, ob sich der Vogel auf seinem Flugweg in einer Höhe von 200 m über Grund bzw. darunter befand.
- Horizontale Distanz des Vogels zum Beobachtungspunkt
- Anmerkung für zusätzlichen Informationen



Kartengrundlagen

Folgende Karten dienten als Kartiergrundlage:

- A4-Karten für Flugwegskizzen (Luftbild, 100 m-Höhenschichtlinien 100 m, 500-1000-3000 m Radien), Kartenausschnitt ca. 3 km
- A3-Karte zur Orientierung (Luftbildbasis, Beschriftung aus topographischer Karte, 500-1000-3000 m Radien), Kartenausschnitt ca. 3 km
- A3-Karte zur Orientierung (Luftbild, 500-1000-3000 m Radien), Kartenausschnitt ca. 3 km
- A3-Karte zur Orientierung (topographische Karte ÖK, 500-1000-3000 m Radien), Kartenausschnitt ca. 3 km
- A3-Karte zur Orientierung und Eintragung sehr weit entfernter Vögel (topographische Karte ÖK, 500-1000-5000 m Radien), Kartenausschnitt ca. 5 km

Für die einzelnen Beobachtungen wurden Flugwegskizzen angefertigt. Dies steigerte insbesondere die Genauigkeit der Aufnahme der Flugrichtung, sowie der Flughöhe.

Auf der Flugwegskizze wurde der Flugweg als Linie eingezeichnet und die Flugrichtung eindeutig mittels eines Pfeiles dargestellt. Am Anfang und Ende eines Flugweges wurde der Code (fortlaufender Nummer) der Beobachtung eingetragen. Dieser Code wurde in das Zählformular übertragen.

Neben dem Flugweg wurde auch eine Verortung von Minimalflughöhen pro durchflogenen Standardkreis-Radius durchgeführt.

Wetterprotokoll

Die Wetterparameter wurden halbstündlich (zur vollen und halben Stunde) erfasst. Die erste Aufzeichnung erfolgte zu Beginn des Beobachtungstages um 9:00 Uhr. Änderten sich die Witterungsverhältnisse sehr rasch, wurden zusätzliche Aufnahmen durchgeführt.

Folgende Parameter wurden im Wetterprotokoll dokumentiert:

- Uhrzeit
- Bedeckungs-/Bewölkungsgrad des Himmels
- Windstärke
- Windrichtung
- Temperatur
- Niederschlag (deskriptiv mit Angabe der Dauer) und maßgebliche Verschlechterung der Sichtverhältnisse



Zur Messung der Windstärke, und Temperatur kamen Hand-Messgeräte der Firma PCE Instruments (Typ PCE-THA 10) zum Einsatz.

4.3 Modellierung: Ausgangslage und grundlegende Vorgehensweise

Modellierung des Greifvogelzuges

In der Ausschreibung war eine räumliche Simulation des gesamten frühherbstlichen Greifvogeldurchzuges nach den folgenden methodischen Vorgaben durchzuführen:

„Für das Untersuchungsgebiet sind die Aufwindbedingungen bei den häufigsten Wettersituationen zur Zugzeit zu berechnen. Das dafür erforderliche Höhenmodell, sowie räumlich und zeitlich aufgelöste Wetter- bzw. Klimadaten (siehe z.B. DENNHARDT et al. 2015) werden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. In weiterer Folge sollen mittels statistischer Modelle („Generalisierte lineare Modelle“, CRAWLEY 2007) geprüft werden, inwieweit an den Beobachtungspunkten mehr durchziehende Vögel der beiden untersuchten Arten bei günstigen Aufwindbedingungen und entlang von Tal- und Bergstrukturen in prognostizierter Zugrichtung zu finden sind. Die vorhergesagte Variable soll einmal die absolute Häufigkeit der durchziehenden Vögel und einmal die Anzahl der Vögel unter 250m Überflughöhe sein. Als Variablen zur Vorhersage sind die für die Beobachtungsorte und –Zeiten errechneten thermischen und orographischen Aufwindverhältnisse, Temperatur, Luftdruck, Windstärke, Windrichtung im Verhältnis zur Zugrichtung und topographische Variablen wie die Ausrichtung des jeweiligen Höhenzuges im Verhältnis zur Zugrichtung heranzuziehen. Die am besten erklärenden Modelle sollen anhand des Akaike- Informationskriteriums (AIC) ausgewählt und dann dazu verwendet werden, um Vorhersagen für das gesamte Untersuchungsgebiet zu machen (THOMAS et al. 2011). Dabei sollen mindestens zwei für die Zugzeit typische Wetterszenarien angenommen werden.“

Eine Erstausswertung erfolgt mit Beendigung des ersten Untersuchungsjahres. Die Ergebnisse des zweiten Jahres dienen dazu, die Erstjahresergebnisse zu überprüfen und die Genauigkeit des Modells zu erhöhen.“

Im Zuge der Bearbeitung des Projektes stellte sich heraus, dass flächendeckende, hochaufgelöste Wetter- und Klimadaten für die Steiermark – wie sie für die Bearbeitung gemäß der in der Ausschreibung angeführten Methodik zwingend erforderlich wären – nicht vorlagen; insbesondere Daten zur Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur. Demzufolge war eine flächendeckende, räumliche Modellierung über den Geltungsbereich der Alpenkonvention in der Steiermark unter Zugrundelegung von hochaufgelösten Wetter- und Klimadaten gemäß Ausschreibung nicht möglich.



Aus diesem Anlass wurden Auftraggebergespräche geführt und im Februar 2017 ein Expertenworkshop abgehalten, mit dem Ziel eine alternative Methodik zu erarbeiten.

Nachfolgend ist die mit dem Auftraggeber abgestimmte, adaptierte und im Projekt angewandte Vorgehensweise dargestellt.

Ausgangslage für Expertenworkshop:

Vor dem Hintergrund der fehlenden flächendeckenden, hochaufgelösten Wetter- und Klimadaten ist eine Einschätzung des Greifvogel-Zuggeschehens unter Berücksichtigung des gesamten Spektrums der topografischen und klimatischen Verhältnisse im steirischen Alpenraum von besonderer Relevanz.

Gemäß den Erkenntnissen aus dem V.i.A-Projekt „*Vogelzug im Alpenraum*“ (SCHMIDT ET AL. 2016) ist die Hauptzugrichtung in Österreich und dem österreichischen Alpen Südwest mit beträchtlichem Anteil auch nach Süden und Westen (SCHMIDT ET AL. 2016). Des Weiteren konnte für den Tagvogelzug ein Einfluss der Topographie festgestellt werden. Je höher und näher eine „Barriere“ ist, desto geringer ist der Anteil des Zuggeschehens in diese Richtung (SCHMIDT ET AL. 2016).

Hypothese: Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse sollten daher Zugkonzentrationen dort stattfinden, wo die topographischen Verhältnisse eine geringe Barrierewirkung aufweisen und gleichzeitig günstig in Bezug auf die Zugrichtung liegen. Diese sollten als Leitlinie fungieren. Zusätzlich können sich lokale thermische und orographische Aufwinde stark auf das Zugverhalten auswirken.

Solche Situationen konnten mit den im Jahr 2016 untersuchten Standorten (Lage auf Höhenrücken und Gipfeln) nicht ausreichend abgedeckt werden.

Um das gesamte Spektrum der topografischen und klimatischen Verhältnisse abbilden zu können, waren differenziertere Beobachtungsstandorte (z.B. auch in niedrigeren Lagen entlang von Tälern) erforderlich.

Um die formulierte Hypothese zu verifizieren / falsifizieren wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Ermittlung von Erwartungszonen mit höherem Greifvogelzugaufkommen:

Die Ermittlung von Erwartungszonen mit höherem Greifvogelzugaufkommen (anhand Wespenbussard und Rohrweihe) und die daraus abgeleitete Auswahl zusätzlicher Beobachtungspunkte erfolgte mittels der Erstellung zweier grober Modellierungen:

1. „Raum-Widerstandsmodell“: Anhand der Topographie bzw. landschaftlichen Situation erfolgt unter Berücksichtigung des digitalen Höhenmodells, Exposition, etc. die Erstellung eines grobes „Raum-Widerstandsmodells“ (vgl. LIECHTI ET AL. 2012).



2. Modellierung der Aufwindsituation: Insbesondere für die Berechnung von orographischen Aufwinden sind Daten zu Windströmungen (Strömungsverhältnisse) erforderlich, welche für die Steiermark nicht in geeigneter Form vorlagen. Daher erfolgte von der Borovsky & Duschek GmbH anhand verfügbarer Daten von Windmessstationen die Erstellung einer Karte der Windverhältnisse für die Steiermark, welche für die weiteren Berechnungen der räumlichen Aufwindsituation als Grundlage diente.

Auswahl von Beobachtungsstandorten

Durch Überlagerung der erstellten Modelle erfolgte eine Einteilung in Zonen mit hohem, mittlerem und geringem erwarteten Greifvogelzug.

- Darauf aufbauend wurden die Beobachtungspunkte für das Jahr 2017 so gelegt, dass die drei Eignungsklassen abgedeckt sind.
- Zusätzlich zu neu definierten Standorten wurden drei Standorte aus dem Jahr 2017 als Referenz erneut bearbeitet.

4.4 Methodik zur Erstellung der Karte der Windverhältnisse der Steiermark mittels Durchführung einer CFD-Strömungssimulation in WindSim

Um Windströmungen in komplexem Gelände darstellen zu können, wird in der aktuellen wissenschaftlichen Fachliteratur meist die mathematische Beschreibung der Strömungen mittels nichtlinearer Differentialgleichungen (Reynolds Averaged Navier Stokes-Gleichungen) als gängige Methode genannt. Diese Gleichungen müssen vereinfacht werden, um sie lösen zu können. Eine Möglichkeit dafür stellen CFD-Modelle (Computational Fluid Dynamics) dar, die nichtlineare Ansätze zur Beschreibung der Strömungsverhältnisse nutzen. Die Lösung der Gleichungen erfolgt in diesen Modellen iterativ. CFD-Modelle sind rechenzeitintensiv, ermöglichen aber eine relativ genaue Beschreibung der Strömungsverhältnisse in komplexem Gelände. Wichtige Eingangsdaten sind neben Messdaten von Stationen das Vorhandensein eines digitalen Höhenmodells sowie die Kenntnis der Bodenrauheit im gesamten Untersuchungsgebiet.

Anzumerken ist, dass die CFD-Modellierung statische, zeitunabhängige Windfelder liefert. Dies bedeutet, dass tageszeitabhängige Phänomene, welche thermisch induziert sind, nicht abgebildet werden können.

In dieser Studie wurden die CFD-Modelle mittels WindSim, einer Spezialsoftware zur Darstellung von Windenergie, erstellt. Für jeden Gitterpunkt wurden dabei dreidimensionale Windfelder berechnet.

Aufgrund der Größe der Steiermark war es technisch nicht möglich, das ganze Gebiet mit einem einzelnen Rechendurchgang zu berechnen. Darum wurde das zu untersuchende Gebiet in



einzelne Modellgebiete aufgeteilt, deren Ränder sich überlappen. Für alle Windfelder wurden dabei die gleichen Randbedingungen der Modellierung verwendet.

Als Eingangsdaten für die Modellierung wurden Messwerte aus Windmessstationen des Lawinenwarndienstes Steiermark sowie von Luftgütestationen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung (A15 Energie, Wohnbau, Technik | Referat Luftreinhaltung) herangezogen.

Die Methode selbst ist für den inneralpinen Bereich erprobt und wird seit der Erstellung einer flächendeckenden Windkarte im Jahr 2012 für die Schweiz stetig weiterentwickelt. (Windatlas Schweiz siehe: <http://wind-data.ch/windkarte/>).

Die Ergebnisse dieser Berechnungen dienen in weiterer Folge als Grundlage für die Berechnung der räumlichen Aufwindsituation (siehe Kapitel 4.5.2).

4.5 Mathematische Grobmodelle - Methodik

4.5.1 Flussmodell für den herbstlichen Greifvogelzug

Umgesetzt wurde ein auf Individuen basiertes Flussmodell basierend auf einer von der Topographie der Steiermark (Abbildung 3) gesteuerten Zufallsbewegung. Als Grundlage orientieren wir uns an dem Modell von Liechti et al. (2012, 2013), welches wir im Folgenden mit L-Modell bezeichnen.

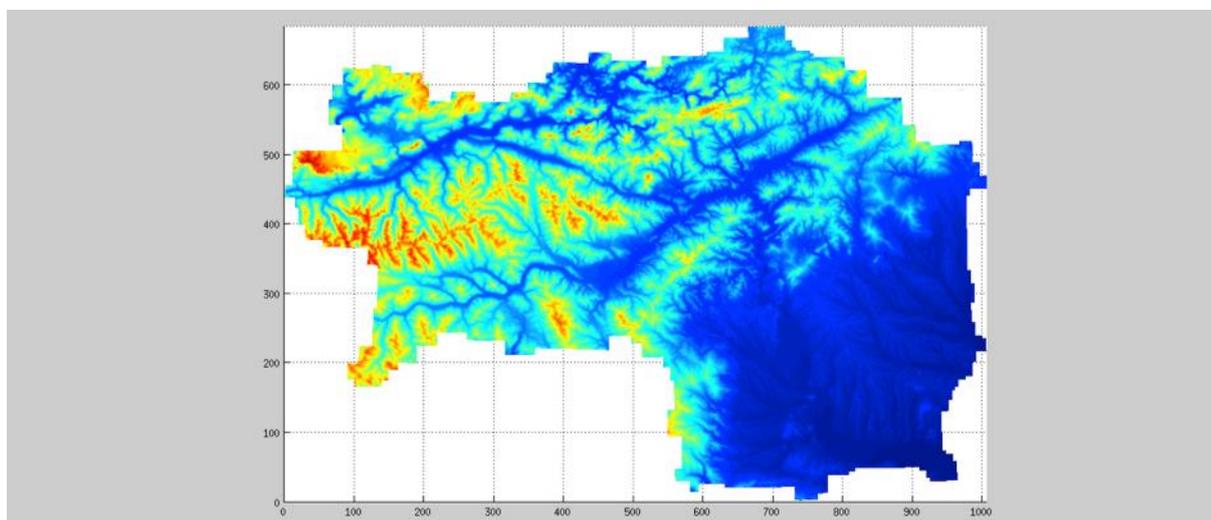


Abbildung 3. Höhenmodell für die Steiermark.

4.5.1.1 Ursprungsparameter

Als Längenskala wählten wir eine Auflösung von **dx = 250** m/px (vgl. 1km/px im L-Modell). Der Startpunkt der Zugvögel wurde an der gesamten nordöstlichen Grenze der Steiermark als gleichverteilt angenommen. Die initiale Flughöhe eines Zugvogels orientierte sich an der Topographie in der unmittelbaren Umgebung des Individuums.

Pro Startquadrat wurden **nB0=3** Individuen platziert und begannen die Zufallsbewegung. Es wurde zunächst so lange simuliert bis der Vogelzug die südwestliche Grenze des Gebiets erreicht hatte. Daraufhin mittelten wir die Zugdichte für jedes Pixel über weitere **nTMean = 100** Simulationsschritte. Somit erhielten wir eine vom Zufall unabhängige Dichteverteilung für jede feste Wahl der Parameter. Die Vorzugsrichtung **mainDir** des Vogelzuges wurde als stochastische 3x3 Matrix angegeben und im gesamten Gebiet als konstant angenommen. Dabei orientieren wir uns an der Richtungsvorgabe in Schmidt (2016), Karte 38 und 39. Alle weiteren Parameter, welche für das Modell relevant waren, seien im Folgenden kurz erwähnt. Für eine detailliertere Ausführung des Modells sei die Lektüre von Liechi et al. (2012) empfohlen.

4.5.1.2 Weitere Parameter

4.5.1.2.1 Sichtverhalten

mwType und **mwSize**: Das Sichtverhalten der Vögel in Bezug auf die Einschätzung der Höhendifferenz wurde im Modell bestimmt durch die Sichtweite **mwSize** (moving window) und die Interpretation der Werte (**mwType**). In Anlehnung an das L-Modell wählten wir das dritte Quartil (**mwType='quart3'**) aller im Blickfeld befindlichen Höhenwerte. Der Parameterbereich für die Sichtweite umfasste in den aktuellen Simulationen **mWSize = 13; 20; 27; 35** Pixel, was einer Distanz von ungefähr 3 bis 9 km entspricht.

4.5.1.2.2 Steigverhalten

x0Sigm und **epsSigm**: Die individuelle Auswertung der gesichteten Höhendifferenz auf das Flugverhalten erfolgte durch die Wichtung von **mainDir** mittels einer sigmoid-Funktion (vgl. Liechi et al. 2012). Diese Funktion hat die Form einer geglätteten 0/1-Stufenfunktion. Dabei gibt der Wendepunkt **x0Sigm** an bei welcher Höhendifferenz innerhalb des Sichtbereiches sich die Hälfte der Vögel für einen Aufstieg entscheiden. Der zweite Parameter **epsSigm** ist ein Maß für die Varianz: Für Höhendifferenzen größer als **x0Sigm+epsSigm** entscheiden sich nur noch in etwa 15% der Vögel für einen Aufstieg. Es ist zu beachten, dass die Parameter der sigmoid-Funktion nicht unabhängig von der Wahl der Sichtweite sind, da bei weiter entfernten Erhebungen sich die Vögel einen größeren Aufstieg "zutrauen" würden. Wir ließen das Maß für die Streuung konstant



bei **epsSig**=30 Meter und variierten das Aufstiegsverhalten über den Bereich **x0Sig**=75; 100; 125; 150,175 und 200 m.

4.5.1.2.3 Absinkverhalten

flydown, **equiH** und **minH**: Für die Überwindung von Hindernissen muss ein Individuum ausweichen oder aufsteigen. Im Falle des Aufstieges wird die jeweilige Flughöhe um die Höhendifferenz der Topographie erhöht. Dabei wird sichergestellt, dass eine Mindestflughöhe von **minH**=50 Meter eingehalten wird. Nach der Überwindung des Hindernisses beginnt der potentielle Abstieg. Dabei sinkt der Vogel um **flydown** m/px, allerdings nur bis zu einer angestrebten Flughöhe von **equiH**=200 Meter. Wir ließen zunächst **minH** und **equiH** konstant und variierten das Absinkverhalten über den Bereich **flydown**=1; 4; 7; 10 m/px.

4.5.2 Berechnung der räumlichen Aufwindsituation

Neben dem rein auf der Topographie beruhenden Flussmodell berechneten wir auch die allgemeine orographische und thermische Aufwindsituation für die Steiermark. Dazu verwendeten wir die Formeln aus DENNHARDT ET AL. (2015).

4.5.2.1 Orographische Aufwinde

Orographische Aufwinde werden durch die lokale Topographie generiert, indem horizontale Winde abgelenkt werden. Wir berechneten den orographischen Aufwind (w_o) wie folgt:

$$w_o = v \sin(\theta) \cos(\alpha - \beta). \quad (1)$$

Dabei ist v die horizontale Windgeschwindigkeit (m/s) in 30m Höhe über Grund (WINDSIM – Berechnung durch Borovsky & Duschek GmbH), θ der Winkel für die Hangneigung (in Grad), β die Ausrichtung des Hanges bzw. Exposition (Nord=0°) und α die am Punkt vorkommende Windrichtung (in Grad; WINDSIM – Berechnung durch Borovsky & Duschek GmbH).

Die Berechnung der Windstärke durch die Borovsky & Duschek GmbH lieferte für jede der acht kardinalen Hauptrichtungen Häufigkeiten mit denen der Wind über ein Jahr aus der entsprechenden Richtung weht. Diese lagen tabellarisch vor. Wir berechneten daraus zwei Rasterlayer: die mittlere Windrichtung, gewichtet mit den o.g. Häufigkeiten und die Windrichtung aus der der Wind am häufigsten weht. Beide wurden als Variable α für die Berechnung des orographischen Aufwindes w_o verwendet, der damit in zwei Versionen oro_m (Aufwind mit mittlerer-) und oro_f (Aufwind mit häufigster Windrichtung) vorlag.



Eine kartographische Darstellung der Berechnungsergebnisse findet sich in Abbildung 4. Orographische Aufwinde orientieren sich im Gegensatz zu den thermischen Aufwinden eher an der kleinräumigen Topografie wobei die Ausrichtung des Hanges relativ zur häufigsten Windrichtung und die Hangneigung entscheidend sind.“

4.5.2.2 Thermische Aufwinde

Thermische Aufwinde w^* entstehen durch die Erwärmung bodennaher Luftschichten durch solare Strahlung. Wir berechneten sie mit der Formel:

$$w^* = [gz(H/T)]^{1/3}, \quad (2)$$

wobei g die Gravitationskonstante (Erdbeschleunigung in m/s^2), z die Flughöhe (auf 250m gesetzt), H die Globalstrahlung (W/m^2) und T die potentielle Lufttemperatur (in Kelvin). Globalstrahlung und Lufttemperatur im Juli waren durch die Geodaten aus GIS-Steiermark gegeben. Nach Rücksprache mit Manuel Borowsky (Borovsky & Duschek GmbH) verzichteten wir auf eine Berechnung der potentiellen Lufttemperatur und verwendeten stattdessen die Lufttemperatur im Juli, da sich beide nur geringfügig unterscheiden. Negative Werte des berechneten thermischen Aufwindes w^* wurden auf 0 gesetzt.

Eine kartographische Darstellung der Berechnungsergebnisse findet sich in Abbildung 4. Thermische Aufwindssysteme sind eher großräumig und erreichen ihre höchsten Werte in südlich exponierten Lagen.

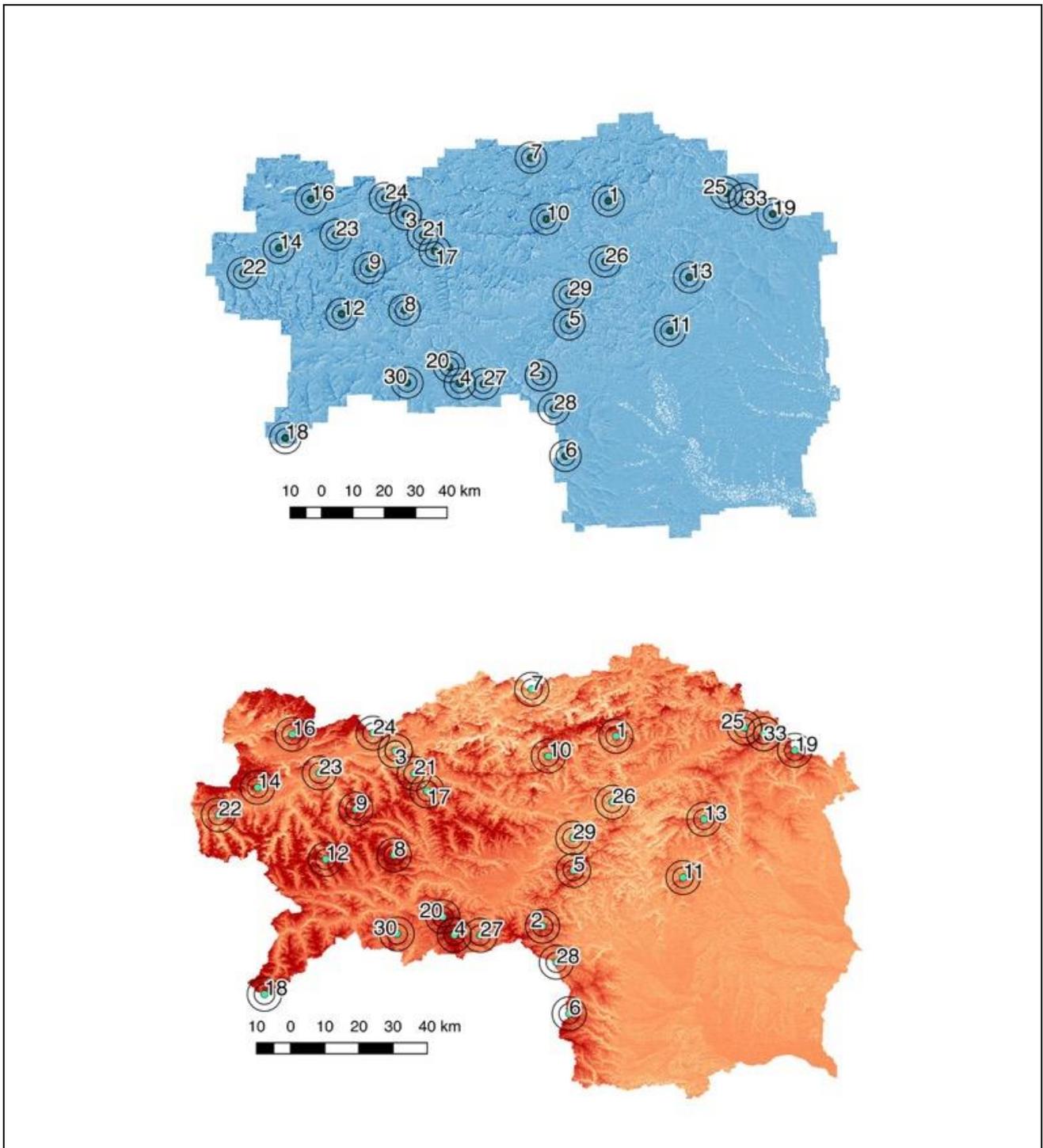


Abbildung 4: Darstellung des orographischen (blau) bzw. thermischen (orange) Aufwindes über der Steiermark mit nummerierten Erhebungspunkten und den konzentrischen Kreisen von 500, 1000, 3000 und 5000m Radius. Deutlich sichtbar ist die Abhängigkeit der Aufwinde von der Topografie.

4.6 Statistische Auswertungen

Alle statistischen Auswertungen wurden mit RStudio (RStudio Team 2015) erstellt. Dabei kamen die folgenden Erweiterungen (packages) zum Einsatz: „CircStats“, „effects“, „Hmisc“, „lubridate“, „MASS“ und „psych“.

4.6.1 Evaluierung der in den Grobmodellen vorhergesagten Erwartungszonen

4.6.1.1 Variabilität des Zugaufkommens zwischen den Punkten und Erfassungstagen

Für eine Evaluierung des Flussmodells ist es nötig, dass sich das Zugaufkommen zwischen den Erfassungspunkten unterscheidet. Für eine solche Abschätzung der räumlichen Variation des Zugaufkommens aggregierten wir daher die Zählsummen jeder Art auf ganze Tage und erstellten anschließend Boxplots.

Die Boxplots zeigten, dass die Variabilität des Zugaufkommens für beide Arten räumlich gegeben war, d.h. es gibt Punkte die über alle 20 Erfassungstage zusammen genommen im Mittel höhere bzw. niedrigere Zugzahlen aufwiesen (siehe Abbildung 5). Diese Unterschiede zwischen den Punkten waren statistisch signifikant. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die Variabilität an Punkten mit höherem Zugaufkommen oft sehr stark war, d.h. die höheren Mittelwerte sind auf wenige Tage mit relativ hohem Zugaufkommen zurückzuführen.

