



Arbeitsgruppe für
regionale Struktur- und
Umweltforschung GmbH

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan (*Milvus milvus*)?

Untersuchungen zur Wirksamkeit eines
Kamerasystems zum Schutz vor Kollisionen an
Windenergieanlagen

07.10.2021

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:

Untersuchung der Wirksamkeit von IdentiFlight zum Schutz des Rotmilans vor Kollisionen an Windenergieanlagen

Endbericht

Stand:

07.10.2021

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

Bearbeiter:

Dr. Marc Reichenbach, ARSU GmbH

Dr. Hendrik Reers, OekoFor GbR

Sören Greule, OekoFor GbR

Disclaimer

Sofern nicht anders angegeben ist der Bericht das geistige Eigentum der Firmen ARSU GmbH, OekoFor GmbH 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

1	Anlass und Motivation	1
2	Funktionsweise von IdentiFlight	4
2.1	Aufbau und Funktionsweise	4
2.2	Klassifizierungs-Software	6
2.2.1	Klassifizierungsalgorithmus	6
2.2.2	Training der Software auf den Rotmilan	8
2.3	Abschaltung der Windenergieanlagen	11
3	Fragestellungen und Untersuchungskonzept	13
3.1	Grundlagen der Systemerprobung	13
3.2	Erprobungskriterien	14
3.3	Projektkonstellation	15
4	Methodik	17
4.1	Untersuchungsgebiete	17
4.1.1	Überblick	17
4.1.2	Abschaltprogrammierung	18
4.1.3	Räumliche Abdeckung und Standortlayout	21
4.1.4	Zeitliche Abdeckung	34
4.1.4.1	Überblick	34
4.1.4.2	Standortspezifika	35
4.2	Referenzdaten	36
4.2.1	Drohne	36
4.2.2	Laser Range Finder	37
4.2.3	GPS-Telemetrie	41
4.3	Auswertung und statistische Analyse	42
4.3.1	Auswertungssoftware	42
4.3.2	Erfassungsrate	47
4.3.2.1	Referenzdaten von LRF und GPS	47
4.3.2.2	Einflussfaktor Niederschlag	53
4.3.2.3	Einflussfaktor Sonnenstand	53
4.3.3	Klassifizierung	54
4.3.4	Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung	55
4.3.5	Flugverhalten Rotmilan	56

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

5	Ergebnisse	61
5.1	Erzielte Datengrundlage	61
5.2	Genauigkeit der Verortung	66
5.2.1	GPS-Daten einer Drohne	66
5.2.2	Laser-Range-Finder-Daten und GPS-Daten des besenderten Rotmilans	67
5.3	Erfassungsreichweite	74
5.4	Erfassungsrate	76
5.4.1	Detektionsleistung in Bezug auf Referenzstichproben	76
5.4.2	Einflussfaktor Niederschlag	84
5.4.3	Einflussfaktor Sonnenstand	86
5.5	Klassifizierung	88
5.6	Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung	93
5.6.1	Auslösen der Abschaltung durch IDF	93
5.6.2	Reaktion der WEA auf das Abschaltsignal	107
5.6.3	Relation von Flugaktivität zu Abschaltungen	108
5.7	Flugverhalten Rotmilan	111
5.7.1	Flughöhe	111
5.7.2	Fluggeschwindigkeit	113
6	Artenschutzrechtliche Bewertung der Wirksamkeit von IDF	119
6.1	Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von IDF	119
6.1.1	Räumliche und zeitliche Abdeckung des Standorts	120
6.1.2	Erfassungsreichweite	121
6.1.3	Erfassungsrate	123
6.1.4	Klassifizierung des Flugobjekts	123
6.1.5	Wirksamkeit und Effizienz der Systemreaktion	124
6.1.6	Dimensionierung der Abstandszylinder	126
6.2	Gesamtsystemleistung	130
6.3	Artenschutzrechtliche Anforderungen	136
6.3.1	Rechtsprechung	136
6.3.2	Fachliche Anforderungen	140
6.3.3	Resultierender Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Antikollisionssystemen	142
6.4	Bewertung der Wirksamkeit von IdentiFlight	143
7	Ausblick	144
8	Literatur	146

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Installiertes IDF-System.....	3
Abbildung 2: Das System IdentiFlight, bestehend aus 8 Weitwinkelkameras und einer beweglichen Stereokamera.....	4
Abbildung 3: Sichtfeld eines IDF-Systems mit Darstellung der „blinden Zone“ (occluded zone).	6
Abbildung 4: Anzahl von Punkten pro IDF-Track für eine Zielart (geschützt) oder Nicht-Zielart (nicht geschützt).	7
Abbildung 5: Auszug aus den von IDF gespeicherten Originaldaten	10
Abbildung 6: Grundlagen des bedarfsgesteuerten Abschaltalgorithmus von IdentiFlight im Rahmen dieser Studie	12
Abbildung 7: Projektkonstellation zur Überprüfung der Wirksamkeit von IdentiFlight	16
Abbildung 8: Lage der Untersuchungsgebiete	17
Abbildung 9: Untersuchungsgebiet Helfta mit IDF-Standort und Lage der virtuellen WEA.....	22
Abbildung 10: Untersuchungsgebiet Plate mit IDF-Standort und Lage der virtuellen WEA.....	23
Abbildung 11: Untersuchungsgebiet Gerbstedt mit IDF-Standort und Lage der Bestands-WEA.....	24
Abbildung 12: Untersuchungsgebiet Lübese mit IDF-Standort und Lage der Bestands-WEA.....	25
Abbildung 13: Untersuchungsgebiet Bütow mit IDF-Standort und Lage der Bestands-WEA (oben).....	26
Abbildung 14: Untersuchungsgebiet Geislingen mit IDF-Standort und Lage der virtuellen WEA.....	27
Abbildung 15: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Helfta.	28
Abbildung 16: Sichtfeld der Weitwinkelkameras mit Maskierung am Standort Plate.	29
Abbildung 17: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Plate.	29
Abbildung 18: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Gerbstedt.	30
Abbildung 19: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Gerbstedt.	30
Abbildung 20: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Lübese.....	31
Abbildung 21: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Lübese.....	31
Abbildung 22: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Bütow.....	32
Abbildung 23: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Bütow.	32

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Abbildung 24: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Geislingen.....	33
Abbildung 25: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Geislingen.	33
Abbildung 26: Erfassungstest mit GPS-verorteter Drohne.....	37
Abbildung 27: Datenermittlung des Laser Range Finders Vector 21 Aero (Auszug aus der Gebrauchsanweisung).....	38
Abbildung 28: Verteilung der IDF- und LRF-Daten über die Tageszeit von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang (gelbe Linien) und über die Erfassungsperiode.	40
Abbildung 29: Der besenderte Rotmilan „Donzi“ am Standort Geislingen 2020	42
Abbildung 30: Oberfläche zur Datensichtung der IDF-Daten.....	43
Abbildung 31: Oberfläche zur Beurteilung der Detektionsleistung von IDF in Relation zu LRF- und GPS-Flugbahnen.....	45
Abbildung 32: Oberfläche zur Überprüfung der Abschaltvorgänge.	46
Abbildung 33: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „Erfasst“.....	49
Abbildung 34: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „Nicht erfasst“.....	50
Abbildung 35: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „ungültig“.....	51
Abbildung 36: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „ungültig“.....	52
Abbildung 37: Bilder der Wetterkamera in Bütow vom 14. Juni 2020.....	54
Abbildung 38: Schematische Skizze einer Flugbahn.....	58
Abbildung 39: 3D Darstellung einer Rotmilan-Flugbahn.....	59
Abbildung 40: Typische Höhenverteilung von Tracks von durch IDF bestimmten Rotmilanen.....	60
Abbildung 41: Kerndichteschätzung der Ortungen aller von IDF aufgezeichneten Flugbahnen (alle Vogelarten).....	62
Abbildung 42: Rotmilan-Aktivität an den Standorten Helfta, Plate und Gerbstedt.....	64
Abbildung 43: Rotmilan-Aktivität an den Standorten Lübesse, Bütow und Geislingen.....	65
Abbildung 44: Verortungen der Drohne durch das IDF in unterschiedlichen Flughöhen (50 m und 100 m).....	66
Abbildung 45: Abweichung zwischen der GPS-Position der Drohne von der horizontalen (links) und der vertikalen (rechts) Verortung durch IDF für zwei unterschiedliche Flughöhen (50 m und 100 m).....	67
Abbildung 46: Beispiel für die Genauigkeit der Erfassung mittels LRF	69
Abbildung 47: LRF- und IDF-Tracks mit deutlichem Winkelversatz am Standort Lübesse.	70
Abbildung 48: LRF- und IDF-Track mit Winkelversatz am Standort Bütow.	71

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Abbildung 49: GPS- und IDF-Track eines Rotmilans mit hoher räumlicher Verortungsgenauigkeit.	72
Abbildung 50: GPS- und IDF-Track eines Rotmilans mit hoher räumlicher Verortungsgenauigkeit, jedoch unterschiedlicher Höhenbestimmung.	73
Abbildung 51: Kerndichteschätzung der Ortungen aller vom IDF aufgezeichneten Rotmilane.....	75
Abbildung 52: GPS-Track (graue Punkte, abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet) eines Rotmilans der auch von IDF (rote Punkte) über ca. eine Minute erfasst wurde.....	78
Abbildung 53: GPS-Track (graue Punkte, abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet) eines Rotmilans der auch von IDF (rote Punkte) kurz erfasst wurde.....	79
Abbildung 54: Beispiele für Rotmilanflugbahnen am Standort Geislingen, die sowohl vom IDF (rote Punkte) als auch vom LRF (graue Punkte) erfasst wurde.....	80
Abbildung 55: Niedrig fliegender Rotmilan „Donzi“ (GPS Daten, graue Punkte; abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet), der vom IDF vor Hintergrund erfasst wurde (rote Punkte), teilweise jedoch nicht korrekt als Rotmilan klassifiziert wurde (lila Punkte).	81
Abbildung 56: Niedrig fliegender Rotmilan „Donzi“ (GPS Daten, graue Punkte; abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet), der von IDF nicht erfasst wurde.....	82
Abbildung 57: GPS-Track (graue Punkte, abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet) des Rotmilans „Donzi“ in für das IDF deutlich sichtbarer Flughöhe über Horizont.	83
Abbildung 58: Verteilung aller IDF-Erfassungspunkte in Relation zum Niederschlag über den jeweiligen Erfassungszeitraum an den Standorten Helfta (2018), Plate (2018) und Geislingen (2020).....	85
Abbildung 59: Prozentuale Verteilung der Häufigkeit der jeweils ersten Track-Punkte der IDF Erfassungen in Abhängigkeit vom Differenzwinkel zwischen Kamera und Sonne für klare und bedeckte Bewölkungssituationen am Standort Bütow 2020.	87
Abbildung 60: Beispielbilder mit der Original-Klassifizierung durch IDF.	90
Abbildung 61: Beispielbilder mit der Original-Klassifizierung durch IDF.	91
Abbildung 62: Beispielbilder mit der Original-Klassifizierung durch IDF.	92
Abbildung 63: Abschaltung im äußeren Abstandszylinder am Standort Bütow.	94
Abbildung 64: Abschaltung im äußeren Abstandszylinder am Standort Helfta.....	95

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Abbildung 65: Abschaltung beim Eintritt in den inneren Abstandszylinder (innere schwarze Linie) der östlichen WEA am Standort Bütow.	96
Abbildung 66: Abschaltung beim Eintritt in den inneren Abstandszylinder (innere schwarz Linie) der westlichen WEA am Standort Bütow.	97
Abbildung 67: Abschaltung oberhalb des inneren Abstandszylinders am Standort Helfta.	98
Abbildung 68: Detektion eines Rotmilans im inneren Abstandszylinders mit unmittelbar folgender Abschaltung am Standort Bütow.	99
Abbildung 69: Detektion eines Rotmilans im inneren Abstandszylinders mit unmittelbar folgender Abschaltung am Standort Helfta.	100
Abbildung 70: Oben: Anteil der Abschalt-Initiierungen in Relation zur Entfernung zu den WEA. Rot gestrichelt sind die jeweils R_{min} und R_{max} . Unten: Anteile der verschiedenen Flughöhen im Moment der Abschalt-Initiierungen an der Gesamtheit aller Abschaltungen im R_{min} , getrennt für das Innere und den Rand des R_{min} (inkl. Puffer).	103
Abbildung 71: Box-Plot der Median-Werte der einzelnen WEA in Bezug auf die prozentuale Verteilung der Lokalisierung der Abschaltinitiierung relativ zum R_{min} (links) und in Bezug auf die Flughöhe zu diesem Zeitpunkt (rechts).	104
Abbildung 72: Kumulative Darstellung der Flughöhen der erst im R_{min} detektierten Rotmilane am Standort Bütow_1 WEA 13.	104
Abbildung 73: Kumulative Darstellung der Flughöhen der erst im R_{min} detektierten Rotmilane am Standort Geislingen FWEA-1.	105
Abbildung 74: Anzahl der von IDF initiierten Abschaltungen an der WEA 13 am Untersuchungsstandort Bütow.	107
Abbildung 75: Tageszeitliche Verteilung der von IDF initiierten Abschaltung an WEA 13 am Standort Bütow.	108
Abbildung 76: Anzahl von Abschaltungen (Curtailments) pro Tag in Abhängigkeit von der Anzahl Tracks, bei denen mindestens einmal eine geschützte Art klassifiziert wurde. n = Anzahl WEA-Tage.	109
Abbildung 77: Verteilung der Flughöhen, in 10 m Höhenklassen, von nachbestimmten Rotmilanen über alle sechs Standorte bis 300 m über dem IDF.	112
Abbildung 78: Kumulativer Anteil der Flughöhen von nachbestimmten Rotmilanen bis 300 m Höhe über dem IDF.	113
Abbildung 79: Verteilung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen in allen Untersuchungsgebieten.	115
Abbildung 80: Box-Plots der Höhenverteilung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen.	116

Abbildung 81: Kumulative Darstellung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen über alle Untersuchungsstandorte	116
Abbildung 82: Verteilung der als gleitendes Mittel errechneten vertikalen Fluggeschwindigkeiten in allen Untersuchungsgebieten	117
Abbildung 83: Box-Plots der Höhenverteilung der als gleitendes Mittel errechneten vertikalen Fluggeschwindigkeiten.....	118
Abbildung 84: Kumulative Darstellung der als gleitendes Mittel errechneten vertikalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen über alle Untersuchungsstandorte.....	118
Abbildung 85: Verteilung der radialen Erstdetektions-Distanzen von Flugwegen der Zielarten in Abhängigkeit des Wetters (gut = trocken mit klarer Sicht, schlecht = nass mit teilweise eingeschränkter Sicht). Quelle: ASCHWANDEN & LIECHTI (2020)	123
Abbildung 86: Schema zur Dimensionierung der innerer und äußerer Abstandszyylinder und den zur Berechnung notwendigen Variablen.....	127
Abbildung 87: Ergebnis der Beispielrechnung für eine WEA vom Typ Enercon E101 im Windpark Bütow unter den gemachten Annahmen.....	129
Abbildung 88: Reaktion einer Vestas WEA der 4 MW Klasse auf ein Abschaltsignal.	133
Abbildung 89: Checkliste hinsichtlich der Leistungsfähigkeit technischer Antikollisionssysteme {KNE, 2021 #6862}	134
Abbildung 90: Histogramm der Flughöhen in 25 m-Klassen mit Angabe des jeweiligen prozentualen Anteils der Häufigkeit (Daten von fünf besenderten Rotmilanen, nur Ortungspunkte im Flug). Aus Heuck et al. (2019)	142

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Programmierte Zielarten, für die eine Abschaltung der WEA vorgenommen wurde.....	18
Tabelle 2:	Charakterisierung der Standorte hinsichtlich WEA, deren Spezifikationen und den daraus resultierenden Werten für die Abstandszylinder	20
Tabelle 3:	Zeitliche Übersichtstabelle der Erfassungen.....	34
Tabelle 4:	Bewertungskategorien der Referenzdaten von LRF- und GPS-Tracks.....	47
Tabelle 5:	Datengrundlage zur Klassifizierungsleistung von IDF	55
Tabelle 6:	Anzahl ausgewerteter Tracks und Einzelpunkte für die Klassifizierungsleistung von IDF.....	61
Tabelle 7:	Nachgewiesene Distanzen von nachbestimmten Rotmilanen.	74
Tabelle 8:	Herleitung der Referenzstichprobe der LRF- bzw. GPS-Tracks	76
Tabelle 9:	An den Untersuchungsstandorten erzielte Erfassungsraten von IDF in Bezug auf die Referenzstichproben aus Flugwegen	77
Tabelle 10:	Korrekte Klassifizierungen von Rotmilanen (bzw. Rot- und Schwarzmilanen in Bütow und Geislingen) im 250 m und 750 m Radius um IDF.....	88
Tabelle 11:	Fehlerraten der Klassifizierung für 250 m und 750 m Radien um IDF. (n = alle nachbestimmten IDF-Datenpunkte).....	89
Tabelle 12:	Abschaltungen, die von IDF generiert wurden, für verschiedene Höhen über Mastfuß.....	106
Tabelle 13:	Relation der Rotmilanflugaktivität im 350 m Radius zu Anzahl und Dauer der vom IDF für Rotmilane ausgelösten Abschaltungen.....	109
Tabelle 14:	Mittlere Anzahl täglicher Abschaltungen während den unterschiedlichen Brutphasen an den IDF-Standorten.....	110
Tabelle 15:	Relation der Rotmilanflugaktivität im 350 m Radius zu Anzahl und Dauer der vom IDF für Rotmilane ausgelösten Abschaltungen am Standort Geislingen bei Berücksichtigung der Flughöhe.....	110
Tabelle 16:	Durch das IDF ermittelte Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen in horizontaler Richtung sowie im Sink- und Steigflug.	114
Tabelle 17:	Horizontale und vertikale Fluggeschwindigkeiten der Beispielrechnung aus verschiedenen Höhenbereichen, jeweils als Median und 90 % aller Flüge.	129
Tabelle 18:	Vergleich der KNE-Anforderungen und der erzielten Leistungswerte für IDF	134

Abkürzungsverzeichnis

BfN: Bundesamt für Naturschutz

ER: Erfassungsrate

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

KR: Klassifizierungsrate

LRF: Laser Range Finder

RA: Räumliche Abdeckung

R_{max}: Radius des äußeren Abstandszylinders

R_{min}: Radius des inneren Abstandszylinders

RRA: Rate der rechtzeitigen Abschaltung

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition – deutsch: Überwachung, Steuerung und Datenerfassung. Ein Kontrollsystem welches zur Steuerung von technischen Prozessen in Windparks benutzt wird.

sh: Horizontale Fluggeschwindigkeit

sv-: Vertikale Sinkgeschwindigkeit

sv+: Vertikale Steiggeschwindigkeit

TTC: Time To Collision Methode (siehe Fachwortverzeichnis)

UMK: Umweltministerkonferenz

WEA: Windenergieanlage/n

ZA: Zeitliche Abdeckung

Fachwortverzeichnis

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

Azimet: Ein nach einer Himmelsrichtung orientierter Horizontalwinkel.

Blinder Bereich: Im Vergleich zu menschlichen Beobachtern hat IDF durch die 360°-Sicht keinen blinden Bereich „hinter“ sich.

Blinder Fleck: Bereich, der beim Blick in die Sonne vom IDF-System nicht eingesehen werden kann (15°).

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

Falsch-Negativ-Rate: Die Rate, mit der eine Zielart (z.B. Rotmilan) nicht als diese bestimmt wird (die WEA würde nicht abschalten obwohl sie es sollte).

Falsch-Positiv-Rate: Die Rate, mit der eine nicht-Zielart fälschlich als Zielart bestimmt wird (die WEA schaltet ab obwohl sie es nicht sollte).

Hysteresezeit: Zeit, die nach Sendung des Abschaltbefehls von IDF bis zum Wiedereinschalten der WEA mindestens verstreichen muss, nachdem das Zielobjekt sich nicht mehr im inneren Abstandszylinder befindet bzw. sich nicht mehr auf möglichem Kollisionskurs mit dem Rotorbereich befindet. Dies gilt der Verhinderung von häufigem Ein- und Abschalten der WEA und sorgt dafür, dass der Vogel sich zum Zeitpunkt des Einschaltens der WEA bereits wieder aus dem Gefahrenbereich entfernt hat.

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

Korrekt-Negativ-Rate: Die Rate, mit der eine nicht-Zielart korrekt als diese bestimmt wird (die WEA schaltet korrekterweise nicht ab).

Korrekt-Positiv-Rate: Die Rate, mit der eine Zielart (z. B. Rotmilan) korrekt als diese bestimmt wird (die WEA schaltet korrekterweise ab).

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

NatForWINSSENT: Laufendes Forschungsprojekt des BfN mit dem Titel „Entwicklung eines Konzepts zur Naturschutzbegleitforschung im Rahmen des WindForS-Windenergiefeldes Schwäbische Alb“. Im Rahmen dieses Projektes werden verschiedene technische Systeme zur bedarfsgerechten Abschaltung von WEA durch die Schweizerische Vogelwarte getestet.

Neuronales Netz: Zweig der künstlichen Intelligenz. Hier verwendet für die Artklassifizierung von Vögeln.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Time To Collision 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. Zusätzlich dazu wird berechnet, wann die WEA genau abgeschaltet werden muss, um eine Kollision bei gleichbleibender Fluggeschwindigkeit und -richtung zu verhindern.

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

True Files: Nachbestimmte Bilder der Zielart zum Trainieren des neuronalen Netzes.

1 Anlass und Motivation

Gemäß den Ausbauzielen der Bundesregierung soll der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bis 2030 auf 65 Prozent steigen. Die Nutzung der Windenergie an Land stellt hierfür kurz- und mittelfristig das kostengünstigste Ausbaupotenzial dar.¹ Allerdings sind artenschutzrechtlich konfliktarme Standorte zunehmend schwierig zu finden, vor allem im Hinblick auf die Wahrung des Tötungsverbots für bestimmte, kollisionsgefährdete Greif- und Großvogelarten. In solchen Fällen werden für eine artenschutzrechtliche Genehmigungsfähigkeit, temporäre Abschaltungen von WEA (Windenergieanlagen) beauftragt (SCHUSTER & BRUNS 2018), die nach pauschalen Parametern oder bedarfsgerecht umgesetzt werden sollen.

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.

Technische Systeme zur Vogeldetektion und daran gekoppelte, bedarfsgerechte Abschaltungen (Antikollisionssysteme), stellen eine aktuell diskutierte Möglichkeit dar, um ein signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko windenergiesensibler Arten zu vermeiden. Derzeit stehen hierzulande unter anderem der Rotmilan (*Milvus milvus*), aufgrund seiner besonderen Kollisionsgefährdung und fast flächenhaften Verbreitung, aber auch der Seeadler (*Haliaeetus albicilla*), im Zentrum der Entwicklung von Bilderkennungsalgorithmen zur artspezifischen Erkennung und bedarfsgesteuerten Abschaltung (AMMERMANN *et al.* 2020).

Im Vergleich zu pauschalen Abschaltungen werden Abschaltungen mit Hilfe eines Antikollisionssystems Prognoseunsicherheiten hinsichtlich des Tötungsrisikos während des WEA-Betriebs besser gerecht. Diese Systeme bieten daher - bei Nachweis ausreichender Wirksamkeit - einen zuverlässigeren Schutz für kollisionsgefährdete Arten, als die Anwendung von, meist auf Erfahrungswerten basierenden, pauschalen Abschaltzeiten (KNE 2018). Zudem erlauben bedarfsgerechte Abschaltungen – im Vergleich zu pauschalen Abschaltbedingungen – die Zeit, in der die WEA aus Gründen des Artenschutzes im Stillstand ist, erheblich zu reduzieren. Angestrebt wird somit eine bedarfsgerechte Abschaltung, welche die artenschutzrechtlichen Anforderungen zum Vogelschutz erfüllt und gleichzeitig Einbußen in der Stromerzeugung minimiert.

Der Einsatz solcher Antikollisionssysteme kommt insbesondere dann in Betracht, wenn angesichts der Flächenknappheit kaum mehr ausreichend konfliktarme Standorte für den Ausbau an erneuerbaren Energien zur Verfügung stehen und mittels dieser Systeme einerseits

¹ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/energie-erzeugen/erneuerbare-energien-317608>.
Abgerufen am 15.02.2021

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

der Artenschutz gewahrt und andererseits eine deutliche Reduktion der Abschaltzeiten ermöglicht wird (UMK 2020).

Derzeit existieren verschiedene derartige technische Systeme auf dem Markt, für die allerdings bislang noch kein hinreichender Wirksamkeitsnachweis vorliegt. Dementsprechend wurde bisher deren Einsatz in der Rechtsprechung noch nicht als belastbares Mittel zur Senkung des Tötungsrisikos unter die Signifikanzschwelle gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) angesehen (VGH München, Urteil vom 20.03.2016 zu DTBird – AZ: 22 B 14.1875, 22 B 14.1876). Inzwischen wird jedoch anerkannt, dass Systeme mit einer bestimmten technischen Leistungsfähigkeit, das Kollisionsrisiko durch eine ereignisbezogene Abschaltung (Trudelbetrieb) wirksam vermindern können (UMK 2020).

