



Arbeitsgruppe für
regionale Struktur- und
Umweltforschung GmbH

The Regional Planning and
Environmental Research Group

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler (*Haliaeetus albicilla*)

Untersuchungen zur Wirksamkeit sowie
artenschutzrechtliche Einordnung

Stand: 03. Mai 2023

In Kooperation mit:



Erstellt im Auftrag von:

erneuerbare energien europa e3 GmbH



Auftraggeber:

erneuerbare energien europa e3 GmbH
Hugh-Greene-Weg 2
22529 Hamburg, www.e3-gmbh.de

Vorhaben:

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler (*Haliaeetus albicilla*)
Untersuchungen zur Wirksamkeit sowie artenschutzrechtliche Einordnung

Auftragnehmer:**ARSU GmbH**

Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH
Escherweg 1, 26121 Oldenburg
Postfach 11 42, 26001 Oldenburg

Tel. +49 441 971 74 97
Fax +49 441 971 74 73

www.arsu.de
info@arsu.de

OekoFor GbR

Ökologische Datenerfassung und Forschung GbR
Kartäuserstr. 39a, 79102 Freiburg

Tel. +49 761 766 560 16
Fax +49 761 766 560 15

www.oekofoer.de
info@oekofoer.de

Bearbeiter:

Dr. Marc Reichenbach, Dipl.-Biol., Dipl.-Ökol., ARSU GmbH
Dr. Hendrik Reers, Dipl.-Biol., OekoFor GbR
Sören Greule, MSc. Umweltwissenschaften, OekoFor GbR
Johanna Grimm, MSc. Verhaltens-, Neuro- und Kognitionsbiologie, OekoFor GbR

Disclaimer

Sofern nicht anders angegeben, ist der Bericht das geistige Eigentum der Firmen ARSU GmbH, OekoFor GbR und erneuerbare energien europa e3 GmbH. Alle Texte, Fotografien und Grafiken in dem Bericht (zusammen, der „Inhalt“) und die darin enthaltenen Marken und Logos (die „Marken“) sind unser geistiges Eigentum oder werden von uns kontrolliert oder sind an e3 lizenziert und sind durch Urheberrechts- und Markengesetze und verschiedene andere Rechte an geistigem Eigentum und Gesetze gegen unlauteren Wettbewerb in Deutschland, ausländischen Rechtsgebieten und durch internationale Konventionen geschützt.

Die Ergebnisse dieses Berichts gehören der erneuerbare energien europa e3 GmbH.

Dieses Dokument inklusive Anlagen darf nur im vollständigen Wortlaut und mit schriftlicher Genehmigung durch die erneuerbare energien europa e3 GmbH vervielfältigt und genutzt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

0	Zusammenfassung.....	1
1	Anlass und Motivation.....	4
2	Artenschutzrechtliche Ausgangslage.....	5
2.1	Aussagen der Rechtsprechung.....	5
2.2	Aktuelle gesetzliche Regelungen	7
2.3	Schutzmaßnahmen für den Seeadler	8
3	WEA-Empfindlichkeit des Seeadlers.....	10
3.1	Habitatansprüche	10
3.2	Kollisionsbetroffenheit.....	10
4	Kenntnisstand zu IdentiFlight.....	13
4.1	Wirksamkeitsuntersuchungen an Adlern in den USA.....	13
4.2	Wirksamkeitsuntersuchung der Schweizer Vogelwarte	19
4.3	Eigene Wirksamkeitsuntersuchungen zum Rotmilan.....	20
5	Funktionsweise von IdentiFlight	22
5.1	Aufbau und Funktionsweise	22
5.2	Klassifizierungs-Software.....	26
5.3	Abschaltung der Windenergieanlagen.....	28
6	Untersuchungskonzept – Wie gut schützt IdentiFlight den Seeadler?.....	30
7	Methodik	33
7.1	Standortlayout & räumliche Abdeckung.....	33
7.2	Zeitliche Abdeckung.....	41
7.3	Abschaltung der virtuellen WEA	47
7.3.1	WEA-Parameter & Dimensionierung der Abstandszylinder	47
7.3.2	Abschaltprogrammierung	51
7.4	Referenzdaten.....	52
7.5	Auswertung und statistische Analyse	54
7.5.1	Auswertungssoftware	54

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

7.5.2	Erfassungsreichweite.....	54
7.5.3	Erfassungsrate	55
7.5.4	Klassifizierung	57
7.5.5	Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung.....	59
7.6	Flugverhalten	60
7.7	Zusätzliche Auswertung von Winterdaten.....	61
8	Ergebnisse.....	62
8.1	Erzielte Datengrundlage	62
8.1.1	Räumliche Abdeckung und Verteilung der Zielart-Aktivität.....	63
8.1.2	Zeitliche Abdeckung und Verteilung der Zielart-Aktivität.....	68
8.2	Erfassungsreichweite.....	73
8.3	Erfassungsrate	75
8.4	Klassifizierung	76
8.4.1	Alle Standorte März bis Oktober	76
8.4.2	Standort Wilsickow November/Dezember	84
8.5	Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung	87
8.5.1	Anzahl und Dauer der Abschaltungen pro WEA.....	87
8.5.2	Auslösen der Abschaltung durch IDF	96
8.5.2.1	Wird für jeden Zielart-Flug abgeschaltet?	96
8.5.2.2	Ist der innere Abstandszylinder hinreichend groß?	98
8.6	Flugverhalten	101
8.6.1	Flughöhe	101
8.6.2	Fluggeschwindigkeit	103
9	Fazit und artenschutzrechtliche Einordnung.....	107
9.1	Wirksamkeit für den Seeadler	107
9.2	Anerkennung als Schutzmaßnahme	109
10	Ausblick und Verbesserungspotenzial.....	111
10.1	Verringerung nicht notwendiger Abschaltungen und der Falsch-Positiv-Rate	111
10.1.1	Vertikale Dimensionierung der Abstandszylinder	111
10.1.2	Horizontale Dimensionierung des inneren Abstandszylinders	112

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

10.1.3	Klassifizierung	114
10.2	Verbesserung der Erfassungsrate	118
11	Literatur	119

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Abgrenzung des Untersuchungsgebiets im Windpark Top of the World in Wyoming, USA, mit Lage der WEA (turbines) und der IDF-Systeme.....	14
Abbildung 2: Vergleich zwischen IDF und Beobachtern hinsichtlich der korrekten Klassifizierung in Bezug auf Adler und Nicht-Adler.....	15
Abbildung 3: Vergleich zwischen IDF und Beobachtern hinsichtlich der Abhängigkeit der Falsch-Negativ-Rate von der Entfernung.....	15
Abbildung 4: Verteilung der Entfernung der korrekt durchgeführten Klassifizierungen durch IDF.....	16
Abbildung 5: Untersuchungsdesign von McCLURE <i>et al.</i> (2021);.....	17
Abbildung 6: Auf der Basis von Kollisionsopfersuchen geschätzte Anzahl kollidierter Adler vor und nach der Installation von IdentiFlight im Test-Windpark (Treatment).....	18
Abbildung 7: Anteile korrekter und falscher Klassifizierung der Flugwege (N = 1.249); ausgewertet anhand der Belegfotos über drei Tage.....	19
Abbildung 8: Verteilung der radialen Erstdetektions-Distanzen von Flugwegen der Zielarten in Abhängigkeit des Wetters (gut = trocken mit klarer Sicht, schlecht = nass mit eingeschränkter Sicht).....	20
Abbildung 9: Installiertes IdentiFlight-System.....	23
Abbildung 10: Sichtfeld eines IdentiFlight-Systems PTU V2.....	25
Abbildung 11: Sichtfeld eines IdentiFlight-Systems PTU V3.....	25
Abbildung 12: Beispiel aus den von IDF gespeicherten Originaldaten.....	27
Abbildung 13: Schema zur Dimensionierung der inneren und äußeren Abstandszylinder.....	29
Abbildung 14: Abschaltung (curtailment) bei Einflug in den inneren Abstandszylinder.....	30
Abbildung 15: Lage der Untersuchungsgebiete.....	32
Abbildung 16: Standorte der virtuellen WEA und des installierten IDF-Systems am Standort Plate.....	34
Abbildung 17: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Plate.....	35
Abbildung 18: Standorte der virtuellen WEA und des installierten IDF-Systems am Standort Tarnow.....	36
Abbildung 19: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Tarnow.....	37

Abbildung 20: Standorte der virtuellen WEA und der installierten IDF-Systeme am Standort Wilsickow.	38
Abbildung 21: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF-Ost am Standort Wilsickow.....	39
Abbildung 22: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF-West am Standort Wilsickow.....	39
Abbildung 23: Standorte der virtuellen WEA und des installierten IDF-Systems am Standort Wolgast.	40
Abbildung 24: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Wolgast.	41
Abbildung 25: Zeitliche Verfügbarkeit und erhobene Gesamtdaten von IDF an den Standorten Plate und Tarnow.	44
Abbildung 26: Zeitliche Verfügbarkeit und erhobene Gesamtdaten der beiden IDF-Systeme am Standort Wilsickow.	45
Abbildung 27: Zeitliche Verfügbarkeit und erhobene Gesamtdaten am Standort Wolgast.....	46
Abbildung 28: Schema zur Dimensionierung des inneren und äußeren Abstandszylinders (Seeadler-spezifisch) am Standort Wilsickow.....	49
Abbildung 29: Datenermittlung des LRF Vector 21 Aero.....	52
Abbildung 30: Beispiel für die Detektionsbewertung anhand des selbst programmierten Software-Tools.....	56
Abbildung 31: Korrekt klassifizierter Seeadler.	58
Abbildung 32: Schematische Skizze einer Flugbahn zur Veranschaulichung der Berechnung der Fluggeschwindigkeit.	61
Abbildung 33: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Plate.....	64
Abbildung 34: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Tarnow.....	65
Abbildung 35: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Wilsickow.	66
Abbildung 36: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Wolgast.	67
Abbildung 37: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Plate.....	69
Abbildung 38: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Tarnow.....	70
Abbildung 39: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Wilsickow.	71

Abbildung 40: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Wolgast.	72
Abbildung 41: Vertikale und horizontale Distanz des jeweils ersten Detektionspunktes eines nachbestimmten Zielart-Tracks („White-tailed-Eagle“) zu IDF an den jeweiligen Untersuchungsstandorten.....	74
Abbildung 42: IDF-Klassifizierung und nachbestimmte Klassifizierung an allen Untersuchungsstandorten zusammen.....	77
Abbildung 43: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Plate.....	80
Abbildung 44: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Tarnow.....	81
Abbildung 45: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wilsickow.	82
Abbildung 46: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wolgast.	83
Abbildung 47: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wilsickow für die Zeiträume November/Dezember 2021 und 2022.....	85
Abbildung 48: Geschätzte jahreszeitlich gewichtete Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wilsickow über das gesamte Jahr.....	86
Abbildung 49: Anzahl und Dauer der Abschaltungen pro WEA durch IDF an den Standorten Plate und Tarnow.....	92
Abbildung 50: Anzahl und Dauer der Abschaltungen pro WEA durch IDF an den Standorten Wilsickow und Wolgast.....	93
Abbildung 51: Aufzeichnungsdauer von Zielart-Flugbahnen pro Tag und WEA in Abhängigkeit zur Dauer ausgelöster Abschaltungen durch IDF an den Untersuchungsstandorten.	95
Abbildung 51: Schematische Draufsicht einer WEA (schwarz) mit Rotorkugel (blau) gegenüber dem tatsächlichen Gefahrenbereich (orange) und einer möglichen Vogelflugbahn (grau).....	99

Abbildung 52: Beispiele von Seeadler-Flugbahnen in den inneren Abstandszylinder (AZ innen).....	100
Abbildung 53: Verteilung der Flughöhen in 10 m Höhenklassen und Kumulativer Anteil der Flughöhen nachbestimmter Seeadler bis in 400 m Höhe über dem IDF.....	102
Abbildung 54: Verteilung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten von Seeadlern.....	105
Abbildung 55: Box-Plots der Höhenverteilung und kumulative Darstellung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen sowie vertikalen Fluggeschwindigkeiten des Seeadlers.....	106
Abbildung 56: Schema zur Dimensionierung der angehobenen inneren und äußeren Abstandszylinder	112
Abbildung 57: Beispiele von Seeadler-Flugbahnen in den inneren Abstandszylinder (AZ innen).....	113
Abbildung 58: Falsch-positiv klassifizierte Vögel von IDF.....	115
Abbildung 59: Abschaltungen durch die „Fail Safe“ Kategorie.....	116
Abbildung 60: Falsch-Positiv-Bestimmungen von WEA-Teilen.....	117

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vergleich der KNE-Anforderungen und der erzielten Leistungswerte von IDF für den Rotmilan	21
Tabelle 2: Übersichtstabelle der IDF-Erfassungstage an den vier Untersuchungsstandorten.....	43
Tabelle 3: Fluggeschwindigkeiten des Seeadlers, die zur Berechnung der Abstandszylinder an den Untersuchungsstandorten herangezogen wurden.....	47
Tabelle 4: Charakterisierung der Standorte hinsichtlich WEA-Spezifikationen und den daraus resultierenden Werten für die Abstandszylinder.....	50
Tabelle 5: Übersicht der Untersuchungsstandorte und die jeweiligen Zielart(en) bzw. die IDF-Kategorien, für die eine Abschaltung der WEA ausgelöst werden sollte.....	51
Tabelle 6: Dauer der LRF-Erfassungen und Anzahl erhobener LRF-Tracks für den Seeadler in den Untersuchungsgebieten.....	53
Tabelle 7: Bewertungskategorien der Referenzdaten von LRF-Tracks.....	56

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 8:	Anzahl erhobener Datenpunkte mit der Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ sowie „Protected“ bzw. „Eagle“.....	62
Tabelle 9:	Anzahl und Anteil nachbestimmter Datenpunkte aller von IDF an den jeweiligen Standorten erhobenen Daten (Zielart und Nicht-Zielart).....	63
Tabelle 10:	Herleitung der LRF-Referenzstichprobe für den Seeadler an den jeweiligen Untersuchungsstandorten sowie insgesamt.	75
Tabelle 11:	IDF-Erfassungsrate für den Seeadler an den jeweiligen Untersuchungsstandorten sowie insgesamt.	75
Tabelle 12:	Kreuztabelle nachbestimmter Datenpunkte mit ihrer IDF-Klassifizierung.....	76
Tabelle 13:	IDF-Klassifizierung nachbestimmter Seeadler im Hinblick auf die Kategorie „Protected“ bzw. „Eagle“ aller Untersuchungsstandorte zusammen.	78
Tabelle 14:	Mittlere Richtig-Positiv-Rate („True-Positive-Rate“; Zielart wird als Zielart klassifiziert) hinsichtlich der Klassifizierung in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz zu IDF.....	79
Tabelle 15:	Mittlere Falsch-Positiv-Rate („False-Positive-Rate“; Nicht-Zielart wird als Zielart klassifiziert) hinsichtlich der Klassifizierung in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz zu IDF.	79
Tabelle 16 A/B:	Anzahl IDF-induzierter Abschaltungen insgesamt und durchschnittlich pro Tag.....	88
Tabelle 17 A/B:	Dauer IDF-induzierter Abschaltungen insgesamt und durchschnittlich pro Tag.....	90
Tabelle 18:	Erfolgsrate hinsichtlich generierter und verpasster Abschaltungen durch IDF beim Einflug der Zielart (Seeadler) in den inneren Abstandszyylinder an den Untersuchungsstandorten.....	97
Tabelle 19:	Verschiedene Fluggeschwindigkeiten von Seeadlern basierend auf IDF-Daten an allen Untersuchungsstandorten.	103
Tabelle 20:	Vergleich der KNE-Anforderungen und der Leistungswerte von IDF für Rotmilan und Seeadler	110

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:

BfN: Bundesamt für Naturschutz

BNatSchG: Bundesnaturschutzgesetz

BT-Drucksache: Bundestagsdrucksache

BVerwG: Bundesverwaltungsgericht

H_{max}: Höhe des äußeren Abstandszylinders

H_{min}: Höhe des inneren Abstandszylinders

HL_{max}: Untere Grenze des äußeren Abstandszylinders

HL_{min}: Untere Grenze des inneren Abstandszylinders

HU_{max}: Obere Grenze des äußeren Abstandszylinders

HU_{min}: Obere Grenze des inneren Abstandszylinders

IDF: IdentiFlight

KNE: Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende

LRF: Laser Rangefinder; Laser-Entfernungsmesser (siehe Fachwortverzeichnis)

OVG: Oberverwaltungsgericht

PTU: Pan-Tilt Unit; deutsch: Schwenk-Neige-Einheit (siehe Fachwortverzeichnis)

R_{max}: Radius des äußeren Abstandszylinders

R_{min}: Radius des inneren Abstandszylinders

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition; deutsch: Überwachung, Steuerung und Datenerfassung (siehe Fachwortverzeichnis)

Tc: Time to clear (siehe Fachwortverzeichnis)

TTC: Time To Collision (siehe Fachwortverzeichnis)

WEA: Windenergieanlage/n

WindBG: Windenergieflächenbedarfsgesetz

WP: Windpark

FACHWORTVERZEICHNIS:

Azimut: Ein nach einer Himmelsrichtung orientierter Horizontalwinkel

Äußerer Abstandszylinder: Definierter dreidimensionaler Bereich, in dem nach der Time To Collision Methode (siehe Fachwortverzeichnis) bedarfsgerecht Abschaltsignale generiert werden.

Blinder Fleck (IDF): Bereich, der beim Blick in die Sonne vom IDF-System nicht eingesehen werden kann

Blinde Zone (IDF): Bereich direkt über dem IDF-System, welcher von den Kamerasystemen nicht eingesehen werden kann.

Falsch-Negativ-Rate/ false-negative-rate: Rate, mit der eine Zielart (z.B. Seeadler) nicht als diese bestimmt wird

Falsch-Positiv-Rate/ false-positive-rate: Rate, mit der eine Nicht-Zielart fälschlich als Zielart bestimmt wird

Habitatpotentialanalyse: Methode zur Ermittlung des Tötungs- und Verletzungsrisikos von kollisionsgefährdeten Brutvogelarten; Ziel ist, die voraussichtliche Raumnutzung von kollisionsgefährdeten Vogelarten auf der Grundlage von gegebenen Habitatstrukturen zu prognostizieren.

Horizontale Distanz: horizontale Entfernung ohne Berücksichtigung der Höhe

Homerange: Aktionsraum eines Tieres; Gebiet das im Zusammenhang mit den Aktivitäten eines Tieres (z.B. Nahrungssuche, Fortpflanzung) regelmäßig von diesem Tier frequentiert wird

Innerer Abstandszylinder: Definierter dreidimensionaler Bereich, in dem beim Eintreten einer Zielart sofort ein Abschaltsignal generiert wird.

Laser Rangefinder: Gerät zur elektrooptischen Entfernungsmessung, mit dem z. B. die 3D Position von Vögeln bestimmt werden kann

Maskierung: Programmierte ausgeschwärmte Sichtbereiche von IDF, die selektiv in niedrigen Höhen hinterlegt werden, um keine Personen und Fahrzeuge aufzunehmen oder Ablenkung durch windbewegte Vegetation zu vermeiden.

Neuronales Netz: Zweig der künstlichen Intelligenz; hier verwendet für die Artklassifizierung von Vögeln

Pan-Tilt Unit (PTU): schwenk- und neigbarer Kamerakopf des IDF-Systems; verschiedene Versionen (PTU2 und PTU3) kamen bei den Untersuchungen der vorliegenden Studie zum Einsatz.

Radiale Distanz: direkte Entfernung zwischen zwei Objekten

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Repowering (Windenergie): „Kraftwerkserneuerung“, d.h. alte WEA oder Teile davon werden durch neue ersetzt

Richtig-Positiv-Rate/ true-positive-rate: Rate, mit der eine Zielart (z. B. Seeadler) korrekt als diese bestimmt wird

Richtig-Negativ-Rate/ true-negative-rate: Rate, mit der eine Nicht-Zielart korrekt als diese bestimmt wird

SCADA: Kontrollsystem, welches zur Steuerung von technischen Prozessen in Windparks benutzt wird

Sichtverschattung: Strukturen, wie Hügel oder Baumreihen, die dahinter gelegene Bereiche verdecken.

Signifikanzschwelle (Artenschutz): Verfahren zur Bewertung des Tötungsrisikos geschützter Arten

Steigungswinkel: Vertikale Abweichung von der Horizontalen

Time to clear (Tc): Zeitlicher Zuschlag, in dem die Abschaltung weiter aufrecht erhalten bleibt, nachdem der Vogel den Abstandszylinder wieder verlassen hat

Time To Collision (TTC) Methode: Bedarfsgerechte Abschaltmethode, in welcher aus der Position, Geschwindigkeit und Flugrichtung der Zielart sowie der Abschaltzeit der WEA ein Vektor berechnet wird, der einen möglichen Kollisionskurs mit dem Rotorbereich der WEA beschreibt.

Track: von IDF zu einer Flugbahn zusammengefasste Datenpunkte bzw. Bilder eines Flugobjekts, die zeitlich und räumlich nah aneinander liegen und eine ähnliche Flugrichtung aufweisen

Trudelbetrieb (WEA): Im Rahmen dieser Studie werden für den Trudelbetrieb 2 Umdrehungen pro Minute angenommen.

0 Zusammenfassung

Technische Systeme zur Vogeldetektion und daran gekoppelte, bedarfsgerechte Abschaltungen (Antikollisionssysteme), stellen eine aktuell vielfach diskutierte Möglichkeit dar, um ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko kollisionsgefährdeter Arten zu vermeiden. Gemäß Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG ist jedoch bislang nur ein System (IdentiFlight) und auch nur für eine Art (Rotmilan) als Schutzmaßnahme artenschutzrechtlich anerkannt. Grundlage für diese Anerkennung war eine umfangreiche und methodisch standardisierte Wirksamkeitsuntersuchung über drei Jahre an sechs Standorten (REICHENBACH *et al.* 2021). Im Anschluss hieran und mit derselben methodischen Herangehensweise wurde 2021 eine Untersuchung zur Wirksamkeit von IdentiFlight in Bezug auf den Seeadler an vier Standorten durchgeführt. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse dieser weiteren Systemerprobung vor und bewertet sie gemäß den artenschutzrechtlichen Anforderungen.

Gemäß Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG sind derzeit für den Seeadler nur zwei Schutzmaßnahmen fachlich anerkannt:

- Kleinräumige Standortwahl,
- Phänologiebedingte Abschaltung.

Die Liste der genannten Schutzmaßnahmen ist gemäß BT-Drucksache 20/2354, S. 32 allerdings nicht abschließend. So heißt es in Abschnitt 2 der Anlage 1 zur Wirksamkeit von Antikollisionssystemen als anerkannte Schutzmaßnahme: *Grundsätzlich erscheint es möglich, die Anwendung von Antikollisionssystemen zukünftig auch für weitere kollisionsgefährdete Großvögel, wie Seeadler, Fischadler, Schreiadler, Schwarzmilan und Weißstorch, einzusetzen.*

Die vorliegende Untersuchung soll demgemäß prüfen, ob das Antikollisionssystem IdentiFlight zukünftig als nachgewiesenermaßen wirksame Schutzmaßnahme auch für den Seeadler eingesetzt werden kann.

IdentiFlight (IDF) wurde in den USA zum Schutz von Adlern vor Kollisionen an Windenergieanlagen (WEA) entwickelt und zeigte für die Zielarten Steinadler und Weißkopfseeadler hohe Erfassungs- und Klassifizierungsraten sowie eine effektive Reduzierung von Kollisionsopfern um > 80 % (MCCLURE *et al.* 2018; MCCLURE *et al.* 2021). IDF besteht aus acht Weitwinkelkameras für die Detektion von Flugobjekten und einer beweglichen Stereokamera, welche eine Zielart beim Anflug auf eine WEA erkennt und bei Unterschreiten eines kritischen Abstandes ein Abschaltsignal sendet (d.h. die WEA in den Trudelbetrieb bringt). Erst wenn der Vogel diesen kritischen Abstand wieder verlassen hat, wird die Anlage nach Einhaltung einer gewissen Sicherheitszeitspanne wieder in Betrieb gesetzt. Die Zielartenerkennung ist sehr spezifisch und soll sowohl die Falsch-Negativ-Rate (Zielart irrtümlich als Nicht-Zielart bestimmt mit der Folge unterlassener Abschaltung) als auch die Falsch-Positiv-Rate (Nicht-Zielart als Zielart bestimmt mit der Folge unnötiger Abschaltung) möglichst niedrig halten. Die Klassifizierung eines detektierten Flugobjekts basiert auf einem neuronalen Netz.

Das verwendete Untersuchungskonzept folgt den Vorgaben von KNE (2019) und entspricht der Vorgehensweise in REICHENBACH *et al.* (2021). Die Erprobung erfolgte dementsprechend nach folgenden Kriterien:

1. Räumliche und zeitliche Abdeckung
2. Erfassungsreichweite
3. Erfassungsrate
4. Klassifizierungsrate
5. Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung

Zusätzlich wurden in der vorliegenden Studie auch Parameter des Flugverhaltens – Fluggeschwindigkeit (horizontal und vertikal) sowie Flughöhe – des Seeadlers analysiert. Die Untersuchung wurde 2021 an vier Windparkstandorten in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Zur Neutralitätswahrung und Qualitätssicherung wurde wie bei REICHENBACH *et al.* (2021) eine externe Projektüberwachung durch TÜV Nord eingerichtet.

Nach Abzug von technischen Ausfällen liegen vollständige Daten von insgesamt 517 Tagen vor. Zusätzlich wurden als Referenz Flugwegedaten mittels Laser Rangefinder (LRF) an 72 Tagen aufgenommen. Die Rotmilanstudie von REICHENBACH *et al.* (2021) konnte im Vergleich dazu auf Daten von 365 IDF-Tagen und von 115 LRF-Tagen zurückgreifen. Die großen Datenmengen wurden skriptbasiert mit der Statistik-Programmiersprache R unter Zuhilfenahme der integrierten Entwicklungsumgebung RStudio bearbeitet, ausgewertet und visualisiert.

Um die Erfassungsreichweite von IDF zu ermitteln, wurde für jeden nachbestimmten Zielart-Track die Entfernung des ersten Detektionspunktes bestimmt. Für die Überprüfung der Erfassungsrate wurde der Referenzdatensatz des LRF hinsichtlich der Detektion der aufgezeichneten Flugwege durch IDF bewertet. Durch ein manuelles Nachbestimmen der von IDF gespeicherten Fotos und dem anschließenden Abgleich mit der jeweiligen automatischen Klassifizierung wurde die IDF-Klassifizierungsrate (Zielart versus Nicht-Zielart) ermittelt. Weiterhin wurden die Anzahl sowie die Dauer der Abschaltung für jede WEA am Untersuchungsstandort ermittelt. Basierend auf dieser Datengrundlage wurde sodann geprüft, ob für alle Flüge, die von IDF korrekt als Zielart klassifiziert wurden und sich der WEA bis auf Abschaltentfernung genähert hatten, planmäßig ein Abschaltensignal ausgelöst wurde. Weiterhin wurde überprüft, ob die Zeit zwischen obligatorischem Auslösen eines Abschaltensignals und Erreichen des Rotorbereichs ausreichend war, um eine potenzielle Kollision der Zielart mit dem Rotor der WEA zu verhindern.

Als Datengrundlage wurden an den vier Untersuchungsstandorten 295.310 Datenpunkte von IDF als „White-tailed-Eagle“ und 170.842 Datenpunkte als „Protected“ bzw. „Eagle“ klassifiziert (von insgesamt erfassten 1.890.050 Datenpunkten mit Foto (Zielart und Nicht-Zielart)). Die Auswertungen ergaben im Überblick folgende Ergebnisse:

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

- Erfassungsbereichweite > 1.000 m (bis ca. 1.200 m),
- Erfassungsrate 87,2 %,
- Klassifizierungsrate 97,8 %,
- Erfolgsrate der Abschaltung im inneren Abstandszylinder in 98,9 % der Fälle mit mind. einem Bild einer Klassifizierung als Seeadler,
- Zeitdauer der Abschaltauslösung vor dem Erreichen der Rotorvolumenkugel in 99,4 % ausreichend.
- Auch die räumliche und zeitliche Abdeckung erreichen hohe Werte (bis 100 %).

An einem der vier Untersuchungsstandorte lagen auch Daten aus den Monaten November und Dezember 2021 und 2022 vor. Diese wurden separat hinsichtlich der Klassifizierungsrate ausgewertet, die in dem Zeitraum nur bei 81,9 % lag. Allerdings war die aufgezeichnete Flugaktivität von Seeadlern deutlich geringer als in den Sommermonaten. Bezogen auf das gesamte Jahr sank die Klassifizierungsleistung an diesem Standort in der Folge nur geringfügig auf 94,5 %.

IdentiFlight ist somit in der Lage eine hohe Schutzwirkung durch bedarfsgerechte Abschaltungen von WEA zu erzielen und somit das Kollisionsrisiko von Seeadlern bei Annäherung an WEA sehr weitgehend zu senken. Für den Einsatz von IDF zum Schutz des Seeadlers in der Praxis bedeutet dies, dass ein Einsatz insbesondere dort sinnvoll ist, wo WEA in einem häufig frequentierten Flugkorridor zwischen Brutplatz und Hauptnahrungsgebiet errichtet und betrieben werden sollen. Das System ermöglicht eine bedarfsgerechte Abschaltung im Gegensatz zu einer pauschalen bzw. phänologiebedingten Abschaltung. Dies ist vor allem beim Seeadler besonders vorteilhaft, weil auch in einem derartigen Flugkorridor nur mit wenigen Flugbewegungen pro Tag zu rechnen ist, sodass durch die bedarfsgerechte Abschaltung die Ertragseinbuße der WEA minimiert wird.

Die erzielten Ergebnisse entsprechen weitgehend denjenigen, wie sie für IDF bereits in Bezug auf den Rotmilan vorgelegt wurden und die zu einer fachlichen Anerkennung als wirksame Schutzmaßnahme in Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG geführt haben.

Hieraus ergibt sich, dass IDF in Bezug auf den Seeadler in gleicher Weise wie für den Rotmilan die Anforderungen des KNE und BfN an die Wirksamkeit von Antikollisionssystemen (BRUNS *et al.* 2021) erfüllt. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass nunmehr die Voraussetzungen erfüllt sind, dass IdentiFlight als Schutzmaßnahme auch für den Seeadler fachlich und rechtlich anerkannt werden kann.

1 Anlass und Motivation

Der naturverträgliche, beschleunigte Ausbau der Windkraft an Land ist ein zentrales Ziel der Bundesregierung. Der Koalitionsvertrag sieht vor, den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis 2030 auf 80 % zu erhöhen und die Klimaneutralität bis spätestens 2045 zu erreichen. Diese Klimaschutzziele sollen erreicht werden, ohne das ökologische Schutzniveau abzusenken. Ziel ist es daher, zügige und rechtssichere Genehmigungsverfahren für WEA zu ermöglichen, unter gleichzeitiger Wahrung hoher und insbesondere unionsrechtlich gebotener ökologischer Standards (BT-Drucksache 20/2354, S. 17).

Die artenschutzrechtlichen Anforderungen bei der Planung und Genehmigung von WEA sind in den vergangenen Jahren stetig angewachsen und nach Ansicht der AGORA ENERGIEWENDE (2021) vor allem wegen ihrer Komplexität und Fehleranfälligkeit zu einem der größten Hindernisse in den Genehmigungsverfahren geworden. Im Mittelpunkt steht dabei das artenschutzrechtliche Tötungsverbot. Gemäß § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG liegt ein Verstoß gegen das Tötungsverbot des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG vor, wenn es sich um eine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos handelt und diese durch Anwendung von gebotenen, fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen nicht vermieden werden kann.

Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG enthält eine – nicht abschließende - Auflistung von fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen. Darin werden auch Antikollisionssysteme thematisiert, von denen jedoch bislang nur für den Rotmilan ein nachweislich wirksames, kamerabasiertes System zur Verfügung steht.

Technische Systeme zur Vogeldetektion und daran gekoppelte, bedarfsgerechte Abschaltungen (Antikollisionssysteme), stellen eine vielfach diskutierte Möglichkeit dar, um ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko kollisionsgefährdeter Arten zu vermeiden. Entsprechend befindet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme in der Entwicklung und Erprobung (KNE 2022). Bislang stehen hierzulande vor allem der Rotmilan (*Milvus milvus*) und der Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) im Zentrum der Entwicklung von Bilderkennungsalgorithmen zur artspezifischen Erkennung und bedarfsgesteuerten Abschaltung (AMMERMANN *et al.* 2020).

Bei dem für den Rotmilan fachlich anerkannten System handelt es sich um IdentiFlight (Kapitel 4.3), welches eine Zielart beim Anflug auf eine WEA erkennt und bei Unterschreiten eines kritischen Abstandes ein Abschaltsignal sendet (d.h. die WEA in den Trudelbetrieb bringt).¹ Erst wenn der Vogel diesen kritischen Abstand wieder verlassen hat, wird die Anlage nach Einhaltung einer gewissen Sicherheitszeitspanne wieder in Betrieb gesetzt. Die Zielartenerkennung ist sehr spezifisch und soll sowohl die Falsch-Negativ-Rate (Zielart irrtümlich als Nicht-Zielart bestimmt mit der Folge unterlassener Abschaltung) als auch die Falsch-Positiv-Rate (Nicht-Zielart als Zielart bestimmt mit der Folge unnötiger Abschaltung) möglichst niedrig halten.

¹ <https://www.identiflight.com/how-it-works>, abgerufen am 23.09.2021

Grundlage für die Anerkennung der Wirksamkeit von IdentiFlight für den Rotmilan war eine umfangreiche Untersuchung über drei Jahre an sechs Standorten (REICHENBACH *et al.* 2021). Im Anschluss hieran und mit derselben methodischen Herangehensweise wurde 2021 eine Untersuchung zur Wirksamkeit von IdentiFlight in Bezug auf den Seeadler an vier Standorten durchgeführt. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse dieser weiteren Systemerprobung vor und bewertet sie gemäß den artenschutzrechtlichen Anforderungen.

Dementsprechend ist der Bericht in einen Artenschutzteil und einen Erprobungsteil gegliedert. Kapitel 2 und 3 stellen als Basis zunächst die bestehenden rechtlichen Grundlagen gemäß Rechtsprechung und Gesetzeslage sowie die ökologischen Grundlagen anhand der Habitatansprüche und Kollisionsgefährdung der Zielart Seeadler dar. Kapitel 4 und 5 geben einen Überblick über den bisherigen Kenntnisstand zur Wirksamkeit und über die Funktionsweise von IdentiFlight. Kapitel 6 bis 8 beinhalten daraufhin den eigentlichen Untersuchungsbericht zur Frage: Wie gut schützt IdentiFlight den Seeadler? Kapitel 9 greift auf dieser Grundlage die eingangs dargelegten artenschutzrechtlichen Anforderungen auf und bewertet demgemäß die erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Eignung von IdentiFlight als fachlich anzuerkennende Schutzmaßnahme für den Seeadler. Abschließend werden in Kapitel 10 Vorschläge für eine weitere Optimierung des Systems unterbreitet.

2 Artenschutzrechtliche Ausgangslage

2.1 Aussagen der Rechtsprechung

Die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen wie z.B. Einsatz von Antikollisionssystemen in Bezug auf das Tötungsverbot des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG ergibt sich nur, wenn ohne diese das Tötungs- und Verletzungsrisiko für Exemplare der geschützten Arten signifikant erhöht ist. Die bloße Möglichkeit einer Tötung oder Verletzung reicht für eine signifikante Risikoerhöhung nicht aus (SPRÖTGE *et al.* 2018). Dass durch das Vorhaben der Verbotstatbestand erfüllt wird, muss vielmehr zu „befürchten“ bzw. zu „besorgen“ sein (BVerwG, U. v. 12.8.2009 – 9 A 64/07 – Rn. 40, 60; BVerwG, U. v. 6.11.2012 – 9 A 17/11 – Rn. 98; OVG Münster, U. v. 21.6.2013 – 11 D 8/10. A K – Rn. 182), also nahe liegen. Ob dies der Fall ist, beurteilt sich nach dem allgemeinen ordnungsrechtlichen Maßstab der hinreichenden Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts (BVerwG, Urt. v. 9.02.2017 – 7 A 2/15 – Rn. 480). Es ist demnach zu prüfen, ob es mit „hoher Wahrscheinlichkeit“ zu einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos kommt (OVG Saarlouis, B. v. 5.9.2017 – 2 A 316/16 –, NuR 2017, 718 ff., 720). Die „besonderen Umstände“, mit denen im jeweiligen Einzelfall die signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos begründet werden soll, müssen also tatsächlich gegeben sein und von der Genehmigungsbehörde festgestellt werden (SPRÖTGE *et al.* 2018). Mit der – häufig in Genehmigungsbescheiden oder Planungsunterlagen enthaltenen – Feststellung, dass der „Verlust einzelner Exemplare grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann“, kann daher ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko nicht

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

begründet werden (BVerwG, Urt. v. 12.8.2009 – 9 A 64/07 – Rn. 63; OVG Münster, Urt. v. 29.03.2017 – 11 D 70/09 – Rn. 582).

Zur Frage, wann das Signifikanzmerkmal des Tötungsverbots erfüllt ist, lässt sich der Rechtsprechung des BVerwG folgendes entnehmen:

Es muss sich auf jeden Fall um eine „deutliche“ Steigerung des Tötungsrisikos handeln. Dass einzelne Exemplare einer Art möglicherweise durch Kollisionen zu Schaden kommen, reicht daher nicht aus (BVerwG, Urt. v. 9.07.2009 – 4 C 12/07 – Rn. 42). Das gilt sowohl für die Fledermausarten als auch für die Vogelarten (BVerwG, Urt. v. 12.08.2009 – 9 A 64/07 – Rn. 60). Geht es nur um den Verlust von Einzelexemplaren, wird die Erheblichkeitsschwelle des „allgemeinen Lebensrisikos“ nicht überschritten (BVerwG, Urt. v. 12.08.2009 – 9 A 64/07 – Rn. 63). Der 7. Senat des BVerwG hat hierzu mit Urteil vom 09.02.2017 – 7 A 2/15 – (Elbvertiefung) ausgeführt (nochmals bestätigt durch Urteil vom 27.11.2018 – 9 A 8/17 – Rn. 98 sowie zuletzt durch Beschluss vom 07.01.2020 – 4 B 20.19 –, Rn. 5):

„Nach der ständigen Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts ist der individuenbezogene Tatbestand des Tötungsverbots (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG) mit Blick auf die bei einem Bauvorhaben nie völlig auszuschließende Gefahr von Kollisionen geschützter Tiere mit Kraftfahrzeugen erst dann erfüllt, wenn es um Tiere solcher Arten geht, die aufgrund ihrer Verhaltensweisen gerade im Bereich des Vorhabens ungewöhnlich stark von den Risiken des dadurch verursachten Verkehrs betroffen sind, und diese besonderen Risiken sich durch die konkrete Ausgestaltung des Vorhabens einschließlich der geplanten Vermeidungs- oder Minderungsmaßnahmen nicht beherrschen lassen (BVerwG, Urteile vom 18. März 2009 – 9 A 39.07 – Buchholz 407.4 § 17 FStrG Nr. 201 Rn. 58 und vom 6. November 2013 – BVerwGE 148, 373 Rn. 114). Das Risiko kollisionsbedingter Verluste von Einzelexemplaren muss einen Risikobereich übersteigen, der mit einem Verkehrsweg im Naturraum immer verbunden ist. Dies folgt aus der Überlegung, dass es sich bei den Lebensräumen der gefährdeten Tierarten nicht um „unberührte Natur“ handelt, sondern um von Menschenhand gestaltete Naturräume, die aufgrund ihrer Nutzung durch den Menschen ein spezifisches Grundrisiko bergen. Bei der Frage, ob sich für das einzelne Individuum das Risiko erhöht, Opfer einer Kollision durch einen neuen Verkehrsweg zu werden, darf daher nicht außer Acht gelassen werden, dass Verkehrswege zur Ausstattung des natürlichen Lebensraums der Tiere gehören und deshalb besondere Umstände hinzutreten müssen, damit von einer signifikanten Gefahr durch einen neu hinzukommenden Verkehrsweg gesprochen werden kann; ein Nullrisiko ist nicht zu fordern (BVerwG, Urteile vom 28.04.2015 – 9 A 9.15 – Rn. 141 und v. 10.11.2016 – 9 A 18.15 – Rn. 83)“ (Rn. 466).

Insofern stellt nicht jede – auch nur geringfügige – Überschreitung des „spezifischen Grundrisikos“ ein „signifikant erhöhtes Tötungsrisiko“ dar. Das „spezifische Grundrisiko“ muss vielmehr deutlich überschritten werden. Als Ansatzpunkte für die Annahme „besonderer Umstände“ sind beispielhaft das Gefährdungsrisiko bestimmter Anlagen für bestimmte Tierarten, die Verbreitung der Arten in der näheren Umgebung des geplanten Standortes, die Anzahl der vorkommenden Individuen, die Bedeutung der Habitate, die Entfernung der Brutplätze von dem Vorhabenstandort, die Häufigkeit der Durchquerung des Gefahrenbereichs

der Anlage wegen des Standortes in Hauptjagdgebieten oder intensiv genutzten Flugrouten zu nennen (SPRÖTGE *et al.* 2018).

2.2 Aktuelle gesetzliche Regelungen

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wurde mit Gesetz vom 20.07.2022 geändert, was vor allem die artenschutzrechtlichen Regelungen hinsichtlich des Betriebs von WEA an Land betrifft. Gemäß der erläuternden Bundestagsdrucksache 20/2354 beinhaltet der neue § 45b BNatSchG bundeseinheitliche Vorgaben für die fachliche Beurteilung, ob sich das Tötungs- und Verletzungsrisiko für Brutvögel beim Betrieb von WEA im Umfeld ihrer Brutplätze signifikant erhöht. § 45b Absatz 1-5 enthält dementsprechend Konkretisierungen für die Prüfung des Signifikanzkriteriums nach § 44 Absatz 5 Satz 2 in Bezug auf den gegebenen Abstand zwischen Anlagenstandort und Brutplätzen kollisionsgefährdeter Brutvögel.

Zentraler Bezugspunkt ist dabei die in Abschnitt 1 der neuen Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG enthaltene Tabelle mit einer abschließenden Auflistung kollisionsgefährdeter und daher insoweit prüfungsrelevanter Brutvogelarten (Anlage 1 Abschnitt 1 Tabelle Spalte 1) sowie hierauf bezogener artspezifischer Prüfabstände (Anlage 1 Tabelle Spalten 2, 3 und 4).

Nach § 45b Absatz 2 gilt, dass das Tötungs- und Verletzungsrisiko signifikant erhöht ist, wenn zwischen dem Brutplatz einer kollisionsgefährdeten Brutvogelart und der WEA ein geringerer Abstand besteht, als in Spalte 2 der Tabelle jeweils artspezifisch als „Nahbereich“ festgelegt ist. Der Nahbereich um den Brutplatz wird als essenzieller Kernbereich des Gesamthabitats von den Tieren mit sehr hoher Frequenz genutzt, so dass der Betrieb einer WEA innerhalb dieses Bereichs ein entsprechend hohes Kollisionsrisiko birgt. Dieses Risiko kann bei Brutplätzen im Nahbereich in der Regel auch nicht durch fachlich anerkannte Schutzmaßnahmen unter die Signifikanzschwelle gesenkt werden.

Nach § 45b Absatz 3 bestehen in der Regel Anhaltspunkte für das Vorliegen eines signifikant erhöhten Tötungs- und Verletzungsrisikos, wenn ein Brutplatz einer kollisionsgefährdeten Brutvogelart zwar weiter von einer WEA entfernt liegt als der „Nahbereich“ (Spalte 2 der Tabelle), aber noch innerhalb des in Spalte 3 der Tabelle jeweils artspezifisch festgelegten „zentralen Prüfbereichs“. Diese Regelvermutung kann durch den Einsatz verschiedener Instrumente wie einer Habitatpotentialanalyse, fachlich anerkannter Schutzmaßnahmen oder einer Raumnutzungsanalyse im jeweiligen Einzelfall widerlegt werden.

Sofern ein Brutplatz einer kollisionsgefährdeten Brutvogelart außerhalb des „zentralen Prüfbereichs“ (Spalte 3 der Tabelle), aber noch innerhalb des in Spalte 4 der Tabelle jeweils artspezifisch festgelegten „erweiterten Prüfbereichs“ um die WEA liegt, besteht nach § 45b Absatz 4 die Regelvermutung, dass kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vorliegt. Etwas anderes gilt nur, wenn im jeweiligen Einzelfall festzustellen ist, dass die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Exemplaren einer kollisionsgefährdeten Brutvogelart im Gefahrenbereich der Anlage deutlich erhöht ist und die sich dadurch grundsätzlich ergebende

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

signifikante Risikoerhöhung nicht durch fachlich anerkannte Schutzmaßnahmen ausgeschlossen werden kann.

Auf der Grundlage des vorherigen Kapitels lässt sich somit festhalten:

- Eine deutliche Überschreitung des spezifischen Grundrisikos ist im definierten Nahbereich des Brutplatzes einer kollisionsgefährdeten Art immer gegeben und lässt sich in der Regel nicht durch Schutzmaßnahmen vermeiden.
- Im zentralen Prüfbereich bestehen in der Regel Anhaltspunkte, dass zunächst von einer deutlichen Überschreitung des Grundrisikos auszugehen ist. Es besteht allerdings die Möglichkeit diese Annahme zu widerlegen bzw. das Tötungsrisiko durch anerkannte Schutzmaßnahmen hinreichend zu reduzieren.
- Im erweiterten Prüfbereich kommt es nur in Ausnahmefällen zu einer deutlichen Überschreitung des Grundrisikos, z.B. wenn sich die geplante WEA in einem stark frequentierten Flugkorridor oder einem besonders attraktiven Nahrungshabitat befindet.

Durch Artikel 13 des Gesetzes zur Änderung des Raumordnungsgesetzes und anderer Vorschriften, das Bundestag und Bundesrat am 03.03.2023 beschlossen haben, wurde u.a. das Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) im Hinblick auf Verfahrenserleichterungen in Windenergiegebieten geändert. Gemäß des neuen § 6 WindBG sind in ausgewiesenen Windenergiegebieten eine Umweltverträglichkeitsprüfung und eine artenschutzrechtliche Prüfung für Vögel für beantragte WEA nicht mehr durchzuführen. Zur Vermeidung eines Verstoßes gegen die Verbote nach § 44 Absatz 1 Nummer 1 des Bundesnaturschutzgesetzes kann die zuständige Behörde jedoch zumutbare Schutzmaßnahmen anordnen. Im Gegenzug für die Erleichterungen und sofern keine gebietspezifischen Schutzmaßnahmen angeordnet werden, müssen die Betreiber für die Dauer des Betriebs der Anlage jährlich in Artenhilfsprogramme einzahlen, die den Populationsschutz in Gebieten außerhalb der Windenergiegebiete stärken (BT-Drucksache 20/4823, S. 32).

Hieraus ergibt sich, dass der grundsätzliche Bedarf an (zumutbaren) Schutzmaßnahmen weiterhin bestehen bleibt.

2.3 Schutzmaßnahmen für den Seeadler

Für den Seeadler sind in Abschnitt 1 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG folgende Festlegungen getroffen:

- Nahbereich: 500 m,
- Zentraler Prüfbereich: 2.000 m,
- Erweiterter Prüfbereich: 5.000 m.

Schutzmaßnahmen kommen in der Regel nur für die beiden Prüfbereiche in Frage. Im zentralen Prüfbereich ist zunächst grundsätzlich von der Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen auszugehen, sofern nicht über Habitatpotenzialanalysen oder Raumnutzungsbeobachtungen

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

gezeigt werden kann, dass das Tötungsrisiko nicht signifikant erhöht ist. Im erweiterten Prüfbereich sind Schutzmaßnahmen nur ausnahmsweise erforderlich, wenn entgegen der Regelvermutung am konkreten WEA-Standort eine gegenüber dem Umfeld deutlich erhöhte Flugaktivität zu erwarten ist.