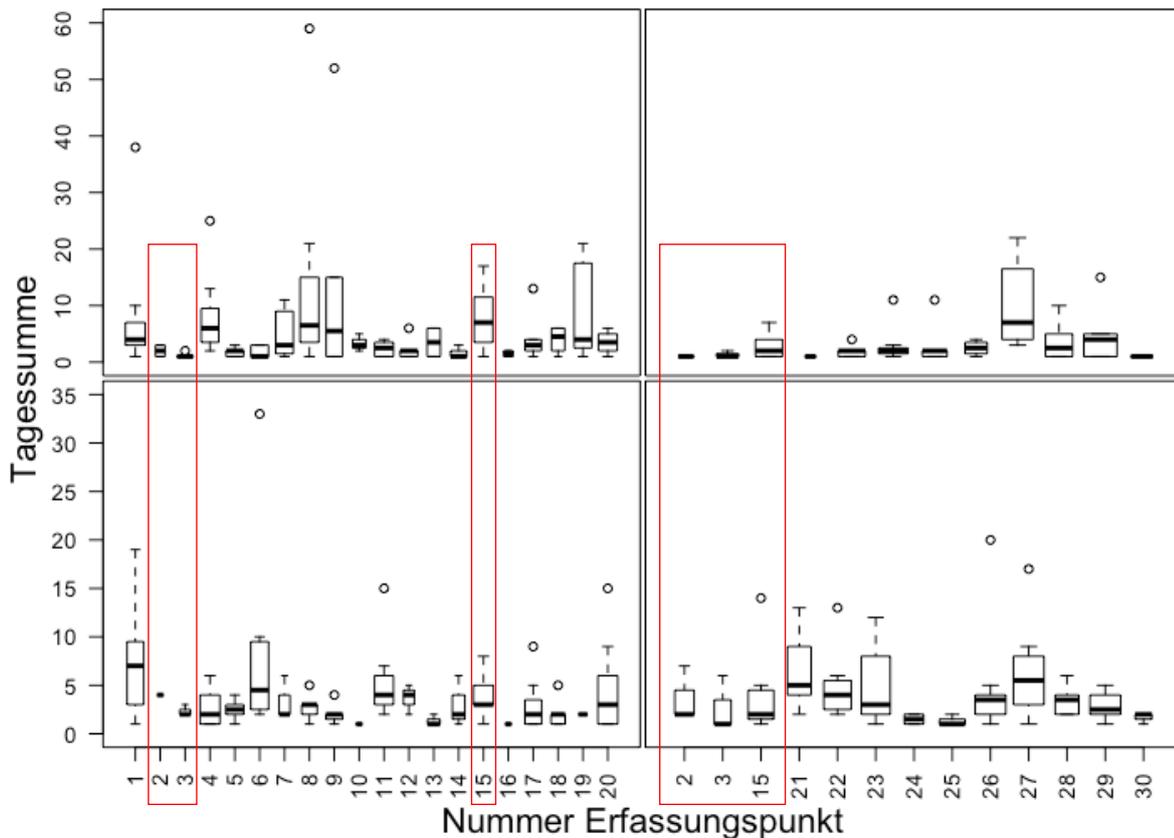


Abbildung 5. Boxplots der mittleren Tagessumme ziehender Rohrweihen (oben) und Wespenbussarde (unten) mit den Erfassungen von 2016 auf der linken, denen von 2017 auf der rechten Seite. Rot umrandet sind die Punkte die in beiden Jahren erfasst wurden.

Die drei in beiden Jahren erfassten Punkte wiesen in etwa ähnliche Zugsummen auf. Dabei war das Verhältnis zwischen den Punkten in beiden Jahren in etwa gleich. Vor allem bei der Rohrweihe wiesen Punkt 2 und 3 jeweils weniger durchziehende Rohrweihen auf als Punkt 15.

4.6.1.2 Evaluierung der Erwartungszonen

Da die Gesamtzahl aller Erfassungspunkte für Regressionsmodelle zu gering war, wurde die Evaluierung der Erwartungszonen zunächst mit Korrelationen gerechnet. Dabei wurden zwei Ansätze verfolgt.

Eine erste Evaluierung erfolgte über die Summen aller beobachteten Rohrweihen bzw. Wespenbussarde pro Punkt, zusammen mit den Durchschnitts- bzw. Maximalwerten des Flussmodells bzw. der Aufwindberechnungen innerhalb eines Radius von 500m.

Für eine weitere Evaluierung wurden die bereitgestellten Liniendaten in ArcGIS (ESRI, Redlands CA) geladen und mit dem line-density – Werkzeug der ArcToolbox Liniendichten (tif-Format) getrennt für Wespenbussard und Rohrweihe mit der jeweiligen Anzahl ziehender Vögel als gewichtende Variable berechnet. Danach erfolgte eine Aufsummierung der Zugdichten innerhalb der Erhebungsspuffer (500, 1000, 3000 u. 5000m) unter Zuhilfenahme des Werkzeuges zonale Statistik in QGIS. Anschließend evaluierten wir durch eine Korrelation auf der jeweiligen Skalenebene die Durchschnitts- und Maximalwerte von Flussmodell sowie orographischer und thermischer Aufwindberechnung. Die Abbildungen der Liniendichten-Raster befinden sich im Anhang 12.3, Liniendichten.

Eine dritte Evaluierung ergibt sich durch die Inkorporation der an den Beobachtungs-Punkten extrahierten Werte von Flussmodell und Aufwinden, als unabhängige Variablen, in der anschließenden Modellierung des Zugaufkommens.

4.6.2 Modellierung des Zugaufkommens mit den Wetterdaten

4.6.2.1 Datenvorbereitung

Die Rohdaten der beiden Jahre bestanden aus jeweils zwei Datensätzen, der Greifvogel-Erfassung (GVE) mit minutengenauen Angaben zum Greifvogelaufkommen und den Wetter-Aufzeichnungen (WAZ) mit 30 Minuten – Taktung. Nach dem Einlesen in R-Studio wurden beide Datensätze zunächst für die statistischen Auswertungen vorbereitet. Dies geschah indem wir Zeit und Datum in einer Spalte verbanden und in das POSIXct-Format umwandelten. Anschließend rundeten wir das Zeitformat der GVE auf 30min gerundet (R-package „lubridate“), um ein Verbinden mit dem Datensatz der WAZ zu ermöglichen. Um neben der Modellierung des Zugaufkommens (Anzahl) auch eine solche der Zugwahrscheinlichkeit zu ermöglichen, passierte dieses Zusammenführen unter Beibehaltung aller Halbstundenintervalle der WAZ, d.h. im neuen Datensatz fanden sich sowohl Intervalle mit und ohne Vogelbeobachtungen.

4.6.2.2 Modellkalibrierung

Um das Phänomen des Greifvogelzuges anhand von Wetterparametern zu fassen, kalibrierten wir Modelle mit unterschiedlichen abhängigen Variablen. Bei diesen handelte es sich um

- 1) die Wahrscheinlichkeit für den Durchzug von Vögeln,
- 2) die Anzahl ziehender Vögel (Zugaufkommen) und
- 3) die Wahrscheinlichkeit des Fluges unter 200m.

Modelltyp 1) und 2) unterscheiden sich dahingehend, dass bei ersterem die sogenannten Null-Beobachtungen hinzugenommen wurden, also jene Wetteraufzeichnungen, zu denen kein Greifvogel beobachtet werden konnte. Wir kalibrierten 1) und 2) als negativ binomiales Modell, 2)



und 3) als Modell mit binärer Antwortvariable (logistisches Regression). Dieser Ansatz wurde anstatt einer ausschließlichen Analyse der Flughöhen unter 200m gewählt um den vollen Umfang der Beobachtungen zu nutzen und eine Reduzierung des Datensatzes zu verhindern.

Die Modellierung erfolgte für die Zielarten Rohrweihe und Wespenbussard getrennt. Dabei kalibrierten wir insgesamt sechs unterschiedliche Modelle (3 Antwortvariablen x 2 Arten). Als unabhängige Variablen flossen ein:

- Jahr, Erhebungstag
- Windrichtung, Windstärke, Temperatur, Bewölkung

Der Niederschlag lag in keiner auswertbaren Form vor und fand deshalb keine weitere Verwendung im Modell.

Windrichtung und Exposition wurden des Weiteren zur Berechnung des Zugwiderstandes **zw** herangezogen. Dazu verwendeten wir die Windrichtung (**x**) relativ zu Zugherkunft (**zhk**) wie folgt:

- $zw = \cos(\text{rad}(x - zhk))$,

so dass eine weitere Variable entstand, die in den Modellen des Zugaufkommens und der Flughöhe unter 200m Verwendung fand. In diesem Fall reduzierte sich der Wetterdatensatz um die Null-Beobachtungen auf die entsprechenden Zeiten, zu denen eine Beobachtung vorlag. In allen drei Modelltypen wurden zusätzlich die Mittelwerte der Meereshöhe sowie die Werte des Flussmodells, des thermischen und orografischen Aufwindes innerhalb eines Radius von 500 Metern mitgeführt.

Wir kalibrierten die Modelle durch Vorwärtsselektion mittels Akaike's Information Criterion (AIC), ausgehend vom Null-Modell in Richtung des gesättigten Modells das alle Variablen enthält. In den Ergebnissen präsentieren wir die jeweiligen Modelle, die den geringsten AIC-Wert erzielten.



5 Ergebnisse der Erfassung

5.1 Anzahl der Arten und Individuen

Anzahl der Arten

In den Jahren 2016 und 2017 konnten insgesamt 33 ziehende Vogelarten (Greifvögel und weitere Großvogelarten) erfasst werden. In Summe wurden von diesen Arten 3.291 ziehende Individuen gezählt.

Im Jahr 2016 wurden an den 20 Beobachtungsstandorten in Summe 1.690 Greifvogelindividuen dokumentiert. Im Jahr 2017 wurden an den 13 Beobachtungsstandorten insgesamt 1.103 Greifvogelindividuen erfasst. Das ergibt in Summe 2.793 Greifvogelindividuen in beiden Beobachtungsjahren. Eine detaillierte Auflistung der erfassten Individuen pro Art findet sich in Tabelle 23 im Anhang in Kapitel 12.1.



Relative Häufigkeit ziehender Vogelarten

Der Anteil an Vogelarten (Greifvögel und sonstige Großvögel) mit ≥ 10 beobachteten Individuen beträgt rund 98% aller beobachteten Zugvögel im gesamten Beobachtungszeitraum (2016 und 2017). Die relative Häufigkeit jener Arten mit ≥ 10 beobachteten Individuen ist in Abbildung 6 dargestellt. Die relative Häufigkeit der Arten mit weniger als 10 beobachteten Individuen beträgt in Summe rund 2% (siehe Tabelle 24 in Kapitel 12.1 im Anhang). Die in den Jahren 2016 und 2017 am häufigsten beobachteten Arten sind Rohrweihe, Wespenbussard, Mäusebussard und Kormoran, die insgesamt rund 77% aller beobachteten Zugvögel ausmachen.

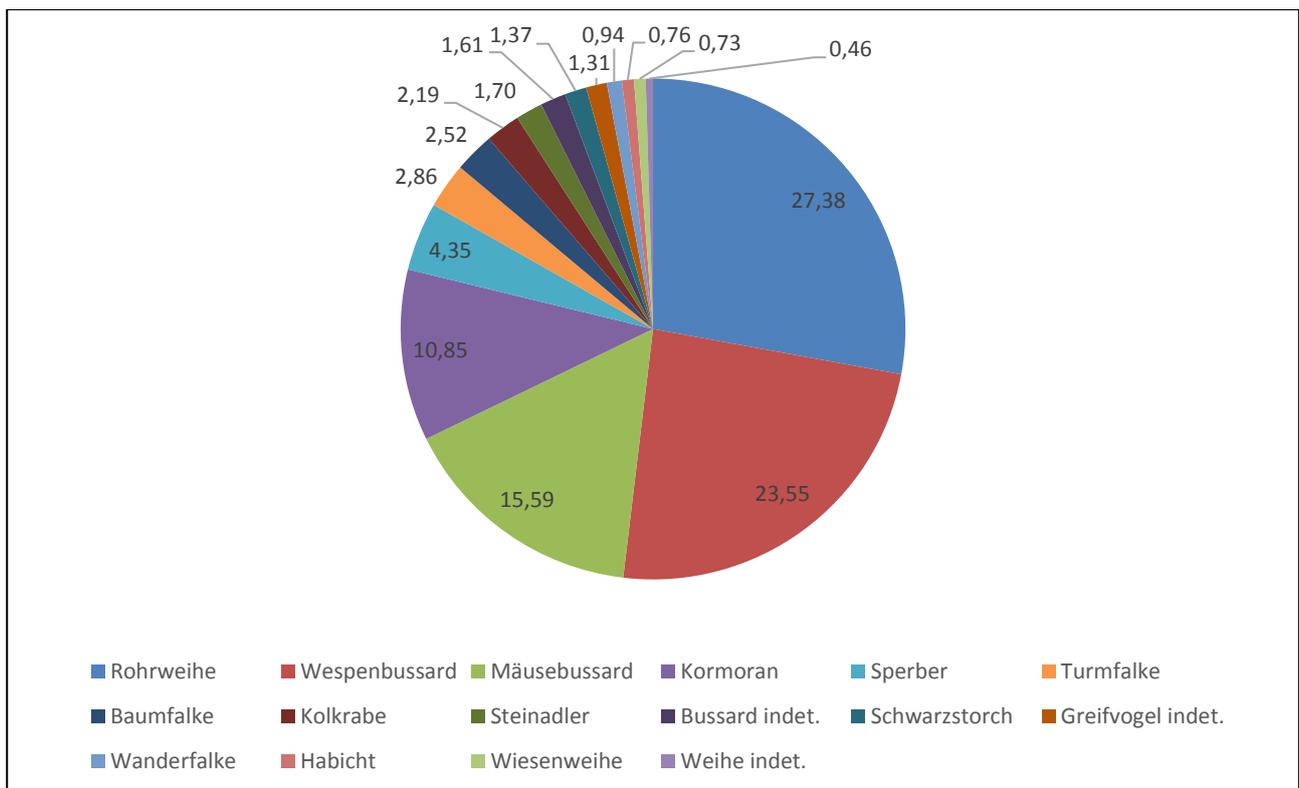


Abbildung 6: Relative Häufigkeit von Vogelarten mit ≥ 10 Individuen im gesamten Zeitraum (2016 und 2017)



Relative Häufigkeit ziehender Greifvogelarten 2016 und 2017

Der Anteil von Greifvogelarten mit ≥ 10 beobachteten Individuen beträgt rund 98,7% aller beobachteten Zugvögel im gesamten Beobachtungszeitraum (2016 und 2017). Eine Darstellung der relativen Häufigkeit der Greifvogelarten mit ≥ 10 beobachteten Individuen findet sich in Abbildung 7. Die relative Häufigkeit der Greifvogelarten mit weniger als 10 beobachteten Individuen beträgt in Summe rund 1,3% (siehe Tabelle 25 in Kapitel 12.1 im Anhang). Die am häufigsten beobachteten Greifvogelarten sind Rohrweihe, Wespenbussard und Mäusebussard mit einem Anteil von insgesamt rund 78% aller beobachteten Zugvögel.

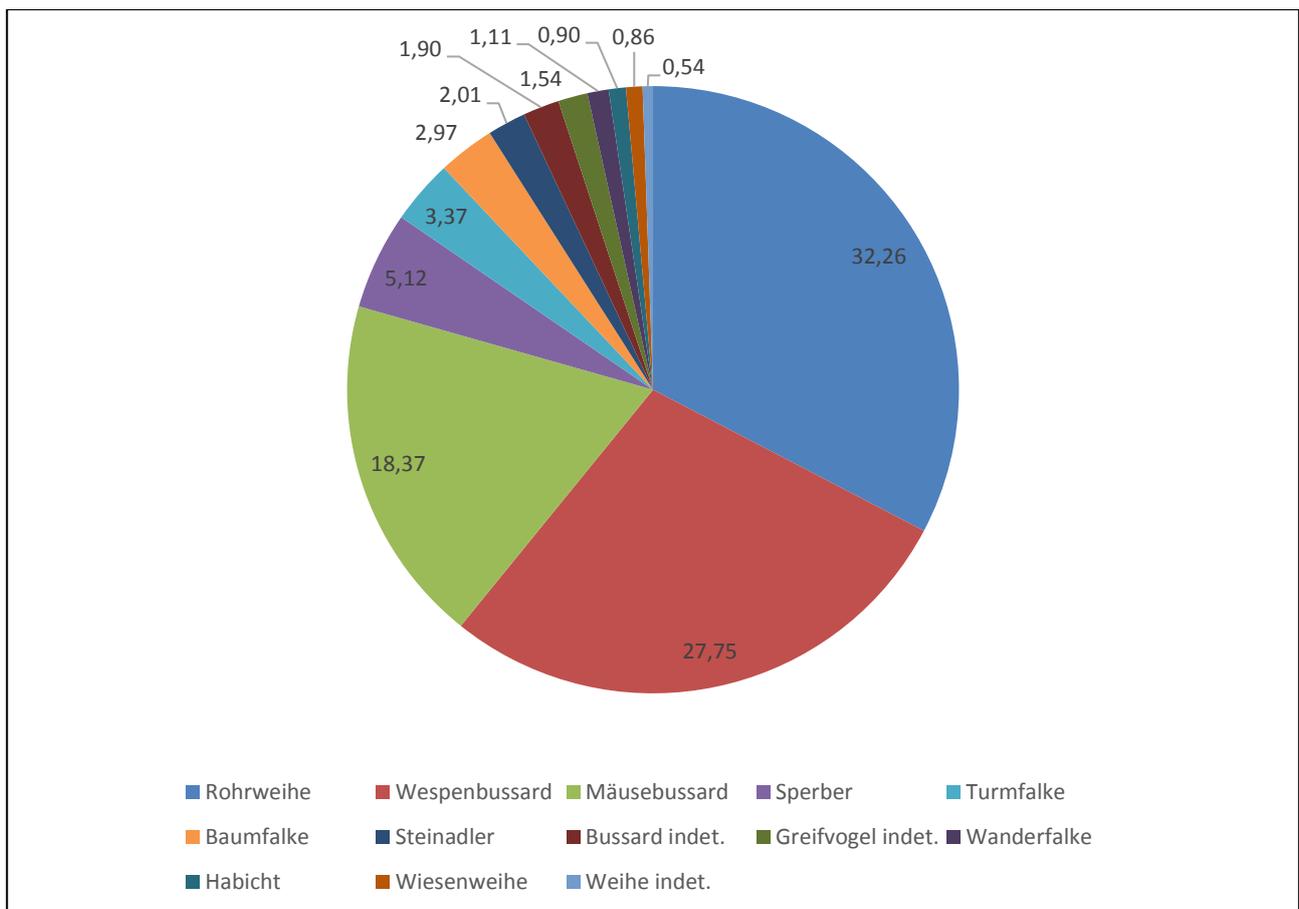


Abbildung 7: Relative Häufigkeit von Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen im gesamten Zeitraum (2016 und 2017)



Relative Häufigkeit ziehender Greifvogelarten 2016

Der Anteil der Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen beträgt im Erfassungsjahr 2016 rund 98,6% (siehe Abbildung 8). Die relative Häufigkeit der übrigen Arten macht in Summe rund 1,4% aus (siehe Tabelle 26 in Kapitel 12.1 im Anhang). Die drei häufigsten beobachteten Greifvogelarten im Jahr 2016 waren Rohrweihe, Wespenbussard und Mäusebussard, was sich mit den Beobachtungen bezogen auf beide Beobachtungsjahre deckt.

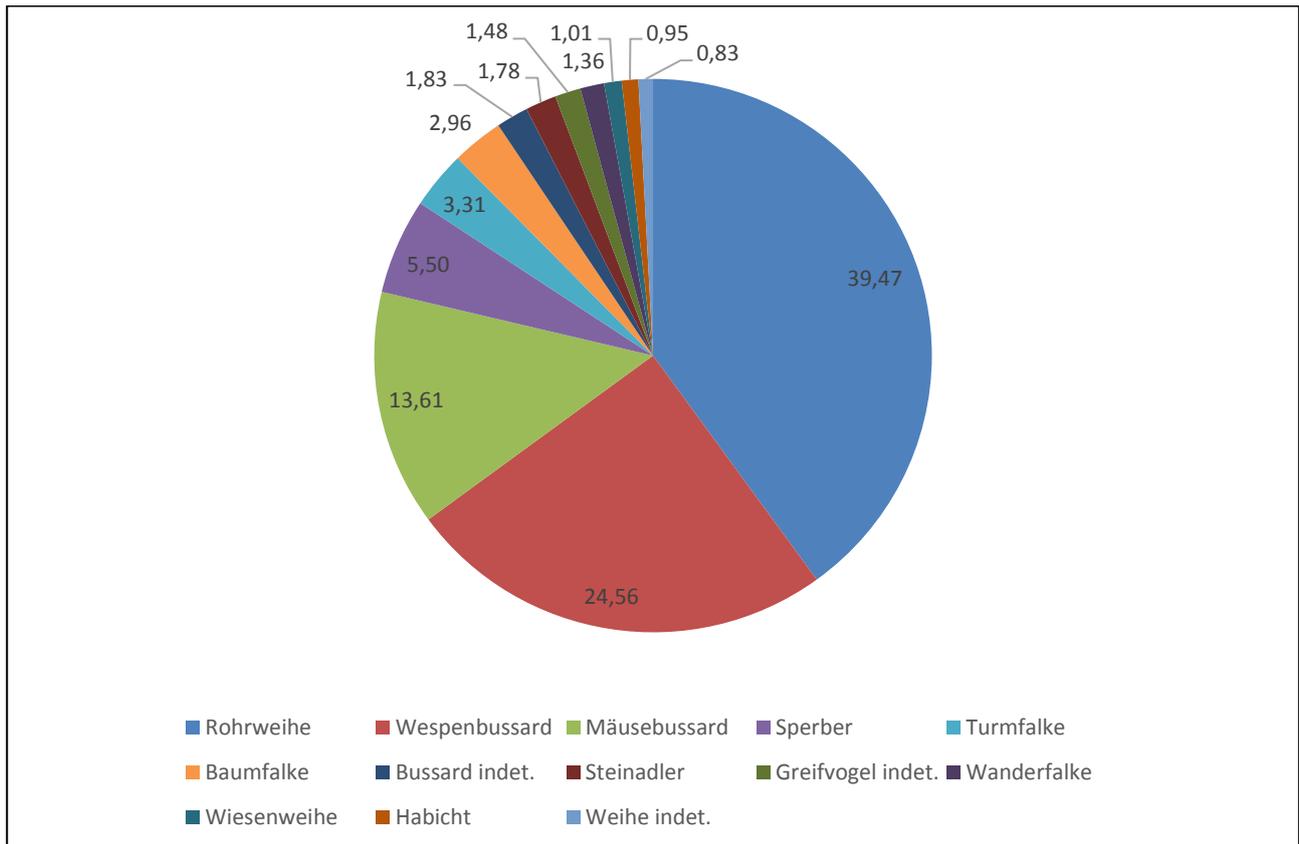


Abbildung 8: Relative Häufigkeit von Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen im Jahr 2016



Relative Häufigkeit ziehender Greifvogelarten 2017

Die relative Häufigkeit der 12 häufigsten Greifvogelarten im Erfassungsjahr 2017 beträgt rund 98,6%. Der Anteil an übrigen Greifvogelarten macht rund 1,4% aus (siehe Tabelle 27 in Kapitel 12.1 im Anhang). Die drei häufigsten beobachteten Greifvogelarten im Jahr 2017 waren Wespenbussard, Mäusebussard und Rohrweihe. Im Unterschied zum Jahr 2016 bzw. in Bezug auf die Gesamtbeobachtungsdauer war im Jahr 2017 der Wespenbussard die am häufigsten beobachtete Zugvogelart.

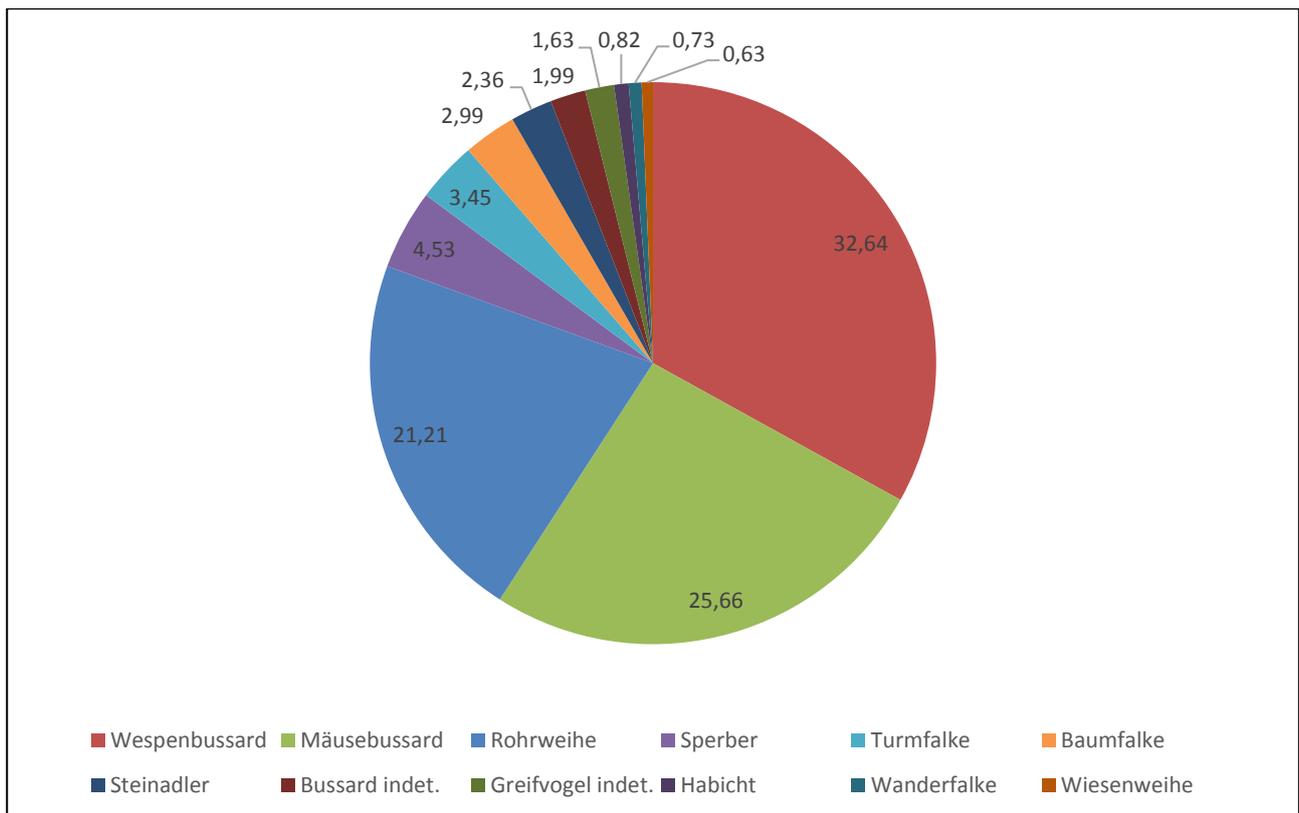


Abbildung 9: Relative Häufigkeit von Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen im Jahr 2017



Individuenzahl aller Arten (Greifvögel und sonstige Großvögel)

Die Individuenzahl sämtlicher Arten pro Beobachtungspunkt findet sich für 2016 in Tabelle 2 und für 2017 in Tabelle 3.

Im Jahr 2016 wurde mit 226 ziehenden Vögeln die höchste Anzahl an Individuen aller Arten (Greifvögel und sonstige Großvögel) in diesem Jahr am Beobachtungspunkt Nr. 9 Planneralm ermittelt. Im Jahr 2017 wurden am Punkt Nr. 27 Obdach 386 Individuen aller Arten dokumentiert, was die höchste Anzahl an gezählten Individuen pro Punkt im gesamten Beobachtungszeitraum 2016 und 2017 darstellt.