Eines dieser Systeme ist IdentiFlight (IDF), entwickelt und hergestellt in den USA (Abbildung 1, Abbildung 2). Der Schutz von Greif- und Großvögeln vor Kollisionen an WEA ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in den USA von besonderer Bedeutung. Vor dem Hintergrund empfindlicher Geldstrafen im Falle nachgewiesener Tötungen von geschützten Arten wie dem Steinadler (*Aquila chrysaetos*) und dem Weißkopfseeadler (*Haliaeetus leucocephalus*), wurde von der Firma Boulder Imaging, Inc. in Colorado das System IdentiFlight (nachstehend: IDF) entwickelt, um Adler in ausreichender Entfernung von WEA zu detektieren und diese im Falle einer Kollisionsgefährdung rechtzeitig abzuschalten.² IDF wurde in den USA bereits in Bezug auf seine Detektionsleistungen und seine Wirksamkeit hinsichtlich der Reduzierung von Kollisionsopfern getestet (MCCLURE *et al.* 2018; MCCLURE *et al.* 2021). Dabei zeigte sich u.a., dass IDF effektiv Vögel ab Turmfalkengröße mit einer Detektionsrate von 96 % im Vergleich zu Beobachtern erkannte. In 94 % der Fälle erfolgte eine korrekte Klassifikation von Adlern. Die Kollisionsrate wurde im Vergleich zu einem Kontrollstandort um 82 % reduziert. Die Ergebnisse dieser Studien sind zwar noch nicht auf europäische, kollisionsgefährdete Greif- und Großvogelarten, wie z.B. den Rotmilan, übertragbar, zeigen jedoch bereits die grundsätzliche Leistungsfähigkeit des Systems auf.

Die Firma erneuerbare energien europa e3 GmbH plant die Einführung von IDF in Deutschland und strebt die Anerkennung dieses Systems als effektive Schutzmaßnahme im Sinne des § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG an, insbesondere im Hinblick auf den Rotmilan. Hierfür ist gemäß SCHUSTER & BRUNS (2018) eine entsprechende Erprobung und ggf. Weiterentwicklung erforderlich, die die Zuverlässigkeit und prinzipielle Wirksamkeit nachweist. Kontrollierte und wissenschaftlich begleitete Pilotstudien sollen zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit von Ergebnissen einem einheitlichen, an fachwissenschaftlichen Maßstäben orientierten, Methodenstandard folgen (SCHUSTER & BRUNS 2018).

Der vorliegende Endbericht stellt die Ergebnisse der Erprobungsuntersuchungen von IDF in Bezug auf die Zielart Rotmilan an sechs Standorten in Ost- und Süddeutschland in den Jahren 2018 bis 2020 dar, die unter neutraler Kontrolle und Qualitätssicherung durch die TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG durchgeführt wurden.

² <https://www.identiflight.com/>, letzter Zugriff am 12.08.2019 16:14

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Zielsetzung und Fragestellungen der durchgeführten Untersuchung orientieren sich an den Beurteilungskriterien des Kompetenzzentrums für Naturschutz und Energiewende (KNE 2019) für die Leistungsfähigkeit des Systems bezüglich der Erfassungsreichweite, der Erfassungsrate und der Flugobjektklassifizierung.



Abbildung 1: Installiertes IDF-System mit einer Masthöhe von 10 m.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

2 Funktionsweise von IdentiFlight

2.1 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 – derzeit – bis zu 10 m montiert (Abbildung 1 und Abbildung 2).



Abbildung 2: Das System IdentiFlight, bestehend aus 8 Weitwinkelkameras und einer beweglichen Stereokamera.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

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, den gesamten Luftraum mit einer Reichweite von ca. 1.000 m. 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 (siehe beispielhaft Abbildung 16).

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.

Wird aufgrund dieser Objekt-Parameter auf die Detektion eines relevanten Flugobjekts geschlossen (z. B. 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 Flugobjektes. 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 können dabei einen Fehler von ca. 4 % aufweisen, wenn sich das Objekt oberhalb der Horizontlinie befindet, und ca. 6 %, wenn es sich unterhalb der Horizontlinie befindet (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 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 Sichtfenster der Kameras (z. B. bei Regen oder Schnee) gewährleisten zudem einen ganzjährigen Einsatz von IDF. Laut Hersteller erstreckt sich das vertikale Sichtfeld der IDF-Weitwinkelkameras von -1 ° bis +64 ° und der IDF-Stereokamera von -18 ° bis +77 ° bzw. von -18 °

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

bis + 83 ° für eine ab 2020 verwendete Version des Systems. Jedes IDF-System weist somit eine „blinde Zone“ unmittelbar über sich auf, innerhalb derer keine Objekte entdeckt werden können (Abbildung 3). 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. Die Einschränkungen des Sichtfeldes von IDF aufgrund der genannten technischen Parameter, des Sonnenstandes oder durch topografische Gegebenheiten sollen nach Herstellerangaben jedoch durch ein Netzwerk aus mehreren IDF-Systemen minimiert werden können. In der vorliegenden Studie wurde pro Untersuchungsstandort jeweils ein IDF-System eingesetzt.

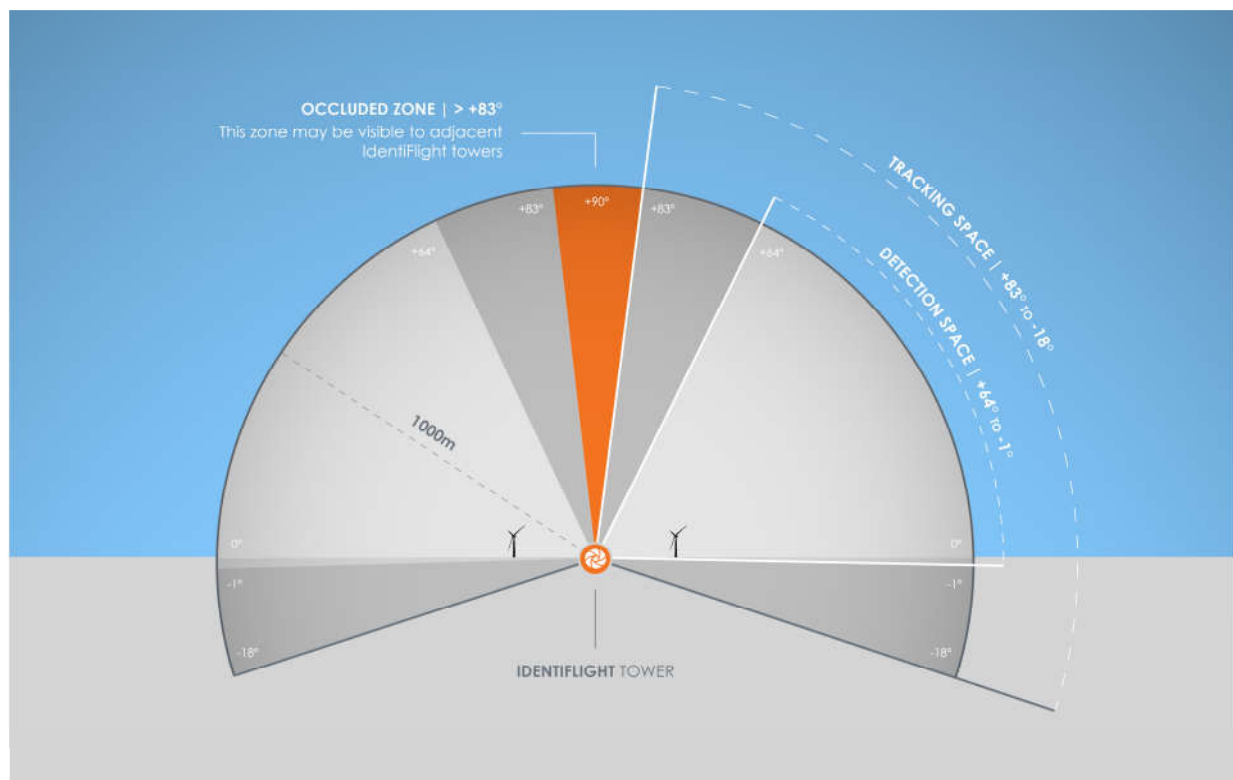


Abbildung 3: Sichtfeld eines IDF-Systems mit Darstellung der „blinden Zone“ (occluded zone). Quelle: Abbildung des Herstellers

2.2 Klassifizierungs-Software

2.2.1 Klassifizierungsalgorithmus

Die Klassifizierung eines detektierten Flugobjekts basiert auf einem neuronalen Netz. Informationen der Stereokamera in Echtzeit – die hochau aufgelösten Fotos sowie die Entfernungsinformationen – werden vom neuronalen Netz verwendet, um damit u. a. die Körperlänge, die Flügelspannweite, die Flügelhaltung sowie die Farbgebung des Flugobjekts zu

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

bestimmen. Aus der Kombination dieser Merkmale erfolgt dann die Klassifizierung des Flugobjekts, verbunden mit einem zugehörigen Konfidenzwert. Dabei gibt der Konfidenzwert an, wie sicher sich das System mit der Klassifizierung ist. Zusätzlich besitzt das System einen "Fail-safe"-Mechanismus, welcher auf klassischen Bildverarbeitungsmethoden basiert.

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, die zeitlich und räumlich nahe genug beieinander sind und eine ähnliche Flugrichtung aufweisen, in sog. „Tracks“ mit 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. Erst wenn bei der fortlaufenden Bestimmung der Konfidenzwert für die Nicht-Zielart denjenigen für die Zielart übersteigt, wird die Klassifizierung gewechselt.

Der Fokus von IDF bei der Verfolgung von Objekten liegt auf den Zielarten, was sich auch an der Dauer der Verfolgung eines Flugobjekts durch die Stereokamera zeigt. So ist die Track-Länge häufiger deutlich kürzer, wenn IDF eine Nicht-Zielart verfolgt, als wenn eine Zielart verfolgt wird (Abbildung 4). Zusätzlich besitzt IDF die Fähigkeit einzelne Zielarten in einem Schwarm von Nicht-Zielarten zu unterscheiden und diese zu verfolgen (Angabe des Herstellers).

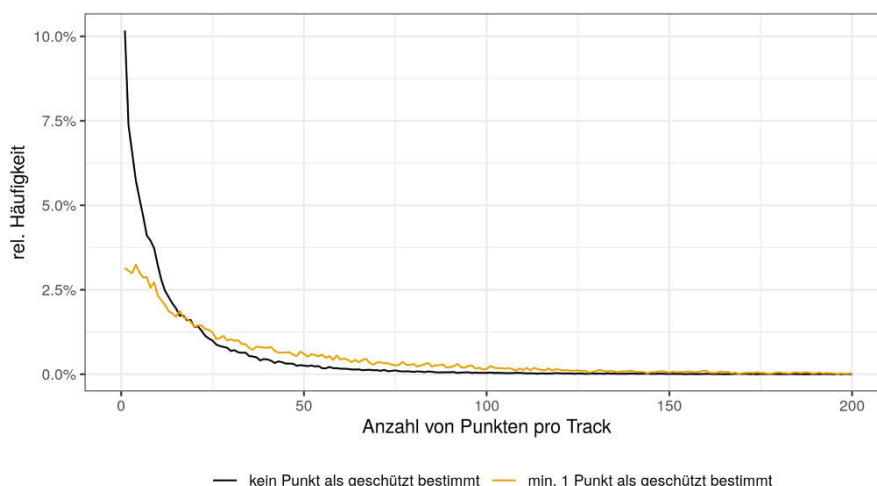


Abbildung 4: Anzahl von Punkten pro IDF-Track für eine Zielart (geschützt) oder Nicht-Zielart (nicht geschützt).

IDF speichert zu jedem Datenpunkt folgende Informationen und legt diese gesammelt in einer Datei für den jeweiligen Tag ab: Track-ID, Zeitstempel, Radiale Distanz (mit Fehlerangabe) und horizontale Distanz, x- und y-Daten mit geografischer Länge und Breite, Objektklassifizierung (Vogelart) mit Konfidenzwert, Höhe über Grund und über Meeresspiegel, Bezeichnung und Entfernung der zum Objekt nächstgelegenen WEA sowie ein Foto des Objektes (Abbildung 5). Zur Minimierung der Datengröße wird das Foto bereits vor dem Ablegen auf die Größe des Flugobjektes zugeschnitten. Diejenigen Flugbewegungen, für die ein Abschaltssignal generiert haben, werden zusätzlich in einer separaten Datei mit denselben Informationen abgelegt.

2.2.2 Training der Software auf den Rotmilan

Die Leistungsfähigkeit des der Klassifizierung zugrundeliegenden neuronalen Netzwerkes wird von der Datenlage, auf der es trainiert wurde, bestimmt, wobei hier der Grundsatz gilt: je mehr Trainingsdaten, desto besser ist die Leistung des neuronalen Netzwerkes.

Damit das IDF-System eine Zielart zuverlässig erkennen kann, müssen ausreichend viele Bilder von dieser Zielart (sog. True Files) eingespeist werden sowie weitere Bilder von anderen Arten, die der Zielart ähnlich sind, um Verwechslungen zu vermeiden. Die tatsächlich benötigte Anzahl der Bilder für ein Trainieren des neuronalen Netzes auf eine neue Zielart hängt jedoch stark von der Qualität der Trainingsbilder ab (z. B. Entfernung des aufgenommenen Objekts, Lichtverhältnisse und die Vielfalt hinsichtlich unterschiedlicher Blickwinkel).

Da das IDF-System zu Beginn der vorliegenden Untersuchung noch nicht auf die Zielart Rotmilan trainiert war, mussten in einem ersten Schritt zunächst Trainingsdaten für diese Zielart gesammelt werden. Hierzu wurden die von IDF an den Standorten Helfta und Plate im Sommer 2018 erzeugten Fotos vom Hersteller gesichtet und jeweils der aufgenommenen Art zugeordnet. Mit den auf diese Weise generierten True Files konnte das neuronale Netz erstmals auf die Zielart Rotmilan trainiert und ab August 2018 angewendet werden. Kurz darauf wurde mit der Untersuchung von IDF hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit zur Erkennung des Rotmilans begonnen.

Die erste Version des neuronalen Netzes wurde mit Bildern trainiert, welche über einen Zeitraum von ca. drei Monaten an unterschiedlichen Standorten aufgenommen wurden (s. u.). Im April 2019 führte der Hersteller einen Klassifizierungs-Test mit Rotmilan-Bildern durch, die nicht vom System erkannt wurden. Dieser Test sollte zeigen, ob durch das Einspeisen zusätzlicher Trainingsdaten die Erkennung der Zielart Rotmilan von IDF weiter verbessert werden könnte. Da der Test eine deutliche Verbesserung prognostizierte, wurden aus den von der ARSU GmbH nachbestimmten Fotos der Untersuchungsperioden 2018 und 2019 neue Trainingsdaten erstellt und im Oktober 2019 in das System eingepflegt. Damit konnte die erste Version des neuronalen Netzes für die Klassifizierung von Zielarten verbessert und in einer zweiten Version für die Untersuchungen im Jahr 2020 (Standorte Bütow und Geislingen) angewendet werden. Eine Besonderheit der zweiten Version ist, dass Rotmilane und Schwarzmilane (*Milvus migrans*) die neue Kategorie „Red-or-Black-Kite“ bilden. Angesichts der Ähnlichkeit der beiden Arten soll hierdurch eine Verwechslung ausgeschlossen und damit die Falsch-Negativ-Rate gesenkt

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

werden. Beide Arten werden somit nicht mehr unterschieden und in gleicher Weise durch die programmierte Abschaltung geschützt.

In der vorliegenden Studie kamen daher folgende zwei Versionen, des auf die Zielart Rotmilan trainierten, neuronalen Netzes zum Einsatz:

- viNet 2.1 (Version 1) – August 2018: Erstes neuronales Netz für die verwendeten IDF-Systeme. Diese Version des neuronalen Netzes wurde mit Bildern deutscher Arten trainiert. Die verwendeten Bilder beinhalten ein weites Spektrum an Bildern der Zielarten, welche an verschiedenen deutschen Standorten aufgenommen wurden.
- viNet 2.2 v2 (Version 2) – Oktober 2019: Aktuelles neuronales Netz aller hier verwendeten IDF-Systeme. Die zweite Version beinhaltet eine große Anzahl zusätzlicher Bilder mit Fokus auf zusätzlichen True Files für den Rotmilan (für eine Verbesserung der Klassifizierungsrate), und für den Seeadler. Die verwendeten Bilder stammen aus Untersuchungen an verschiedenen deutschen Standorten über den Zeitraum von ca. 12 Monaten.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

TrackID	DateTimeStamp	RadialDistance	X	Y	Latitude	Longitude	SpeciesTypeName	ConfidenceLevel	HeightAGL	HorizontalDistance	ClosestTurbine	TurbineDistance	Image
95df33f4-a4e0-4bf6-8f98-6f8ab713a7f1	4.17.2020 11:41:06,111	397,6852	561620	5390494	48,6645	9,836861	RED-OR-BLACK-KITE	1	93	385	FWEA-2	90,41352111	
95df33f4-a4e0-4bf6-8f98-6f8ab713a7f1	4.17.2020 11:41:08,113	383,3764	561605	5390505	48,6646	9,836659	RED-OR-BLACK-KITE	1	88	372	FWEA-1	78,72089748	
95df33f4-a4e0-4bf6-8f98-6f8ab713a7f1	4.17.2020 11:41:09,115	376,5801	561592	5390511	48,6646	9,836484	RED-OR-BLACK-KITE	1	89	365	FWEA-1	73,74848948	
95df33f4-a4e0-4bf6-8f98-6f8ab713a7f1	4.17.2020 11:41:10,116	371,4825	561586	5390516	48,6647	9,836403	RED-OR-BLACK-KITE	1	91	359	FWEA-1	71,04589854	
95df33f4-a4e0-4bf6-8f98-6f8ab713a7f1	4.17.2020 11:41:11,120	367,0082	561575	5390521	48,6647	9,836254	RED-OR-BLACK-KITE	1	92	354	FWEA-1	70,2360285	
95df33f4-a4e0-4bf6-8f98-6f8ab713a7f1	4.17.2020 11:41:12,121	360,7953	561570	5390528	48,6648	9,836188	RED-OR-BLACK-KITE	1	96	346	FWEA-1	68,87989329	

Abbildung 5: Auszug aus den von IDF gespeicherten Originaldaten (korrekt bestimmter Rotmilan am 17.04.2020 im Untersuchungsgebiet Geislingen).

2.3 Abschaltung der Windenergieanlagen

Zum Schutz der programmierten Zielart (hier mit dem Fokus auf den Rotmilan) arbeitet IdentiFlight mit einem vektoriellen Abschaltalgorithmus (Time To Collision Method), der auf zwei Abstandszyindern (äußerer und innerer Abstandszyylinder) rund um die WEA beruht (Abbildung 6). Die Abstandszyylinder 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 Rotmilans von IDF aus den 10 Hz Daten berechnet werden. Solange sich der Rotmilan außerhalb des äußeren Abstandszyinders (mit einem Radius von $R_{\max}$ und einer Höhe von $H_{\max}$) aufhält, wird kein Abschaltsignal ausgegeben. Unterschreitet der Rotmilan 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 (benötigte Zeit der WEA, um den Rotor in den Trudelbetrieb zu bringen), bei gleichbleibender Flugrichtung und -geschwindigkeit den Rotorbereich der WEA kreuzt.

Bei Eintritt in den inneren Abstandszyylinder (mit einem Radius von $R_{\min}$ und einer Höhe von $H_{\min}$), wird immer ein Abschaltsignal ausgegeben, unabhängig von der Flugrichtung und -geschwindigkeit des Rotmilans. Befindet sich der Rotmilan danach für eine bestimmte Zeit (Hysteresezeit) wieder außerhalb des inneren Abstandszyinders und werden dabei keine Abschaltbedingungen mehr erfüllt (kein Kollisionskurs), so wird der Abschaltbefehl aufgehoben und die betreffende WEA geht nach dieser Hysteresezeit wieder in Betrieb.

Die Hysterese wurde eingerichtet, um zu verhindern, dass z. B. durch das Kreisen eines Rotmilans am Rande des inneren Abstandszyinders ständige Ab- und Wiedereinschaltssignale generiert werden, um so die WEA vor unnötigen Mehrfachabschaltungen zu schonen. Nach Sendung eines Abschaltsignals durch IDF an die überwachte WEA wird diese erst wieder in Betrieb genommen, wenn innerhalb der frei programmierbaren Hysteresedauer kein weiterer Abschaltbefehl generiert wurde.

Radius und Höhe der Abstandszyylinder können variabel programmiert werden und hängen im Wesentlichen von den WEA-Dimensionen (Nabenhöhe und Rotorradius), der benötigten Zeit der WEA, vom Abschaltsignal in den Trudelbetrieb zu gelangen sowie der mittleren Fluggeschwindigkeit der Zielart, ab.. In Tabelle 2 (siehe Kapitel 4.1.1) sind die definierten Parameter für die durchgeführten Untersuchungen aufgeführt.

Zur Berechnung von $R_{\min}$ wurde zu Beginn der Untersuchungen folgende Formel verwendet:

$$R_{\min} = r + s * t$$

Dabei ist $R_{\min}$ der Radius des inneren Abstandszyinders, r der Rotorradius der WEA, s die Fluggeschwindigkeit der Zielart und t die Zeit, welche die WEA benötigt, um von Sendung des Abschaltsignals in den Trudelbetrieb überzugehen. Diese Abschaltzeit wurde zu Beginn der Untersuchungen auf 30 Sekunden geschätzt, was im weiteren Verlauf der Untersuchungen durch

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

eigene Messungen bestätigt werden konnte. Als Fluggeschwindigkeit wurde vor Beginn der Untersuchungen ein Wert von 6,9 m/s angenommen. Auf Basis dieser Daten wurde ein Risikobereich von 200 m (abgerundet von 207 m) um den Rotorbereich der WEA definiert. Damit ergibt sich beispielweise am Standort Bütow folgender Wert für den $R_{\min}$ des inneren Abstandszylinders:

$$250,5 \text{ m} = 50,5 \text{ m} + 200 \text{ m}$$

Die Höhe des inneren Abstandszylinders wurde auf Empfehlung des Herstellers auf 200 m festgelegt.

Die Werte für die Abstandszylindergrößen der jeweiligen Standorte sind in Tabelle 2 in Kapitel 4.1.2 dargestellt und werden dort weiter erläutert.

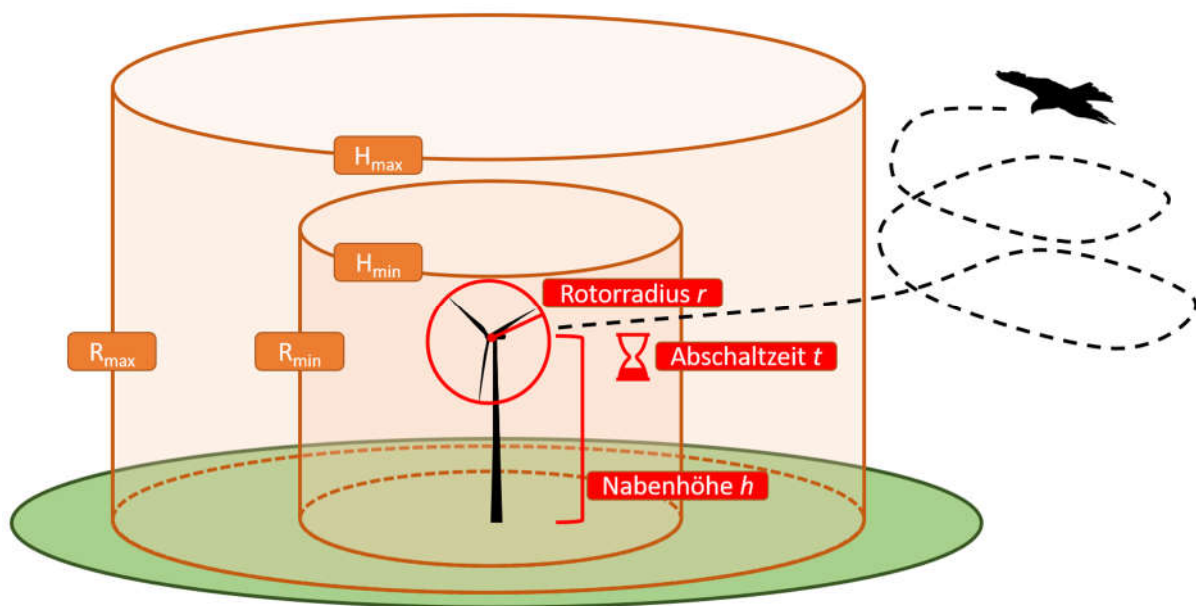


Abbildung 6: Grundlagen des bedarfsgesteuerten Abschaltalgorithmus von IdentiFlight im Rahmen dieser Studie

3 Fragestellungen und Untersuchungskonzept

3.1 Grundlagen der Systemerprobung

Gemäß den Empfehlungen des Kompetenzzentrums Naturschutz und Energiewende (KNE 2019) sind im Rahmen einer 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 und was sind die begrenzenden system- und standortspezifischen Faktoren?
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?

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

- Räumliche und zeitliche Abdeckung,
- Erfassungsbereich,
- Erfassungsrate,
- Klassifizierungsrate,
- Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung.

Das KNE hat zu diesen Kriterien inzwischen teilweise Vorschläge für quantitative Beurteilungsmaßstäbe erarbeitet.³ Diese werden in Kap. 6.2 zur Einordnung der in der vorliegenden Untersuchung erzielten Ergebnisse verwendet.

³ https://www.naturschutz-energieende.de/wp-content/uploads/20201014_KNE_Vortrag_Bruns_Streiffeler_KNE.pdf, abgerufen am 24.04.2021

3.2 Erprobungskriterien

Die durchgeführte Untersuchung umfasst einen Erfassungszeitraum von insgesamt drei Jahren (2018 bis 2020) an jährlich zwei unterschiedlichen Windparkstandorten (insgesamt sechs verschiedene Windparks). In dieser Zeit wurden die vom KNE (2019) vorgegebenen Erprobungskriterien wie folgt untersucht.

Für die räumliche und zeitliche Abdeckung durch das IDF wurden die Daten von allen sechs Standorten hinsichtlich Ausfallzeiten und Sichtverschattungen analysiert, um Aussagen über die zeitliche Systemverfügbarkeit sowie etwaige Einschränkungen der Überwachung des Beobachtungsbereiches um die jeweilige WEA zu ermitteln.

An jedem Standort wurde ermittelt, bis zu welcher Entfernung Rotmilane durch das System detektiert wurden (Erfassungsreichweite).