Gemäß Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG sind derzeit für den Seeadler nur zwei Schutzmaßnahmen fachlich anerkannt:

- Kleinräumige Standortwahl,
- Phänologiebedingte Abschaltung.

Die Liste der genannten Schutzmaßnahmen ist gemäß BT-Drucksache 20/2354, S. 32 allerdings nicht abschließend. So heißt es in Abschnitt 2 der Anlage 1 zur Wirksamkeit von Antikollisionssystemen als anerkannter Schutzmaßnahme:

Nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft und Technik kommt die Maßnahme in Deutschland derzeit nur für den Rotmilan in Frage, für den ein nachweislich wirksames, kamerabasiertes System zur Verfügung steht. Grundsätzlich erscheint es möglich, die Anwendung von Antikollisionssystemen zukünftig auch für weitere kollisionsgefährdete Großvögel, wie Seeadler, Fischadler, Schreiadler, Schwarzmilan und Weißstorch, einzusetzen. Antikollisionssysteme, deren Wirksamkeit noch nicht belegt ist, können im Einzelfall im Testbetrieb angeordnet werden, wenn begleitende Maßnahmen zur Erfolgskontrolle angeordnet werden.

Hieraus lässt sich ableiten:

- Für den Rotmilan gibt es ein nachweislich wirksames Antikollisionssystem. Hierbei handelt es sich um das System IdentiFlight (Kapitel 4.3).
- Die Anwendung eines Antikollisionssystems als Schutzmaßnahme für den Seeadler erscheint möglich, sofern die Wirksamkeit in gleicher Weise wie für den Rotmilan belegt werden kann.

Für diesen Wirksamkeitsbeleg dient der vorliegende Bericht.

3 WEA-Empfindlichkeit des Seeadlers

3.1 Habitatsprüche

Der Seeadler besiedelt in Deutschland sowohl Küsten und Ästuare als auch Stromtäler, Flussauen sowie große Seen und Teichgebiete des Binnenlands, sofern sie ausreichend Nahrung – Fische und Wasservögel – bieten. Möwen-, Kormoran- und Reiherkolonien sowie Sammelplätze von Entenvögeln stellen besondere Anziehungspunkte dar. Die Brutplätze befinden sich bevorzugt in störungsarmen Wäldern in Gewässernähe. Neuerdings siedelt sich die Art auch in kleinen Baumgruppen oder Baumreihen in Offenlandschaften an (GEDEON *et al.* 2014).

Die Vorkommenswahrscheinlichkeit des Seeadlers wird in erster Linie vom Vorhandensein geeigneter Brutwälder mit geringer Entfernung zu größeren Wasserflächen bestimmt. Das Kollisionsrisiko steigt generell mit der Dichte an WEA und der Habitatqualität. Besonders attraktive Habitate führen zu höheren Aufenthaltswahrscheinlichkeiten und entsprechend erhöhter Flugaktivität im Nahbereich ggf. vorhandener WEA (HEUCK *et al.* 2019).

Der Seeadler zeigt einen größeren Anteil an Flugaktivität in Rotorhöhe. Teilweise existieren ausgeprägte Flugkorridore zwischen Brutplatz und bevorzugten Nahrungsgewässern, die jedoch nicht immer auf direktem Weg angefliegen werden. Im Nahbereich des Horstes ist eine weitgehend flächendeckende Raumnutzung gegeben. Seeadler sind bei der Nahrungssuche weniger streng an Gewässer gebunden als Fischadler (SPRÖTGE *et al.* 2018; LANGGEMACH & DÜRR 2021).

Die essenziellen Habitatrequisiten eines Seeadlerreviers sind in der Regel statisch und wenig variabel. Dies beginnt bereits bei der Wahl des Neststandortes. In der Regel finden sich die Horste in wenig gestörten Laubholz-Altbeständen größerer Wälder. Ist eine Störungsarmut auch anderweitig gewährleistet, nutzen Seeadler auch Altbäume in kleineren Gehölzbeständen. Nadelbäume werden eher selten genutzt. Die Hauptnahrungsgebiete stellen fisch- und wasservogelreiche Still- und Fließgewässer dar. Mit zunehmender Größe und Zugänglichkeit steigt deren Bedeutung an. In gewässerarmen Gebieten werden deutlich weitere Flugwege in Kauf genommen, die Homerange steigt (MELUND & LLUR 2021).

3.2 Kollisionsbetroffenheit

Einen Überblick über das Wissen zur Kollisionsgefährdung von Vögeln durch WEA geben MARQUES *et al.* (2014). Die von den Autoren ausgewertete Literatur umfasst über 200 Studien, was die Aufmerksamkeit verdeutlicht, die international diesem Thema inzwischen gewidmet wird. Als wesentliche Einflussfaktoren im Hinblick auf das Kollisionsrisiko wurden Artzugehörigkeit, Standortspezifika und Eigenschaften der WP (insbesondere Größe und Anordnung der WEA) identifiziert. Das Vorhandensein spezifischer Flugwege, die regelmäßig

und/oder von größeren Vogelzahlen genutzt werden (z. B. zu Nahrungsgebieten oder während des Zuges), scheint dabei in bestimmten Fällen von größerer Bedeutung zu sein als die generelle Vogelaktivität.

Auch SCHUSTER *et al.* (2015) kommen in ihrem Review zu dem Ergebnis, dass die Auswirkungen von WEA stark von den örtlichen Gegebenheiten, den vorkommenden Arten und der Saisonalität abhängen („site-species-season specificity“). Einige Arten sind deutlich empfindlicher als andere und zeichnen sich durch niedrige Reproduktionsraten, geringe Populationsgrößen sowie bestimmte morphologische, phänologische und verhaltensbezogene Merkmale aus. Weiterhin betonen die Autoren, dass Bestandssituation und Raumnutzung, die vor dem Bau eines WP analysiert werden können, nicht mit der Situation nach der Errichtung korreliert sein müssen (infolge von Meidung oder Attraktion), wodurch Wirkungsprognosen, insbesondere zum Kollisionsrisiko, erschwert werden können.

HÖTKER *et al.* (2013) belegen in Übereinstimmung mit der internationalen Literatur, dass Greifvögel sich nicht oder kaum von WEA gestört fühlen oder sich verdrängen lassen. Stattdessen kollidieren sie im Vergleich zu ihrer Häufigkeit in der Landschaft überproportional häufig mit WEA (ebd. S. 329). Als besonders betroffene Arten sind Steinadler (USA), Gänsegeier (Spanien), Seeadler (Norwegen) und Rotmilan (Deutschland) anzusehen (GOVE *et al.* 2013).

SPRÖTGE *et al.* (2018) sowie REICHENBACH & AUSSIEKER (2021) haben die in Deutschland bekannt gewordenen Kollisionsopfer in Relation zu den nationalen Brutbestandsgrößen gesetzt. Unter Berücksichtigung einer Reihe von methodischen Einschränkungen wird hieraus ersichtlich, dass hinsichtlich der Betroffenheit der betrachteten Arten durch Kollisionen an WEA teilweise deutliche Unterschiede zu bestehen scheinen. Betrachtet man z.B. Arten, für die aufgrund ihrer Größe und Bekanntheit von einer weitgehend vergleichbaren Fund- und Meldewahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann (Seeadler, Weißstorch, Fischadler, Höckerschwan, Uhu, Graureiher, Schreiadler), so ergibt sich für die drei Adlerarten und insbesondere für den Seeadler eine deutlich höhere Betroffenheit. Nach den Adlern ist gemäß dieser Betrachtung der Rotmilan im Verhältnis zur Bestandsgröße am stärksten betroffen.

Beide vorgenannten Studien führen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass der Seeadler mit Abstand die höchste relative Betroffenheit durch Kollisionen an WEA aufweist. Zu einem grundsätzlich vergleichbaren Ergebnis kommen auch BERNOTAT & DIERSCHKE (2021) sowie ILLNER (2012). BERNOTAT & DIERSCHKE (2021) stufen das artspezifische Kollisionsrisiko in fünf Stufen ein und ordnen z.B. See-, Schrei- und Fischadler sowie Rot- und Schwarzmilan einem sehr hohen Kollisionsrisiko zu.

REICHENBACH & AUSSIEKER (2021) konnten zeigen, dass der Seeadler von März 2018 bis November 2020 eine überproportionale Zunahme an Kollisionsopfern in der zentralen Fundkartei der staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburg² aufweist, diese allerdings weitgehend dem starken Bestandsanstieg dieser Art entspricht. Beim Seeadler hat die bisherige hohe relative Kollisionsbetroffenheit somit nicht zu einem erkennbaren negativen Einfluss auf das

² <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Voegel-Uebersicht-de.xlsx>

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Populationswachstum geführt. Allerdings kann dies auch das Ergebnis der bisherigen räumlichen Standortsteuerung durch Abstandsempfehlungen von i.d.R. mind. 3 km sein (vgl. bisherige Leitfäden der Bundesländer Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Brandenburg).

Seeadler sind Standvögel und halten sich zu 100 % des Jahres in ihren Brutgebieten auf, wodurch im Vergleich zu ziehenden Arten wie Fisch- und Schreiadler die Kollisionswahrscheinlichkeit bezogen auf ein Kalenderjahr entsprechend höher ist.

Die Flugaktivität pro Tag – als grundlegende Einflussgröße hinsichtlich der Kollisionswahrscheinlichkeit – ist maßgeblich durch die Jagdtechnik der Ansitzjagd beeinflusst. Dabei sitzen die Tiere auf Bäumen in der Nähe ihrer Jagdhabitats und warten auf Beute. Bei dieser äußerst ökonomischen Jagdstrategie verbringen die Tiere rund 80 % der Zeit mit Warten und lediglich 7 % im Flug (NADJAFZADEH *et al.* 2015). TIKKANEN *et al.* (2018) haben in ihrer Telemetriestudie das Flugverhalten von subadulten Seeadlern untersucht, dabei haben sie ebenfalls eine geringe Flugaktivität von durchschnittlich 11 % pro Tag ermittelt, dies deckt sich mit den Aussagen weiterer Telemetriestudien (BALOTARI-CHIEBAO 2018). KRONE *et al.* (2009) haben allerdings in einer der ersten jemals durchgeführten GPS-Besenderungen eines Seeadlers eine durchschnittliche tägliche (Flug)Aktivität von 33,1 % ermittelt. Aufgrund der geringen Positionsabfragerate von nur drei Signalen pro Tag kann jedoch die von TIKKANEN *et al.* (2018) und NADJAFZADEH *et al.* (2015) ermittelte Größenordnung als plausibel angesehen werden.

Die meisten Flüge von Seeadlern finden bis zu einer Höhe von 200 m über dem Grund statt (BALOTARI-CHIEBAO 2018). Die von TIKKANEN *et al.* (2018) besenderten Tiere hielten sich während des Flugs zu 29 % in Höhen zwischen 50 und 200 m auf. Auch während der PROGRESS-Studie wurde festgestellt, dass 29 % aller Flüge des Seeadlers in Rotorhöhe stattgefunden haben (GRÜNKORN *et al.* 2016). Dort fand im Gegensatz zu den Aussagen von BALOTARI-CHIEBAO (2018) ein größerer Anteil der Flüge auch in größeren Höhen statt, allerdings bei einem deutlich geringeren Datenumfang. In der Zusammenstellung von BUSSE (2013) fanden von 433 Flugbewegungen 35,6 % in Rotorhöhe statt, 56,1 % darunter. Für den Bereich zwischen 75 und 250 m wird konservativ ein Anteil von 30 % angenommen.

Die Aktionsraumgröße von Seeadlern ist stark abhängig von der Nahrungsverfügbarkeit (KRONE *et al.* 2017). Während einer Raumnutzungsanalyse in Brandenburg nutzten die Seeadler im Zeitraum zwischen Ende Februar und Mitte Juli einen Radius von 2 km um den Horst für eine Vielzahl an ungerichteten Flügen und Thermikkreisen. Flüge in größerer Entfernung fanden überwiegend zielgerichtet in Richtung der Hauptnahrungsgebiete statt (LANGGEMACH & DÜRR 2021). Die Aktionsräume von acht territorialen GPS-markierten Seeadlern in NO-Deutschland umfassten im Mittel 11,9 km² (95 % Kernel), was unter idealisierter Annahme eines kreisförmigen Aktionsraums einem Radius von ca. 2.000 m entsprechen würde. Drei besenderte Seeadler haben im Durchschnitt 80 % ihre Flüge bis zu einer Entfernung von 3.000 m zum Horst durchgeführt (KRONE *et al.* 2017). Diese Angaben decken sich mit der Aufenthaltswahrscheinlichkeit subadulte Seeadler in unterschiedlichen Entfernungen zum Nest von BALOTARI-CHIEBAO (2018). Unter extrem schlechten Bedingungen kann der Anteil von 80 % aller Flugbewegungen auch erst in über 8.000 m erreicht werden (KRONE *et al.* 2017).

4 Kenntnisstand zu IdentiFlight

4.1 Wirksamkeitsuntersuchungen an Adlern in den USA

IdentiFlight wurde in den USA zum Schutz von Adlern vor Kollisionen an WEA entwickelt und bislang spezifisch auf die Zielarten Steinadler, Weißkopfseeadler und Kalifornischer Kondor (USA), Keilschwanz- und Weißbauchseeadler (Australien) trainiert.³ In den USA wurde es bereits in Bezug auf seine Detektionsleistungen und seine Wirksamkeit hinsichtlich der Reduzierung von Kollisionsopfern getestet (MCCLURE *et al.* 2018; MCCLURE *et al.* 2021).

2016 wurde ein Projekt zur Evaluierung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit des IDF-Systems vom „American Wind Wildlife Institute (AWWI)“ sowie von „Western EcoSystems Technology (WEST)“ und den IDF-Entwicklern (Boulder Imaging) ins Leben gerufen. Die Ergebnisse dieser Studie wurden 2018 publiziert (MCCLURE *et al.* 2018). Vom 8. August 2016 bis 9. September 2016 wurden dort vier IDF-Systeme entlang der nördlichen Kammlinie eines Windparks getestet (Abbildung 1). Die Systeme ordneten die während dieses Zeitraums erfassten Vögel, den zuvor programmierten Objektklassen (hier Adler bzw. Nicht-Adler) zu. Die von IDF aufgezeichneten Daten wurden mit denen von qualifizierten Ornithologen, welche im selben Zeitraum und Untersuchungsgebiet Vögel erfassten, verglichen. Die Datenerfassung auf Seiten der Ornithologen erfolgte an jedem Werktag in jeweils vier Zählungen á 105 min. Das Untersuchungsareal umfasste dabei ein Gebiet im 1.000 m-Radius um den Standort des jeweiligen Beobachters (insgesamt 4 Standorte). An jedem IDF-System befand sich ein Ornithologen-Standort.

Nach Beendigung der Datenerfassung wurden anschließend sämtliche Bilder der IDF-Systeme von den Ornithologen nachbestimmt und mit ihren eigenen Daten verglichen. Dabei wurden neben den absoluten Zahlen der registrierten Vögel auch die Falsch-Negativ-Rate sowie die Falsch-Positiv-Rate ermittelt. Als „Falsch-Negativ“ ist der Anteil an Adlern zu verstehen, der vom System nicht als Adler erkannt wurde, während „Falsch-Positiv“ eine fälschliche Zuordnung von Nicht-Adlern zu den Adlern beschreibt.

³ <https://www.identiflight.com/species>, abgerufen am 23.09.2021

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

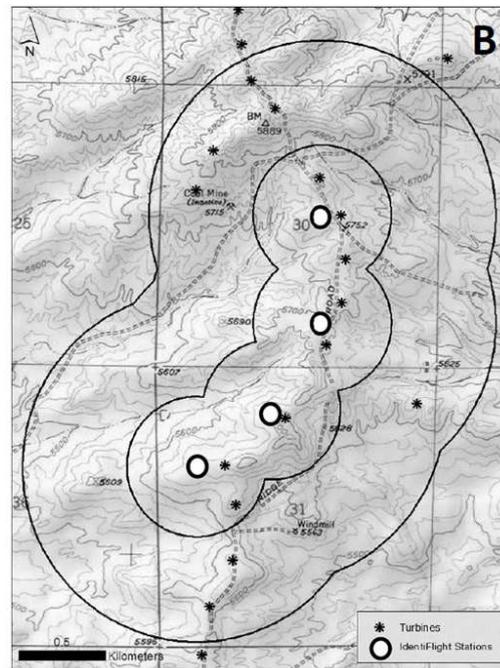


Abbildung 1: Abgrenzung des Untersuchungsgebiets im Windpark Top of the World in Wyoming, USA, mit Lage der WEA (turbines) und der IDF-Systeme. Aus MCCLURE *et al.* (2018)

Folgende Ergebnisse konnten durch den Vergleich zwischen IDF und Beobachter erzielt werden (MCCLURE *et al.* 2018) :

- IDF erfasste 96 % der von den Ornithologen protokollierten Vögeln (1.224 von 1.277).
- Die Ornithologen registrierten 17 % der von IDF erfassten Vögeln (1.224 von 7.182, bezogen auf den Zeitraum, in dem die Beobachter anwesend waren).
- Die Falsch-Negativ-Rate von IDF betrug 6 %, d.h. in 94 % der Fälle erfolgte eine korrekte Klassifizierung von Adlern. Die Falsch-Positiv-Rate von IDF betrug 28 %, d.h. in 72 % der Fälle erfolgte eine korrekte Klassifizierung von Nicht-Adlern.
- Die Ornithologen waren bei der Identifizierung von Nicht-Adlern signifikant besser als IDF, wohingegen IDF bei der Identifizierung von Adlern signifikant besser abschnitt als die Ornithologen (Abbildung 2).
- Die Falsch-Negativ-Rate von IDF wies keinen signifikanten Zusammenhang mit der Entfernung auf, im Gegensatz zu derjenigen der Ornithologen (Abbildung 3).
- Die Objektklassifizierung durch IDF erfolgte im Median bereits nach 0,2 s.
- IDF konnte Vögel in mehr als 1.000 m Entfernung klassifizieren, der Median für die Erkennung als Adler lag bei 793 m (Abbildung 4).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

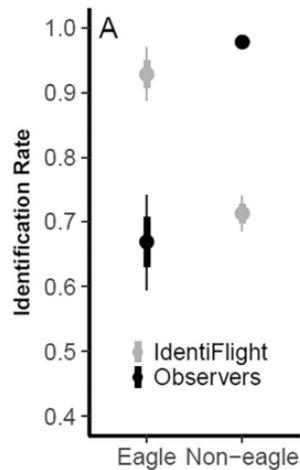


Abbildung 2: Vergleich zwischen IDF und Beobachtern hinsichtlich der korrekten Klassifizierung in Bezug auf Adler und Nicht-Adler. Aus McCLURE *et al.* (2018)

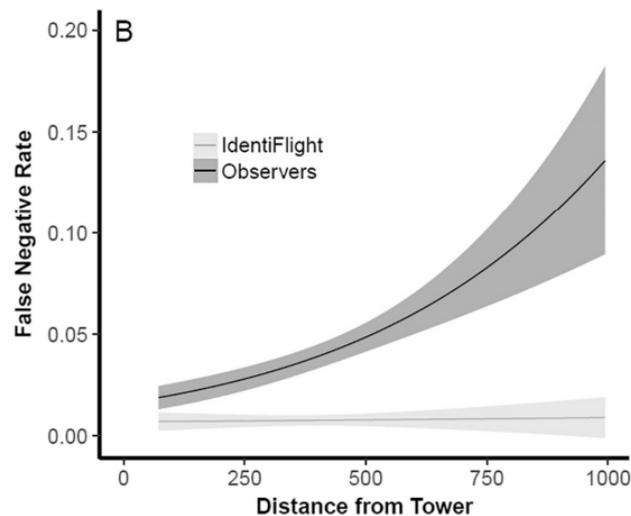


Abbildung 3: Vergleich zwischen IDF und Beobachtern hinsichtlich der Abhängigkeit der Falsch-Negativ-Rate von der Entfernung. Aus McCLURE *et al.* (2018)

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

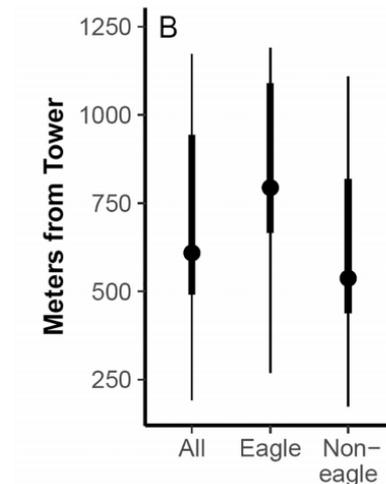


Abbildung 4: Verteilung der Entfernung der korrekt durchgeführten Klassifizierungen durch IDF. Aus McCLURE *et al.* (2018)

Darüber hinaus wurde in einer sechsjährigen BACI-Studie (Before-After-Control-Impact) von 2014 bis 2019 die Kollisionsrate von Adlern in zwei Windparks verglichen (McCLURE *et al.* 2021), wovon einer ab 2018 mit IdentiFlight ausgestattet wurde (Abbildung 5). Vor 2018 erfolgte im Testwindpark eine manuelle Abschaltung einzelner WEA durch Beobachter. Im Kontrollwindpark erfolgte keinerlei Abschaltung. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Kollisionsrate von Adlern durch IdentiFlight im Testwindpark im Vergleich zu dem Kontrollstandort – unter Berücksichtigung des dortigen Anstiegs der Kollisionsrate – sehr weitgehend (rechnerisch um 82 %) reduziert wurde (Abbildung 6).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and Environmental Research Group

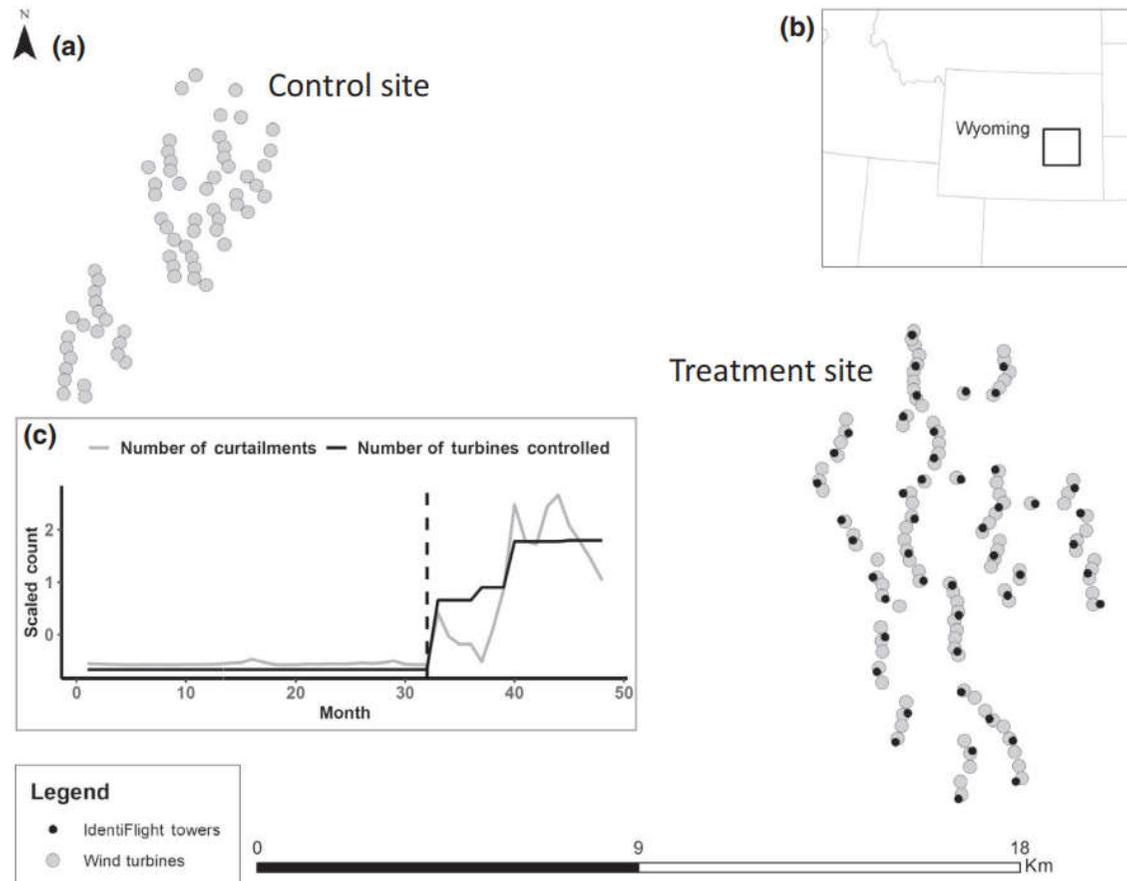


Abbildung 5: Untersuchungsdesign von McClure *et al.* (2021); (a): Kontrollwindpark ohne und Testwindpark mit IdentiFlight (Treatment site); (b): großräumige Lage; (c): Anzahl der induzierten Abschaltungen (curtailments) sowie der überwachten WEA im Testwindpark – bis August 2018 (gestrichelte Linie) durch Beobachter, danach durch IdentiFlight

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

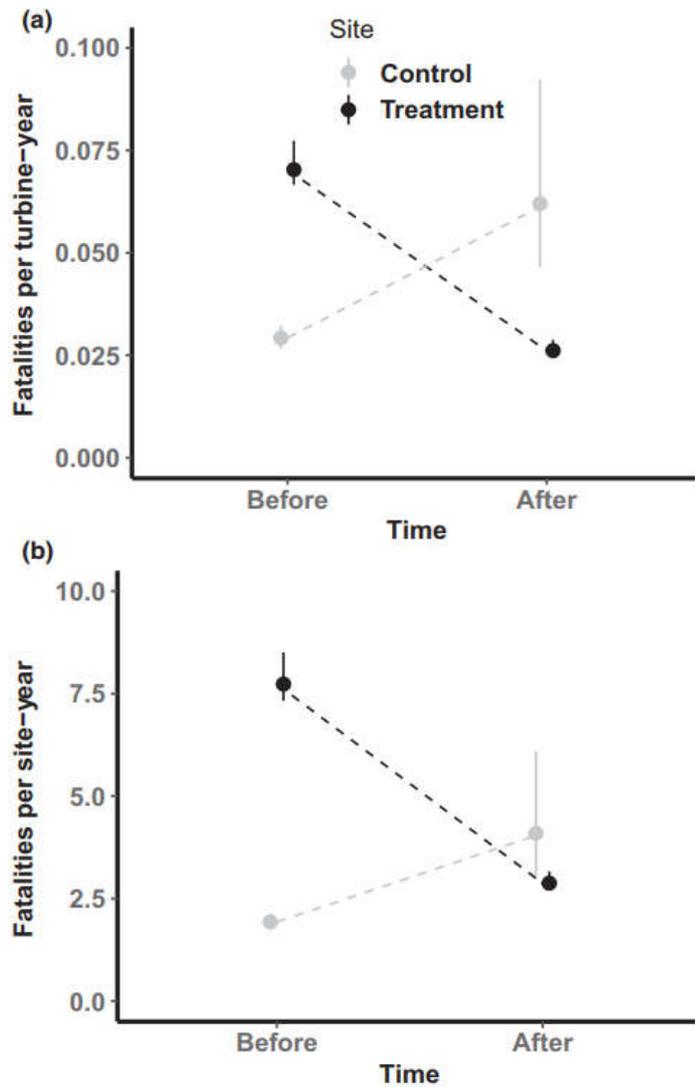


Abbildung 6: Auf der Basis von Kollisionsofersuchen geschätzte Anzahl kollidierter Adler vor und nach der Installation von IdentiFlight im Test-Windpark (Treatment)

Quelle: (McCLURE *et al.* 2021); ermittelt pro WEA und Jahr (a) sowie pro Windpark und Jahr (b)

4.2 Wirksamkeitsuntersuchung der Schweizer Vogelwarte

Auf dem BfN-Kolloquium „Naturverträgliche Windenergienutzung durch smarte Technologien im Artenschutz“ am 03./04.11.2020 wurden von der Schweizer Vogelwarte Sempach Untersuchungen zu den Detektionsleistungen von IDF vorgestellt (ASCHWANDEN 2020).⁴ Anhand der erzielten Ergebnisse wird von der Autorin gefolgert, dass die Detektionseigenschaften des Systems (wenig Fehler bei der Klassifizierung, große Reichweite mit hoher Detektionseffizienz) für die Zielarten Rot- und Schwarzmilan insgesamt eine sehr gute Ausgangslage bieten, um eine bedarfsgerechte Abschaltung zu implementieren. Hierzu wurde inzwischen auch ein vollständiger Projektbericht publiziert (ASCHWANDEN & LIECHTI 2020)⁵. Darin kommen die Autoren zu folgenden Ergebnissen: Die mittlere Erfassungsrate bis zu einem horizontalen Umkreis von 700 m um den Standort des IDF lag für die mit LRF erhobenen Referenz-Flugwege bei 88,3 % und für die per GPS-Telemetrie erfassten Referenz-Flugwege bei 82,6 %. Innerhalb der hier im Rahmen des Tests betrachteten Distanz von 700 m war beim IDF noch keine Abnahme der Detektionswahrscheinlichkeit ersichtlich. Für den Nutzer ist eine einfache Reproduzierung der Funktionen und Ergebnisse des Detektionssystems wichtig. Die Art und Weise, wie die Daten von IdentiFlight zur Verfügung gestellt werden, erlauben es dem Nutzer nachzuvollziehen, wie das System gearbeitet hat. Das IDF-System kann diesbezüglich als gutes Beispiel dienen.

Hinsichtlich der Klassifizierungsleistung wurden sehr geringe Fehlerraten festgestellt. So lag die aus Artenschutzsicht bedeutsame Falsch-Negativ-Rate (Einordnung einer Zielart als Nicht-Zielart) bei 0,4 % und die aus wirtschaftlicher Sicht bedeutsame Falsch-Positiv-Rate (Einordnung einer Nicht-Zielart als Zielart) bei 0,08 % (Abbildung 7).

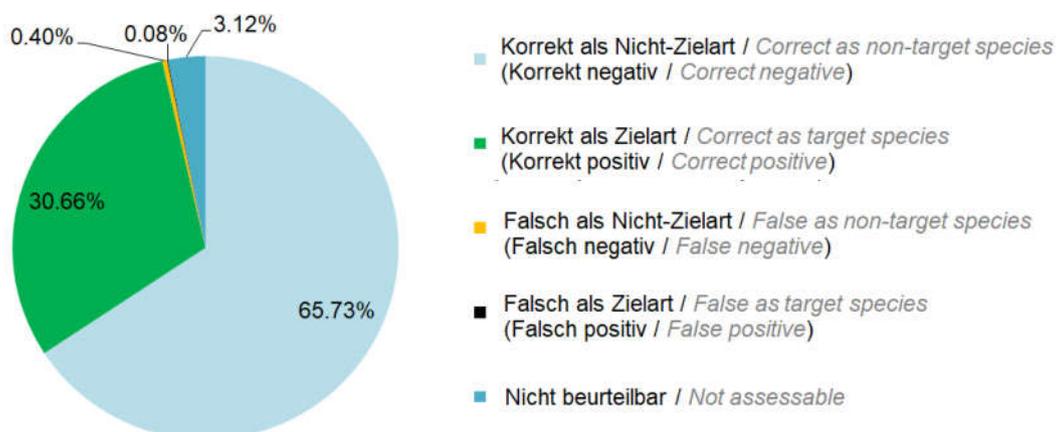


Abbildung 7: Anteile korrekter und falscher Klassifizierung der Flugwege (N = 1.249); ausgewertet anhand der Belegfotos über drei Tage. Quelle: ASCHWANDEN & LIECHTI (2020)

⁴ <https://www.natur-und-erneuerbare.de/aktuelles/details/naturvertraegliche-windenergienutzung-durch-smarte-technologien-im-artenschutz/>

⁵ https://www.zsw-bw.de/uploads/media/NatForWINSSENT_Testbericht_IdentiFlight.pdf

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Zur Überprüfung des Einflusses der Wetterbedingungen auf die Detektionsdistanz wurden von ASCHWANDEN & LIECHTI (2020) drei Tage mit guten Wetterbedingungen (trocken mit klarer Sicht (= 2.000 m)) sowie drei Tage mit schlechten Wetterbedingungen (nass mit teilweise eingeschränkter Sicht (< 2.000 m)) ausgewählt und die Häufigkeitsverteilung der radialen Distanzen gemessen an der ersten als Zielart identifizierten Punktpositionen eines jeden Flugwegs gebildet. Dabei zeigte sich, dass bei schlechten Wetterverhältnissen weiter entfernte Erstdetektionen seltener sind. Bei guten Wetterverhältnissen liegen 90 % der Detektionen innerhalb einer Distanz bis zu 750 m und bei schlechten Wetterverhältnissen liegen rund 91 % der Detektionen innerhalb einer Distanz bis zu 600 m (Abbildung 8).

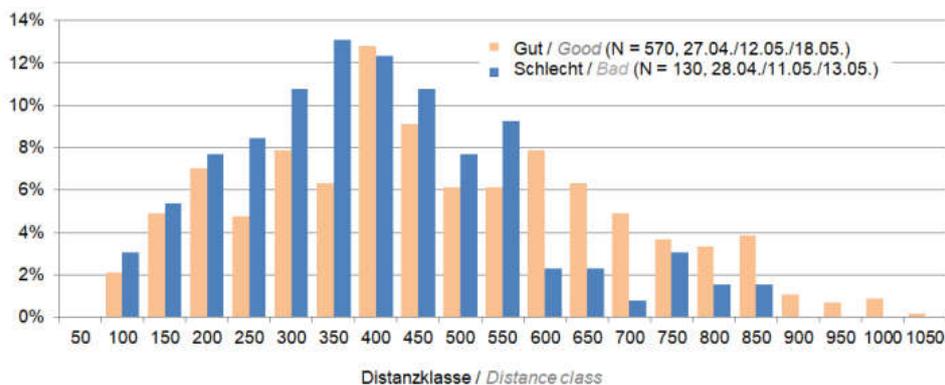


Abbildung 8: Verteilung der radialen Erstdetektions-Distanzen von Flugwegen der Zielarten in Abhängigkeit des Wetters (gut = trocken mit klarer Sicht, schlecht = nass mit eingeschränkter Sicht).
Quelle: ASCHWANDEN & LIECHTI (2020)

4.3 Eigene Wirksamkeitsuntersuchungen zum Rotmilan

Das IDF-System wurde von der ARSU GmbH in Kooperation mit der OekoFor GbR gemäß den Kriterien und Anforderungen des KNE (2019) an sechs Standorten in Deutschland für die Arten Rotmilan bzw. Schwarzmilan getestet. Erste Zwischenergebnisse wurden bereits 2019 und 2021 publiziert.⁶ Die vollständigen Ergebnisse dieser dreijährigen Untersuchung, u. a. hinsichtlich Erfassungsreichweite, Erfassungsrate und Flugobjektklassifizierung und Systemwirksamkeit stehen seit Oktober 2021 in einem Endbericht zur Verfügung (REICHENBACH *et al.* 2021).⁷ Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie zusammengefasst.

6

https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Reichenbach_Reers-KNE-Konferenz_v2.pdf

https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Dokumentation_zur_KNE-Fachkonferenz_Vogelschutz_an_Windenergieanlagen.pdf

https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/20210707_Reichenbach_Reers_IdentiFlight.pdf

⁷ https://www.arsu.de/template/images/files/21-10-07_IDF-Endbericht.pdf

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Die IDF-Daten zeichnen sich durch eine hohe **Lagegenauigkeit der Verortung** bei Vergleichen mit Drohnenflügen und mit per LRF und GPS-Telemetrie aufgezeichneten Vogelflugwegen aus.

Die zuverlässige **Erfassungsreichweite** bei Rot- und Schwarzmilan reicht bis ca. 750 m.

Die **Detektionsrate** beläuft sich auf insgesamt 92 % in Bezug auf per LRF bzw. GPS (besonderter Rotmilan) aufgezeichnete Referenz-Flugwege des Rotmilans bis 750 m Entfernung zum IDF. Besonders aussagekräftig sind in diesem Zusammenhang die Ergebnisse von einem Standort, wo GPS-Daten eines besonderen Rotmilans als Referenz zu Verfügung standen (95 %).

Die **Bestimmungssicherheit** in Bezug auf die Klassifizierung der für die Abschaltung programmierten Zielarten lag 2018 und 2019 zunächst zwischen 78 % und 84 % und konnte nach Einsatz einer verbesserten zweiten Version des neuronalen Netzes 2020 auf über 96 % gesteigert werden.

Im Überblick können die erzielten Ergebnisse mit den Anforderungen verglichen werden, die vom KNE 2020 in einer Workshopreihe zu technischen Überwachungs- und Abschaltssystemen an WEA erarbeitet und 2021 publiziert wurden (Bruns et al. 2021). Dabei zeigt sich, dass IdentiFlight nach den vorliegenden Ergebnissen diese Anforderungen in Bezug auf den Rotmilan erfüllt bzw. noch übertrifft, insbesondere hinsichtlich der Erfassungsreichweite sowie der Erfassungs- und Klassifizierungsrate (Tabelle 1). Dementsprechend wurde IDF am 08.07.2021 in einer Pressemitteilung vom KNE als „reif für die Praxis“ erklärt.⁸ In der Folge wurde in der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG konstatiert, dass für den Rotmilan ein nachweislich wirksames, kamerabasiertes System zur Verfügung steht (Kapitel 2.3.)

Tabelle 1: Vergleich der KNE-Anforderungen und der erzielten Leistungswerte von IDF für den Rotmilan

Erprobungskriterium	Anforderung gemäß BRUNS <i>et al.</i> (2021)	Ergebnisse IDF in Bezug auf den Rotmilan
Räumliche Abdeckung	Mind. 75 %	97-99 %
Zeitliche Abdeckung	Möglichst hoch	95-99 %
Erfassungsreichweite	Mind. die artspezifische Reaktionsdistanz (ergibt sich aus Abregeldauer der WEA und der Fluggeschwindigkeit); als Mindestreichweite wird ein Orientierungswert von 500 Metern empfohlen.	Ca. 750 m
Erfassungsrate	Mind. 75 %, in besonderen Konfliktfällen bis zu 90 %	85-96 %
Klassifizierungsrate	Mind. 75 %; im Reaktionsbereich mind. 90 %	96-98 % (Version 2)

⁸ <https://www.naturschutz-energiewende.de/kompetenzzentrum/presse/pressemitteilungen/erstes-kamerasystem-zur-vermeidung-von-vogelkollisionen-an-wind-energieanlagen-reif-fuer-die-praxis/>, abgerufen am 20.09.2021

Die vorliegenden Ergebnisse aus REICHENBACH *et al.* (2021) zeigen, dass IdentiFlight für jedes der genannten Kriterien einen sehr hohen Erfüllungsgrad erreicht. Dies wird durch die Ergebnisse der weiteren bislang vorliegenden Studien (MCCLURE *et al.* 2018; ASCHWANDEN & LIECHTI 2020; MCCLURE *et al.* 2021) bestätigt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gemäß der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts eine Reduzierung des betriebsbedingten Tötungsrisikos auf null durch Schutz- und/oder Vermeidungsmaßnahmen nicht gefordert werden kann (SPRÖTGE *et al.* 2018).

Es soll nun geprüft werden, ob IdentiFlight auch in Bezug auf den Seeadler die in Tabelle 1 aufgeführten Anforderungen gemäß Bruns *et al.* (2021) erfüllen kann.

5 Funktionsweise von IdentiFlight

5.1 Aufbau und Funktionsweise

Ein IDF-System besteht aus der Kombination zweier Kameraeinheiten – acht fixe Weitwinkelkameras sowie eine bewegliche Stereokamera und wird auf einem Mast mit einer Höhe von bis zu 10 m im Offenland bzw. bis zu 42 m im Wald montiert (Abbildung 9).

Für die Überwachung des Luftraums greifen die beiden Kameraeinheiten wie folgt ineinander: Die untere Einheit aus acht kreisförmig angeordneten Weitwinkelkameras überwacht permanent, im horizontalen 360 ° Umkreis, wobei die Erfassungsbereichweite von der Größe der zu detektierenden Zielart abhängt. Für den Rotmilan wurden bereits ca. 750 m ermittelt (REICHENBACH *et al.* 2021) und für Adler ca. 1.000 m (Kapitel 6.2.1 und 6.2.3).

Die Weitwinkelkamera-Einheit dient dazu Bewegungen im Luftraum zu detektieren (Objekte, die sich für mehr als 30 s nicht fortbewegen, werden ignoriert) und relevante Flugobjekte herauszufiltern. Dabei ist die Beobachtung von mehreren Objekten gleichzeitig möglich. Irrelevante Flugobjekte (z. B. Flugzeuge, Fahrzeuge, Rotorblätter, Fallschirmspringer oder kleine Vögel) werden von relevanten Flugobjekten (z. B. Exemplare der Zielart Rotmilan oder Seeadler) auf der Basis bestimmter Objekt-Parameter unterschieden, die mit einer Frequenz von 5 Hz von den Weitwinkelkameras erfasst werden: Helligkeit, ungefähre Größe, Geschwindigkeit, Position und Bewegungsmuster des detektierten Objekts.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 9: Installiertes IdentiFlight-System

Wird aufgrund dieser Objekt-Parameter auf die Detektion eines relevanten Flugobjekts geschlossen (Exemplar einer Zielart), so erfolgt eine Meldung an die zweite Kameraeinheit – die Stereokamera. Die Stereokamera richtet sich daraufhin auf das entsprechende Objekt aus und erfasst mit einer Frequenz von 10 Hz Daten des Flugobjekts. Aus diesen 10 Hz Daten wird im Anschluss das Bild mit der höchsten Konfidenz der Objektklassifizierung ausgewählt und als 1 Hz Datenpunkt abgelegt, für den dann detailliert die Position, die Größe sowie die Flugroute und -geschwindigkeit des Objekts im dreidimensionalen Raum vorliegen. Die Entfernungsmessung sowie der Winkel bei der Verortung des Vogels kann dabei einen Fehler von ca. 5 % aufweisen (Hersteller-Angaben).

Die hohe Auflösung der Stereokamera ermöglicht eine genauere Farb-, Form- und Bewegungsmustererkennung und damit eine Klassifizierung des detektierten Objekts hinsichtlich der programmierten Objektklassen (Zielart versus Nicht-Zielart). Wird das

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

detektierte Objekt einer Zielart zugeordnet, erfasst die Stereokamera das Objekt weiterhin, bestimmt die Flugroute und dokumentiert diese. Wird das Objekt jedoch einer Nicht-Zielart zugeordnet (z. B. Vögel mit anderer Größe oder Farbe als die Zielart), ignoriert die Stereokamera dieses Objekt in weiterer Folge. Ebenso wie die Weitwinkelkamera-Einheit kann auch die Stereokamera mehrere Objekte gleichzeitig verfolgen, in dem sie – je nach programmierter Priorisierung – zwischen diesen hin und her schwenkt.

Die Stereokamera kann sich mithilfe zweier Kalibrierungstafeln, die in ca. 300 m und 500 m Entfernung zum Kamerastandort fest aufgebaut werden, automatisch selbst kalibrieren (Überprüfung der Winkel- und Entfernungsmessung und ggf. Korrektur). Automatisch beheizbare Kameralinsen gewährleisten zudem einen ganzjährigen Einsatz von IDF (z. B. bei Regen oder Schnee). Laut Hersteller erstreckt sich das vertikale Sichtfeld der IDF-Weitwinkelkameras von -1° bis $+64^\circ$ (Steigungswinkel), das vertikale Sichtfeld der IDF-Stereokamera von technisch -18° bis $+83^\circ$ (PTU V2) bzw. technisch -30° bis $+90^\circ$ (PTU V3), wobei die tatsächlichen Winkel je nach Standortparameter und Leistungsanforderungen angepasst werden müssen. Die IDF-Systeme weisen somit eine „blinde Zone“ unmittelbar über sich auf, innerhalb derer keine Objekte entdeckt und durch die keine Objekte verfolgt werden können (Abbildung 10, Abbildung 11). Zudem gibt der Hersteller bei klarem Himmel einen „blinden Fleck“ von 15° um die Sonne an, wenn sich ein Objekt, vom Standpunkt von IDF, direkt vor der Sonne befindet. Im Rahmen der Wirksamkeitsuntersuchung zum Rotmilan (REICHENBACH *et al.* 2021) konnte jedoch gezeigt werden, dass diese technische Angabe in der Praxis unterschritten wird und von einem „blinden Fleck“ von unter 5° um die Sonne auszugehen ist. Darüber hinaus gibt der Hersteller an, dass die Einschränkungen des Sichtfeldes von IDF aufgrund der genannten technischen Parameter, des Sonnenstandes oder durch topografische Gegebenheiten durch ein Netzwerk aus mehreren IDF-Systemen minimiert werden können.

Falls aus technischen oder datenschutzrechtlichen Gründen erforderlich, können bestimmte Bereiche maskiert werden. Das bedeutet, diese Bereiche können zwar theoretisch von den Kameras erfasst werden, sind aber technisch „geschwärzt“ und werden nicht aufgenommen.

5.2 Klassifizierungs-Software

Die Klassifizierung eines detektierten Flugobjekts basiert auf einem neuronalen Netz. Informationen der Stereokamera – Fotos sowie die Entfernungsinformationen – werden in Echtzeit vom neuronalen Netz verwendet, um das Flugobjekt zu klassifizieren. Dabei wird zu jeder Klassifizierung ein Konfidenzwert ausgegeben, der angibt, wie sicher sich das System mit der Klassifizierung ist.

Basierend auf einem Bild durch die Stereokamera, wird somit für jeden sekundlichen Datenpunkt ein Konfidenzwert ermittelt und von IDF gespeichert. Für eine Sichtung der Daten, wie bspw. in der vorliegenden Untersuchung, fasst IDF Datenpunkte mit zeitlichem und räumlichem Zusammenhang sowie ähnlicher Flugrichtung, in sog. „Tracks“ mit jeweils einer Track-ID zusammen. Für die Entscheidung des Klassifizierungsalgorithmus sind diese Tracks allerdings nicht von Relevanz.

Die Klassifizierung durch das IDF-System zeichnet sich durch eine vorsorglich intendierte Übergewichtung des Falsch-Positiv-Fehlers aus. Das bedeutet, dass im Zweifelsfall eine Nicht-Zielart eher als Zielart eingeordnet wird als umgekehrt. Es wird demnach analog den Regeln der Funktionalen Sicherheit⁹ im Zweifelsfall in den sicheren Zustand (Trudelbetrieb der Anlage) gewechselt.

IDF speichert zu jedem Datenpunkt u.a. folgende Informationen und legt diese gesammelt in einer Datei für den jeweiligen Tag ab (Abbildung 12):

- Track-ID
- Zeitstempel
- radiale Distanz und horizontale Distanz
- Steigungswinkel und Azimut
- Höhe über Grund und über Meeresspiegel
- x- und y-Koordinaten (in UTM) sowie geografischer Längen- und Breitengrad
- Objektklassifizierung (Vogelart bzw. Artengruppe) mit Konfidenzwert der Klassifizierung
- ein Foto des Objekts
- ID der Weitwinkelkamera (in deren Sichtfeld das Objekt fliegt)
- Bezeichnung und Entfernung der dem Flugobjekt nächstgelegenen WEA

Zur Minimierung der Datengröße wird das Foto bereits vor dem Ablegen auf die Größe des Flugobjekts zugeschnitten. Diejenigen Flugbewegungen, die ein Abschaltsignal generiert haben, werden zusätzlich in einer separaten Datei mit denselben Informationen abgelegt.