Beobachtungspunkte mit der niedrigsten Anzahl ziehender Vögel waren im Jahr 2016 Punkt Nr. 2 Altes Almhaus (18 Individuen) und im Jahr 2017 Punkt Nr. 30 Zeutschach (12 Individuen).

Tabelle 2: Individuenzahl aller Arten pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016 (abstufende Reihung)

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl
9	Planneralm	226
8	Kleiner Zinken - Lachtal	191
1	Aflenzer Bürgeralm	162
15	Spitaleralm - Stuhleck	134
20	Wenzelalpe	131
4	Geierkogel - Seetaleralpe	124
5	Speikkogel - Gleinalm	117
19	Wechsel	105
11	Schöckl	97
17	Triebenstein	96
6	Handalm	95
7	Hochkar	95
3	Dürrenschöberl	80
12	Hornfeldspitze - Sölkpass	62
16	Kriemandl - Tauplitz	50
18	Hohe Rinsennock - Turracher Höhe	50
13	Plankogel - Sommeralm	41
14	Stoderzinken	33
10	Polster - Präbichl	21
2	Altes Almhaus	18

Tabelle 3: Individuenzahl aller Arten pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017 (abstufende Reihung)

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl
27	Obdach	386
26	Oberaich - Murtal	152
23	Mitterberg - Ennstal	111
28	Pack Nord	107
22	Schladming	96
29	St. Michael	92
33	Spitaleralm - Stuhleck	82
24	Pyhrnpass	80
32	Dürrenschöberl	78
21	Paltental	77
25	Im Schollhof - Mürztal	66
31	Altes Almhaus	24
30	Zeutschach	12



Individuenzahl Greifvögel

Im Jahr 2016 wurden die meisten Greifvögel am Punkt Nr. 8 Kleiner Zinken – Lachtal (175 Individuen) und im Jahr 2017 am Punkt Nr. 27 Obdach (189 Individuen) beobachtet (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5). An insgesamt 11 Punkten konnten pro Jahr über 100 Greifvögel gezählt werden, was zwei Drittel aller Beobachtungspunkte entspricht.

Beobachtungspunkte mit der niedrigsten Anzahl ziehender Greifvögel waren wiederum im Jahr 2016 Punkt Nr. 2 Altes Almhaus (18 Individuen) und im Jahr 2017 Punkt Nr. 30 Zeutschach (11 Individuen).

Tabelle 4: Individuenzahl aller Greifvögel pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016 (abstufende Reihung)

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl
8	Kleiner Zinken - Lachtal	175
9	Planneralm	151
1	Aflenzer Bürgeralm	147
20	Wenzelalpe	131
4	Geierkogel - Seetaleralpe	118
15	Spitaleralm - Stuhleck	111
19	Wechsel	105
5	Speikkogel - Gleinalm	99
11	Schöckl	95
6	Handalm	93
17	Triebenstein	87
3	Dürrenschöberl	80
7	Hochkar	79
18	Hohe Rinsenock - Turracher Höhe	50
13	Plankogel - Sommeralm	41
12	Hornfeldspitze - Sölkpass	36
14	Stoderzinken	33
10	Polster - Präbichl	21
16	Kriemandl - Tauplitz	20
2	Altes Almhaus	18

Tabelle 5: Individuenzahl aller Greifvögel pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017 (abstufende Reihung)

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl
27	Obdach	189
26	Oberaich - Murtal	124
23	Mitterberg - Ennstal	111
28	Pack Nord	107
22	Schladming	95
29	St. Michael	90
33	Spitaleralm - Stuhleck	81
24	Pyhrnpass	79
21	Paltental	77
25	Im Schollhof - Mürztal	61
32	Dürrenschöberl	54
31	Altes Almhaus	24
30	Zeutschach	11



Individuenzahl Wespenbussard

Die Individuenzahl sämtlicher Wespenbussarde pro Beobachtungspunkt findet sich für 2016 in Tabelle 6 und für 2017 in Tabelle 7.

Das Maximum von beobachteten Wespenbussarden pro Beobachtungspunkt ist in den Jahren 2016 und 2017 beinahe gleich. Im Jahr 2016 wurden am Punkt Nr. 6 Handalm 68 Wespenbussarde gezählt, im Jahr 2017 am Punkt Nr. 27 Obdach 69 Wespenbussarde.

Beobachtungspunkte mit der niedrigsten Anzahl ziehender Wespenbussarde waren im Jahr 2016 Punkt Nr. 10 Polster - Präbichl und Punkt Nr. 16 Kriemandl - Tauplitz mit jeweils einem Individuum sowie im Jahr 2017 Punkt Nr. 30 Zeuschach (5 Individuen).

Tabelle 6: Individuenzahl Wespenbussard (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl	Ind./Std.
6	Handalm	68	0,85
1	Aflenzer Bürgeralm	52	0,65
11	Schöckl	49	0,61
20	Wenzelalpe	45	0,60
15	Spitaleralm - Stuhleck	38	0,45
4	Geierkogel - Seetaleralpe	26	0,33
17	Triebenstein	21	0,26
5	Speikkogel - Gleinalm	20	0,25
8	Kleiner Zinken - Lachtal	17	0,22
9	Planneralm	14	0,18
12	Hornfeldspitze - Sölkpass	11	0,15
14	Stoderzinken	11	0,13
18	Hohe Rinsennock - Turracher Höhe	11	0,14
7	Hochkar	10	0,13
3	Dürrenschöberl	7	0,09
13	Plankogel - Sommeralm	5	0,06
2	Altes Almhaus	4	0,05
19	Wechsel	4	0,05
10	Polster - Präbichl	1	0,01
16	Kriemandl - Tauplitz	1	0,01

Tabelle 7: Individuenzahl Wespenbussard (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl	Ind./Std.
27	Obdach	69	0,91
26	Oberaich - Murtal	46	0,57
23	Mitterberg - Ennstal	45	0,56
21	Paltental	43	0,56
22	Schladming	39	0,49
33	Spitaleralm - Stuhleck	29	0,37
29	St. Michael	27	0,34
28	Pack Nord	21	0,27
31	Altes Almhaus	13	0,18
25	Im Schollhof - Mürztal	9	0,11
32	Dürrenschöberl	8	0,10
24	Pyhrnpass	6	0,08
30	Zeuschach	5	0,07



Individuenzahl Rohrweihe

Die Individuenzahl der erfassten Rohrweihen pro Beobachtungspunkt findet sich für 2016 in Tabelle 8 und für 2017 in Tabelle 9.

Im Jahr 2016 wurde die höchste Anzahl an Rohrweihen (113 Individuen) am Punkt Nr. 8 Kleiner Zinken – Lachtal ermittelt. Die meisten Rohrweihen wurden im Jahr 2017 am Punkt Nr. 27 Obdach (82 Individuen) dokumentiert.

Beobachtungspunkte mit der niedrigsten Anzahl ziehender Rohrweihen bzw. ohne Nachweis ziehender Rohrweihen waren im Jahr 2016 Punkt Nr. 16 Kriemandl - Tauplitz (3 Individuen) und im Jahr 2017 Punkt Nr. 21 Paltental (0 Individuen).

Tabelle 8: Individuenzahl Rohrweihe (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl	Ind./Std.
8	Kleiner Zinken - Lachtal	113	1,46
9	Planneralm	80	1,01
1	Aflenzer Bürgeralm	72	0,90
19	Wechsel	66	0,83
15	Spitaleralm - Stuhleck	62	0,73
4	Geierkogel - Seetaleralpe	59	0,75
7	Hochkar	36	0,47
20	Wenzelalpe	28	0,37
17	Triebenstein	26	0,33
11	Schöckl	19	0,24
18	Hohe Rinsennock - Turracher Höhe	16	0,20
12	Hornfeldspitze - Sölkpass	15	0,21
13	Plankogel - Sommeralm	14	0,18
6	Handalm	13	0,16
10	Polster - Präbichl	13	0,16
5	Speikkogel - Gleinalm	12	0,15
14	Stoderzinken	9	0,11
3	Dürrenschöberl	7	0,09
2	Altes Almhaus	4	0,05
16	Kriemandl - Tauplitz	3	0,04

Tabelle 9: Individuenzahl Rohrweihe (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017

Pkt. Nr.	Erfassungspunkt	Individuenzahl	Ind./Std.
27	Obdach	82	1,08
29	St. Michael	40	0,50
24	Pyhrnpass	22	0,30
28	Pack Nord	22	0,29
25	Im Schollhof - Mürztal	17	0,21
33	Spitaleralm - Stuhleck	17	0,22
23	Mitterberg - Ennstal	12	0,15
26	Oberaich - Murtal	10	0,12
32	Dürrenschöberl	5	0,06
30	Zeutschach	4	0,05
31	Altes Almhaus	2	0,03
22	Schladming	1	0,01
21	Paltental	0	0,00



5.2 Flughöhen

Im gegenständlichen Kapitel wird die relative Häufigkeit des erfassten Vogelzugs in Bezug auf die Flughöhen abgebildet. In den Grafiken werden dabei die erfassten Minimalflughöhen über Grund dargestellt. Auf der X-Achse sind jeweils die relativen Häufigkeiten ziehender Individuen, auf der Y-Achse jeweils die Flughöhen aufgetragen.

Flughöhen sämtlicher Arten (Greifvögel und sonstige Großvögel)

Bei Betrachtung der Höhenverteilung des beobachteten Vogelzuges über den gesamten Beobachtungszeitraum (2016 u. 2017) zeigt sich, dass rund 68% des festgestellten Vogelzuges unter 250m, ca. 22% zwischen 251m und 500m und etwa 10% über 500m stattfand (siehe Abbildung 10).

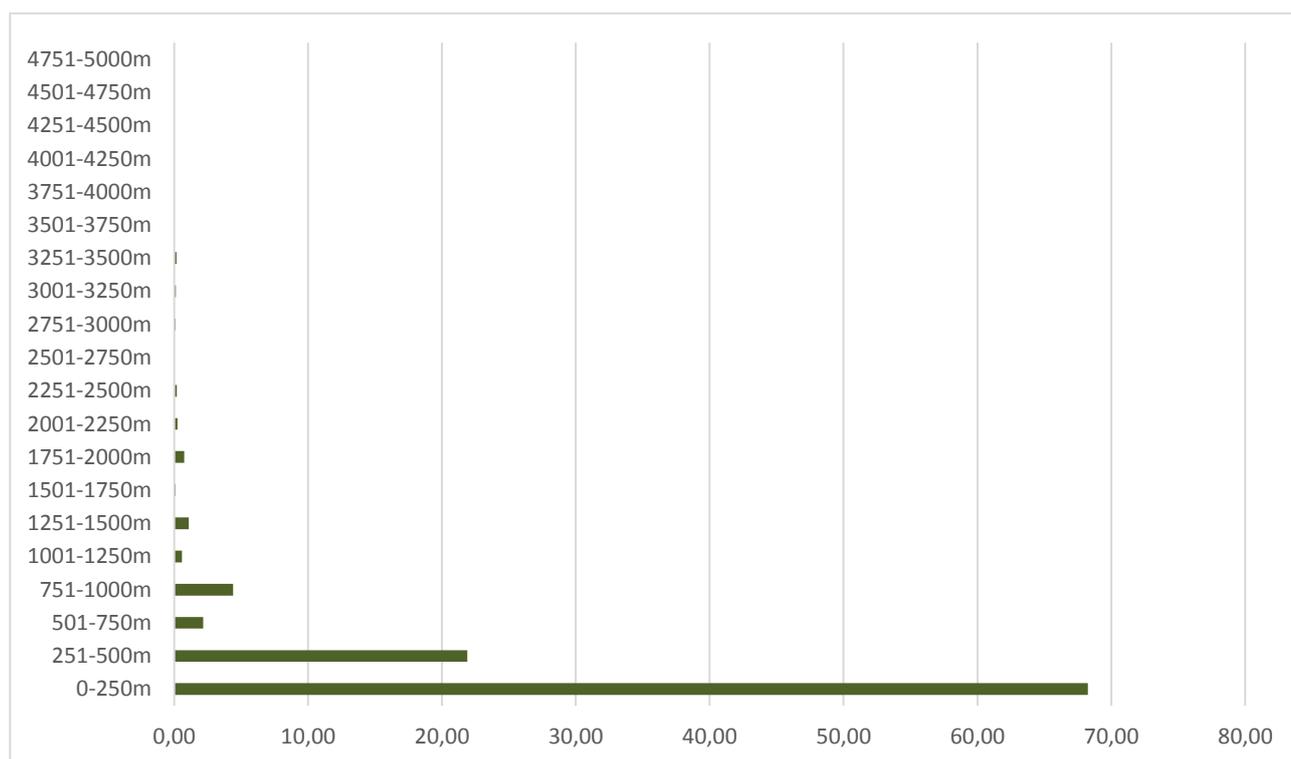


Abbildung 10: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller ziehender Vögel 2016 und 2017

In Abbildung 11 und Abbildung 12 wird der in Abbildung 10 dargestellte Vogelzug mit einer veränderten Kategorisierung dargestellt. In Abbildung 11 wird die Grenze in der Kategorisierung bei 200m gesetzt, in Abbildung 12 bei 250m. Es zeigt sich, dass rund 65% des beobachteten Vogelzuges bis zu einer Flughöhe von 200m stattfand und etwa 68% bis zu einer Höhe von 250m.

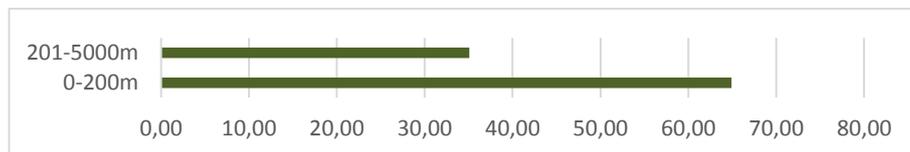


Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m)

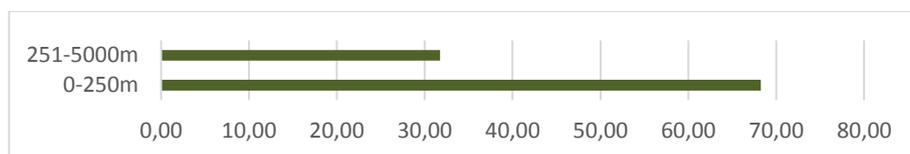


Abbildung 12: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m)

In Abbildung 13 wird der Vogelzug zwischen 0 und 250m Flughöhe im Detail dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass innerhalb dieser Spanne rund 95% der Vögel in Höhen zwischen 0-200m zogen.

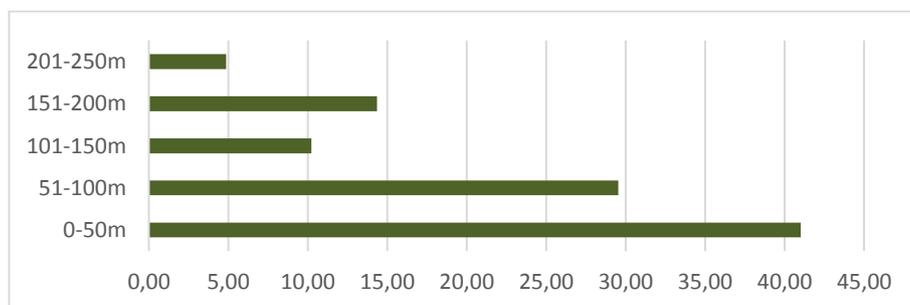


Abbildung 13: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel bis 250m 2016 und 2017



Flughöhen nach Art (Greifvögel)

Bei Betrachtung der Höhenverteilung der beobachteten Greifvögel zeigt sich, dass rund 68% des festgestellten Greifvogelzugs unter 250m, ca. 21% zwischen 251m und 500m und etwa 11% über 500m stattfand (siehe Abbildung 14).

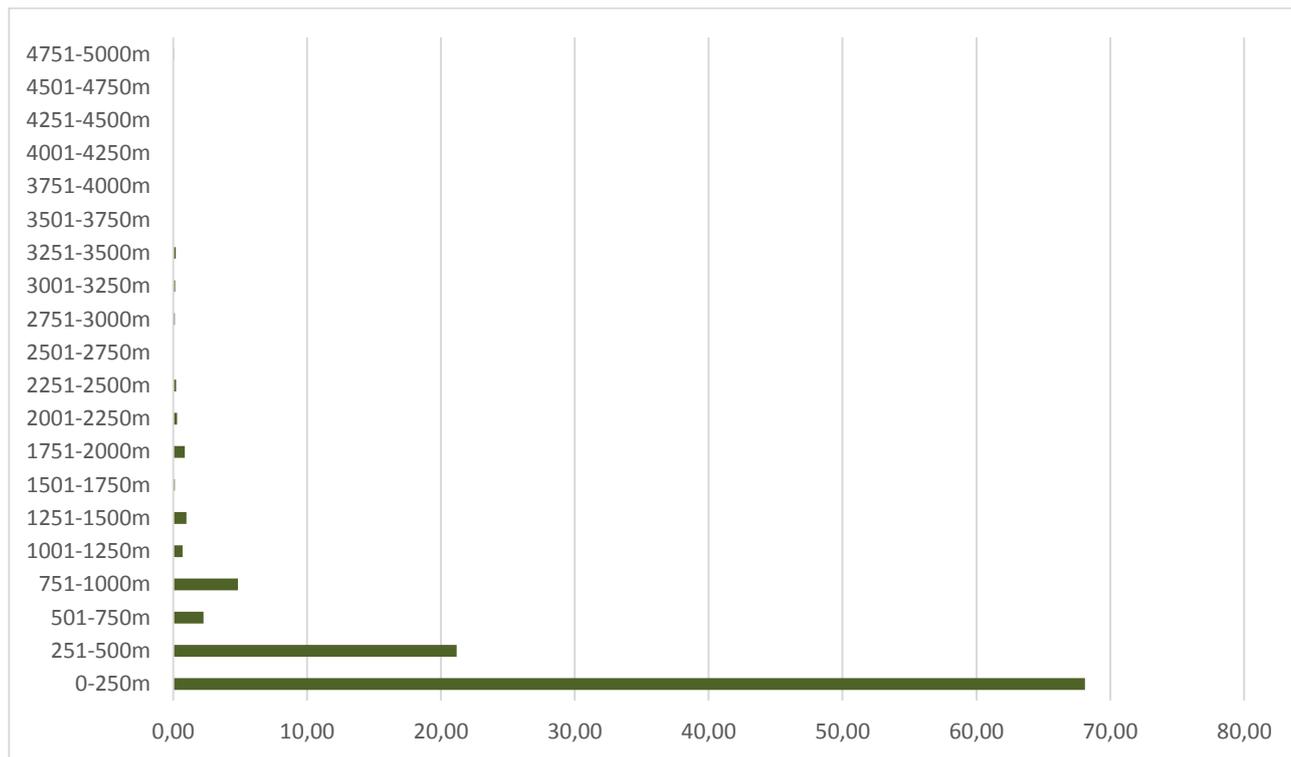


Abbildung 14: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel 2016 und 2017



In Abbildung 15 und Abbildung 16 wird der in Abbildung 14 dargestellte Greifvogelzug mit einer veränderten Kategorisierung dargestellt. In Abbildung 15 wird die Grenze in der Kategorisierung bei 200m gesetzt, in Abbildung 16 bei 250m. Es zeigt sich, dass rund 66% des beobachteten Greifvogelzuges bis zu einer Flughöhe von 200m stattfand und etwa 68% bis zu einer Höhe von 250m.

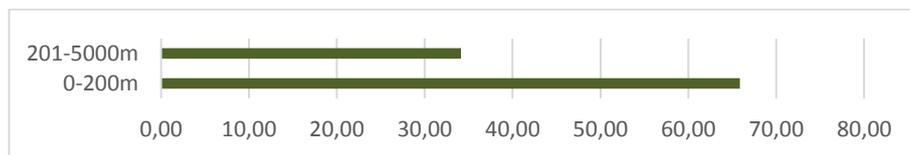


Abbildung 15: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m)

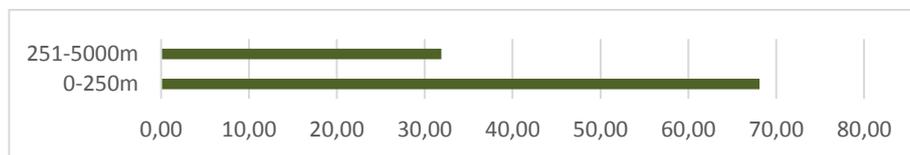


Abbildung 16: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m)

In Abbildung 17 wird der Greifvogelzug zwischen 0 und 250m Flughöhe im Detail dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass innerhalb dieser Spanne rund 97% der Vögel in Höhen zwischen 0-200m zogen.

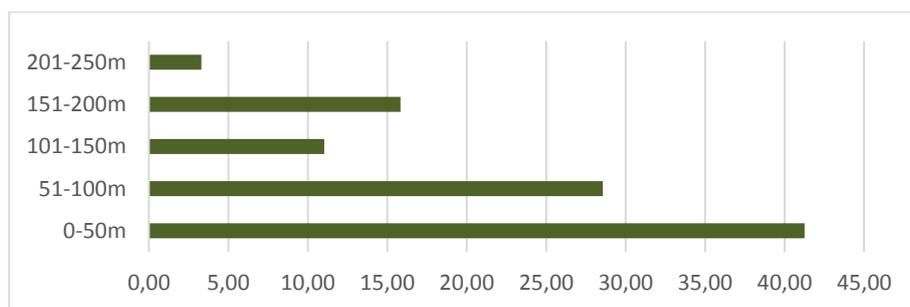


Abbildung 17: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel bis 250m 2016 und 2017



Flughöhen Wespenbussard

Bei Betrachtung der Höhenverteilung der beobachteten Wespenbussarde zeigt sich, dass rund 60% des festgestellten Zuges der Wespenbussarde unter 250m, ca. 26% zwischen 251m und 500m und etwa 14% über 500m stattfand (siehe Abbildung 17).

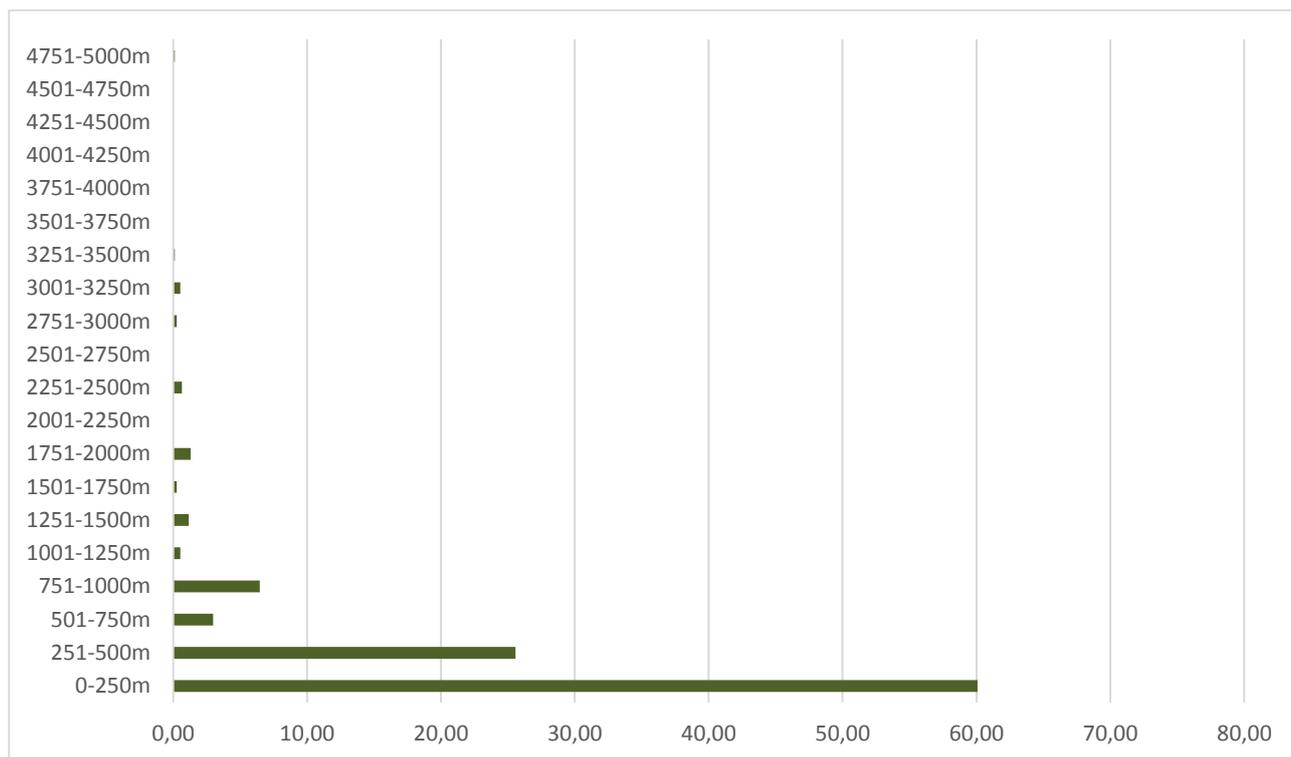


Abbildung 18: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards 2016 und 2017



In Abbildung 19 und Abbildung 20 wird der in Abbildung 18 dargestellte Zug des Wespenbussards mit einer veränderten Kategorisierung dargestellt. In Abbildung 19 wird die Grenze in der Kategorisierung bei 200m gesetzt, in Abbildung 20 bei 250m. Es zeigt sich, dass rund 57% des beobachteten Zuges des Wespenbussards bis zu einer Flughöhe von 200m stattfand und etwa 60% bis zu einer Höhe von 250m.

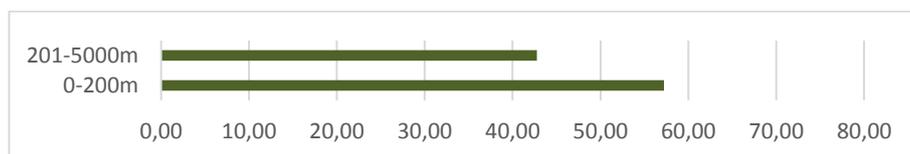


Abbildung 19: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m)

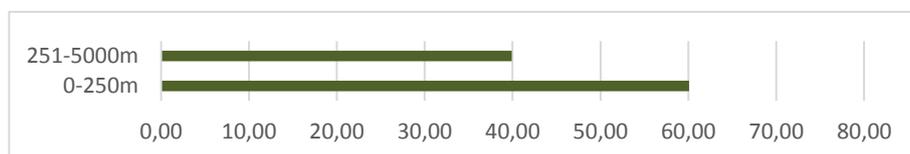


Abbildung 20: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m)

In Abbildung 21 wird der Zug des Wespenbussards zwischen 0 und 250m Flughöhe im Detail dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass innerhalb dieser Spanne rund 95% der Vögel in Höhen zwischen 0-200m zogen.