Für die Überprüfung der Erfassungsrates 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. In einem initialen Test im Jahr 2018 wurde mittels der GPS-Daten einer Drohne die generelle Erfassungsleistung des IDF getestet sowie die Genauigkeit der Verortung durch das IDF bestimmt. Nachfolgend wurde an allen sechs Standorten die Erfassungsrates von Rotmilanen im Sichtfeld des IDF mit eigens durch einen Laser Range Finder (LRF, Laser-Entfernungsmesser) erhobenen Flugwegedaten abgeglichen. Im Jahr 2020 konnte dieser Abgleich durch zusätzliche Daten eines mit GPS-besenderten Rotmilans erweitert werden.

Die Rate der korrekten Klassifizierung (Zielart versus Nicht-Zielart) wurde für alle sechs Standorte ermittelt, indem die händisch nachbestimmten Fotos mit der jeweiligen Klassifizierung durch IDF verglichen wurden. Hierbei wurden die beiden zum Einsatz gekommenen Versionen des neuronalen Netzes (siehe Kapitel 2.2.2) getrennt betrachtet.

Die Wirksamkeit des IDF Systems hinsichtlich einer korrekten Betriebssteuerung der WEA zum Schutz von Rotmilanen vor einem Kollisionsrisiko wurde durch virtuelle sowie durch reale Abschaltungen ermittelt. Folgende drei Szenarien wurden hierfür verwendet: 1. Das IDF System simuliert eine virtuelle Abschaltung einer virtuellen WEA. 2. Das IDF System simuliert eine virtuelle Abschaltung einer realen WEA. 3. Das IDF System initiiert eine reale Abschaltung einer realen WEA.

Zusätzlich zu den von KNE (2019) entwickelten Erprobungskriterien wurden in der vorliegenden Studie auch Parameter des Flugverhaltens – Fluggeschwindigkeit (horizontal und vertikal) sowie Flughöhe – des Rotmilans untersucht. Diese sind essenziell, um artspezifisch optimierte Abschaltalgorithmen 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.

Für die Leistungsfähigkeit des IDF Systems ist zudem entscheidend, welche äußeren Einflussfaktoren die Erfassungsrates einschränken könnten. Als mögliche witterungsbedingte

Einflussfaktoren wurden Niederschlag und Sonnenstand identifiziert und hinsichtlich eventueller Einschränkungen ausgewertet.

3.3 Projektkonstellation

Koordination und Finanzierung der Untersuchungen erfolgten durch die e3 GmbH (Abbildung 7). Die fachliche Projektüberwachung und -leitung oblag der ARSU GmbH, die Datenauswertung wurde von der OekoFor GbR übernommen. Die LRF-Daten wurden von dem Landschaftsarchitekturbüro Oevermann, der Ökotop GbR sowie am Standort Geislingen von der Schweizerischen Vogelwarte erhoben. Die Berichterstellung erfolgte gemeinsam von der ARSU GmbH und der OekoFor GbR.

Zur Neutralitätswahrung und Qualitätssicherung der Untersuchung wurde eine externe Projektüberwachung durch die TÜV Nord Systems GmbH & Co. KG eingerichtet. Sie 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 der TÜV Nord einen Server bereit, auf den alle erhobenen Daten der Beobachter (LRF-Daten und Protokollbögen) bis 12.00 Uhr des auf den Untersuchungstag folgenden Werktag übermittelt wurden. Daraufhin wurden die Daten vom TÜV Nord mit einem Hash-Wert versehen, um ggf. nachträgliche Manipulationen erkennbar zu machen. Erst nach einer Übermittlung sowie Dokumentation der erhobenen Daten aller Akteure konnten die Daten zirkuliert und ausgewertet werden. Sowohl die Datenerhebung als auch deren Auswertung wurden stichprobenhaft überprüft.

Die vom IDF aufgenommen 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.

Die LRF-Daten wurden von den Büros Oevermann und Ökotop direkt als csv-Datei auf dem TÜV-Nord-Server hochgeladen. Dazu gehörten jeweils ein Protokollbogen sowie eine Witterertabelle. Zur Veranschaulichung der Witterungsverhältnisse wurden zu jedem Termin Fotos gemacht, die zusammen mit allen anderen Ergebnissen auf dem TÜV-Nord-Server bereitgestellt wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 7: Projektkonstellation zur Überprüfung der Wirksamkeit von IdentiFlight

4 Methodik

4.1 Untersuchungsgebiete

4.1.1 Überblick

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2018 bis 2020 an sechs Standorten in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Baden-Württemberg durchgeführt (Abbildung 7 und Abbildung 8), die gezielt im Hinblick auf hohe Flugaktivitäten des Rotmilans ausgewählt wurden. Alle Standorte, mit Ausnahme von Geislingen, 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). Lediglich der Standort Geislingen unterscheidet sich diesbezüglich und weist bereichsweise ein stärkeres Relief mit Höhenunterschieden bis zu 150 m im Sichtbereich von IDF auf. Zusätzlich ist Geislingen der Standort mit dem mit Abstand größten Waldanteil im Sichtbereich von IDF (Abbildung 14).

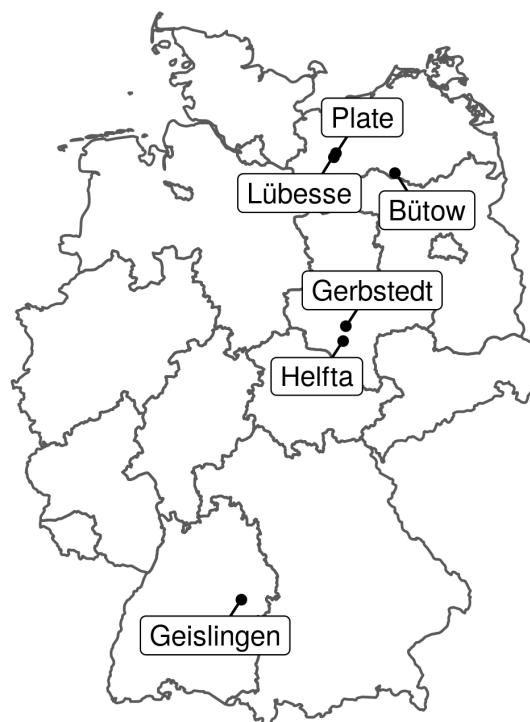


Abbildung 8: Lage der Untersuchungsgebiete 2018 (Helfta und Plate), 2019 (Gerbstedt und Lübesse) sowie 2020 (Bütow und Geislingen)

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

4.1.2 Abschaltprogrammierung

Als Zielart, für den eine Abschaltung ausgelöst werden musste, wurde für alle Standorte der Rotmilan festgelegt (Tabelle 1). In der Version 1 des neuronalen Netzes wurde dieser als „Red-Kite“ bezeichnet, in der Version 2 als „Red-Black-Kite“, welche dann auch den ähnlichen Schwarzmilan einschloss. Für die Jahre 2019 und 2020 wurden Seeadler („White-tailed eagle“) und andere Adler („Eagle“) als Zielarten hinzugefügt, welche allerdings nicht Gegenstand dieser Untersuchung sind und gesondert ausgewertet werden. 2020 kam zusätzlich mit der Version 2 des neuronalen Netzes die Zielart „Protected“ hinzu, die alle großen Vögel umfasste, welche vorher unter „Eagle“ subsummiert wurden, aber keine Adler waren (z.B. Störche, Kraniche).

Tabelle 1: Programmierte Zielarten, für die eine Abschaltung der WEA vorgenommen wurde.

Standort	Jahr	Neuronales Netz	Zielart (Abschaltung)			
Helfta	2018	Version 1	Red-Kite			
Plate	2018	Version 1	Red-Kite			
Gerbstedt	2019	Version 1	Red-Kite	White Tailed Eagle	Eagle	
Lübesse	2019	Version 1	Red-Kite	White Tailed Eagle	Eagle	
Bütow	2020	Version 2	Red-or-Black Kite	White Tailed Eagle	Eagle	Protected
Geislingen	2020	Version 2	Red-or-Black Kite	White Tailed Eagle	Eagle	Protected

Da an den Standorten Helfta, Plate und Geislingen zur Zeit der Untersuchung keine WEA vorhanden waren, wurden für diese Standorte virtuelle WEA simuliert und die Abschaltungen virtuell durchgeführt. An den Standorten Gerbstedt, Lübesse und Bütow gab es bereits vorhandene WEA, die für einen Teil der Untersuchungen jeweils real bzw. virtuell abgeschaltet wurden. Je nach Verfügbarkeit am Standort wurden eine bis drei WEA von IDF abgedeckt und bedarfsgerecht abgeschaltet (Tabelle 2).

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, werden um jede WEA ein innerer und ein äußerer Abstandszyylinder gelegt (Abbildung 10 bis Abbildung 14). Da diese an die projektspezifischen WEA (Abschaltzeit und Rotorradius) angepasst werden, um die WEA bedarfsgerecht rechtzeitig abzuschalten, sind sie in den verschiedenen Untersuchungsgebieten unterschiedlich groß. Die Radien und Höhen für die inneren und äußeren Abstandszyylinder aller Untersuchungsstandorte sind in Tabelle 2 dargestellt. Für den Standort Bütow sind in Tabelle 2 zwei Zeiträume gelistet, da die Zylinder nach ca. einem Monat an aktualisierte Werte für die Fluggeschwindigkeit des Rotmilans und den Zeitbedarf der WEA bis zum Übergang in den Trudelbetrieb angepasst wurden (siehe Kapitel 2.3 Abschaltung).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

An den Standorten Helfta und Plate wurde als Hysteresezeit zwei Minuten gewählt (Tabelle 2). Um Mehrfachabschaltungen weiter zu minimieren, wurde für die Standorte Gerbstedt, Lübesse, Bütow und Geislingen die Hysteresezeit auf drei Minuten verlängert (Tabelle 2).

Die Dauer von der Sendung des Abschaltsignals bis zum Übergang der WEA in den Trudelbetrieb (Time-To-Collision, TTC)) wurde zu Beginn der Untersuchungen auf 30 Sekunden geschätzt (siehe Kapitel 2.3) und durch Abschalttests an den Standorten Lübesse, Gerbstedt und Bütow überprüft. Dabei wurden die 30 Sekunden bestätigt bzw. unterschritten. Eine nachträgliche Anpassung daran wurde nicht vorgenommen, da der Wert durch die Tests als konservativ bestätigt werden konnte.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 2: Charakterisierung der Standorte hinsichtlich WEA, deren Spezifikationen und den daraus resultierenden Werten für die Abstandszylinder, auf denen der Abschaltalgorithmus beruht. Die Zylinder beginnen am Boden und weisen eine Höhe von $H_{\min}$ und $H_{\max}$ auf. (V: virtuelle WEA, R: reale WEA, TTC: Time-To-Collision)

Standort	Erfassungszeit- raum	Anzahl WEA (V/R)	Schaltung Virtuell/ Real	WEA Typ	Naben- höhe (m)	Rotordurch- messer (m)	Höhe Rotorunter- kante (m)	$R_{\min}$ (m)	$H_{\min}$ (m)	$R_{\max}$ (m)	$H_{\max}$ (m)	Hysterese (s)	TTC (s)
Helfta	15.08.2018 – 18.10.2018	3 (V)	virtuell	Enercon E-115	135	115	77,5	257,5	200	750	400	120	30
Plate	15.08.2018 – 18.10.2018	1 (V)	virtuell	Enercon E-115	135	115	77,5	257,5	200	750	400	120	30
Gerbstedt	12.07.2019 – 10.08.2019	3 (R)	real	GE 1.5s	64,7	70,5	29,5	235,0	200	750	400	180	30
Lübesse	01.07.2019 – 19.09.2019	1 (R)	real	Nordex S70	65	70	30	235,0	200	750	400	180	30
Bütow 1	30.04.2020 – 28.05.2020	2 (R)	1 virtuell 1 real	Enercon E-101	149	101	98,5	251,0	200	750	400	180	30
Bütow 2	29.05.2020 – 28.07.2020	2 (R)	1 virtuell 1 real	Enercon E-101	149	101	98,5	291,5	200	600	400	180	29
Geislingen	16.04.2020 – 16.06.2020	2 (V)	virtuell	SG705.54	73	54	46	227,0	200	750	400	180	30

4.1.3 Räumliche Abdeckung und Standortlayout

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 und stellt dar, wie sich diese Einflüsse auf die Wirksamkeit des Systems vor Ort auswirken. Da sich diese zwischen den untersuchten Standorten unterscheiden, wird folgend auf die jeweiligen Einschränkungen bzw. Besonderheiten der unterschiedlichen Standorte eingegangen.

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Helfta** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und beinhaltet kaum Elemente, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems einschränken könnten (Abbildung 9). Außerdem befinden sich in Helfta keine WEA, weshalb es auch durch diese nicht zu Sichtverschattungen kommen kann (Abbildung 15). Für den Standort Helfta liegen, im Gegensatz zu den übrigen Standorten, aus technischen Gründen keine gespeicherten Bilder der Weitwinkelkameras vor.

In Helfta befand sich IDF in knapp 260 m Entfernung zu den drei virtuellen WEA (Abbildung 9). Der Sichtradius von 750 m deckte damit die inneren Abstandszyylinder der drei virtuellen Anlagen komplett ab. Der äußere Rand der äußeren Abstandszyylinder konnte allerdings nicht in jede Richtung komplett abgedeckt werden. Die Abschaltungen des inneren Abstandszyinders waren dadurch nicht eingeschränkt, eine Abschaltung über die TTC-Methode im äußeren Zylinder konnte allerdings erst ab Sichtweite von IDF eintreten.

In dem Untersuchungsgebiet in Helfta befand sich ein bekannter Rotmilanhorst ca. 2.000 m nordöstlich des IDF-Systems. Aus Voruntersuchungen war zudem bekannt, dass dieser Bereich stark durch nahrungssuchende Rotmilane frequentiert wird.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

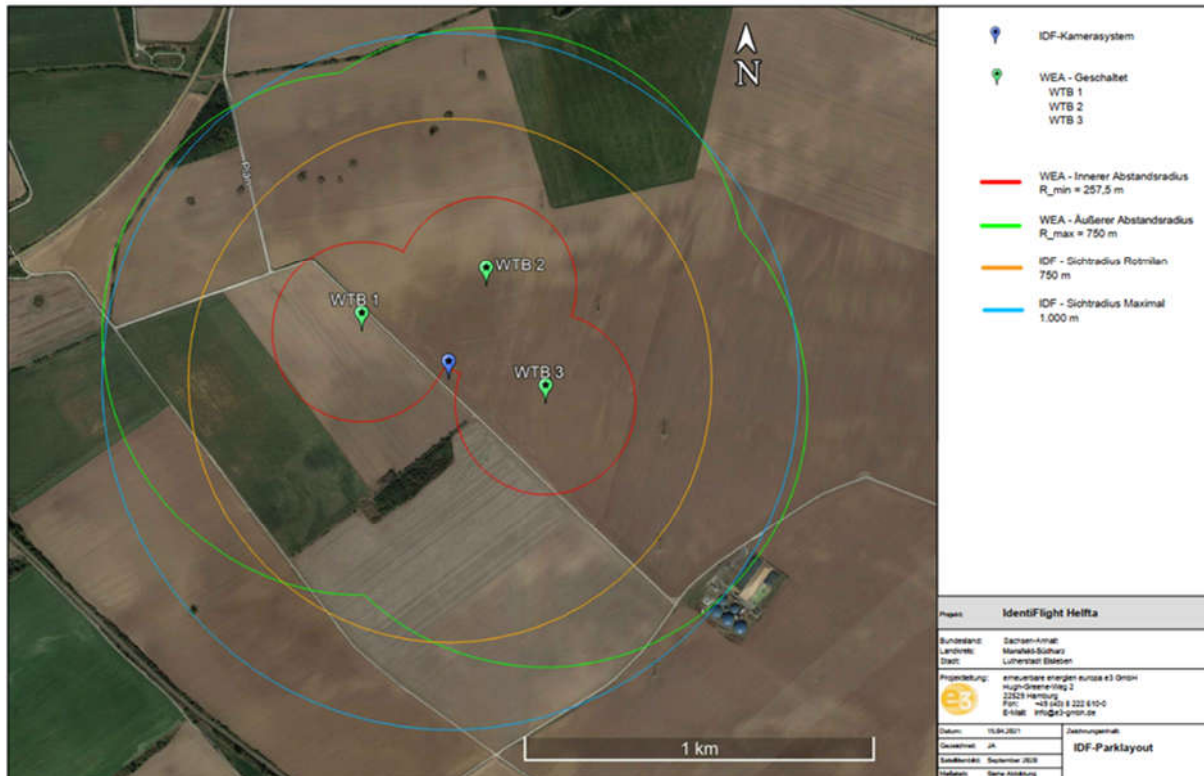


Abbildung 9: Untersuchungsgebiet Helfta mit IDF-Standort und Lage der virtuellen WEA

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Plate** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und zeigt Richtung Norden kaum Elemente, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems einschränken könnten (Abbildung 10). Richtung Süden befindet sich am Standort eine Baumreihe in ca. 300 m Entfernung, die maskiert werden musste, um Störungen der Kamera durch sich bewegende Bäume zu vermeiden. Dadurch ist eine Detektion niedriger Flüge nach Süden nur eingeschränkt möglich (Abbildung 16 und Abbildung 17). WEA waren nicht vorhanden.

In Plate befand sich IDF in ca. 250 m Entfernung zu der virtuellen WEA und somit am Rande des inneren Abstandszyinders (Abbildung 10). Der Sichtradius von 750 m deckte damit den inneren Abstandszyinder der virtuellen Anlagen komplett ab. Der äußere Abstandszyinder konnte nach Süden komplett durch IDF überwacht werden, nach Norden hingegen konnte IDF mit der Sichtweite von 750 m den äußeren Zylinder nicht vollständig abdecken.

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

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

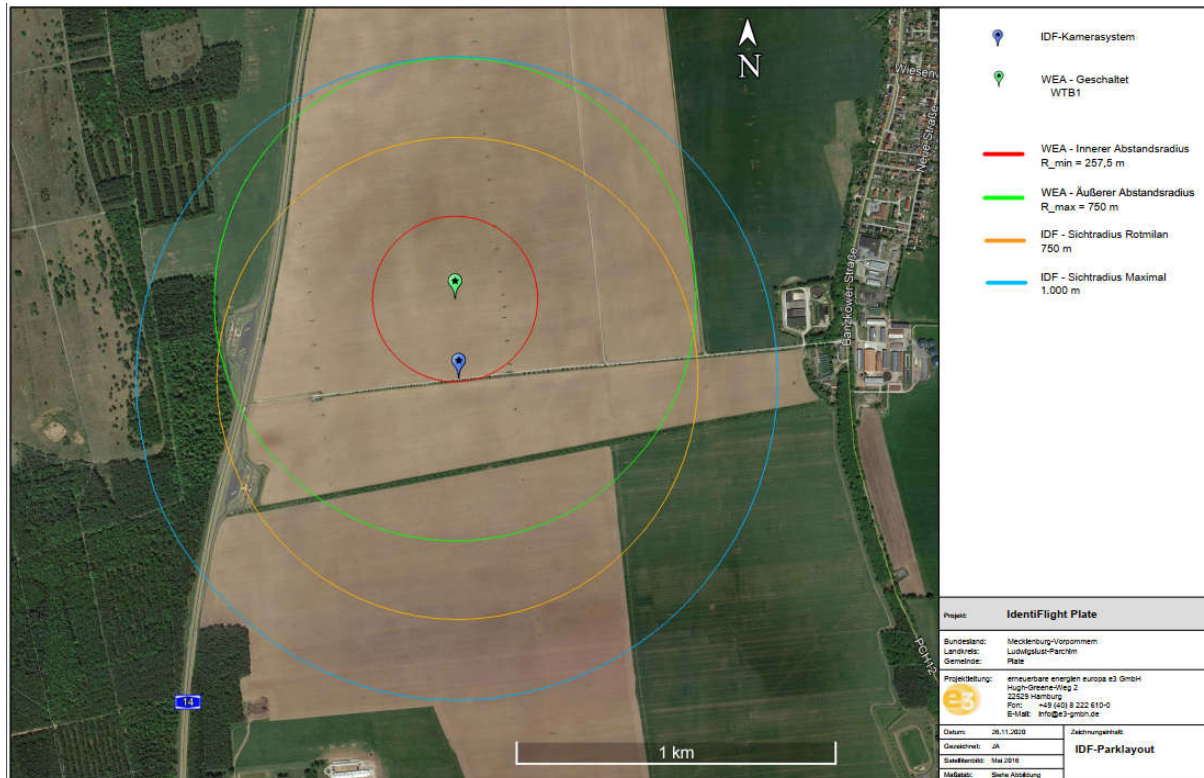


Abbildung 10: Untersuchungsgebiet Plate mit IDF-Standort und Lage der virtuellen WEA

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Gerbstedt** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und beinhaltet mehrere Hecken bzw. Gehölzstrukturen, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems einschränken könnten (Abbildung 11). Vor allem im Südosten des IDF-Systems befindet sich am Standort eine Baumreihe, die die bodennahe Sicht in Richtung der WEA 9 einschränkt (Abbildung 18 und Abbildung 19). Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Bestandsparks Gerbstedt mit 9 Anlagen des Typs GE 1.5s, welche vor allem Richtung Süden für vereinzelte kleinräumige Sichtverschattungen sorgen. Drei der neun Anlagen wurden von dem IDF-System vor Ort überwacht und real abgeschaltet (Tabelle 2).

In Gerbstedt befand sich IDF in ca. 240 m Entfernung zu zwei der drei WEA (7 und 9) und in ca. 400 m Entfernung zu der WEA 6 (Abbildung 11). Der Sichtradius von 750 m deckte damit den inneren Abstandszyylinder aller drei Anlagen komplett ab. Die äußeren Abstandszyylinder konnte nach Westen und Osten nicht komplett abgedeckt werden und insbesondere der äußere Abstandszyylinder der WEA 6 konnte im Süden nicht komplett durch IDF erfasst werden.

In dem Untersuchungsgebiet in Gerbstedt befanden sich drei bekannte Rotmilanhorste ca. 3.000 m südlich des IDF-Systems.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

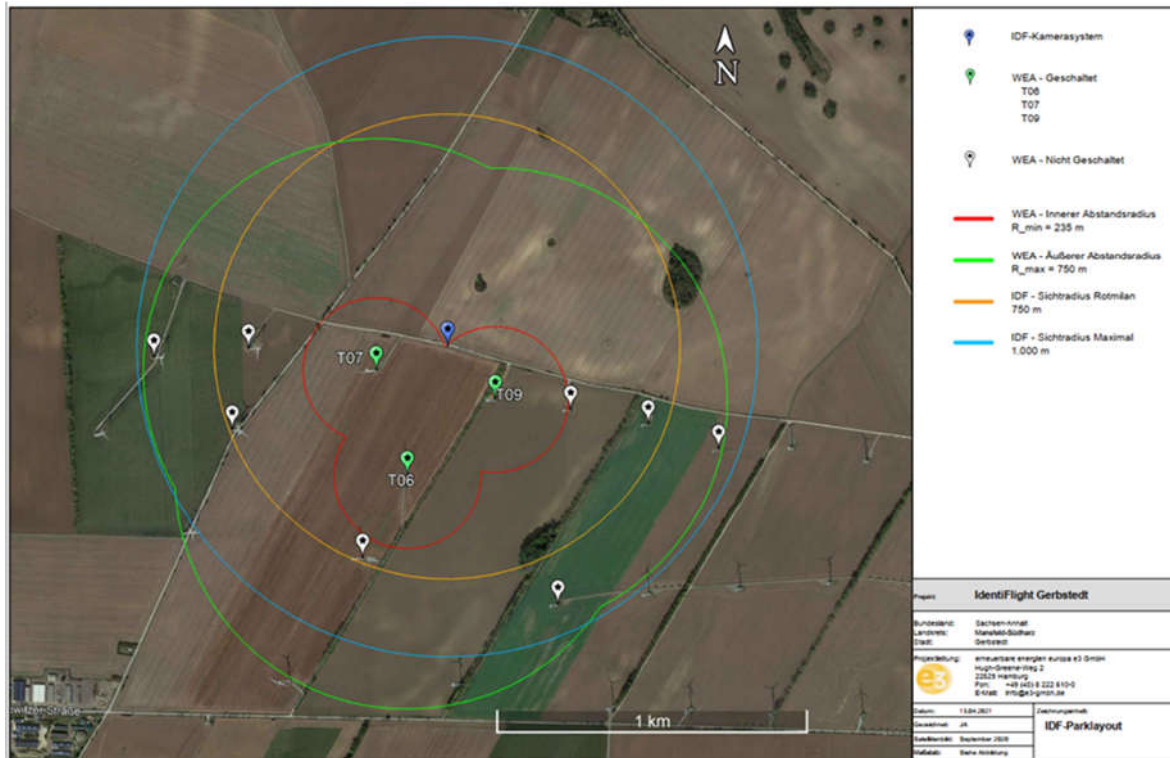


Abbildung 11: Untersuchungsgebiet Gerbstedt mit IDF-Standort und Lage der Bestands-WEA

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Lübesse** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und zeigt, außer einer kleinen Waldfläche am östlichen Rand der Sichtweite des IDF, kaum Elemente, welche die räumliche Abdeckung des IDF-Systems einschränken könnten (Abbildung 12). Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Bestandsparks Lübesse mit 14 Anlagen des Typs Nordex S70, welche für vereinzelte Sichtverschattungen sorgen (Abbildung 20 und Abbildung 21). Eine dieser Anlagen wurde von dem IDF-System vor Ort überwacht und real abgeschaltet (Tabelle 2).

In Lübesse befand sich IDF in ca. 150 m Entfernung zu der überwachten WEA. Der Sichtradius von 750 m deckte damit den inneren Abstandszyylinder komplett ab. Auch der äußere Abstandszyylinder konnte nahezu komplett von IDF erfasst werden (Abbildung 12).