⁹ https://de.wikipedia.org/wiki/Funktionale_Sicherheit, abgerufen am 08.05.2021

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

TrackID	DateTimeStamp	RadialDistance_r	X	Y	Latitud	Longitu	SpeciesT	ConfidenceLevel	TowerNumber	HeightAGL_m	HorizontalDI	ClosestTur	TurbineDistar	Image
87533ff4-3411-4d29-b702-b70b33055098	5/21/2021 10:51:03.180	493.9152	418314	5991674	54.0668	13.7518	WHITE-TAIL	1	7	264	422	WEA2	264.0970081	
87533ff4-3411-4d29-b702-b70b33055098	5/21/2021 10:51:04.182	496.9173	418317	5991680	54.06686	13.75184	WHITE-TAIL	1	7	271	421	WEA2	262.778252	
87533ff4-3411-4d29-b702-b70b33055098	5/21/2021 10:51:05.188	481.6898	418309	5991698	54.06701	13.75172	WHITE-TAIL	1	7	267	405	WEA2	243.6838314	
87533ff4-3411-4d29-b702-b70b33055098	5/21/2021 10:51:06.190	472.1395	418302	5991707	54.06709	13.75161	WHITE-TAIL	1	7	267	394	WEA2	233.8926029	
87533ff4-3411-4d29-b702-b70b33055098	5/21/2021 10:51:06.190	472.1395	418302	5991707	54.06709	13.75161	WHITE-TAIL	1	7	267	394	WEA2	233.8926029	

Abbildung 12: Beispiel aus den von IDF gespeicherten Originaldaten. Korrekte Klassifizierung als Seeadler (WHITE-TAILED-EAGLE)

5.3 Abschaltung der Windenergieanlagen

Zum Schutz der programmierten Zielart (hier mit dem Fokus auf den Seeadler) arbeitet das IDF-System mit einem vektoriellen Abschaltalgorithmus (Time To Collision Methode), der auf zwei Abstandszylindern (äußerer und innerer Abstandszylinder) rund um die WEA beruht (Abbildung 13). Die Abstandszylinder erstrecken sich vom Boden bis zu einer definierten Höhe H .

Jede Sekunde zeichnet IDF einen Datenpunkt auf, für den unter anderem die Position sowie die Flugrichtung des detektierten Seeadlers von IDF aus den 10 Hz Daten berechnet werden. Solange sich der Seeadler außerhalb des äußeren Abstandszylinders (mit einem Radius von R_{\max} und einer Höhe von H_{\max}) aufhält, wird kein Abschaltsignal ausgegeben. Unterschreitet der Vogel allerdings diesen Abstand (R_{\max}) wird immer dann ein Abschaltsignal generiert, wenn sich der Vogel auf „Kollisionskurs“ befindet. Das bedeutet, dass der Vektor seiner Flugroute, nach einer bestimmten Zeit t (Time To Collision), bei gleichbleibender Flugrichtung und -geschwindigkeit den Rotorbereich der WEA kreuzt. Dabei muss die TTC der jeweiligen Zeitspanne bis zum Übergang in den Trudelbetrieb der WEA entsprechen, damit der Vogel beim Eintreffen im Rotorbereich nicht mehr gefährdet ist. Im Folgenden wird daher die Abschaltzeit gleichgesetzt mit der TTC.

Bei Eintritt in den inneren Abstandszylinder (mit einem Radius von R_{\min} und einer Höhe von H_{\min}), wird immer ein Abschaltsignal ausgegeben, unabhängig von der Flugrichtung und -geschwindigkeit des Vogels (Abbildung 14). Dies gilt in gleicher Weise, wenn der Vogel erst innerhalb des R_{\min} detektiert wird, z.B. nach Auffliegen von einer Sitzwarte oder nach Auftauchen aus einem zuvor sichtverschatteten Bereich. Befindet sich der Vogel danach für eine bestimmte Zeit wieder außerhalb des inneren Abstandszylinders und werden dabei keine Abschaltbedingungen mehr erfüllt (kein Kollisionskurs), so wird der Abschaltbefehl aufgehoben und die betreffende WEA geht nach dieser „Time to clear“ (T_c) wieder in Betrieb.

Die T_c soll die WEA schonen und verhindern, dass z. B. durch das Kreisen am Rande des inneren Abstandszylinders ständige Ab- und Wiedereinschaltensignale generiert werden. Nach Sendung eines Abschaltsignals durch IDF an die überwachte WEA wird diese erst wieder in Betrieb genommen, wenn innerhalb der frei programmierbaren T_c kein weiterer Abschaltbefehl generiert wurde.

Radius und Höhe der Abstandszylinder können variabel programmiert werden und hängen im Wesentlichen von drei Parametern ab:

- von den WEA-Dimensionen (*Nabenhöhe und Rotorradius*),
- von der Zeit, die die WEA benötigt, um ab Empfang des Abschaltsignals in den Trudelbetrieb zu gelangen (*Abschaltzeit*) und
- von der Fluggeschwindigkeit der Zielart (*Fluggeschwindigkeit*).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Somit ergeben sich zur Berechnung der Dimensionierung der Abstandszylinder folgende Formeln. Für den inneren Abstandszylinder wird dabei der Median der Fluggeschwindigkeit, und für den äußeren Abstandszylinder wird das 90. Perzentil der Fluggeschwindigkeit zugrunde gelegt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Horizontale Ausdehnung bzw. Radius der Abstandszylinder} \\
 & = \text{Rotorradius} + \text{Fluggeschwindigkeit} * \text{Abschaltzeit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Vertikale Ausdehnung bzw. Höhe der Abstandszylinder} \\
 & = \text{Nabenhöhe} + / - \text{Rotorradius} + / - \text{Fluggeschwindigkeit} * \text{Abschaltzeit}
 \end{aligned}$$

In Abbildung 13 ist die Dimensionierung der Abstandszylinder schematisch dargestellt. Die für die vorliegende Untersuchung zugrunde gelegte Dimensionen der Abstandszylinder werden in Kapitel 7.3.1 erläutert.

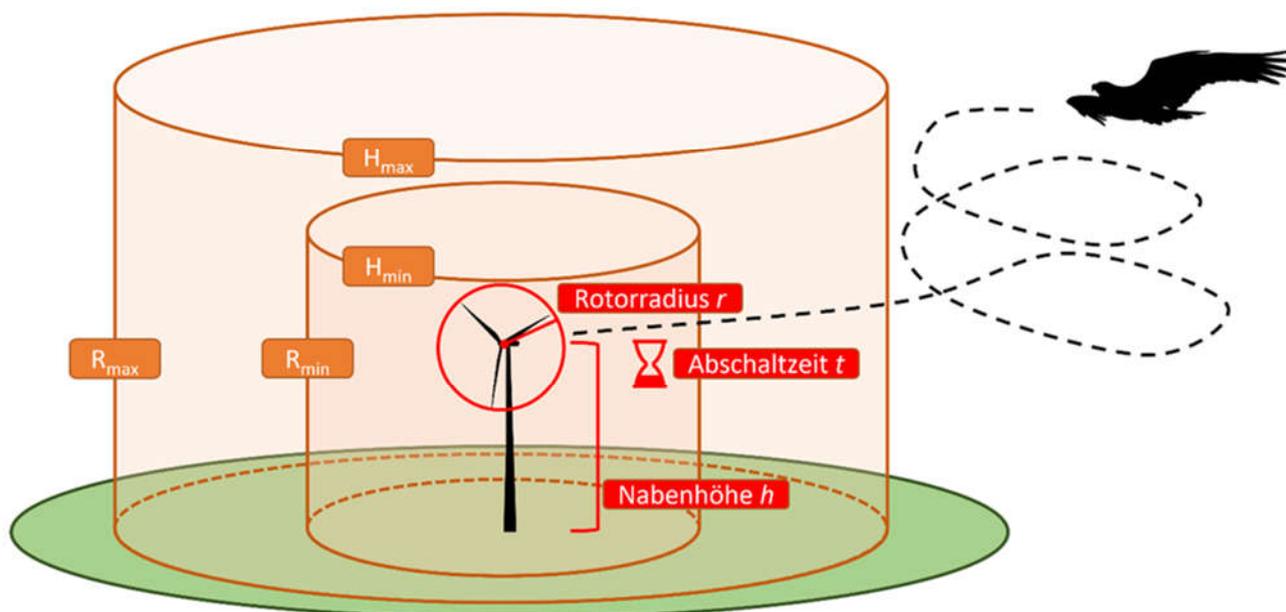


Abbildung 13: Schema zur Dimensionierung der inneren und äußeren Abstandszylinder.

H_{\max} = Höhe des äußeren Abstandszylinders, H_{\min} = Höhe des inneren Abstandszylinders; R_{\max} = Radius des äußeren Abstandszylinders, R_{\min} = Radius des inneren Abstandszylinders

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

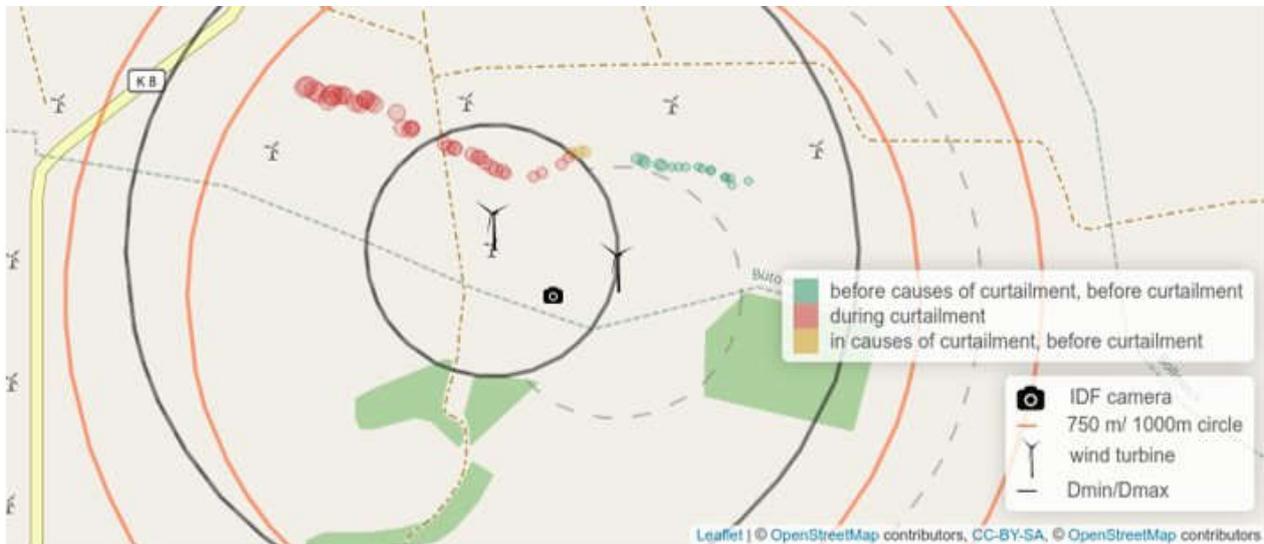


Abbildung 14: Abschaltung (curtailment) bei Einflug in den inneren Abstandszyylinder.
 Zielart fliegt von Osten in den inneren Zylinder (grüne Punkte: keine Abschaltung, rote Punkte: Abschaltung); Projektbeispiel aus Mecklenburg-Vorpommern; Quelle: REICHENBACH *et al.* (2021)

6 Untersuchungskonzept – Wie gut schützt IdentiFlight den Seeadler?

Das nachfolgend dargestellte Untersuchungskonzept folgt der Vorgehensweise von REICHENBACH *et al.* (2021), die anhand von Erprobungen an sechs Standorten bereits die Frage beantwortet hatten: Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan (Kapitel 4.3)? Gemäß KNE (2019) sind im Rahmen einer solchen Systemerprobung am jeweiligen Standort eine Reihe von Fragen zu beantworten, um eine differenzierte Darstellung der Systemleistungsfähigkeit in Abhängigkeit von unterschiedlichen Standorteigenschaften und vorherrschenden Bedingungen zu erreichen:

1. Welche räumliche und zeitliche Abdeckung wird durch das erprobte System grundsätzlich erreicht?
2. Auf welche Entfernung zur WEA werden die relevanten Flugobjekte sicher erfasst und welche Faktoren können dies beeinflussen?
3. Wie viele von den tatsächlich vorkommenden Flugobjekten werden erfasst?
4. In welchem Umfang werden die erfassten Flugobjekte durch das System richtig in systemspezifische Klassen (z.B. große oder mittelgroße Vögel oder konkrete Zielarten) unterschieden?
5. Welche Wirksamkeit und Effizienz werden durch die Systemreaktion, d.h. durch die Generierung von Abschaltsignalen, erreicht?

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

Daraus ergeben sich die vom KNE (2019) vorgegebenen Erprobungskriterien, anhand derer in der vorliegenden Untersuchung die Wirksamkeit von IDF zum Schutz der Zielart(en) vor Kollisionen an WEA überprüft wurde:

1. Räumliche und zeitliche Abdeckung
2. Erfassungsreichweite
3. Erfassungsrate
4. Klassifizierungsrate
5. Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung

Die Untersuchung wurde 2021 an vier Windparkstandorten in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt (Abbildung 15). An den Standorten Plate, Tarnow und Wolgast befand sich jeweils ein IDF-System, am Standort Wilsickow hingegen zwei. Im Einzelnen wurden die vom genannten Erprobungskriterien wie folgt untersucht:

1. Für die Beurteilung der räumlichen und zeitlichen Abdeckung durch IDF wurden die Daten der Untersuchungsstandorte hinsichtlich Ausfallzeiten und Sichtverschattungen analysiert. Darauf basierend können Aussagen zur zeitlichen Systemverfügbarkeit sowie zu etwaigen Einschränkungen der Überwachung des Beobachtungsbereichs um die jeweilige WEA getroffen werden.
2. Es wurde ermittelt, bis zu welcher Entfernung die Zielart (hier Seeadler) durch das System detektiert wurde (Erfassungsreichweite). Maßgebend war dabei die Entfernung des ersten Detektionspunktes eines Tracks zu IDF.
3. Für die Überprüfung der Erfassungsrate ist die Erhebung von Referenzdaten durch ein sog. Zweitsystem erforderlich (KNE 2019). Die Leistungsfähigkeit des Zweitsystems wiederum muss, bezogen auf die Erprobungsfragen, ausreichend bekannt sein. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde ein LRF eingesetzt, um an den Untersuchungsstandorten die Erfassungsrate der Zielart(en) im Sichtfeld des IDF mit den Flugwegedaten der LRF-Erfassungen abzugleichen.
4. Die Rate der korrekten IDF-Klassifizierung (Zielart versus Nicht-Zielart) am Untersuchungsstandort wurde ermittelt durch manuelles Nachbestimmen der Fotos und anschließenden Abgleich mit der jeweiligen Klassifizierung durch IDF.
5. Um die Wirksamkeit des IDF-Systems hinsichtlich einer korrekten Betriebssteuerung der WEA zum Schutz der Zielart zu bestimmen, wurden die vom IDF-System initiierten Abschaltungen der einprogrammierten virtuellen WEA analysiert.

Zusätzlich zu den vom KNE (2019) entwickelten Erprobungskriterien wurden in der vorliegenden Studie auch Parameter des Flugverhaltens – Fluggeschwindigkeit (horizontal und vertikal) sowie Flughöhe – des Seeadlers untersucht. Diese sind essenziell, um artspezifisch optimierte Abschaltalgorithmen auf der Basis der verschiedenen Abstandszylinder von WEA ableiten zu können. Für die Ermittlung der Parameter zum Flugverhalten wurden die durch das IDF mit einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung generierten Daten herangezogen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 15: Lage der Untersuchungsgebiete. Alle Untersuchungsgebiete wurden 2021 beprobt.

Zur Neutralitätswahrung und Qualitätssicherung der Untersuchung wurde eine externe Projektüberwachung durch TÜV Nord eingerichtet. TÜV Nord stellte eine Durchführung der Untersuchung nach den vorgegebenen Regeln sicher und nahm die entsprechenden Rahmenbedingungen auf (beteiligte Institutionen sowie Personen, Versuchsaufbau, Durchführung, Besonderheiten etc.).

Eine zentrale Aufgabe bestand in der Überwachung einer neutralen Datenerhebung. Hierzu stellte TÜV Nord einen Server bereit, auf den die erhobenen Daten übermittelt wurden. Daraufhin wurden die Daten von TÜV Nord mit einem Hash-Wert versehen, um ggf. nachträgliche Manipulationen erkennbar zu machen. Erst nach einer Übermittlung der erhobenen Daten aller Akteure wurden die Daten zirkuliert und ausgewertet. Sowohl die erhobenen Daten als auch deren Auswertung wurden im Nachhinein stichprobenhaft überprüft. Die vom IDF aufgenommenen Daten (Flugwege und Fotos der aufgezeichneten Vögel) wurden vor Ort gespeichert und per Remote-Zugriff abgerufen. Von dort aus wurden die Daten ebenfalls auf dem TÜV-Nord-Server bereitgestellt.

Eine spezielle Auswertung der Klassifizierungsleistung für den Winterzeitraum war ursprünglich nicht im Untersuchungskonzept vorgesehen. Die Daten, welche für die Ermittlung dieser Untersuchung ausgewertet wurden, sind folglich nicht über den TÜV-Server ausgetauscht worden und waren daher für TÜV Nord nicht überprüfbar.

7 Methodik

7.1 Standortlayout & räumliche Abdeckung

Die räumliche Abdeckung eines Standortes beschreibt, wie gut IDF den relevanten, dreidimensionalen Raum unter Einschränkungen wie Sichtverschattungen (z. B. durch Bäume oder andere WEA) oder Reliefunterschiede überblicken kann. Daraus können ggf. bestehende Einflüsse auf die Wirksamkeit des IDF-Systems vor Ort abgeleitet werden. Ebenfalls deutlich werden die standortspezifischen Bereiche, die aus datenschutzrechtlichen Gründen ggf. maskiert wurden. Solche Maskierungen waren am Standort Wilsickow vorhanden, an den anderen Standorten jedoch nicht

Alle Untersuchungsstandorte befinden sich in ähnlichen Naturräumen und zeigen vergleichbare landschaftliche Gegebenheiten. Es handelt sich um Offenlandstandorte mit landwirtschaftlicher Nutzung, wie sie für viele potenzielle Flächen, auf denen Windenergie genutzt werden kann, typisch sind. Durch einen geringen Waldanteil und das weitgehend flache Relief sind die ausgewählten Untersuchungsstandorte für die Erprobung von IDF geeignet (geringe Verschattung). Der relevante Höhenbereich ab ca. 30 m war bei allen Standorten ohne Einschränkung für die Systeme einsehbar (Abbildung 16 bis Abbildung 24).

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Plate** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und zeigt wenige Elemente, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems einschränken könnten (Abbildung 16 und Abbildung 17). Richtung Norden befindet sich am Standort eine Baumreihe in ca. 200 m Entfernung, die für eine kleine Sichtverschattung Richtung WEA 1 sorgt. Dadurch kann die Detektion niedriger Flüge nördlich des Systems eingeschränkt sein. Reale WEA waren am Standort nicht vorhanden.

In Plate befand sich IDF zwischen den drei virtuellen WEA in ca. 150 m bis 350 m Entfernung zu den WEA. Der Erfassungsradius von 1.000 m deckte den inneren und äußeren Abstandszyylinder der virtuellen Anlagen komplett ab.

In dem Untersuchungsgebiet in Plate befand sich ein bekannter Seeadlerhorst ca. 1.300 m südwestlich des IDF-Systems.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

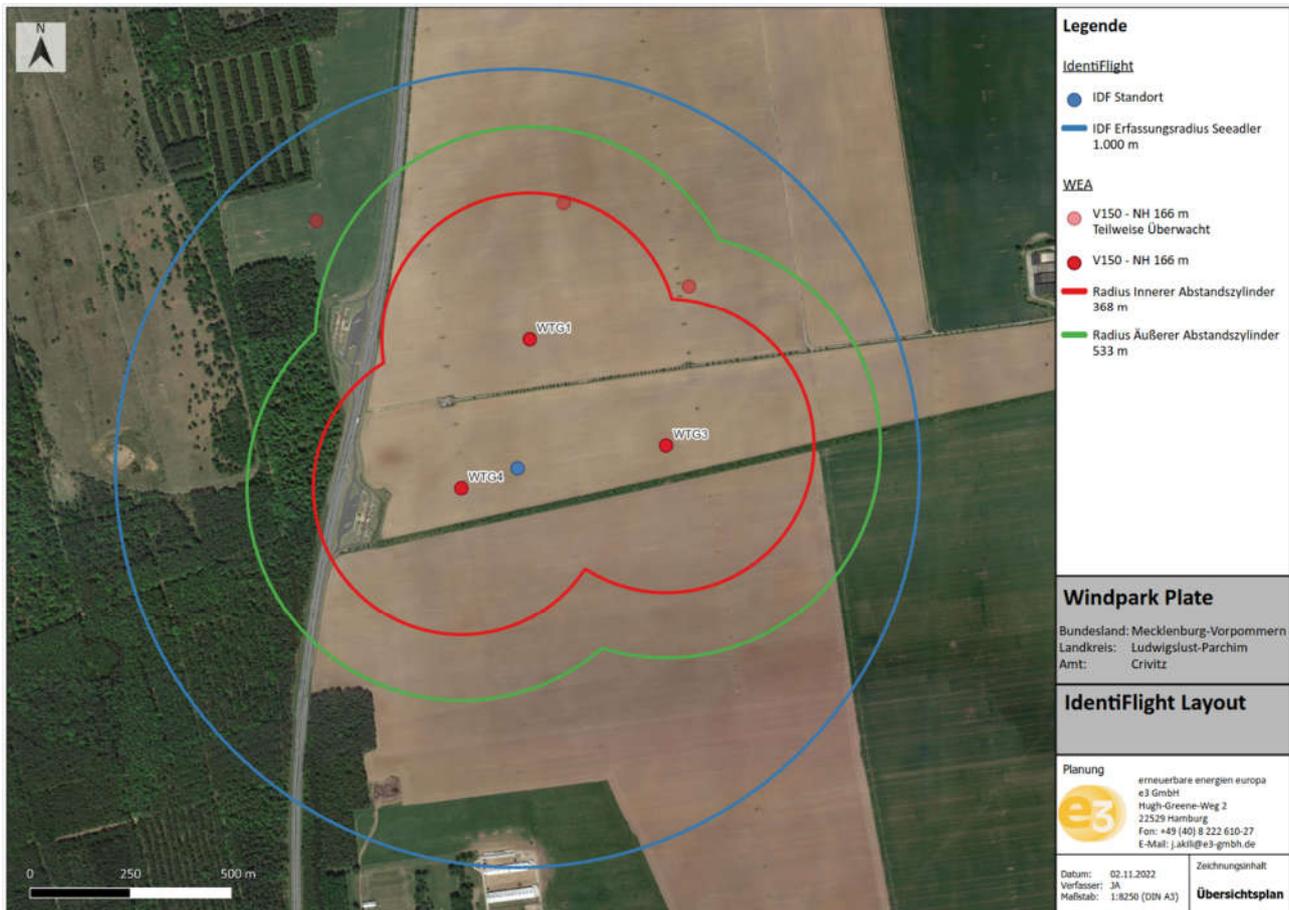


Abbildung 16: Standorte der virtuellen WEA und des installierten IDF-Systems am Standort Plate.
 Die WEA sind als rote Punkte, das IDF-System als blauer Punkt eingezeichnet. Die inneren Abstandszylinder der WEA sind rot, die äußeren Abstandszylinder sind grün markiert. Blau umrandet ist der 1.000 m Radius rund um das IDF-System.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

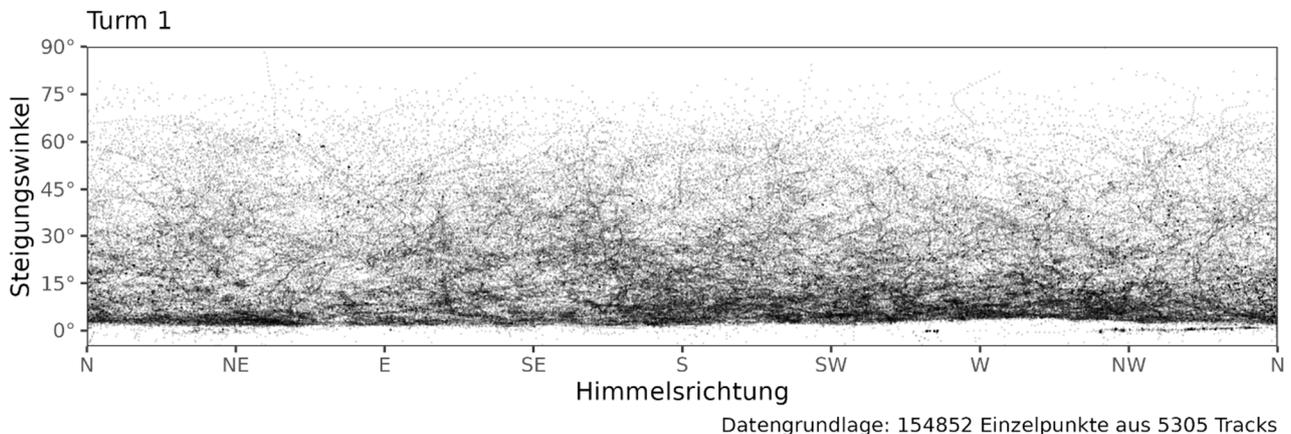


Abbildung 17: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Plate.

Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie bodennahe, sichtverschattende Strukturen (sie erscheinen hier heller, da dort keine Datenpunkte generiert werden konnten). Zu beachten ist, dass die Entfernung zu IDF nicht abgeleitet werden kann und durch die zweidimensionale Projektion einer Halbkugel um den IDF-Standort die Darstellung der Datenpunkte mit zunehmendem Steigungswinkel immer mehr verzerrt wird und bei gleicher Aktivität weniger dicht erscheint.

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Tarnow** besteht größtenteils aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und beinhaltet mehrere Hecken bzw. Gehölzstrukturen, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems einschränken könnten (Abbildung 18 und Abbildung 19). Die drei virtuell programmierten WEA am Standort liegen jedoch alle in dem Bereich, der von dem System ohne Sichtverschattung eingesehen werden kann.

In Tarnow befand sich IDF mittig zwischen den drei virtuellen WEA in ca. 200 m bis 250 m Entfernung zu diesen. Der Erfassungsradius von 1.000 m deckte damit den inneren und äußeren Abstandszyylinder aller drei WEA komplett ab.

In dem Untersuchungsgebiet in Tarnow befanden sich vier bekannte Seeadlerhorste in ca. 2.500 m bis 6.000 m Abstand zu dem IDF-System.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

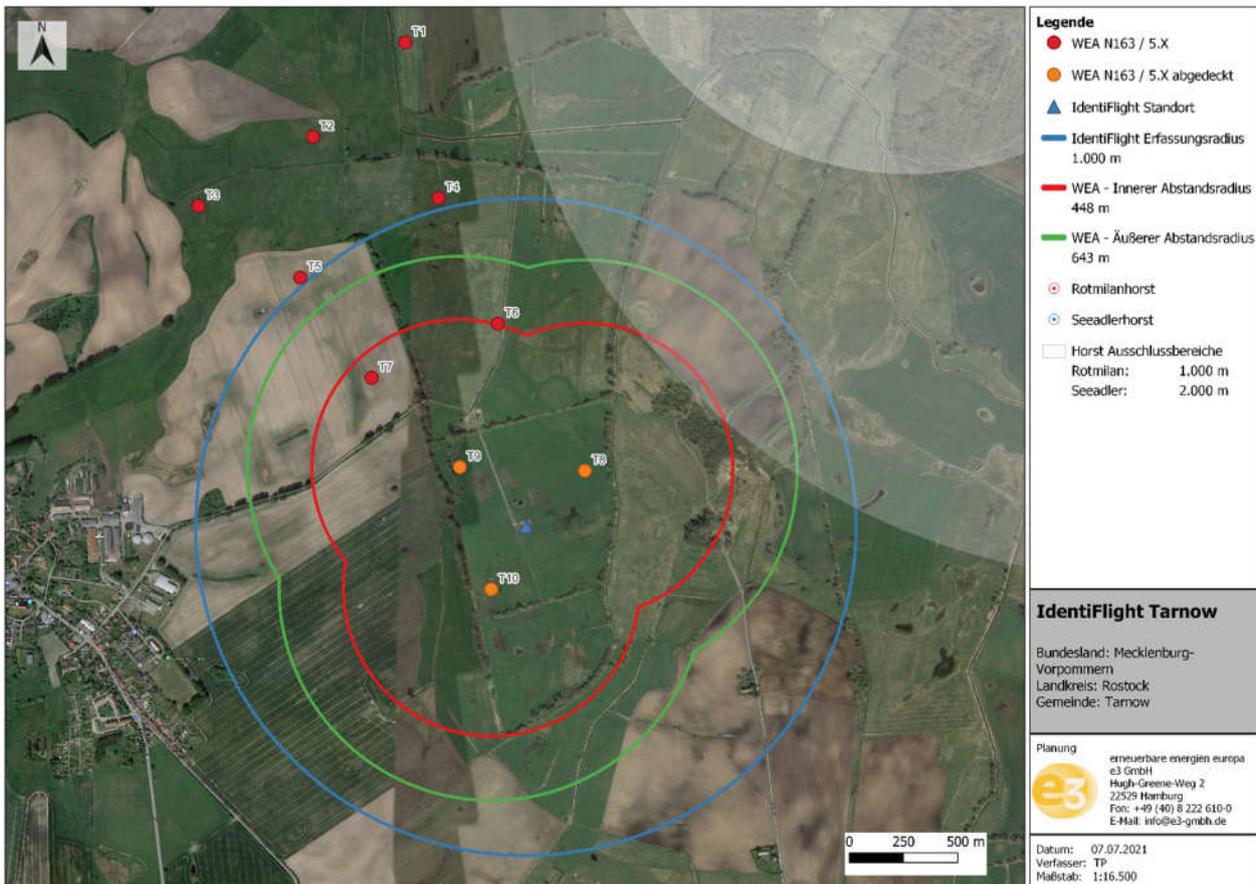


Abbildung 18: Standorte der virtuellen WEA und des installierten IDF-Systems am Standort Tarnow.
 Die überwachten WEA sind als orange Punkte eingezeichnet. Das IDF-System ist als blaues Dreieck markiert. Rot umrandet sind die inneren Abstandszyklen der WEA, grün die äußeren Abstandszyklen. Blau umrandet ist der 1.000 m Radius rund um das IDF-System.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

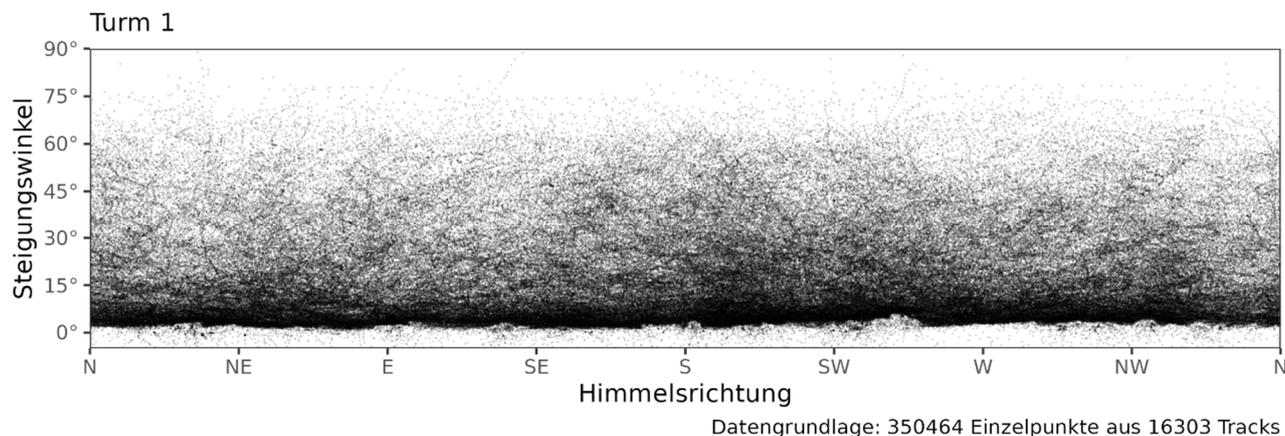


Abbildung 19: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Tarnow.

Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie bodennahe, sichtverschattende Strukturen (sie erscheinen hier heller, da dort keine Datenpunkte generiert werden konnten). Zu beachten ist, dass die Entfernung zu IDF nicht abgeleitet werden kann und durch die zweidimensionale Projektion einer Halbkugel um den IDF-Standort die Darstellung der Datenpunkte mit zunehmendem Steigungswinkel immer mehr verzerrt wird und bei gleicher Aktivität weniger dicht erscheint.

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Wilsickow** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und einem Waldgebiet im Nordosten des Gebiets. Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Bestandsparks Wilsickow I mit 17 WEA des Typs AN Bonus 54/1,0 MW. Es sind außer diesen Bestands-WEA kaum Strukturen vorhanden, welche die räumliche Abdeckung der IDF-Systeme am Standort negativ beeinflussen (Abbildung 20 bis Abbildung 22). Insgesamt wurden von den zwei IDF-Systemen fünf WEA überwacht, welche virtuell teils an Standorten programmiert wurden, an denen bereits Bestandsanlagen vorhanden waren, und teils an Standorten, an denen keine realen WEA vorhanden waren. Bei den Standorten für die virtuellen WEA handelte es sich um geplante Repowering-Standorte.

In Wilsickow befanden sich die beiden IDF-Systeme in ca. 150 m bis 400 m Entfernung zu den überwachten WEA. Der Sichtradius von 1.000 m deckte damit alle inneren Abstandszyylinder der fünf WEA komplett ab. Der äußere Abstandszyylinder einer WEA im Südosten konnte nicht komplett abgedeckt werden. In dem Untersuchungsgebiet in Wilsickow befand sich ein bekannter Seeadlerhorst in ca. 800 m zu dem östlichen IDF-System und in ca. 1.800 m zu dem westlichen IDF-System.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

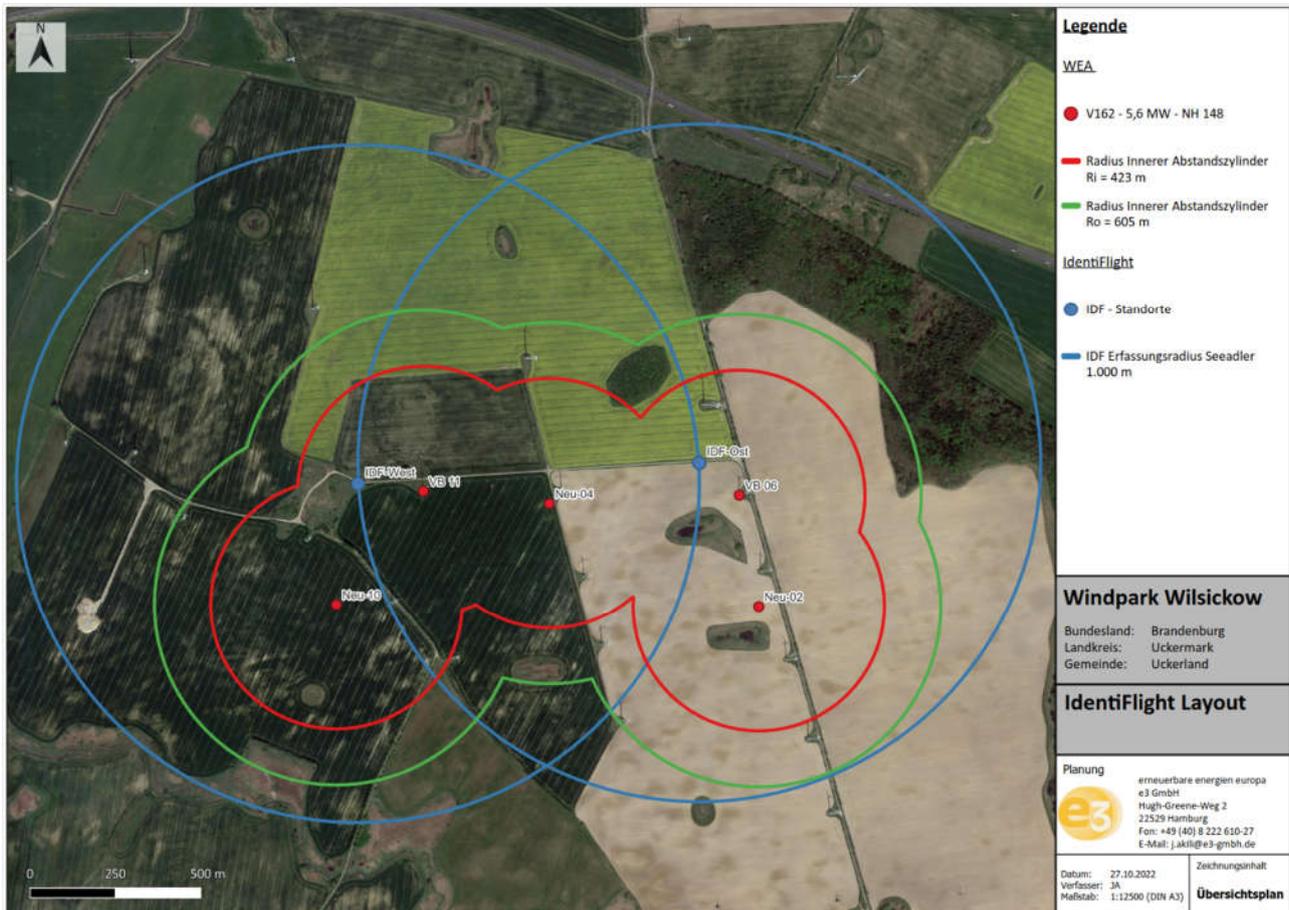


Abbildung 20: Standorte der virtuellen WEA und der installierten IDF-Systeme am Standort Wiltsickow.
 Die WEA sind als rote Punkte, die IDF-Systeme als blaue Punkte eingezeichnet. Die inneren Abstandszylinder der WEA sind rot, die äußeren Abstandszylinder sind grün markiert. Blau umrandet ist der 1.000 m Radius rund um die IDF-Systeme.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

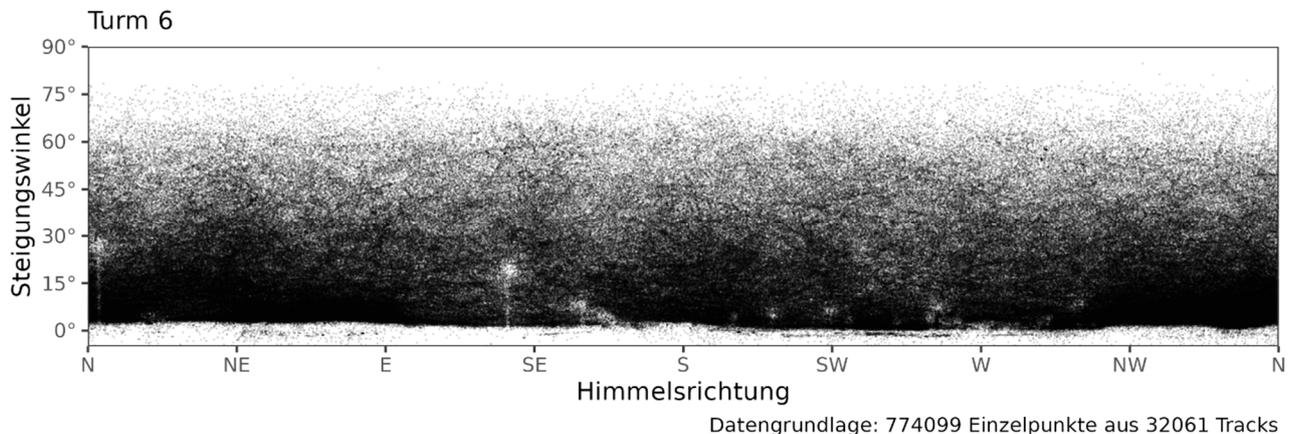


Abbildung 21: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF-Ost am Standort Wilsickow.

Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie bodennahe, sichtverschattende Strukturen (sie erscheinen hier heller, da dort keine Datenpunkte generiert werden konnten). Zu beachten ist, dass die Entfernung zu IDF nicht abgeleitet werden kann und durch die zweidimensionale Projektion einer Halbkugel um den IDF-Standort die Darstellung der Datenpunkte mit zunehmendem Steigungswinkel immer mehr verzerrt wird und bei gleicher Aktivität weniger dicht erscheint.

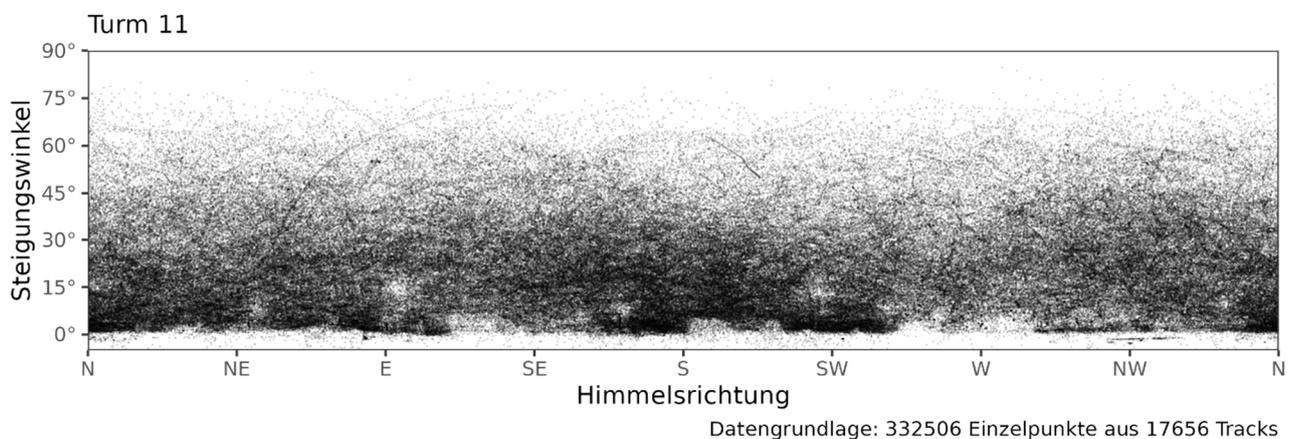


Abbildung 22: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF-West am Standort Wilsickow.

Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie bodennahe, sichtverschattende Strukturen (sie erscheinen hier heller, da dort keine Datenpunkte generiert werden konnten). Zu beachten ist, dass die Entfernung zu IDF nicht abgeleitet werden kann und durch die zweidimensionale Projektion einer Halbkugel um den IDF-Standort die Darstellung der Datenpunkte mit zunehmendem Steigungswinkel immer mehr verzerrt wird und bei gleicher Aktivität weniger dicht erscheint.

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Wolgast** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und einem Waldgebiet im Norden des Gebiets. Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Bestandsparks Wolgast mit 17 WEA des Typs Enercon E-40 und einer WEA des Typs Enercon E-66. Es sind außer diesen Bestands-WEA kaum Strukturen vorhanden, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems am Standort negativ beeinflussen (Abbildung 23 und

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Abbildung 24). Insgesamt wurden von dem IDF-System zwei WEA überwacht, welche virtuell an Standorten, an denen keine realen WEA vorhanden waren programmiert wurden.

In Wolgast befand sich das IDF-System in ca. 300 m Entfernung zu den beiden WEA (Abbildung 27). Der Sichtradius von 1.000 m deckte damit alle inneren und äußeren Abstandszylinder der drei WEA komplett ab.

In dem Untersuchungsgebiet in Wolgast befand sich ein bekannter Seeadlerhorst in ca. 600 m zu dem IDF-System.

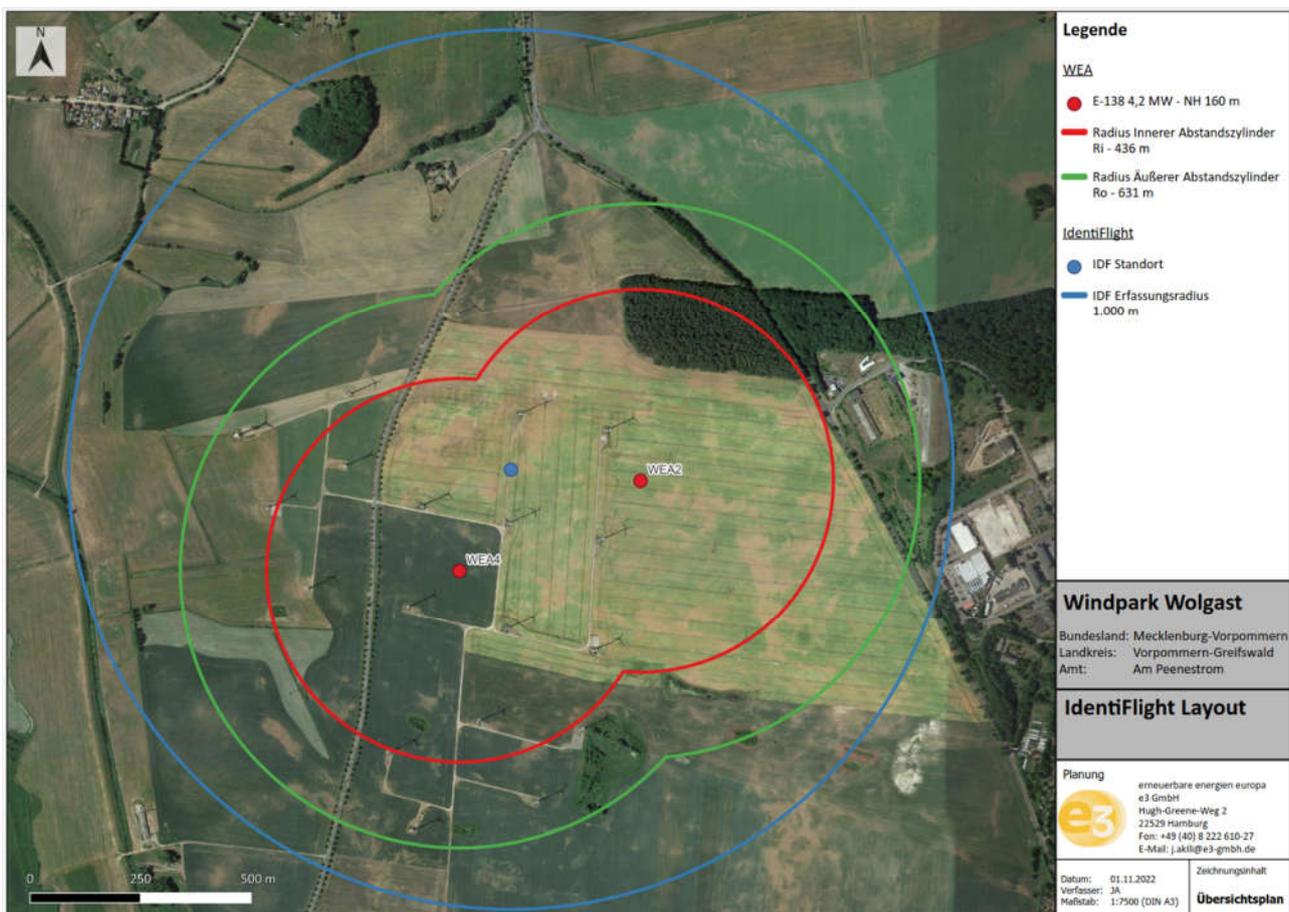


Abbildung 23: Standorte der virtuellen WEA und des installierten IDF-Systems am Standort Wolgast. Die WEA sind als rote Punkte, das IDF-System als blauer Punkt eingezeichnet. Die inneren Abstandszylinder der WEA sind rot, die äußeren Abstandszylinder sind grün markiert. Blau umrandet ist der 1.000 m Radius rund um das IDF-System.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

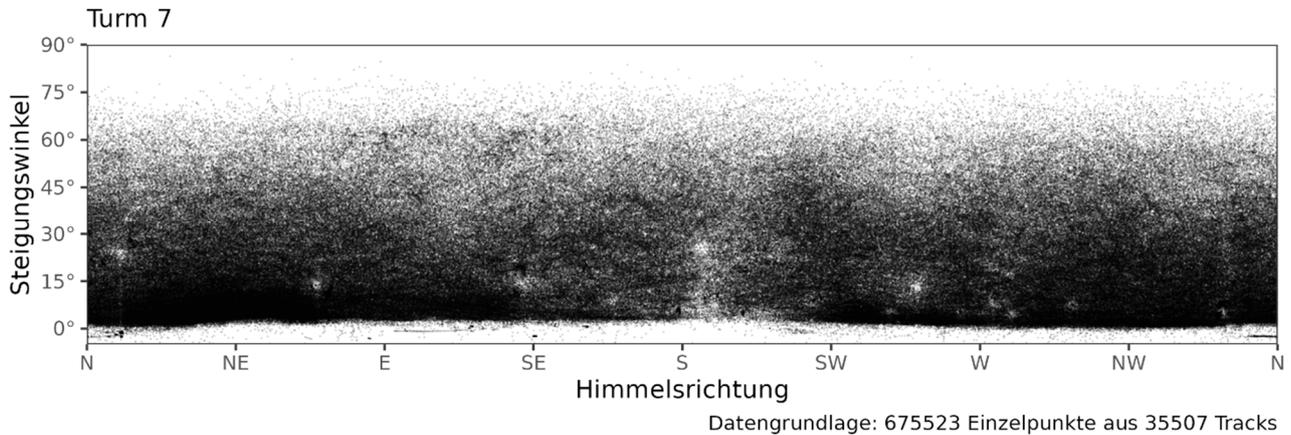


Abbildung 24: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Wolgast.

Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie bodennahe, sichtverschattende Strukturen (sie erscheinen hier heller, da dort keine Datenpunkte generiert werden konnten). Zu beachten ist, dass die Entfernung zu IDF nicht abgeleitet werden kann und durch die zweidimensionale Projektion einer Halbkugel um den IDF-Standort die Darstellung der Datenpunkte mit zunehmendem Steigungswinkel immer mehr verzerrt wird und bei gleicher Aktivität weniger dicht erscheint.

7.2 Zeitliche Abdeckung

Die Dauer der jeweiligen Untersuchungsphasen bewegte sich zwischen 35 und 145 Tagen. Dadurch ergeben sich für alle Untersuchungsgebiete zusammen eine Gesamtzahl von 568 Tagen Systembetrieb. Nach Abzug von technischen Ausfällen aufgrund von Wartung oder anderen IDF-seitigen Ausfällen liegen vollständige Daten von insgesamt 517 Tagen vor (Tabelle 2), die sich von Ende März bis Mitte Oktober verteilten (Abbildung 25 bis Abbildung 27). Hieraus ergibt sich eine zeitliche Verfügbarkeit der IDF-Systeme von 91 %. Ausfälle aufgrund externer Stromversorgungs-Probleme wurden dabei nicht berücksichtigt, da sie für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von IDF nicht relevant sind (Ausfälle aufgrund von Generatorproblemen treten bei einer normalen Installation nicht mehr auf, da IDF dann an die Windpark-interne Stromversorgung angeschlossen ist; Ausfälle aufgrund eines generellen Stromausfalls würden neben dem IDF-System den gesamten Windpark betreffen, für die Zielarten bestünde dann aber kein Risiko).

Die zeitliche Verfügbarkeit stellte sich an den einzelnen Standorten teilweise unterschiedlich dar. An den Standorten Tarnow, Plate und Wilsickow (IDF-System 1) bestand eine zeitliche Verfügbarkeit von 100 % des jeweiligen IDF-Systems. Das zweite installierte IDF-System am Standort Wilsickow fiel für sieben Tage aufgrund von systembedingten Wartungsarbeiten aus, weshalb hier eine Verfügbarkeit von ca. 96 % erreicht wurde. Zu mehrwöchigen Ausfällen aufgrund von defekten IDF-Komponenten kam es am Standort Wolgast; exklusive dieser Ausfälle war das System insgesamt 101 Tage verfügbar (zeitliche Verfügbarkeit von ca. 70 %) (Tabelle 2). Hier traten trotz einer schnellen Identifikation des Problems infolge von Lieferengpässen mehrwöchige Verzögerung bei der Reparatur auf. Das Ersatzteilmanagement soll diesbezüglich noch weiter optimiert werden, um lange Ausfallzeiten zukünftig zu

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

vermeiden. Insofern handelte es sich um Standort Wolgast um eine Ausnahmesituation, so dass die Verfügbarkeitsraten von 96-100 % der drei anderen Standorte als realistisch angesehen werden können.

In Abbildung 25 bis Abbildung 27 ist der IDF-Systembetrieb an den jeweiligen Untersuchungsstandorten grafisch dargestellt. Ausfälle jeglicher Art (IDF-seitig und/oder extern) sind markiert.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

Tabelle 2: Übersichtstabelle der IDF-Erfassungstage an den vier Untersuchungsstandorten.

Standort	IDF-System	Erfassungszeitraum		Anzahl Tage Systembetrieb	Anzahl Tage Erfassungen (exkl. ganztägige systembedingte Ausfälle)*	Systembedingte Ausfälle/Wartung IDF		Extern bedingte Ausfälle	
		Beginn	Ende			ganztägig	halbtägig	teilweise	ganztägig
Plate	1	11.07.21	13.08.21	34	34	0	0	0	2
Tarnow	1	18.08.21	15.10.21	58	58	0	0	0	0
Wilsickow	1	26.03.21	06.09.21	165	165	0	1	9	4
	2	26.03.21	06.09.21	165	158	7	0	11	2
Wolgast	1	15.05.21	06.10.21	145	101	44	7	0	0
GESAMT				568	517	51	8	20	8

* Ausfälle durch externe Einflüsse (Stromversorgung durch Generatorausfall oder Arbeiten am Umspannwerk) wurden hier nicht berücksichtigt, da sie für die Beurteilung der systembedingten Verfügbarkeit von IDF nicht relevant sind (bei tatsächlicher Installation werden keine Generatoren eingesetzt bzw. bei einem totalen Ausfall der Stromversorgung ist der gesamte Windpark betroffen).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and Environmental Research Group

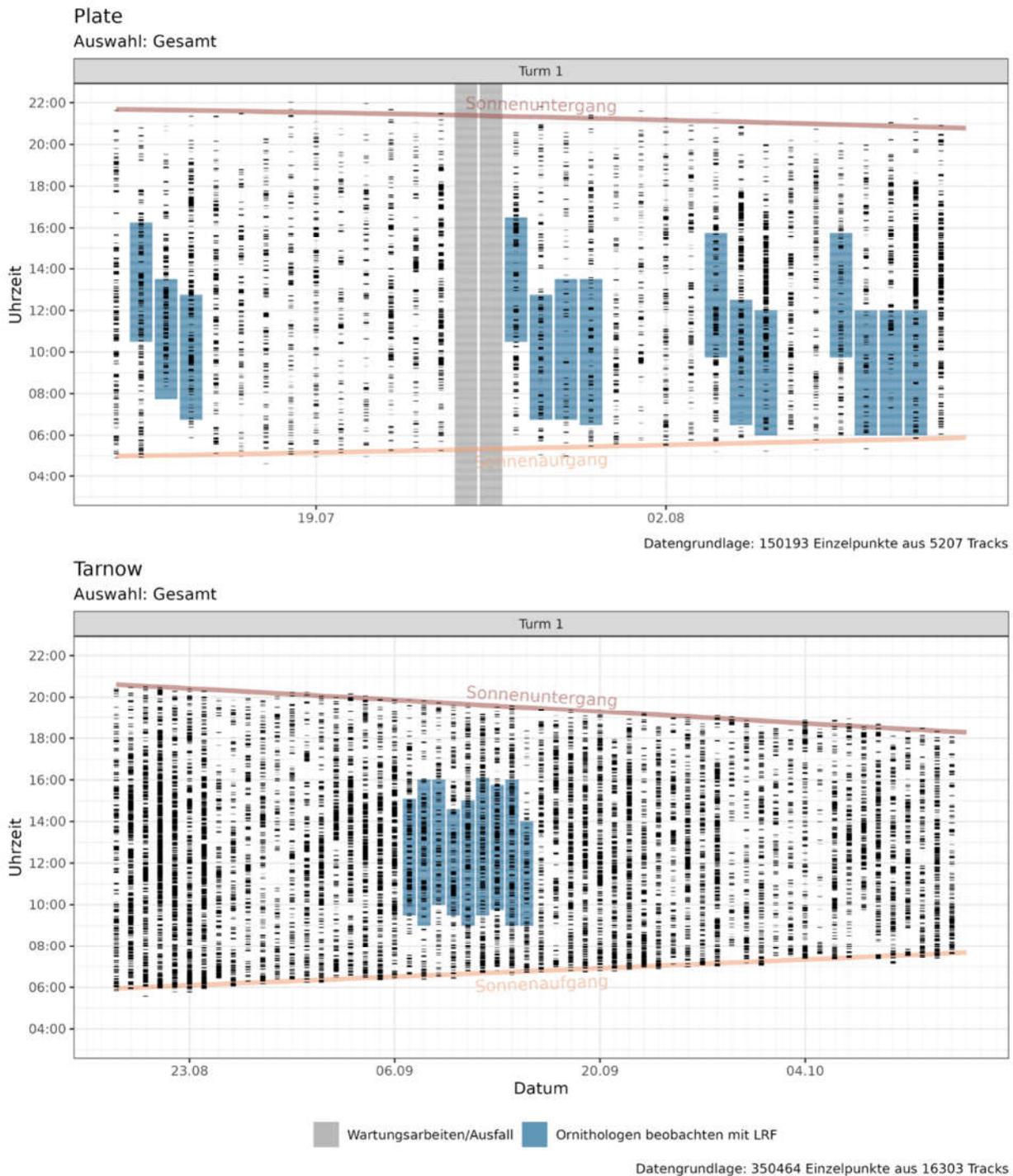
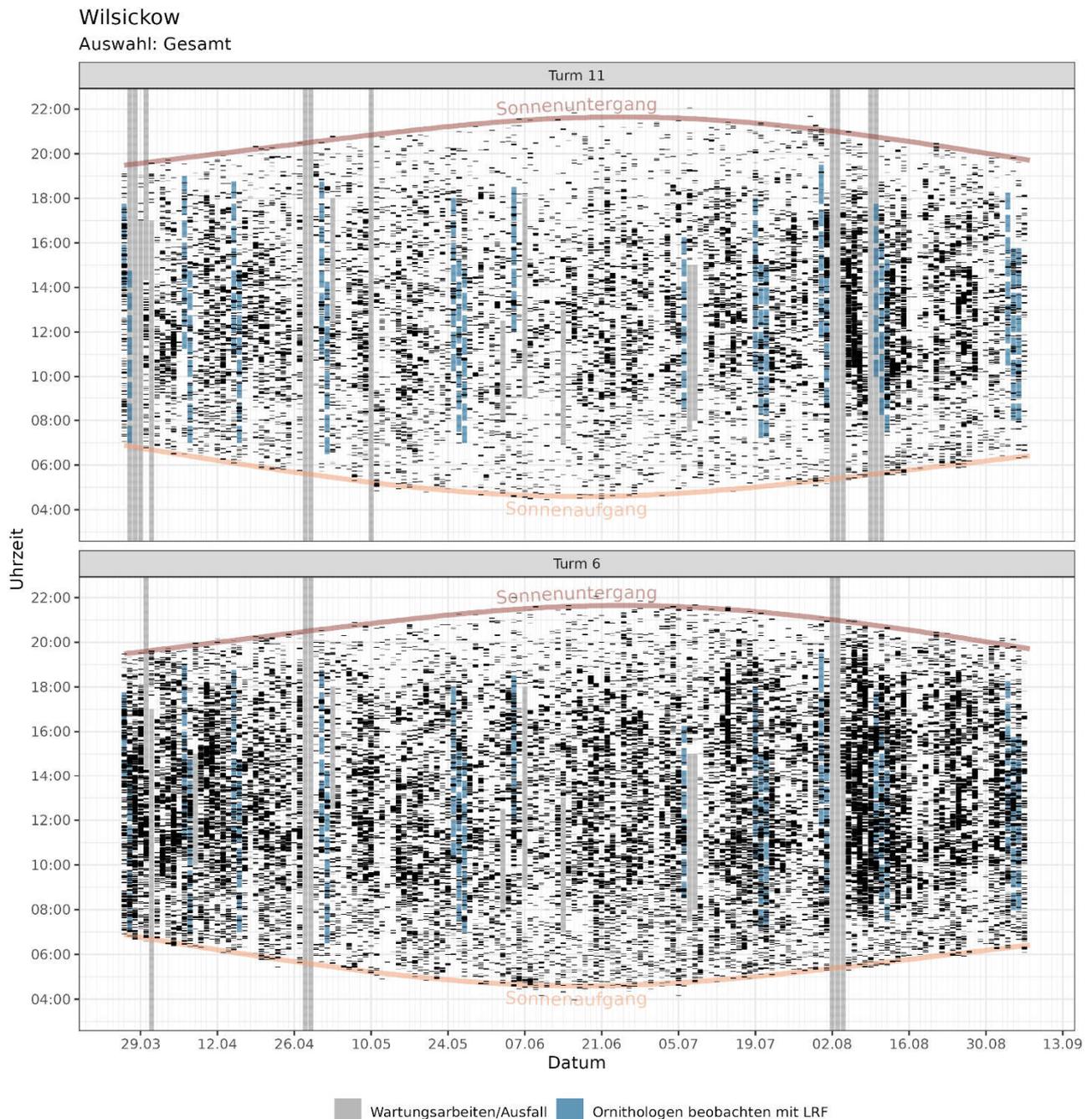


Abbildung 25: Zeitliche Verfügbarkeit und erhobene Gesamtdaten von IDF an den Standorten Plate und Tarnow. Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Systemausfälle aufgrund von externen Stromausfällen sind grau, die Zeiträume für die LRF-Erfassungen hellblau markiert.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Datengrundlage: 1106605 Einzelpunkte aus 48735 Tracks

Abbildung 26: Zeitliche Verfügbarkeit und erhobene Gesamtdaten der beiden IDF-Systeme am Standort Wilsickow. Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Systemausfälle aufgrund von externen Stromausfällen bzw. Systemausfälle durch IDF-Wartungsarbeiten sind grau, die Zeiträume für die LRF-Erfassungen hellblau markiert.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

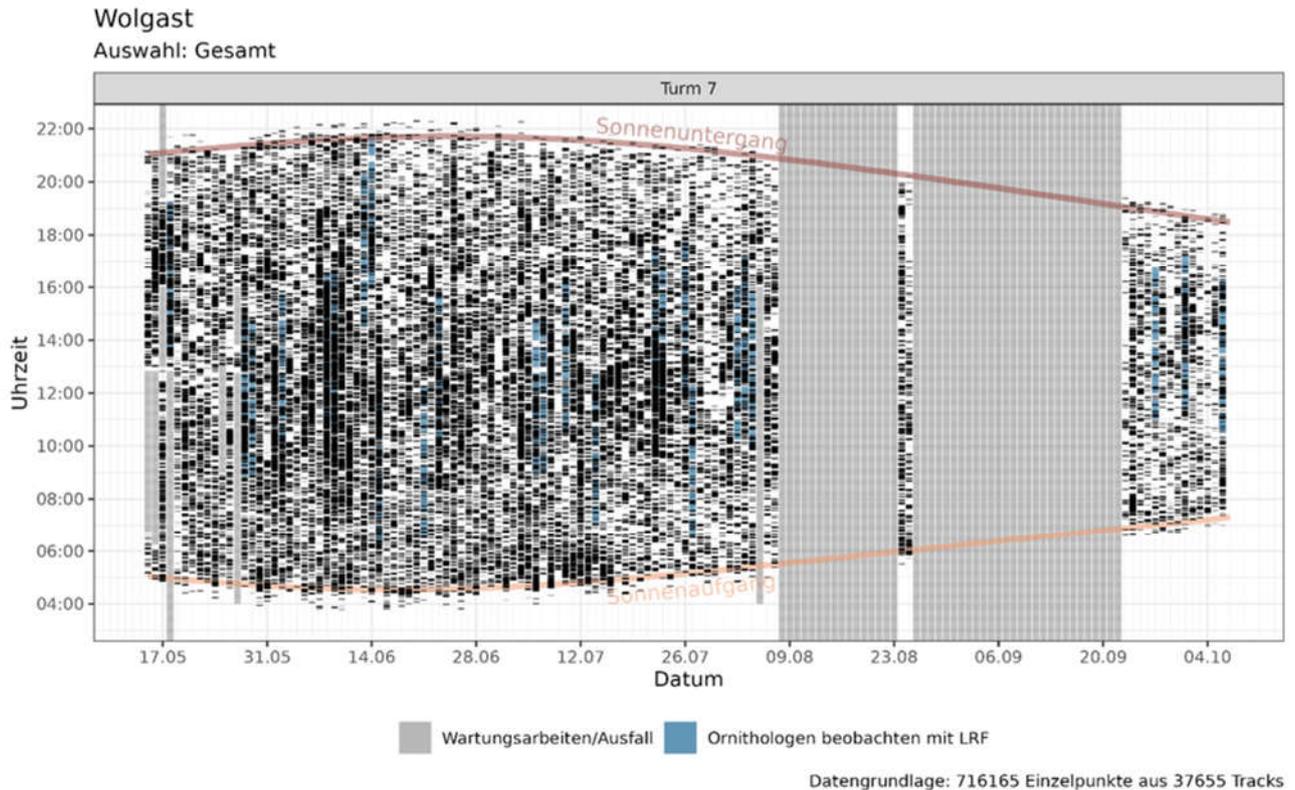


Abbildung 27: Zeitliche Verfügbarkeit und erhobene Gesamtdaten am Standort Wolgast. Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Systemausfälle aufgrund Reparaturarbeiten am IDF-System sind grau, die Zeiträume für die LRF-Erfassungen hellblau markiert.

7.3 Abschaltung der virtuellen WEA

An allen vier Standorten erfolgte keine Abschaltung realer WEA. Stattdessen wurden virtuelle WEA programmiert, für die Abschaltensignale von IDF generiert wurden. Die vorliegende Erprobung erstreckt sich somit nur über die Phase von der Detektion bis zum Abschaltensignal und umfasst nicht das Verhalten der WEA nach Eingang dieses Signals. Letzteres ist unabhängig von der Leistungsfähigkeit von IDF und daher nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Allerdings wurde im Zuge des IDF-Validierungsberichts zum Rotmilan (REICHENBACH *et al.* 2021) exemplarisch für einen Standort bestätigt, dass durchgehend alle von IDF generierten Abschaltensignale unverzüglich ausgeführt wurden.

7.3.1 WEA-Parameter & Dimensionierung der Abstandszylinder

Für die Programmierung der Abstandszylinder als Grundlage für die Abschaltreaktion von IDF (vgl. Kapitel 5.3) wurden für die vier Untersuchungsstandorte Fluggeschwindigkeitsdaten von Seeadlerflügen verwendet, die bereits bei der früheren IDF-Erprobung am Rotmilan (REICHENBACH *et al.* 2021) zusätzlich gewonnen worden waren (Tabelle 3).

Tabelle 3: Fluggeschwindigkeiten des Seeadlers, die zur Berechnung der Abstandszylinder an den Untersuchungsstandorten herangezogen wurden. Zur grundsätzlichen Methodik der Fluggeschwindigkeitsberechnung mittels IDF siehe Kapitel 7.6

	Höhenbereich	Median (mean)	90 % (max)
Horizontale Fluggeschwindigkeit (sh)	0 – 300 m	12,2 m/s	18,7 m/s
Sinkgeschwindigkeit (sv-)	200 – 400 m	1,4 m/s	3,1 m/s
Steiggeschwindigkeit (sv+)	0 – 100 m	0,5 m/s	1,6 m/s

Nachfolgend wird die Berechnung zur Dimensionierung des inneren und äußeren Abstandszylinders exemplarisch für den Standort Wilsickow aufgezeigt. Die verwendeten Parameter der virtuellen WEA aller Standorte sind in Tabelle 4 aufgeführt, ebenso wie die berechnete Dimensionierung der Abstandszylinder, wobei sich je nach WEA-Parameter und der Zeit, die bis zum Erreichen des Trudelbetriebs benötigt wird, unterschiedlich große Abstandszylinder ergeben können.

Beispiel Wilsickow

Für die seitliche Begrenzung R_{\min} des inneren Abstandszylinders wird die mittlere horizontale Fluggeschwindigkeit sh_{mean} mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und auf den Rotorradius r addiert:

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

$$r + sh_{mean} * t = R_{min}$$

$$75 \text{ m} + 12,2 \text{ m/s} * 24 \text{ s} = 367,8 \text{ m} = 368 \text{ m}$$

Für die seitliche Begrenzung R_{max} des äußeren Abstandszylinders wird die maximal abzusichernde horizontale Fluggeschwindigkeit sh_{max} mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und auf den Rotorradius r addiert.

$$r + sh_{max} * t = R_{max}$$

$$75 \text{ m} + 18,7 \text{ m/s} * 24 \text{ s} = 523,8 \text{ m} = 524 \text{ m}$$

Für die obere Begrenzung H_{min} des inneren Abstandszylinders wird die mittlere vertikale Sinkgeschwindigkeit sv_{-mean} mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und gemeinsam mit dem Rotorradius r auf die Nabenhöhe h der WEA aufaddiert:

$$h + r + sv_{-mean} * t = H_{min}$$

$$166 \text{ m} + 75 \text{ m} + 1,4 \text{ m/s} * 24 \text{ s} = 274,6 \text{ m} = 275 \text{ m}$$

Für die obere Begrenzung H_{max} des äußeren Abstandszylinders wird die maximal abzusichernde vertikale Sinkgeschwindigkeit sv_{-max} mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und gemeinsam mit dem Rotorradius r auf die Nabenhöhe h der WEA aufaddiert:

$$h + r + sv_{-max} * t = H_{max}$$

$$166 \text{ m} + 75 \text{ m} + 3,1 \text{ m/s} * 24 \text{ s} = 315,4 \text{ m} = 316 \text{ m}$$

Beachtet werden sollte, dass zum Zeitpunkt der Untersuchung in Wilsickow (und auch am Standort Plate) systembedingt ein Pufferbereich ($R_{max_padding}$) zwischen den Grenzen des inneren und äußeren Radius von mindestens 165 m angesetzt wurden, weshalb sich ein größerer Radius des äußeren Abstandszylinders ergibt als durch die obenstehenden Formeln berechnet:

$$R_{min} + 165 \text{ m} = R_{max_padding}$$

$$368 \text{ m} + 165 \text{ m} = 533 \text{ m}$$

Die Dimensionierung der Abstandszylinder für Wilsickow ist in der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 28) schematisch dargestellt.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

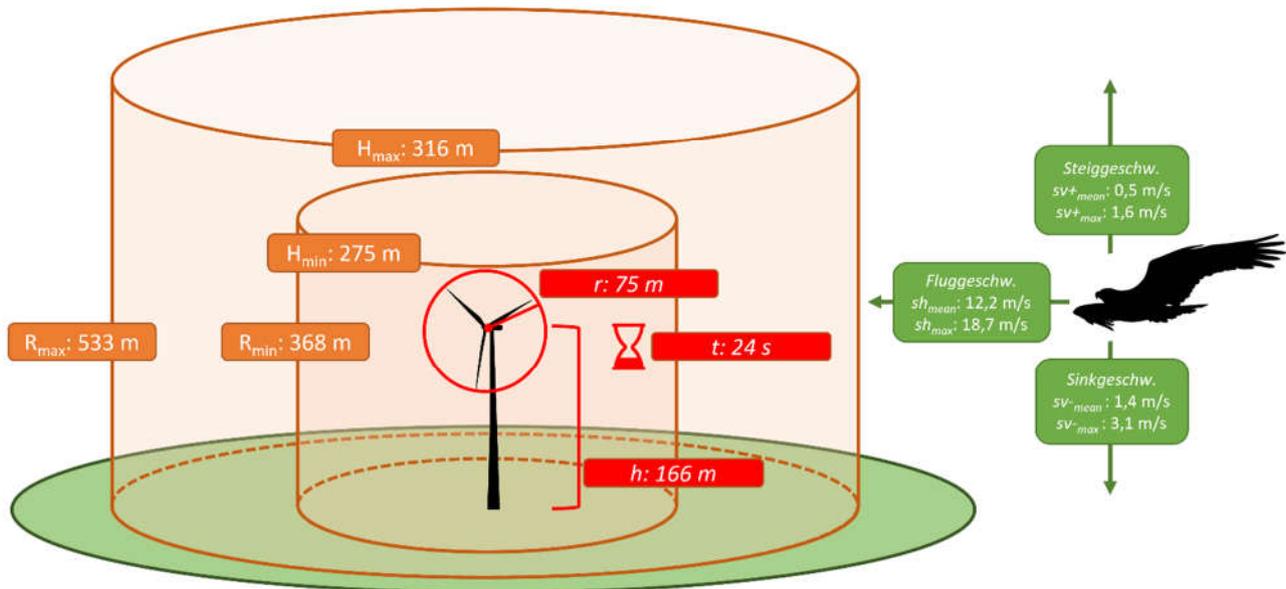


Abbildung 28: Schema zur Dimensionierung des inneren und äußeren Abstandszylinders (Seeadler-spezifisch) am Standort Wilsickow.

H_{\max} = Höhe des äußeren Abstandszylinders, H_{\min} = Höhe des inneren Abstandszylinders; R_{\max} = Radius des äußeren Abstandszylinders, R_{\min} = Radius des inneren Abstandszylinders.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

Tabelle 4: Charakterisierung der Standorte hinsichtlich WEA-Spezifikationen und den daraus resultierenden Werten für die Abstandszylinder. Ungerade Werte wurden zugunsten eines größeren Abstandszylinders gerundet. Tc = Time to clear (zeitlicher Zuschlag nach Verlassen des Abstandszylinders), Angaben gemäß Hersteller von IDF, TTC = Time To Collision (Abregeldauer bis zum Trudelbetrieb, Angaben gemäß Auftraggeber auf der Grundlage von Informationen der WEA-Hersteller)

Standort	Anzahl IDF-Systeme	Anzahl WEA	Schaltung	Nabenhöhe [m]	Rotorradius [m]	R _{min} [m]	H _{min} [m]	R _{max} [m]	H _{max} [m]	Tc [min]	TTC [s]
Plate	1	3 (virtuell)	virtuell	166	75	368	275	533*	316	3	24
Tarnow	1	3 (virtuell)	virtuell	164	81,5	448	288	643	339	3	30
Wilsickow	2	5 (virtuell)	virtuell	166	75	368	275	533*	316	3	24
Wolgast	1	2 (virtuell)	virtuell	160	69,1	436	272	631	323	3	30

*= Werte inklusive Mindest-Pufferbereich zwischen R_{min} und R_{max} von 165 m; R_{max_padding}

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

7.3.2 Abschaltprogrammierung

An allen Untersuchungsstandorten wurde der Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) als Zielart festgelegt, wobei er entweder als alleinige Zielart oder zusätzlich noch der Rotmilan (*Milvus milvus*) als Zielart berücksichtigt wurde (Tabelle 5). Das bedeutet, für diese Art(en) sollte eine Abschaltung ausgelöst werden, wenn sich ein Individuum dieser Vogelart(en) in einem potenziellen Gefahrenbereich um die WEA befindet.

Neben klassifizierten Vögeln der Kategorie „White-tailed-Eagle“ (bzw. „Red-or-Black-Kite), sollte das IDF-System auch für Vögel der Kategorie „Protected“ oder „Eagle“ im Bedarfsfall eine Abschaltung generieren (Tabelle 5). Diese Kategorien wurde als „Fail Safe“ eingeführt und betreffen vor allem Vögel mit einer großen Flügelspannweite (z.B. Kranich, Reiher, Storch).

Auf diese Weise soll die Wahrscheinlichkeit weiter reduziert werden, dass eine geschützte Art nicht als solche klassifiziert wird. Dieses Vorgehen entspricht dem generellen Ansatz hinsichtlich der Klassifizierung durch das IDF-System, d.h. einer vorsorglich intendierten Übergewichtung des Falsch-Positiv-Fehlers (Nicht-Zielart wird als Zielart erkannt).

Tabelle 5: Übersicht der Untersuchungsstandorte und die jeweiligen Zielart(en) bzw. die IDF-Kategorien, für die eine Abschaltung der WEA ausgelöst werden sollte.

Standort	Zielart (en)	IDF-Kategorie (Abschaltung wird initiiert)
Plate	Rotmilan Seeadler	„Red-or-Black-Kite“ „White-tailed-Eagle“ „Protected“
Tarnow	Rotmilan Seeadler	„Red-or-Black-Kite“ „White-tailed-Eagle“ „Protected“
Wilsickow	Seeadler	„White-tailed-Eagle“ „Eagle“
Wolgast	Seeadler	„White-tailed-Eagle“ „Eagle“

7.4 Referenzdaten

Um die Leistungsfähigkeit eines Systems wie IdentiFlight zu erproben, ist die Erhebung von Referenzdaten durch ein sog. Zweitsystem erforderlich (KNE 2019). In der vorliegenden Untersuchung wurden Referenzdaten durch den Einsatz eines LRF generiert.

Mit Hilfe der LRF-Erfassungen konnte – parallel zu der Datenaufzeichnung durch IDF – eine unabhängige Stichprobe an Zielart-Flugbahnen innerhalb des Sichtbereiches von IDF generiert und im Anschluss mit dem IDF-Datensatz abgeglichen werden.

Der LRF wird von einem Beobachter bedient und misst auf Knopfdruck die radiale Distanz, den Azimut sowie den Steigungswinkel eines, mit dem Laser-Strahl anvisierten, Zielobjekts (Abbildung 29). Aus diesen Parametern errechnet das Gerät die Höhe des Zielobjekts über Grund relativ zur Beobachterposition. Die Position des Beobachters kann dabei entweder durch das Smartphone per GPS ermittelt oder vom Beobachter als fixe Position auf einer Karte im Computer angegeben werden. Durch mehrfache Generierung von Datenpunkten eines fliegenden Vogels (systembedingt maximal ca. 12 pro Minute) entsteht eine entsprechende Abfolge von dreidimensionalen Flugpunkten. Diese Daten sowie ein referenzierter Zeitstempel werden entweder mittels Bluetooth-Übertragung auf einem Android Smartphone oder direkt in einem angeschlossenen Computer gespeichert. Aus diesen Messpunkten kann anschließend ein Flugweg (Track) rekonstruiert werden.

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein LRF der Firma Safran Vectronix AG (Modell Vector 21 Aero, 7-fache Vergrößerung) verwendet. Der Hersteller gibt die Genauigkeit der Distanzmessung mit +/- 5 m und die der Winkelmessung mit +/- 0,2 ° bis 0,6 ° an.

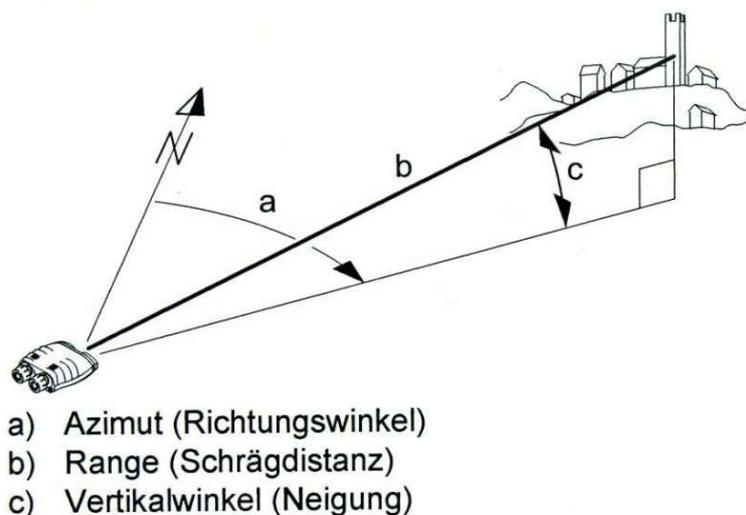


Abbildung 29: Datenermittlung des LRF Vector 21 Aero

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Die LRF-Datenaufnahme an den vier Untersuchungsstandorten variierte zwischen neun und 25 Tagen. Die tägliche Beobachtungsdauer betrug durchschnittlich 6 h bzw. 4,5 h pro Tag (Tabelle 6). Die Erhebungsphasen bewegten sich schwerpunktmäßig in der Zeit zwischen 09:00 Uhr und 18:00 Uhr. In dieser Zeit ist typischerweise eine gesteigerte Flugaktivität des Seeadlers zu erwarten, da diese Vögel thermisch günstige Witterungsverhältnisse für ihre Flugaktivität bevorzugen. Aus den aufgewendeten 395 Erfassungsstunden resultierten 230 Seeadler-Tracks, die als Vergleichsgrundlage für die IDF-Daten dienen können.

Zu jedem LRF-Track wurden zusätzlich die Artzugehörigkeit sowie weitere Besonderheiten, wie gleichzeitig anwesende Vögel oder das Verhalten des Zielvogels, protokolliert. Die Erfassung erfolgte stets mit zwei Personen, wovon eine den LRF bediente und die andere Person den Luftraum beobachtete sowie die Daten protokollierte. Außerdem erfolgte stündlich eine Verifizierung der Kalibrierung des LRF anhand von Referenzpunkten.

Die LRF-Erfassungen an den Untersuchungsstandorten wurden von verschiedenen Firmen durchgeführt: Standort Plate wurde vom Büro Oevermann, Standort Tarnow von der OekoFor GbR, Standort Wilsickow vom CompuWelt Büro und Standort Wolgast von der UmweltPlan GmbH erfasst.

Tabelle 6: Dauer der LRF-Erfassungen und Anzahl erhobener LRF-Tracks für den Seeadler in den Untersuchungsgebieten.

Standort	Erfassungszeitraum		Erfassungstage	Erfassungsstunden gesamt	Erfassungsstunden pro Tag Ø	LRF-Tracks Seeadler
	Beginn	Ende				
Plate	12.07.21	12.08.21	14	64 h	4,5 h	30
Tarnow	07.09.21	15.09.21	9	54 h	6 h	28
Wilsickow	26.03.21	05.09.21	24	143 h	6 h	64
Wolgast	18.05.21	06.10.21	25	113 h	4,5 h	108
GESAMT			72	374 h		230

7.5 Auswertung und statistische Analyse

7.5.1 Auswertungssoftware

Die großen Datenmengen wurde skriptbasiert mit der Statistik-Programmiersprache R unter Zuhilfenahme der integrierte Entwicklungsumgebung RStudio bearbeitet, ausgewertet und visualisiert.

Zusätzlich wurden durch die OekoFor GbR eigene interaktive Softwarelösungen (Web-Apps) auf Basis der Programmiersprachen R und JavaScript sowie HTML entwickelt. Es kamen Web-Apps zum Einsatz, um manuell:

- Messungen des LRF einzulesen, zu visualisieren und Fehlmessungen zu eliminieren,
- LRF-Tracks der Zielart(en) mit den IDF-Daten abzugleichen und damit die Detektion durch IDF zu prüfen,
- einzelne Abschaltsituationen zu bewerten und anhand der aufgezeichneten Bilder zu überprüfen, ob die Abschaltung durch eine Zielart ausgelöst wurde,
- die von IDF aufgenommenen Bilder manuell nachzubestimmen.

Weiterhin dienen die interaktiven Softwarelösungen dem Zweck sich explorativ einen Eindruck der Datenqualität und Funktionsweise des IDF-Systems zu verschaffen und überprüfbare Fragestellungen zu generieren.

7.5.2 Erfassungsreichweite

Um die Erfassungsreichweite von IDF zu ermitteln, wurde für jeden nachbestimmten Zielart-Track die Entfernung des ersten Detektionspunktes bestimmt.

Dabei ist zu beachten, dass für den gleichen Vogel einer Zielart häufig mehrere Tracks angelegt werden, da beispielsweise der Vogel zwischenzeitlich landet und neu in das Sichtfeld von IDF fliegt, oder IDF kurzzeitig auf einen anderen Vogel schwenkt. Auf diese Weise entstehen für das gleiche Individuum immer wieder neue Tracks, im Besonderen, wenn sich der Vogel länger im Erfassungsbereich aufhält. Dadurch kommt es zu „Erst“-Erfassungen, die deutlich in geringerer radialer Distanz als 1.000 m (= maximale zuverlässige Erfassungsdistanz für den Seeadler laut Hersteller) liegen.

Aus diesem Grund liegt der Fokus bei der Beurteilung der Erfassungsreichweite darauf, wie weit die ersten Detektionspunkte maximal vom IDF entfernt sind.

7.5.3 Erfassungsrate

Für die Überprüfung der Erfassungsrate am Untersuchungsstandort wurde ein Referenzdatensatz mit Hilfe eines LRF erstellt. Der so generierte Datensatz wurde anschließend hinsichtlich der Detektion durch IDF bewertet.

Bewertet wurden ausschließlich LRF-Tracks, die in radialer Distanz von 1.000 m zu IDF aufgenommen wurden und sich in einem für IDF einsehbaren Bereich befanden. Jeder LRF-Track wurde diesbezüglich einzeln mithilfe eines selbst programmierten Software-Tools (Kapitel 7.5.1) betrachtet und als gültig oder ungültig für die Auswertung eingeschätzt (Abbildung 30).

Als „gültig“ bewertete Tracks wurden anschließend als vom IDF „erfasst“ oder „nicht-erfasst“ eingestuft und für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von IDF herangezogen. Nicht berücksichtigt wurden Tracks, die als „ungültig“ bewertet wurden.

Die Bewertungskategorien (Tabelle 7) wurden wie folgt definiert:

Die Kategorie „Erfasst“ galt als erfüllt, wenn zu einem LRF-Track zeitgleich eine räumlich ähnliche Flugbahn (Position und Höhe) von IDF aufgezeichnet wurde.

Ein LRF-Track wurde in der Kategorie „Nicht erfasst“ gewertet, wenn zu dem Track kein zeitlich und räumlich passender IDF-Track ermittelt werden konnte. Die Schwierigkeit bei der Bewertung als „Nicht erfasst“ bestand darin, diese Kategorie von denjenigen Fällen zu trennen, bei denen der Vogel für IDF nicht sichtbar war oder bei denen IDF zeitgleich einen anderen, als geschützt bewerteten, Vogel verfolgte. Da das IDF-System, laut Hersteller, bis zu 30 s Zeit benötigt, um zwischen zwei verschiedenen Vögeln zu wechseln, wurde diese Zeit als Grenzwert bei der Beurteilung hinsichtlich einer technisch möglichen Erfassung eines Vogels durch IDF festgelegt.

Als „ungültig“ bewertet wurden LRF-Tracks, wenn der vom LRF vermessene Vogel für das IDF nicht sichtbar für IDF sein konnte, da sich der vermessene Vogel deutlich in einem sichtverschatteten Bereich (vor oder hinter einem Objekt bzw. unterhalb der Horizontlinie) oder in einem maskierten Bereich von IDF befand. Diese Abschätzung wurde generell sehr konservativ durchgeführt und nur in klaren Fällen als nicht sichtbar für das IDF bewertet.

Ebenfalls als „ungültig“ bewertet wurden LRF-Tracks, wenn IDF zeitgleich einen anderen Zielart-Vogel verfolgte und aus diesem Grund, den mit dem LRF vermessenen Vogel nicht erfasste.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 7: Bewertungskategorien der Referenzdaten von LRF-Tracks.

Gültige Tracks	Erfasst	Vogel wurde von IDF auch erfasst
	Nicht erfasst	Vogel wurde von IDF nicht erfasst – ohne erkennbaren Grund
Ungültige Tracks	Ungültig	Vogel wurde von IDF nicht erfasst – Vogel war für IDF nicht sichtbar
	Ungültig	Vogel wurde von IDF nicht erfasst – ein anderer Zielart-Vogel wurde zeitgleich von IDF erfasst



Abbildung 30: Beispiel für die Detektionsbewertung anhand des selbst programmierten Software-Tools. Der hier mittels LRF aufgezeichnete Seeadler (schwarze Punkte) wurde als „erfasst“ bewertet. Sowohl in der kartografischen Aufsicht des Tracks (oben) als auch in der graphischen Darstellung (unten) der Flughöhe über die Zeit wird deutlich, dass der Seeadler von den beiden IDF-Systemen erfasst wurde (violette Punkte).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

7.5.4 Klassifizierung

Durch ein manuelles Nachbestimmen der Fotos (Abbildung 31) und dem anschließenden Abgleich mit der jeweiligen Klassifizierung durch IDF wurde die IDF-Klassifizierungsrate (Zielart versus Nicht-Zielart) ermittelt.

Bei der Nachbestimmung wurden folgende Arten bzw. Artengruppen unterschieden: Rotmilan, Schwarzmilan und Milan sp. sowie Seeadler, Schreiadler, Fischadler, Wespenbussard und (Mäuse-) Bussard. Andere Greifvögel (z.B. Weihen, Falken etc.) wurden in der Kategorie „Greifvögel“ zusammengefasst. Konnte bei einem Greifvogel nicht ausgeschlossen werden, dass es sich um eine der Zielarten handelt, wurde die Kategorie „Greifvogel unbestimmbar“ vergeben. Vögel, bei denen es sich nicht um Greifvögel handelte, wurden entweder auf Artniveau bestimmt (Kranich, Schwarzstorch, Weißstorch) oder in der Kategorie „anderer Vogel“ geführt. Wurde von IDF ein anderes Flugobjekt erfasst (Flugzeug, Ballon, Drohne etc.) oder war kein Vogel auf dem Bild zu sehen, wurde die Kategorie „Kein Vogel“ vergeben. Konnte der Vogel gar nicht bestimmt werden, wurde dieser als „Vogel unbestimmbar“ gekennzeichnet. Bei der Beurteilung der Klassifizierungsleistung wurden nur Vögel berücksichtigt, bei denen anhand der Bilder sicher festgestellt werden konnte, ob es sich um eine der Milan-Arten bzw. um den Seeadler handelte oder nicht.

Neben der Zielart Kategorie „White-tailed-Eagle“ (bzw. an den Standorten Plate und Tarnow auch „Red-or-Black-Kite“, vgl. Tabelle 5), war IDF so programmiert, dass auch die Kategorie „Protected“ oder „Eagle“ bei Bedarf eine Abschaltung ausgelöst hat. Klassifizierte IDF einen Seeadler als „Protected“, ist dementsprechend das Ergebnis gleich, nämlich die Generierung einer Abschaltung im Bedarfsfall. Aus diesem Grund wurde die Kategorie „Protected“/ „Eagle“ bei der Beurteilung des Klassifizierungserfolges mitberücksichtigt und floss als korrekte Bestimmung mit in die Berechnung ein. Gleiches galt für die Vergabe der Kategorie „Red-or-Black-Kite“ an den Standorten Plate und Tarnow für einen Seeadler, da IDF hier so programmiert war, dass diese Kategorie ebenfalls eine Abschaltung auslöst.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 31: Korrekt klassifizierter Seeadler. Die häufig sehr gute Bildqualität ermöglicht eine sichere Nachbestimmung.

7.5.5 Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung

Zu beachten ist, dass sich zum Zeitpunkt der Untersuchungen die hier untersuchten WEA an allen Untersuchungsstandorten noch in der Planung befanden, weshalb Abschaltungssignale lediglich virtuell erfolgten. An den Standorten Wilsickow und Wolgast waren ältere Bestandsanlagen vorhanden, die jedoch nicht real abgeschaltet wurden (Kapitel 7.1).

Geprüft wurden in der vorliegenden Untersuchung sämtliche Abschaltungen, die von IDF am jeweiligen Untersuchungsstandort generiert wurden. Maßgebend dafür sind die am Standort programmierten Zielarten (vgl. Tabelle 5). Bei der Auswertung wurde nach diesen jeweils programmierten Zielarten unterschieden und die generierten Abschaltungen wurden demgemäß eine der IDF-Kategorien („White-tailed-Eagle“, „Protected/Eagle“, ggf. „Red-or-Black-Kite“) zugeordnet. In wenigen Fällen konnte die Ursache einer Abschaltung nicht eindeutig geklärt werden, dies wurde entsprechend notiert.

Für den Fall „Abschaltung bei Eintritt in den inneren Abstandszylinder“ werden horizontale und vertikale Pufferbereiche angenommen, innerhalb derer eine Abschaltung erfolgen musste, um als korrekt gewertet worden zu sein. Die Pufferbereiche galten ab der Grenze des inneren Abstandszylinders hin zur WEA, wobei an allen Untersuchungsstandorten und WEA ein vertikaler Puffer von 10 m und ein horizontaler Puffer von 25 m angenommen wurde.

Für die Auswertung wurde zunächst die Anzahl sowie die Dauer der Abschaltung für jede WEA am Untersuchungsstandort ermittelt und visualisiert. Dadurch lassen sich ggf. Auffälligkeiten hinsichtlich der Abschaltung erkennen (z. B. unplausibel lange Perioden ohne Abschaltung) sowie ggf. Vorhersagen zu potenziell erwartbaren Abschaltungen bei einem Betrieb der geplanten WEA ableiten.

Um valide Aussagen hinsichtlich eines Kollisionsrisikos für die Zielart treffen zu können, wurden für die danach folgenden Auswertungsschritte ausschließlich Flüge bewertet, deren Artbestimmung durch Ornithologen verifiziert werden konnte. Basierend auf dieser Datengrundlage wurde zunächst geprüft, ob für alle Flüge, die von IDF korrekt als Zielart klassifiziert wurden und den inneren Abstandszylinder passiert hatten, planmäßig ein Abschaltensignal ausgelöst wurde oder eine Abschaltung versäumt wurde.

Danach wurde die Dimensionierung des inneren Abstandszylinders geprüft, d.h. ob die Zeit zwischen Einflug in den inneren Abstandszylinder (obligatorisches Auslösen eines Abschaltensignals) und Erreichen des Rotorbereichs ausreichend war, um eine potenzielle Kollision der Zielart mit dem Rotor der WEA zu verhindern. Dabei wurden ausschließlich Flüge von Zielart-Vögeln untersucht, die eine der folgenden Bedingungen erfüllten: Der Vogel wurde lückenlos vom Einflug in den inneren Abstandszylinder bis zum Erreichen des Rotorbereichs von IDF erfasst – ODER – der Vogel wurde für mindestens die Zeit, die zum Abschalten benötigt wird (TTC, vgl. Tabelle 5), lückenlos von IDF erfasst.

7.6 Flugverhalten

Die durch das IDF ermittelten Positionen der Seeadler erlauben es, die Flugbahnen der erfassten Vögel räumlich und zeitlich detailliert nachzuvollziehen. Auf diese Weise können die Flughöhe und die Fluggeschwindigkeit sowohl horizontal als auch vertikal berechnet werden. Durch die Fluggeschwindigkeit kann die Zeitdauer bestimmt werden, die der Vogel in einer bestimmten Entfernung zur WEA benötigt, um von der Seite bzw. von unten oder oben in den Rotorradius zu gelangen. Basierend auf diesen Ergebnissen können dann die notwendigen Parameter für die Abstandszylinder abgeleitet werden.

Das IDF-System erfasst Seeadler nicht zufällig, sondern priorisiert Zielvögel im Gefahrenbereich (Nähe zur WEA, Flug in Rotorhöhe). Zudem werden sehr niedrig fliegende Vögel unterhalb des Horizonts oder vor Hintergrund vom IDF-System im Vergleich zu solchen vor hellem Hintergrund schlechter erfasst. Die von IDF berechnete Flughöhe bezieht sich jeweils auf die Flughöhe relativ zur Höhe der Stereokamera (10 m). Dass nicht die Flughöhe über Grund verwendet wird, beruht darauf, dass zum einen für die Untersuchungsstandorte keine genauen digitalen Geländemodelle vorlagen, zum anderen, dass sich die Standorthöhen des IDF-Systems und der untersuchten virtuellen WEA gar nicht oder nur um wenige Meter unterschieden. Dieser Unterschied liegt innerhalb der Schwankungen der Erfassungsgenauigkeit des IDF-Systems und wurde daher als nicht relevant erachtet. In den weiteren Auswertungen wird daher als Näherung der Flughöhe über Grund die Flughöhe über der Kamera verwendet.