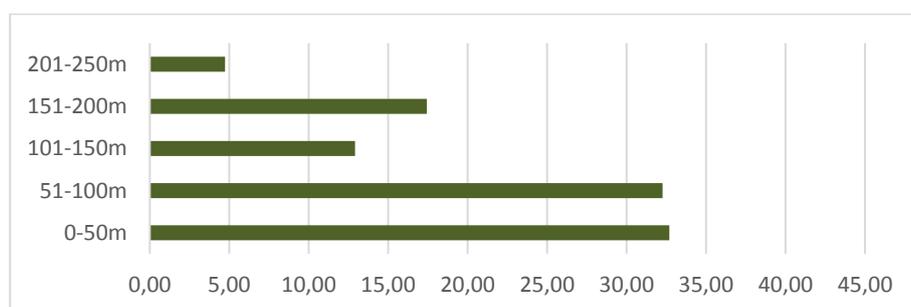


Abbildung 21: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards bis 250m 2016 und 2017

Flughöhen Rohrweihe

Bei Betrachtung der Höhenverteilung der beobachteten Rohrweihen zeigt sich, dass rund 70% des festgestellten Zuges der Rohweihen unter 250m, ca. 19% zwischen 251m und 500m und etwa 11% über 500m stattfand (siehe Abbildung 22).

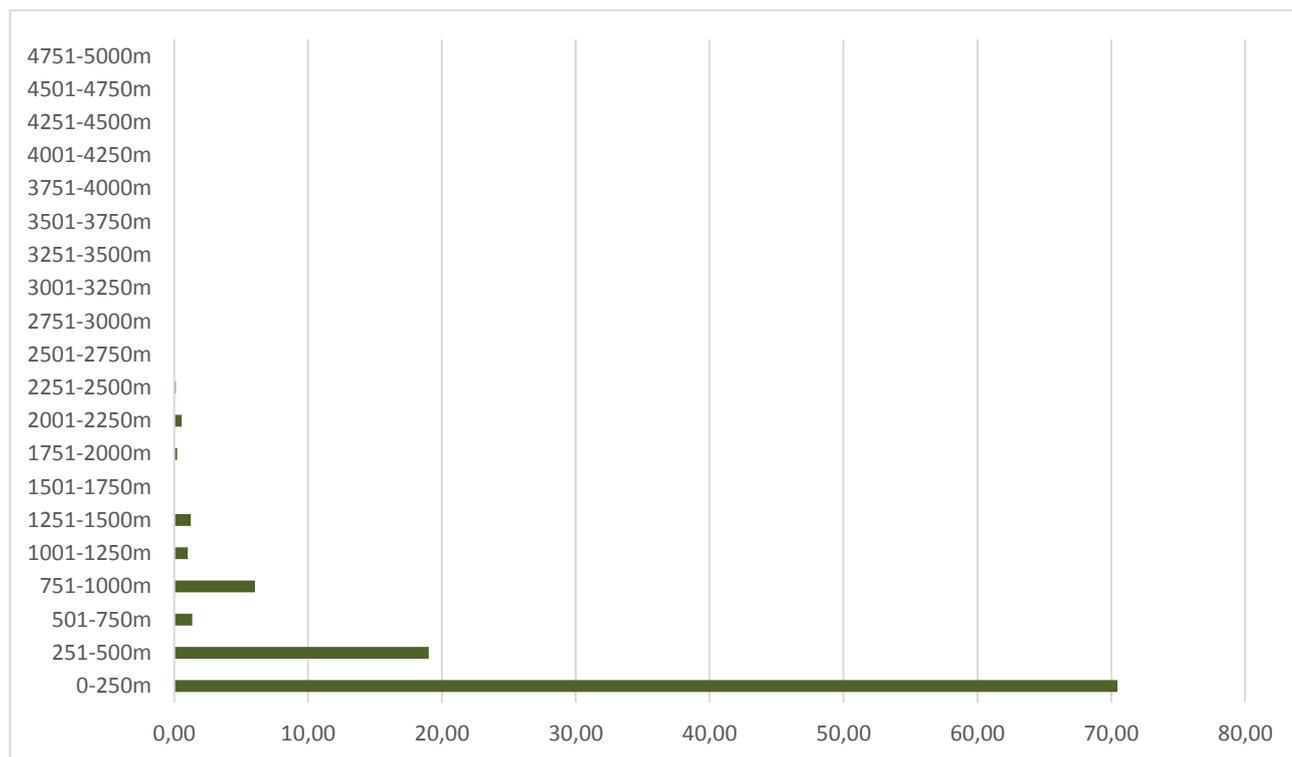


Abbildung 22: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe 2016 und 2017



In Abbildung 23 und Abbildung 24 wird der in Abbildung 22 dargestellte Zug der Rohrweihe mit einer veränderten Kategorisierung dargestellt. In Abbildung 23 wird die Grenze in der Kategorisierung bei 200m gesetzt, in Abbildung 24 bei 250m. Es zeigt sich, dass rund 69% des beobachteten Zuges der Rohrweihe bis zu einer Flughöhe von 200m stattfand und etwa 70% bis zu einer Höhe von 250m.

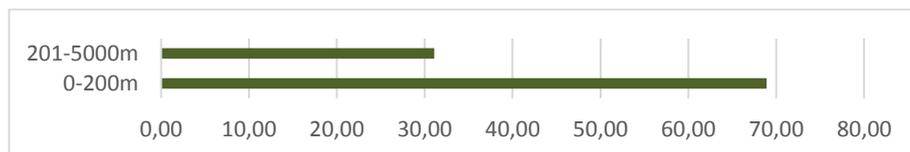


Abbildung 23: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m)

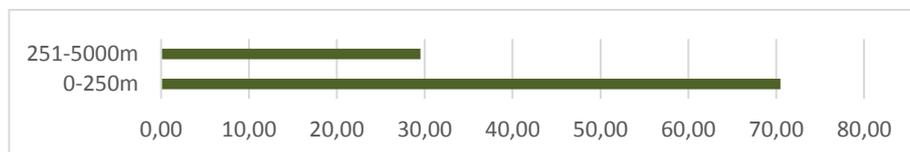


Abbildung 24: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m)

In Abbildung 25 wird der Zug der Rohrweihe zwischen 0 und 250m Flughöhe im Detail dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass innerhalb dieser Spanne rund 98% der Vögel in Höhen zwischen 0-200m zogen.

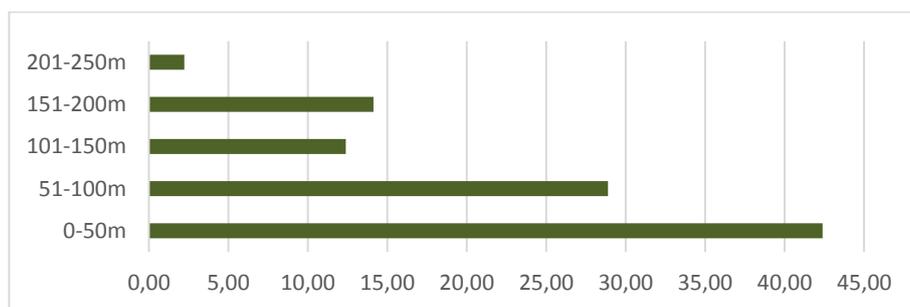


Abbildung 25: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe bis 250m 2016 und 2017

5.3 Zugrichtungen

Im Folgenden wird die prozentuelle Verteilung der Zugrichtungen des erfassten Vogelzuges dargestellt. Es zeigt sich, dass die Zugrichtungen Südwest und Süd überwiegen.

In Abbildung 26 wird die Verteilung sämtlicher ziehender Vögel in den Jahren 2016 und 2017 wiedergegeben, in Abbildung 27 die Verteilung aller Greifvögel der beiden Beobachtungsjahre.

Knapp 37% der beobachteten, ziehenden Vögel flogen in südwestliche Richtung. Gut 32% flogen Richtung Süden und rund 14% Richtung Südosten. Die übrigen Himmelsrichtungen waren lediglich zu geringen Anteilen (jeweils < 10%) vertreten (siehe Abbildung 26).

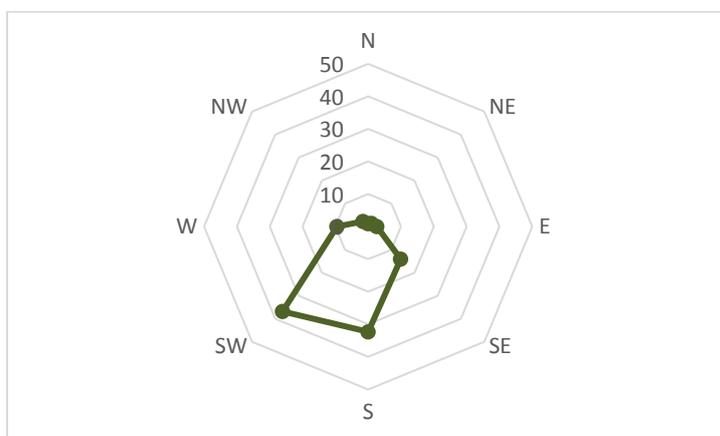


Abbildung 26: Prozentuelle Verteilung der Zugrichtungen aller beobachteter Vögel 2016 und 2017

Betrachtet man die Flugrichtungen der ziehenden Greifvögel, ergibt sich ein sehr ähnliches Bild wie bei der Betrachtung des gesamten Vogelzuges. Knapp 39% der Greifvögel flogen Richtung Südwesten und gut 30% Richtung Süden. 13% flogen Richtung Südosten. Die übrigen Himmelsrichtungen waren wiederum zu geringen Anteilen (jeweils < 10%) vertreten (siehe Abbildung 27).

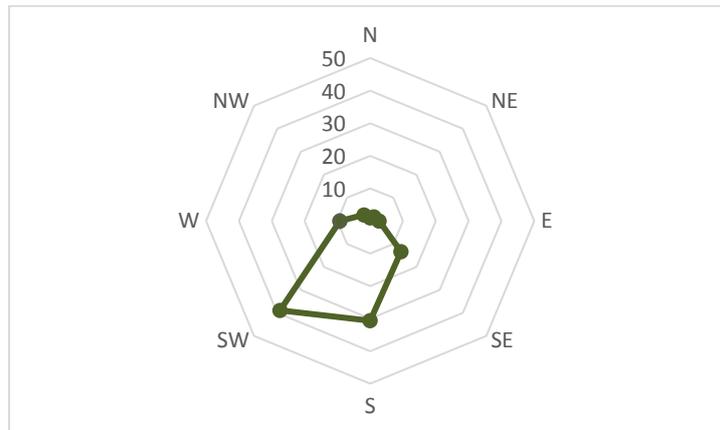


Abbildung 27: Prozentuelle Verteilung der Zugrichtungen aller beobachteter Greifvögel 2016 und 2017

In Abbildung 28 auf Seite 49 wird die relative Häufigkeit der Flugrichtungen aller Zugvögel pro Beobachtungspunkt dargestellt. Für die Beobachtungspunkte „Altes Almhaus“ (Nr. 2 und 31), „Dürrenschöberl“ (Nr. 3 und 32) und „Spitaleralm – Stuhleck“ (Nr. 15 und 33), an denen der Vogelzug sowohl 2016, als auch 2017 erfasst wurde, wurden die Werte aus beiden Jahren zusammengefasst und der Anteil der Flugrichtungen an der Gesamtsumme aller Flugrichtungen aus beiden Jahren dargestellt. Eine detaillierte Darstellung der relativen Häufigkeit der Flugrichtungen pro Erhebungspunkt findet sich im Anhang in Kapitel 12.1.

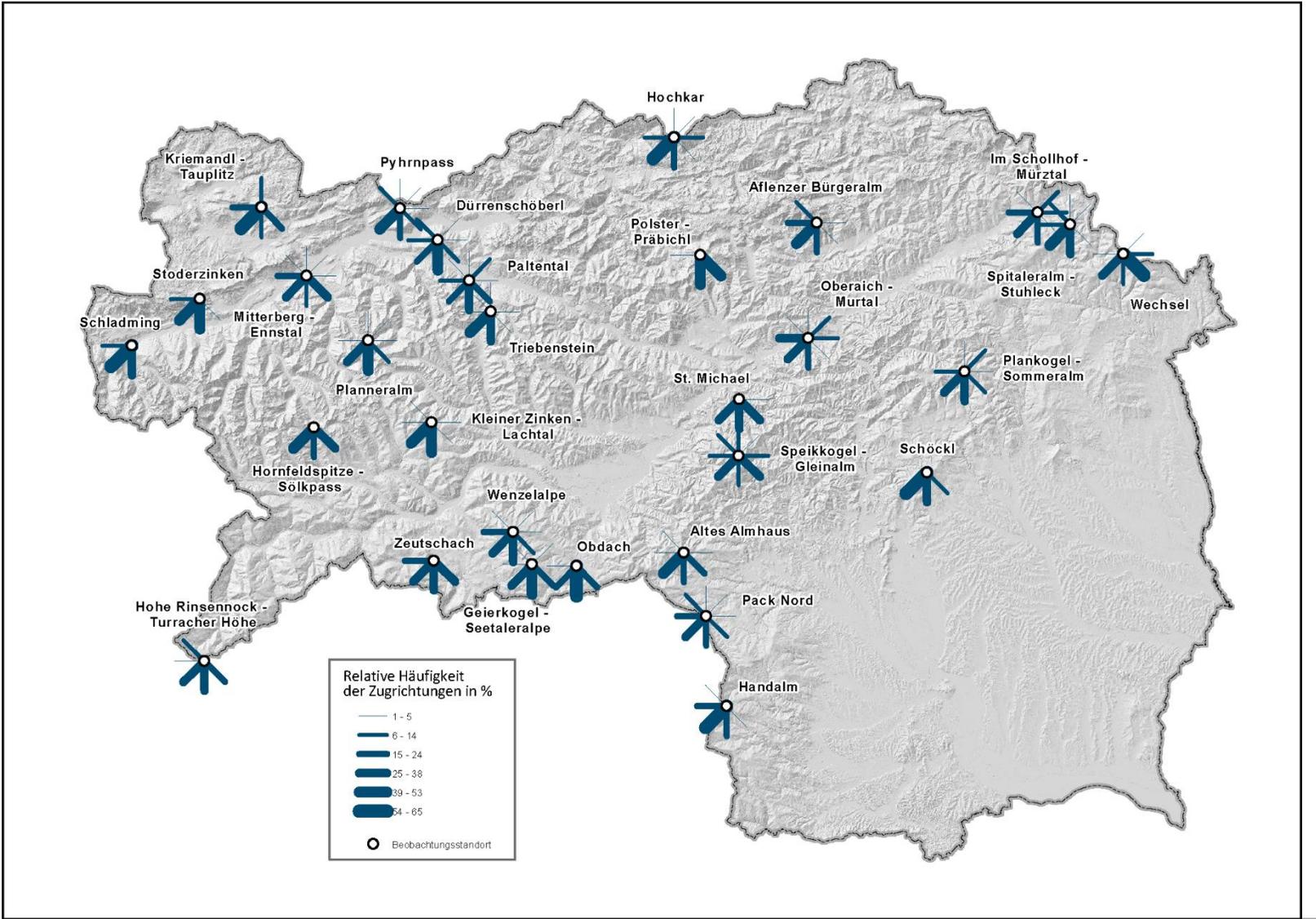


Abbildung 28: Relative Häufigkeit der Flugrichtungen aller ziehenden Greifvögel pro Beobachtungspunkt



5.4 Tagesphänologie

Es wurde überprüft, ob bezüglich der Anzahl der Sichtungen von (1) Greifvögeln gesamt, (2) Rohrweihen und (3) Wespenbussarden im Tagesverlauf (09:00–10.00 bis 16.01–17.00 Uhr) Unterschiede bestehen. Diese Analyse wurde über sämtliche Sichtpunkte hinweg durchgeführt und zwar für die Jahre 2016, 2017 sowie für 2016 + 2017 zusammen.

Als Signifikanztest wurde der nicht-parametrische Kruskal-Wallis Rangsummentest herangezogen. Der p-Wert wurde exakt ermittelt.

Tabelle 10: Überprüfung der Greifvogelfrequenz auf signifikante Unterschiede im Hinblick auf den tageszeitlichen Verlauf

abhängige Variable	unabhängige Variable	Beobachtungspunkte (N)	Jahr	Kruskal-Wallis-chi ²	df	p
Greifvögel gesamt	Tageszeit	20	2016	7,75	7	0,355
Wespenbussarde	Tageszeit	20	2016	6,49	7	0,484
Rohrweihen	Tageszeit	20	2016	8,43	7	0,296
Greifvögel gesamt	Tageszeit	13	2017	9,68	7	0,207
Wespenbussarde	Tageszeit	13	2017	6,74	7	0,456
Rohrweihen	Tageszeit	13	2017	2,94	7	0,890
Greifvögel gesamt	Tageszeit	33	2016+17	12	7	0,101
Wespenbussarde	Tageszeit	33	2016+17	10,91	7	0,143
Rohrweihen	Tageszeit	33	2016+18	6,73	7	0,457

Die Ergebnisse zeigen, dass die Anzahl der Greifvogelbeobachtungen gesamt, sowie auch für Wespenbussarde und Rohrweihen im Speziellen keinen signifikanten Tagesverlauf zwischen 09.00 und 17.00 Uhr zeigen. Auffällig ist die große Streuung der Beobachtungen über die verschiedenen Beobachtungspunkte sowie die vielen Ausreißer (siehe Abbildung 29).

Lediglich die Anzahl der Greifvögel gesamt für 2016 und 2017, wobei hier die größte Stichprobengröße bestand, weist einen p-Wert von annähernd 0,1 auf (siehe Tabelle 10). Dies kann möglicherweise als Hinweis gewertet werden, dass ein gewisser Tagesverlauf in der Flugaktivität von Greifvögel bestehen könnte, wobei eine geringere Aktivität vor allem für den frühen Vormittag angenommen werden kann.



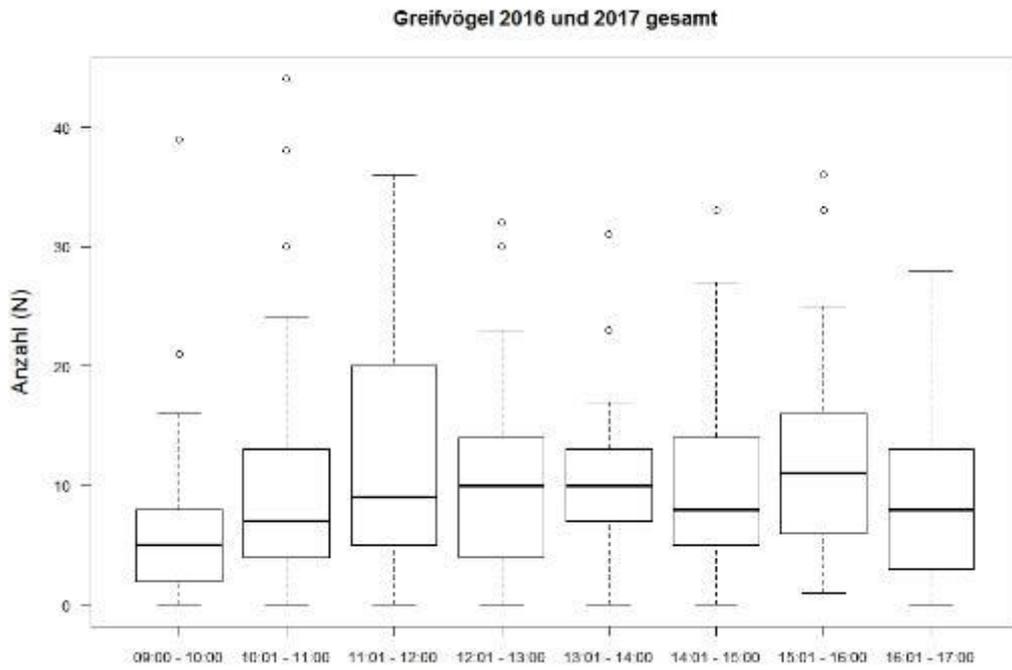


Abbildung 29: Tagesphänologie der Greifvögel 2016 und 2017

5.5 Phänologie nach Erfassungsperioden

Betrachtet man in Abbildung 30 die prozentuelle Verteilung des Wespenbussards getrennt nach den beiden Monaten August und September (2016 und 2017), zeigt sich, dass rund 70% der Wespenbussarde im August und ca. 30% im September gezogen sind. Der Schwerpunkt des Wespenbussardzuges lag erwartungsgemäß im August. Dies zeigt sich auch bei separater Betrachtung der einzelnen Erhebungsjahre (siehe Abbildung 32).

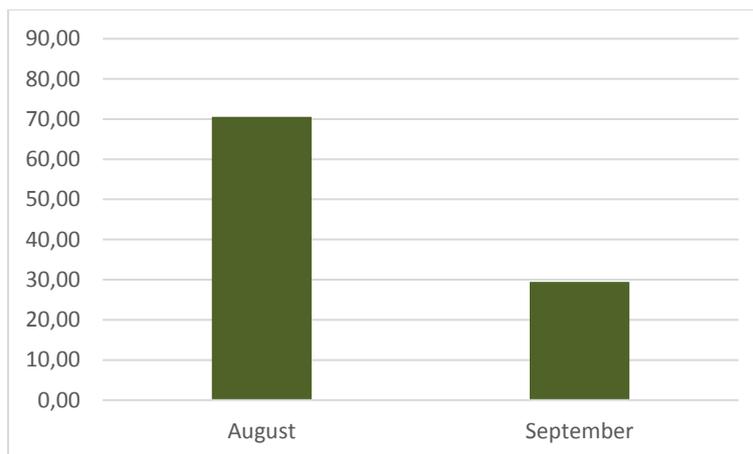


Abbildung 30: Prozentuelle Verteilung des Wespenbussards nach den Erhebungsperioden August/September, 2016 und 2017

Bei den Rohrweihen zeigt sich im Vergleich zum Wespenbussard ein umgekehrtes Bild (siehe Abbildung 31). Die beobachteten Rohrweihen in den Jahren 2016 und 2017 verteilen sich mit knapp 20% auf den August und gut 80% auf den September. Der Schwerpunkt des Rohrweihen-zuges liegt im September. Auch bei Betrachtung der einzelnen Perioden pro Erhebungsjahr spiegelt sich dieses Bild wieder (siehe Abbildung 32).

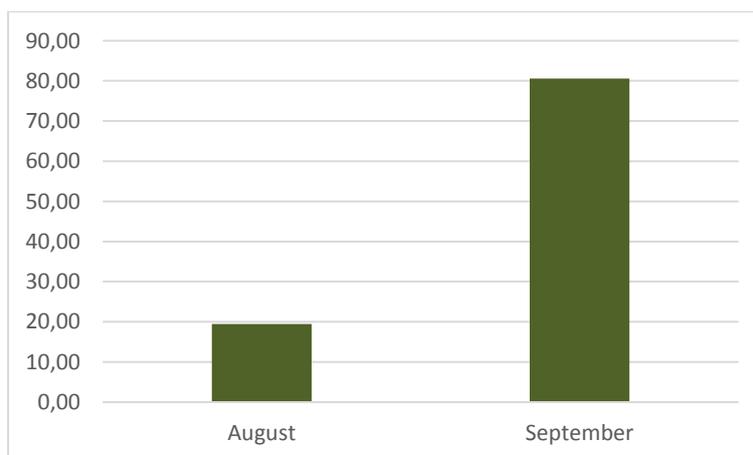


Abbildung 31: Prozentuelle Verteilung der Rohrweihe nach den Erhebungsperioden August/September, 2016 und 2017

In nachfolgender Abbildung zeigt sich die Verteilung des Wespenbussard- und Rohrweihenzuges pro Erhebungsperiode und Erhebungsjahr. Sowohl im Jahr 2016, als auch im Jahr 2017 lag – wie erwartet – der Schwerpunkt des Wespenbussardzuges im August und der Schwerpunkt des Rohrweihenzuges im September. Im Detail zeigt sich, dass der Rohrweihenzug im Jahr 2016 deutlich stärker im September ausgeprägt war (rd. 86%) als im Jahr 2017 (rd. 65%).

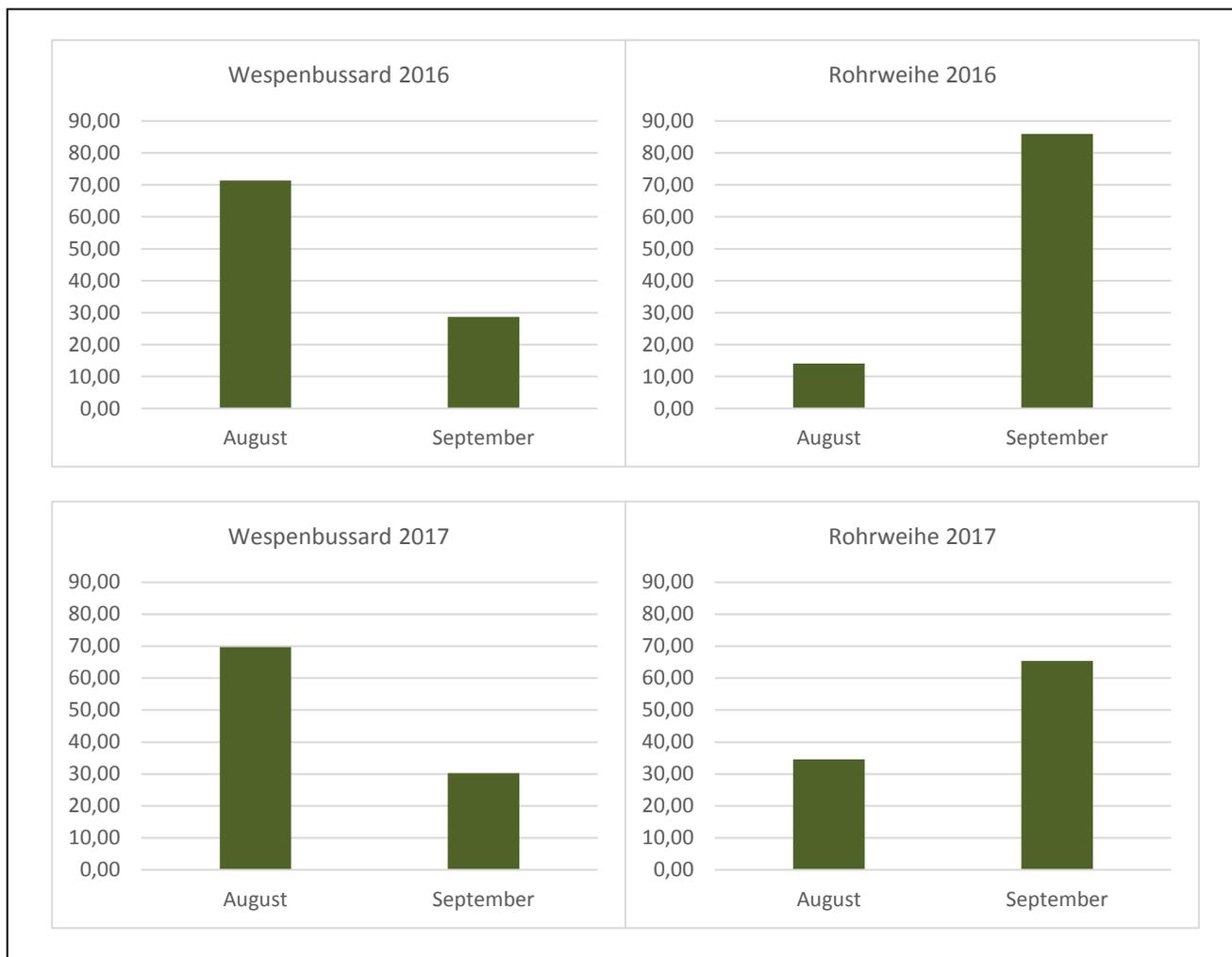


Abbildung 32: Prozentuelle Verteilung des Wespenbussards und der Rohrweihe nach den Erhebungsperioden August/September, getrennt nach den Jahren 2016 und 2017



6 Modellergebnisse

6.1 Flussmodell

Die für weitere Analysen verwendete Realisierung des Flussmodells war jene mit den Parametern $\text{flydown}=7$, $\text{mwSize}=20$, $\text{x0Sigm}=100\text{m}$ und $\text{epsSigm}=30\text{m}$. In ihr werden potentielle Zugverdichtungen am besten deutlich. Dasselbe Modell ist in einer weiteren Darstellung in den Abbildung 45 und 16, oben rechts, und in Abbildung 47 unten links dargestellt. Die Realisierung des Modells zeigt deutlich die vorherrschende Zugrichtung nach Südwest. Außerdem wird sichtbar, dass es sich um einen Breitfrontenzug handelt, der in bestimmten Regionen leicht abgelenkt und kanalisiert wird (Abbildung 33).