In dem Untersuchungsgebiet in Lübesse befand sich ein bekannter Rotmilanhorst in dem Gehölz ca. 700 m östlich des IDF-Systems.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

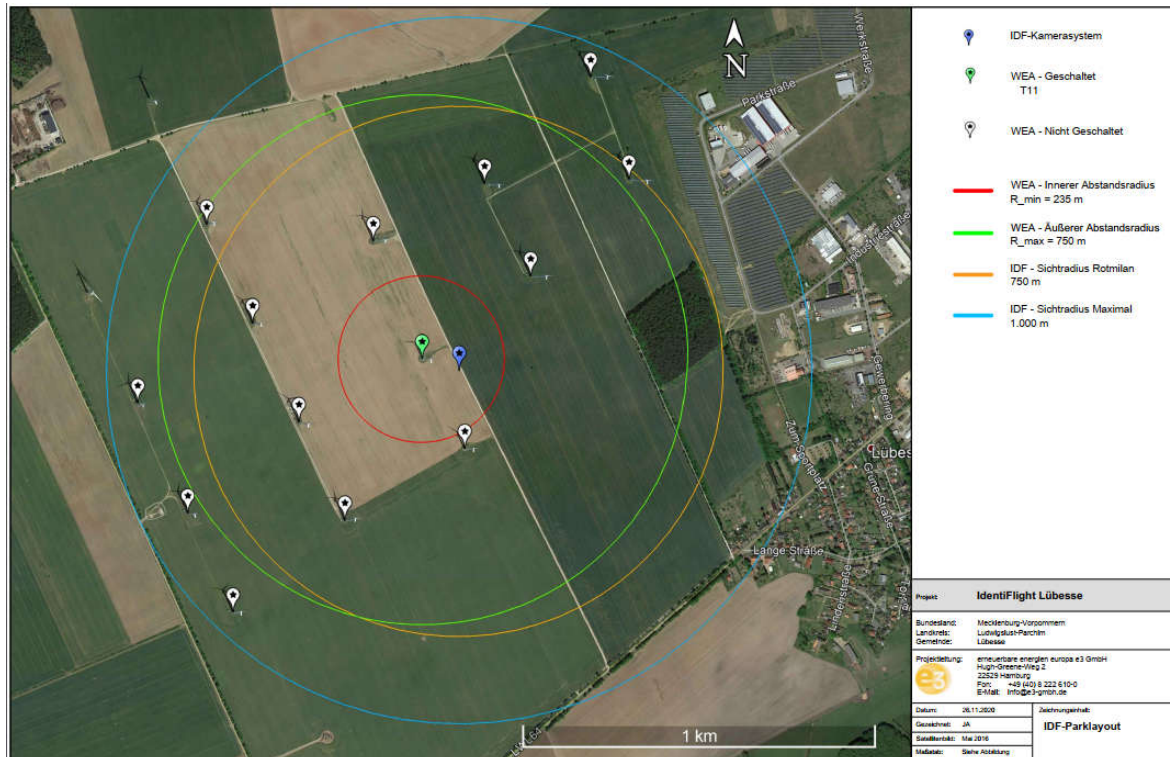


Abbildung 12: Untersuchungsgebiet Lübese mit IDF-Standort und Lage der Bestands-WEA

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Bütow** besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und beinhaltet mehrere kleine Waldflächen (Abbildung 13). Insbesondere die östlich und südwestlich des IDF-Systems befindlichen Waldstücke führten zu kleineren Einschränkungen des Sichtfeldes im Bereich etwas über der Horizontlinie (Abbildung 22 und Abbildung 23). Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Bestandsparks Bütow mit 41 Anlagen der Typen DEWind D4 (32 Stück) und Enercon E-101 (9 Stück). Ein Teil dieser Anlagen sorgte für leichte Sichtverschattungen (Abbildung 23), wobei der Standort von IDF so gewählt wurde, dass die Waldbereiche mit potenziellen Rotmilanhorsten sehr gut eingesehen werden konnten. Die WEA 13, welche östlich des IDF-Systems steht, wurde real abgeschaltet, während die WEA 11 westlich des IDF-Systems virtuell nachgebildet und abgeschaltet wurde (Tabelle 2).

In Bütow befand sich IDF in der Mitte der beiden WEA 11 und 13 in jeweils ca. 150 – 200 m Entfernung (Abbildung 13). In Bütow wurde nach ca. einem Monat der Untersuchung die Berechnung der Größe der Abstandszylinder an aktuelle Werte der Fluggeschwindigkeit und der Abschaltzeit der Anlagen vor Ort angepasst, da ab diesem Zeitpunkt eine ausreichende Datengrundlage durch IDF geschaffen wurde, um die neu ermittelten Werte zu verwenden (siehe Kapitel 2.3). Durch diese Anpassung hat sich der Radius des inneren Abstandszylinders in geringem Maße vergrößert und der Radius des äußeren Abstandszylinders in geringem Maße verkleinert (Tabelle 2, Abbildung 13). Der Sichtradius von 750 m deckte für beide Varianten die inneren Abstandszylinder beider WEA vollständig ab. Die äußeren Abstandszylinder konnte bei

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

der ersten Variante nicht komplett abgedeckt werden, nach der Anpassung der Zylinder wurde jedoch nahezu der komplette Bereich der äußeren Zylinder erfasst.

In dem Untersuchungsgebiet in Bütow befand sich ein bekannter Rotmilanhorst in dem Gehölz ca. 450 m östlich des IDF-Systems. Der Horst lag an diesem Standort somit im Grenzbereich des inneren Abstandszyklinders.

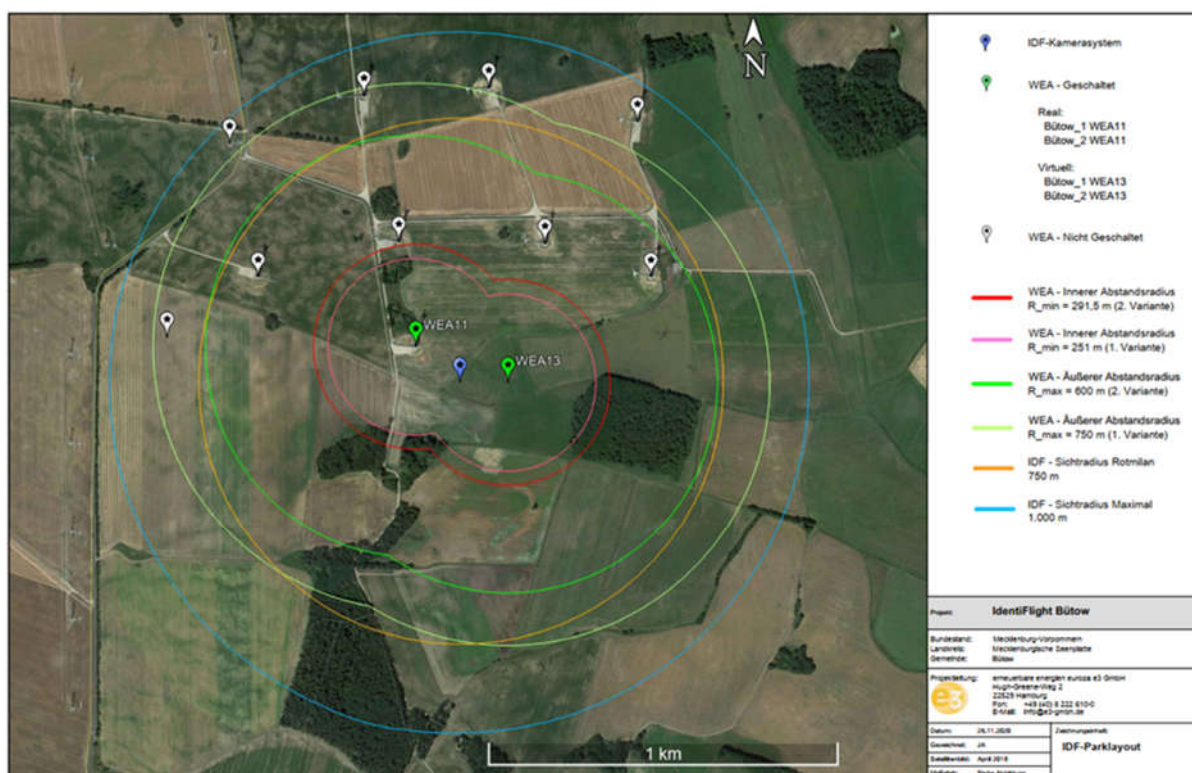


Abbildung 13: Untersuchungsgebiet Bütow mit IDF-Standort und Lage der Bestands-WEA (oben)

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet **Geislingen** besteht zu großen Teilen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Zusätzlich sind im Untersuchungsgebiet mehrere Strukturen vorhanden, die das Sichtfeld von IDF zumindest bodennah einschränkten. Dazu zählen z. B. größere Waldbereiche im Norden und Westen des IDF-Systems (Abbildung 14) und ein Schweinestall sowie mehrere Straßen, die aus Datenschutzgründen maskiert werden mussten und somit das Sichtfeld von IDF verkleinerten (Abbildung 24 und Abbildung 25). Außerdem fällt das Gelände nach Westen hin stark ab, was den Sichtbereich von IDF zusätzlich einschränkte. Das Untersuchungsgebiet ist Teil des WindForS-Windenergiesfelds Schwäbische Alb⁴. Zur Zeit der Untersuchungen befanden sich vor Ort lediglich zwei

⁴ <https://www.natur-und-erneuerbare.de/projektdatenbank/projekte/natforwinsent-naturschutz-im-windtestfeld/>, abgerufen am 27.05.2021

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Windmessmasten und noch keine WEA. Die Windmessmasten sorgen im Bereich südlich des IDF für geringe Sichtverschattungen, ähnlich wie sie durch WEA verursacht werden würden (Abbildung 24 und Abbildung 25).

In Geislingen befand sich IDF vergleichsweise weit nördlich der beiden geplanten WEA in ca. 300 m bzw. 450 m Entfernung (Abbildung 14). Diese Positionen zu den WEA waren aufgrund der großen Entfernung nicht optimal, mussten in Geislingen aber aufgrund der begrenzten Stromversorgung so gewählt werden, was bei den Auswertungen entsprechend zu berücksichtigen war. Der Sichtradius von 750 m deckte die inneren Abstandszyklen beider WEA vollständig ab, die äußeren Abstandszyklen allerdings nur teilweise. Vor allem der südliche Rand des äußeren Abstandszyklen der südlichen WEA konnte von IDF nur deutlich eingeschränkt abgedeckt werden.

In dem Untersuchungsgebiet in Geislingen befand sich ein bekannter Rotmilanhorst des besenderten Rotmilans im Waldbereich ca. 250 m nördlich des IDF-Systems.

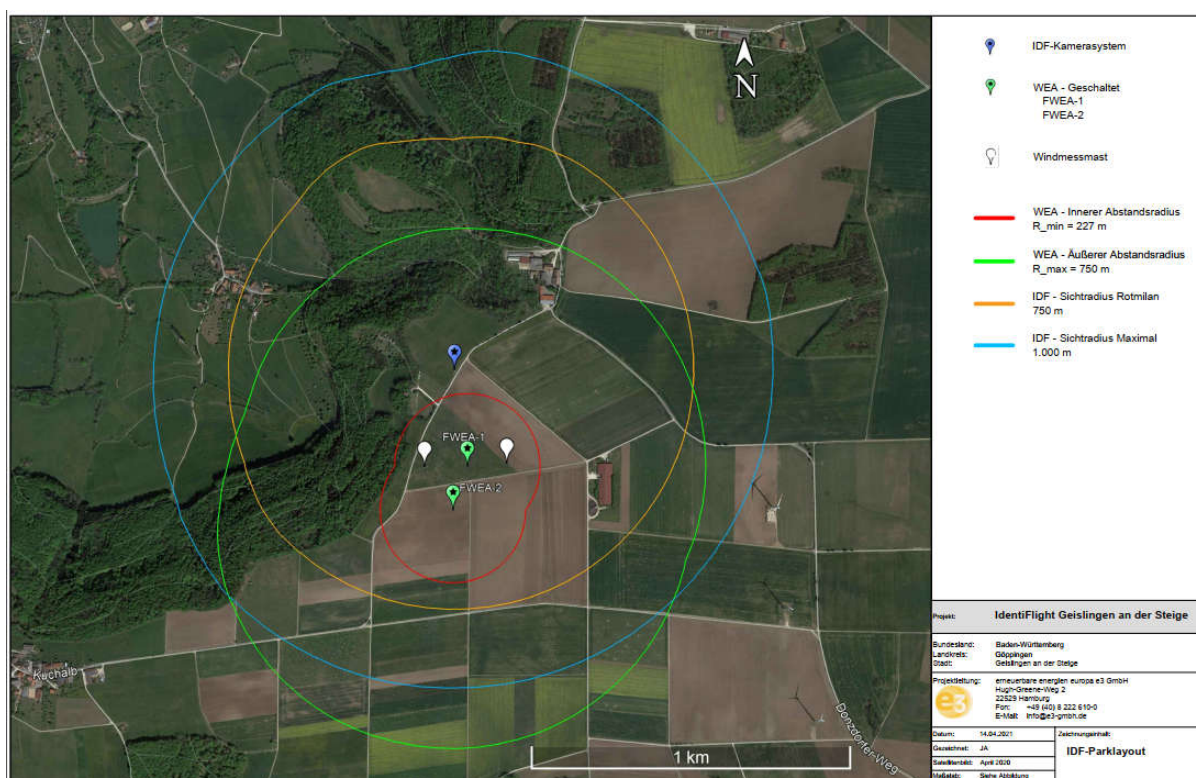


Abbildung 14: Untersuchungsgebiet Geislingen mit IDF-Standort und Lage der virtuellen WEA

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

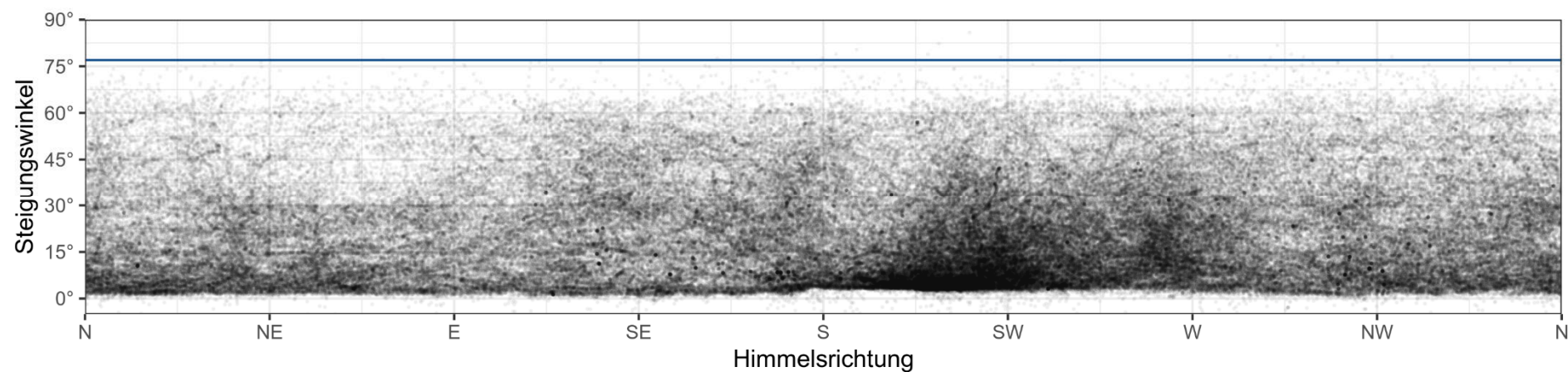


Abbildung 15: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Helfta. Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie sichtverschattende Strukturen, hinter denen keine Datenpunkte generiert wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

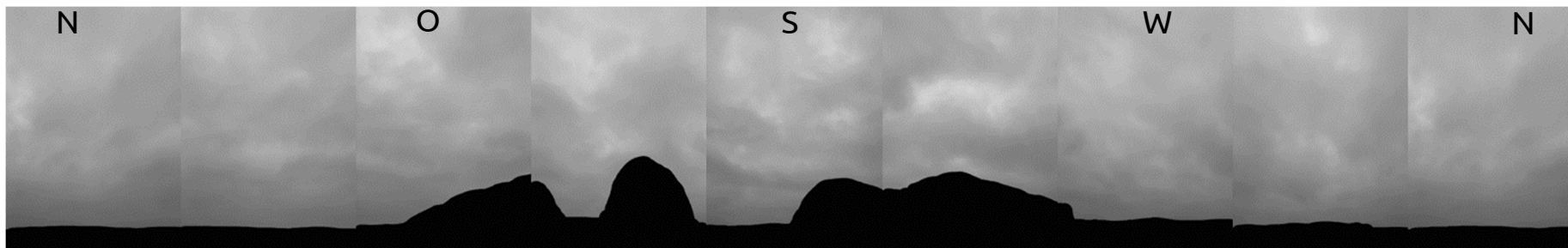


Abbildung 16: Sichtfeld der Weitwinkelkameras mit Maskierung am Standort Plate.

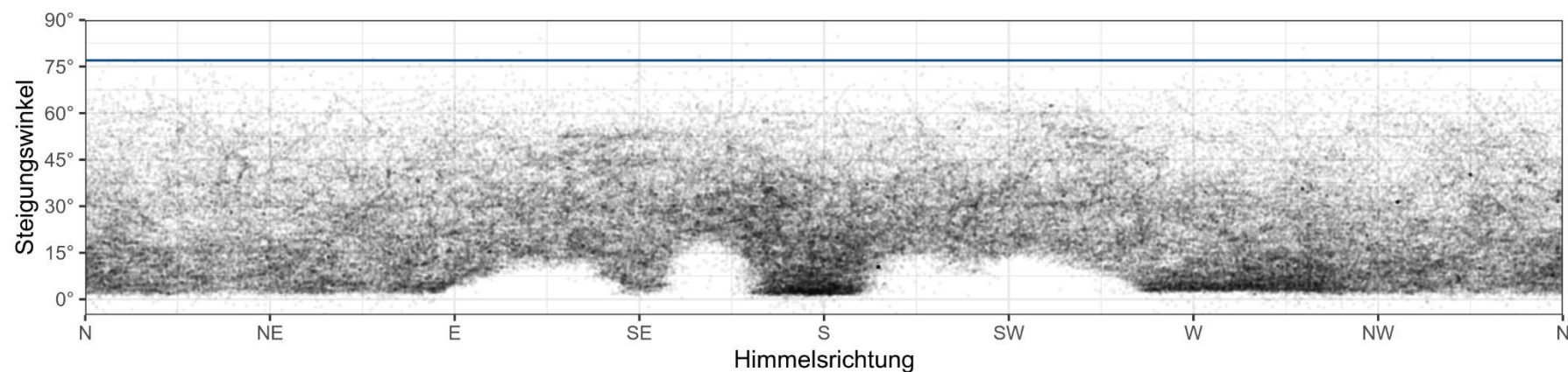


Abbildung 17: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Plate. Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie sichtverschattende Strukturen, hinter denen keine Datenpunkte generiert wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

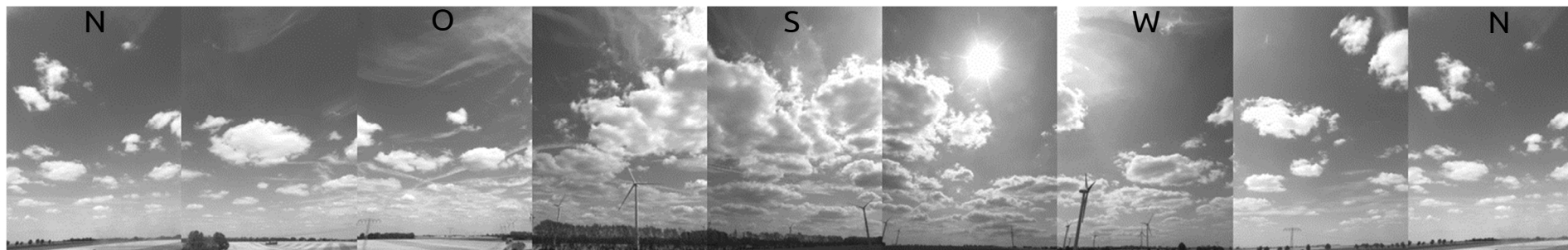


Abbildung 18: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Gerbstedt.

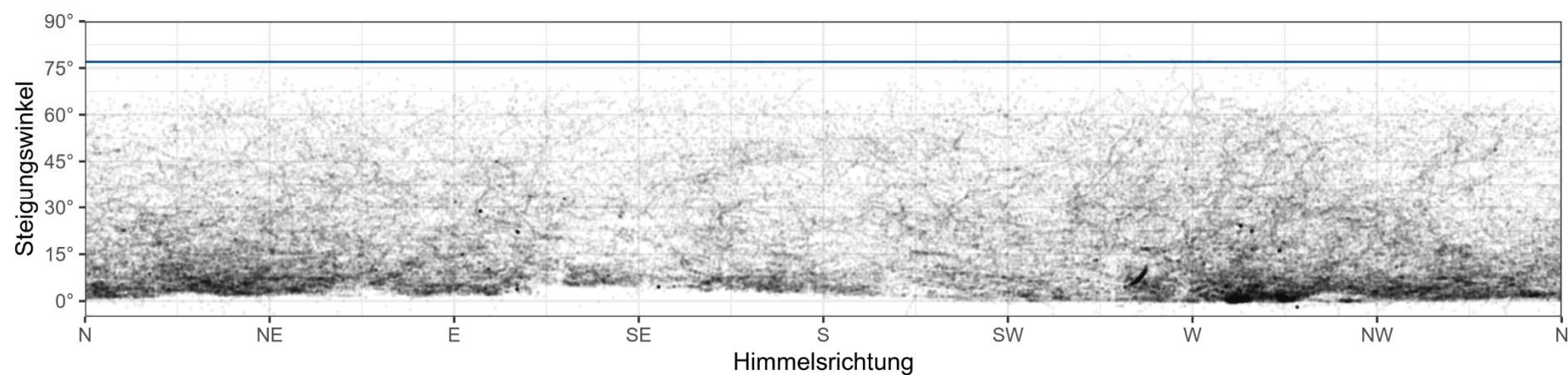


Abbildung 19: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Gerbstedt. Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie sichtverschattende Strukturen, hinter denen keine Datenpunkte generiert wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

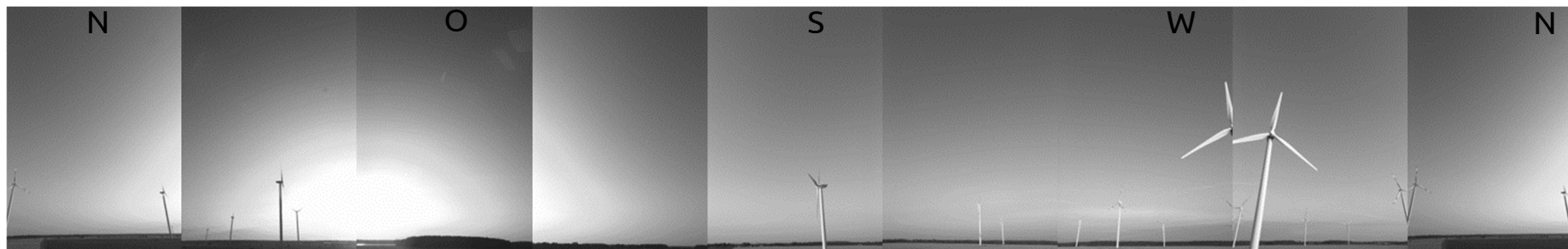


Abbildung 20: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Lübesse.

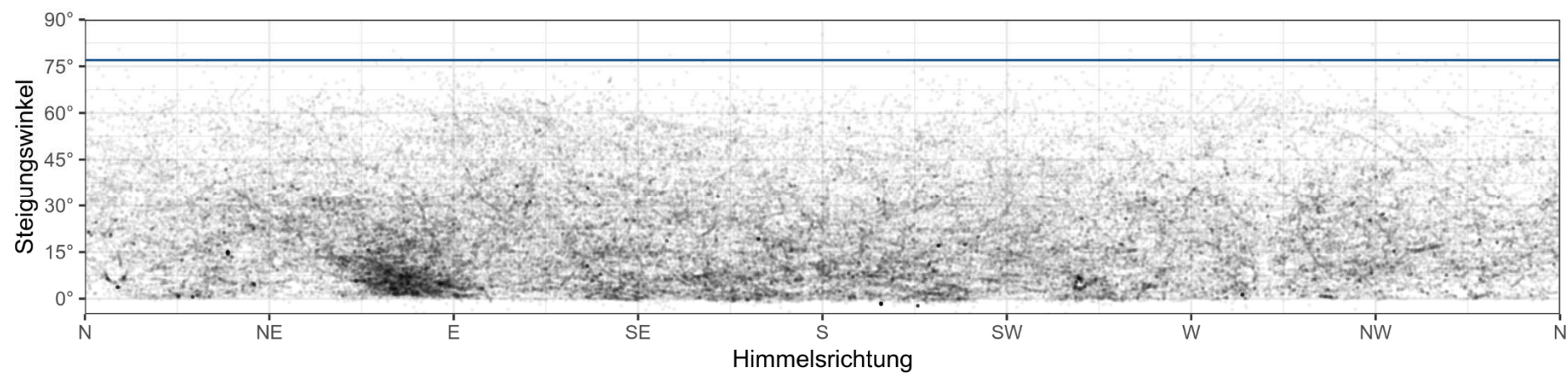


Abbildung 21: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Lübesse. Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie sichtverschattende Strukturen, hinter denen keine Datenpunkte generiert wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

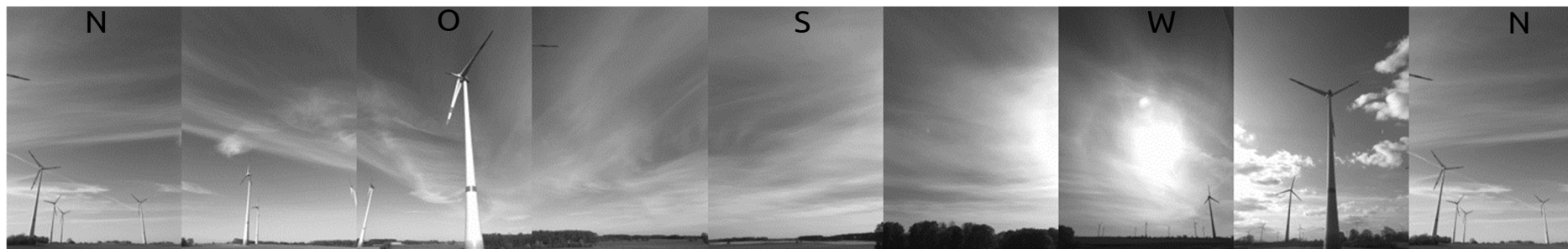


Abbildung 22: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Bütow.