Für die Berechnung der Flughöhe und Fluggeschwindigkeit des Seeadlers wurden aus den vier Untersuchungsgebieten lediglich diejenigen Tracks herangezogen, welche anhand der Fotos sicher als Seeadler-Track nachbestimmt werden konnten.

Ein IDF-Track setzt sich aus der Gesamtheit aller Datenpunkte zusammen, die IDF einem einzelnen Flugobjekt zuordnet. Für die Berechnung der Fluggeschwindigkeit des Seeadlers wurden aus den Tracks nur Datenpunkte mit max. 1,5 s und min. 0,5 s zeitlichem Abstand verwendet. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass für die Geschwindigkeitsberechnung nur ausreichend präzise und zusammenhängende Flugbahnen verwendet wurden. Die Bewegung des Vogels zwischen den einzelnen Datenpunkten konnte somit als geradlinig angenommen werden, auch wenn die Flugbahn des Vogels in der Summe (alle Datenpunkte des Tracks werden verbunden) bspw. eine Kreisform beschreibt (Abbildung 32).

Des Weiteren wurden nur Tracks für die Berechnungen verwendet, in denen für die einzelnen Datenpunkte Geschwindigkeiten von < 40 m/s (144 km/h) ausgegeben wurden. Bei Geschwindigkeiten ≥ 40 m/s wurde angenommen, dass es sich hierbei um Sprünge zwischen unterschiedlichen Individuen handelt, die fälschlicherweise von IDF einem einzigen Track zugeordnet wurden, oder um sonstige Fehlmessungen. Außerdem wurde versucht nur möglichst genaue Messungen der Datenpunkte durch IDF zu verwenden, weshalb Punkte in einer horizontalen Entfernung von mehr als 600 m zu den IDF-Standorten und solche mit einer Flughöhe von mehr als 400 m als Berechnungsgrundlage ausgeschlossen wurden.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Da die berechnete Flughöhe und Geschwindigkeit aus technischen Gründen zwischen den einzelnen Punkten stark schwanken können, wurde ein „gleitendes Mittel“ berechnet, welches die Flughöhe und Geschwindigkeit jeden Punktes mit den zwei Punkten davor und den zwei Punkten danach mittelt. Diese Methode kommt der tatsächlichen Flughöhe und Geschwindigkeit des Vogels durch Herausmitteln der Messfehler von IDF näher. Die Flughöhe wurde als Höhe des Vogels über der Position der Stereokamera von IDF in ca. 10 m Höhe berechnet.

Auf diese Weise wurden insgesamt 23.605 gemittelte Flughöhen und Geschwindigkeiten berechnet. Das entspricht mehr als 6,6 Stunden kontinuierlicher, sekundlicher Aufzeichnung, verteilt über die verschiedenen Seeadler-Individuen der vier Untersuchungsgebiete.

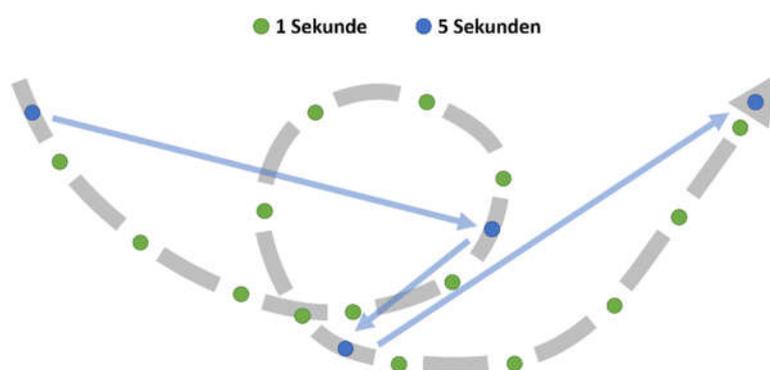


Abbildung 32: Schematische Skizze einer Flugbahn zur Veranschaulichung der Berechnung der Fluggeschwindigkeit.

Die graugestrichelte Flugbahn wird sekundlich (grüne Punkte) oder alle 5 Sekunden (blaue Punkte) erfasst. Die blauen Pfeile zeigen die direkte Strecke zwischen den blauen Messpunkten; diese bildet jedoch nicht den tatsächlich zurückgelegten Weg des Vogels ab, weshalb nur Datenpunkte mit max. 1,5 Sekunden Abstand für die Berechnung der Fluggeschwindigkeit verwendet wurden.

7.7 Zusätzliche Auswertung von Winterdaten

Die für die vier Untersuchungsstandorte insgesamt ausgewerteten Daten verteilen sich über den Zeitraum von Ende März bis Mitte Oktober 2021 (siehe Kapitel 7.2). Am Standort Wilsickow waren die beiden IDF-Systeme jedoch auch im Winter 2021/2022 sowie im Winter 2022/2023 in Betrieb. Aus diesen Zeiträumen wurden für den vorliegenden Bericht zusätzlich Daten aus November/Dezember 2021 (46 Tage) und aus November/Dezember 2022 (45 Tage) ausgewertet. Da im Winter jedoch keine Referenzdaten mit LRF erhoben wurden, beschränkte sich die Auswertung auf eine separate Betrachtung der Klassifizierung. Dabei sollte der Frage nachgegangen werden, ob die Klassifizierungsleistung von IDF unter winterlichen Bedingungen (niedriger Sonnenstand, geringere Helligkeit, tendenziell ungünstigere Witterungsbedingungen) andere Werte erzielt als im Sommerhalbjahr. Die Auswertung wurde in gleicher Weise wie die Ermittlung der Klassifizierungsleistung für die Sommermonate vorgenommen (siehe Kapitel 7.5.4). Die zusätzliche Einbeziehung von Winterdaten erfolgt somit ausschließlich in Kapitel 8.4.2. Ansonsten haben diese keinen Einfluss auf die Ergebnisse des Kapitel 8.

8 Ergebnisse

8.1 Erzielte Datengrundlage

Insgesamt wurden an den vier Untersuchungsstandorten 294.118 Datenpunkte von IDF als „White-tailed-Eagle“ und 170.727 Datenpunkte als „Protected“ bzw. „Eagle“ klassifiziert (Tabelle 8).

Zu beachten ist, dass IDF nicht zu jedem Datenpunkt ein Foto hinterlegt bzw. abspeichert. Bei Datenpunkten ohne Bild handelt es sich um die Erfassungen des Flugobjekts durch die Weitwinkelkameras (ohne Distanzmessung). Je nach zu prüfender Fragestellung wurde daher auf alle Datenpunkte oder nur auf Datenpunkte mit Fotos zurückgegriffen. Auf die jeweils verwendete Datengrundlage wird entsprechend hingewiesen.

Für die Beurteilung verschiedener Leistungsparameter von IDF wurden außerdem Datenpunkte mit Foto in einem repräsentativen Maß pro Standort händisch nachbestimmt (Tabelle 9). Von den an allen Standorten insgesamt erfassten 1.885.856 Datenpunkten mit Foto (Zielart und Nicht-Zielart) wurden in Summe 921.001 Datenpunkte und damit ein Anteil von 49,0 % nachbestimmt.

Tabelle 8: Anzahl erhobener Datenpunkte mit der Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ sowie „Protected“ bzw. „Eagle“.

Standort	IDF-Kategorie	Datenpunkte mit und ohne Foto	Datenpunkte mit Foto
Plate	White-tailed-Eagle	49.109	48.533
	Protected	7.626	7.293
Tarnow	White-tailed-Eagle	19.630	19.377
	Protected	47.991	47.054
Wilsickow	White-tailed-Eagle	147.762	141.649
	Eagle	69.088	65.865
Wolgast	White-tailed-Eagle	77.617	75.013
	Eagle	46.022	44.179
Gesamt		464.845	448.963

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 9: Anzahl und Anteil nachbestimmter Datenpunkte aller von IDF an den jeweiligen Standorten erhobenen Daten (Zielart und Nicht-Zielart).

Standort	Gesamte Datenpunkte mit Foto	Anzahl nachbestimmter Datenpunkte	Anteil nachbestimmter Datenpunkte
Plate	133.813	133.813	100 %
Tarnow	289.725	283.622	97,9 %
Wilsickow	904.664	309.474	34,2 %
Wolgast	557.654	194.092	36,3 %
Gesamt	1.885.856	921.001	49,0 %

8.1.1 Räumliche Abdeckung und Verteilung der Zielart-Aktivität

Die detektierte Seeadler-Flugaktivität verteilt sich an allen vier Standorten nicht gleichmäßig über den Erfassungsbereich der jeweiligen IDF-Systeme (Abbildung 33 bis Abbildung 36). Die ermittelten Aktivitätsschwerpunkte befinden sich teilweise nahe am 1.000 m Radius (Plate und Wilsickow), teilweise aber auch in einer Entfernung von ca. 500 m um das IDF (Tarnow und Wolgast). Ursache für diese ungleiche Verteilung können bevorzugte Flugwege oder auch häufig genutzte Sitzwarten sein. Dieses für alle vier Standorte übereinstimmende Bild einer ungleichmäßigen Raumnutzung dürfte für den Seeadler aufgrund seiner Habitatansprüche und der oft deutlichen Trennung zwischen Jagd- und Bruthabitat (Kapitel 3.1) charakteristisch sein, anders als beim Rotmilan, der Windparks auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Nahrungssuche nutzen kann.

Die Positionen der Seeadler-Datenpunkte bzgl. Himmelsrichtung und Steigungswinkel (jeweils obere Grafik in Abbildung 33 bis Abbildung 36) zeigen, dass insbesondere der Bereich der Rotorhöhe nahezu vollständig abgedeckt wird, abgesehen von sehr kleinräumigen Verschattungen durch die bereits vorhandenen WEA an den Standorten Wilsickow und Wolgast). Nur in sehr niedrigen Flughöhen kommt es zu größeren Verschattungen, z.B. durch Gehölzstrukturen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

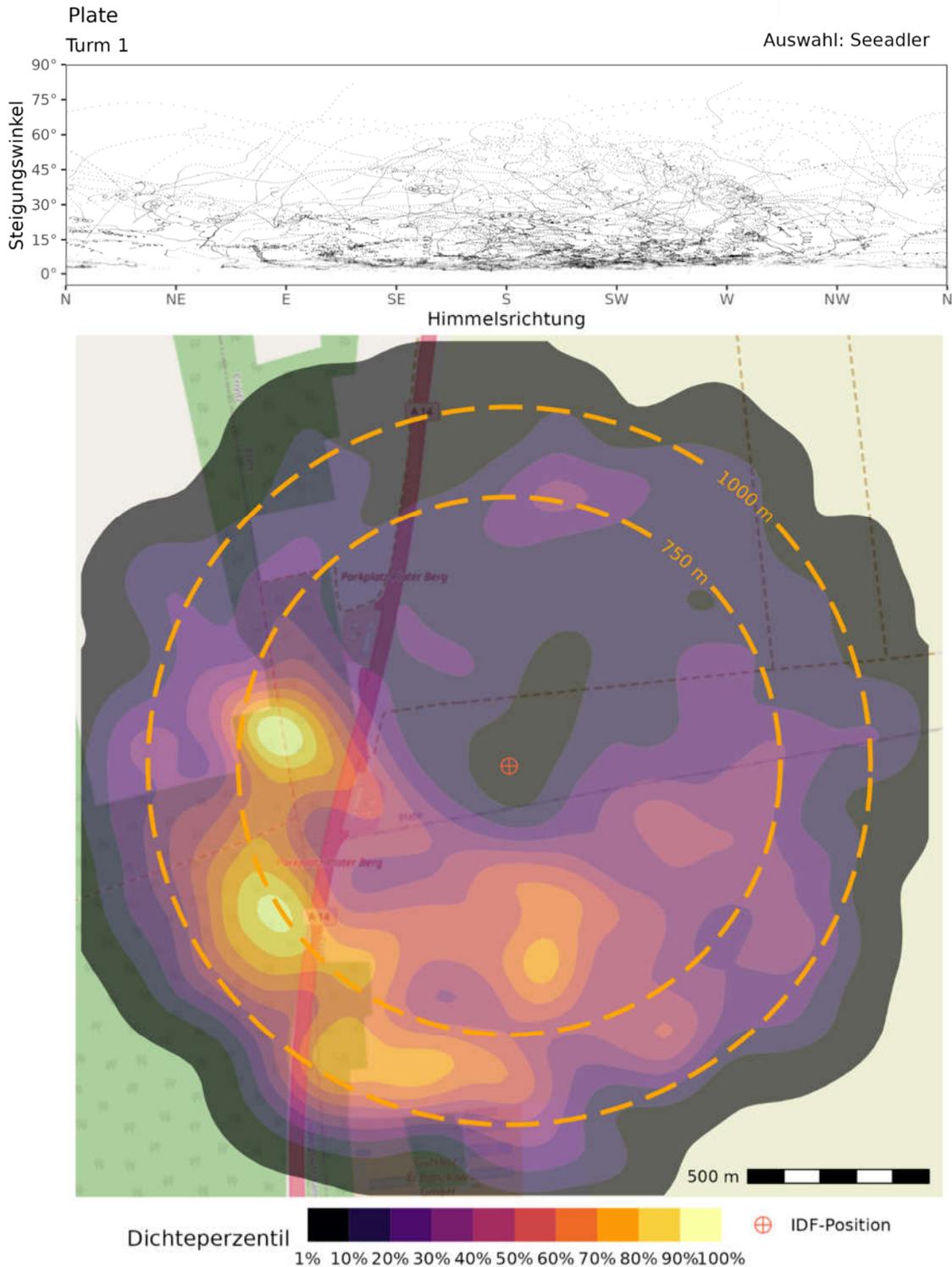


Abbildung 33: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Plate. Oben: Positionen von nachbestimmten Seeadlern bzgl. Himmelsrichtung und Steigungswinkel. Unten: Kerndichteschätzung verorteter Seeadler. Je heller die Farbe, desto mehr Datenpunkte wurden von IDF erfasst. Der Farbverlauf ist kumulativ zu lesen, so dass 50 % Seeadler-Datenpunkte in den Bereichen erfasst wurden, die die Farben von 1 % bis 50 % aufweisen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

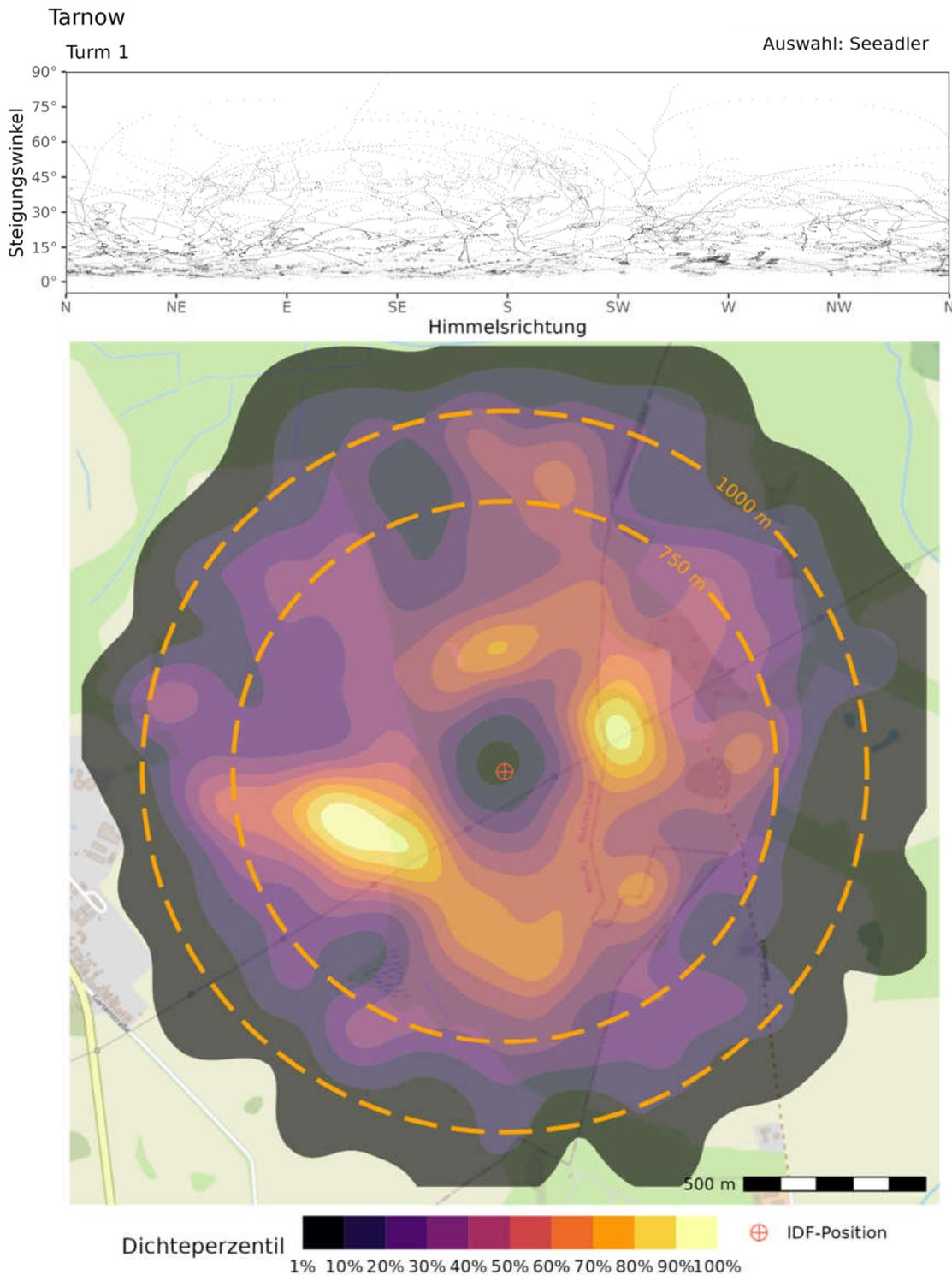


Abbildung 34: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Tarnow. Oben: Positionen von nachbestimmten Seeadlern bzgl. Himmelsrichtung und Steigungswinkel. Unten: Kerndichteschätzung verorteter Seeadler. Je heller die Farbe, desto mehr Datenpunkte wurden von IDF erfasst. Der Farbverlauf ist kumulativ zu lesen, so dass 50 % Seeadler-Datenpunkte in den Bereichen erfasst wurden, die die Farben von 1 % bis 50 % aufweisen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

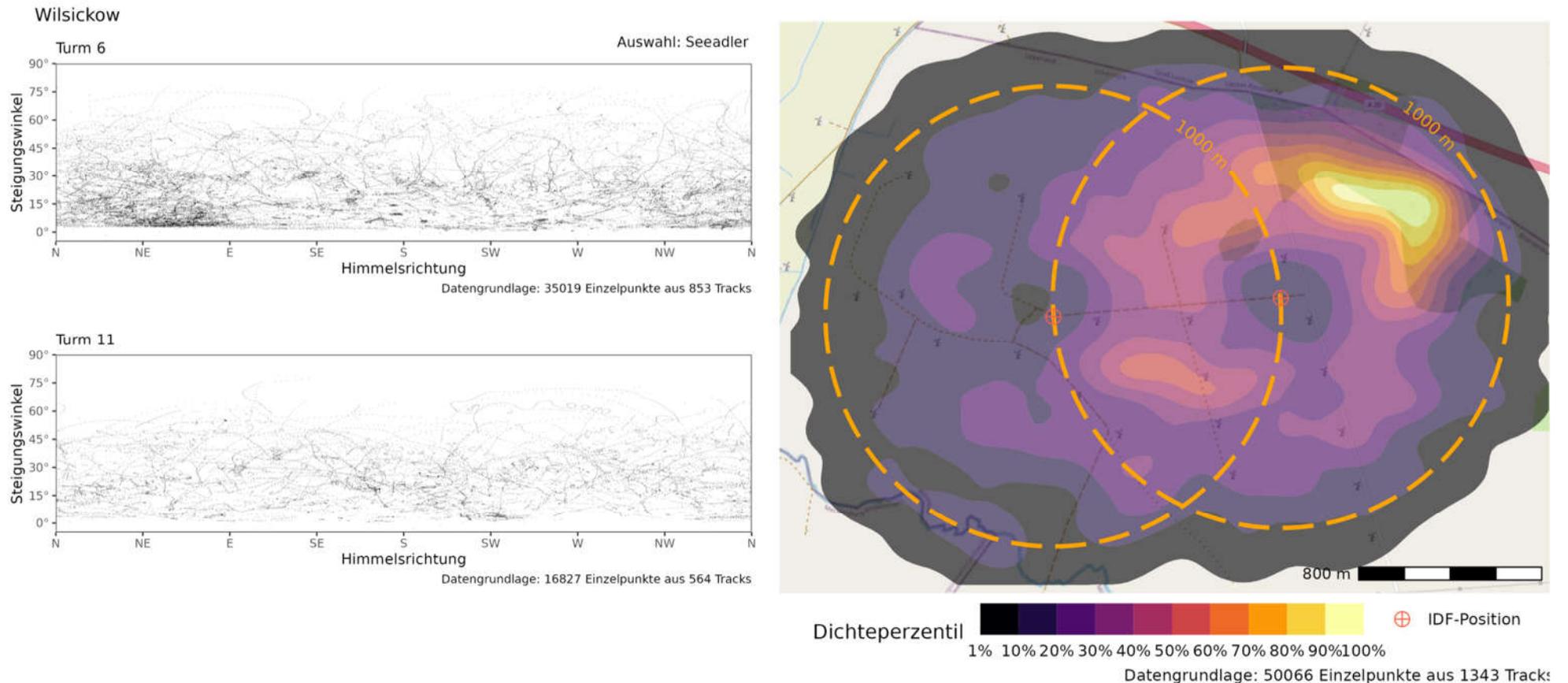


Abbildung 35: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Wilsickow. Links: Positionen von nachbestimmten Seeadlern bzgl. Himmelsrichtung und Steigungswinkel. Rechts: Kerndichteschätzung verorteter Seeadler. Je heller die Farbe, desto mehr Datenpunkte wurden erfasst. Der Farbverlauf ist kumulativ zu lesen, so dass 50 % Seeadler-Datenpunkte in den Bereichen erfasst wurden, die die Farben von 1 % bis 50 % aufweisen

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

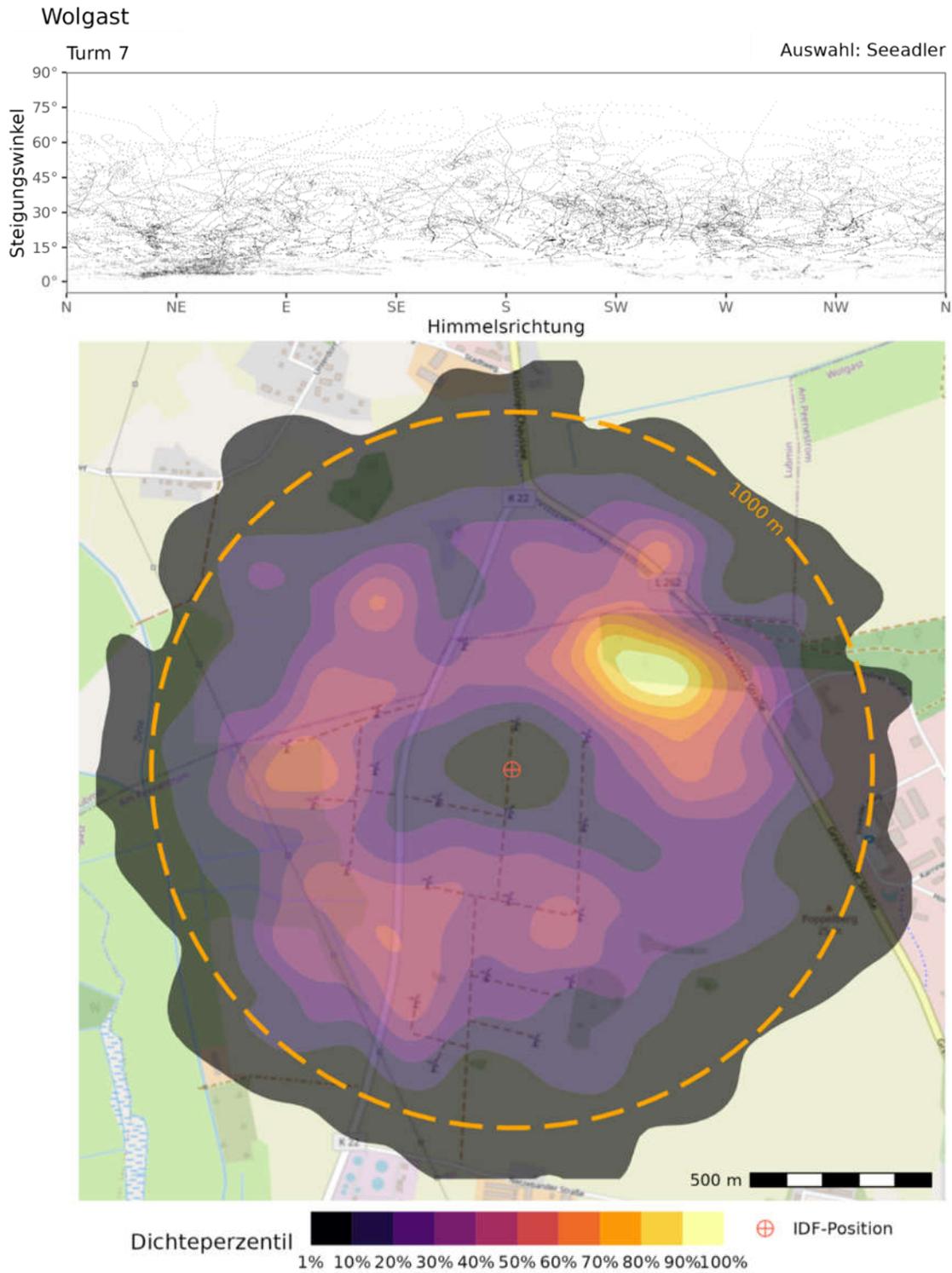


Abbildung 36: Räumliche Verteilung der IDF-Daten nachbestimmter Seeadler am Standort Wolgast. Oben: Positionen von nachbestimmten Seeadlern bzgl. Himmelsrichtung und Steigungswinkel. Unten: Kerndichteschätzung verorteter Seeadler. Je heller die Farbe, desto mehr Datenpunkte wurden von IDF erfasst. Der Farbverlauf ist kumulativ zu lesen, so dass 50 % Seeadler-Datenpunkte in den Bereichen erfasst wurden, die die Farben von 1 % bis 50 % aufweisen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

8.1.2 Zeitliche Abdeckung und Verteilung der Zielart-Aktivität

Seeadler wurden an allen vier Standorten über den gesamten jeweiligen Untersuchungszeitraum detektiert. Die meisten Daten stammen aus den Monaten August und September, am Standort Wolgast hingegen aus Juni und Juli. Abgesehen von den Ausfallzeiten erfolgte somit eine weitgehend kontinuierliche Zielartendetektion (Abbildung 37 bis Abbildung 40).

Hinsichtlich der Aufzeichnungsdauer pro Tag zeigen sich an allen Untersuchungsstandorten deutliche Schwankungen zwischen den Tagen bzw. bei entsprechend langer Erfassungsdauer auch im Jahresverlauf (Wilsickow). Die durchschnittliche tägliche Aufzeichnungsdauer ist an den Standorten Wolgast und Wilsickow, wo sich ein Seeadlerhorst in der Nähe befand (Kapitel 7.1), deutlich höher als in Tarnow. In Plate wurde zwar ein noch höherer Wert von durchschnittlich 32 min Aufzeichnungsdauer pro Tag erreicht (Abbildung 37), hierbei ist jedoch die relativ hohe Falsch-Positiv-Rate für den Seeadler (vgl. Kapitel 8.4) an diesem Standort zu berücksichtigen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

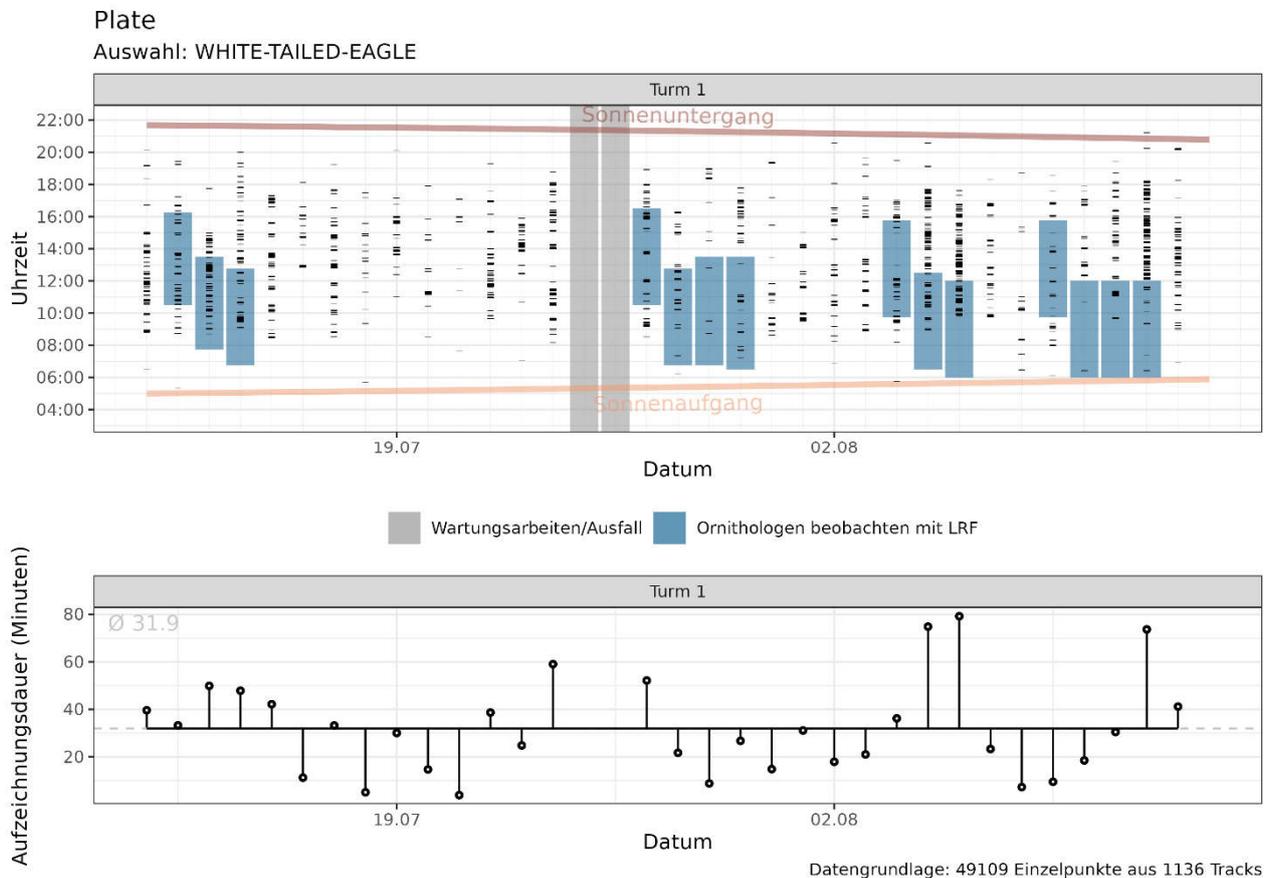


Abbildung 37: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Plate.

Oben: Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Blau markiert sind die Zeiten für die LRF-Erfassungen; Systemausfälle aufgrund externer Stromversorgungen sind grau gekennzeichnet. **Unten:** Die mittlere Aufzeichnungsdauer der Zielart-Flugbahn pro Tag ist als grau gestrichelte Linie gekennzeichnet bzw. auf der Y-Achse angegeben. Die jeweiligen Tageswerte sind als Abweichung vom Mittelwert dargestellt. Datengrundlage: Datenpunkte mit und ohne Foto

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

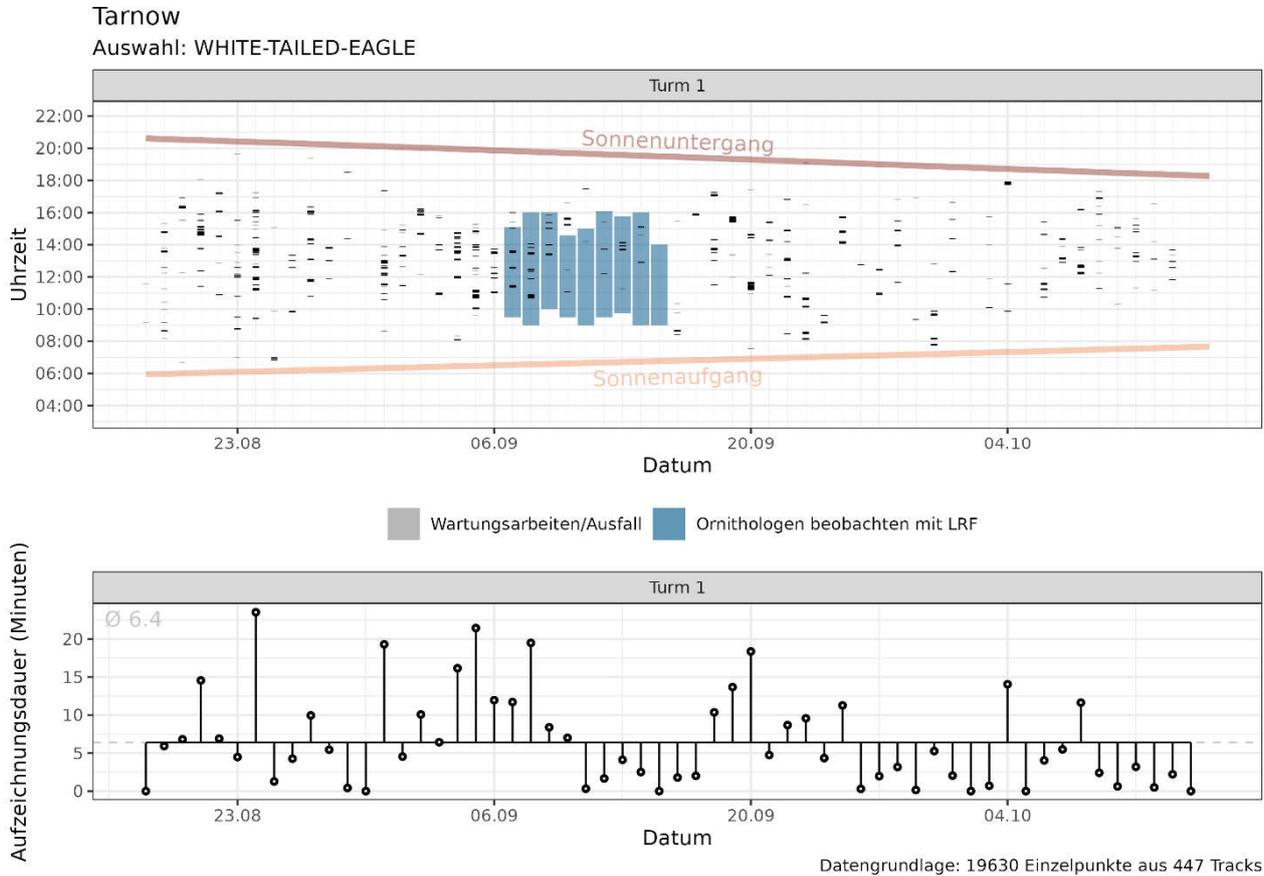


Abbildung 38: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Tarnow.

Oben: Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Blau markiert sind die Zeiten für die LRF-Erfassungen; Systemausfälle traten nicht auf. Unten: Die mittlere Aufzeichnungsdauer der Zielart-Flugbahn pro Tag ist als grau gestrichelte Linie gekennzeichnet bzw. auf der Y-Achse angegeben. Die jeweiligen Tageswerte sind als Abweichung vom Mittelwert dargestellt. Datengrundlage: Datenpunkte mit und ohne Foto

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

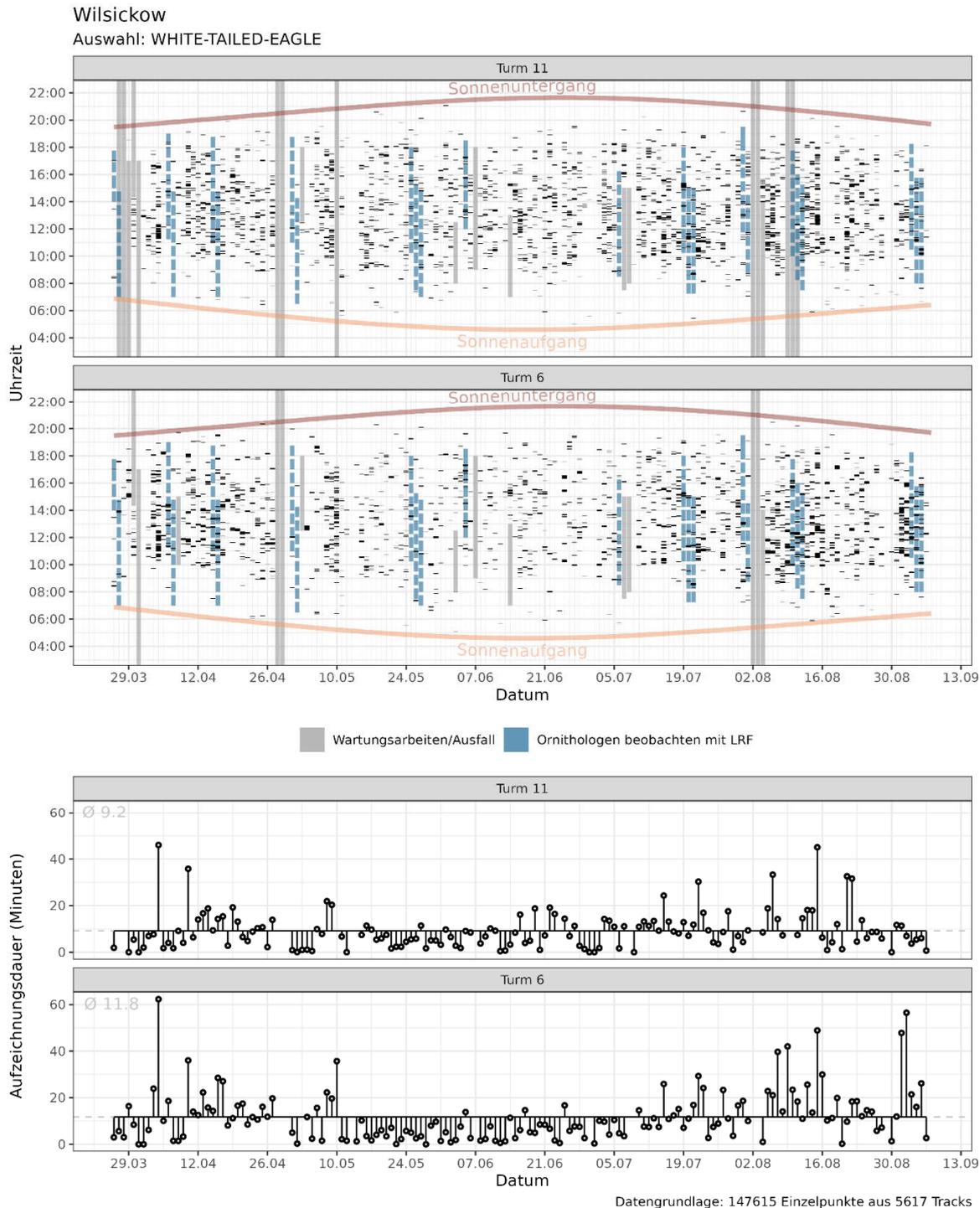


Abbildung 39: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Wilsickow.

Oben: Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Blau markiert sind die Zeiten für die LRF-Erfassungen; Systemausfälle/Wartungsarbeiten sind grau gekennzeichnet. **Unten:** Die mittlere Aufzeichnungsdauer der Zielart-Flugbahn pro Tag ist als grau gestrichelte Linie gekennzeichnet bzw. auf der Y-Achse angegeben. Die jeweiligen Tageswerte sind als Abweichung vom Mittelwert dargestellt. Datengrundlage: Datenpunkte mit und ohne Foto

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

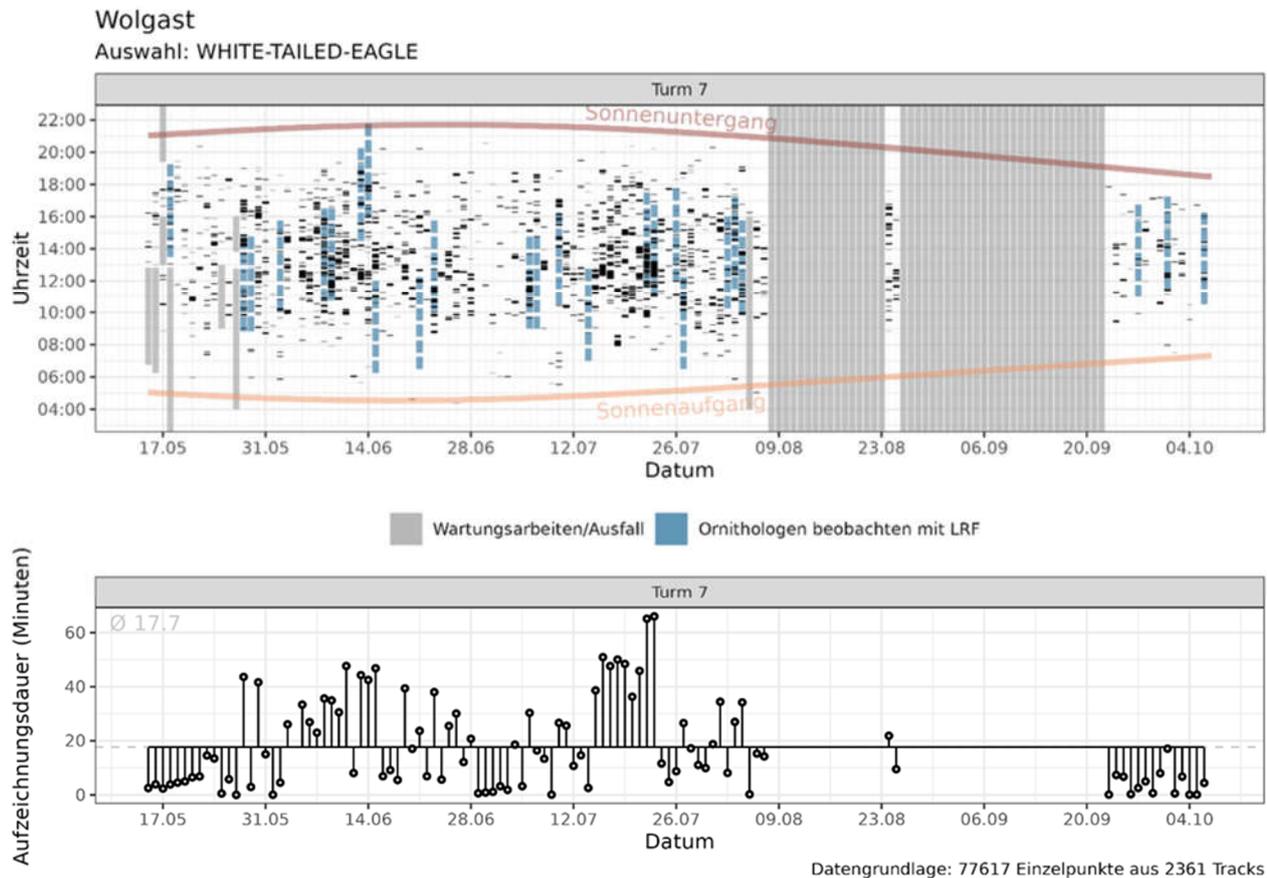


Abbildung 40: Zeitliche Verteilung sowie tägliche Aufzeichnungsdauer von Flugbahnen mit der IDF-Kategorie „White-tailed-Eagle“ am Standort Wolgast.

Oben: Gespeicherte Dateneinträge von IDF sind für jeden Tag als schwarze Linien gekennzeichnet. Blau markiert sind die Zeiten für die LRF-Erfassungen; Systemausfälle aufgrund von IDF-Reparaturarbeiten sind grau gekennzeichnet. Unten: Die mittlere Aufzeichnungsdauer der Zielart-Flugbahn pro Tag ist als grau gestrichelte Linie gekennzeichnet bzw. auf der Y-Achse angegeben. Die jeweiligen Tageswerte sind als Abweichung vom Mittelwert dargestellt. Datengrundlage: Datenpunkte mit und ohne Foto

8.2 Erfassungsreichweite

Die Erfassungsreichweite von IDF für die Detektion der Zielarten wurde auf Grundlage der sicher als Zielart nachbestimmten Tracks berechnet. Hierbei ist der jeweils erste Punkt einer aufgezeichneten Seeadler-Flugbahn maßgebend, der korrekt als „White-tailed-Eagle“ klassifiziert wurde.

Somit flossen insgesamt 2.426 Seeadler-Tracks – davon der jeweils erste korrekt klassifizierte Detektionspunkt dieser Tracks – in die Auswertung ein.

Zu berücksichtigen ist, dass IDF zumeist mehrere Tracks für das gleiche Individuum anlegt, wenn sich dieses länger im Erfassungsbereich aufhält. Für die Beurteilung der Erfassungsreichweite sind deshalb die Maximal-Werte der ersten Detektionspunkte relevant, da sie die technisch bedingten Fähigkeiten des Systems zeigen.