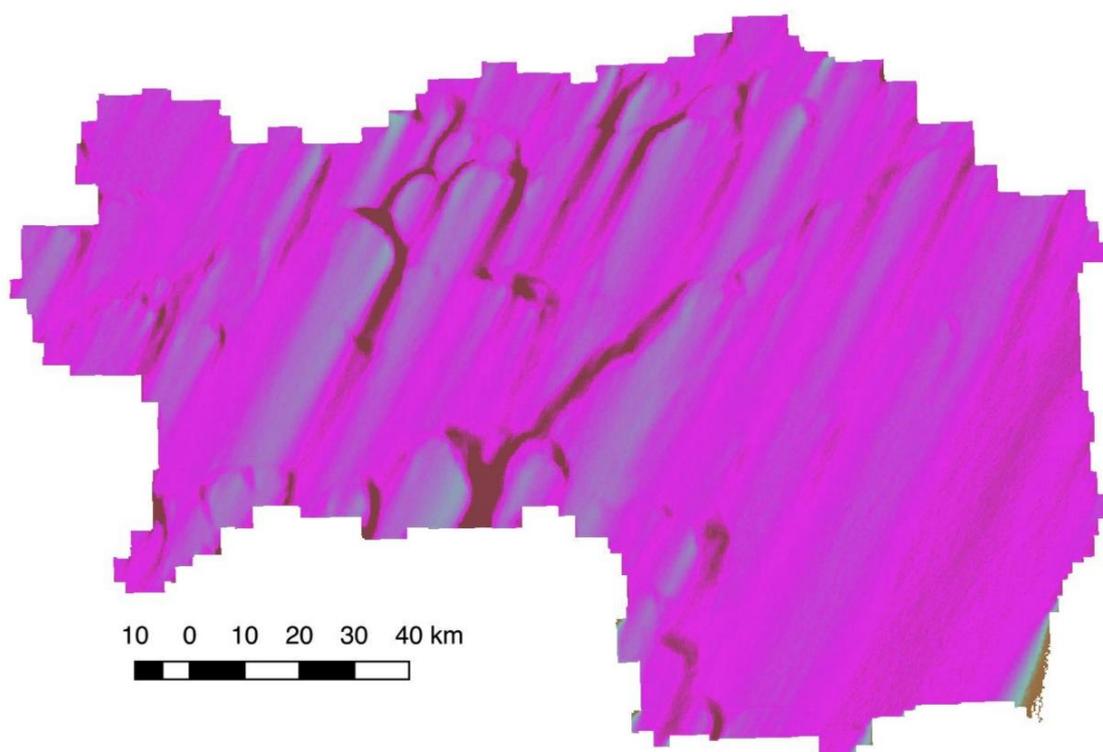


Abbildung 33. Flussmodell für den herbstlichen Greifvogelzug in der Steiermark. Stärkere Verdichtungen des Zugaufkommens wurden in braun visualisiert. Pinkfarbene Bereiche sind jene, die ein Zugaufkommen, jedoch keine Verdichtungen erwarten lassen. Türkisfarbene dargestellt sind mittlere Werte, die leichte Zugverdichtungen erwarten lassen.

Greifvögel fliegen somit über die gesamte Steiermark, werden aber entlang bestimmter Talsysteme verdichtet. Bei den beiden größten vorhergesagten Verdichtungen handelt es sich primär um die Region zwischen den Nationalparks Kalkalpen und Gesäuse mit Fortsetzung in

das Triebental sowie entlang des Talsystems zwischen St. Michael und Obdach mit Fortsetzung nach Kärnten.

6.2 Evaluierung Flussmodell und Aufwinde

Die Ergebnisse zeigten für beide Ansätze sich stark ähnelnde Muster, so dass in Folge nur diejenigen der, letztlich genaueren, Liniendichte-Auswertung gezeigt werden. Es wird deutlich, dass die Zugsummen beider untersuchter Arten eine positive Assoziation mit dem Zugaufkommen, aber unterschiedlich starke Zusammenhänge mit den Aufwinden besitzen (Abbildung 34). Bei der Rohrweihe war der Zusammenhang mit dem Zugaufkommen (höherer Durchlässigkeit) stärker ausgeprägt und ihr Zugaufkommen war positiv mit höheren Werten des orographischen Aufwindes verknüpft. Beide Zusammenhänge waren statistisch signifikant ($p < 0,05$). Beim Wespenbussard zeigt sich ein umgekehrtes Bild. Hier liegen positive Assoziationen des Zugaufkommens mit dem thermischen Aufwind vor, während mit den orographischen Aufwind keine bzw. schwach negative Zusammenhänge bestehen. Die Skalenebene von 3000m (Radius) gab für beide Arten die höchsten Korrelationskoeffizienten wieder.

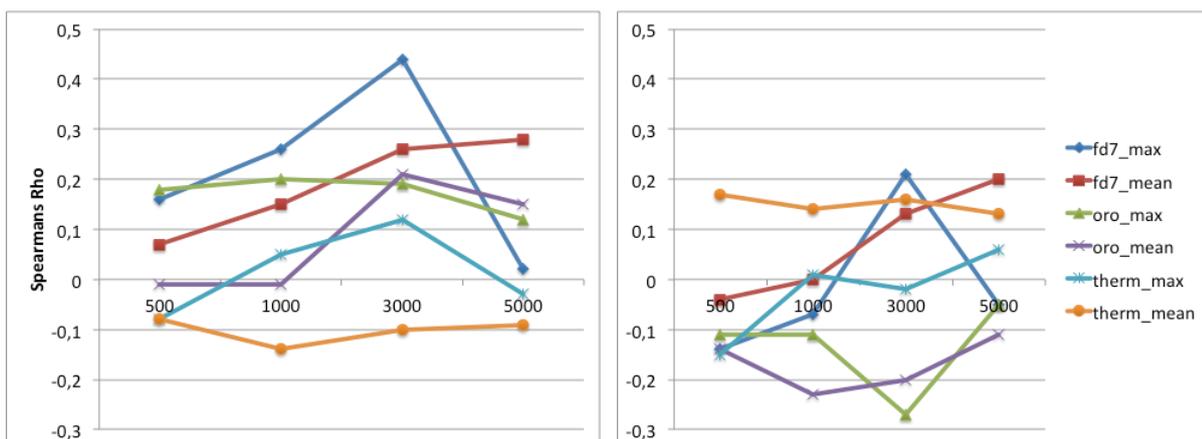


Abbildung 34. Korrelationen zwischen den Summen der Liniendichten (Zugaufkommen) und den Maxima/Mittelwerten des Flussmodells (fd7_max u. _mean), der orographischen Aufwindberechnung (oro_max u. _mean) sowie der thermischen Aufwindberechnung (therm_max u. _mean) für die Rohrweihe (links) und den Wespenbussard (rechts) über die vier konzentrischen Puffer (Skalenebenen) von 500 bis 5000 Meter.

Die Abbildung 35 und Abbildung 36 verdeutlichen die positiven Zusammenhänge zwischen dem Zugaufkommen (Zugliniendichten) beider Arten und den Werten des Flussmodells bzw. orographischen und thermischen Aufwinden. Dabei ist zu beachten, dass die Wertebereiche des mittleren thermischen Aufwindes und des Flussmodells recht klein sind, sich aber innerhalb des Beobachtungsradius von 3000 Metern lokale Bereiche mit höheren Werten befinden.

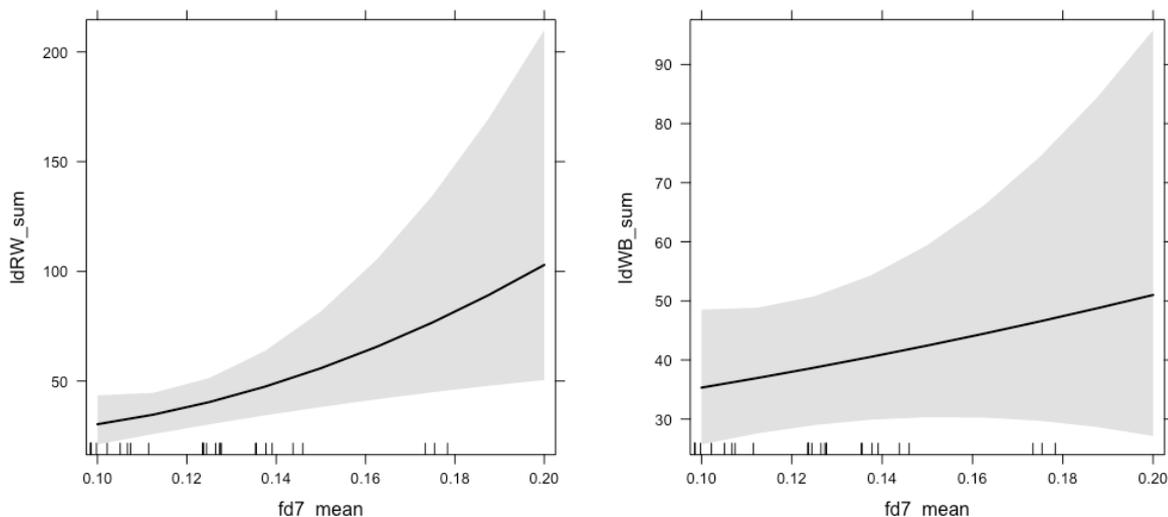


Abbildung 35. Univariate Zusammenhänge der Liniendichten-Summen von Rohrweihe (links) und Wespenbussard (rechts) mit den Mittel-Werten des Widerstandsmodells (fd7Sig100Mw20). Die Plots basieren auf negativ binomialer Regression innerhalb des Beobachtungsradius' von 3000m. Das Zugaufkommen beider Arten reagiert positiv auf höhere Werte (Durchlässigkeit) des Flussmodells. Bei der Rohrweihe ist dieser Zusammenhang statistisch signifikant ($p=0,024$).

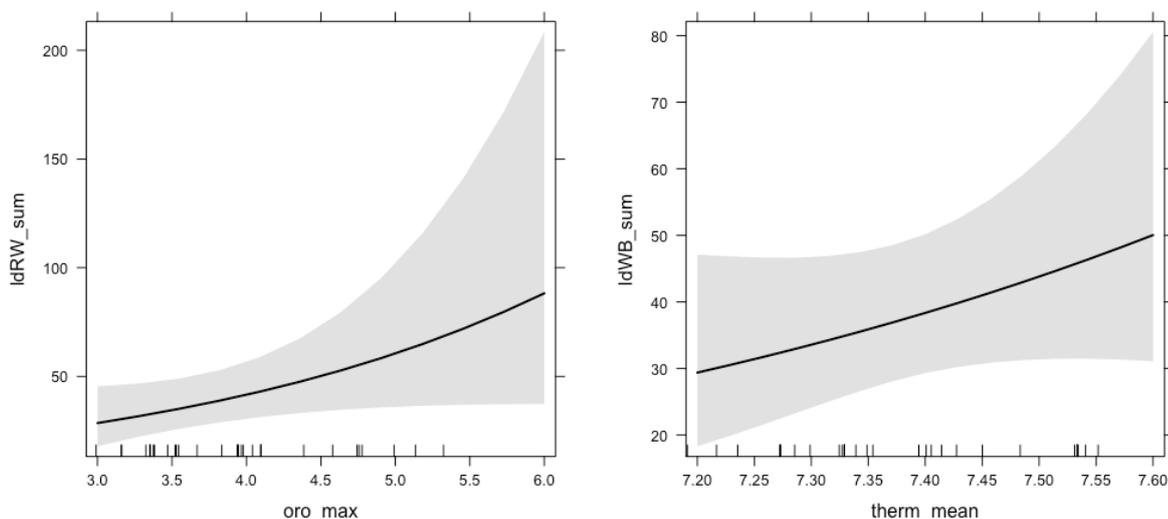


Abbildung 36. Univariate Zusammenhänge der Liniendichten-Summe von Rohrweihe mit dem Maximalwert des orographischen Aufwindes (links) und der Liniendichten-Summen Wespenbussard mit dem Mittelwert des thermischen Aufwindes (rechts). Die Plots basieren auf negativ binomialer Regression innerhalb des Beobachtungsradius' von 3000m. Das Zugaufkommen beider Arten reagiert positiv auf stärkere Aufwinde [m/s]. Bei der Rohrweihe ist der Zusammenhang fast statistisch signifikant ($p=0,058$).

6.3 Modelle des Zugaufkommens

6.3.1 Rohrweihe

In die Rohrweihen-Modelle gingen 638 Beobachtungsereignisse ein. Davon waren 73% (N=463) unter 200m ermittelt worden.

6.3.1.1 Wahrscheinlichkeit für den Rohrweihenflug

Von den am Punkt gemessenen Variablen waren Bewölkung und Windrichtung diejenigen Variablen, die die Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Untersuchungszeitraum am besten erklärten. Sowohl bei Bewölkung als auch bei Gegenwind aus südwestlicher Richtung war demnach die Wahrscheinlichkeit für den Zug von Rohrweihen pro Halbstundenintervall signifikant größer. Die Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Durchzuges verringerte sich hingegen bei nördlichen bis westlichen Winden (Tabelle 11, Tabelle 12 sowie Abbildung 37).

Tabelle 11. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid.Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid.Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus $p = \text{'****' } 0.001; \text{'***' } 0.01; \text{'**' } 0.05; \text{'.' } 0.1$).

Variable	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	Pr(>Chi)	sign
Wolken	1	124,074	4387	2307,6	2,20E-16	***
orogr_Aufw.	1	91,72	4386	2215,9	2,20E-16	***
therm_Aufw.	1	71,854	4384	2075,6	2,20E-16	***
Windrichtung	7	71,484	4376	1970,2	7,40E-13	***
Erhebungstag	1	68,422	4385	2147,5	2,20E-16	***
Flussmodell	1	33,954	4383	2041,7	5,64E-09	***
NULL			4388	2431,7		

Auch mit der potentiellen Aufwindsituation an den Punkten zeigte sich ein positiver Zusammenhang wobei der orografische Aufwind für die Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen eine größere Rolle spielte als der thermische Aufwind (Tabelle 11).

Tabelle 12. Koeffizienten des negativ binomialen Modells der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Halbstundenintervall. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|t|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktorlevels).

Variable	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z)	sign
(Intercept)	-12,127	1,008	-12,028	0,000	***

Wolken	0,117	0,016	7,498	0,000	***
orogr_Aufw.	0,623	0,119	5,257	0,000	***
Erhebungstag	0,092	0,009	10,349	0,000	***
therm_Aufw.	0,283	0,031	9,040	0,000	***
Flussmodell	3,082	0,521	5,918	0,000	***
WindrichtungN	-0,743	0,225	-3,300	0,001	***
WindrichtungNE	-0,098	0,195	-0,505	0,614	
WindrichtungNW	-0,732	0,248	-2,954	0,003	**
WindrichtungS	0,272	0,158	1,716	0,086	.
WindrichtungSE	0,350	0,162	2,161	0,031	*
WindrichtungSW	0,297	0,171	1,738	0,082	.
WindrichtungW	-0,721	0,299	-2,412	0,016	*

Unsere Ergebnisse deuten zusätzlich an, dass die Wahrscheinlichkeit des Durchzuges mit fortschreitender Erhebungsdauer zunimmt und dass bei höheren Werten des Flussmodells auch eher mit Rohrweihen-Durchzug zu rechnen ist. Letztere Variable erklärte jedoch den geringsten Anteil der Abweichungen (Tabelle 11).

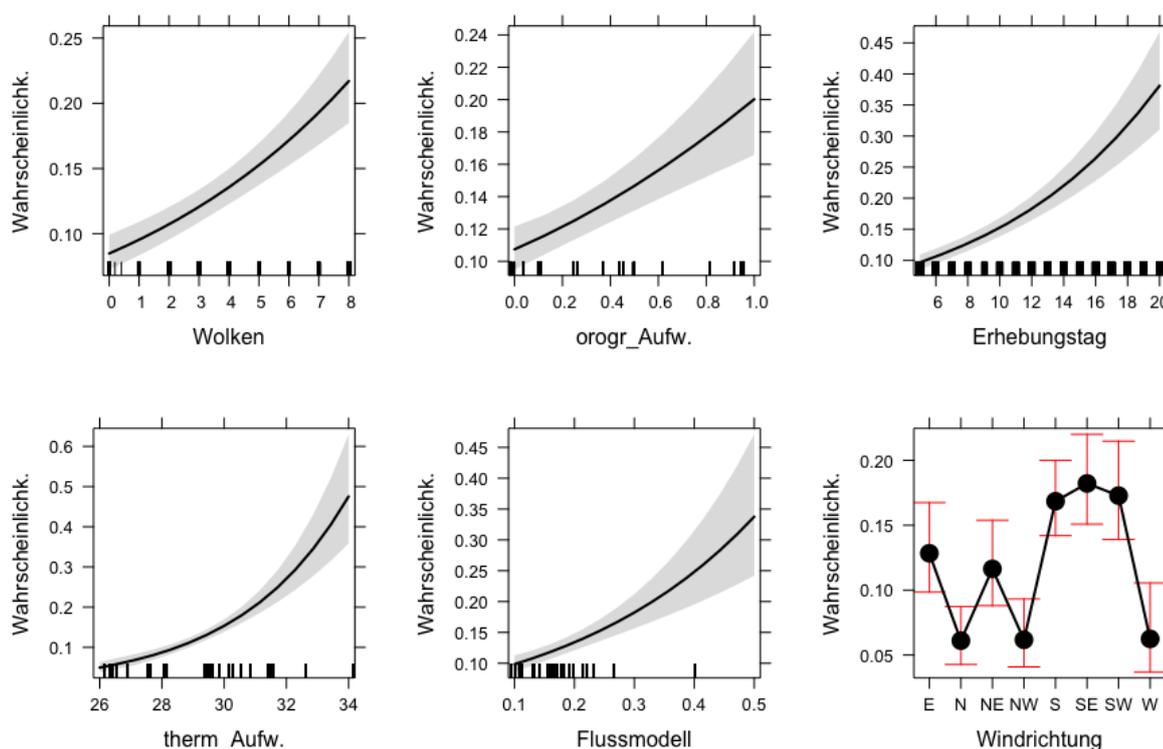


Abbildung 37. Die Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Untersuchungszeitraum am besten erklärenden Variablen. Es bestehen durchweg positive Zusammenhänge. Die Wahrscheinlichkeit verringert sich bei nördlichen bis westlichen Winden.



Das Modell der Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Durchzuges war das insgesamt stärkste Modell. Es erklärte 19,0% der Abweichung in den Daten.

6.3.1.2 Anzahl ziehender Rohrweihen

Das die Anzahl ziehender Rohrweihen (Truppgröße) pro Halbstundenintervall erklärende Modell bestand aus drei Variablen. Es erklärte 10,0% der Abweichung in den Daten. Dabei spielte wieder die Bewölkung die größte Rolle (Tabelle 13). So war, im Vergleich mit wolkenlosem Himmel, mit ca. 50 % mehr Rohrweihen bei voller Bedeckung zu rechnen. Auch stärkerer potentieller orografischer Aufwind im Umkreis des Beobachtungspunktes beeinflusste die Vogelanzahl positiv (Tabelle 14).

Tabelle 13. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Anzahl ziehender Rohrweihen pro Halbstundenintervall. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid.Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid.Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus $p = \text{'***' } 0.001; \text{'**' } 0.01; \text{'*'} 0.05; \text{'.' } 0.1$).

Variable	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	Pr(>Chi)	sign
Wolken	1	11,737	558	211,48	0,0006	***
orogr_Aufw.	1	7,983	557	203,50	0,0047	**
Rückenwind	1	2,636	556	200,86	0,1045	
NULL			559	223,22		

Die Variable für den Wind relativ zur Zugrichtung (Rückenwind) erklärte einen weiteren Teil der Abweichung. Hier war der Zusammenhang negativ, so dass mit mehr Rohrweihen bei südwestlichen Winden zu rechnen ist, die der Zugrichtung entgegenstehen. Der erklärte Anteil dieser Variablen war jedoch gering und nicht signifikant (Tabelle 13).

Tabelle 14: Koeffizienten des negativ binomialen Modells der Anzahl ziehender Rohrweihen pro Halbstundenintervall. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|z|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktors).

Variable	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z)	sign
(Intercept)	0,03254	0,07662	0,425	0,67103	
Wolken	0,03708	0,01414	2,622	0,00874	**
orogr_Aufw.	0,23023	0,08416	2,736	0,00623	**
Rückenwind	-0,09394	0,05842	-1,608	0,10782	



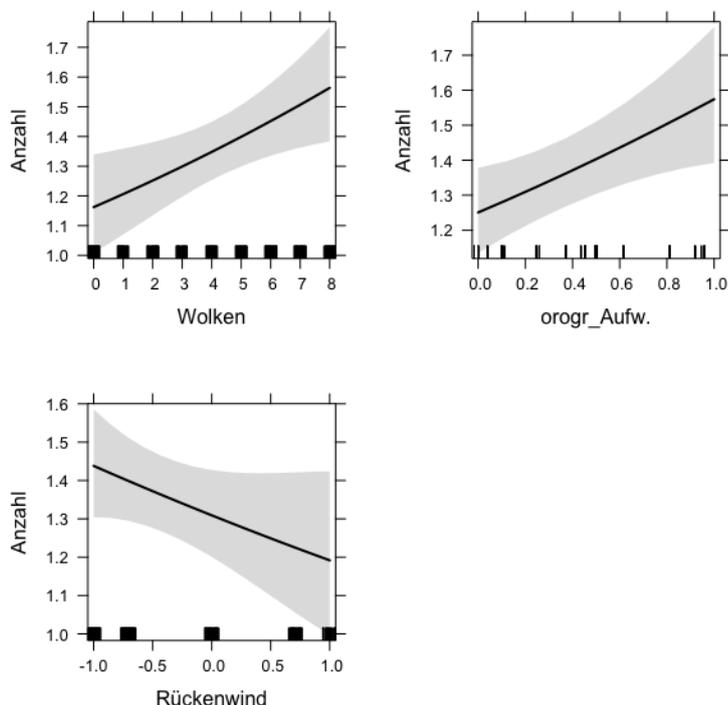


Abbildung 38. Modell RW_Anz_A. Die Anzahl ziehender Rohrweihen über alle Flughöhen erklärenden wichtigsten Variablen des finalen Modells.

6.3.1.3 Flug der Rohrweihe unter 200 Meter

Das Rohrweihenmodell der Wahrscheinlichkeit einer Flughöhe unter 200 Meter erklärte nur noch 5,8% der Abweichung in den Daten, bestand jedoch aus vier Variablen. Am wichtigsten waren hierbei die im Gelände erfasste Windrichtung und Temperatur (Tabelle 15). Demnach scheinen vor allem Südwinde, im geringeren Umfang auch Nordwinde, dazu beizutragen, dass Rohrweihen höher, also über 200m fliegen. Ebenso erhöhten geringere Temperaturen die Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Zuges unter 200m (Tabelle 16).

Tabelle 15. Deviance table für das logistische Modell der Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Fluges unter 200 Meter. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. Abkürzungen und Signifikanzniveaus siehe Tabelle 13.

Variable	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	Pr(>Chi)	sign
Windrichtung	7	19,045	549	599,93	0,0080	**
Temperatur	1	11,861	556	618,98	0,0006	***
Meereshöhe	1	3,117	548	596,82	0,0775	.
Rückenwind	1	2,404	547	594,41	0,1210	
NULL			557	630,84		



Die weiteren Variablen Meereshöhe und Rückenwind erklärten nur noch geringe Anteile, trugen aber zu einer Verbesserung des Modells bei. Beide Zusammenhänge waren negativ, so dass mit mehr über 200m fliegenden Rohrweihen an höher gelegenen Beobachtungspunkten sowie bei Gegenwind (aus SW) zu rechnen ist (Abbildung 39).

Tabelle 16. Koeffizienten des logistischen Modells der Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Fluges unter 200 Meter. Abkürzungen s. Tabelle 14.

Variable	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z)	sign
(Intercept)	3,7448	0,8733	4,2880	0,0000	***
Temperatur	-0,0960	0,0288	-3,3270	0,0009	***
WindrichtungN	-0,8582	0,5427	-1,5810	0,1138	
WindrichtungNE	-0,4955	0,4736	-1,0460	0,2954	
WindrichtungNW	0,2157	0,6197	0,3480	0,7277	
WindrichtungS	-0,8748	0,4240	-2,0630	0,0391	*
WindrichtungSE	-0,5269	0,4177	-1,2620	0,2071	
WindrichtungSW	0,2226	0,4857	0,4580	0,6468	
WindrichtungW	-0,7095	0,6781	-1,0460	0,2955	
Meereshöhe	-0,0005	0,0003	-1,6830	0,0924	.
Rückenwind	-0,3984	0,2559	-1,5570	0,1194	



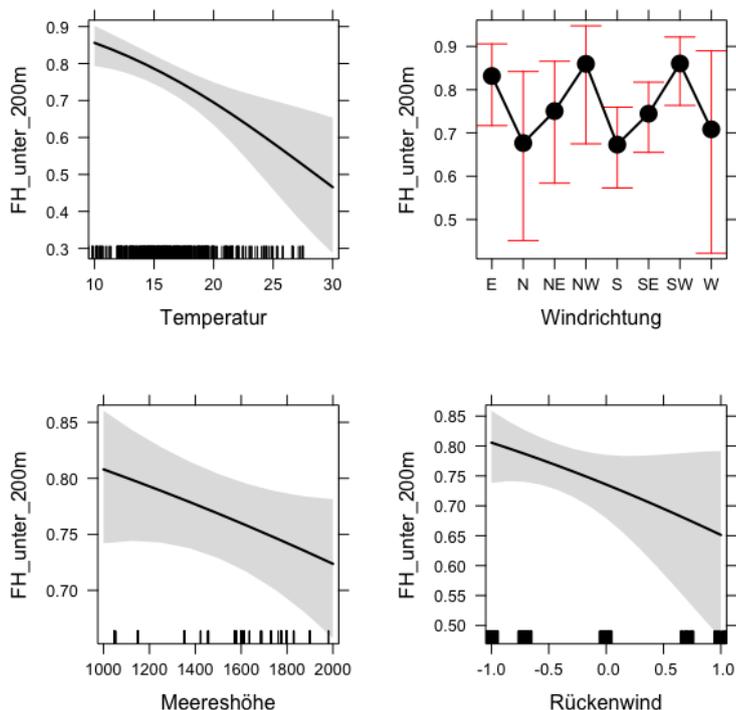


Abbildung 39. Vorhersagevariablen für die Wahrscheinlichkeit einer Flughöhe von Rohrweihen unterhalb 200m.

6.3.2 Wespenbussard

In die Wespenbussard-Modelle gingen 507 Beobachtungsereignisse ein. Davon waren 64% (N=322) unter 200m ermittelt worden.