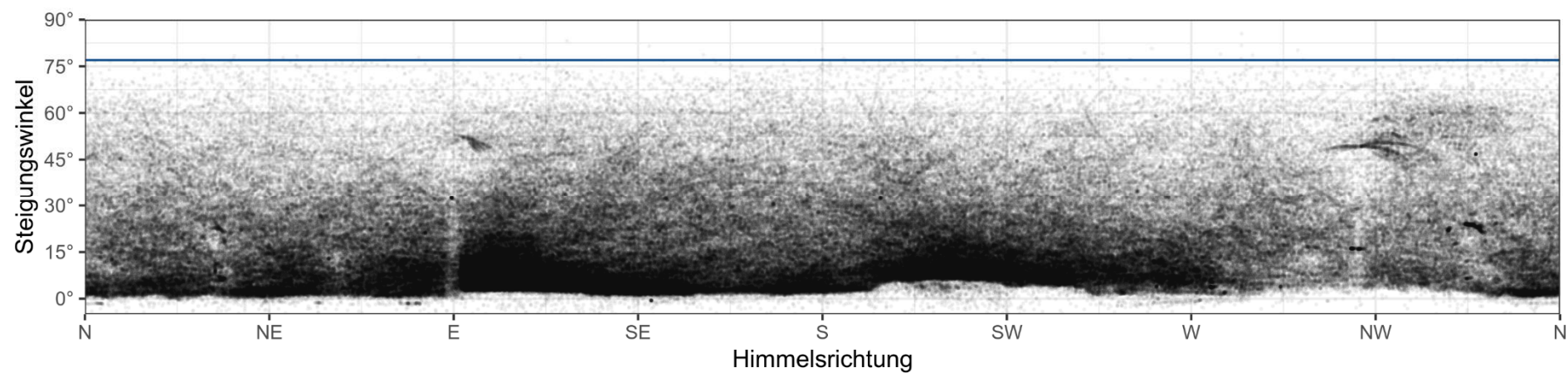


Abbildung 23: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Bütow. Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie sichtverschattende Strukturen, hinter denen keine Datenpunkte generiert wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

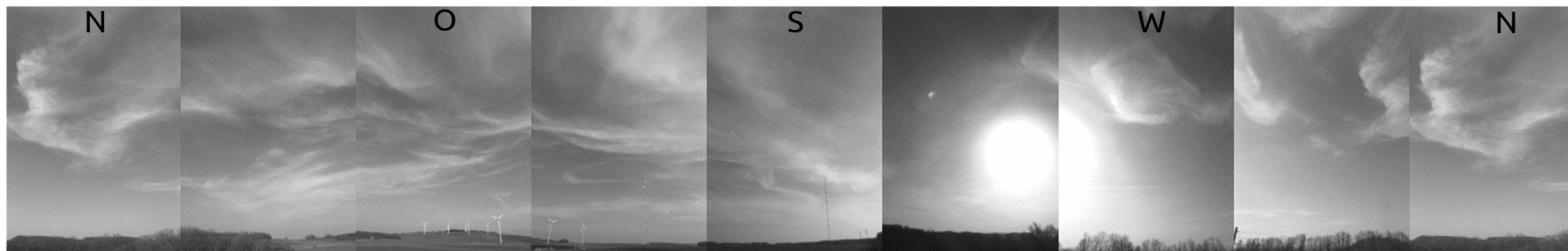


Abbildung 24: Sichtfeld der Weitwinkelkameras am Standort Geislingen.

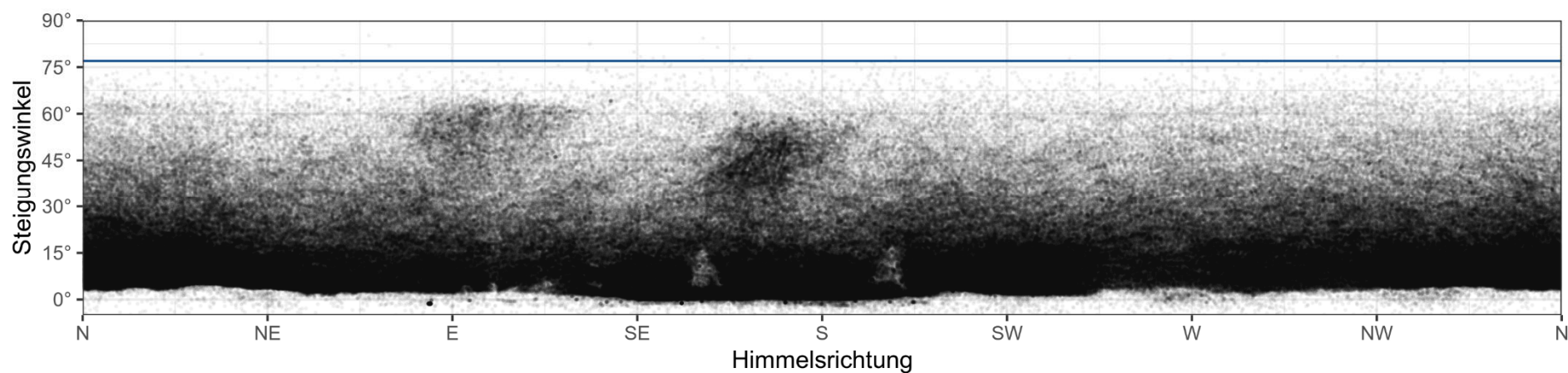


Abbildung 25: Datenwolke der Gesamtdaten von IDF am Standort Geislingen. Diese Daten zeigen das tatsächliche Sichtfeld von IDF sowie sichtverschattende Strukturen, hinter denen keine Datenpunkte generiert wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

4.1.4 Zeitliche Abdeckung

4.1.4.1 Überblick

Die Dauer der jeweiligen Untersuchungsphasen bewegte sich zwischen 60 und 90 Tagen, lediglich in Gerbstedt musste aufgrund von Vandalismus nach 30 Tagen abgebrochen werden. Dadurch ergeben sich für alle Untersuchungsgebiete zusammen eine Gesamtzahl von 393 Untersuchungstagen. Nach Abzug von technischen Ausfällen liegen vollständige Daten von insgesamt 364 Tagen vor, die sich von Mitte April bis Mitte Oktober verteilten (Tabelle 3). Hieraus ergibt sich eine zeitliche Verfügbarkeit der IDF-Systeme von 93 %, wenn man – konservativ – die Tage mit Stromversorgungs-Problemen ebenfalls als nicht verfügbar wertet.

Die Ausfälle des Systems können unterschiedliche Ursachen haben. Ein großer Teil (12 aus 29 Tagen mit ganzen oder teilweisen Ausfällen) geht auf Probleme mit der Stromversorgung zurück. Dabei muss berücksichtigt werden, dass diese teilweise durch die Abschaltung des gesamten Windparks eingetreten sind oder damit zusammenhängen, dass in den ersten Untersuchungsphasen ein Generator verwendet wurde und dass es durch technische Störungen zu Ausfällen gekommen ist. Im normalen Betrieb von IDF in Windparks sind diese Probleme nicht mehr zu erwarten. Ohne diese Ausfälle hätte sich die Zahl der systembedingten Ausfalltage von 29 auf 17 reduziert. Hieraus ergibt sich eine technische Verfügbarkeit von IDF von mind. 95 %.

Es gab jedoch auch Ausfälle aufgrund von defekten Komponenten und geplanten Software-Updates.

Tabelle 3: Zeitliche Übersichtstabelle der Erfassungen.

Standort	Beginn	Ende	Anzahl Tage	Komplett erfasste Tage	Ausfälle teilweise	Ausfälle ganze Tage
Helfta	15.08.2018	18.10.2018	65	58	4	3
Plate	15.08.2018	18.10.2018	65	63	1	1
Gerbstedt	12.07.2019	10.08.2019	30	27	0	3
Lübesse	01.07.2019	19.09.2019	81	67	0	14
Bütow	30.04.2020	28.07.2020	90	87	3	0
Geislingen	16.04.2020	16.06.2020	62	62	0	0
Gesamt			393	364	8	21

4.1.4.2 Standortspezifika

Da am Untersuchungsstandort **Helfta** zum Zeitpunkt der Untersuchungen keine WEA vorhanden waren, wurde IDF über einen Generator mit Strom versorgt. Die drei komplett ausgefallenen Tage und die vier teilweise ausgefallenen Tage (ca. 20 Stunden, Tabelle 3), wurden durch Probleme mit dem Generator verursacht. Wird IDF in einem Windpark eingesetzt, kann IDF an die Stromversorgung des Windparks angeschlossen werden und Probleme, die zu Ausfällen dieser Art führen, können vermieden werden.

Auch am Untersuchungsstandort **Plate** waren zur Zeit der Untersuchungen keine WEA vorhanden und IDF wurde über einen Generator mit Strom versorgt. Dabei kam es über den gesamten Untersuchungszeitraum zu Ausfällen von einem kompletten Tag und einem Teilausfall, welche beide durch Probleme mit der Stromversorgung durch den Generator verursacht wurden (Tabelle 3). Bei einem Einsatz in einem Bestandspark wird mit dieser Art von Ausfällen nicht gerechnet.

Am Untersuchungsstandort **Gerbstedt** gab es zur Zeit der Untersuchungen bereits WEA in dem Bestandspark, durch die IDF mit Strom versorgt werden konnte. Am Standort Gerbstedt ist IDF für drei Tage nicht im Betrieb gewesen (Tabelle 3), da aufgrund von Wartungsarbeiten im gesamten Windpark der Strom abgestellt wurde. Da zu dieser Zeit die Anlagen nicht in Betrieb waren und es sich bei den Ausfällen um einen im Voraus geplanten Vorgang gehandelt hat, sind diese Ausfälle gesondert zu betrachten, da keine Kollisionsgefahr bestand.

Auch in **Lübesse** waren bereits Bestandsanlagen vorhanden, wodurch IDF die Stromversorgung über die WEA beziehen konnte. In Lübesse kam es insgesamt zu Ausfällen von 14 Tagen (Tabelle 3). Der größte Teil der Ausfälle geht auf einen Defekt am Drehmechanismus der Stereokamera zurück, der spätestens einen Tag nach dem Ausfall bemerkt wurde. Nach dem Austausch des entsprechenden Bauteils musste das System rekaliert werden, was für einen längeren Ausfall von 12 Tagen gesorgt hat.

Im Bestandspark **Bütow** wurde die Stromversorgung ebenfalls über die WEA eingerichtet. Die drei Teilausfälle in Bütow (Tabelle 3) sind durch Softwareprobleme bzw. defekte Komponenten entstanden. Diese Fehler können während des Betriebs auftreten und werden durch automatische Fehlerdiagnosen meistens schnell erkannt, so dass zeitnah auf die Ausfälle reagiert werden kann.

In **Geislingen** waren zum Zeitpunkt der Untersuchung von IDF noch keine Bestandsanlagen vorhanden. Es konnte allerdings auf einen Generator verzichtet werden, da am Standort ein direkter Stromanschluss über eine 400 V Leitung eingerichtet werden konnte. In Geislingen ist es zu keinerlei Ausfällen des Systems gekommen.

4.2 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 aus insgesamt drei „Zweitsystemen“ herangezogen:

1. Mit Hilfe einer Drohne wurde die Genauigkeit der Positionsbestimmung von IDF untersucht.
2. Durch den Einsatz eines Laser Range Finders (LRF, Laser-Entfernungsmesser) wurde die Erfassungsrate von Vögeln durch IDF untersucht. Der LRF ermöglicht das Aufzeichnen von höhen- und lagegenauen Flugwegen.
3. Auf der Basis von Daten eines GPS-besenderten Rotmilans am Standort Geislingen konnte ebenfalls die Erfassungsrate von Vögeln durch IDF geprüft werden. Diese Vorgehensweise entspricht derjenigen der Schweizerischen Vogelwarte beim Test eines ähnlichen Systems, DTBird (HANAGASIOGLU *et al.* 2015), sowie im derzeit laufenden Forschungsvorhaben NatForWINSSENT⁵ (ASCHWANDEN & LIECHTI 2020).

4.2.1 Drohne

Um die Genauigkeit der Positionsbestimmung von Objekten durch das IDF-System bei unterschiedlichen Winkeln testen zu können, wurden Testflüge mit einer Drohne durchgeführt (Abbildung 26). Die Drohnenflüge fanden im Jahr 2018 am Standort Plate statt, wobei Flüge in unterschiedlichen Höhen (50 m und 100 m), aus verschiedenen Himmelsrichtungen sowie in unterschiedlicher Entfernung (maximal 150 m zum IDF-System) durchgeführt wurden.

Das Flugmuster der Drohne wurde im Vorfeld festgelegt und durch einen integrierten GPS-Sender aufgezeichnet. Der Mittelpunkt dieses Musters entsprach dem Mastmittelpunkt des IDF-Systems, von dem aus der Reihe nach im Uhrzeigersinn jeweils acht Sektoren eines Kreises (150 m Radius) abgeflogen wurden (Abbildung 44). Parallel dazu sollte die jeweilige Flugroute durch IdentiFlight aufgezeichnet und dokumentiert werden, sodass die beiden Datensätze im Nachgang verglichen werden konnten. Die Drohne und IDF hatten beide auf den gleichen Zeitserver (de.pool.ntp.org) Zugriff, womit ein synchroner Zeitstempel gewährleistet werden konnte. Die Fluggeschwindigkeit der Drohne wurde auf 24 km/h (6,7 m/s) programmiert.

Für die durchgeführten Drohnenflüge wurde eine Drohne der Firma DJI (PHANTOM 4 PRO, Modell GL300F, Diagonale 350 mm) verwendet. Der Hersteller der Drohne gibt für den Schwebeflug in der Vertikalen eine Genauigkeit von: $\pm 0,5$ m und in der Horizontalen eine Genauigkeit von $\pm 1,5$ m an.⁶

⁵ https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Aschwenden_Musiol_KNE-Konferenz.pdf, abgerufen am 06.05.2020

⁶ <https://www.dji.com/de/phantom-4-pro/info>, abgerufen am 07.04.2020

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 26: Erfassungstest mit GPS-verorteter Drohne. Das kleine Bild zeigt eine Aufnahme der Drohne durch das IDF aus einer Entfernung von ca. 150 m.

4.2.2 Laser Range Finder

Um die Detektionsleistung von Vögeln durch IDF untersuchen zu können, wurden Referenzdaten mittels eines Laser Range Finders (LRF, Laser-Entfernungsmesser) erhoben. Der LRF wird von einem Beobachter bedient und misst auf Knopfdruck die Schrägdistanz, den Azimut sowie den Vertikalwinkel eines, mit dem Laser-Strahl anvisierten, Zielobjekts (Abbildung 27). 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

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

entweder mittels Bluetooth-Übertragung auf einem Android Smartphone oder direkt in einem angeschlossenen Computer gespeichert. Aus diesen Messpunkten kann anschließend ein entsprechend lagegenauer 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 $\pm 0,2^\circ$ bis $0,6^\circ$ an.

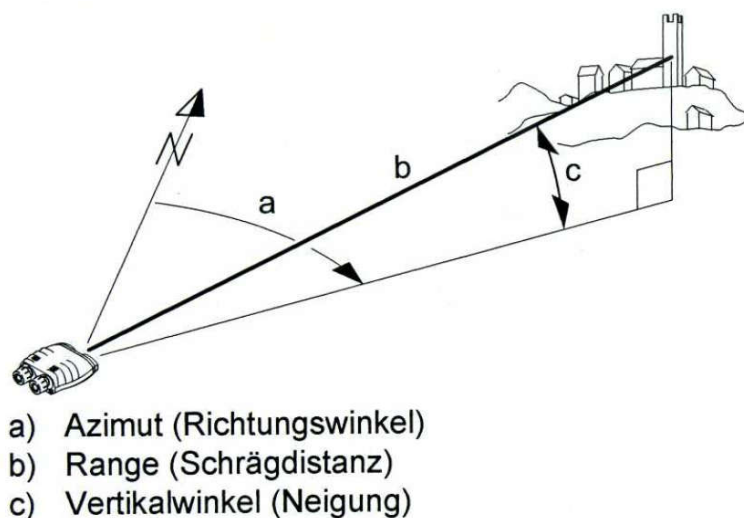


Abbildung 27: Datenermittlung des Laser Range Finders Vector 21 Aero (Auszug aus der Gebrauchsanweisung)

An allen sechs Untersuchungsstandorten wurden Referenzdaten von Rotmilanflugwegen mit dem LRF erhoben (Abbildung 28). An den Standorten Helfta, Plate, Lübesse und Bütow erfolgte die LRF-Datenaufnahme an 25 Tagen für je 6 Stunden (6 x 45 min Beobachtung und 15 min Pause), verteilt über die jeweilige Untersuchungsperiode. Am Standort Gerbstedt konnten, aufgrund eines Vandalismus-bedingten Ausfalls von IDF, nur an sechs Tagen LRF-Daten erhoben werden. Am Standort Geislingen wurden im Rahmen von NatForWINSSENT II an neun Tagen LRF-Daten erhoben.

Die Erhebungsphasen wurden tageszeitlich variiert, bewegten sich jedoch schwerpunktmäßig in der Zeit der höchsten Flugaktivität des Rotmilans zwischen 09.00 Uhr und 18.00 Uhr (HEUCK *et al.* 2019). 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 einer den LRF bediente und der andere den Luftraum beobachtete und die Daten protokollierte.

An den Standorten Helfta und Gerbstedt wurde die LRF-Datenerfassung vom Büro Ökotop GbR, an den Standorten Plate, Lübesse und Bütow von dem Landschaftsarchitekturbüro Oevermann

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

durchgeführt. Am Standort Geislingen erfolgte die Erfassung der Referenzflugwege mittels LRF durch die Schweizerische Vogelwarte im Rahmen des Projektes NatForWINSSENT II⁷.

Mit Hilfe der LRF-Erfassungen konnte, parallel zu der Datenaufzeichnung durch IDF, eine davon unabhängige Stichprobe an Rotmilan-Flugbahnen innerhalb des Sichtbereiches von IDF generiert werden.

Die Verortung mittels LRF weist drei potenzielle Fehlerquellen auf, die bei der Analyse der Daten berücksichtigt werden mussten: Die Zeitstempel von IDF und LRF waren nicht deckungsgleich, die Positionsangabe des Beobachters entsprach nicht der Wirklichkeit und die LRF-Tracks enthielten einen Winkelversatz, bedingt durch eine fehlerhafte Azimut-Messung.

Der Zeitversatz zwischen den LRF-Daten und denen von IDF konnte durch die Nutzung des LRF in Verbindung mit einem Smartphone auftreten. Die interne Uhr eines Smartphones, welche als Zeitstempel gesetzt wird, entspricht nicht einer offiziellen Referenzzeit, weshalb erst nach dem Installieren einer entsprechenden App der Fehler behoben werden konnte. Bei Daten, die bereits mit einem fehlerhaften Zeitstempel erhoben wurden, konnte der korrekte Zeitstempel im Nachhinein nicht mehr rekonstruiert werden. Diese Daten wurden bei der weiteren Auswertung nicht weiter berücksichtigt und mussten ausgeschlossen werden.

Entsprach die Positionsangabe des Beobachters nicht der Wirklichkeit, was durch eine fehlerhafte Positionserfassung durch ein Smartphone auftreten konnte, war eine Rekonstruktion der tatsächlichen Beobachter-Position aus den weiteren Daten des Erfassungstages möglich. Um diesen Fehler generell auszuschließen, wurde die Beobachterposition bei der vorliegenden Auswertung als Median der Beobachterpositionen des Tages berechnet, wodurch abweichende Positionsangaben ausgeschlossen wurden, und nicht direkt aus den Aufzeichnungen übernommen.

Wiesen die LRF-Tracks einen Winkelfehler, bedingt durch eine falsche Azimut-Messung, auf, so konnten die Daten nur bedingt rekonstruiert werden. War der Winkelversatz zu groß, konnte der eigentlich Verlauf der Flugbahn nicht mehr nachvollzogen werden und die Daten wurden bei der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Aufgrund der starken und zu großen Teilen nicht nachvollziehbaren Fehler der LRF-Daten am Standort Lübesse wurde dieser Standort von der weiteren Auswertung der Erfassungsrate ausgeschlossen, da die LRF-Daten dieses Standorts nicht die Qualität aufweisen, die als Referenzdaten benötigt werden. Dies betrifft jedoch ausschließlich das Kriterium der Erfassungsrate; für die darüber hinaus gehenden Auswertungen können die IDF-Daten aus Lübesse uneingeschränkt verwendet werden.

⁷ <https://www.natur-und-erneuerbare.de/projektdatenbank/projekte/natforwinsent-ii/>, abgerufen am 27.11.2020

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

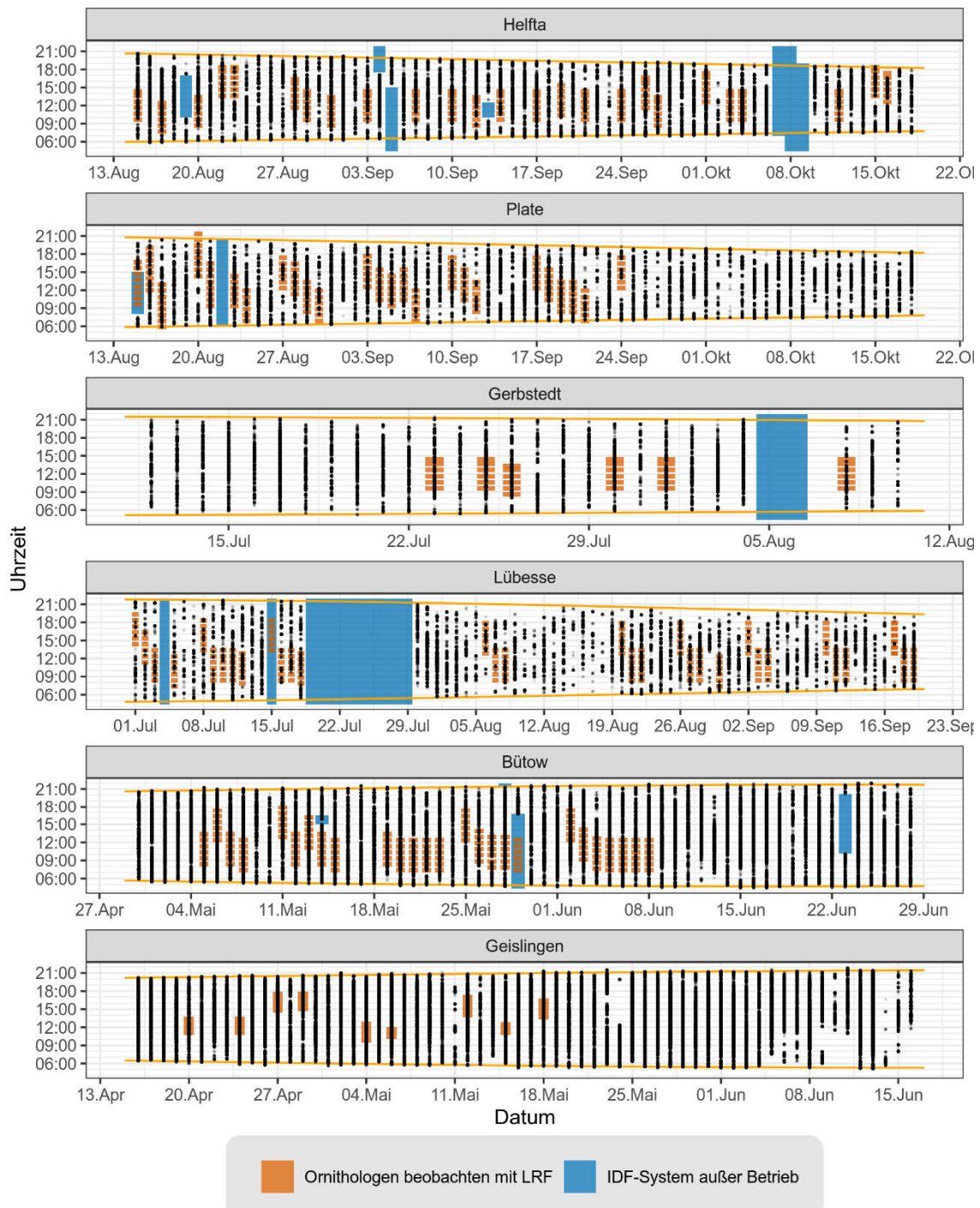


Abbildung 28: Verteilung der IDF- und LRF-Daten über die Tageszeit von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang (gelbe Linien) und über die Erfassungsperiode. Jede Vogel-Position, die vom IDF-System aufgezeichnet wurde, ist als ein schwarzer Punkt dargestellt. Die orangen Kästen stellen die Phasen der LRF-Datenerhebungen dar. In Blau sind Ausfallzeiten des IDF markiert.

4.2.3 GPS-Telemetrie

Neben den Erfassungen mittels LRF standen am Standort Geislingen zusätzlich GPS-Daten eines besenderten Rotmilanmännchens zur Verfügung, die für die Prüfung der Detektionsgenauigkeit von IDF herangezogen werden konnten.