So wurde der Seeadler an allen Untersuchungsstandorten in deutlich über 1.000 m radialer Distanz von IDF detektiert (Abbildung 41). Damit werden die Angaben des Herstellers hinsichtlich der Erfassungsreichweite für die Zielart erreicht bzw. teilweise noch übertroffen. Allerdings lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht beurteilen, ob die Detektionsrate in dieser großen Entfernung abnimmt. Auf der Grundlage der Daten aus Wilsickow und Plate kann jedoch von einer maximalen Erfassungsreichweite für den Seeadler bis ca. 1.200 m ausgegangen werden. Darüber hinaus zeichnet IDF generell keine Daten mehr auf.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

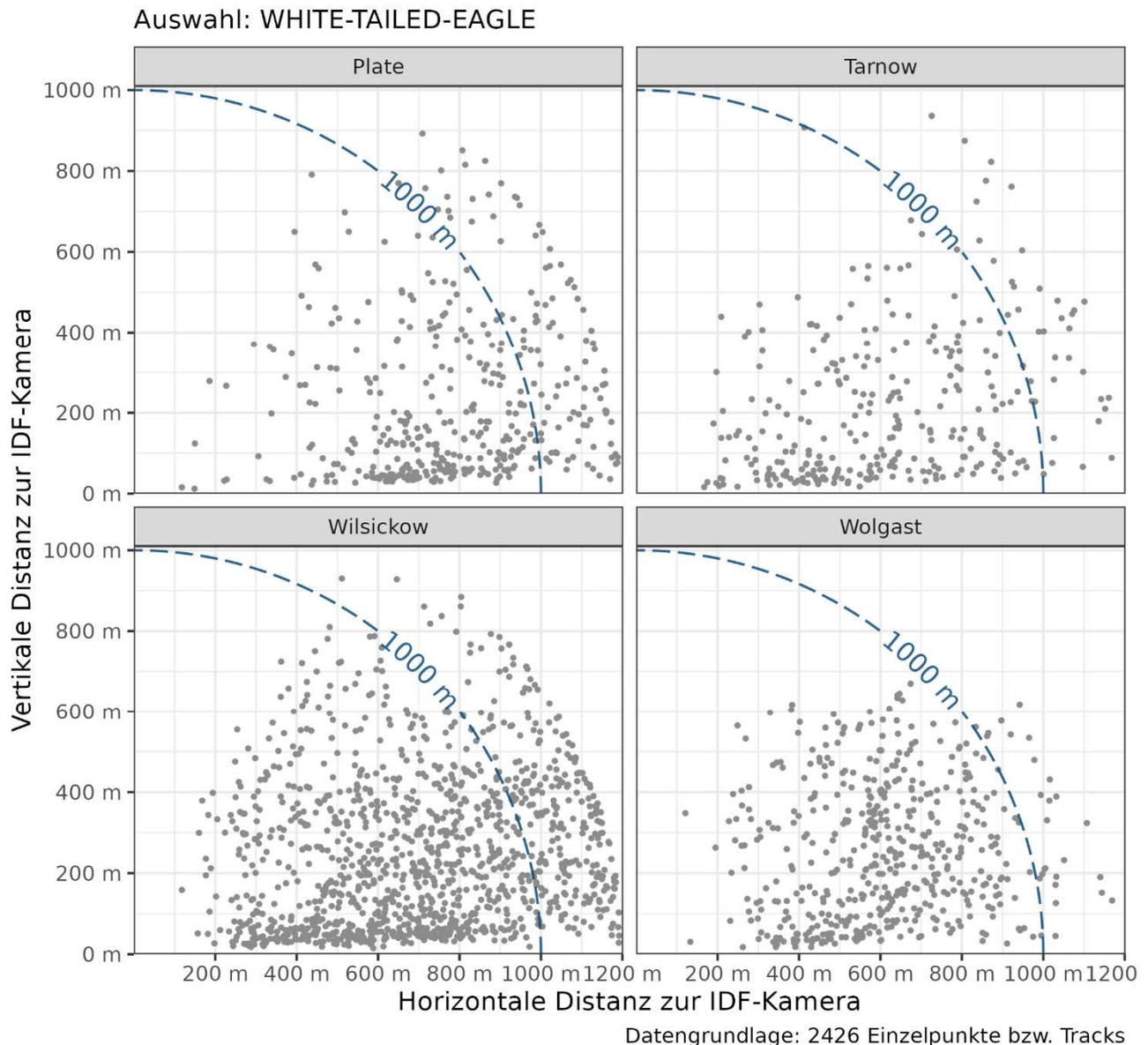


Abbildung 41: Vertikale und horizontale Distanz des jeweils ersten Detektionspunktes eines nachbestimmten Zielart-Tracks („White-tailed-Eagle“) zu IDF an den jeweiligen Untersuchungsstandorten. Die 1.000 m radiale Entfernung zu IDF ist als blaugestrichelte Linie dargestellt. In einer Entfernung >1.200 m werden generell keine Daten mehr von IDF aufgezeichnet, weshalb sich in dieser Distanz in der hier gezeigten Darstellung eine klare Grenze ergibt.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

8.3 Erfassungsrate

Für den Seeadler konnte innerhalb von 395 Erfassungstunden ein LRF-Referenzdatensatz von insgesamt 230 Tracks erhoben werden. Aufgrund der Zielart-spezifischen vergleichsweise geringen Flugaktivität ist eine größere Anzahl an Referenztracks nur mit enormen Untersuchungsaufwand generierbar.

Von den 230 Referenztracks wurden 57 Tracks als „nicht sichtbar“ für IDF bewertet und entsprechend als „ungültig“ eingestuft. Ebenfalls als „ungültig“ bewertet wurden 9 LRF-Tracks, bei denen IDF zeitgleich einen anderen geschützten Vogel verfolgte (Tabelle 10). Daraus ergibt sich eine LRF-Referenzstichprobe aus insgesamt 164 gültigen Seeadler-Tracks, wovon in Summe 143 durch IDF ebenfalls detektiert wurden. Die Erfassungsrate beträgt damit im Durchschnitt 87,2 %; mindestens 86,1 % am Standort Wolgast und maximal 89,5 % am Standort Tarnow (Tabelle 11).

Tabelle 10: Herleitung der LRF-Referenzstichprobe für den Seeadler an den jeweiligen Untersuchungsstandorten sowie insgesamt.

Standort	LRF-Tracks gesamt	Ungültige LRF-Tracks		Gültige LRF-Tracks
		Nicht sichtbar für IDF	Andere geschützte Art verfolgt	
Plate	30	4	1	25
Tarnow	28	9	0	19
Wilsickow	64	14	2	48
Wolgast	108	30	6	72
GESAMT	230	57	9	164

Tabelle 11: IDF-Erfassungsrate für den Seeadler an den jeweiligen Untersuchungsstandorten sowie insgesamt.

Standort	Gültige LRF-Tracks	Von IDF detektierte Tracks	Nicht von IDF detektierte Tracks	IDF-Erfassungsrate
Plate	25	22	3	88,0 %
Tarnow	19	17	2	89,5 %
Wilsickow	48	42	6	87,5 %
Wolgast	72	62	10	86,1 %
GESAMT	164	143	21	87,2 %

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

8.4 Klassifizierung

8.4.1 Alle Standorte März bis Oktober

Grundlage für die Beurteilung der Klassifizierungsleistung sind die von IDF gespeicherten Fotos zu den erhobenen Datenpunkten. Anhand der Fotos wurden von allen Untersuchungsstandorten zusammen 920.800 Datenpunkte nachbestimmt und im Anschluss mit der Klassifizierung durch IDF abgeglichen (Tabelle 12).

Die Klassifizierung wurde als korrekt gewertet, wenn IDF für einen nachbestimmten Seeadler die Kategorie „White-tailed-Eagle“ oder „Protected“/ „Eagle“ bzw. an den Standorten Plate und Tarnow „Red-or-Black-Kite“ vergeben hatte. Die Kategorie „Protected“/ „Eagle“ beeinflusst die hier ermittelte Klassifizierungsrate für den Seeadler jedoch nur geringfügig (Tabelle 13). In Abbildung 42 werden die Ergebnisse der Kreuztabelle visualisiert, dabei wird die hohe Rate an richtig von IDF klassifizierten Seeadlern (und Rotmilanen) deutlich. Nur ein geringer Anteil an nachbestimmten Seeadlern wird über die Kategorie „Protected“/ „Eagle“ abgedeckt.

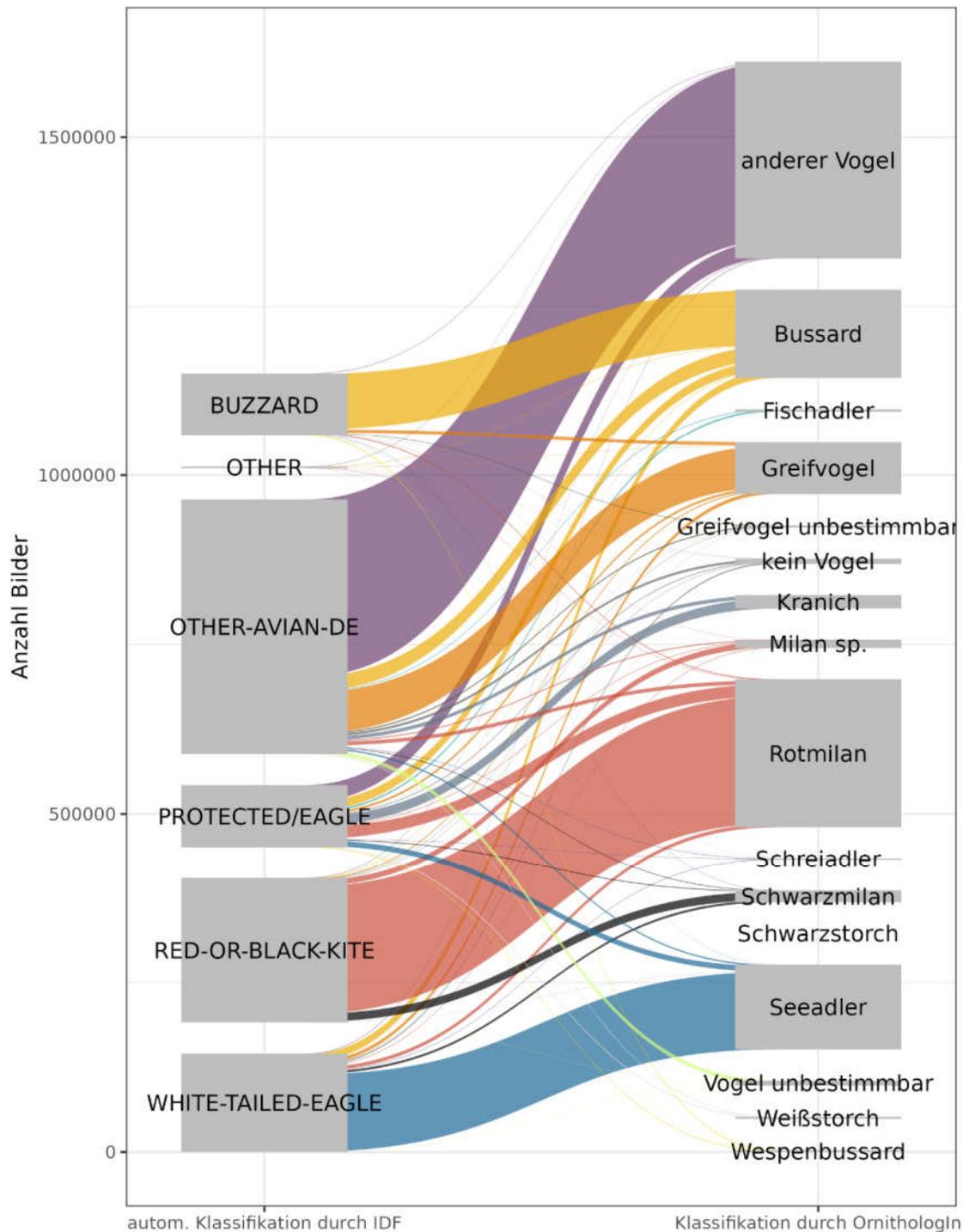
Tabelle 12: Kreuztabelle nachbestimmter Datenpunkte mit ihrer IDF-Klassifizierung. Dargestellt sind die Ergebnisse aller Untersuchungsstandorte zusammen.

Nachbestimmte Art(-engruppe)	IDF-Klassifikation vs Nachbestimmung						Gesamt
	BUZZARD	OTHER	OTHER-AVIAN-DE	PROTECTED/EAGLE	RED-OR-BLACK-KITE	WHITE-TAILED-EAGLE	
anderer Vogel	697	566	261.982	25.657	655	943	290.500
Bussard	81.752	624	21.864	13.543	789	11.591	130.163
Fischadler	13	—	1.088	2.560	5	144	3.810
Greifvogel	4.890	388	60.950	3.336	1.726	5.426	76.716
Greifvogel unbestimmbar	742	21	1.756	140	469	218	3.346
kein Vogel	251	174	3.586	1.159	534	1.853	7.557
Kranich	8	30	5.379	14.307	44	31	19.799
Milan sp.	289	68	1.535	867	8.562	873	12.194
Rotmilan	1.368	499	5.517	17.938	187.922	5.394	218.638
Schreiadler	134	—	633	462	29	734	1.992
Schwarzmilan	257	46	872	1.059	12.178	3.348	17.760
Schwarzstorch	—	—	63	—	2	—	65
Seeadler	187	135	2.249	8.124	182	114.168	125.045
Vogel unbestimmbar	202	57	6.283	85	325	383	7.335
Weißstorch	—	—	1.382	1.713	5	18	3.118
Wespenbussard	1.373	6	321	1.052	10	—	2.762
Gesamt	92.163	2.614	375.460	92.002	213.437	145.124	920.800

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Datengrundlage: 920800 nachbestimmte Bilder

Abbildung 42: IDF-Klassifizierung und nachbestimmte Klassifizierung an allen Untersuchungsstandorten zusammen. Zu beachten ist, dass die einzelnen Klassifizierungsgruppen nicht kumulativ dargestellt sind, sondern die Anzahl an Abschaltensignalen für jede Gruppe separat abgebildet ist und die Rasterlinien der Y-Achse als Hilfsmittel zur Abschätzung der Dimensionierung dienen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 13: IDF-Klassifizierung nachbestimmter Seeadler im Hinblick auf die Kategorie „Protected“ bzw. „Eagle“ aller Untersuchungsstandorte zusammen.

		Gesamt	IDF-Kategorie „Protected“ / „Eagle“	IDF-Kategorie „White- tailed-Eagle“
nachbestimmt	Seeadler	125.045	8.124	114.168
		100 %	6,5 %	91,3 %

Die Richtig-Positiv-Rate („True-Positiv-Rate“, Zielart wird als Zielart erkannt) liegt für alle Standorte bei durchschnittlich bei 97,7 %, wobei sie über alle Distanzklassen hinweg bis zu einer horizontalen Distanz zu IDF von 1.200 m nahezu konstant bleibt (Tabelle 14).

Zum überwiegend größten Teil wurden die Seeadler von IDF an allen Untersuchungsstandorten korrekt als „White-tailed-Eagle“ klassifiziert. Die Kategorie „Protected“/ „Eagle“ spielt bei der korrekten Erkennung von Seeadlern über alle Distanzklassen hinweg an allen untersuchten Standorten eine ähnlich geringfügige Rolle und ist für etwa maximal 15 % der korrekten Klassifizierung von Seeadlern verantwortlich, wie in der jeweils oberen Grafik der Abbildung 43 bis Abbildung 46 deutlich wird. Wurden die Vögel nicht korrekt von IDF als Seeadler oder als „Protected“/ „Eagle“ bestimmt, so erfolgte von IDF zumeist eine fälschliche Zuordnung zu „Other Avian“ (2.249 Datenpunkte, vgl. Tabelle 12).

Falsch-Positive Bestimmungen (Nicht-Zielart wird als Zielart klassifiziert, „False-Positive-Rate“) entstanden v.a. durch die Vergabe der Klassifikation „Protected“/ „Eagle“ (jeweils untere Grafik der Abbildung 43 bis Abbildung 46). Eine Ausnahme bildet der Standort Plate (Abbildung 43), hier wurde die Kategorie „White-tailed-Eagle“ häufiger fälschlicherweise vergeben als die Kategorie „Protected“. Gründe hierfür sind nicht bekannt, möglich ist jedoch eine systembedingte standortspezifische andere Gewichtung der Kategorien „White-tailed-Eagle“ und „Protected“. Auffällig ist auch der Peak der Falsch-Positiv-Rate am Standort Wolgast in der Entfernungsklasse 100 m bis 150 m (Abbildung 46). Hier wurde die Befeuerung einer in dieser Entfernung stehenden WEA von IDF fälschlicherweise als „White-tailed-Eagle“ klassifiziert. Der Fehler trat besonders an einem einzelnen Erfassungstag auf, wobei an diesem Tag ca. 800 solcher Falschklassifizierungen auftraten. Dadurch wurde in Summe eine vergleichsweise hohen Falsch-Positiv-Rate in dieser Entfernung am Standort Wolgast erreicht.

Betrachtet man die Falsch-Positiv-Rate an allen untersuchten Standorten zusammen, so zeigt sich, dass diese mit zunehmender horizontaler Distanz zu IDF bis 1.200 m etwa um 10 % zunimmt und bei 1.200 m 17,9 % beträgt (Tabelle 15). Folglich wurde eine Nicht-Zielart von IDF mit zunehmender Entfernung häufiger fälschlicherweise als Zielart klassifiziert, und spiegelt damit die vorsorglich intendierte Übergewichtung des Falsch-Positiv-Fehlers bei der Klassifizierung wider, die kennzeichnend für die derzeitige IDF-Programmierung ist.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 14: Mittlere Richtig-Positiv-Rate („True-Positive-Rate“; Zielart wird als Zielart klassifiziert) hinsichtlich der Klassifizierung in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz zu IDF.

	Standort	Distanz				
		250 m	500 m	750 m	1.000 m	1.200 m
True-Positive-Rate	Plate	95,8 %	97,8 %	98,5 %	98,7 %	98,8 %
	Tarnow	97,2 %	97,0 %	97,4 %	97,5 %	97,6 %
	Wilsickow	97,8 %	96,6 %	96,5 %	96,6 %	96,6 %
	Wolgast	100 %	98,5 %	98,2 %	98,0 %	98,0 %
	GESAMT	97,7 %	97,5 %	97,7 %	97,7 %	97,8 %

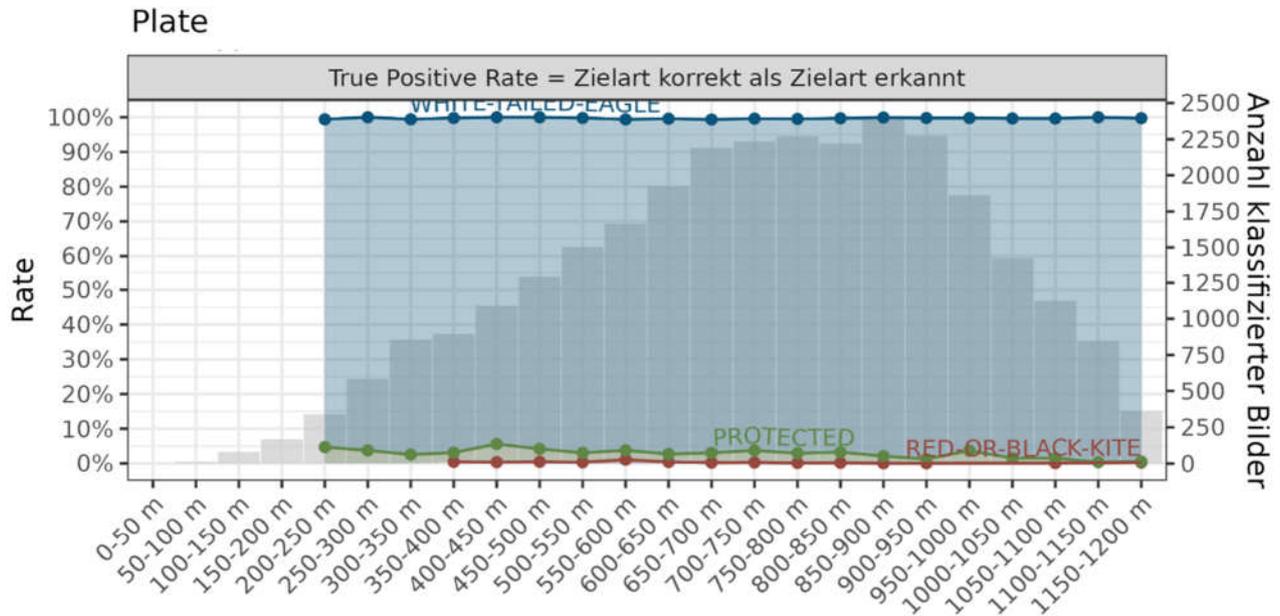
Tabelle 15: Mittlere Falsch-Positiv-Rate („False-Positive-Rate“; Nicht-Zielart wird als Zielart klassifiziert) hinsichtlich der Klassifizierung in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz zu IDF.

	Standort	Distanz				
		250 m	500 m	750 m	1.000 m	1.200 m
False-Positive-Rate	Plate	7,7 %	17,7 %	24,9 %	27,2 %	27,5 %
	Tarnow	10,6 %	16,3 %	20,9 %	24,3 %	25,5 %
	Wilsickow	6,2 %	8,2 %	10,2 %	11,2 %	11,4 %
	Wolgast	7,6 %	6,6 %	6,9 %	7,1 %	7,1 %
	GESAMT	8,0 %	12,2 %	15,7 %	17,5 %	17,9 %

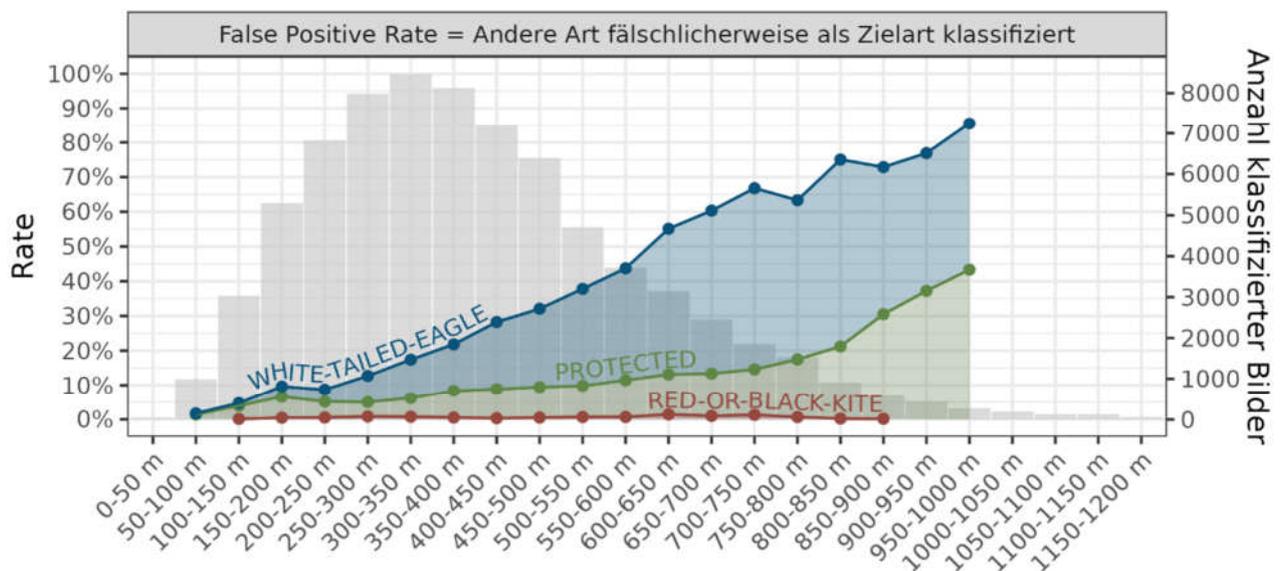
IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and Environmental Research Group



Datengrundlage: 29618 Einzelpunkte aus 433 Tracks



Horizontale Entfernung vom IDF-System

Datengrundlage: 74490 Einzelpunkte aus 4305 Tracks

Abbildung 43: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Plate.

Dargestellt sind die Raten in Prozent pro Distanzklasse bis in 1.200 m horizontaler Distanz zu IDF für die Klassifizierungs-Kategorien „Red-or-Black-Kite“ (rote Linie), „White-tailed-Eagle“ (blaue Linie) sowie „Protected“ (grüne Linie). Die Anzahl an klassifizierten Datenpunkten pro Distanzklasse ist in Form von Säulen dargestellt; die unterschiedliche Anzahl an Datenpunkten pro Distanzklasse ist zu beachten. Aus statistischen Gründen nicht dargestellt wird die Rate bei < 200 Datenpunkten pro Distanzklasse.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

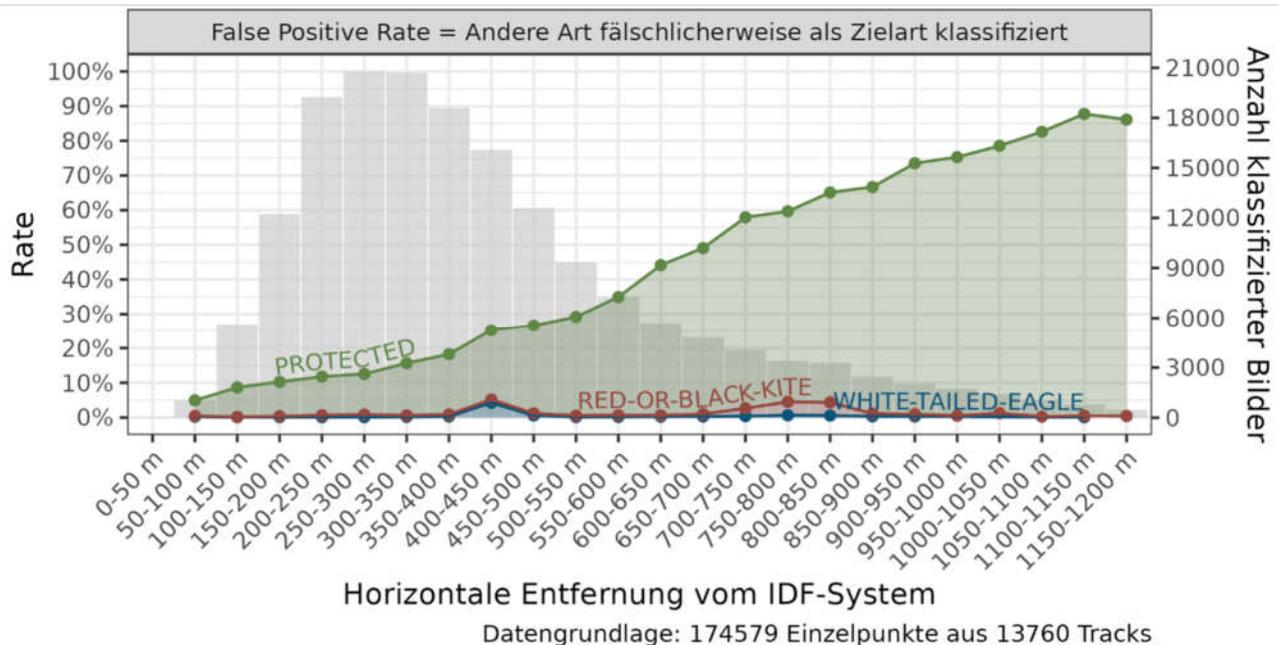
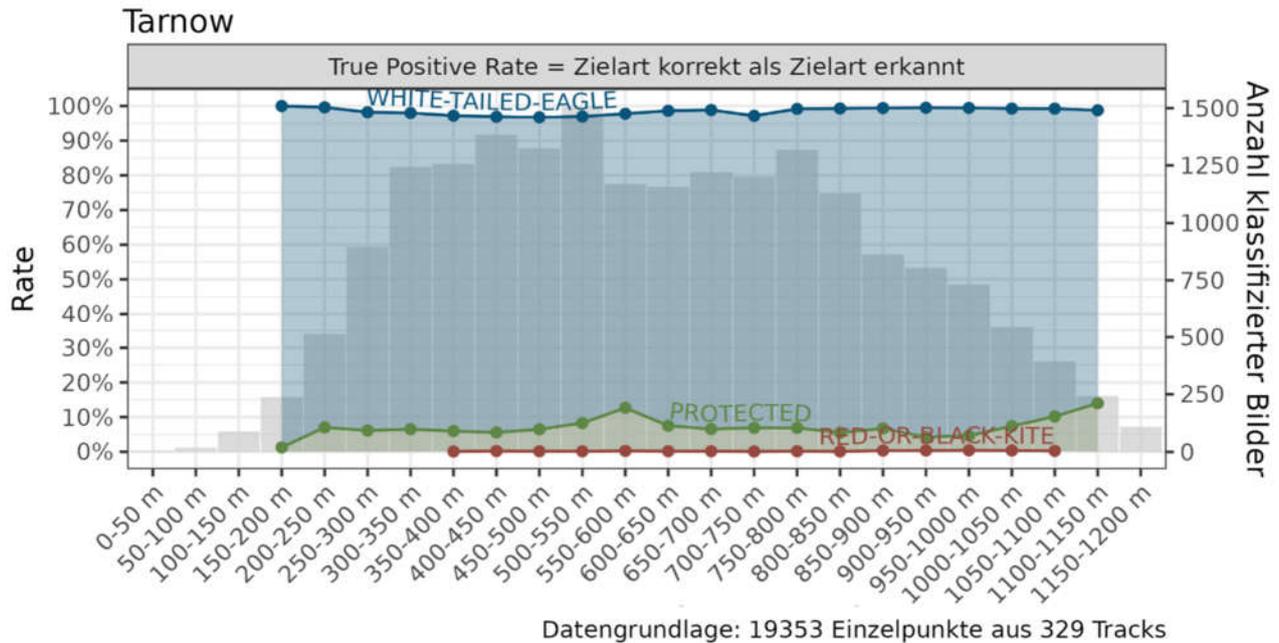


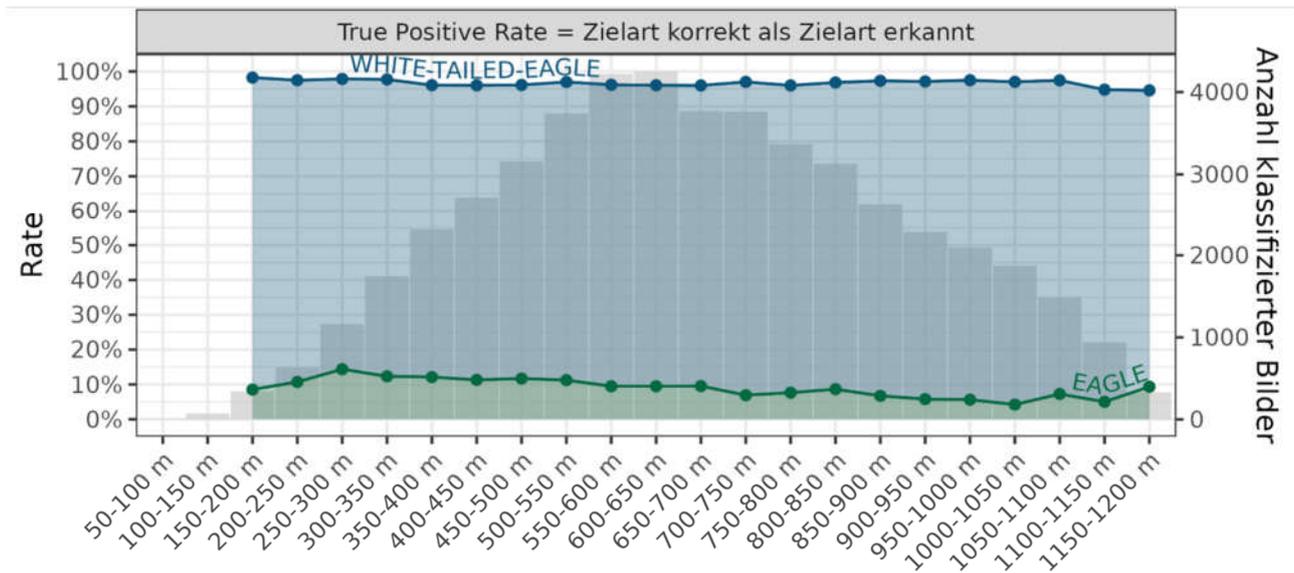
Abbildung 44: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Tarnow.
 Dargestellt sind die Raten in Prozent pro Distanzklasse bis in 1.200 m horizontaler Distanz zu IDF für die Klassifizierungs-Kategorien „Red-or-Black-Kite“ (rote Linie), „White-tailed-Eagle“ (blaue Linie) sowie „Protected“ (grüne Linie). Die Anzahl an klassifizierten Datenpunkten pro Distanzklasse ist in Form von Säulen dargestellt; die unterschiedliche Anzahl an Datenpunkten pro Distanzklasse ist zu beachten. Aus statistischen Gründen nicht dargestellt wird die Rate bei < 200 Datenpunkten pro Distanzklasse.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

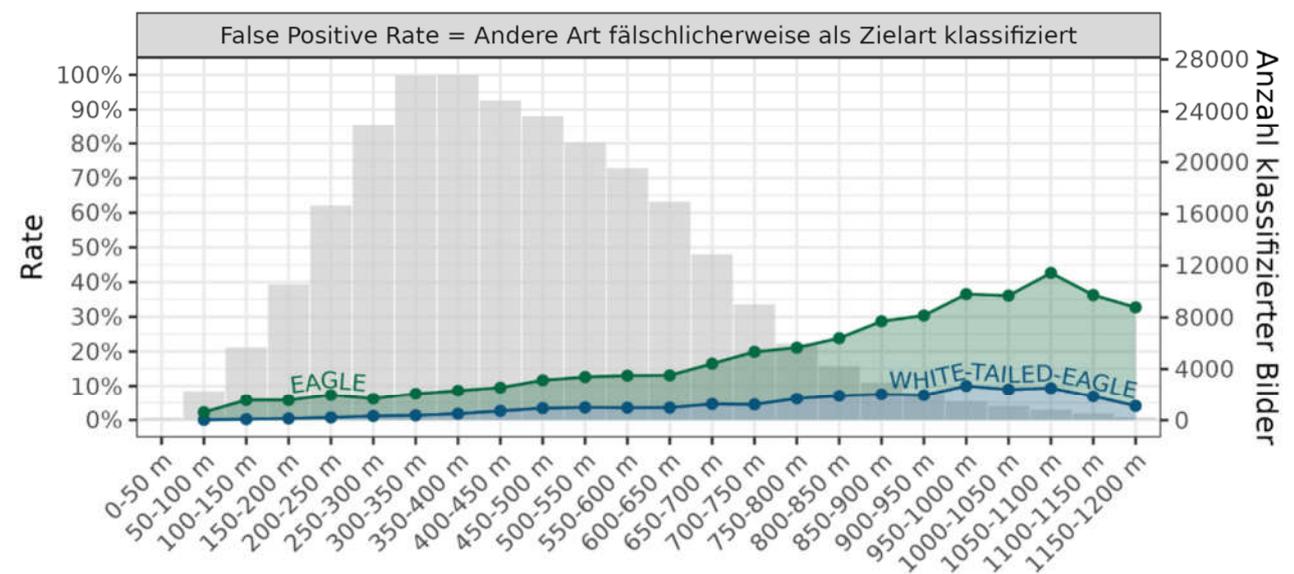
Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Wilsickow



Datengrundlage: 50029 Einzelpunkte aus 1341 Tracks



Horizontale Entfernung vom IDF-System

Datengrundlage: 259398 Einzelpunkte aus 15196 Tracks

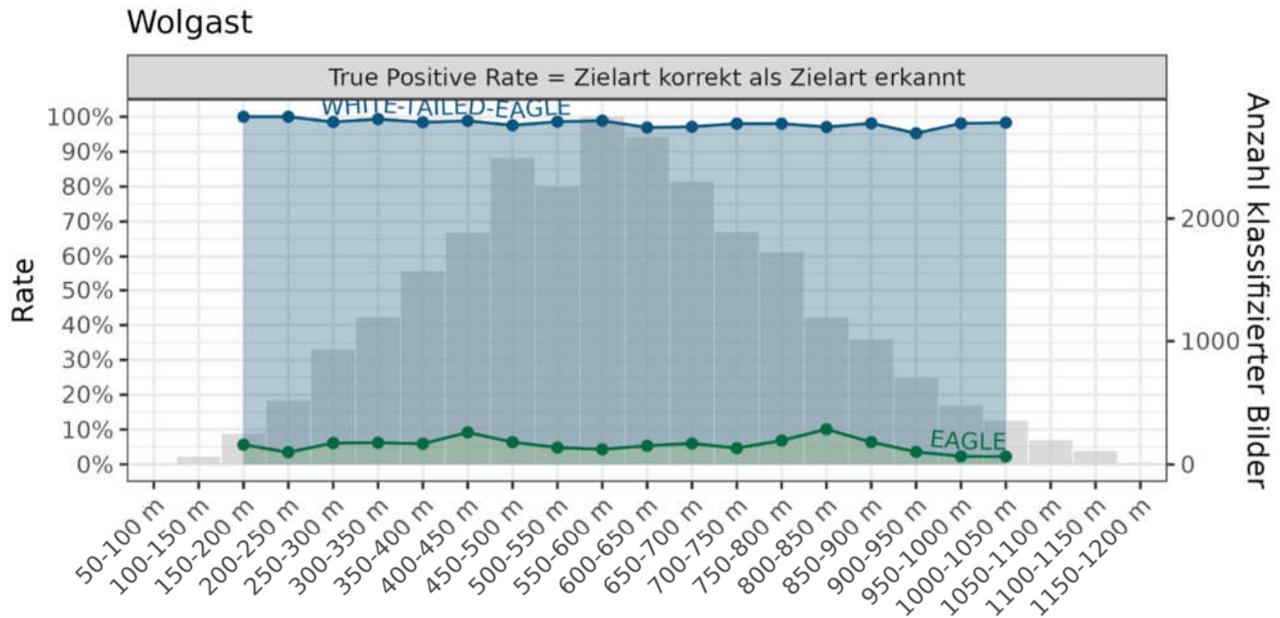
Abbildung 45: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wilsickow.

Dargestellt sind die Raten in Prozent pro Distanzklasse bis in 1.200 m horizontaler Distanz zu IDF für die Klassifizierungs-Kategorien „White-tailed-Eagle“ (blaue Linie) sowie „Eagle“ (grüne Linie). Die Anzahl an klassifizierten Datenpunkten pro Distanzklasse ist in Form von Säulen dargestellt; die unterschiedliche Anzahl an Datenpunkten pro Distanzklasse ist zu beachten. Aus statistischen Gründen nicht dargestellt wird die Rate bei < 200 Datenpunkten pro Distanzklasse.

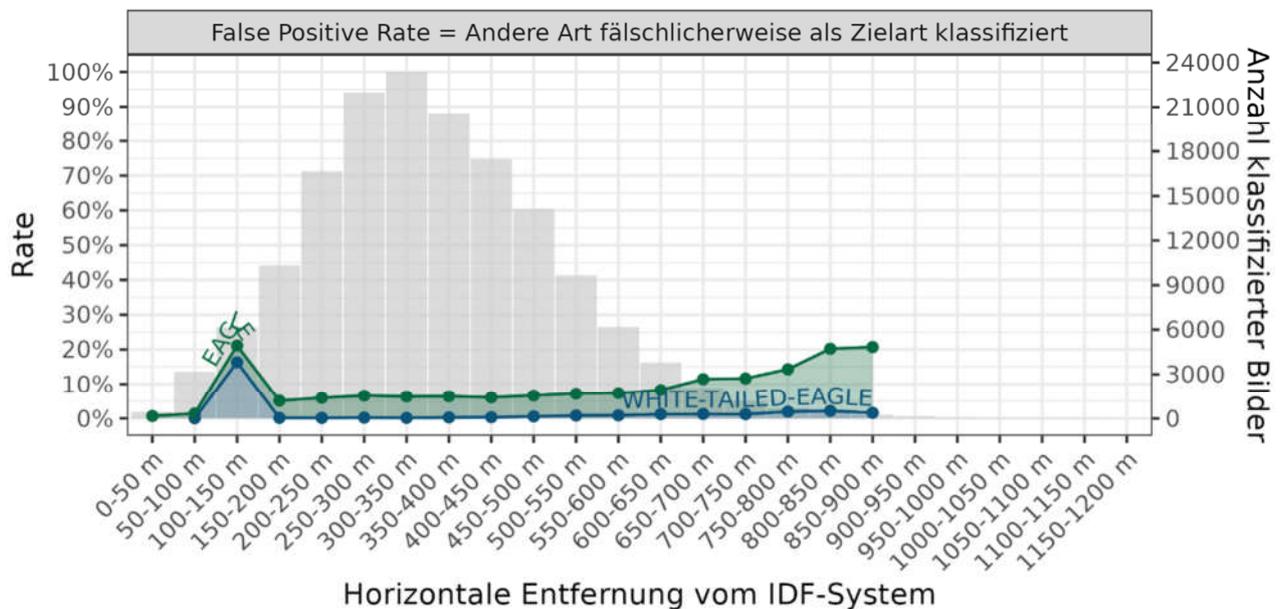
IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Datengrundlage: 26607 Einzelpunkte aus 555 Tracks



Datengrundlage: 158826 Einzelpunkte aus 12443 Tracks

Abbildung 46: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wolgast.

Dargestellt sind die Raten in Prozent pro Distanzklasse bis in 1.200 m horizontaler Distanz zu IDF für die Klassifizierungs-Kategorien „Red-or-Black-Kite“ (rote Linie), „White-tailed-Eagle“ (blaue Linie) sowie „Protected“ (grüne Linie). Die Anzahl an klassifizierten Datenpunkten pro Distanzklasse ist in Form von Säulen dargestellt; die unterschiedliche Anzahl an Datenpunkten pro Distanzklasse ist zu beachten. Aus statistischen Gründen nicht dargestellt wird die Rate bei < 200 Datenpunkten pro Distanzklasse.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

8.4.2 Standort Wilsickow November/Dezember

Für die Zeiträume November/Dezember 2021 und 2022 wurden für den Standort Wilsickow zusätzlich 92.854 Datenpunkte nachbestimmt und im Anschluss mit der Klassifizierung durch IDF abgeglichen.

Dabei ergab sich eine Richtig-Positiv-Rate von 81,9 %. Es wurden somit von 11.571 tatsächlichen Seeadler-Bildern 9.477 Bilder korrekt durch IDF bestimmt. Über die Entfernung schwankt die Rate zwischen 90 % und etwas über 70 % (Abbildung 47 oben). Die Fail-Safe-Rate („Eagle“) schwankt um 20 % und liegt damit deutlich höher als im Zeitraum März bis Oktober (vgl. Abbildung 45). Die Falsch-Positiv-Rate hingegen ist im Winter-Zeitraum sehr niedrig (Abbildung 47 unten).

Insgesamt ist die erfasste Seeadler-Aktivität in dieser Winterstichprobe wesentlich niedriger als im Sommer (11.571 Seeadler-Bilder an zusammen 91 Tagen gegenüber 50.029 Seeadler-Bildern an 44 ausgewerteten Tagen). Um für das gesamte Jahr eine repräsentative Schätzung der Richtig-Positiv-Rate zu erhalten, wurde eine Extrapolation und Gewichtung der Daten nach den meteorologischen Jahreszeiten vorgenommen (hierbei fällt der November in den Herbst und der Dezember in den Winter). Die Ergebnisse jeder Jahreszeit gehen somit entsprechend der Jahreszeit-Dauer in die Berechnung der Gesamt-Richtig-Positiv-Rate ein. Wären also z.B. im Sommer doppelt so viele Tage nachbestimmt worden wie im Winter, würden die Ergebnisse des Frühlings zum Ausgleich doppelt gewertet.

Die für das gesamte Jahr repräsentative Schätzung der Richtig-Positiv-Rate bis zu einer Distanz von 1 km liegt am Standort Wilsickow bei 94,5% und ist über die Entfernung weitgehend konstant (Abbildung 48). Die schlechtere Klassifikation im November und Dezember fällt somit kaum ins Gewicht, weil die aufgezeichnete Seeadler-Aktivität so niedrig ist.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and Environmental Research Group

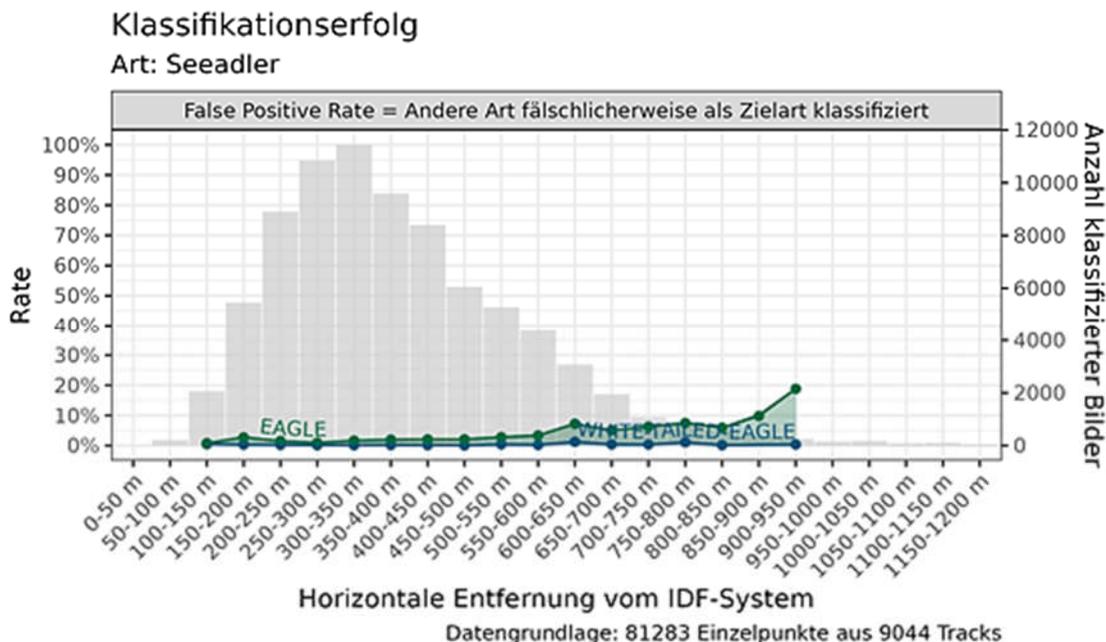
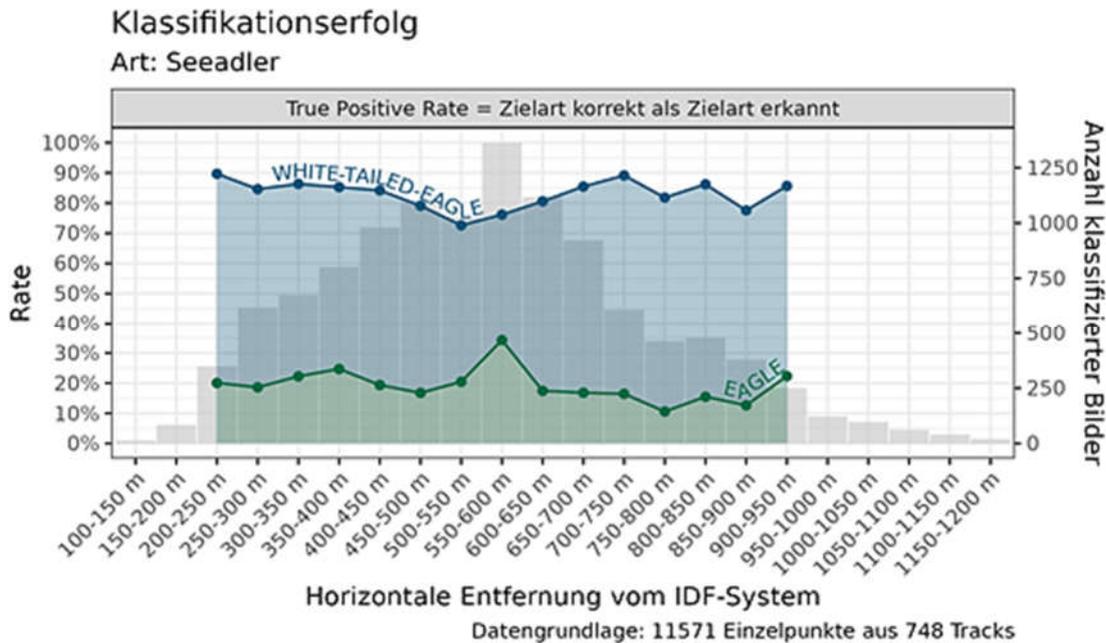


Abbildung 47: Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ sowie Falsch-Positiv-Rate/ „False-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wilsickow für die Zeiträume November/Dezember 2021 und 2022.

Dargestellt sind die Raten in Prozent pro Distanzklasse bis in 1.200 m horizontaler Distanz zu IDF für die Klassifizierungs-Kategorien „White-tailed-Eagle“ (blaue Linie) sowie „Eagle“ (grüne Linie). Die Anzahl an klassifizierten Datenpunkten pro Distanzklasse ist in Form von Säulen dargestellt; die unterschiedliche Anzahl an Datenpunkten pro Distanzklasse ist zu beachten. Aus statistischen Gründen nicht dargestellt wird die Rate bei < 200 Datenpunkten pro Distanzklasse.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

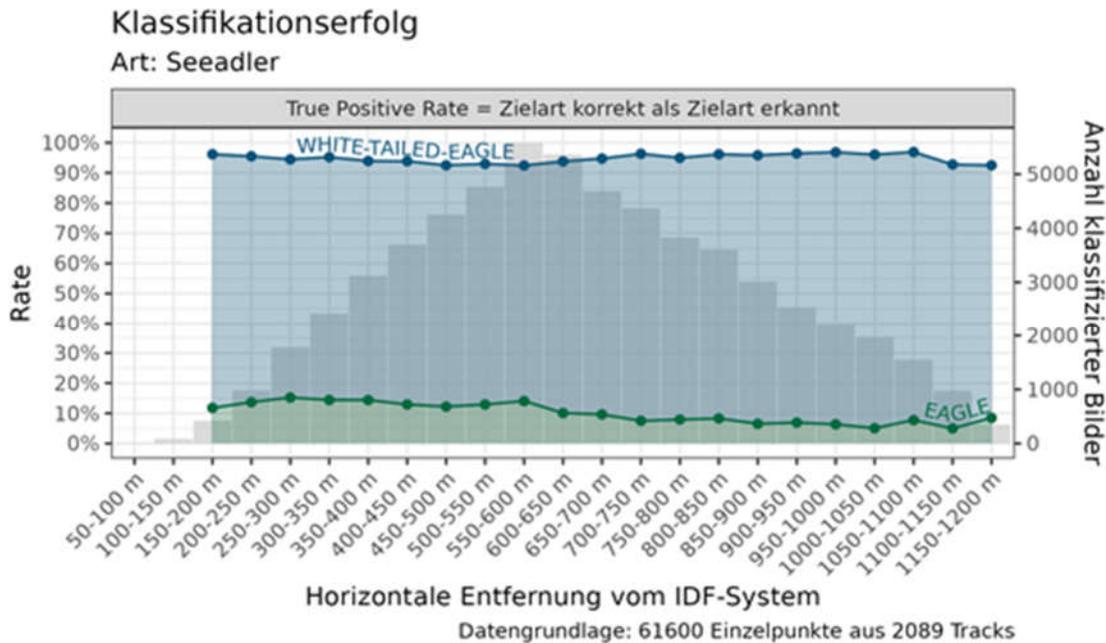


Abbildung 48: Geschätzte jahreszeitlich gewichtete Richtig-Positiv-Rate/ „True-Positiv-Rate“ von IDF in Abhängigkeit zur horizontalen Distanz für den Seeadler am Standort Wilsickow über das gesamte Jahr.