6.3.2.1 Wahrscheinlichkeit für den Wespenbussard-Zug

Die Wahrscheinlichkeit ziehender Wespenbussarde im Untersuchungszeitraum wurde primär durch Windrichtung und Temperatur bestimmt (Tabelle 17). Das entsprechende finale Modell erklärte 7,6% der Abweichung. Bei Wind aus nördlichen und nordwestlichen Richtungen war die Wahrscheinlichkeit des Wespenbussard-Durchzuges pro Halbstundenintervall demnach signifikant höher als bei anderen Windrichtungen (Tabelle 18).

Tabelle 17. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Wespenbussarden. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid.Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid.Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-



ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus $p =$ '***' 0.001; '**' 0.01; '*' 0.05; '.' 0.1).

Variable	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	Pr(>Chi)	sign
Windrichtung	7	35,233	4250	1586,70	1,0E-05	***
Temperatur	1	29,306	4249	1557,40	6,2E-08	***
Meereshöhe	1	20,086	4245	1497,90	7,4E-06	***
Flussmodell	1	14,411	4246	1518,00	1,5E-04	***
Erhebungstag	1	13,036	4248	1544,30	3,1E-04	***
therm_Aufw.	1	11,977	4247	1532,40	5,4E-04	***
NULL			4257	1621,90		

Die Wahrscheinlichkeit ziehender Wespenbussarde war weiterhin niedriger an tiefer gelegenen Beobachtungspunkten und stieg mit höheren Temperaturen. Dazu passt auch der positive Zusammenhang mit dem thermischen Aufwind am Punkt (Tabelle 18).

Tabelle 18. Koeffizienten des negativ binomialen Modells der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Halbstundenintervall. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|t|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktorlevels).

Variable	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z)	sign
(Intercept)	-1,5E+01	1,8E+00	-8,1E+00	6,9E-16	***
WindrichtungN	7,3E-01	2,2E-01	3,4E+00	7,7E-04	***
WindrichtungNE	7,2E-01	2,1E-01	3,4E+00	5,7E-04	***
WindrichtungNW	8,1E-02	2,6E-01	3,1E-01	7,5E-01	
WindrichtungS	1,4E-01	2,1E-01	6,9E-01	4,9E-01	
WindrichtungSE	1,5E-01	2,1E-01	7,2E-01	4,7E-01	
WindrichtungSW	-4,0E-01	2,5E-01	-1,6E+00	1,1E-01	
WindrichtungW	1,7E-01	2,8E-01	6,0E-01	5,5E-01	
Temperatur	5,6E-02	1,3E-02	4,3E+00	1,7E-05	***
Erhebungstag	1,9E-02	1,3E-02	1,5E+00	1,5E-01	
therm_Aufw.	4,5E-01	7,4E-02	6,2E+00	7,8E-10	***
Flussmodell	3,1E+00	6,3E-01	4,9E+00	7,8E-07	***
Meereshöhe	-1,7E-03	3,8E-04	-4,4E+00	9,0E-06	***

Erhebungstag und die Werte des Flussmodells waren weitere positive Vorhersagevariablen (Tabelle 18, Abbildung 40). Die Zunahme der Zugwahrscheinlichkeit des Wespenbussards war jedoch schwächer ausgeprägt als bei der Rohrweihe.



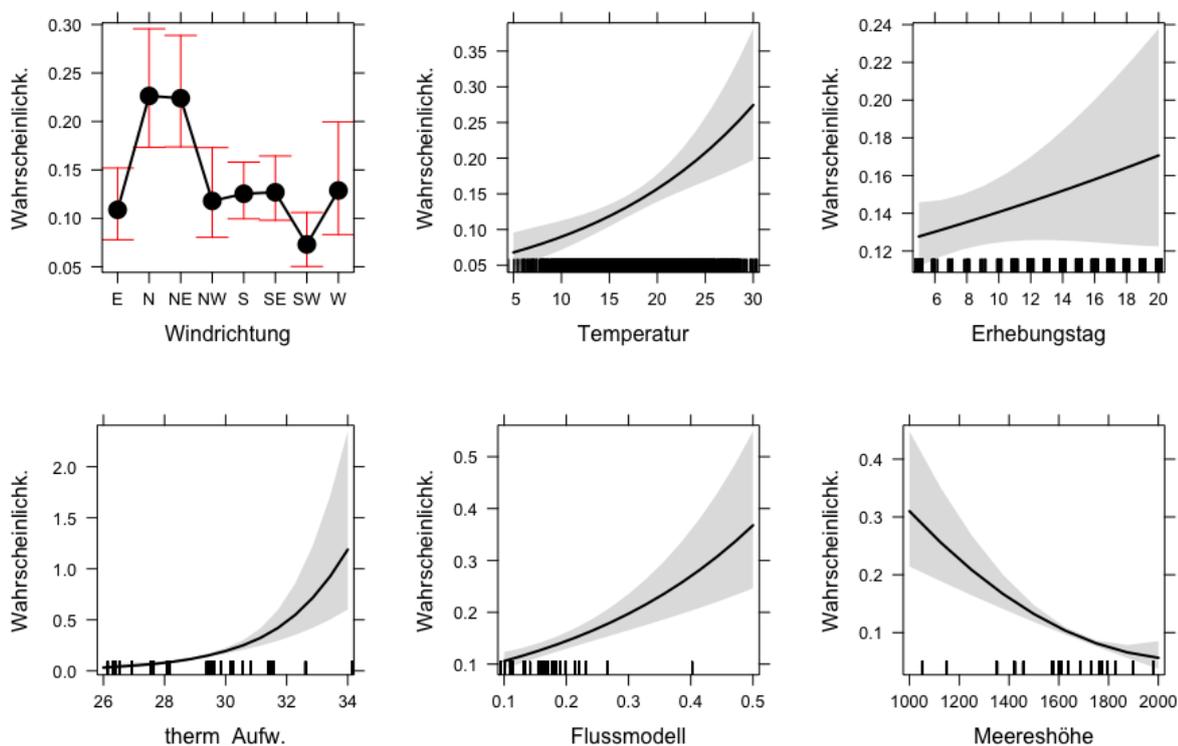


Abbildung 40. Die Wahrscheinlichkeit des Wespenbussard-Durchzuges im Untersuchungszeitraum am besten erklärenden Variablen. Es bestehen durchweg positive Zusammenhänge. Nord- bis nordwestliche Winde erhöhen die Wahrscheinlichkeit, ebenso wie Temperatur und Thermik.

6.3.2.2 Anzahl ziehender Wespenbussarde

Das Modell der Wespenbussard-Truppggröße erklärte 14,6% der Abweichung in den Daten wobei der erklärte Anteil primär durch die im Gelände erhobene Windrichtung ausgemacht wurde. Thermik und Meereshöhe waren weitere, die Anzahl ziehender Wespenbussarde pro Zeiteinheit erklärenden Variablen (Tabelle 19).

Tabelle 19. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Anzahl ziehender Wespenbussarde. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus p= '***' 0.001; '**' 0.01; '*' 0.05; '.' 0.1).

Variable	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	Pr(>Chi)	sign
Windrichtung	7	23,476	446	196,75	0,0014	**
therm_Aufw.	1	5,884	445	190,87	0,0153	*
Meereshöhe	1	2,885	444	187,99	0,0894	.
NULL			453	220,23		



Das Modell deutet an, dass bei Winden aus West und Nord signifikant mehr Wespenbussarde zogen als bei anderen Windrichtungen (Abbildung 41, Tabelle 20).

Tabelle 20. Koeffizienten des Modells WB_Anz_A. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|t|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktors).

Variable	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z)	sign
(Intercept)	-2,8164	1,1389	-2,4730	0,0134	*
WindrichtungN	0,5387	0,1585	3,3990	0,0007	***
WindrichtungNE	0,2765	0,1546	1,7880	0,0737	.
WindrichtungNW	0,1627	0,1933	0,8420	0,4000	
WindrichtungS	0,2401	0,1573	1,5270	0,1269	
WindrichtungSE	0,1665	0,1603	1,0380	0,2991	
WindrichtungSW	0,0436	0,2018	0,2160	0,8290	
WindrichtungW	0,6999	0,2031	3,4460	0,0006	***
therm_Aufw.	0,1223	0,0500	2,4460	0,0145	*
Meereshöhe	-0,0004	0,0002	-1,6940	0,0903	.

Mehr Wespenbussarde waren auch zu erwarten an tiefer gelegenen Beobachtungs-Punkten und an solchen mit höherer Thermik.



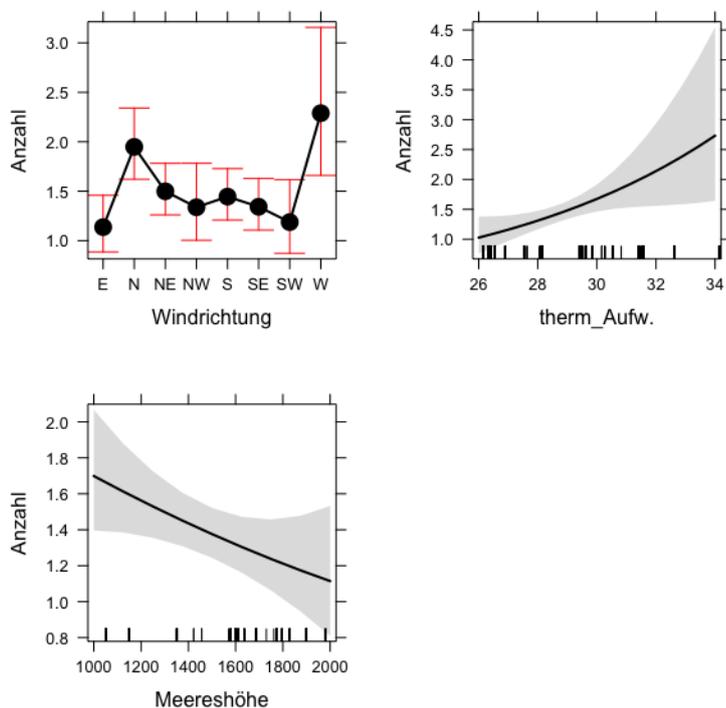


Abbildung 41. Modell WB_Anz_A. Die Anzahl ziehender Wespenbussarde über alle Flughöhen erklärenden wichtigsten Variablen des finalen Modells mit Windrichtung als Faktorvariable.

6.3.2.3 Flug des Wespenbussards unter 200 Meter

Das Wespenbussard-Modell mit der Wahrscheinlichkeit einer Flughöhe bis 200 Meter erklärte nur 3,6% der Abweichung in den Daten. Es bestand aus zwei Variablen: Erhebungstag und Meereshöhe (Tabelle 21). Dabei spielte erstere Variable die weitaus größere Rolle. Den Ergebnissen nach flogen demnach signifikant mehr Wespenbussarde unter 200m je weiter die Beobachtungsperiode fortschritt. Der Umstand, dass weder Temperatur noch Bewölkung in das Modell eingingen deutet an, dass das Wetter dabei keine Rolle spielte.

Tabelle 21. Deviance table für das logistische Modell der Wahrscheinlichkeit für Wespenbussardflug unter 200m. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. Abkürzungen und Signifikanzniveaus siehe Tabelle 13.

Variable	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	Pr(>Chi)	sign
Erhebungstag	1	21,324	505	644,04	3,9E-06	***
Meereshöhe	1	2,911	504	641,13	8,8E-02	.
NULL			506	665,37		



Der zweiten Variable nach flogen Wespenbussarde mit höherer Wahrscheinlichkeit unter 200m je tiefer der Beobachtungspunkt gelegen war bzw. höher als 200m an hoch gelegenen Punkten. Dieser Zusammenhang ist jedoch nur schwach signifikant (Tabelle 22, Abbildung 42).

Tabelle 22. Koeffizienten des logistischen Modells der Wahrscheinlichkeit für Wespenbussardflug unter 200m. Abkürzungen s. Tabelle 14.

Variable	Estimate	Std.Error	z-value	Pr(> z)	sign
(Intercept)	0,7725	0,5734	1,3470	0,1779	
Erhebungstag	0,0493	0,0235	2,0950	0,0361	*
Meereshöhe	-0,0005	0,0003	-1,7040	0,0883	.

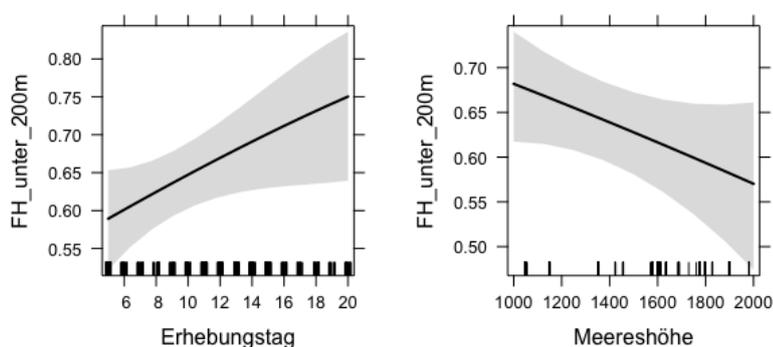


Abbildung 42. Zusammenhänge zwischen Anzahl der Wespenbussarde bis 200m Flughöhe und den im Modell verwendeten Variablen.



7 Diskussion: Modellierung

7.1 Modellierung des Breitfrontenzuges (Flussmodell)

Der ursprünglich verwendete Begriff „Widerstandsmodell“ ist irreführend. Das mathematische Modell zeigt an sich keine Bereiche höheren bzw. geringeren Widerstandes, sondern vielmehr den Prozess des Greifvogelzuges aufgrund des Widerstandes der Topografie bzw. aufgrund von Höhendifferenzen. Diese führen zu leichten Zugverdichtungen. An sich gibt das mathematische Flussmodell demnach den gerichteten Breitfrontenzug über der Steiermark wieder und zeigt Bereiche, in denen mit erhöhtem Zugaufkommen aufgrund von Ablenkung durch die Topografie zu rechnen ist. Prinzipiell zeigt das Modell aber auch, dass an jedem Punkt des steierischen Modellgebietes mit Greifvogelzug zu rechnen ist.

Das Flussmodell wurde überschaubar gehalten im Sinne der Regeln, die die Vögel befolgen, um den Flug über das Modellgebiet zu bewältigen. Komplex ist das Modell hinsichtlich der Datenstrukturen die gewährleisten, dass der Zug vieler Vögel innerhalb eines Zeitraumes effizient berechnet werden kann. Steigverhalten wurde daher nur aufgrund der Höhenunterschiede in der Topografie generiert. Ein Einbau der Thermik und orografischen Aufwindes brachte keine Verbesserung des Modells. Durch eine ausschließliche Berechnung des Zugverhaltens anhand des thermischen und orografischen Aufwindes waren keine Zugverdichtungen mehr erkennbar. Aus diesem Grund wurden orografischer und thermischer Aufwind getrennt berechnet und dargestellt.

Hinsichtlich der zukünftigen Verwendung des Flussmodells bzw. räumlicher Vorhersagen des zu erwartenden Zugaufkommens, ist unter Umständen eine artspezifische Parametrisierung in Betracht zu ziehen. So müsste das Steigverhalten beider Arten, das entweder stärker von der Thermik oder Orografie abhängig ist, spezieller parametrisiert, d.h. an das zu erwartenden Flugverhalten der Arten angepasst werden.

7.2 Evaluierung Flussmodell und Aufwinde

Sowohl der stärkere Zusammenhang der Rohrweihe mit dem Flussmodell, als auch der des Wespenbussards mit thermischen Aufwinden machen insofern Sinn, dass der Wespenbussard als Thermikflieger weniger von einer Führung durch die Topographie abhängig ist. Dies zeigt sich auch in einer stärkeren Korrelation des Wespenbussards-Zugaufkommens mit den Werten des thermischen Aufwindes, während bei der Rohrweihe fast durchweg höhere Korrelationen mit dem orographischen Aufwind bestehen. Beide Zusammenhänge besitzen über alle vier Beobachtungsradien etwa die gleiche Stärke der Korrelation und könnten darauf hindeuten, dass die Rohrweihe Bereiche maximalen orographischen Aufwind nutzt.

Die über die Skalenebenen von 500 bis 5000 Meter ansteigenden Korrelationen mit dem Flussmodell deuten darauf hin, dass der Zug beider Arten in räumlich recht breiten Korridoren



verläuft und nur innerhalb größerer Beobachtungsradien mit einem Flussmodell in Verbindung gebracht werden kann.

7.3 Statistische Modellierung anhand der Wetterdaten

Die unterschiedlichen Antwortvariablen der drei Modelltypen lassen unterschiedliche Interpretationen des Zugverhaltens zu. Während im ersten Modelltyp die Wahrscheinlichkeit wiedergegeben wird, dass überhaupt ein Durchzug stattfindet, ist der zweite Modelltyp dahingehend zu interpretieren, welche Faktoren hohes bzw. geringes Zugaufkommen bestimmen. Im dritten Fall gibt das Modell die Wahrscheinlichkeit wieder, dass die entsprechende Art unterhalb von 200 Metern fliegt.

Der deutlich positive Effekt der Bewölkung auf die Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Durchzuges bestätigt die Erwartung, dass die Rohrweihe als Aktivflieger nicht in hohem Maße von Sonnenschein und Thermik abhängig ist. Vielmehr scheint die Rohrweihe geringe Flughöhen bei ungünstigeren Witterungsbedingungen in Kauf zu nehmen. Dies wird in unserem Modell dadurch bestätigt, dass bei der Rohrweihe ein negativer Zusammenhang der Wahrscheinlichkeit unter 200 Meter zu fliegen mit der Temperatur bestand. Anders gesagt flog die Art bei niedrigeren Temperaturen niedriger. Im Umkehrschluss deutet das auch bei der Rohrweihe auf eine Nutzung der Thermik hin. Dies wird im Modell der Zugwahrscheinlichkeit der Art bestätigt. Derselbe Zusammenhang zwischen Zugwahrscheinlichkeit und thermischem Aufwind war auch beim Wespenbussard gegeben, spielt hier aber eine deutlich größere Rolle, was am größeren Definitionsbereich entlang der y-Achse in Abbildung 40 deutlich wird. Eine weitere Interpretationsmöglichkeit des Zusammenhangs der Rohrweihe mit der Bewölkung könnte der erhöhte Kontrast und damit die höhere Erfassungswahrscheinlichkeit bei Bewölkung sein. Dem steht jedoch entgegen, dass für den Wespenbussard kein solcher Zusammenhang gefunden wurde.

Die Windrichtung stellte sich als ein weiterer wichtiger Faktor heraus. Bei Winden aus südlichen Richtungen, also entgegen der südwestlichen Hauptzugrichtung, stieg die Wahrscheinlichkeit für einen Rohrweihen-Durchzug. Dieser Zusammenhang zeigte sich auch in einer größeren vorhergesagten Anzahl von Rohweihen bei Gegenwind (negativer Zusammenhang mit Rückenwind). Dies ist unter Umständen auch wieder auf die Erfassungswahrscheinlichkeit zurückzuführen da bei Gegenwind die Zughöhe verringert wird und die Wahrscheinlichkeit einer Beobachtung steigt. Dieser negative Zusammenhang mit dem Rückenwind fand sich zudem im Flughöhenmodell (Modell der Wahrscheinlichkeit des Fluges unterhalb 200m) der Rohrweihe wieder. Anders stellte sich die Situation beim Wespenbussard dar. Hier war die Wahrscheinlichkeit für den Durchzug bei Windrichtung Nord und Nordost, also bei Rückenwinden, höher als bei Winden aus anderen Himmelsrichtungen. Auch die Anzahl ziehender Wespenbussarde wurde durch nördliche Windrichtungen positiv beeinflusst. Mehr Wespenbussarde zogen aber auch bei Westwinden. Diese Ergebnisse mögen unter Umständen mit bestimmten Wetterphänomenen, die mit diesen Windrichtungen einhergehen, zusammenhängen.

Orografischer Aufwind spielte bei der Rohrweihe sowohl für die Zugwahrscheinlichkeit als auch für die Anzahl ziehender Weihen eine positive Rolle. Diese stärkere Abhängigkeit von der Topografie drückt sich auch dadurch aus, dass die Zugwahrscheinlichkeit der Art positiv durch die Werte des Flussmodells vorhergesagt wurde. Allerdings war der Einfluss dieser Variable im Vergleich zu dem der anderen gering.



8 Diskussion: Schwellenwerte und Ausschlusszonen

Um ein Maß für die Bedeutung des Vogelzuges an den im Zuge dieses Projektes untersuchten Erfassungspunkten zu erhalten, ist es erforderlich, die gewonnenen Ergebnisse mithilfe von Referenzdaten in Relation zu bringen. Dies ist für eine mögliche Definition von Tabuzonen bzw. Schwellenwerten notwendig.

Als Vergleichsbeispiele für bekannte, international bedeutende Konzentrationspunkte für den Wespenbussard der Bereich Arnoldsteiner Pforte in Kärnten sowie Falsterbo in Schweden gewählt. Als weiterer Bezugspunkt wurde das „Randecker Maar“ in Deutschland herangezogen, welches hinsichtlich des Zuggeschehens als lokal bis regional bedeutend einzustufen ist (F. Straub, mündl.). Für diese Referenzpunkte liegen über bereits längere Zeiträume verwertbare, für eine vergleichende Darstellung geeignete Daten vor.

Für die Arnoldsteiner Pforte wurden dazu für den Wespenbussard die in PROBST (2014) dargestellten Rohdaten ausgewertet und daraus die Individuenzahl pro Stunde (Ind./Std.) ermittelt. Für Falsterbo wurden die auf der Homepage (https://www.falsterbofagelstation.se/index_e.html) abrufbaren Tagessummen der letzten fünf Jahre ausgewertet und die Individuenzahl pro Stunde ermittelt. In beiden Fällen wurden die für das gegenständliche Projekt relevante Zeitraum berücksichtigt. In Bezug auf das Randecker Maar wurde die Individuenzahl auf Basis der in GATTER (2000) enthaltenen Daten abgeschätzt.

Nach Auswertung der Ergebnisse aus PROBST (2014) ergibt sich beim Wespenbussard bei Arnoldstein im Schnitt eine Größenordnung von über 30 (Ind./Std.). Ähnliche Werte für den Wespenbussard sind auch bei Falsterbo zu verzeichnen. Hier liegt der Wert im Schnitt bei rund 26 Ind./Std. Beim Randecker Maar liegen die abgeschätzten Werte für den Wespenbussard bei 0,1 bis 1,5 Ind./Std.

Im Zuge der Erfassungen für das gegenständliche Projekt wurden an den zwei Punkten mit dem höchsten Zugaufkommen des Wespenbussards rund 0,91 Ind./Std. (Erfassungspunkt Nr. 27 Obdach) und 0,85 Ind./Std. (Erfassungspunkt Nr. 6 Handalm) ermittelt. An den übrigen Punkten liegen die Werte zwischen 0,65 und 0,01 Ind./Std.

Die in der Steiermark ermittelten Werte liegen somit an den Punkten mit dem höchsten Wespenbussard-Zugaufkommen in Relation zu den international bedeutenden Zugpunkten um rund das 26-30fache niedriger. Sie liegen jedoch in einer vergleichbaren Größenordnung zu jenen Werten aus dem lokal bis regional bedeutenden Randecker Maar. Daraus lässt sich für die einzelnen, in der Steiermark untersuchten Erfassungspunkte maximal eine lokale Bedeutung ableiten. Hinweise auf Bereiche mit einer höheren Bedeutung (überregional bis national bedeutende Konzentrationspunkte) konnten im Zuge des Projektes nicht erbracht werden.

Das berechnete Flussmodell, welches einen Zusammenhang mit den im Feld erhobenen Daten aufweist, zeigt einen gerichteten Breitfrontenzug mit Bereichen eines erhöhten Zugaufkommens. Allerdings konnte selbst in Bereichen mit stärkeren zu erwartenden Zugintensitäten ein – verglichen mit den international bedeutenden Zugpunkten – lediglich geringes Wespenbussard-Zugaufkommen festgestellt werden.

In SCHMIDT ET AL. (2016) wird für den Wespenbussard in Bezug auf Windkraftplanungen ein Richtwert von $MTR^{VIS} = 0,5$ als kritischer Wert definiert. (Als MTR^{VIS} [Migration Traffic Rate] wird in diesem Zusammenhang, die mittlere Durchzugsrate des visuell erfassten Vogelzuges bezeichnet, Details siehe SCHMIDT ET AL. (2016)). Dieser Wert bzw. dessen Errechnung ist allerdings nicht ohne Einschränkungen auf das ggst. Projekt übertragbar, da zu dessen Ermittlung andere Erfassungsintensitäten bezogen auf einen eindeutig definierten Erfassungszeitraum erforderlich sind.

Errechnet man dennoch anhand der gegenständlichen Erfassungsdaten hilfsweise den MTR^{VIS} für den Wespenbussard (gemäß den Vorgaben in SCHMIDT ET AL. 2016), so ergibt sich als höchster Wert eine MTR^{VIS} von 0,38 an Punkt Nr. 6 Handalm. Berücksichtigt wurde hierbei auch die Septemberperiode, da in diesem Zeitraum noch 30% des Wespenbussardzuges feststellbar war. An allen anderen Erfassungspunkten liegen die errechneten MTR^{VIS} -Werte deutlich niedriger. Demnach wird an keinem Punkt in SCHMIDT ET AL. (2016) definierte Wert erreicht. Nur bei ausschließlicher Berücksichtigung der Augustdaten errechnet sich für den Punkt Nr. 6 Handalm eine MTR^{VIS} von 0,66. Somit liegt dieser Wert knapp über den in SCHMIDT ET AL. (2016) definierten Richtwert. An allen weiteren Erfassungspunkten wird dieser Wert auch in diesem Fall nicht erreicht.

Neben der Tatsache, dass im Zuge der Erfassungen keine über eine lokale Bedeutung herausragende Bereiche ermittelt werden konnten, ist zu berücksichtigen, dass die errechneten Modelle eine vergleichsweise geringe Stärke aufweisen. Daher ist nach unserer Auffassung eine Ausweisung hinreichend abgesicherter Ausschluss- bzw. Tabuzonen in Bezug auf den Wespenbussard nicht möglich bzw. sinnvoll.

Während beim Wespenbussard sich der herbstliche Hauptdurchzug auf einen vergleichsweise engen Zeitraum beschränkt, erstreckt sich im Unterschied das herbstliche Zuggeschehen bei der Rohrweihe auf einen wesentlich größeren – nicht derartig klar eingrenzbaeren – Zeitraum. Zudem liegen im Gegensatz zum Wespenbussard wesentlich geringere Informationen hinsichtlich herausregender Rohrweihen-Zugkonzentrationen vor, welche als Referenz herangezogen werden könnten. Diese Umstände machen eine Einordnung des im Zuge des gegenständlichen Projektes ermittelten Rohrweihen-zuges daher deutlich schwieriger.

Betrachtet man als Anhaltspunkte den Rohrweihenzug wiederum im Bereich der Arnoldsteiner Pforte sowie bei Falsterbo, so errechnen sich nach den Ergebnissen in PROBST (2014) für den Zeitraum September bei Arnoldstein rd. 2,5 Ind./Std. und bei Falsterbo für die 1. und 2. Septemberdekade Werte von rd. 2,9 Ind./Std.