Das Rotmilanmännchen „Donzi“ wurde bereits im Jahr 2019 im Rahmen des NatForWINSSENT-Projektes⁸ mit einem GPS-Sender (Modell OrniTrack-E25B 3G) ausgestattet (Abbildung 29). Während der IDF-Untersuchung am Standort Geislingen im Jahr 2020 befand sich der Horststandort dieses Rotmilans in ca. 250 m nördlicher Entfernung zum installierten IDF-System.

Der GPS-Sender des telemetrierten Rotmilans war so eingestellt, dass er bei einem Batterieladestatus von über 75 % mindestens alle 2 min die Positionsdaten des Vogels speichert, fällt der Batterieladestatus unter 75 % wurden weniger häufig Datenpunkte gesammelt. Neben diesen generellen Einstellungen ermöglicht die sog. Geofence-Funktion, bestimmte Raumbereiche festzulegen, in denen häufiger Datenpunkte gesammelt werden sollen (abhängig vom Batterieladestatus hier maximal alle 2 s). Im Falle des besenderten Rotmilanmännchens „Donzi“, deckten diese Geofence-Raumbereiche u.a. auch den IDF- Untersuchungsradius mit ab, sodass für diesen Bereich die Positionsdaten dieses Rotmilans – abhängig vom Batterieladestatus – zum größten Teil in sehr genauer Auflösung vorlagen.

Zu jedem Datenpunkt des GPS-Senders wurden u.a. die Geschwindigkeit (km/h), die Richtung (°), die mit GPS-Triangulation bestimmte Höhe (m ü. M.) und die barometrisch bestimmte Höhe (m ü. M.) des besenderten Rotmilans erfasst. Basierend auf diesen Daten konnte so ein weiterer, unabhängiger Referenz-Datensatz von Flugbewegungen generiert werden, der mit den von IDF erfassten Flugbewegungen abgeglichen werden konnte.

Der Schweizerischen Vogelwarte wird für die Bereitstellung der Daten und die konstruktive Zusammenarbeit herzlich gedankt.

⁸ <https://www.natur-und-erneuerbare.de/projektdatenbank/projekte/natforwinsent-ii/>, abgerufen am 19.11.2020

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 29: Der besenderte Rotmilan „Donzi“ am Standort Geislingen 2020 , dessen GPS-Sender am Rücken auf den Bildern von IDF gut zu erkennen ist.

4.3 Auswertung und statistische Analyse

4.3.1 Auswertungssoftware

Eine effiziente Bearbeitung der großen Datenmengen wurde durch die Entwicklung einer eigenen Softwarelösung auf Basis der Software „R“ durch die OekoFor GbR ermöglicht, welche die Daten der Referenzsysteme mit denen von IDF verschneidet und gesamtheitlich visualisiert. Innerhalb der Software-Oberfläche gibt es drei Register mit unterschiedlichen Funktionen: „IDF data overview“, „Detection rate“ und „Curtailment“.

Das Register „IDF data overview“ diente der Sichtung der Gesamtdaten von IDF und ermöglichte es diese Daten nach verschiedenen Parametern zu filtern (z.B. nach Standorten, Artbestimmungen oder Datum) und einzelne Tracks detailliert zu betrachten. Dabei wurden die Bilder der ausgewählten Tracks sowie eine kartografische Aufsicht der Tracks und eine Darstellung der Flughöhe über die Zeit dargestellt. Die Artinformation war jeweils farblich unterschiedlich codiert (Abbildung 30).

Oldenburg, 07.10.2021

Abbildung 30: Oberfläche zur Datensichtung der IDF-Daten. Diese Ansicht bot die Möglichkeit die IDF-Daten je Standort nach Art (A) und Tag (B) zu filtern sowie einzelne Tracks auszuwählen (C). Dabei wurden die Bilder der ausgewählten Tracks (D) sowie eine kartografische Aufsicht der Tracks (E) und eine Darstellung der Flughöhe über die Zeit (F) dargestellt, wobei die Artinformation farblich codiert war.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Im Register „Detection rate“ wurden die IDF-Daten verschnitten mit denen der Referenzsysteme (LRF-Daten und GPS-Daten) dargestellt. Diese Ansicht ermöglichte eine Einzelfallbetrachtung jedes Referenz-Tracks mit dem zugehörigen IDF-Track (Abbildung 31). Für jeden, durch ein Referenzsystem erfassten Vogel (ein Referenz-Track) konnte hier bewertet werden, ob IDF diesen Vogel ebenfalls erfasst hat („Positiv“) oder nicht („Negativ“), bzw. ob der Vogel für IDF nicht sichtbar war oder von IDF zeitgleich ein anderer geschützter Vogel erfasst wurde („Neutral“). Die vergebenen Kategorien („Positiv“, „Negativ“ oder „Neutral“) wurden dann bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt und werden im folgenden Kapitel detailliert beschrieben (Kapitel 4.3.2).

Das Register „Curtailement“ ermöglichte die Überprüfung von IDF-Tracks, bei denen nachweislich ein Rotmilan erfasst wurde (nachbestimmte Rotmilan-Tracks, siehe Kapitel 5.1) und eine Abschaltung hätte erfolgen müssen, da sich der Vogel im inneren Abstandszylinder befand.

Die „Curtailement“ Ansicht (Abbildung 32) bot einen detaillierten Überblick über die einzelnen, nachbestimmten Rotmilan-Tracks und die jeweils erfassten Parameter von IDF (Zeitpunkt der Detektion des Vogels durch IDF (außerhalb oder innerhalb des inneren Abstandszylinders) und die Klassifizierung des Vogels durch IDF (korrekt als Rotmilan erkannt oder nicht)) sowie die nachfolgende Aktion von IDF (Initiierung der Abschaltung oder keine Initiierung der Abschaltung).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

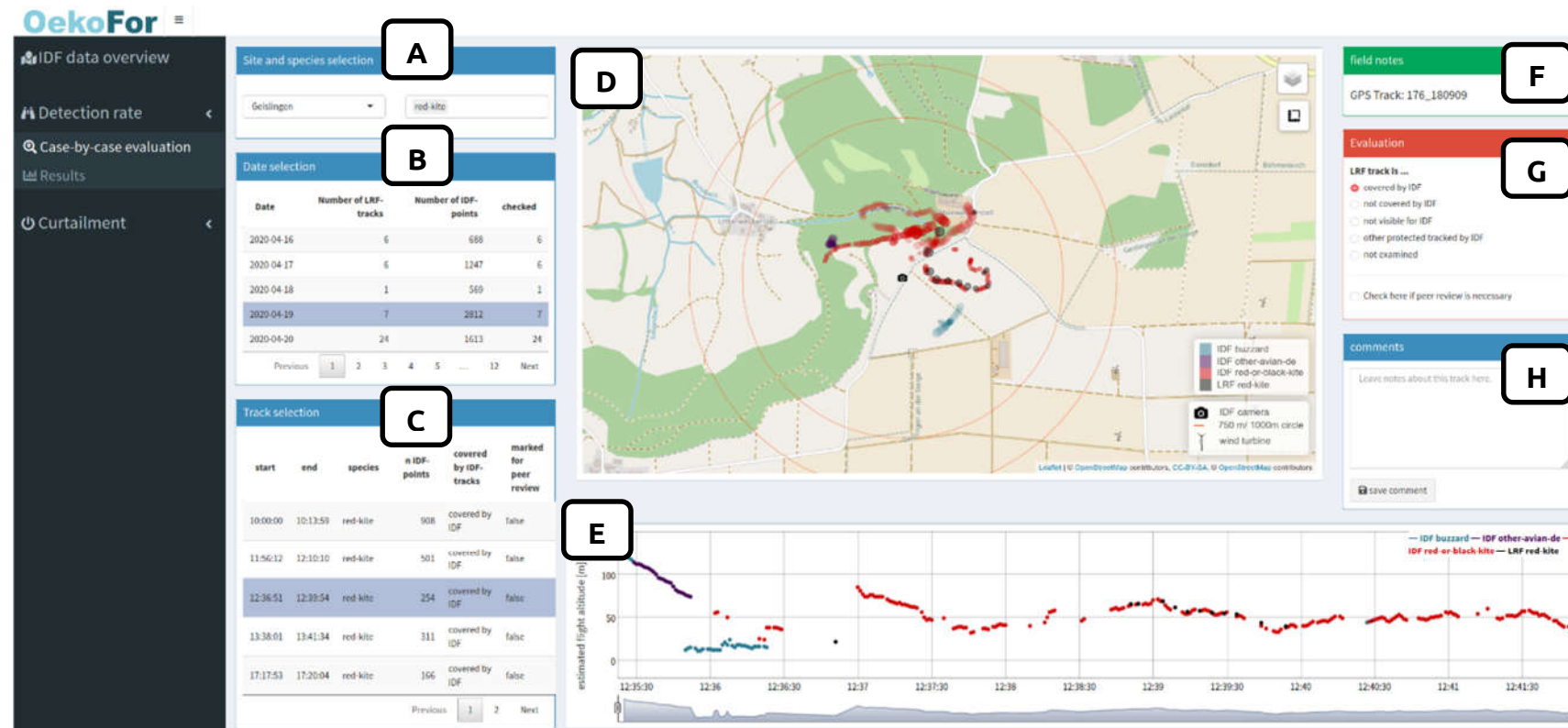


Abbildung 31: Oberfläche zur Beurteilung der Detektionsleistung von IDF in Relation zu LRF- und GPS-Flugbahnen. Diese Ansicht bot die Möglichkeit die Gesamtdaten nach Standort, Art (A) und Tag (B) zu filtern und einzelne Referenz-Tracks auszuwählen (C). Dabei wurden die Bilder der ausgewählten Daten, eine kartografische Aufsicht der Tracks (D) sowie die Flughöhe über die Zeit (E) dargestellt, wobei die Artinformation sowie der Referenz-Track farblich codiert war. Die Notizen der Ornithologen aus den Protokollbögen zu den erfassten Tracks wurden ebenfalls angegeben (F). Jeder Referenz-Track wurde hinsichtlich seiner Entdeckung durch IDF bewertet (G) und konnte mit einem Kommentar versehen werden (H).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 32: Oberfläche zur Überprüfung der Abschaltvorgänge. Diese Ansicht bot die Möglichkeit Rotmilan-Flüge, welche den inneren Abstandszyylinder querten nach Standort (A) und Tag (B) zu filtern und einzelne Tracks auszuwählen (C). Dabei wurden die Bilder der ausgewählten Tracks sowie eine kartografische Aufsicht der Tracks (D) und eine Darstellung der Flughöhe über die Zeit (E) dargestellt. Die Information, ob und ab wann eine Abschaltung für welche Einzeldaten erfolgte, war farblich codiert.

4.3.2 Erfassungsrate

4.3.2.1 Referenzdaten von LRF und GPS

Insgesamt wurden 872 LRF-Tracks und 668 GPS-Tracks hinsichtlich ihrer Detektion durch IDF bewertet. Dabei handelte es sich um Tracks, die während der IDF-Betriebszeiten (ohne Ausfälle der Stromversorgung) aufgenommen wurden sowie in horizontaler Distanz zu IDF innerhalb eines 750 m Radius lagen und sich in einem für IDF einsehbaren Bereich befanden.

Zur Bestimmung der Detektionsleistung wurden die gesammelten LRF- und GPS-Tracks einzeln betrachtet und in eine der in (Tabelle 4) genannten Kategorien eingeteilt.

Tabelle 4: Bewertungskategorien der Referenzdaten von LRF- und GPS-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 Vogel wurde zeitgleich von IDF erfasst

Die Kategorie „Erfasst“ galt als erfüllt, wenn zu einem LRF- oder GPS-Track zeitgleich eine räumlich ähnliche Flugbahn (Position und Höhe) von IDF aufgezeichnet wurde (Abbildung 33). Für die GPS-Tracks war diese Bewertung verlässlicher als für die LRF-Daten, da bei den LRF-Erfassungen die Möglichkeit von potenziellen Messfehlern größer war (siehe Kapitel 4.2.2).

Ein LRF- oder GPS-Track wurde als Kategorie „Nicht erfasst“ gewertet, wenn zu dem Track kein zeitlich und räumlich passender IDF-Track ermittelt werden konnte (Abbildung 34). 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.

War eine der beiden Kategorien „Erfasst“ oder „Nicht erfasst“ erfüllt, so wurden die betreffenden LRF- bzw. GPS-Tracks als „gültig“ bewertet und flossen in die Auswertung ein (siehe Kapitel 5.4.1).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Als „ungültig“ bewertet und von der Auswertung ausgeschlossen (siehe Kapitel 5.4.1) wurden hingegen LRF- oder GPS-Tracks, die eine der folgenden Bedingungen erfüllten:

Der vom LRF oder GPS vermessene Vogel war für das IDF nicht sichtbar, 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 (Abbildung 35). 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- oder GPS-Tracks, wenn IDF zeitgleich einen anderen Zielart-Vogel verfolgte und aus diesem Grund, den mit dem LRF oder GPS vermessenen Vogel nicht erfasste (Abbildung 36).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

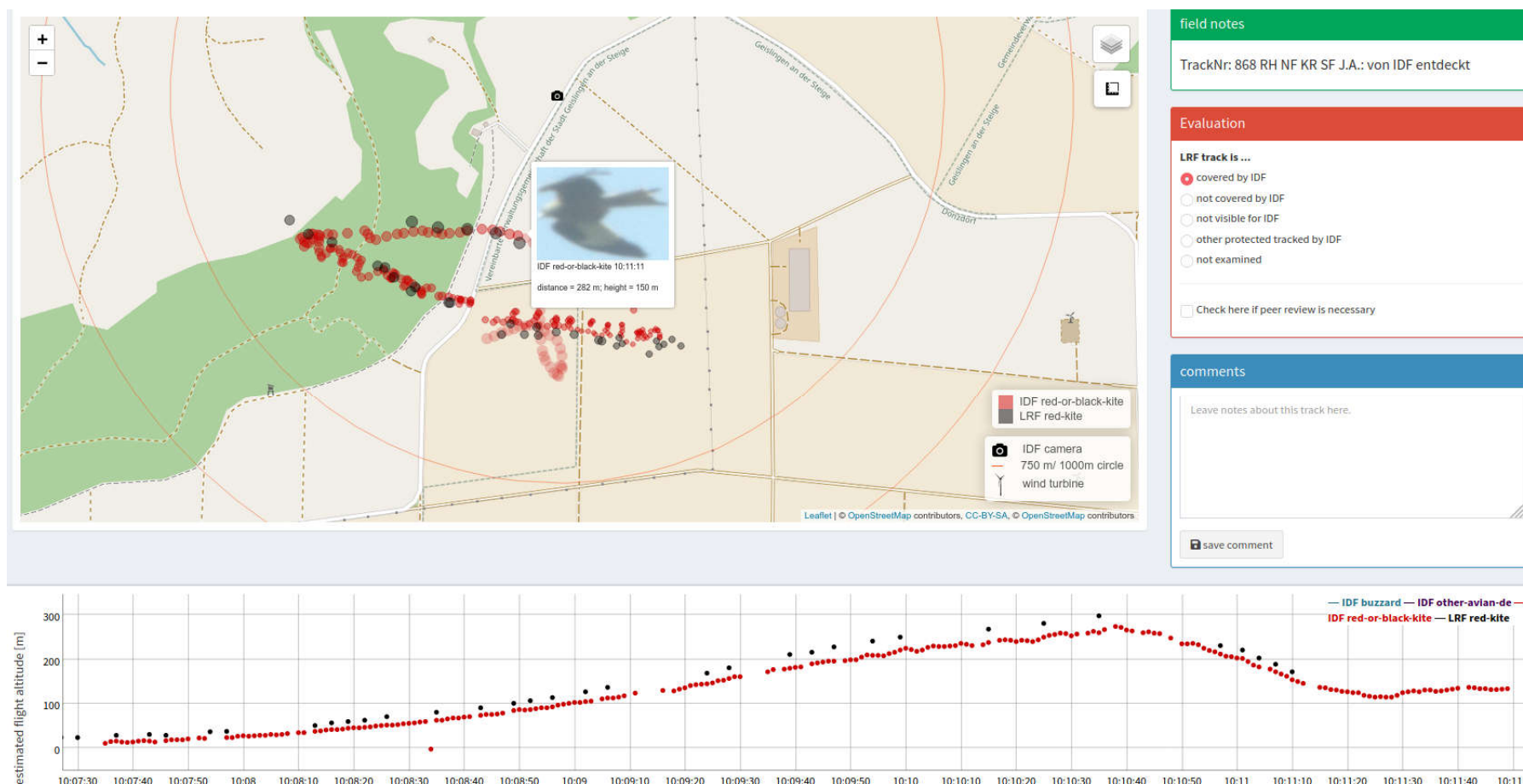


Abbildung 33: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „Erfasst“. Der vom LRF erfasste Rotmilan wurde von IDF ebenfalls erfasst. Standort Geislingen, 06.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

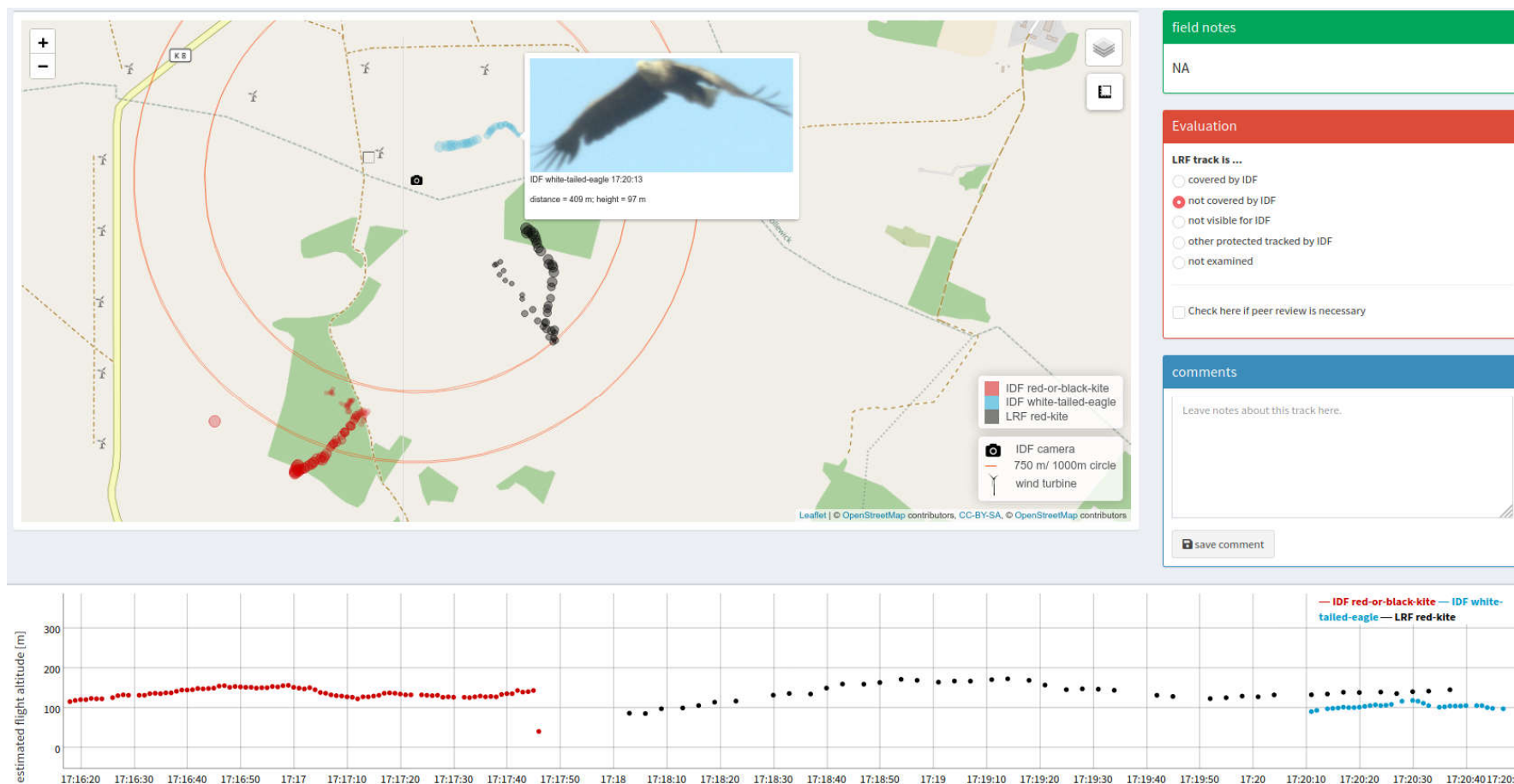


Abbildung 34: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „Nicht erfasst“. Der von einem LRF erfasste Rotmilan wurde von IDF nicht erfasst, obwohl in einer Zeitspanne von mehr als 30 Sekunden kein anderer Vogel von IDF erfasst wurde, bevor IDF einen Seeadler erfasst. Standort Bütow, 06.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

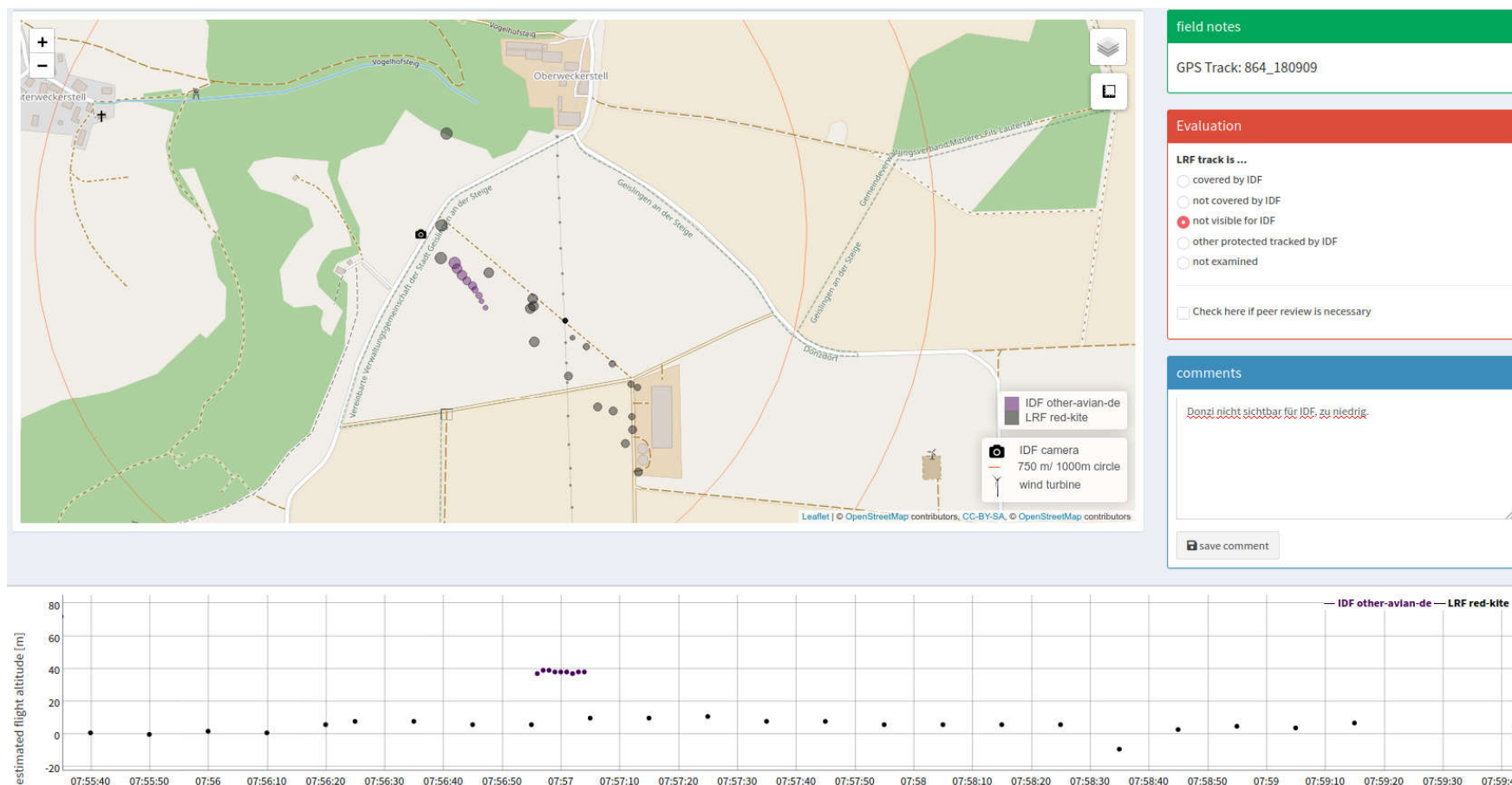


Abbildung 35: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „ungültig“. Der von seinem GPS-Sender lokalisierte Rotmilan „Donzi“ (abweichend in der Abbildung bezeichnet mit „LRF red-kite“) startet von einem Strommasten und fliegt sehr niedrig und für IDF unsichtbar unter Horizont zu seinem Horst nördlich von IDF. Standort Geislingen, 06.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

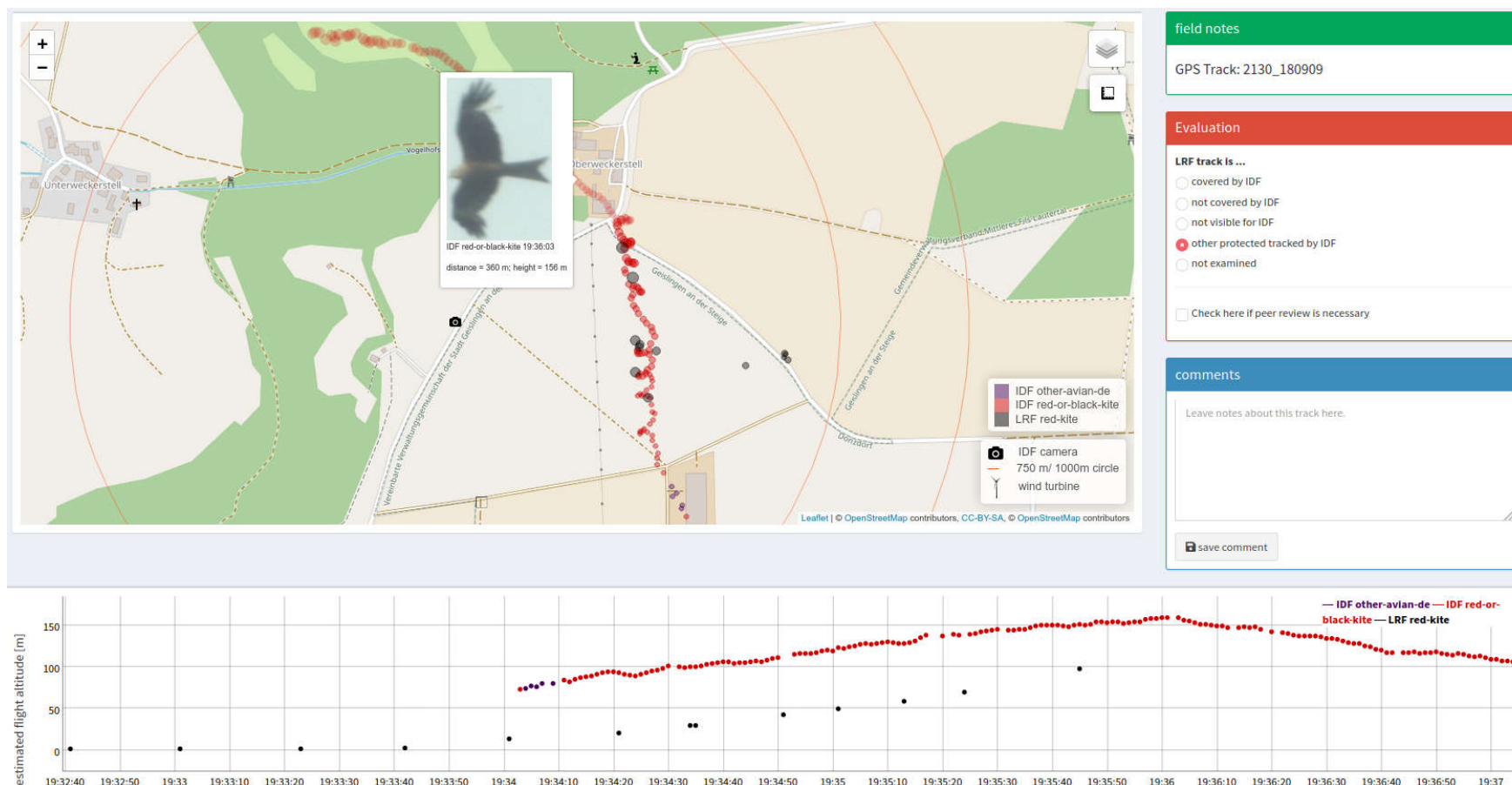


Abbildung 36: Beispiel für die Detektionsbewertung – Kategorie „ungültig“. Ein von IDF erfasster Rotmilan wird von „Donzi“ verfolgt. Hierbei wird erst durch die Flughöhe sichtbar, dass es sich bei den erfassten Rotmilanen um zwei Individuen handelt. In der Abbildung sind neben den IDF-Erfassungspunkten die GPS-Daten des Rotmilans (abweichend bezeichnet mit „LRF red-kite“) dargestellt. Standort Geislingen, 07.06.2020.