Dargestellt sind die Raten in Prozent pro Distanzklasse bis in 1.200 m horizontaler Distanz zu IDF für die Klassifizierungs-Kategorien „White-tailed-Eagle“ (blaue Linie) sowie „Eagle“ (grüne Linie). Die Anzahl an klassifizierten Datenpunkten pro Distanzklasse ist in Form von Säulen dargestellt; die unterschiedliche Anzahl an Datenpunkten pro Distanzklasse ist zu beachten. Aus statistischen Gründen nicht dargestellt wird die Rate bei < 200 Datenpunkten pro Distanzklasse.

8.5 Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung

8.5.1 Anzahl und Dauer der Abschaltungen pro WEA

Die Gesamtanzahl der von IDF ausgelösten Abschaltungen (Tabelle 16 A/B) ist je nach Standort sehr unterschiedlich und hängt neben der Anzahl der Erfassungstage im Wesentlichen von der jeweiligen Flugaktivität der Zielart ab (vgl. Kapitel 8.1.2). Im Mittel ergeben sich je nach Windpark insgesamt zwischen 5 und maximal 20,9 Abschaltungen pro WEA/Tag (Tabelle 16 A/B). Dabei ist zu beachten, dass an den Standorten Plate und Tarnow neben dem Seeadler auch für den Rotmilan abgeschaltet wurde und in Schnitt 2,8 bis 8,1 der Abschaltungen pro WEA/Tag auf die Klassifizierung „Red-or-Black-Kite“ zurückzuführen sind (Tabelle 16 A). Abschaltungen, die aufgrund der IDF-Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ generiert wurden, schwanken insgesamt zwischen minimal 1,5 und maximal 4,8 pro WEA/Tag. Hierbei fällt auf, dass das Maximum am Standort Plate erreicht wird; es sollte dabei jedoch die vergleichsweise hohe Falsch-Positiv Rate in Bezug auf die Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ an diesem Standort berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 8.4, Abbildung 43).

Auffällig sind auch die Unterschiede zwischen den Untersuchungsstandorten im Hinblick auf die Anzahl an Abschaltungen, die aufgrund der Klassifizierung „Protected/Eagle“ ausgelöst wurden (1,3 bis 11,1 Abschaltungen durchschnittlich pro WEA/Tag vgl. Tabelle 16 A/B). Unterschiedliche starke Flugaktivität von anderen Großvögeln vor Ort könnte hier die Ursache sein (z.B. Kranich).

Hinsichtlich der Dauer der Abschaltungen ergab sich eine Spannweite von insgesamt minimal 17 Minuten und maximal 01:33 Stunden pro WEA/Tag (Tabelle 17 A/B). Jede einzelne Abschaltung setzt sich aus der Dauer der Signalfolge durch das IDF zzgl. der Tc von drei Minuten zusammen (die Dauer, bis die WEA tatsächlich wieder Strom produziert, wurde nicht einbezogen).

Abschaltungen aufgrund der Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ dauerten im Mittel zwischen 5 Minuten und 17 Minuten pro WEA/Tag, wobei hier wieder der Standort Plate durch den Maximalwert hervorsticht. Die Dauer der Abschaltungen, die in Folge der Klassifizierung „Protected /Eagle“ ausgelöst wurden, variierte wiederum stark zwischen den Standorten und betrug durchschnittlich zwischen 4 Minuten und 43 Minuten pro WEA/Tag (Tabelle 17 A/B).

Die zeitliche Verteilung der Abschaltungen (Abbildung 49 und Abbildung 50) entspricht weitgehend der Verteilung der detektierten Seeadleraktivität (vgl. Kapitel 8.1.2).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

Tabelle 16 A/B: Anzahl IDF-induzierter Abschaltungen insgesamt und durchschnittlich pro Tag. Datengrundlage: Datenpunkte mit der IDF-Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ (und „Red-or-Black Kite“) sowie „Protected“/ „Eagle“, die eine Abschaltung ausgelöst haben; wobei hier jeweils die Klassifizierung zugrunde liegt, welche der Abschaltung zeitlich am nächsten ist. Abschaltungen, die nicht zugeordnet werden konnten, sind als „unbekannt“ gelistet.
* Eingegangen sind nur ganztägige IDF-Erfassungstage bzw. Tage, an denen beide IDF-Systeme ganztägig verfügbar waren (Standort Wilsickow) und Daten zur Abschaltung vorhanden waren.

A	Anzahl Abschaltungen insgesamt Ø Anzahl der Abschaltungen pro Tag					
Standort	pro WEA		White-tailed-Eagle	Red-or-Black Kite	Protected/Eagle	unbekannt
Plate (32 Tage*)	WTG 1	264 8,3	143 4,5	83 3,6	36 1,1	2 0,1
	WTG 3	248 7,8	124 3,9	88 3,1	34 1,1	2 0,1
	WTG 4	354 11,1	193 6,0	102 3,8	54 1,7	5 0,2
	Ø pro WEA	288,7 9,0	153,3 4,8	91,0 2,8	41,3 1,3	3 0,1
Tarnow (58 Tage*)	WEA T8	1.155 19,9	92 1,6	421 7,3	631 10,9	11 0,2
	WEA T9	1.165 20,1	86 1,5	489 8,4	581 10,0	9 0,2
	WEA T10	1.312 22,6	78 1,3	508 8,8	715 12,3	11 0,2
	Ø pro WEA	1210,7 20,9	85,3 1,5	472,7 8,1	642,3 11,1	10,3 0,2

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

B	Anzahl Abschaltungen insgesamt Ø Anzahl der Abschaltungen pro Tag					
Standort	pro WEA		White-tailed-Eagle	Red-or-Black Kite	Protected/Eagle	unbekannt
Wilsickow (142 Tage*)	WEA Neu-02	512 3,6	220 1,6	– –	289 2,0	3 0,0
	WEA NEU-04	836 5,9	481 3,4	– –	353 2,5	2 0,0
	WEA NEU-10	749 5,3	523 3,7	1 0,0	225 1,6	– –
	WEA VB 06	704 5,0	253 1,8	– –	451 3,2	– –
	WEA VB 11	758 5,3	486 3,4	– –	271 1,9	1 0,0
	Ø pro WEA	711,8 5,0	392,6 2,8	0,2 0,0	317,8 2,2	1,2 0,0
Wolgast (93 Tage*)	WEA 2	1.228 13,2	398 4,3	– –	790 8,5	40 0,4
	WEA 4	938 10,1	204 2,2	– –	719 7,7	15 0,2
	Ø pro WEA	1.083,0 11,7	301,0 3,2	–	754,5 8,1	27,5 0,3

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

Tabelle 17 A/B: Dauer IDF-induzierter Abschaltungen insgesamt und durchschnittlich pro Tag. Datengrundlage: Datenpunkte mit der IDF-Klassifizierung „White-tailed-Eagle“ (und „Red-or-Black Kite) sowie „Protected“/ „Eagle“, die eine Abschaltung ausgelöst haben; wobei hier jeweils die Klassifizierung zugrunde liegt, welche der Abschaltung zeitlich am nächsten ist. Abschaltungen, die nicht zugeordnet werden konnten, sind als „unbekannt“ gelistet.
* Eingegangen sind nur ganztägige IDF-Erfassungstage bzw. Tage, an denen beide IDF-Systeme ganztägig verfügbar waren (Standort Wilsickow) und Daten zur Abschaltung vorhanden waren.

A	Gesamtdauer aller Abschaltungen [hh:mm] Ø Dauer der Abschaltungen pro Tag [hh:mm]					
Standort	pro WEA		White-tailed-Eagle	Red-or-Black Kite	Protected/Eagle	unbekannt
Plate (32 Tage*)	WTG 1	18:06 00:33	09:28 00:17	06:08 00:11	02:21 00:04	00:07 00:00
	WTG 3	16:27 00:30	07:54 00:14	06:26 00:12	01:59 00:03	00:06 00:00
	WTG 4	23:38 00:44	12:14 00:22	07:40 00:14	03:24 00:06	00:19 00:00
	Ø pro WEA	19:23 00:35	09:52 00:17	06:44 00:12	02:34 00:04	00:10 00:00
Tarnow (58 Tage*)	WEA T8	82:09 01:24	06:32 00:06	34:21 00:35	40:35 00:41	00:39 00:00
	WEA T9	88:03 01:31	05:45 00:05	43:24 00:44	38:16 00:39	00:37 00:00
	WEA T10	103:07 01:46	05:52 00:06	446:35 00:48	49:42 00:51	00:56 00:00
	Ø pro WEA	91:06 01:33	06:03 00:05	41:26 00:42	42,51 00:43	00:44 00:00

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

B	Gesamtdauer aller Abschaltungen [hh:mm] Ø Dauer der Abschaltungen pro Tag [hh:mm]					
Standort	pro WEA		White-tailed-Eagle	Red-or-Black Kite	Protected/Eagle	unbekannt
Wilsickow (142 Tage*)	WEA Neu-02	31:30 00:13	13:34 00:05	– –	17:46 00:07	00:09 00:00
	WEA NEU-04	50:08 00:21	28:52 00:12	– –	21:09 00:08	00:06 00:00
	WEA NEU-10	44:36 00:18	30:42 00:12	00:03 00:00	13:51 00:05	– –
	WEA VB 06	42:07 00:17	15:08 00:06	– –	26:58 00:11	– –
	WEA VB 11	44:49 00:18	28:52 00:12	– –	15:53 00:06	00:03 00:00
	Ø pro WEA	42:38 00:17	23:25 00:09	00:00 00:00	19:07 00:07	00:03 00:00
Wolgast (93 Tage*)	WEA 2	81:38 00:52	28:09 00:18	– –	50:17 00:32	03:11 00:02
	WEA 4	58:21 00:37	13:23 00:08	– –	44:07 00:28	00:49 00:00
	Ø pro WEA	69:59 00:44	20:46 00:13	–	47:12 00:30	02:00 00:01

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 49: Anzahl und Dauer der Abschaltungen pro WEA durch IDF an den Standorten Plate und Tarnow.
 In blauen Balken ist die Anzahl an Abschaltungen pro Tag angegeben, eine schwarze Linie zeigt die Dauer der Abschaltung an. Datengrundlage: Datenpunkte mit der IDF-Klassifizierung „White-tailed-Eagle“, „Red-or-Black-Kite“ sowie „Protected“, die eine Abschaltung ausgelöst haben. Eingegangen sind nur ganztägige IDF-Erfassungstage.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 50: Anzahl und Dauer der Abschaltungen pro WEA durch IDF an den Standorten Wilsickow und Wolgast. In blauen Balken ist die Anzahl an Abschaltungen pro Tag angegeben, eine schwarze Linie zeigt die Dauer der Abschaltung an. Datengrundlage: Datenpunkte mit der IDF-Klassifizierung „White-tailed- Eagle“ sowie „Eagle“, die eine Abschaltung ausgelöst haben. Eingegangen sind nur ganztägige IDF-Erfassungstage bzw. Tage, an denen beide IDF-Systeme ganztägig verfügbar waren (Standort Wilsickow).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

Tägliche Aufzeichnungsdauer von Zielart-Flugbahnen und Dauer der Abschaltungen

An allen untersuchten Standorten wird ein linearer Zusammenhang zwischen der Dauer an Zielart-Flugbahnen pro Tag und der täglichen Gesamtdauer ausgelöster Abschaltungen pro WEA deutlich (Abbildung 51). Dabei sollte hinsichtlich der Abschaltungsdauer berücksichtigt werden, dass nicht alle aufgezeichneten Zielart-Flüge zwingend eine Abschaltung auslösen, da Flüge auch im Bereich außerhalb der Abstandszylinder aufgezeichnet werden, in dem kein Abschaltsignal ausgegeben wird.

Zudem muss beachtet werden, dass die aufgezeichnete Flugbahndauer nicht direkt gleichgesetzt werden kann, mit der tatsächlichen Zielart-Aktivität, da die folgenden Einschränkungen gelten: IDF zeichnet systembedingt oftmals nur Teile einer Flugbahn auf; die IDF-Stereokamera kann immer nur einen Vogel verfolgen, weshalb bei mehreren Vögeln gleichzeitig, die gemessene Flugdauer unterschätzt wird; niedrige Flüge vor Horizont sind deutlich unterrepräsentiert, da sie von IDF weniger gut erfasst werden können.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

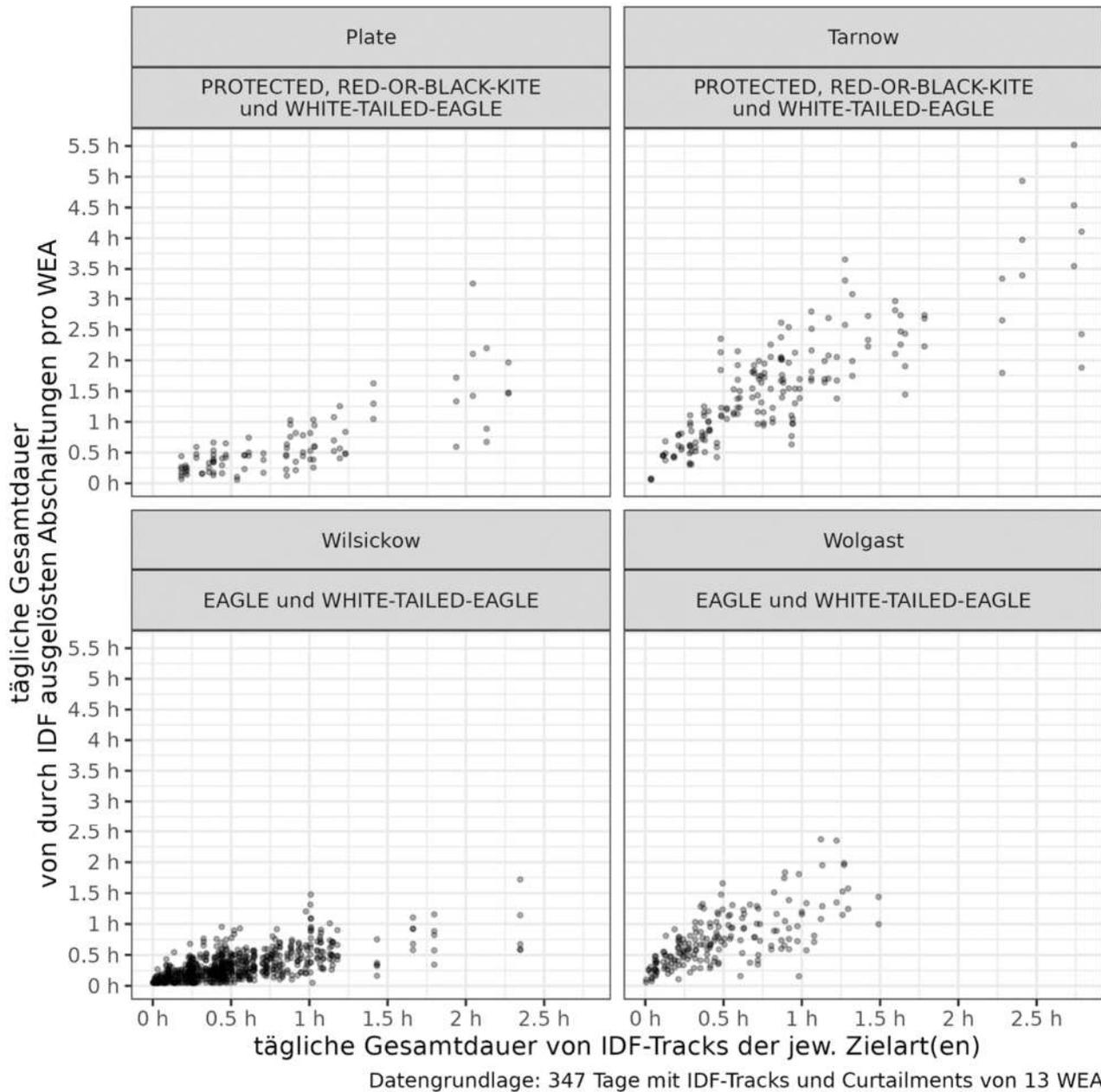


Abbildung 51: Aufzeichnungsdauer von Zielart-Flugbahnen pro Tag und WEA in Abhängigkeit zur Dauer ausgelöster Abschaltungen durch IDF an den Untersuchungsstandorten.
 Jeder Punkt stellt die Abschaltungsdauer pro Tag an einer WEA in Abhängigkeit zur aufgezeichneten Dauer von Zielart-Flugbahnen durch IDF dar. Beachtet werden sollte, dass Zielart-Tracks für das ganze Untersuchungsgebiet von IDF erfasst werden und entsprechend die tägliche Gesamtdauer an Zielart-Tracks für jede WEA gleich ist.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

8.5.2 Auslösen der Abschaltung durch IDF

Die folgenden Ergebnisse basieren ausschließlich auf Seeadler-Flügen, deren Artbestimmung sicher verifiziert werden konnte.

8.5.2.1 Wird für jeden Zielart-Flug abgeschaltet?

An allen Untersuchungsstandorten zusammen wurde in durchschnittlich 98,9 % (Tabelle 18) der Fälle von IDF im inneren Abstandszylinder ein Abschaltungssignal generiert, sobald mindestens ein Bild eines Seeadlers von IDF korrekt klassifiziert wurde. Die Erfolgsrate unterscheidet sich zwischen den Standorten nur geringfügig und liegt zwischen mindestens 95,7 % (Standort Wilsickow, WEA NEU-02) und maximal 99,8 % (Standort Plate, WTG 4 bzw. Wolgast, WEA 4).

Die wenigen verpassten Abschaltungen im inneren Abstandszylinder sind möglicherweise mit niedrigen Konfidenzwerten bei der Bestimmung in Zusammenhang zu bringen. Auch ist es möglich, dass IDF den Vogel nur kurz erfassen konnte und dadurch kein Bild oder nur wenige Bilder des getrackten Vogels erstellt werden konnten.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 18: Erfolgsrate hinsichtlich generierter und verpasster Abschaltungen durch IDF beim Einflug der Zielart (Seeadler) in den inneren Abstandszylinder an den Untersuchungsstandorten. Gelistet ist die Anzahl der Fälle, bei denen eine Abschaltung von IDF ausgelöst oder diese verpasst wurde. Datengrundlage: korrekt klassifizierte Seeadler-Tracks im inneren Abstandszylinder.

Standort	WEA Bezeichnung	Anzahl erfolgte Abschaltung	Anzahl verpasste Abschaltung	Erfolgsrate
Plate	WTG 1	321	2	99,4 %
	WTG 3	284	2	99,3 %
	WTG 4	425	1	99,8 %
Tarnow	WEA T8	2.163	19	99,1 %
	WEA T9	1.570	20	98,7 %
	WEA T10	1.711	14	99,2 %
Wilsickow	WEA Neu-02	509	22	95,7%
	WEA NEU-04	854	23	97,4 %
	WEA NEU-10	695	2	99,7 %
	WEA VB 06	703	24	96,7 %
	WEA VB 11	778	7	99,1 %
Wolgast	WEA 2	1.596	5	99,7 %
	WEA 4	1.108	2	99,8 %
GESAMT		12.681	143	98,9 %

8.5.2.2 Ist der innere Abstandszylinder hinreichend groß?

Die Dimensionierung der Abstandszylinder basiert einerseits auf der Dauer, die die WEA benötigt, um in den Trudelbetrieb zu gehen und andererseits auf der Fluggeschwindigkeit der Zielart (vgl. Kapitel 5.3). Für den inneren Abstandszylinder wird der Median der Fluggeschwindigkeit der Zielart angesetzt (vgl. Kapitel 7.3.1). Folglich wäre zu erwarten, dass die Hälfte der Zielart-Flüge für die Distanz zwischen Einflug in den inneren Abstandszylinder und dem Erreichen der Rotorkugel mehr Zeit benötigt als die angesetzte Abschaltdauer der WEA (je nach Standort > 24 Sekunden bzw. > 30 Sekunden TTC). Für die andere Hälfte der Zielart-Flüge würde erwartet, dass sie in kürzerer Zeit die Rotorkugel erreichen als für die Abschaltung der WEA benötigt wird, aber durch das Auslösen einer Abschaltung bereits im äußeren Abstandszylinder ebenfalls geschützt sind (vgl. Kapitel 5.3).

In insgesamt 971 Aufzeichnungen aus allen Untersuchungsstandorten flog ein Seeadler in den inneren Abstandszylinder um die virtuellen WEA ein. In 21 dieser Seeadler-Aufzeichnungen (2,1 %) verlief die Flugbahn zu einem beliebigen Zeitpunkt in die Rotorkugel. In den übrigen Aufzeichnungen (950 Seeadler-Flugbahnen) flog der Zielart-Vogel innerhalb der Beobachtungszeit nicht in den Bereich der Rotorkugel. Wäre der Rotorbereich zu einem späteren Zeitpunkt doch noch durchflogen wurden, hätten sich die WEA bereits im Trudelbetrieb befunden.

Von den 21 Fällen, in denen ein Seeadler in die Rotorkugel einflog, brauchte der Vogel in 15 Fällen mehr Zeit vom ersten Einflug in den inneren Abstandszylinder bis zum Einflug in die Rotorkugel, als zum Abschalten der WEA benötigt wird (je nach Standort > 24 Sekunden bzw. > 30 Sekunden TTC). Der Seeadler hätte bei Abschaltung zum Einflug in den inneren Abstandszylinder in diesen 15 Fällen somit die Rotorkugel erst erreicht, wenn sich die WEA bereits im Trudelbetrieb befunden hätte.

Folglich gelangten deutlich mehr Seeadler-Flugbahnen erst zu einem späteren Zeitpunkt in die Rotorkugel, als aus dem Median der Fluggeschwindigkeit erwartet wurde. Dies lässt sich damit begründen, dass die Vögel häufig nicht in gerader Linie flogen (z.B. kreisendes Flugverhalten zeigten) und sich dadurch räumlich langsamer bewegten; geradlinige Streckenflüge – bei denen der Vogel bei gleicher Geschwindigkeit folglich in kürzerer Zeit eine gewisse Distanz zurücklegt – konnten nur selten beobachtet werden. In Abbildung 53 sind Beispiele von Seeadler-Flugbahnen ab ihrem Einflug in den inneren Abstandszylinder an jeweils einer WEA in Wilsickow und in Wolgast dargestellt. Ein Unterschreiten der TTC tritt in diesen Beispielen nur in einem Fall auf.

Zusammengefasst bedeutet dies für den Seeadler, dass eine planmäßige Auslösung der Abschaltung bei Einflug in den inneren Abstandszylinder in 965 von 971 Fällen (99,4 %) ausgereicht hätte, um den 30- bzw. 24-sekündigen Verlangsamungsprozess komplett zu durchlaufen. In sechs Fällen wäre die Rotationsgeschwindigkeit noch nicht vollständig bis zum Trudelbetrieb reduziert gewesen, wenn die Abschaltung erst bei Einflug in den inneren Abstandszylinder ausgelöst worden wäre. Es ist allerdings davon auszugehen, dass das Risiko einer Kollision zu diesem Zeitpunkt dennoch bereits deutlich verringert gewesen wäre, da sich die Rotoren schon wesentlich verlangsamt hätten.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die hier geprüften Dimensionierungen der inneren Abstandszylinder an allen Standorten für den Seeadler als ausreichend angesehen werden können. Darüber hinaus müssen folgende Punkte bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse berücksichtigt werden:

- An den Standorten der virtuellen WEA befinden sich keine tatsächlichen Anlagen, sodass das Verhalten der Zielarten sich mit dem Bau der WEA verändern könnte (Meide- bzw. Ausweichreaktionen). Dies könnte die Annäherungsgeschwindigkeit oder die Häufigkeit der Annäherung an die WEA beeinflussen.
- Hinsichtlich der Rotorstellung musste eine Worst-Case Annahme getroffen werden, nämlich dass die Reichweite der Rotoren als kugelförmiger Bereich (mit einem Radius gleich der Rotorreichweite) angenommen wurde. Je nach tatsächlicher Rotorausrichtung entspricht der Gefahrenbereich jedoch einer Scheibe und die Kugel kann unbeschadet von einem Vogel durchflogen werden, da der Rotor diesen Bereich der Kugel zum Zeitpunkt des Durchflugs tatsächlich gar nicht durchstreift.
- Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass der Abschaltvorgang an der WEA ein kontinuierlicher Verlangsamungsprozess ist. Sobald das Abschaltsignal empfangen wird, werden die Rotorblätter eingedreht. Dabei ist zu beachten, dass die Verlangsamung auch von der aktuellen Rotordrehzahl abhängig ist. Die hier angenommene Abschaltzeit entspricht der Abschaltdauer bei maximaler Rotorgeschwindigkeit (Worst-Case). Dreht sich die WEA bereits vor dem Abschaltprozess langsamer, verringert sich entsprechend auch die Zeit des Verlangsamungsprozesses.

Diese Punkte tragen nochmals zu einer Reduzierung des tatsächlichen Kollisionsrisikos bei.

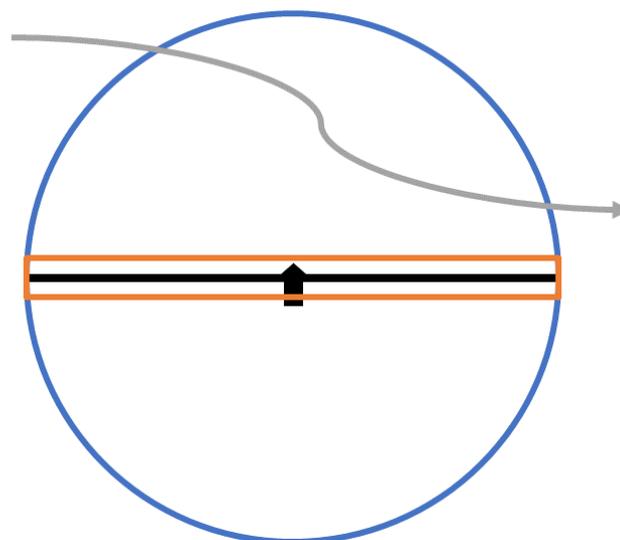


Abbildung 52: Schematische Draufsicht einer WEA (schwarz) mit Rotorkugel (blau) gegenüber dem tatsächlichen Gefahrenbereich (orange) und einer möglichen Vogelflugbahn (grau). Der Vogel durchkreuzt zwar die Rotorkugel, tritt aber nicht in den tatsächlichen Gefahrenbereich der WEA ein.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

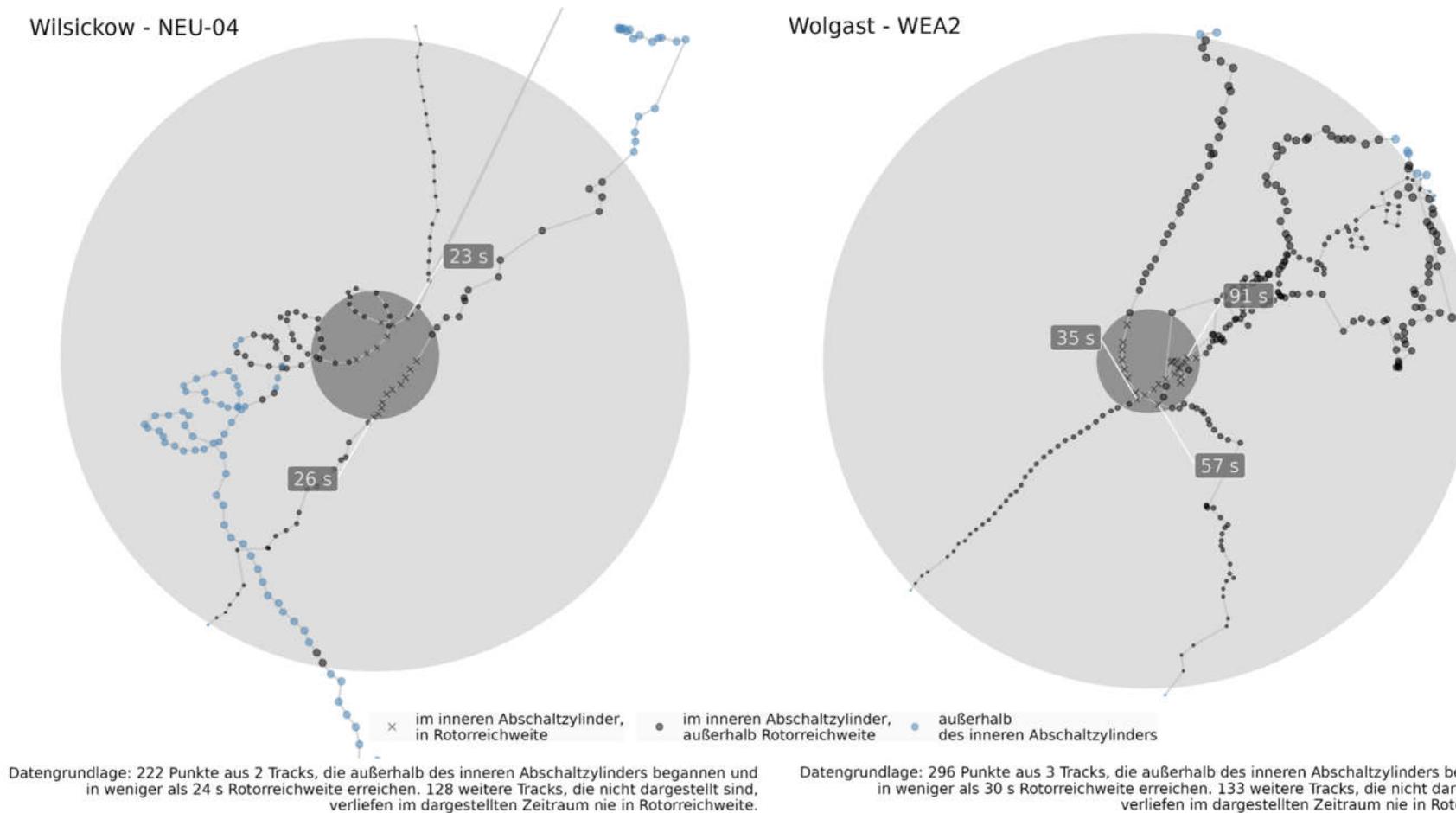


Abbildung 53: Beispiele von Seeadler-Flugbahnen in den inneren Abstandszylinder (AZ_{innen}). Dargestellt sind Flugbahnen nachbestimmter Seeadler, die außerhalb des AZ_{innen} begannen und nach der angegebenen Zeit in den Rotorbereich der virtuellen WEA verliefen. Die Flugbahn wurde dabei lückenlos von IDF aufgezeichnet. Der AZ_{innen} ist hellgrau, der Rotorbereich dunkelgrau eingefärbt.

8.6 Flugverhalten

Das Flugverhalten der Zielart hat einen großen Einfluss auf die erforderliche Dimensionierung des inneren und äußeren Abstandszylinders. Aus diesem Grund wurde im Zuge dieser Studie die durch das IDF generierten Erfassungsdaten hinsichtlich der Flughöhe und verschiedener Fluggeschwindigkeiten (vertikal und horizontal) des Seeadlers ausgewertet.

8.6.1 Flughöhe

Betrachtet man die Flughöhen aller ausgewerteter Seeadler-Tracks zusammen bis in 400 m Höhe, so zeigt sich, dass anteilig die meisten dieser Seeadler in etwa 40 m bis 60 m Höhe flogen. Unterhalb dieser Höhe konnten nur wenige Flüge festgestellt werden. Oberhalb nimmt die Anzahl an registrierten Seeadler-Tracks bis in etwa 100 m Höhe um die Hälfte ab und bleibt dann bis in 390 m Höhe auf einem ähnlichen Niveau (Abbildung 54 linke Grafik).

Zwischen den Standorten zeigen sich jedoch große Unterschiede. Insbesondere am Standort Wolgast ist ein vom Gesamtbild abweichendes Muster der Flughöhenverteilung erkennbar – ein Maximum wird hier etwa bei 260 m erreicht. Allerdings sollte dabei die geringe Anzahl an Tracks insgesamt für diesen Standort mitberücksichtigt werden. Eindeutige Muster lassen sich dadurch schlechter erkennen (Abbildung 54 linke Grafik).

Werden die Anteile der registrierten Flughöhen kumulativ bis in 400 m Höhe dargestellt, zeigt sich, dass – gemittelt über alle Standorte – 55 % der Daten bis zu einer Höhe von 200 m aufgezeichnet wurden. Dieser Wert schwankt zwischen 40 % in Wolgast und 65 % in Tarnow (Abbildung 54 rechte Grafik).

Die Unterschiede können vermutlich auf standortspezifische Gegebenheiten zurückgeführt werden. So können nahegelegene Brutplätze oder Nahrungsgebiete eher niedrige Flüge zur Folge haben oder Bereiche günstiger Thermik in hohen Flügen überflogen werden.

Die Flughöhen sind somit stark vom Standort abhängig und bilden nicht das gesamte Spektrum der Flughöhenverteilung der erfassten Individuen ab, wie dies bei telemetrierten Vögeln der Fall wäre. Zudem verzerrt die IDF-Priorisierung von Vögeln im Kollisions-Gefahrenbereich und die systembedingt weniger gut erfassbaren niedrig fliegenden Vögel das Muster der tatsächlichen Flughöhenverteilung. Außerdem sollte beachtet werden, dass die hier dargestellten Ergebnisse auf einer Datengrundlage aus von IDF berechneten Flughöhen beruhen, die sich jeweils relativ auf die Höhe der Stereokamera (10 m) beziehen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

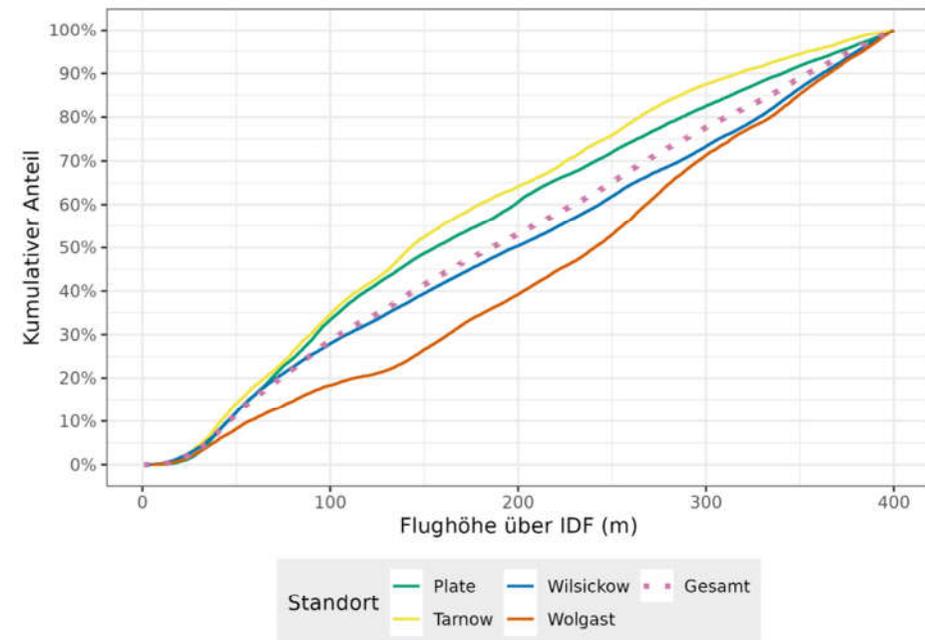
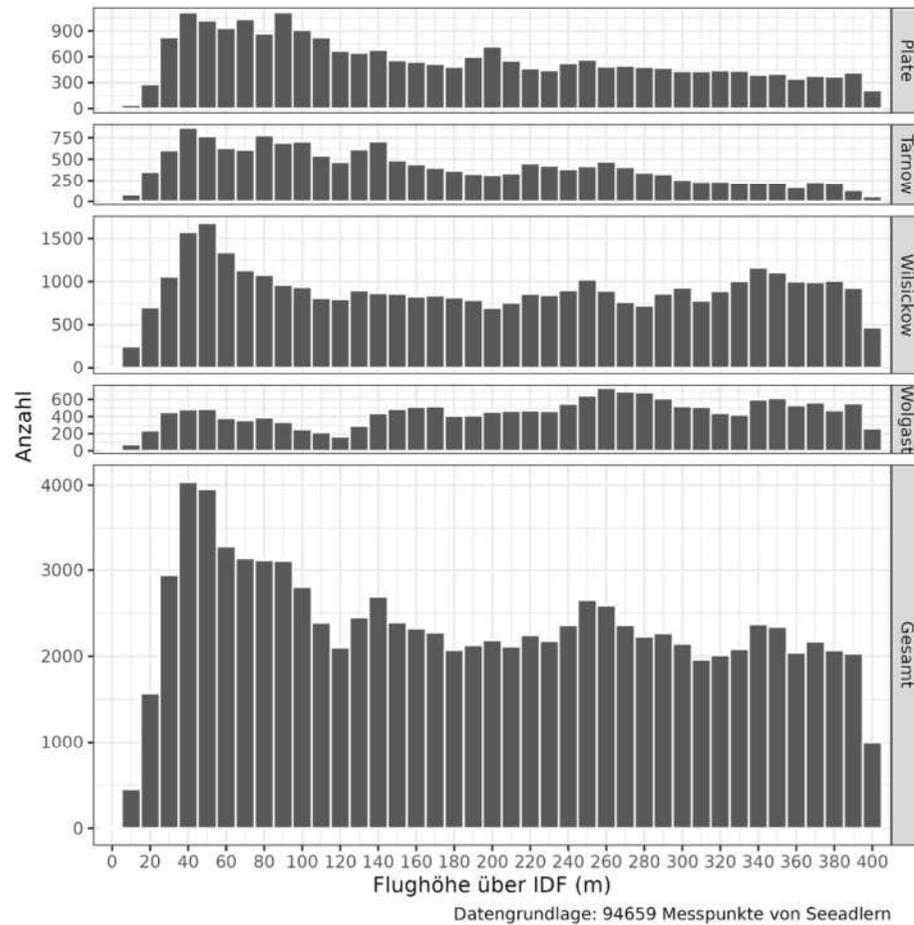


Abbildung 54: Verteilung der Flughöhen in 10 m Höhenklassen und Kumulativer Anteil der Flughöhen nachbestimmter Seeadler bis in 400 m Höhe über dem IDF.

8.6.2 Fluggeschwindigkeit

Die horizontale Fluggeschwindigkeit, die Sinkgeschwindigkeit sowie die Steiggeschwindigkeit der mit dem IDF erfassten Seeadler-Individuen pro Standort und für alle Standorte zusammen sind in Tabelle 19 gelistet:

Der Median der horizontalen Fluggeschwindigkeiten über alle Standorte hinweg lag – auf der Basis von 23.938 Messungen – bei 10,7 m/s bei einer Standardabweichung von 4 m/s. Zwischen den Standorten schwankten die Mediane zwischen im Minimum 8,8 m/s am Standort Tarnow und maximal 12,5 m/s am Standort Wilsickow.

Der Median der vertikalen Fluggeschwindigkeit in Bezug auf die Sinkgeschwindigkeit lag für alle Standorte zusammen bei 1,1 m/s \pm 1,1 m/s. Hinsichtlich der Steiggeschwindigkeit betrug der Median für alle Standorte gesamt betrachtet 0,9 m/s \pm 1,2 m/s. Zwischen den Standorten schwankten die Mediane jeweils nur geringfügig, mit Ausnahme des Standorts Tarnow. Hier lagen die Sinkgeschwindigkeit (0,8 m/s \pm 0,8 m/s) und auch die Steiggeschwindigkeit (0,7 m/s \pm 0,9 m/s) deutlich unter dem Durchschnitt (Tabelle 19).

Das 90. Perzentil liegt für die horizontale Fluggeschwindigkeit zwischen 14,6 m/s und 17,5 m/s und ist damit ca. 5 m/s höher als die entsprechenden Medianwerte. In Bezug auf die Steiggeschwindigkeit bewegt sich das 90. Perzentil zwischen 1,8 m/s und 2,9 m/s, womit es um etwa 1,5 m/s bis 2 m/s höher liegt als die Medianwerte. Auch das 90. Perzentil für die Steiggeschwindigkeit ist höher als die entsprechenden Medianwerte und beträgt zwischen 2,2 m/s und 3,1 m/s; in Bezug auf die Medianwerte bedeutet das etwa um 1 m/s bis 2 m/s höhere Werte.

Tabelle 19: Verschiedene Fluggeschwindigkeiten von Seeadlern basierend auf IDF-Daten an allen Untersuchungsstandorten.

Standort	Horizontale Fluggeschwindigkeit				Sinkgeschwindigkeit				Steiggeschwindigkeit			
	Median [m/s]	SD [m/s]	90 % (max)	Anzahl	Median [m/s]	SD [m/s]	90 % (max)	Anzahl	Median [m/s]	SD [m/s]	90 % (max)	Anzahl
Plate	10,6	3,3	15,4	4.265	1,0	1,1	2,9	1.960	1,0	1,0	2,5	2.305
Tarnow	8,5	4,0	14,6	6.924	0,9	0,8	2,2	3.645	0,7	0,9	1,8	3.279
Wilsickow	12,5	3,8	17,5	8.109	1,3	1,2	3,1	4.597	1,0	1,3	2,9	3.512
Wolgast	10,8	3,3	15,2	4.640	1,2	1,2	3,0	2.558	1,0	1,2	2,9	2.082
GESAMT	10,7	4,0	16,1	23.938	1,1	1,1	2,8	12.760	0,9	1,1	2,5	12.760

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

In Abbildung 55 ist die Verteilung der horizontalen bzw. vertikalen Fluggeschwindigkeit pro Standort und für alle Standorte zusammen dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass die Verteilung der horizontalen Fluggeschwindigkeit an den Standorten Plate, Tarnow und Wilsickow am deutlichsten von der mittleren Gesamt-Verteilung abweicht. An den Standorten Tarnow und Plate wurden eher Horizontalgeschwindigkeiten unterhalb von 10 m/s aufgezeichnet, wohingegen am Standort Wilsickow vermehrt Horizontalgeschwindigkeiten oberhalb von 10 m/s registriert wurden. Der Standort Wolgast spiegelt die Gesamt-Verteilung hingegen gut wider (Abbildung 55 linke Grafik).

Die Gründe dafür sind – ähnlich wie bei der Flughöhe – höchstwahrscheinlich standortspezifische Gegebenheiten hinsichtlich Habitatnutzung (Nahrung, Brutplatz) und vorherrschender Thermik.

In Bezug auf die Verteilung der vertikalen Fluggeschwindigkeit können kaum Unterschiede zwischen den Standorten festgestellt werden (Abbildung 55 rechte Grafik).

In Abbildung 56 sind die gemittelten horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten jeweils in Form von Box-Plots sowie kumulativ dargestellt. Eine deutliche Abhängigkeit zwischen der horizontalen Fluggeschwindigkeit und der Flughöhe lässt sich nicht erkennen, tendenziell sind die Seeadler in größeren Flughöhen eher schneller. Eine Ausnahme bilden allerdings die betrachteten Flüge in geringer Höhe bis 50 m, hier wurde im Vergleich zu den anderen Höhenklassen eine durchschnittlich höhere Fluggeschwindigkeit nachgewiesen. Möglicherweise sind die Flüge in dieser Höhe gerichteteter und aus diesem Grund die Vögel auch schneller (Abbildung 56, linke obere Grafik). Kumulativ betrachtet relativiert sich diese Ausnahme und es lässt sich feststellen, dass 50 % der betrachteten Flüge bis in 300 m Höhe tendenziell langsamer waren als 50 % der Flüge oberhalb von 300 m (Abbildung 56, linke untere Grafik).