Im Vergleich dazu wurden im Zuge der gegenständlichen Studie an den zwei Erfassungspunkten mit dem stärksten Rohrweihenflug im September ähnlich hohe Werte mit 2,82 Ind./Std. (Punkt Nr. 8 Lachtal-Kleiner Zinken) bzw. 1,97 Ind./Std. (Punkt Nr. 9 Planneralm) ermittelt. Diese Standorte liegen in Bereichen, die gemäß dem errechneten Flussmodell stärkere Flugkonzentrationen erwarten lassen, was als Hinweis in Bezug auf Konflikte im Zusammenhang mit Windkraftplanungen zu werten ist. Allerdings fehlen, wie bereits oben dargestellt, zur hinreichenden Einordnung geeignete Bezugspunkte als Referenz. Daher ist auf Basis der vorliegenden Untersuchungen eine Ableitung von Ausschlusszonen und Schellenwerten derzeit nicht möglich.

Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten wird empfohlen, im Zuge von Windkraftplanungen insbesondere in mit höherem zu erwartenden Flugaufkommen Zonen gemäß dem Flussmodell, das Flugeschehen in Bezug auf die Rohrweihe ausreichend zu dokumentieren.

Hingewiesen wird an dieser Stelle, dass im Rahmen der Erfassungen der Steinadler an einzelnen Punkten als Standvogel in hoher Stetigkeit nachgewiesen werden konnte. Es wird daher empfohlen den Steinadler (und ggf weitere Arten mit vergleichbarem Stellenwert), für welchen Österreich und somit auch die Steiermark eine Verantwortung trägt (vgl. Frühauf 2005), bzw. welcher nach der jüngst erschienenen Neufassung der Roten Liste Österreichs als für den Vogelschutz prioritäre Art geführt wird (vgl. DVORAK ET AL. 2017) im Hinblick auf Windkraftplanungen besonderes zu berücksichtigen.

9 Danksagung

ZT KOFLER Umweltmanagement dankt dem gesamten Projektteam für die gute Zusammenarbeit.

Für die Zurverfügungstellung der Daten von Windmessstationen bedanken wir uns herzlich bei Mag. Helmut Kreuzwirth (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesamtsdirektion FA Katastrophenschutz und Landesverteidigung) und Dr. Alexander Podesser (ZAMG).

Ein großes Dankschön richten wir auch an jene, die uns die Zufahrt zu Beobachtungspunkten ermöglicht bzw. die entsprechenden Erlaubnisse erteilt haben, insbesondere Herrn DI Peter Goess (Schloss Ebenthal), Herrn Wolfgang Handl (Forstamt Prinz Liechtenstein), Herrn Dipl.-Ing. Gottfried Hinteregger (Guttenberg'sche Forstverwaltung Radmer), Herrn DI Maternus Lackner (Flick'sche Forstverwaltung), Herrn DI Karl Jäger (Benediktinerstift Admont, Forstverwaltung Trieben) sowie dem Forstamt Gutenberg.

Unser besonderer Dank gilt allen, die bei der Erfassung des Vogelzuges mitgewirkt haben:

Bittermann Flora, Brunner Helwig, Denner Manuel, Frötscher Heinrich, Geßlbauer Katharina, Gunczy Johanna, Hohenegger Johannes, Huemer Senta, Khil Leander, Leutgeb Clara, Mayer Johannes, Moser Patrick, Pfleger Harald, Plank Michael, Pöhacker Jakob, Pollheimer Jürgen, Pollheimer Martin, Ramos Luis, Reufsteck Pia, Roland Christoph, Rössler Martin, Seaman Benjamin, Straub Florian, Tiefenbach Andreas, Volker Dorka, Volkmer Johannes, Watzl Benjamin, Wirtitsch M., Wöss Günther



10 Verzeichnisse

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsraum: Geltungsbereich der Alpenkonvention	12
Abbildung 2: Übersichtskarte der Erfassungspunkte in den Erhebungsjahren 2016 und 2017	14
Abbildung 3. Höhenmodell für die Steiermark.	21
Abbildung 4. Boxplots der mittleren Tagessumme ziehender Rohrweihen (oben) und Wespenbussarde (unten) mit den Erfassungen von 2016 auf der linken, denen von 2017 auf der rechten Seite. Rot umrandet sind die Punkte die in beiden Jahren erfasst wurden.	27
Abbildung 5: Relative Häufigkeit von Großvogelarten mit ≥ 10 Individuen im gesamten Zeitraum (2016 und 2017.....	31
Abbildung 6: Relative Häufigkeit von Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen im gesamten Zeitraum (2016 und 2017.....	32
Abbildung 7: Relative Häufigkeit von Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen im Jahr 2016.....	33
Abbildung 8: Relative Häufigkeit von Greifvogelarten mit ≥ 10 Individuen im Jahr 2017.....	34
Abbildung 9: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel 2016 und 2017	39
Abbildung 10: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m).....	40
Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m).....	40
Abbildung 12: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Zugvögel unter 250m 2016 und 2017	40
Abbildung 13: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel 2016 und 2017	41
Abbildung 14: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m).....	42
Abbildung 15: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m).....	42
Abbildung 16: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen aller Greifvögel unter 250m 2016 und 2017	42



Abbildung 17: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards 2016 und 2017	43
Abbildung 18: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m)	44
Abbildung 19: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m)	44
Abbildung 20: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen des Wespenbussards unter 250m 2016 und 2017	44
Abbildung 21: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe 2016 und 2017	45
Abbildung 22: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 200m)	46
Abbildung 23: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe 2016 und 2017 (Kategorisierungsgrenze 250m)	46
Abbildung 24: Prozentuelle Verteilung der Minimalflughöhen der Rohrweihe unter 250m 2016 und 2017	46
Abbildung 25: Prozentuelle Verteilung der Flugrichtungen aller beobachteter Zugvögel 2016 und 2017	47
Abbildung 26: Prozentuelle Verteilung der Flugrichtungen aller beobachteter Greifvögel 2016 und 2017	48
Abbildung 27: Relative Häufigkeit der Flugrichtungen aller Zugvögel pro Beobachtungspunkt	49
Abbildung 28: Tagesphänologie der Greifvögel 2016 und 2017	51
Abbildung 29: Periodenphänologie August/September – Prozentuelle Verteilung der Art Wespenbussard 2016 und 2017	52
Abbildung 30: Periodenphänologie August/September – Prozentuelle Verteilung der Art Rohrweihe 2016 und 2017	52
Abbildung 31: Periodenphänologie August/September – Prozentuelle Verteilung der Arten Wespenbussard und Rohrweihe in den Jahren 2016 und 2017	53
Abbildung 32. Flussmodell für den herbstlichen Greifvogelzug in der Steiermark. Starke Verdichtungen des Zugaufkommens wurden in braun visualisiert. Pinkfarbene Bereiche sind jene, die ein Zugaufkommen, jedoch keine Verdichtungen erwarten lassen. Türkisfarben dargestellt sind mittlere Werte, die leichte Zugverdichtungen erwarten lassen.	54



Abbildung 33. Korrelationen zwischen den Summen der Liniendichten (Zugaufkommen) und den Maxima/ Mittelwerten des Flussmodells (fd7_max u. _mean), der orographischen Aufwindberechnung (oro_max u. _mean) sowie der thermischen Aufwindberechnung (therm_max u. _mean) für die Rohrweihe (links) und den Wespenbussard (rechts) über die vier konzentrischen Puffer (Skalenebenen) von 500 bis 5000 Meter. 55

Abbildung 34. Univariate Zusammenhänge der Liniendichten-Summen von Rohrweihe (links) und Wespenbussard (rechts) mit den Mittel-Werten des Widerstandsmodells (fd7Sigm100Mw20). Die Plots basieren auf negativ binomialer Regression innerhalb des Beobachtungsradius' von 3000m. Das Zugaufkommen beider Arten reagiert positiv auf höhere Werte (Durchlässigkeit) des Flussmodells. Bei der Rohrweihe ist dieser Zusammenhang statistisch signifikant ($p=0,024$). 56

Abbildung 35. Univariate Zusammenhänge der Liniendichten-Summe von Rohrweihe mit dem Maximalwert des orographischen Aufwindes (links) und der Liniendichten-Summen Wespenbussard mit dem Mittelwert des thermischen Aufwindes (rechts). Die Plots basieren auf negativ binomialer Regression innerhalb des Beobachtungsradius' von 3000m. Das Zugaufkommen beider Arten reagiert positiv auf stärkere Aufwinde [m/s]. Bei der Rohrweihe ist der Zusammenhang fast statistisch signifikant ($p=0,058$). 56

Abbildung 36. Die Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Untersuchungszeitraum am besten erklärenden Variablen. Es bestehen durchweg positive Zusammenhänge. Die Wahrscheinlichkeit verringert sich bei nördlichen bis westlichen Winden. 58

Abbildung 37. Modell RW_Anz_A. Die Anzahl ziehender Rohrweihen über alle Flughöhen erklärenden wichtigsten Variablen des finalen Modells. 60

Abbildung 38. Vorhersagevariablen für die Wahrscheinlichkeit einer Flughöhe von Rohrweihen unterhalb 200m. 62

Abbildung 39. Die Wahrscheinlichkeit des Wespenbussard-Durchzuges im Untersuchungszeitraum am besten erklärenden Variablen. Es bestehen durchweg positive Zusammenhänge. Nord- bis nordwestliche Winde erhöhen die Wahrscheinlichkeit, ebenso wie Temperatur und Thermik. 64

Abbildung 40. Modell WB_Anz_A. Die Anzahl ziehender Wespenbussarde über alle Flughöhen erklärenden wichtigsten Variablen des finalen Modells mit Windrichtung als Faktorvariable. 66

Abbildung 41. Zusammenhänge zwischen Anzahl der Wespenbussarde bis 200m Flughöhe und den im Modell verwendeten Variablen. 67

Abbildung 42. Kumulierte Flugrouten (Liniendichten) der Rohrweihe von 2016 (grün) und 2017 (rot) mit unterliegenden konzentrischen Kreisen von 500, 1000, 3000 und 5000m Radius. Beobachtete Summen des Zugaufkommens sind invers dargestellt, d.h. höheres Zugaufkommen in helleren, geringeres Zugaufkommen in dunklerer Färbung. Für die



Sichtbarkeit der drei in beiden Jahren begangenen Punkte wurde für die Liniendichten von 2016 eine transparente Darstellung gewählt. 91

Abbildung 43. Kumulierte Flugrouten (Liniendichten) des Wespenbussard von 2016 (grün) und 2017 (rot) mit unterliegenden konzentrischen Kreisen von 500, 1000, 3000 und 5000m Radius. Beobachtete Summen des Zugaufkommens sind invers dargestellt, d.h. höheres Zugaufkommen in helleren, geringeres Zugaufkommen in dunklerer Färbung. Für die Sichtbarkeit der drei in beiden Jahren begangenen Punkte wurde für die Liniendichten von 2016 eine transparente Darstellung gewählt. 92

Abbildung 44. Realisierung des Flussmodells mit Wendepunkten $mWSize = 13;20;27;35$ (in Leserichtung). Die anderen Parameter wurden konstant gehalten ($flydown=7$; $x0Sigma=100m$; $epsSigma=30m$). Das Zugverhalten orientiert sich bei kleinerer Sichtweite stärker an der lokalen Topographie. Das weiter verwendete Modell $fd7Sigma100Mw20$ befindet sich oben rechts. 93

Abbildung 45. Realisierung des Flussmodells mit Wendepunkten $x0Sigma=75;100;125;150$ (in Leserichtung). Die anderen Parameter wurden konstant gehalten ($flydown=7$; $mWSize=20m$; $epsSigma=30m$). Das Zugverhalten orientiert sich bei Überwindung größerer Höhendifferenzen weniger stark an der lokalen Topographie. Das weiter verwendete Modell $fd7Sigma100Mw20$ befindet sich oben rechts. 94

Abbildung 46. Realisierung des Flussmodells mit $flydown=1;4;7;10$ m/px (in Leserichtung). Die anderen Parameter wurden konstant gehalten ($x0Sigma=100m$; $epsSigma=30m$; $mWSize=20m$). Das Zugverhalten orientiert sich bei größerer Absinkrate stärker an der lokalen Topographie. Das weiter verwendete Modell $fd7Sigma100Mw20$ befindet sich unten links. 95



10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der Beobachtungspunkte in den Jahren 2016 und 2017 inkl. Beobachtungspunktnummer	13
Tabelle 2: Individuenzahl aller Arten pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016 (abstufende Reihung)	35
Tabelle 3: Individuenzahl aller Arten pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017 (abstufende Reihung)	35
Tabelle 4: Individuenzahl aller Greifvögel pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016 (abstufende Reihung).....	36
Tabelle 5: Individuenzahl aller Greifvögel pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017 (abstufende Reihung).....	36
Tabelle 6: Individuenzahl Wespenbussard (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016.....	37
Tabelle 7: Individuenzahl Wespenbussard (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017.....	37
Tabelle 8: Individuenzahl Rohrweih (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2016.....	38
Tabelle 9: Individuenzahl Rohrweih (abstufende Reihung) und Individuum/Stunde pro Beobachtungspunkt im Jahr 2017.....	38
Tabelle 10:.....	50
Tabelle 11. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid.Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid.Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus p= '***' 0.001; '**' 0.01; '*' 0.05; '.' 0.1).	57
Tabelle 12. Koeffizienten des negativ binomialen Modells der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Halbstundenintervall. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(> t)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktorlevels).	57
Tabelle 13. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Anzahl ziehender Rohrweihen pro Halbstundenintervall. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung,	



Resid.Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid.Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus $p = \text{'***' } 0.001; \text{'**' } 0.01; \text{'*'} 0.05; \text{'.' } 0.1$)..... 59

Tabelle 14: Koeffizienten des negativ binomialen Modells der Anzahl ziehender Rohrweihen pro Halbstundenintervall. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|t|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktors). 59

Tabelle 15. Deviance table für das logistische Modell der Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Fluges unter 200 Meter. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. Abkürzungen und Signifikanzniveaus siehe Tabelle 13..... 60

Tabelle 16. Koeffizienten des logistischen Modells der Wahrscheinlichkeit des Rohrweihen-Fluges unter 200 Meter. Abkürzungen s. Tabelle 14..... 61

Tabelle 17. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Wespenbussarden. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid.Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid.Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus $p = \text{'***' } 0.001; \text{'**' } 0.01; \text{'*'} 0.05; \text{'.' } 0.1$). 62

Tabelle 18. Koeffizienten des negativ binomialen Modells der Wahrscheinlichkeit des Durchzuges von Rohrweihen im Halbstundenintervall. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|t|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktorlevels). 63

Tabelle 19. Deviance table für das negativ binomiale Modell der Anzahl ziehender Wespenbussarde. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. NULL... Null-Modell (ohne Variablen). Df...Freiheitsgrade, Deviance...Abweichung, Resid Df...verbleibende Freiheitsgrade, Resid Dev...verbleibende Abweichung, Pr(>Chi)... Fehlerwahrscheinlichkeit des likelihood-ratio Tests mit Signifikanz des Gewinns in der Abweichung (Signifikanzniveaus $p = \text{'***' } 0.001; \text{'**' } 0.01; \text{'*'} 0.05; \text{'.' } 0.1$)..... 64

Tabelle 20. Koeffizienten des Modells WB_Anz_A. Estimate...Modellparameter der Variablen, Std. Error...Standardabweichung des Parameters, z-value...Z-Wert des Parameters, Pr(>|t|)...Fehlerwahrscheinlichkeit des Z-Tests mit Signifikanz der Variablen (bzw. des Faktors). 65

Tabelle 21. Deviance table für das logistische Modell der Wahrscheinlichkeit für Wespenbussardflug unter 200m. Die Variablen sind nach der durch sie im Modell erklärten Abweichung sortiert. Abkürzungen und Signifikanzniveaus siehe Tabelle 13..... 66



Tabelle 22. Koeffizienten des logistischen Modells der Wahrscheinlichkeit für Wespenbussardflug unter 200m. Abkürzungen s. Tabelle 14.....	67
Tabelle 23: Liste der Arten und Individuenzahl 2016, 2017	83
Tabelle 24: Relative Häufigkeit der Großvogelarten 2016 und 2017	84
Tabelle 25: Relative Häufigkeit der Greifvogelarten 2016 und 2017.....	85
Tabelle 26: Relative Häufigkeit der Greifvogelarten 2016.....	86
Tabelle 27: Relative Häufigkeit der Greifvogelarten 2017.....	87



11 Literatur und Quellen

CRAWLEY, M. J. (2007): The R Book.

DENNHARDT, A.J., DUERR A.E., BRANDES, D. & KATZNER, T.E. (2015): Modeling autumn migration of a rare soaring raptor identifies new movement corridors in central Appalachia. *Ecological Modelling* 303: 19–29.

DVORAK, M., A. LANDMANN, N. TEUFELBAUER, G. WICHMANN, H.-M. BERG & PROBST, R. (2017): Erhaltungszustand und Gefährdungssituation der Brutvögel Österreichs: Rote Liste (5. Fassung) und Liste für den Vogelschutz prioritärer Arten (1. Fassung). *Egretta* 55: 6-42.

FRÜHAUF, J. (2005): Rote Liste der Vögel (Aves) Österreichs. Checkliste, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Erstellt für BirdLife Österreich i. A. des BMLFUW, Wien.

GATTER, W. (2000): Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa: 30 Jahre Beobachtung des Tagzugs am Randecker Maar; mit 16 Farbtafeln. Aula-Verlag.

LIECHTI F., GUÉLAT J., BAUER S., MATEOS M. & KOMENDA-ZEHNDER S. (2012): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel Schweiz: Teilbereich Vogelzug. Erläuterungsbericht. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Sempach.

LIECHTI F., GUÉLAT J. & KOMENDA-ZEHNDER, S. (2013): Modelling the spatial concentrations of bird migration to assess conflicts with wind turbines. *Biological Conservation* 162: 24–32.

PROBST, R. (2014): Ist das Untere Gailtal in Kärnten ein Greifvogelzugpunkt von internationaler Bedeutung? *Carinthia II* 204: 189.204.

PROBST, R. & KORNER, P. (2014). Wie viel Beobachtungsaufwand ist nötig, um den Greifvogeldurchzug zuverlässig zu erfassen? – Das Beispiel Greifvogelcamp Arnoldstein. *Carinthia II* 124: 573–584.

RStudio Team (2015): RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA.

SCHMIDT, M. ET AL. (HRSG.) (2016): V.i.A – Vogelzug im Alpenraum. – Abschlussbericht BirdLife Österreich in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und Netzwerk Nächtlicher Vogelzug Ostalpen, Wien, 146 S.

THOMAS, P. J., A. K. LABROSSE, A. C. POMEROY & OTTER, K. A. (2011): Effects of weather on avian migration at proposed ridgeline wind energy sites. — *Journal of Wildlife Management* 75,805-815.



12 Anhang

12.1 Übersicht der erfassten Zugvögel

Artname	Species	2016	2017	Gesamt
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	186	171	357
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	6	3	9
Schwarzstorch	<i>Ciconia nigra</i>	11	34	45
Weißstorch	<i>Ciconia ciconia</i>	0	6	6
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	415	360	775
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	4	4	8
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	3	1	4
Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	1	0	1
Gänsegeier	<i>Gyps fulvus</i>	2	0	2
Schlangenadler	<i>Circaetus gallicus</i>	1	1	2
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	667	234	901
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	17	7	24
Weihe indet.	<i>Circus spec.</i>	14	1	15
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>	16	9	25
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	93	50	143
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	230	283	513
Adlerbussard	<i>Buteo rufinus</i>	0	1	1
Bussard indet.	<i>Buteo spec.</i>	31	22	53
Schrei-/Schelladler	<i>Aquila pomarina/Aquila clanga</i>	0	1	1
Schreiadler	<i>Aquila pomarina</i>	1	1	2
Steinadler	<i>Aquila chrysaetos</i>	30	26	56
Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>	5	2	7
Adler indet.	<i>Aquila spec.</i>	1	0	1
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	56	38	94
Rotfußfalke	<i>Falco vespertinus</i>	2	1	3
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	50	33	83
Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	23	8	31
Falke indet.	<i>Falconiformes spec.</i>	3	2	5
Greifvogel indet.	<i>Accipitriformes spec./Falconiformes spec.</i>	25	18	43
Falkenraubmöwe	<i>Stercorarius longicaudus</i>	1	0	1
Mittelmeer-/Steppenmöwe	<i>Larus spec.</i>	2	0	2
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	0	6	6
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>	32	40	72

Tabelle 23: Liste der Arten und Individuenzahl 2016, 2017



Artname	Species	Gesamt in %
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	27,38
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	23,55
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	15,59
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	10,85
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	4,35
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	2,86
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	2,52
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>	2,19
Steinadler	<i>Aquila chrysaetos</i>	1,70
Bussard indet.	<i>Buteo spec.</i>	1,61
Schwarzstorch	<i>Ciconia nigra</i>	1,37
Greifvogel indet.	<i>Accipitriformes spec./Falconiformes spec.</i>	1,31
Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	0,94
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>	0,76
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	0,73
Weihe indet.	<i>Circus spec.</i>	0,46
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	0,27
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	0,24
Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>	0,21
Weißstorch	<i>Ciconia ciconia</i>	0,18
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	0,18
Falke indet.	<i>Falconiformes spec.</i>	0,15
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	0,12
Rotfußfalke	<i>Falco vespertinus</i>	0,09
Gänsegeier	<i>Gyps fulvus</i>	0,06
Schlangenadler	<i>Circaetus gallicus</i>	0,06
Schreiadler	<i>Aquila pomarina</i>	0,06
Mittelmeer-/Steppenmöwe	<i>Larus spec.</i>	0,06
Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	0,03
Adlerbussard	<i>Buteo rufinus</i>	0,03
Schrei-/Schelladler	<i>Aquila pomarina/Aquila clanga</i>	0,03
Adler indet.	<i>Aquila spec.</i>	0,03
Falkenraubmöwe	<i>Stercorarius longicaudus</i>	0,03

Tabelle 24: Relative Häufigkeit der Großvogelarten 2016 und 2017



Artname	Species	% Gesamt
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	32,26
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	27,75
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	18,37
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	5,12
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	3,37
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	2,97
Steinadler	<i>Aquila chrysaetos</i>	2,01
Bussard indet.	<i>Buteo spec.</i>	1,90
Greifvogel indet.	<i>Accipitriformes spec./Falconiformes spec.</i>	1,54
Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	1,11
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>	0,90
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	0,86
Weihe indet.	<i>Circus spec.</i>	0,54
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	0,29
Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>	0,25
Falke indet.	<i>Falconiformes spec.</i>	0,18
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	0,14
Rotfußfalke	<i>Falco vespertinus</i>	0,11
Gänsegeier	<i>Gyps fulvus</i>	0,07
Schlangenadler	<i>Circaetus gallicus</i>	0,07
Schreiadler	<i>Aquila pomarina</i>	0,07
Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	0,04
Adlerbussard	<i>Buteo rufinus</i>	0,04
Schrei-/Schelladler	<i>Aquila pomarina/Aquila clanga</i>	0,04
Adler indet.	<i>Aquila spec.</i>	0,04

Tabelle 25: Relative Häufigkeit der Greifvogelarten 2016 und 2017



Artname	Species	2016 in %
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	39,47
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	24,56
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	13,61
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	5,50
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	3,31
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	2,96
Bussard indet.	<i>Buteo spec.</i>	1,83
Steinadler	<i>Aquila chrysaetos</i>	1,78
Greifvogel indet.	<i>Accipitriformes spec./Falconiformes spec.</i>	1,48
Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	1,36
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	1,01
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>	0,95
Weihe indet.	<i>Circus spec.</i>	0,83
Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>	0,30
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	0,24
Falke indet.	<i>Falconiformes spec.</i>	0,18
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	0,18
Rotfußfalke	<i>Falco vespertinus</i>	0,12
Gänsegeier	<i>Gyps fulvus</i>	0,12
Schlangenadler	<i>Circaetus gallicus</i>	0,06
Schreiadler	<i>Aquila pomarina</i>	0,06
Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	0,06
Adler indet.	<i>Aquila spec.</i>	0,06
Adlerbussard	<i>Buteo rufinus</i>	0,00
Schrei-/Schelladler	<i>Aquila pomarina/Aquila clanga</i>	0,00