4.3.2.2 Einflussfaktor Niederschlag

Die Erfassungsrate von IDF kann durch Witterungseinflüsse wie z.B. Niederschlag gemindert werden, da sich diese Einflüsse auf die Sichtweite bzw. Sichtbarkeit von Flugobjekten auswirken kann – analog zur Wahrnehmbarkeit durch das menschliche Auge.

Aus diesem Grund wurden im Jahr 2018 an den Standorten Helfta und Plate Niederschlagsdaten durch eine kleine, vor Ort installierte, Wetterstation gesammelt. Für das Jahr 2020 liegen am Standort Geislingen ebenfalls Niederschlagsdaten vor, die im Zuge des NatForWINSSENT II Projekts erhoben und für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt wurden.

Für die Bewertung des Einflusses von Niederschlag auf die Erfassungsrate von IDF wurden die vorliegenden Niederschlagsdaten mit den entsprechenden IDF-Erfassungsdaten für die jeweiligen Standorte zeitlich verschnitten.

4.3.2.3 Einflussfaktor Sonnenstand

Der direkte Blick von IDF in die Sonne führt, laut Herstellerangaben, durch ein Überstrahlen aufgrund der großen Helligkeit zu einem „blinden Fleck“ von 15° um die Sonne. In diesem Bereich kann ein Vogel vom IDF-System nicht erfasst werden.

Angenommen wurde, dass bei bedecktem Himmel kein Effekt hinsichtlich eines möglichen Überstrahlens nachgewiesen werden kann und damit die Position des Vogels relativ zur Sonne keinen Einfluss auf die Detektionsleistung von IDF haben sollte. Besonders stark hingegen sollte sich der Effekt bei klarem Himmel bemerkbar machen.

Um diese Angabe zu überprüfen, wurde der Einfluss des Sonnenstandes auf die Detektionsleistung von IDF am Standort Bütow im Jahr 2020 untersucht. Hierzu wurde die jeweilige Wettersituation minütlich mit einer Kamera (GoPro Hero 7 Black) fotografiert (Abbildung 37). Aus diesen Daten wurden, für einen Zeitraum von 19 Tagen, Zeiträume mit bedecktem Himmel (60 Stunden) und Zeiträume mit klarem Himmel (112 Stunden) identifiziert.

Um den Einfluss des Sonnenstandes auf die Detektionsleistung zu ermitteln, wurde für beide Bewölkungssituationen der minimale Differenzwinkel des jeweils ersten Punktes einer Flugbahn zur Position der Sonne berechnet und auf Unterschiede zwischen dem minimalen Differenzwinkel bei bedecktem bzw. bei klarem Himmel untersucht. Zu beachten ist dabei, dass aus geometrischen Gründen keine gleichmäßige Häufigkeitsverteilung angenommen werden kann. Außerdem wird die Häufigkeitsverteilung von der Verteilung der Vögel im Raum sowie vom Verlauf des Sonnenstandes beeinflusst. Beispielsweise sind sehr große Differenzwinkel nahe 180° selten und können nur zu Sonnenauf- oder Sonnenuntergang auftreten, wenn sich zu diesem Zeitpunkt der Vogel in entgegengesetzter Richtung zur Sonne am Horizont befindet. Später am Tag können derart große Differenzwinkel hingegen nicht mehr auftreten, der Differenzwinkel würde sich rechnerisch in entgegengesetzter Richtung unterhalb des Horizontes befinden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 37: Bilder der Wetterkamera in Bütow vom 14. Juni 2020, links um 8:23 Uhr bei bedecktem Himmel, rechts um 18:20 Uhr bei klarem Himmel.

4.3.3 Klassifizierung

Grundlage für die Beurteilung der Klassifizierungsleistung sind die von IDF gespeicherten Fotos, die für die sekundlich erfassten Datenpunkt vorliegen. Hierzu wurden insgesamt 863.100 Einzelpositionen aus 39.782 Tracks ausgewertet (Tabelle 5).

Aus den Untersuchungen der Jahre 2018 und 2019 an den Standorten Helfta, Plate, Lübesse und Gerbstedt wurden sämtliche erfassten Tracks durch Ornithologen der ARSU GmbH bzw. der OekoFor GbR nachbestimmt (Tabelle 6, Kapitel 5.1). An den Standorten des Jahres 2020 (Bütow und Geislingen) wurde eine derart hohe Flugaktivität verzeichnet, dass nicht mehr alle Fotos gesichtet werden konnten und hier lediglich eine zu den Vorjahren vergleichbare Anzahl an Tracks nachbestimmt wurde. In Geislingen wurden insgesamt 10 Tage zwischen dem 20.04. und dem 18.05.2020 ausgewertet, für Bütow 18 Tage zwischen dem 13.05. und 08.06.2020. Eine ausreichend große Stichprobe konnte für alle Erfassungsjahre sichergestellt werden (Tabelle 5). Für sämtliche Nachbestimmungen wurde das Software-Tool vilInspector des IDF-Herstellers verwendet.

Dieses Software-Tool ermöglichte es, die von IDF als Track zusammengefassten Datenpunkte (siehe Kapitel 2.2.1) gesammelt zu bewerten. Da Datenpunkte als Track zusammengefasst werden, die zeitlich und räumlich nah aneinander liegen und sich hinsichtlich der Flugrichtung sehr ähneln, konnte es jedoch auch vorkommen, dass IDF Flugbahnen verschiedener Vögel zu

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

einem Track zusammengefasst hat, wenn die Individuen sehr dicht beieinander geflogen sind. Diese vermischten Tracks wurden bei der Bewertung der Klassifizierung entsprechend der detektierten Vögel aufgeteilt.

Tabelle 5: Datengrundlage zur Klassifizierungsleistung von IDF

	Tracks	Einzelpositionen
Helfta	10.072	248.287
Plate	8.120	149.707
Lübesse	5.554	86.014
Gerbstedt	4.711	105.118
Bütow	4.673	145.100
Geislingen	6.652	128.874
Gesamt	39.782	863.100

Für die Beurteilung der Klassifizierungsleistung wurden zwei Entfernungsradien um IDF untersucht, einmal bis 250 m, was ca. dem Radius des inneren Abstandszyinders um die WEA entspricht. Zum anderen bis 750 m, was der Erfassungsreichweite für IDF laut Hersteller bzw. dem Radius des äußeren Abstandszyinders entspricht.

4.3.4 Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung

Für die Prüfung auf Wirksamkeit und Effizienz der von IDF generierten Abschaltungen wurden ausschließlich Tracks nachbestimmter Rotmilane herangezogen, bei denen eine Abschaltung durch das Passieren des inneren Abstandszyinders ausgelöst wurde.

Abschaltungen aufgrund der Detektion eines Rotmilans im äußeren Abstandszyinder wurden nicht weiter betrachtet, da hier das Generieren der Abschaltung auf einer Vorhersage des Algorithmus beruht („Kollisionskurs“, basierend auf dem Flugverhalten und der Fluggeschwindigkeit des Vogels, siehe Kapitel 2.3), was nicht im Einzelnen überprüft werden konnte. Aus diesem Grund wurden hier nur diejenigen Abschaltungen geprüft, die auf dem tatsächlich eingetreten Kriterium – Zielart befindet im inneren Abstandszyinder – beruhen, insbesondere auch weil es sich hierbei um obligatorische Abschaltungen handelt, nicht um fakultative wie im äußeren Zylinder.

Auf Basis der ermittelten Position des Vogels (Distanz zur WEA und Flughöhe) zum Zeitpunkt der Abschaltung konnte errechnet werden, in wie vielen Fällen die Abschaltung noch außerhalb

des inneren Abstandszyinders, beim Eintritt in den inneren Abstandszyinder oder erst innerhalb des inneren Abstandszyinders erfolgte.

Für den Fall „Abschaltung bei Eintritt in den inneren Abstandszyinder“ ist zu beachten, dass IDF erst dann eine Abschaltung generieren kann, wenn die Zielart (hier der Rotmilan) im inneren Abstandszyinder detektiert wurde, was bedeutet, dass sich die Zielart für mindestens einen Datenpunkt bereits im inneren Abstandszyinder befunden haben muss. Aus diesem Grund wurden für den Fall „Abschaltung bei Eintritt in den inneren Abstandszyinder“ 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 Abstandszyinders hin zur WEA. Für den horizontalen Puffer wurden 25 m, für den vertikalen Puffer 10 m festgesetzt. Bei einer mittleren Fluggeschwindigkeit von 8,5 m/s (siehe Kapitel 4.3.5) entsprechen 25 m an horizontalen Puffer einem zeitlichen Puffer von etwa 3 s. Innerhalb dieser Zeit kann das IDF-System ein Flugobjekt detektieren, klassifizieren und ggf. eine Abschaltung initiieren.

4.3.5 Flugverhalten Rotmilan

Die durch das IDF ermittelten Positionen der Rotmilane erlauben es, die Flugbahnen der erfassten Vögel räumlich und zeitlich detailliert nachzuvollziehen (Abbildung 38 bis Abbildung 40, siehe auch Kapitel 5.2). 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 Abstandszyinder (siehe Kapitel 2.3) abgeleitet werden.

Das IDF-System erfasst Rotmilane 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. Dies bedingt, dass die auf den IDF-Daten basierende Flughöhenverteilung nicht direkt mit derjenigen vergleichbar ist, die anhand von telemetrierten Vögeln ermittelt wurde, da vom IDF-System priorisierte Höhenbereiche überrepräsentiert sind.

Die von IDF berechnete Flughöhe bezieht sich jeweils auf die Flughöhe relativ zur Höhe der Stereokamera (4 m bis 10 m, je nach Standort). Dies 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 oder realen WEA nur um wenige Meter, wenn überhaupt, 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 die Flughöhe über der Kamera mit der Höhe über Grund gleichgesetzt. An Standorten, an denen sich die Höhen zwischen IDF-System und WEA stärker unterscheidet, ist dies jedoch bei der Bestimmung der Flughöhen zu berücksichtigen.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

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

Ein IDF Track setzt sich aus der Gesamtheit aller Datenpunkte zusammen, die IDF einem einzelnen Flugobjekt zuordnet (siehe Kapitel 2.2.1). Für die Berechnung der Fluggeschwindigkeit des Rotmilans 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 in Abbildung 38 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 38).

Des Weiteren wurden nur Tracks für die Berechnungen verwendet, in denen für die einzelnen Datenpunkte Geschwindigkeiten von $< 40 \text{ m/s}$ (144 km/h) ausgegeben wurden. Bei Geschwindigkeiten $\geq 40 \text{ m/s}$ 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.

Da die berechnete Flughöhe und Geschwindigkeit aus technischen Gründen zwischen den einzelnen Punkten stark schwanken kann, 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 76.175 gemittelte Flughöhen und Geschwindigkeiten berechnet. Das entspricht mehr als 20 Stunden kontinuierlicher, sekundlicher Aufzeichnung, verteilt über die verschiedenen Rotmilan-Individuen der sechs Untersuchungsgebiete.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

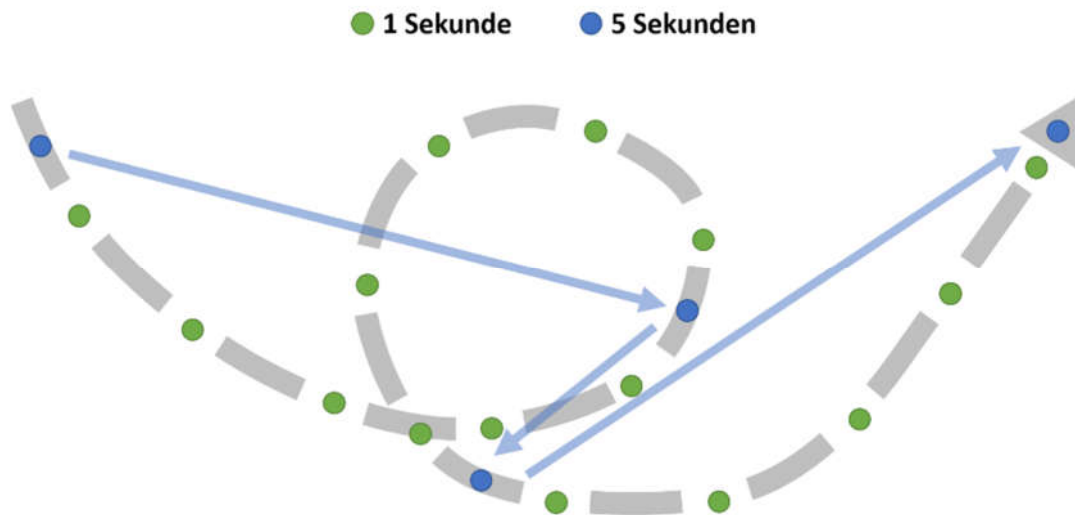


Abbildung 38: Schematische Skizze einer Flugbahn (grau-gestrichelte Linie), welche sekundlich (grüne Punkte) oder alle 5 Sekunden (blaue Punkte) erfasst wurde. Die blauen Pfeile zeigen die direkte Strecke zwischen den blauen Messpunkten, diese bildet jedoch nicht den tatsächlich zurückgelegten Weg des Vogels ab, weshalb nur Datenpunkte mit max. 1,5 s Abstand für die Berechnung der Fluggeschwindigkeit verwendet wurden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

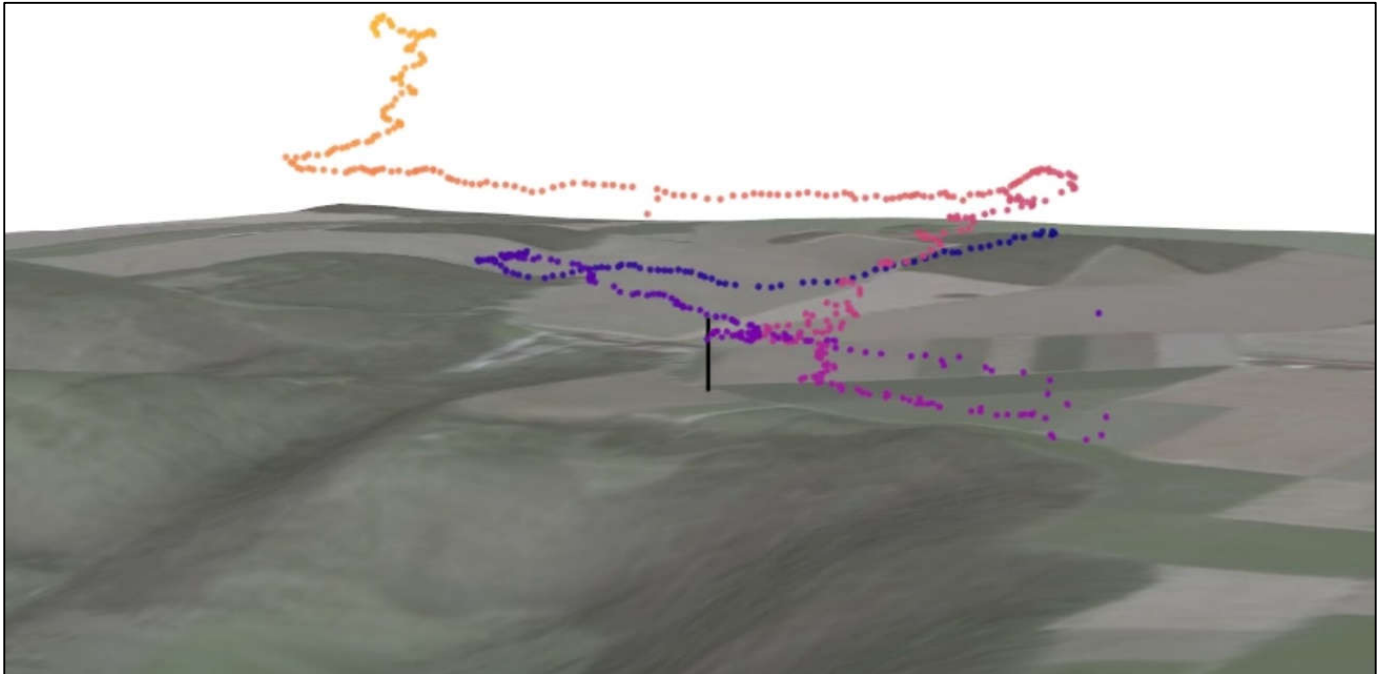


Abbildung 39: 3D Darstellung einer Rotmilan-Flugbahn. Die Flugbahn setzt sich aus 627 Einzeldetektionen zusammen. Der schwarze Strich im Zentrum markiert die Position des IDF Systems (nicht maßstabsgetreu). Standort Geislingen, 03.06.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

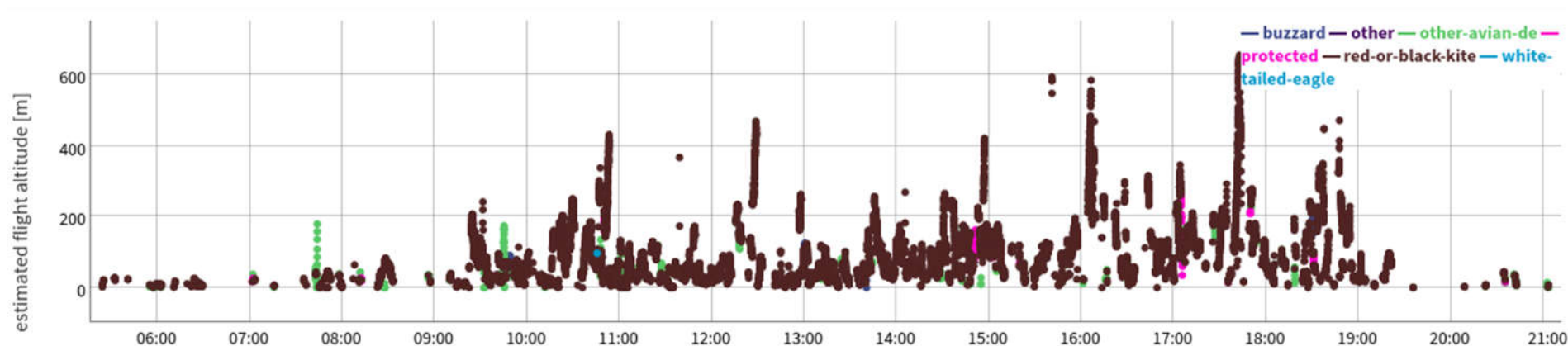


Abbildung 40: Typische Höhenverteilung von Tracks von durch IDF bestimmten Rotmilanen. Gut zu erkennen ist die vertikale Verteilung der Tracks, welche zur Bestimmung der Flughöhen genutzt wurde. Datengrundlage: alle Rotmilanpunkte eines Beispieltages am Standort Geislingen, 01.06.2020.

5 Ergebnisse

5.1 Erzielte Datengrundlage

Insgesamt wurden in dieser Studie an den sechs Untersuchungsstandorten 77.254 Flugwege (Tracks) detektierter Flugobjekte von IDF aufgezeichnet. In der Summe ergeben alle Tracks über 1,8 Mio. Datenpunkte. Eine Nachbestimmung aller Tracks war aufgrund der Datenfülle an den Standorten Bütow und Geislingen nicht möglich (siehe Kapitel 4.3.3). Sicher nachbestimmt wurde der Rotmilan in 8.522 Tracks, womit 275.394 Datenpunkte für diese Art gesammelt werden konnten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Anzahl ausgewerteter Tracks und Einzelpunkte für die Klassifizierungsleistung von IDF.

	Gesamtdaten		Nachbestimmte Rotmilane	
	Tracks	Einzelpositionen	Tracks	Einzelpositionen
Helfta	10.072	248.287	1.963	69.429
Plate	8.120	149.707	1.379	35.077
Lübesse	5.554	86.014	989	21.880
Gerbstedt	4.711	105.118	1.079	34.403
Bütow	22.417	442.966	1.813	43.243
Geislingen	26.380	806.798	1.299	71.362
Gesamt	77.254	1.838.890	8.522	275.394

Die von IDF gesammelten Daten liegen als Punktinformationen im dreidimensionalen Raum vor. Betrachtet man in einer Aufsicht die horizontale Verteilung der Positionen aller erfassten Vögel um ein installiertes IDF-System, so zeigt sich, dass die örtliche Verteilung der Vogelaktivität zwischen den Standorten deutliche Unterschiede aufweist (Abbildung 41). So lag zum Beispiel in Plate ein Bereich mit besonders hoher Vogelaktivität nördlich und weiter südlich von IDF. Diese Informationen geben Aufschluss über besonders stark frequentierte Bereiche im Umfeld von IDF und lassen zudem Rückschlüsse auf die generelle horizontale Erfassungsreichweite von IDF zu.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

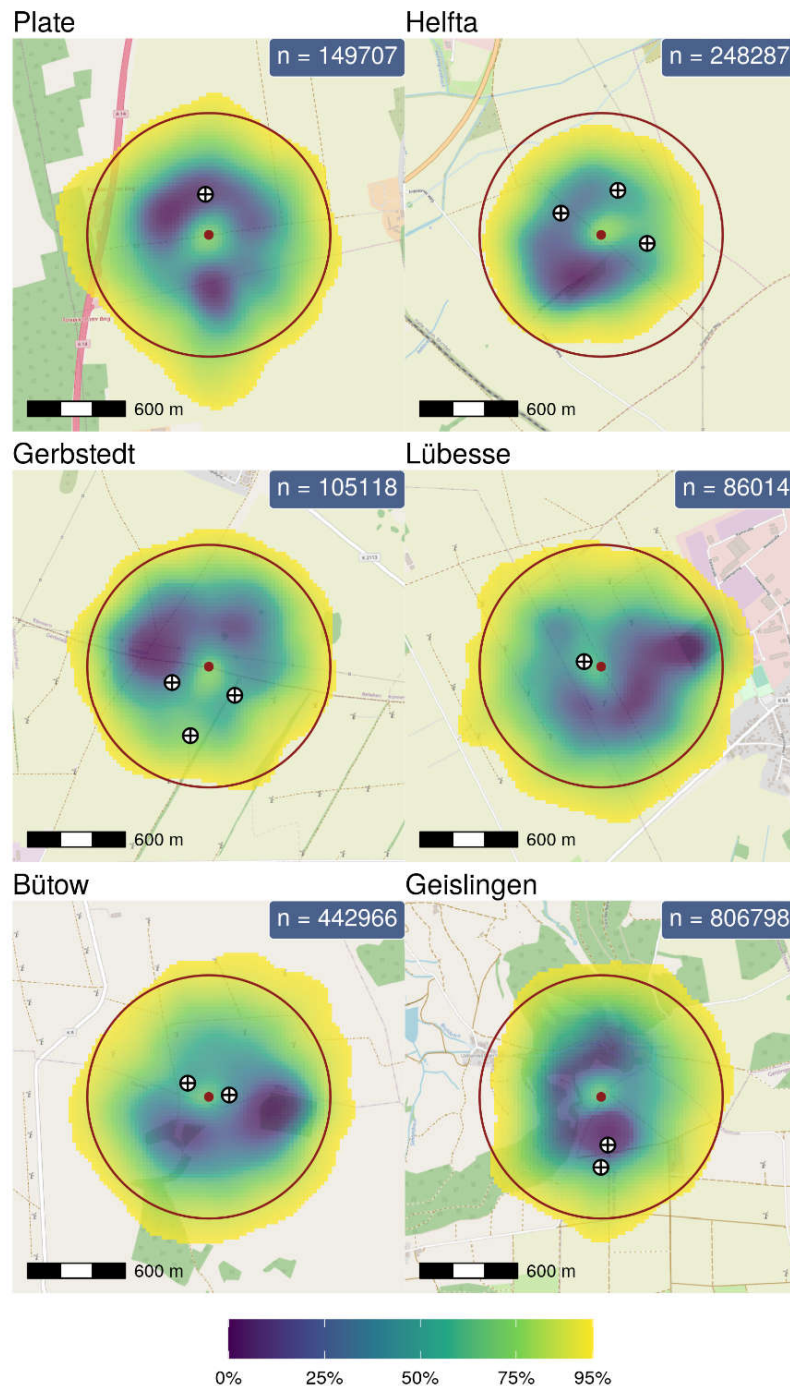


Abbildung 41: Kerndichteschätzung der Ortungen aller von IDF aufgezeichneten Flugbahnen (alle Vogelarten). Je dunkler die Farbe desto höher war die von IDF erfasste Aktivität. Der Farbverlauf ist dabei kumulativ zu lesen, so dass zum Beispiel 50 % der gemessenen Aktivität in den Bereichen auftrat, die die Farben von 0 % bis 50 % aufweisen. Das installierte IDF-System ist als roter Punkt und der 750 m Radius um IDF als roter Kreis markiert. Die virtuellen oder tatsächlichen WEA sind mit schwarz-weißen Symbolen gekennzeichnet.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Betrachtet man die Verteilung der erfassten Rotmilane aus der Position von IDF in horizontaler und vertikaler Richtung, lassen sich detaillierte Ansichten über die Flugaktivität des Rotmilans in alle Richtungen um IDF generieren, allerdings ohne Kenntnis der jeweiligen Entfernung zu IDF. Außerdem ist zu beachten, dass durch die zweidimensionale Projektion einer „Kuppel“ um IDF die Darstellung mit steigendem Steigungswinkel zunehmend verzerrt wird und hierdurch die Punktwolken bei gleicher Aktivität weniger dicht erscheinen (Abbildung 42 und Abbildung 43).