Hinsichtlich der vertikalen Fluggeschwindigkeiten lassen die Grafiken in Abbildung 56 ebenfalls keinen starken Effekt der Flughöhe auf die Sink- oder Steiggeschwindigkeit erkennen. Deutlich wird jedoch trotzdem, dass die Seeadler in niedriger Höhe sowohl mit langsamerer Geschwindigkeit auf- als auch absteigen. Die Flüge sind – wie schon bei der horizontalen Fluggeschwindigkeit vermutet – womöglich in niedriger Höhe zielgerichteter. In größerer Höhe lässt sich eine tendenziell schnellere Steig- und Sinkgeschwindigkeit erkennen. Hier wird der Effekt der Thermik eine größere Rolle spielen, der es den Seeadlern als Großvögeln erlaubt, schneller auf und abzustiegen (Abbildung 56, rechte obere Grafik). Kumulativ betrachtet wird ebenfalls deutlich, dass die Steig- und auch die Sinkflüge mit zunehmender Höhe jeweils schneller sind. Die Steiggeschwindigkeit ist dabei insgesamt geringer als die Sinkgeschwindigkeit (Abbildung 56, rechte untere Grafik).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

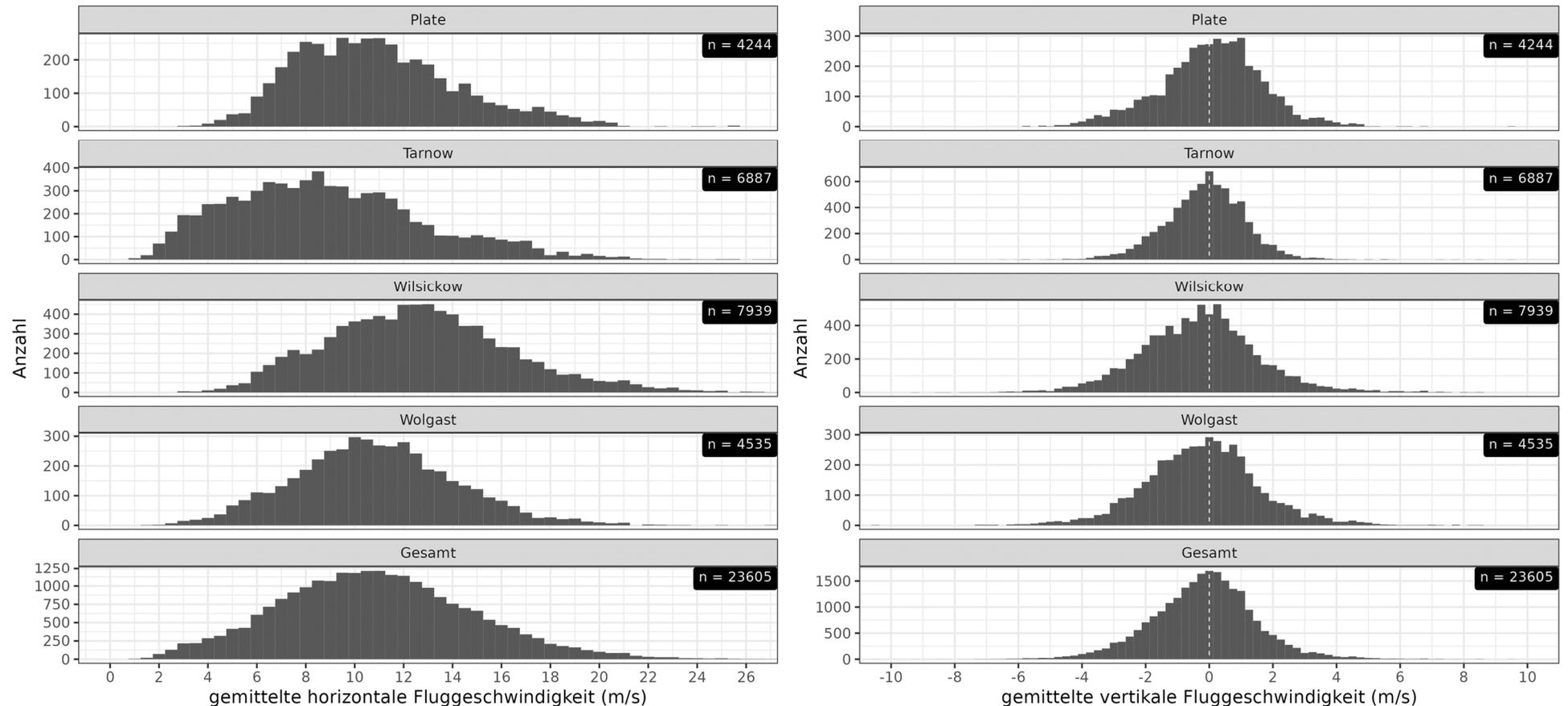


Abbildung 55: Verteilung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten von Seeadlern. Die Fluggeschwindigkeiten sind standortspezifisch sowie für alle Standorte zusammen aufgetragen.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and Environmental Research Group

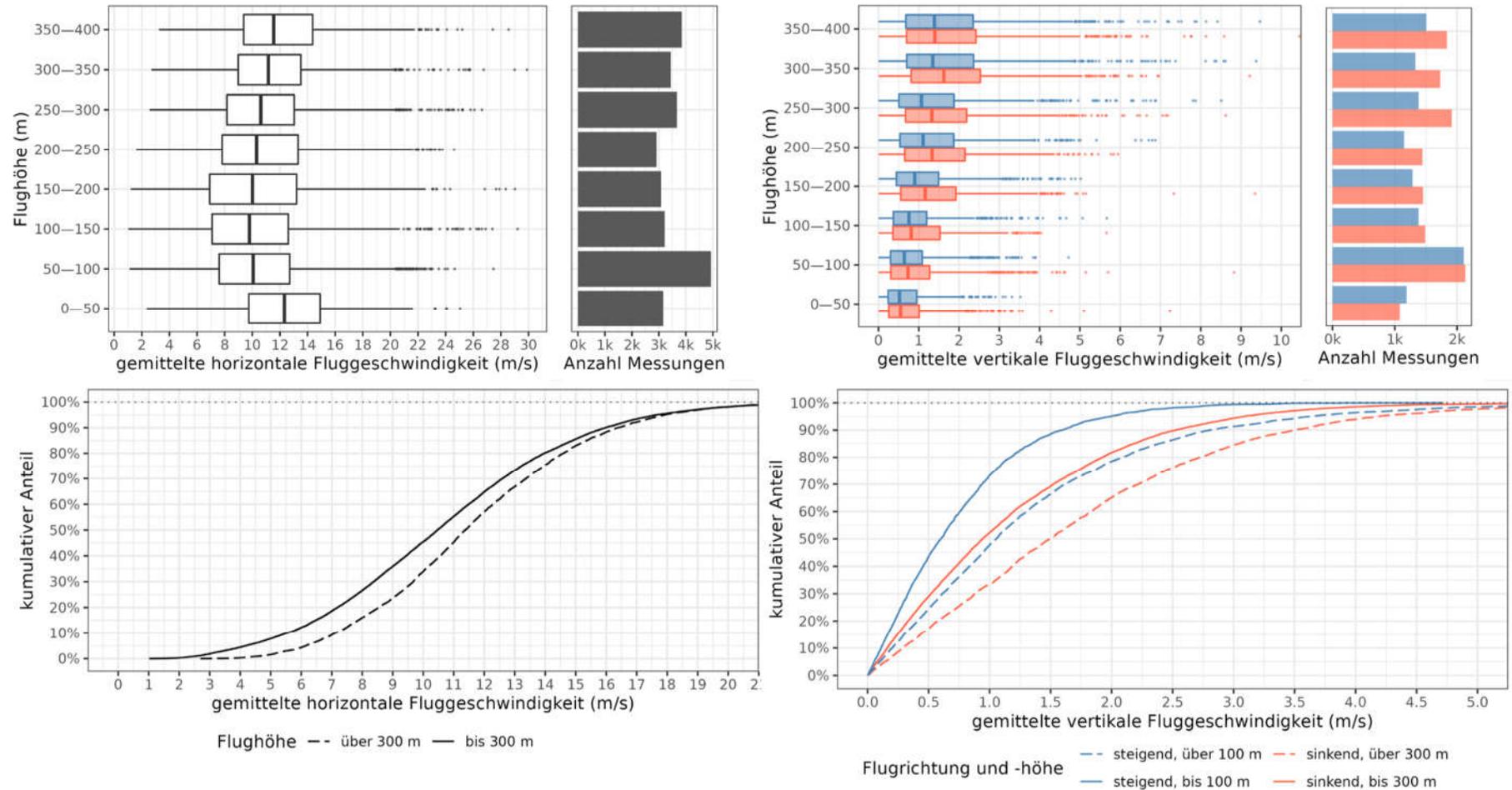


Abbildung 56: Box-Plots der Höhenverteilung und kumulative Darstellung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen sowie vertikalen Fluggeschwindigkeiten des Seeadlers. (Standortspezifisch und für alle Standorte zusammen)

9 Fazit und artenschutzrechtliche Einordnung

9.1 Wirksamkeit für den Seeadler

Die Erprobung von IDF in Bezug auf den Seeadler an vier Standorten erbrachte im Wesentlichen folgende Ergebnisse:

- Erfassungsreichweite > 1.000 m (bis ca. 1.200 m),
- Erfassungsrate 87,2 %,
- Klassifizierungsrate 97,8 % (März bis Oktober),
- Erfolgsrate der Abschaltung im inneren Abstandszylinder in 98,9 % der Fälle mit mind. einem Bild einer Klassifizierung als Seeadler,
- Zeitdauer der Abschaltauslösung vor dem Erreichen der Rotorvolumenkugel in 99,4 % ausreichend.
- Auch die räumliche und zeitliche Abdeckung erreichen hohe Werte (bis zu 100 %).

IdentiFlight ist somit in der Lage eine hohe Schutzwirkung durch bedarfsgerechte Abschaltungen von WEA zu erzielen und somit das Kollisionsrisiko von Seeadlern bei Annäherung an WEA sehr weitgehend zu senken. Dies verdeutlicht auch die gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit den Erprobungen aus den USA, die an vergleichbaren Arten durchgeführt wurden (Stein- und Weißkopfseeadler, Kapitel 4.1).

Am Standort Wilsickow zeigte sich für den Zeitraum November/Dezember eine verringerte Klassifizierungsleistung von 81,9 %. Nach Rücksprache mit dem Hersteller kann dies daran liegen, dass im Trainingsdatensatz für das neuronale Netz nur sehr wenig Bilder aus diesem Zeitraum vorlagen, weshalb das neuronale Netz für die Klassifikation von Seeadler-Bildern aus Frühling und Sommer optimiert wurde. Dazu kommen möglicherweise die schlechteren Sichtbedingungen. Auch die Falsch-Positiv-Rate war im Winter deutlich niedriger, was wahrscheinlich in der deutlich niedrigeren Präsenz von Seeadler-ähnlichen Vögeln begründet ist (insbesondere Kraniche). Bezogen auf die Gesamt-Klassifizierungsleistung im Jahr haben die Wintermonate wegen der niedrigen Flugaktivität der Zielart jedoch nur einen geringen Einfluss. So sinkt die Richtig-Positiv-Rate an diesem Standort unter Einschluss des Winters nur auf 94,5 %.

Grundlegend für das hohe Schutzniveau sind zwei spezifische Eigenschaften des Systems IdentiFlight:

- Spezifität, Reichweite und Genauigkeit der Zielartenerkennung: hierdurch werden sowohl die Falsch-Negativ- als auch die Falsch-Positiv-Rate weitgehend minimiert, d.h. es wird für nahezu alle Seeadler rechtzeitig abgeschaltet und es wird möglichst wenig nicht-intendiert abgeschaltet, z.B. für andere Vögel. In beiderlei Hinsicht bestehen allerdings noch Optimierungsmöglichkeiten (Kapitel 0).

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

- Durch die Programmierung von zwei Abstands- bzw. Reaktionszylindern wird nahezu die gesamte Bandbreite der zielartspezifischen Fluggeschwindigkeit abgedeckt. So basiert die Dimensionierung des inneren Zylinders, in dem die Regelabschaltung erfolgt, auf der mittleren Fluggeschwindigkeit. Die Dimensionierung des äußeren Zylinders beruht hingegen auf dem 90. Perzentil der Fluggeschwindigkeit. Hier erfolgt eine Abschaltung, wenn die Zielart mit großer Geschwindigkeit direkt auf die WEA zufliegt und die Abregeldauer bis zum Erreichen des Trudelbetriebs für eine rechtzeitige Abschaltung nicht mehr ausreichen würde.

Für den Einsatz von IDF zum Schutz des Seeadlers in der Praxis bedeutet dies, dass ein Einsatz insbesondere dort sinnvoll ist, wo WEA in einem häufig frequentierten Flugkorridor zwischen Brutplatz und Hauptnahrungsgebiet errichtet und betrieben werden sollen. Das System ermöglicht eine bedarfsgerechte Abschaltung im Gegensatz zu einer pauschalen bzw. phänologiebedingten Abschaltung. Dies ist vor allem beim Seeadler besonders vorteilhaft, weil auch in einem derartigen Flugkorridor nur mit wenigen Flugbewegungen pro Tag zu rechnen ist, sodass durch die bedarfsgerechte Abschaltung die Ertragseinbuße der WEA minimiert wird.

Bei geringerer Entfernung zum Brutplatz ist generell mit einer höheren Flugaktivität zu rechnen. Die vorliegenden Beispiele der Standorte Wilsickow und Wolgast (Abstände des IDF zum örtlichen Brutplatz 800 m bzw. 600 m) haben jedoch auch in solchen Fällen im Durchschnitt maximal nur bis zu 4,3 Abschaltungen einer WEA pro Tag geführt (Tabelle 16 B, Abschaltungen nur für White-tailed Eagle). Im Vergleich dazu wurden für den Rotmilan bei brutplatznaher Positionierung (Abstand ca. 450 m) häufig zwischen 25 und 50 Abschaltungen pro Tag von IDF ausgelöst (REICHENBACH *et al.* 2021).

Bei der Positionierung des IDF sind grundsätzlich die Spezifika des jeweiligen Standorts zu berücksichtigen, insbesondere zur Minimierung von Sichtverschattungen. Hinsichtlich des Abstandes zum Brutplatz sollte dieser mind. so groß sein, dass der Reaktionsbereich, d.h. der innere Abstandszylinder um die WEA, den Brutplatz nicht einschließt. Auf der Grundlage der in diesem Bericht vorgelegten Erprobungsergebnisse wird davon ausgegangen, dass ein hinreichender Schutz durch IDF gewährleistet werden kann, sofern der innere Abstandszylinder um die WEA den Brutplatz nicht einschließt, unabhängig davon, ob sich die WEA innerhalb des Nahbereichs oder des zentralen Prüfbereichs gemäß Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG befindet. Unter dieser Voraussetzung können somit die Vorteile einer bedarfsgerechten gegenüber einer pauschalen Abschaltung der WEA ausgeschöpft werden.

9.2 Anerkennung als Schutzmaßnahme

Diese in Kapitel 8 dargelegten Ergebnisse entsprechen weitgehend denjenigen, wie sie für IDF bereits in Bezug auf den Rotmilan erzielt wurden (Tabelle 20 und Kapitel 4.2 sowie 4.3) und die zu einer fachlichen Anerkennung als wirksame Schutzmaßnahme in Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG geführt haben (Kapitel 4.3).

Insgesamt ergibt sich hieraus, dass IDF in Bezug auf den Seeadler ebenso wie für den Rotmilan die Anforderungen des KNE und BfN an die Wirksamkeit von Antikollisionssystemen (BRUNS *et al.* 2021) erfüllt. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass nunmehr die Voraussetzungen erfüllt sind, dass IdentiFlight als Schutzmaßnahme auch für den Seeadler gemäß Abschnitt 2 der Anlage 1 zu § 45b Absatz 1-5 BNatSchG anerkannt werden kann (Kapitel 2.3). Dies gilt auch angesichts der Erleichterungen gemäß § 6 WindBG (Kapitel 2.2).

Bisher kommen als anerkannte Schutzmaßnahmen für den Seeadler nur eine veränderte Standortwahl und eine phänologiebedingte Abschaltung (max. sechs Wochen) in Frage (Kapitel 2.3). Im zentralen Prüfbereich sind Schutzmaßnahmen obligat, sofern nicht über Habitatpotenzialanalysen oder Raumnutzungsbeobachtungen nachgewiesen werden kann, dass gerade am Standort der geplanten WEA die Flugaktivität so niedrig ist, dass trotz der geringen Entfernung zum Brutplatz keine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos gegeben ist (Kapitel 2.1 und Kapitel 2.2). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Seeadler die am stärksten von Kollisionen an WEA betroffene Vogelart ist (Kapitel 3.2). Für geplante WEA-Standorte im erweiterten Prüfbereich ist in erster Linie zu prüfen, ob regelmäßig genutzte Flugkorridore zwischen Brutplatz und Nahrungshabitat durch den Windpark führen können. Für beide Fälle stellt IdentiFlight eine effiziente Schutzmaßnahme dar. Zum einen kann nun von einer hohen Wirksamkeit im Hinblick auf die Reduzierung des Kollisionsrisikos ausgegangen werden (Tabelle 20), zum anderen sind die resultierenden Abschaltungsdauern und entsprechenden Ertragsminderungen vergleichsweise niedrig (Kapitel 8.5.1). Insgesamt bietet sich der Einsatz von IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler auch deswegen an, weil die tägliche Flugaktivität dieser Art niedrig ist (Kapitel 3.2), insbesondere im Vergleich zum Rotmilan. Auch kann, wiederum im Gegensatz zum Rotmilan, davon ausgegangen werden, dass eine Nahrungssuche innerhalb der Windparkfläche die Ausnahme darstellt. Beides führt dazu, dass die tägliche Dauer der Abschaltungen deutlich niedriger ist als beim Rotmilan.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 20: Vergleich der KNE-Anforderungen und der Leistungswerte von IDF für Rotmilan und Seeadler

Erprobungskriterium	Anforderung gemäß BRUNS <i>et al.</i> (2021)	Ergebnisse IDF in Bezug auf den <u>Rotmilan</u> (6 Standorte) (REICHENBACH <i>et al.</i> 2021)	Ergebnisse IDF in Bezug auf den <u>Seeadler</u> (4 Standorte) Vorliegende Untersuchung
Räumliche Abdeckung	Mind. 75 %	97-99 %	Nahe 100 % in Rotorhöhe (abzgl. Verschattung durch vorhandene WEA)
Zeitliche Abdeckung	Möglichst hoch	95-99 %	91 % (an drei Standorten 96-100 %)
Erfassungsreichweite	Mind. die artspezifische Reaktionsdistanz (ergibt sich aus der Abregeldauer der WEA und der Fluggeschwindigkeit); bei einer geringen Reaktionsdistanz können 300 m ausreichen	Ca. 750 m	> 1.000 m (bis ca. 1.200 m)
Erfassungsrate	Mind. 75 %, in besonderen Konfliktfällen bis zu 90 %	85-96 %	86-88 %
Klassifizierungsrate	Mind. 75 %; im Reaktionsbereich mind. 90 %	96-98 % (Version 2)	97-99 %

Auf der Grundlage der dargestellten Leistungskennwerte kann das IDF-System gezielt zum Schutz einzelner Vogelarten eingesetzt und an bestimmte standortspezifische Anforderungen angepasst werden. In Fällen, in denen keine umfassenden Kenntnisse über das Vorkommen und die Flugaktivität kollisionsgefährdeter Arten vor Ort vorliegen (vgl. § 6 WindBG, Kapitel 2.2), kann – zur Gewährleistung eines Basisschutzes – das IDF-System jedoch zunächst standort- und artunspezifisch eingesetzt werden. Analog zum Fledermausschutz werden dann am jeweiligen Standort erhobene Daten des Betriebsmonitorings aus dem ersten Jahr herangezogen, um die System-Konfiguration im Folgejahr weiter zu optimieren und die Schutzmaßnahme dadurch an die standort- und artspezifischen Anforderungen genau anzupassen. Dieser Ansatz ermöglicht den Umgang mit einer limitierten und/oder veralteten Datengrundlage bei gleichzeitiger Gewährleistung eines Basisschutz für kollisionsgefährdete Vogelarten ab Inbetriebnahme.

10 Ausblick und Verbesserungspotenzial

Auch wenn IDF aufgrund der in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Leistungswerte als wirksame Schutzmaßnahme für den Seeadler angesehen werden kann, bestehen noch Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich der System-Effizienz. Diese betreffen im Wesentlichen folgende zwei Aspekte:

- Verringerung nicht notwendiger Abschaltungen und der Falsch-Positiv-Rate
- Verbesserung der Erfassungsrate

10.1 Verringerung nicht notwendiger Abschaltungen und der Falsch-Positiv-Rate

10.1.1 Vertikale Dimensionierung der Abstandszylinder

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse zum Flugverhalten (Flughöhe und Fluggeschwindigkeit) des Seeadlers, kann der Abstandszylinder angehoben werden (Abbildung 57). Damit werden Abschaltungen nahe am Boden vermieden, die für den Schutz der Zielart keine Relevanz haben, da die Vögel eine vergleichsweise langsame Steiggeschwindigkeit aufweisen (Tabelle 3 bzw. Tabelle 19).

Unter Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeiten kann die Dimensionierung der Abstandszylinder nach den Formeln aus Kapitel 5.3 berechnet werden, wobei die Formeln hinsichtlich der vertikalen Ausdehnung der Abstandszylinder angepasst werden und nun auch eine untere Begrenzung berücksichtigt wird (Abbildung 57).

Für die obere Begrenzung HU_{min} des inneren Abstandszylinders wird die mittlere vertikale Sinkgeschwindigkeit sv_{-mean} des Seeadlers mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und gemeinsam mit dem Rotorradius r auf die Nabenhöhe h der WEA aufaddiert:

$$h + r + sv_{-mean} * t = HU_{min}$$

Für die untere Begrenzung HL_{min} des inneren Abstandszylinders wird die mittlere vertikale Steiggeschwindigkeit sv_{+mean} des Seeadlers mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und gemeinsam mit dem Rotorradius r von der Nabenhöhe h der WEA subtrahiert:

$$h - r - sv_{+mean} * t = HL_{min}$$

Für die obere Begrenzung HU_{max} des äußeren Abstandszylinders wird die maximal abzusichernde vertikale Sinkgeschwindigkeit sv_{-max} des Seeadlers mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und gemeinsam mit dem Rotorradius r auf die Nabenhöhe h der WEA aufaddiert:

$$h + r + sv_{-max} * t = HU_{max}$$

Für die untere Begrenzung HL_{max} des äußeren Abstandszylinders wird die maximal abzusichernde vertikale Steiggeschwindigkeit sv_{+mean} des Seeadlers mit der Dauer t für die Abschaltung (bis in den Trudelbetrieb) der WEA multipliziert und gemeinsam mit dem Rotorradius r von der Nabenhöhe h der WEA subtrahiert:

$$h - r - sv_{+max} * t = HL_{max}$$

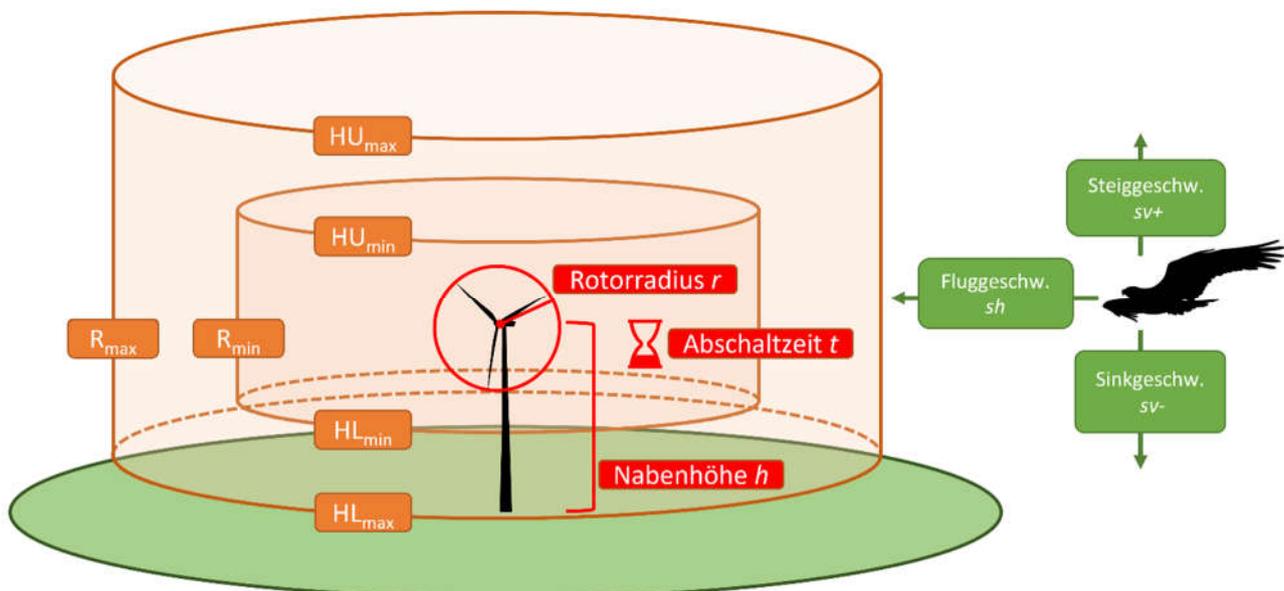


Abbildung 57: Schema zur Dimensionierung der angehobenen inneren und äußeren Abstandszylinder
 HU_{max} bzw. HL_{max} = obere („upper“) und untere („lower“) Begrenzung des äußeren Abstandszylinders,
 HU_{min} bzw. HL_{min} = obere („upper“) und untere („lower“) Begrenzung des inneren Abstandszylinders;
 R_{max} = Radius des äußeren Abstandszylinders, R_{min} = Radius des inneren Abstandszylinders.

10.1.2 Horizontale Dimensionierung des inneren Abstandszylinders

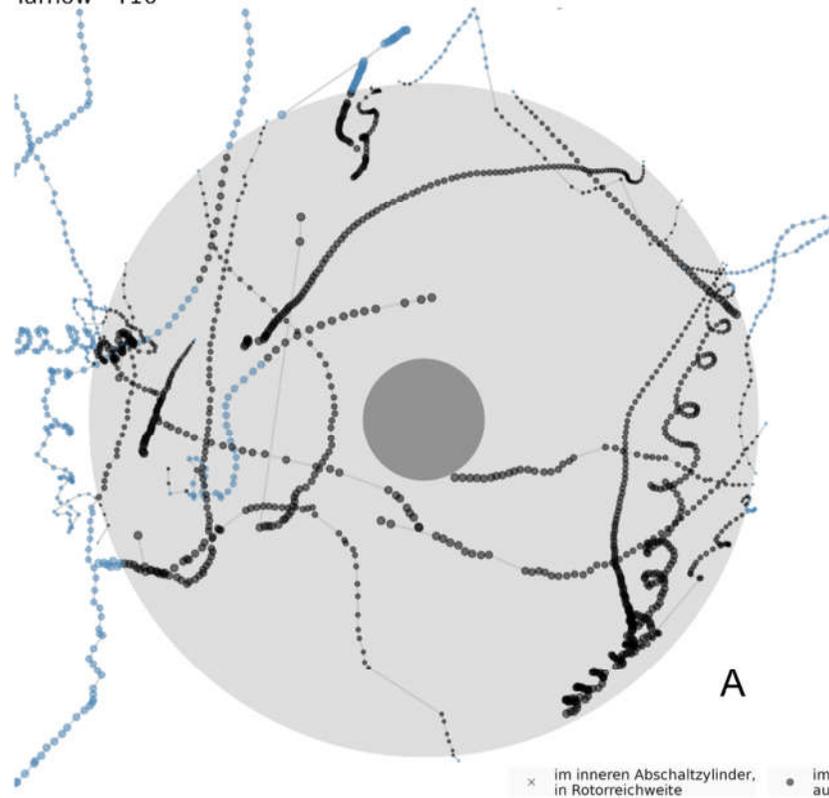
Auch hinsichtlich der horizontalen Ausdehnung der Abstandszylinder können Anpassungen – basierend auf den vorliegenden Ergebnissen – gemacht werden. Den größten Teil der Abschaltungen betreffen Flüge, die nie in den Gefahrenbereich des Rotors kommen. So zeigt Abbildung 58A beispielhaft, dass trotz vieler registrierter Flugwege in bzw. durch den inneren Abstandszylinder, nicht zwangsläufig die Flugbahn durch den Rotorbereich verläuft. Abbildung 58B macht zudem deutlich, dass arttypisch für den Seeadler (bevorzugter Thermikflieger), oftmals kreisende Flugbahnen registriert wurden, die zwar in den Rotorbereich verliefen, sich dem Rotorbereich aber deutlich langsamer näherten als bei einem geradlinig verlaufenden Streckenflug.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

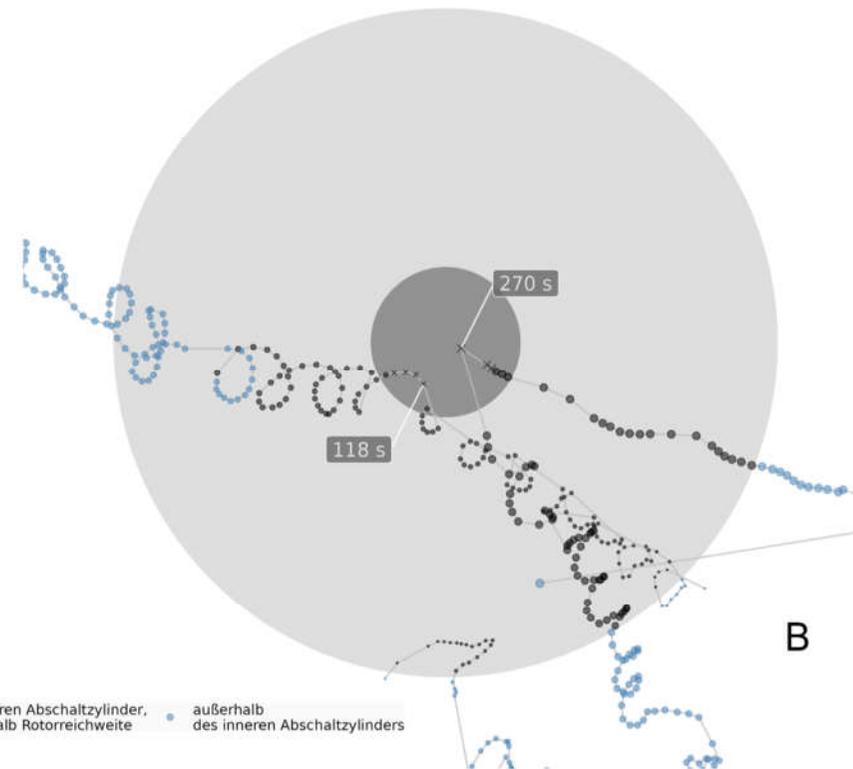
The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tarnow - T10



Datengrundlage: 2142 Punkte aus 36 Tracks, die außerhalb des inneren Abschaltzylinders beginnen und min. weitere 30 s verfolgt wurden.

Plate - WTG4



Datengrundlage: 589 Punkte aus 2 Tracks, die außerhalb des inneren Abschaltzylinders begannen und in weniger als 24 s Rotorreichweite erreichten. 32 weitere Tracks, die nicht dargestellt sind, verliefen im dargestellten Zeitraum nie in Rotorreichweite.

Abbildung 58: Beispiele von Seeadler-Flugbahnen in den inneren Abstandszylinder (AZ_{innen}). A) Flugbahnen, die in den AZ_{innen} verliefen; dabei jedoch nie in Rotorreichweite kamen. B) Kreisende Flugbahnen die in den Rotorbereich verliefen, jedoch mit deutlich ausreichender Zeit zur Abschaltung (24-30 s). AZ_{innen} ist hellgrau, der Rotorbereich dunkelgrau eingefärbt.

Als Grundlage für die Festlegung, in welcher Distanz zum Rotor ein Abschaltsignal erstellt werden sollte, erscheint es daher sinnvoll zu berechnen, welche Entfernung über Grund Seeadler in demjenigen Zeitraum zurücklegen, den die WEA braucht, um ihre Rotorblätter auf Trudelgeschwindigkeit zu verlangsamen. Sekündliche Geschwindigkeitsmessungen hingegen bilden das Worst-Case-Szenario eines geradlinigen Rotoranflugs ab, wofür beim IDF-System die Erstellung eines Abschaltsignals bereits im äußeren Abstandszylinder vorgesehen ist.

Durch die Anpassung der Ausdehnung des Abstandszylinders an die tatsächlich zurückgelegte Entfernung, würde sich die horizontale Dimensionierung des inneren Abstandszylinders verkleinern und sich die Anzahl an nicht notwendigen Abschaltungen reduzieren. So würden Direktflüge weiterhin durch den unveränderten, äußeren Abstandszylinder abgedeckt sein; wohingegen ein verringerter innerer Abstandszylinder ausreichen würde, um für langsame, kreisende Flugbahnen eine sichere Abschaltung generieren zu können.

10.1.3 Klassifizierung

Grundsätzlich ist die Falsch-Positiv-Rate von IdentiFlight bereits sehr niedrig und praxistauglich, wie auch die Ergebnisse in Kapitel 8.4 zeigen.

Eine weitergehende wirtschaftliche Optimierungsmöglichkeit durch die Verminderung von Abschaltungen für Nicht-Zielarten ergab sich bei der händischen Nachbestimmung zur Ermittlung der Klassifizierungsleistung. In einigen Fällen konnte beobachtet werden, dass oftmals nur das erste oder die ersten drei bis fünf Bilder einer Flugbahn fälschlicherweise von IDF als Zielart klassifiziert wurden, im weiteren Verlauf der Flugbahn der Vogel jedoch korrekt als Nicht-Zielart bestimmt wurde (Abbildung 59). Treten diese fehlerhaften Klassifizierungen innerhalb des inneren Abstandszylinders auf, wird von IDF sofort eine Abschaltung ausgelöst, obwohl keine Zielart betroffen ist. Nochmals verbesserte Klassifizierungsmodelle könnten hier helfen, die Anzahl von nicht zielgerichteten Abschaltungen (Falsch-Positiv) weiter zu verringern. Auch Abschaltungen, die aufgrund der Sicherheitskategorie („Fail Safe“) ausgelöst werden, ließen sich durch verbesserte Klassifizierungsmodelle reduzieren (Abbildung 60).

In Bezug auf die schlechtere Klassifizierungsleistung im Winter ließe sich ein gezieltes Re-Training des neuronalen Netzes mit Seeadler-Bildern aus dem Winter durchführen. Erfahrungen mit einem solchen erneuten Training der KI durch Einspeisen zusätzlicher Bilder liegen bereits bezüglich des Rotmilans vor und erbrachten dort eine Steigerung der Klassifizierungsrate um rd. 10-15 % (REICHENBACH *et al.* 2021).

Zuletzt soll noch auf die fälschliche Klassifizierung von WEA-Teilen als Zielart hingewiesen werden (Abbildung 61). Dieses Phänomen wurde mehrfach bei der händischen Nachbestimmung festgestellt. Warum bestimmte WEA-Teile als Zielart klassifiziert werden mit der Folge unnötiger Abschaltungen, ist bislang noch nicht nachvollziehbar. Ein Trainieren des Klassifizierungsmodells auf diese Fälle könnte helfen derartige Abschaltungen zu verhindern.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 59: Falsch-positiv klassifizierte Vögel von IDF. Zumeist das erste Bild wurde falsch als Zielart (White-tailed eagle) bestimmt (von oben: Kolkrabe, Mäusebussard, Mäusebussard, Sperber)

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and Environmental Research Group

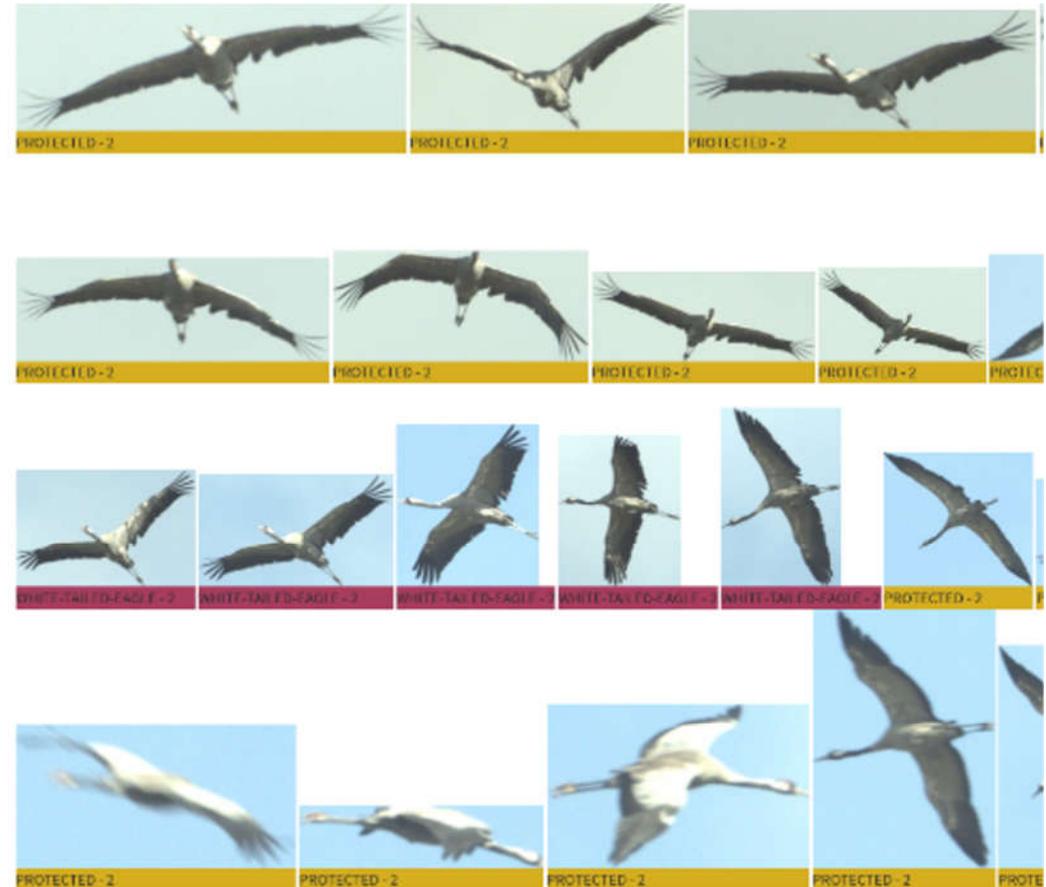
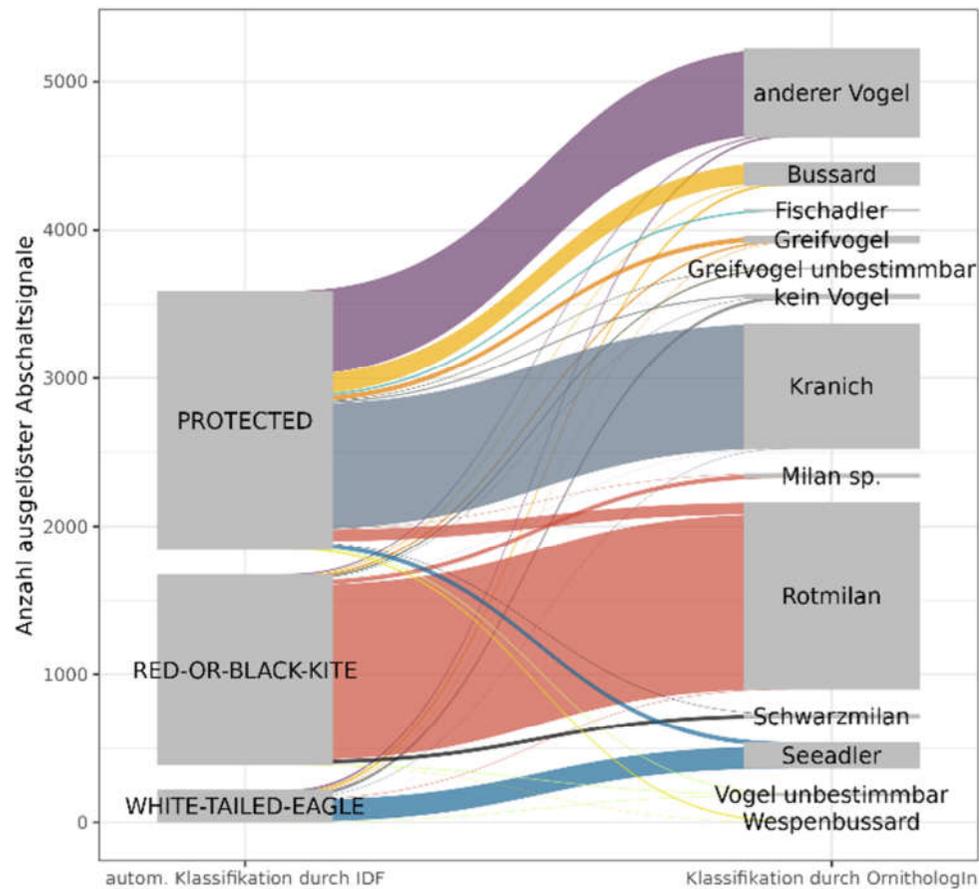


Abbildung 60: Abschaltungen durch die „Fail Safe“ Kategorie. Häufig werden andere Großvögel, wie im rechten Fall Kraniche, als Zielart bestimmt.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

2fd033f7-17d3-40f9-a174-695b1f9a3f0a



The screenshot displays a grid of 36 blurry bird images, arranged in 4 rows and 9 columns. Each image is labeled with the text "RED-OR-BLACK-KITE -1". Below the grid, there is a search bar with the text "WLA-Befeuerung" and a dropdown arrow. Below the search bar, there is a list of species: "anderer Vogel", "Bussard", "Greifvogel", "kein Vogel", "NA", "Rotmilan", "Schwarzmilan", "Seeadler", "WLA-Befeuerung", and "Track aufteilen".

Abbildung 61: Falsch-Positiv-Bestimmungen von WEA-Teilen. Hier wurde die Befeuerung der WEA als Zielart (hier Red-or-Black-Kite) von IDF bestimmt.

10.2 Verbesserung der Erfassungsrate

Die bereits hohe Erfassungsrate (vgl. Kapitel 8.3) könnte durch verbesserte Algorithmen ebenfalls noch optimiert werden. Aus Beobachtungen der Ornithologen vor Ort sowie aufgrund der Bilder bei der händischen Nachbestimmung, konnte gefolgert werden, dass die Weitwinkelkameras – verantwortlich für die Detektion, vgl. Kapitel 5.1 – Flug-/Objekte als potenzielle Zielarten erkannten, bei denen es sich um Wolkenbewegungen, windbewegte Vegetation im Sichtfeld der WEA oder auch um nahe der Kamera schwärmende Insekten handelte. In weiterer Folge wird von der Stereokamera versucht, das vermeintliche Zielart-Objekt zu finden, was jedoch nicht vorhanden ist. Dadurch ist IDF funktionsbedingt mit der Verfolgung einer potenziellen Zielart beschäftigt bzw. abgelenkt, während tatsächliche Zielartvögel unentdeckt anfliegen können und dann verspätet oder in manchen Fällen gar nicht von IDF detektiert werden.

Dieses Phänomen konnte zwar nur für kurze Zeiträume beobachtet werden (wenige Sekunden bis wenige Minuten), sollte jedoch systemtechnisch gelöst werden, um eine noch bessere Detektion der Zielarten zu erreichen.

Hilfreich wäre möglicherweise auch, dieses Phänomen bei der Standortauswahl für die Systeminstallation zu berücksichtigen. So bieten Hecken- und Baumreihen meist ein geeignetes Habitat für viele Insekten, die schwarmbildend über diesen Strukturen aufsteigen. Eine Installation der IDF-Systeme nicht in direkter Nähe solcher Strukturen, könnte somit sinnvoll sein.

11 Literatur

- AGORA ENERGIEWENDE (2021): Windenergie und Artenschutz - Wege nach vorn.
https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_11_DE_EE-Artenschutz/A-EW_234_Windenergie-und-Artenschutz_WEB.pdf.
- AMMERMANN, K., E. BRUNS, J. PONITKA, E. SCHUSTER, D. SUDHAUS & F. TUCCI (2020): Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen - Entwicklungsstand und Fragestellungen. Bfn Skripten (571): 30 S.
- ASCHWANDEN, J. (2020): IdentiFlight - ein automatisiertes Erkennungssystem für Großvögel zur bedarfsgerechten Abschaltung von Windenergieanlagen - Testergebnisse am Standort des Windenergiefelds Donzdorf/Geislingen Naturverträgliche Windenergienutzung durch smarte Technologien im Artenschutz. Online-Kolloquium, 03.-04. November 2020, BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ.
- ASCHWANDEN, J. & F. LIECHTI (2020): Erprobung des automatischen Vogeldetektionssystems IdentiFlight auf dem Testfeld des WindForS im Rahmen der Naturschutzbegleitforschung (NatForWINSSENT). Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 38 S.
- BALOTARI-CHIEBAO, F. (2018): Spatial behaviour, habitat use and breeding performance of a long-lived raptor in the context of wind energy. University of Turuk, Turuk.
- BERNOTAT, D. & V. DIERSCHKE (2021): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen - Teil II.6: Arbeitshilfe zur Bewertung störungsbedingter Brutauffälle bei Vögeln am Beispiel baubedingter Störwirkungen, 4. Fassung, Stand 31.08.2021. 31 S.
- BRUNS, E., E. SCHUSTER & J. STREIFFELER (2021): Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen - Abschlussbericht der Workshopreihe "Technische Systeme". BfN-Skripten, 57 S.
<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript610.pdf>.
- BUSSE, P. (2013): Methodological procedure for pre-investment wind farm ornithological monitoring based on collision risk estimation. Ring (35): 3-30.
- GEDEON, K., C. GRÜNEBERG, A. MITSCHKE, C. SUDFELDT, W. EICKHORST, S. FISCHER, M. FLADE, S. FRICK, I. GEIERSBERGER, B. B. KOOP, M. KRAMER, T. KRÜGER, N. ROTH, T. RYSLAVY, S. STÜBING, S. R. SUDMANN, R. STEFFENS, F. VÖKLER & K. WITT (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten – Atlas of German Breeding Birds., Herausgegeben von der Stiftung Vogelmonitoring und dem Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- GOVE, B., R. LANGSTON, A. MCCLUSKIE, J. D. PULLAN & I. SCRASE (2013): Windfarms and birds: an updated analysis of the effect of wind farm on birds, and best practice guidance on integrated planning and impact assessment. BirdLife International on behalf of the Bern Convention, Strasbourg, 89.
- GRÜNKORN, T., J. BLEW, T. COPPACK, O. KRÜGER, G. NEHLS, A. POTIEK, M. REICHENBACH, J. VON RÖNN, H. TIMMERMANN & S. WEITEKAMP (2016): Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6.

Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.

- HEUCK, C., C. HERRMANN, C. LEVERS, P. J. LEITAO, O. KRONE, R. BRANDL & J. ALBRECHT (2019): Wind turbines in high quality habitat cause disproportionate increases in collisions mortality of the white-tailed eagle. *Biol. Conserv.* 236: 44-51.
- HÖTKER, H., O. KRONE & G. NEHLS (2013): Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit., Michael-Otto-Institut im NABU, Leitnitz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, BioConsult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum.
- ILLNER, H. (2012): Kritik an den EU-Leitlinien „Windenergie-Entwicklung und NATURA 2000“, Herleitung vogelartspezifischer Kollisionsrisiken an Windenergieanlagen und Besprechung neuer Forschungsarbeiten. *Eulen-Rundblick* 62: 83-100.
- KNE (2019): Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen.
- KNE (2022): Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln. 3 Fortschreibung. https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE-Synopse_Detektionssysteme_zur_ereignisbezogenen_Abschaltung_von_WEA.pdf.
- KRONE, O., A. BERGER & R. SCHULTE (2009): Recording movement and activity pattern of a White-tailed Sea Eagle (*Haliaeetus albicilla*) by a GPS datalogger. *Journal of Ornithology* (150): 273-280.
- KRONE, O., G. TREU & T. GRÜNKORN (2017): Satellite Tracking of White-Tailed Sea Eagles in Mecklenburg-Western Pomerania and Brandenburg. In: HÖTKER ET AL.: *Birds of Prey an Wind Farms*, 207-225.
- LANGGEMACH, T. & T. DÜRR (2021): Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. - Stand 10. Mai 2021. Landesamt für Umwelt Brandenburg, Staatliche Vogelschutzwarte.
- MARQUES, A. T., H. BATALHA, S. RODRIGUES, H. COSTA, M. J. R. PEREIRA, C. FONSECA, M. MASCARENHAS & J. BERNARDINO (2014): Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biol. Conserv.* 179: 40-52.
- MCCLURE, J., B. ROLEK, L. DUNN, J. MCCABE, L. MARTINSON & T. KATZNER (2021): Eagle fatalities are reduced by automated curtailment of wind turbines. *J Appl Ecol.* 00:1-7 (<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13831>).
- MCCLURE, J. W., L. MARTINSON & T. D. ALLISON (2018): Automated monitoring for birds in flight: Proof of concept with eagles at a wind power facility. *Biol. Conserv.* 224: 26-33.
- MELUND & LLUR (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume & Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume) (2021): Standardisierung des Vollzugs artenschutzrechtlicher Vorschriften bei der Zulassung von Windenergieanlagen für ausgewählte Brutvogelarten. Arbeitshilfe zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange in Schleswig-Holstein. 101 S.
- NADJAFZADEH, M., H. HOFER & O. KRONE (2015): Sit-and-wait for large prey: foraging strategy and prey choice of White-tailed eagles. *Journal of Ornithology* (157): 165-178.

IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler

Oldenburg, 03.05.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

- REICHENBACH, M. & T. AUSSIEKER (2021): Windenergie und der Erhalt der Vogelbestände – Regelungsvorschläge im Kontext einer gesetzlichen Pauschalausnahme. . <https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/05/2021-04-26-Windenergie-und-Erhalt-der-Vogelbestaende.pdf>.
- REICHENBACH, M., H. REERS & S. GREULE (2021): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan (*Milvus milvus*)? - Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Kamerasystems zum Schutz vor Kollisionen an Windenergieanlagen. im Auftrag der erneuerbare energien europa e3 GmbH, 161 S. <https://www.e3-gmbh.de/identiflight/>.
- SCHUSTER, E., L. BULLING & J. KÖPPEL (2015): Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environ. Manage.* 56 (2): 300-331.
- SPRÖTGE, M., E. SELLMANN & M. REICHENBACH (2018): Windkraft Vögel Artenschutz, Books on Demand, Norderstedt.
- TIKKANEN, H., F. BALOTARI-CHIEBAO, T. LAAKSONEN, V.-M. PAKANEN & S. RYTKÖNEN (2018): Habitat use of flying subadult White-tailed Eagles (*Haliaeetus albicilla*): implications for land use and wind power plant planning. *Ornis Fenn.* (95): 137-150.