Tabelle 26: Relative Häufigkeit der Greifvogelarten 2016

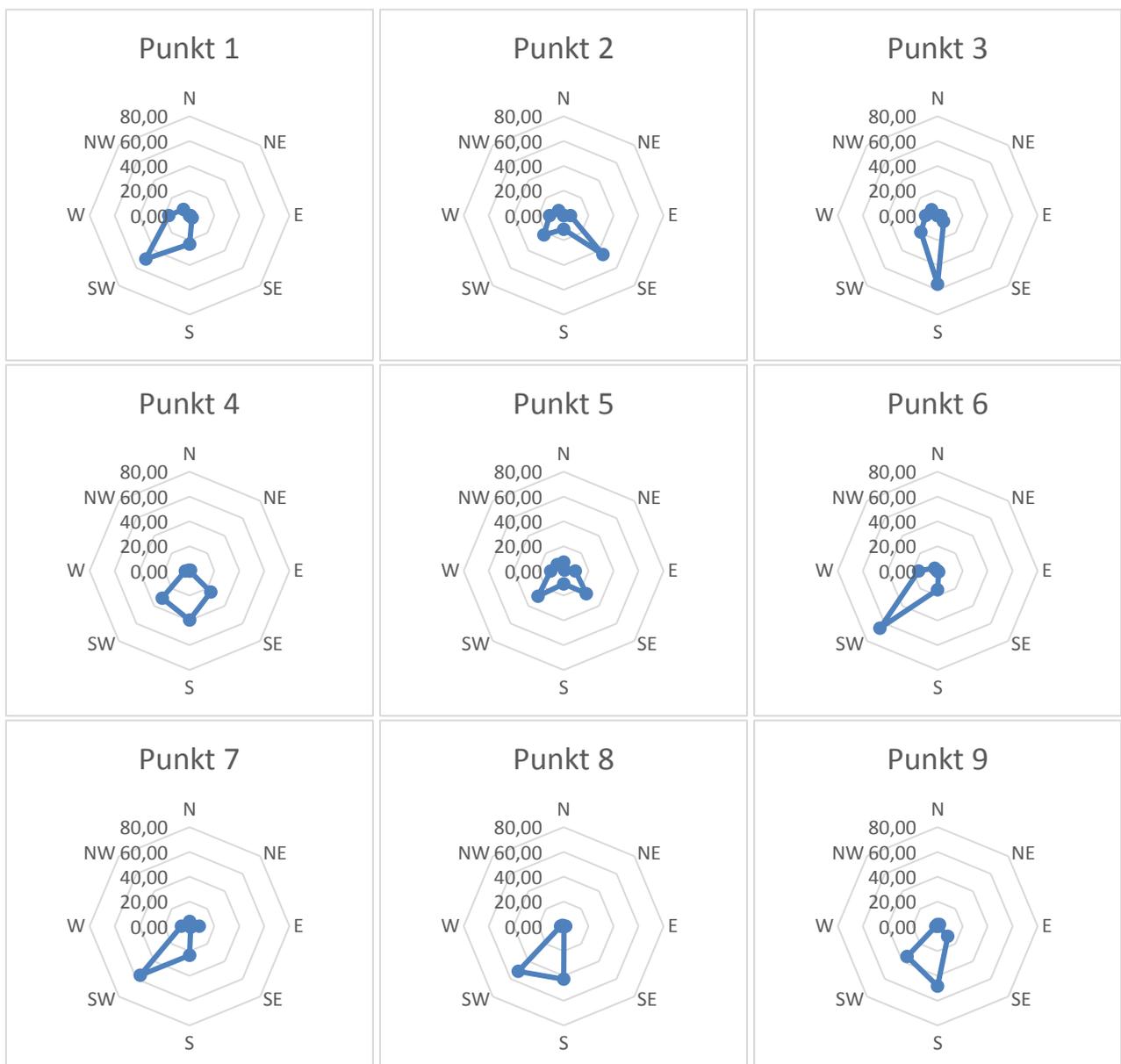


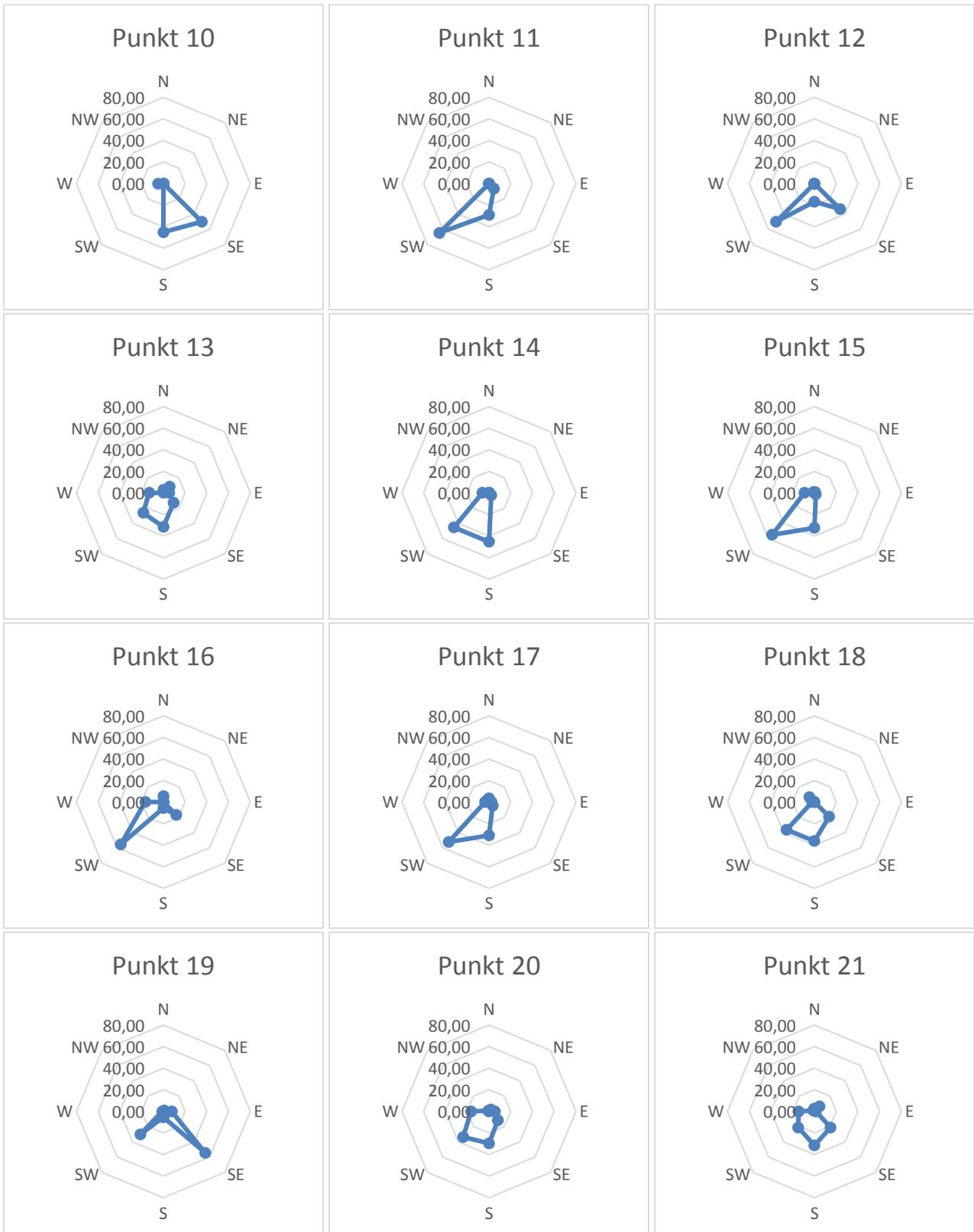
Artname	Species	2017 in %
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	32,64
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	25,66
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	21,21
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	4,53
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	3,45
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	2,99
Steinadler	<i>Aquila chrysaetos</i>	2,36
Bussard indet.	<i>Buteo spec.</i>	1,99
Greifvogel indet.	<i>Accipitriformes spec./Falconiformes spec.</i>	1,63
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>	0,82
Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	0,73
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	0,63
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	0,36
Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>	0,18
Falke indet.	<i>Falconiformes spec.</i>	0,18
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	0,09
Schlangenadler	<i>Circaetus gallicus</i>	0,09
Weihe indet.	<i>Circus spec.</i>	0,09
Adlerbussard	<i>Buteo rufinus</i>	0,09
Schrei-/Schelladler	<i>Aquila pomarina/Aquila clanga</i>	0,09
Schreiadler	<i>Aquila pomarina</i>	0,09
Rotfußfalke	<i>Falco vespertinus</i>	0,09
Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	0,00
Gänsegeier	<i>Gyps fulvus</i>	0,00
Adler indet.	<i>Aquila spec.</i>	0,00

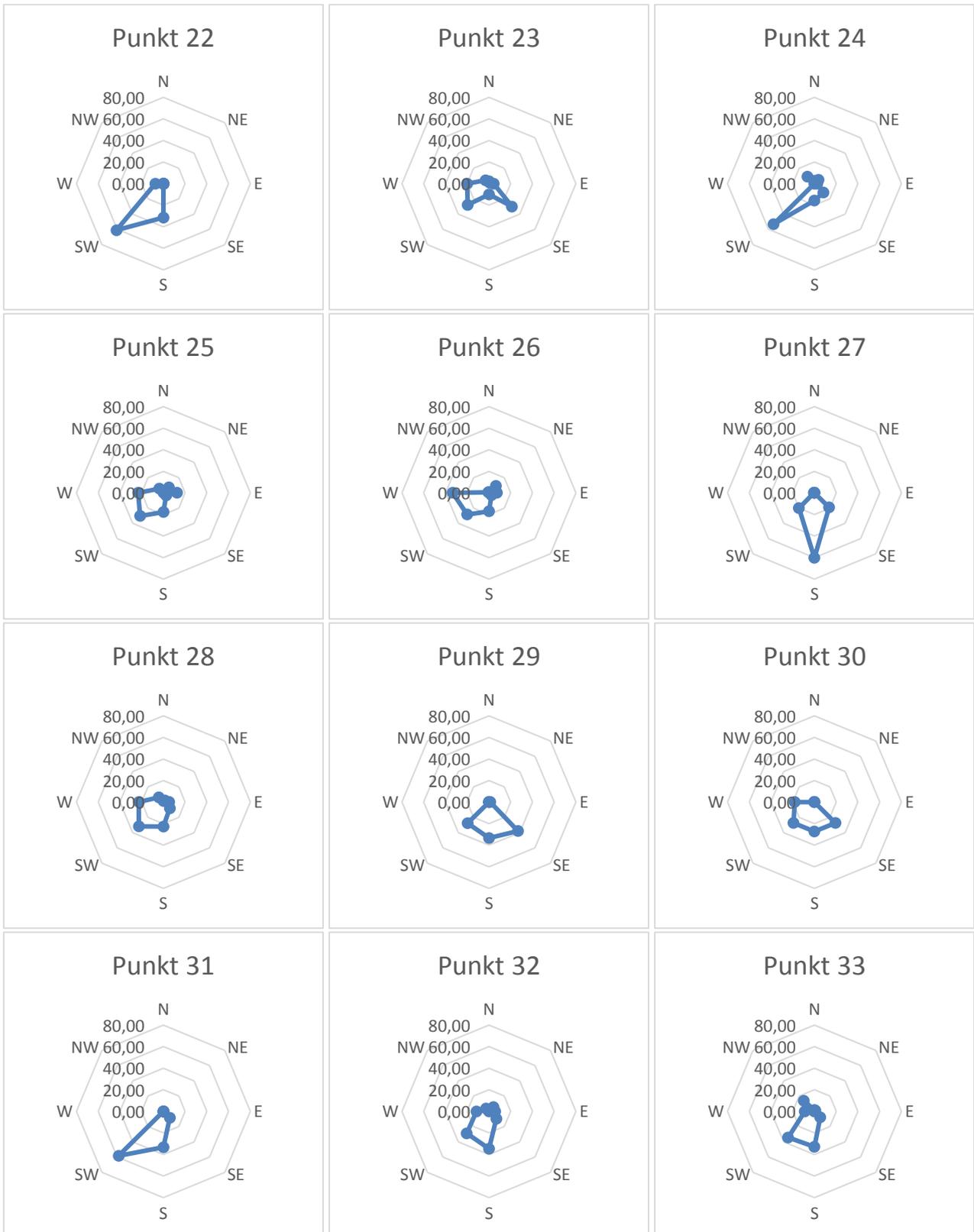
Tabelle 27: Relative Häufigkeit der Greifvogelarten 2017



12.2 Prozentuelle Verteilung der Zugrichtungen aller Greifvögel pro Punkt







12.3 Liniendichten

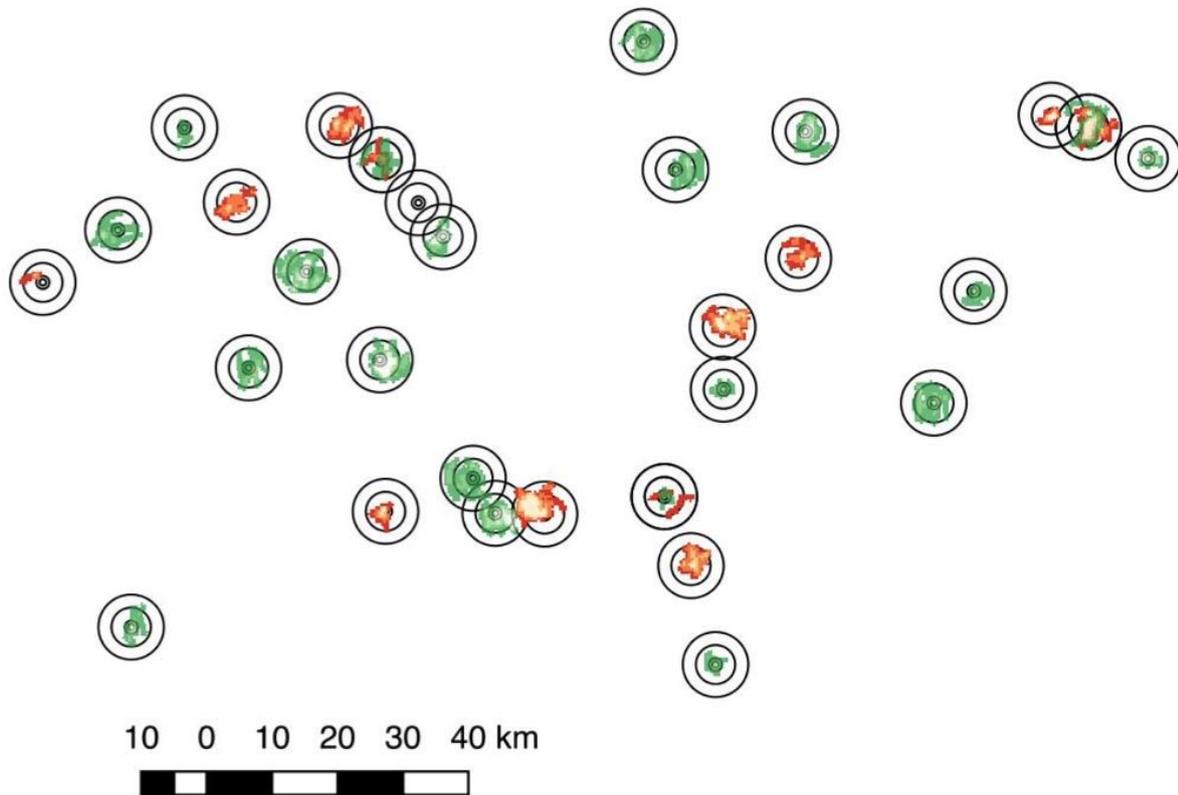


Abbildung 43. Kumulierte Flugrouten (Liniendichten) der Rohrweihe von 2016 (grün) und 2017 (rot) mit unterliegenden konzentrischen Kreisen von 500, 1000, 3000 und 5000m Radius. Beobachtete Summen des Zugaufkommens sind invers dargestellt, d.h. höheres Zugaufkommen in helleren, geringeres Zugaufkommen in dunklerer Färbung. Für die Sichtbarkeit der drei in beiden Jahren begangenen Punkte wurde für die Liniendichten von 2016 eine transparente Darstellung gewählt.

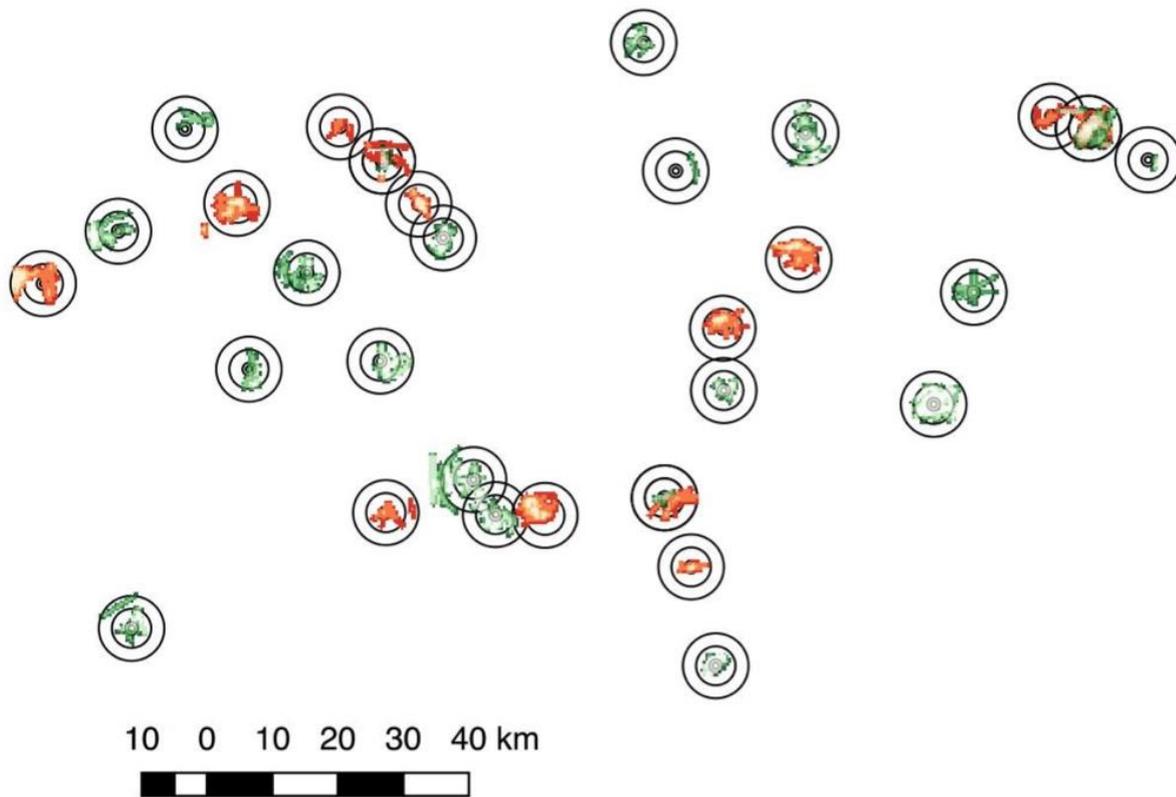


Abbildung 44. Kumulierte Flugrouten (Liniendichten) des Wespenbussards von 2016 (grün) und 2017 (rot) mit unterliegenden konzentrischen Kreisen von 500, 1000, 3000 und 5000m Radius. Beobachtete Summen des Zugaufkommens sind invers dargestellt, d.h. höheres Zugaufkommen in helleren, geringeres Zugaufkommen in dunklerer Färbung. Für die Sichtbarkeit der drei in beiden Jahren begangenen Punkte wurde für die Liniendichten von 2016 eine transparente Darstellung gewählt.

12.4 Flussmodell

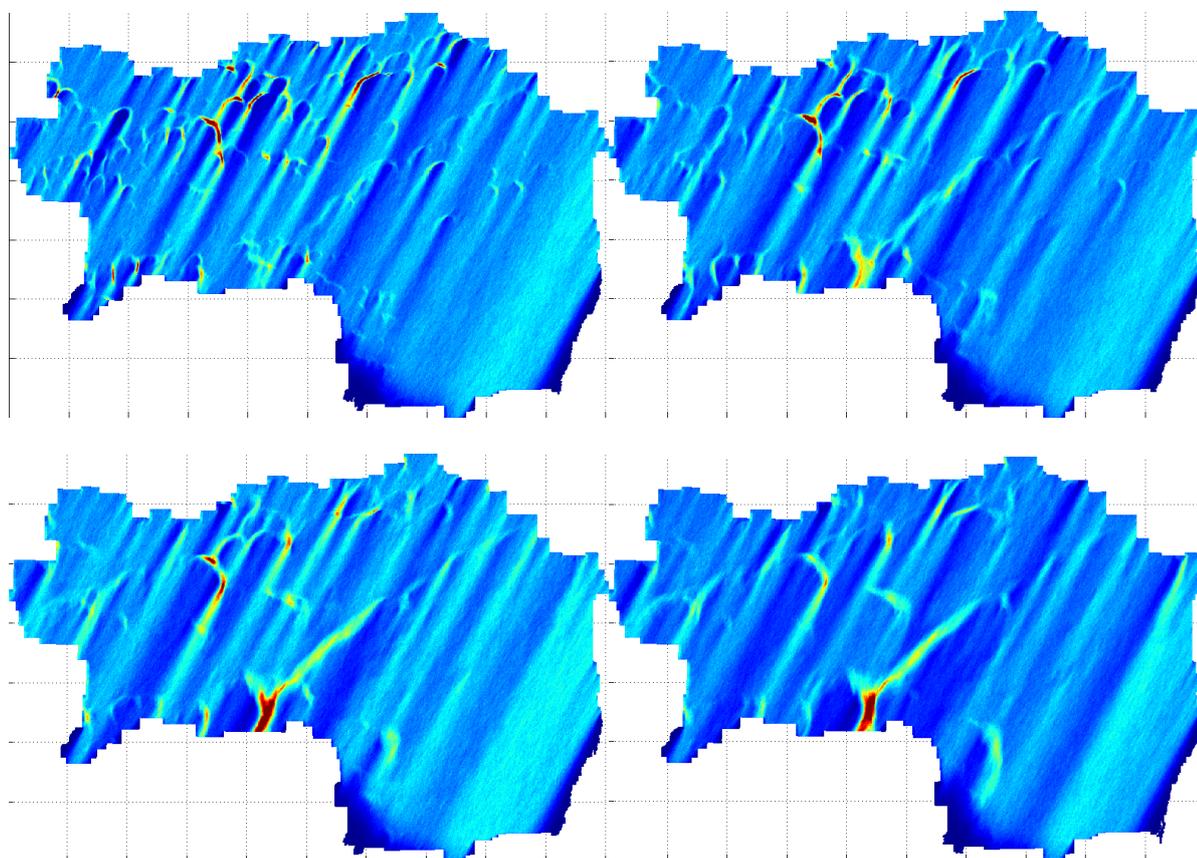


Abbildung 45. Realisierung des Flussmodells mit Wendepunkten $mWSize = 13; 20; 27; 35$ (in Leserichtung). Die anderen Parameter wurden konstant gehalten ($flydown=7$; $x0Sig=100m$; $epsSig=30m$). Das Zugverhalten orientiert sich bei kleinerer Sichtweite stärker an der lokalen Topographie. Das weiter verwendete Modell $fd7Sig100Mw20$ befindet sich oben rechts.

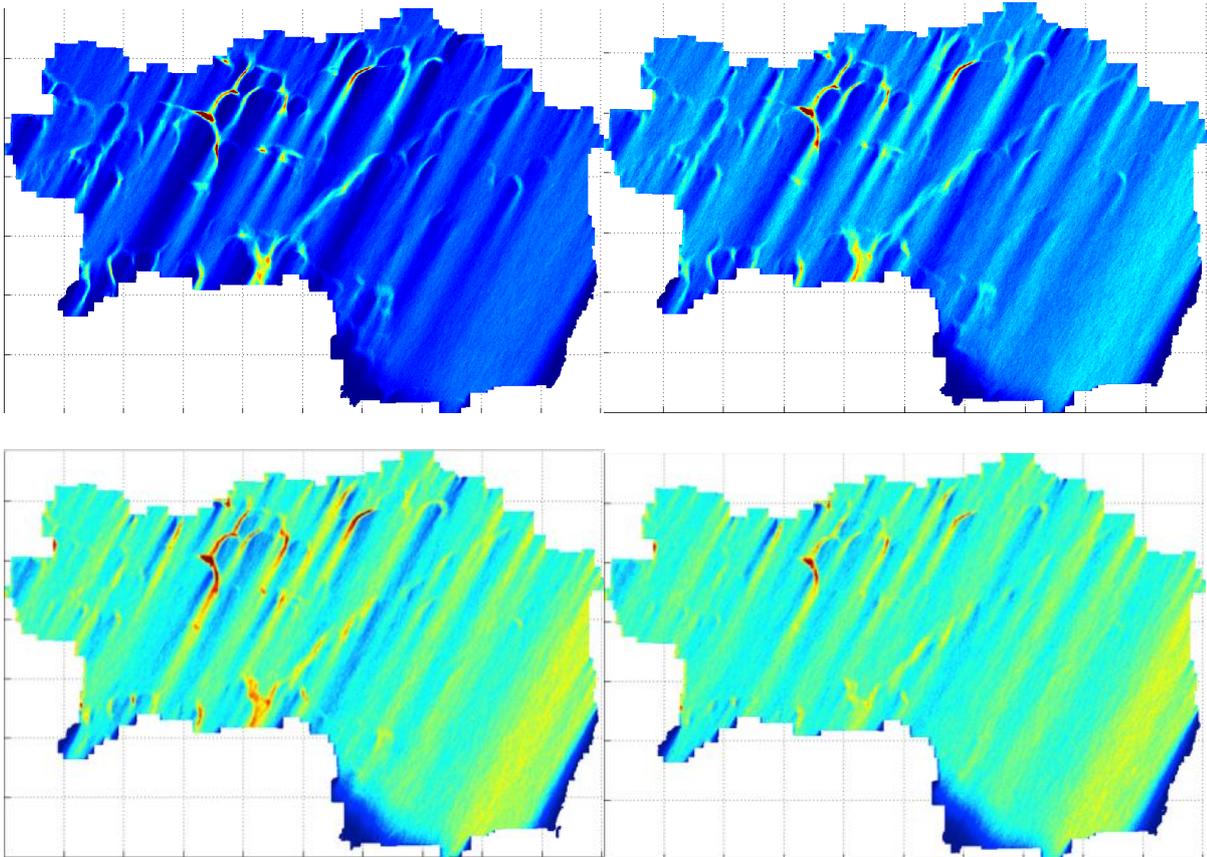


Abbildung 46. Realisierung des Flussmodells mit Wendepunkten $x0Sigma=75;100;125;150$ (in Leserichtung). Die anderen Parameter wurden konstant gehalten ($flydown=7$; $mWSize=20m$; $epsSigma=30m$). Das Zugverhalten orientiert sich bei Überwindung größerer Höhendifferenzen weniger stark an der lokalen Topographie. Das weiter verwendete Modell $fd7Sigma100Mw20$ befindet sich oben rechts.

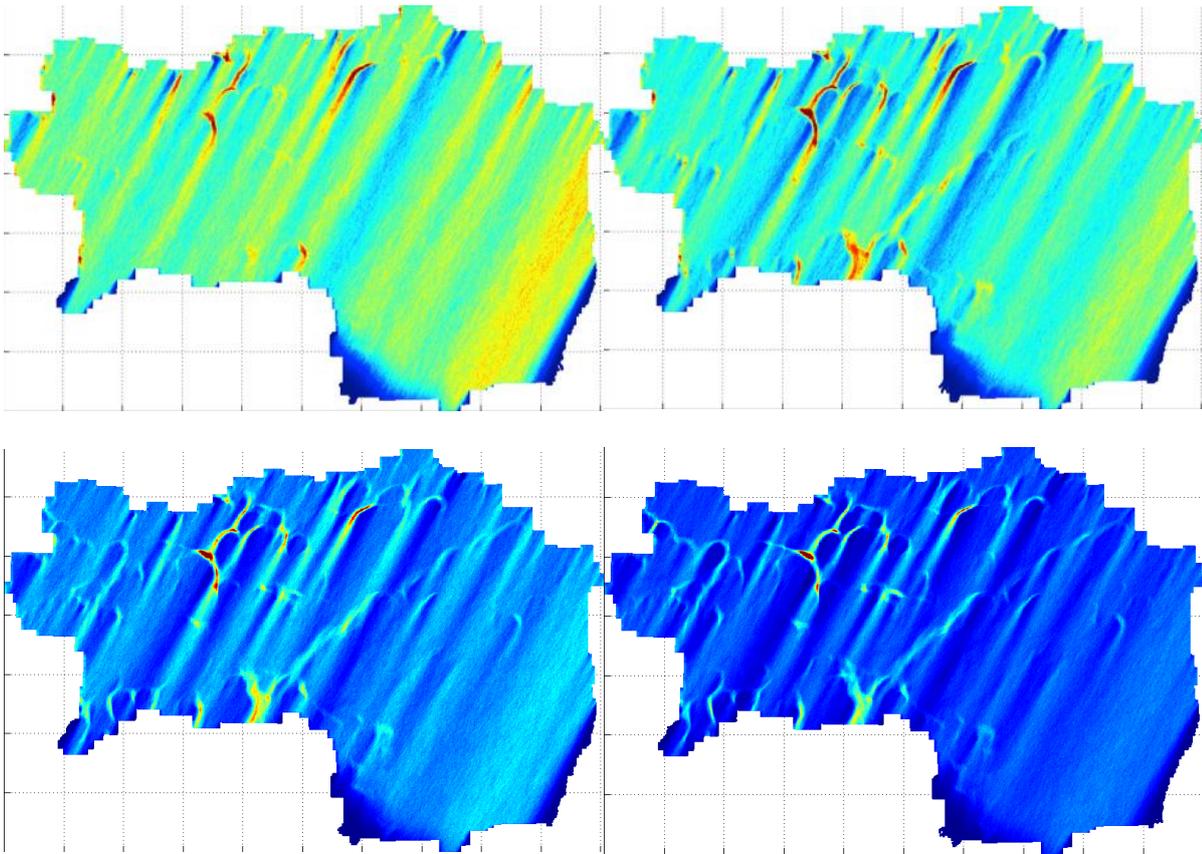


Abbildung 47. Realisierung des Flussmodells mit flydown=1;4;7;10 m/px (in Leserichtung). Die anderen Parameter wurden konstant gehalten ($x0Sig$ m=100m; $epsSig$ m=30m; $mWSize$ =20m). Das Zugverhalten orientiert sich bei größerer Absinkrate stärker an der lokalen Topographie. Das weiter verwendete Modell fd7Sig100Mw20 befindet sich unten links.

12.6 Karten