Am Standort Helfta ist eine starke Konzentration der erfassten Rotmilanaktivität im südöstlichen Bereich flach über dem Horizont feststellbar. In diesem Bereich befindet sich ein kleines Wäldchen, in dem zeitweise Aas lag, von dem eine hohe Attraktionswirkung ausging. In Lübesse lässt sich eine Verdichtung der Flugaktivität über dem dortigen Brutwald im Osten erkennen (Entfernung ca. 700 m, vgl. Abbildung 12). Eine ähnlich auffällige Verdichtung der Flugaktivität ist auch am Standort Bütow erkennbar, wobei hier die Waldfläche mit dem Brutplatz eines Rotmilanpaares nur ca. 400-500 m entfernt ist. In Geislingen zeigt sich eine generell gehäufte Aktivität im Norden (linker und rechter Bildrand), an dieser Stelle befindet sich der Brutplatz in nur 250 m Entfernung. Dazu kommt eine erkennbare Konzentration im Süden. Dort häuften sich Jagdaktivitäten rund um einen Schweinestall (vgl. auch Abbildung 51).

Erkennbar werden dabei ebenso die absoluten Unterschiede in der Rotmilan-Flugaktivität mit insgesamt deutlich höherer Punktdichte in Helfta, Bütow und Geislingen gegenüber geringeren Dichten in Plate, Gerbstedt und Lübesse.

Alle Standorte wiesen insgesamt eine ausreichend hohe Rotmilanaktivität auf, um dort die Untersuchungen zur Wirksamkeit von IDF hinsichtlich des Rotmilans durchführen zu können.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

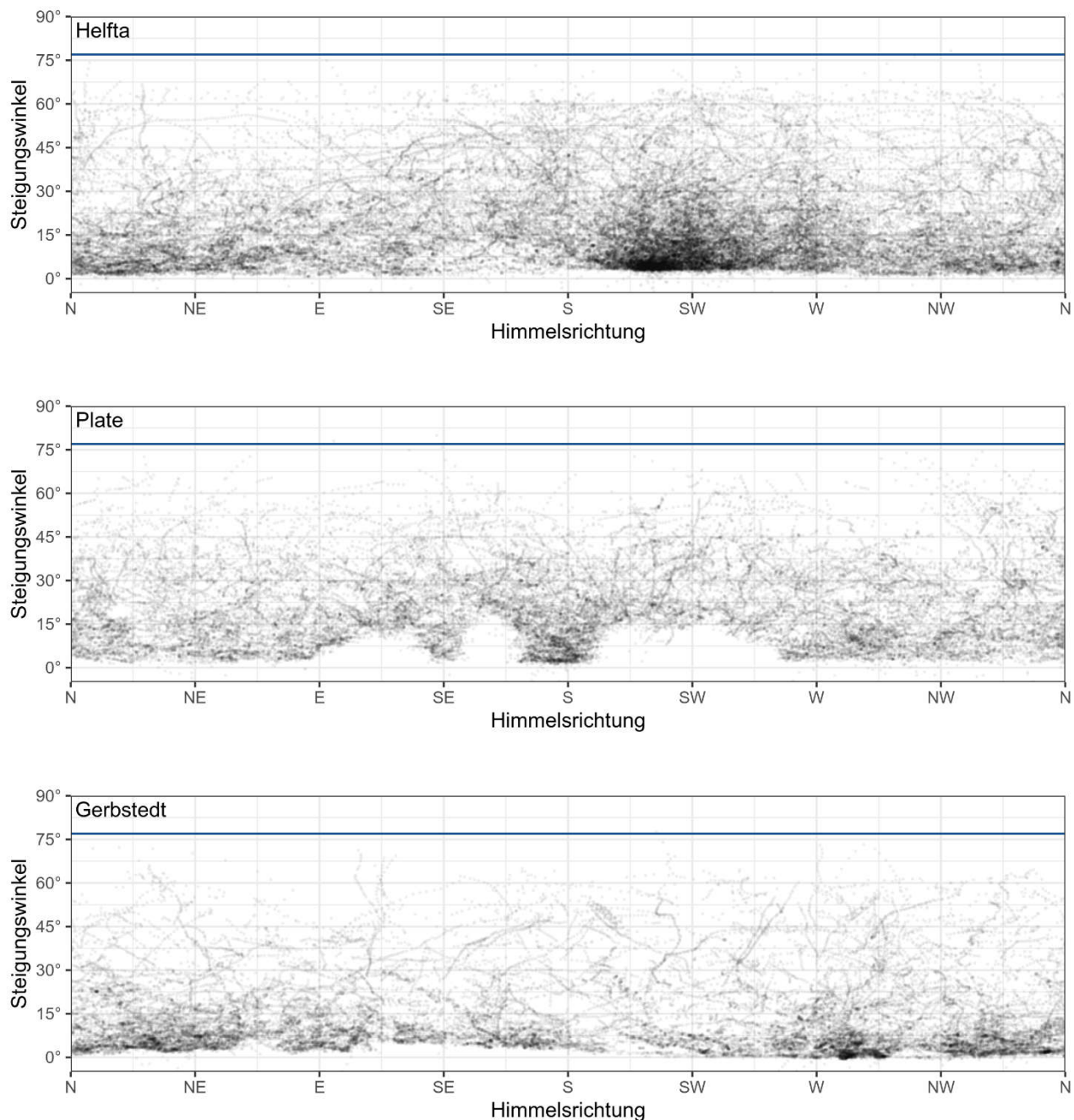


Abbildung 42: Rotmilan-Aktivität an den Standorten Helfta, Plate und Gerbstedt. Die Grafiken zeigen sämtliche Positionen der von IDF erfassten Milane (Red-Black-Kite) über Himmelsrichtung und den Steigungswinkel. Der maximale Steigungswinkel der IDF-Stereokamera von 77 ° ist mit einer blauen Linie markiert.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

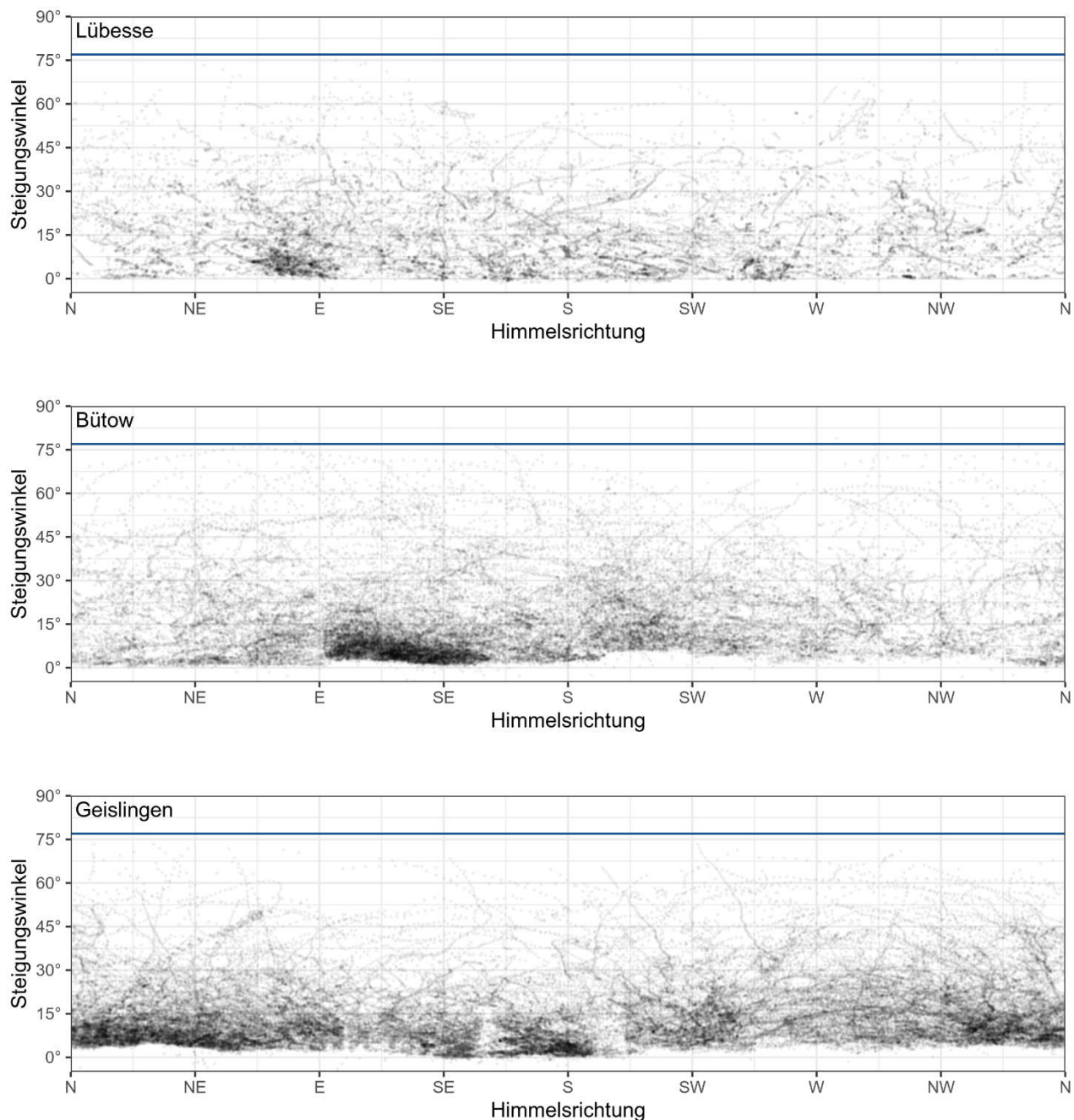


Abbildung 43: Rotmilan-Aktivität an den Standorten Lübesse, Bütow und Geislingen. Die Grafiken zeigen sämtliche Positionen der von IDF erfassten Milane (Red-Black-Kite) über Himmelsrichtung und den Steigungswinkel. Der maximale Steigungswinkel der IDF-Stereokamera von 77 ° ist mit einer blauen Linie markiert.

5.2 Genauigkeit der Verortung

5.2.1 GPS-Daten einer Drohne

Die von IDF aufgezeichneten Flugbahnen der Drohne zeigen insgesamt eine sehr hohe Übereinstimmung mit den GPS-Punkten der Drohnenflüge. Unterschiede in der Genauigkeit hinsichtlich der zwei getesteten Flughöhen (50 m und 100 m) bestehen nicht (Abbildung 44 und Abbildung 45).

Horizontal beträgt der Median der Abweichung der IDF-Messpunkte von den GPS-Drohnenpositionen rd. 8 m. Dieses Ergebnis entspricht dem erwarteten Fehler der GPS-Verortung der Drohne in Kombination mit der Messgenauigkeit von IDF von $\pm 5\%$ (Abbildung 45).

Vertikal ist der Median der Abweichung der IDF-Messpunkte von den GPS-Drohnenpositionen sogar deutlich geringer und beträgt zwischen 1,7 m und 3,2 m (Abbildung 45). Angesichts dieser hohen Übereinstimmung ist bemerkenswert, dass IDF nicht auf die Drohne als Zielart trainiert worden war.

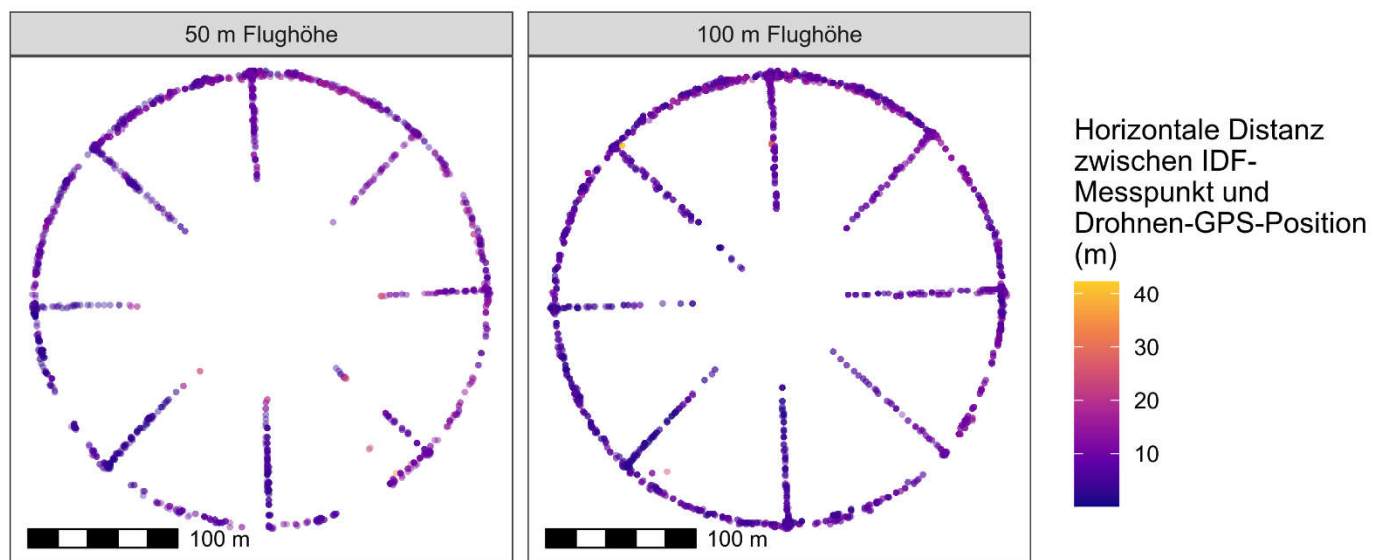


Abbildung 44: Verortungen der Drohne durch das IDF in unterschiedlichen Flughöhen (50 m und 100 m). Der Farbverlauf zeigt hierbei die Differenz der horizontalen Positionsbestimmung durch IDF zur GPS-Position der Drohne. Der Radius der Flugbahnen beträgt 150 m.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

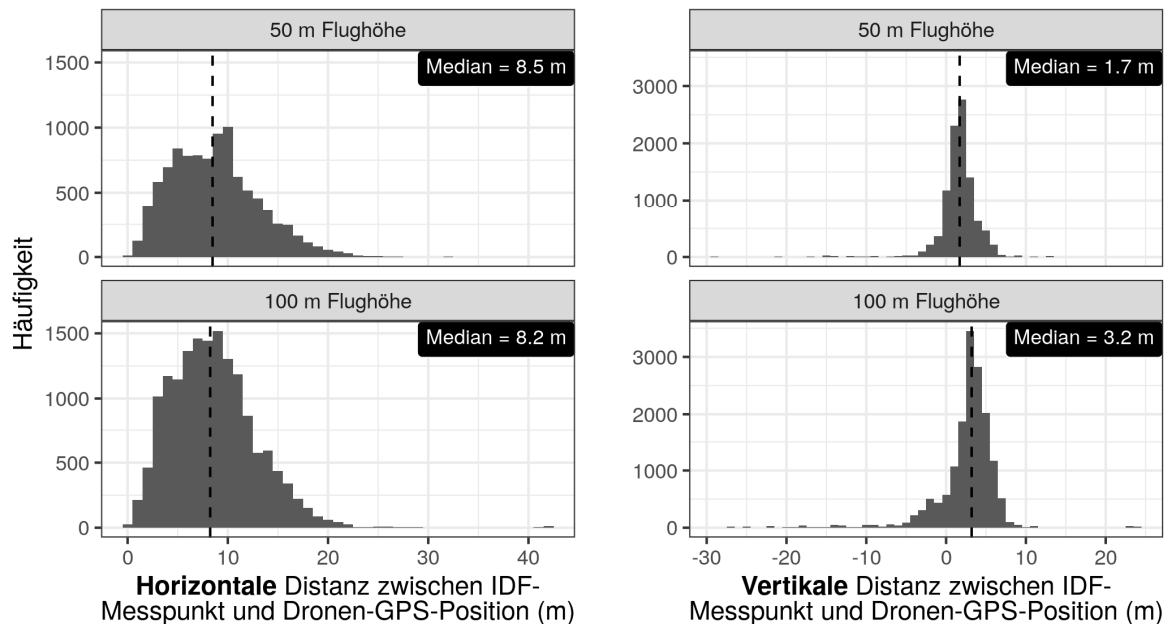


Abbildung 45: Abweichung zwischen der GPS-Position der Drohne von der horizontalen (links) und der vertikalen (rechts) Verortung durch IDF für zwei unterschiedliche Flughöhen (50 m und 100 m).

5.2.2 Laser-Range-Finder-Daten und GPS-Daten des besenderten Rotmilans

Der Abgleich von Flügen des Rotmilans, welche durch Referenzsysteme erfasst wurden und Daten der LRF-Erfassungen sowie des GPS-Senders vom Rotmilan „Donzi“ umfassen, dienen in erster Linie der Ermittlung der Erfassungsrate und nicht der Verortungsgenauigkeit.

Betrachtet man die Übereinstimmung der IDF-Verortungen zu den Daten des LRF, so zeigt sich, dass die IDF-Daten teilweise eine hohe Lagegenauigkeit hinsichtlich der Lokalisierungen des LRF aufweisen (Abbildung 46). In solchen Fällen erlaubte die hohe Übereinstimmung des IDF mit dem LRF eine eindeutige Beurteilung, ob der durch das LRF erfasste Vogel auch von IDF erfasst wurde.

Durch Störungen des elektronischen Kompasses zur Azimut-Bestimmung kann es beim LRF jedoch leicht zu Winkelversätzen bei Verortungen durch das LRF kommen (Abbildung 47 und Abbildung 48). Die Beurteilung, ob es sich um den gleichen Vogel handelt, hängt von der jeweiligen Datenlage ab. Die Beispiele in Abbildung 47 und Abbildung 48 zeigen für IDF sowie den LRF zeitgleiche Flugwege mit ausreichend Einzelverortungen, um daraus schließen zu können, dass es sich um denselben Vogel handeln muss. War dies nicht der Fall, weil z. B. nur wenige Punkte ohne zeitliche Überlappung vorlagen, und gab es zusätzlich einen Winkelversatz (welcher in einem solchen Fall nicht erkennbar wäre), konnte nicht beurteilt werden, ob es sich um den gleichen Vogel handelte und es musste angenommen werden, dass IDF den vom LRF

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

erfassten Vogel nicht detektiert hat. Solche Fälle traten besonders häufig am Standort Lübesse auf, weshalb die LRF-Daten an diesem Standort nicht als Referenzdaten für die Erfassungsrate verwendet werden konnten.

Betrachtet man die Genauigkeit der Verortung im Vergleich zum GPS-Sender, so zeigt sich, dass die IDF-Daten eine hohe Übereinstimmung mit den GPS-Daten aufweisen (Abbildung 49 und Abbildung 50). Die Ermittlung der Flughöhe ist teilweise übereinstimmend (Abbildung 49), teilweise weichen allerdings die Flughöhen zwischen IDF-Daten und GPS-Daten deutlicher ab (Abbildung 50). Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Höhenermittlung bei GPS-Sendern relativ ungenau sein kann. Die hohe Übereinstimmung zwischen den IDF-Daten mit den Daten des GPS-Senders machte eine Beurteilung, ob es sich bei dem von IDF erfassten Vogel um „Donzi“ handelte, sehr zuverlässig.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

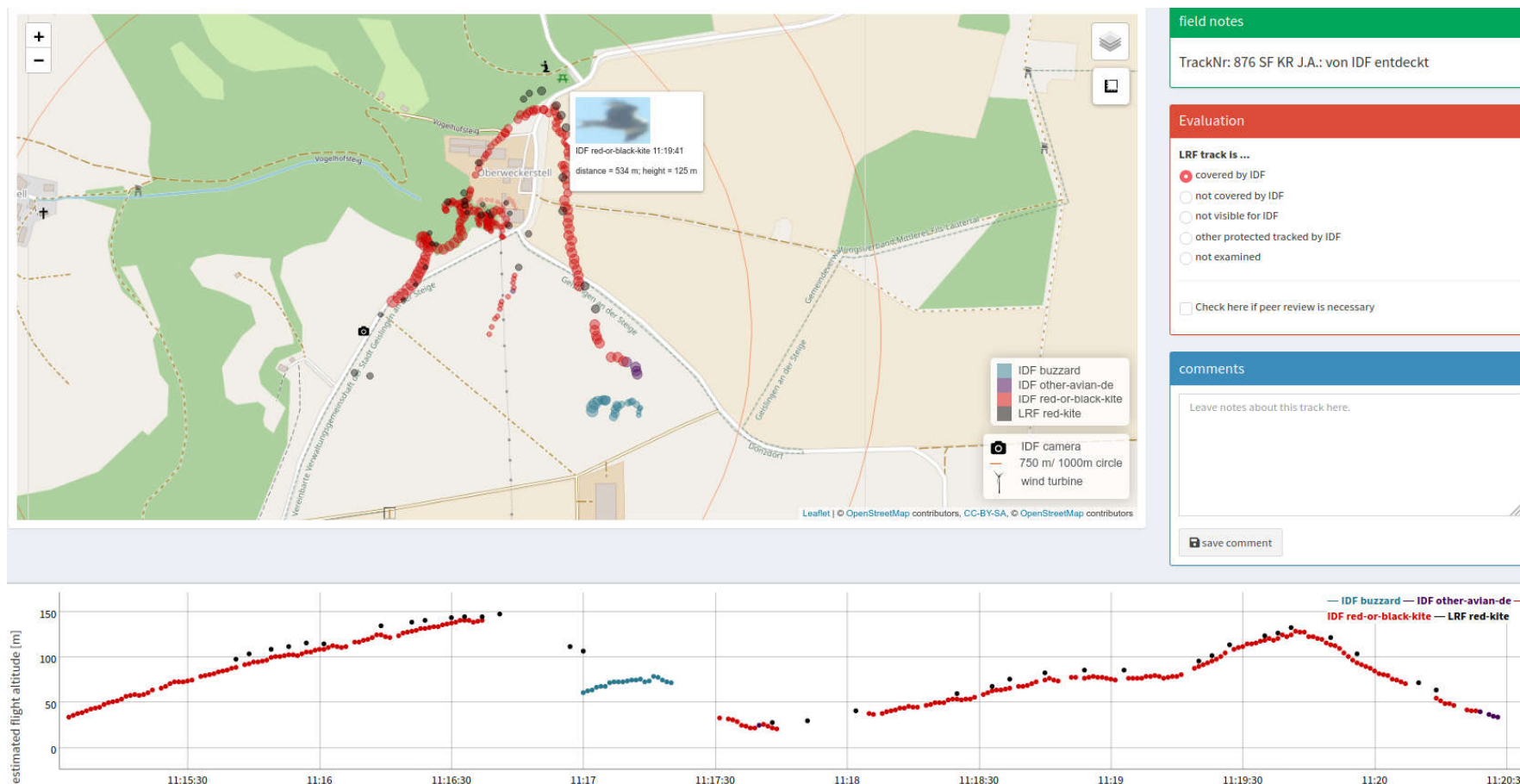


Abbildung 46: Beispiel für die Genauigkeit der Erfassung mittels LRF: der aufgenommene Flugweg wurde auch von IDF erfasst. Vertikal liegen die Datenpunkte sehr gut übereinander, horizontal besteht ein leichter Versatz, der auf einem Azimut-Versatz des LRF beruht. Standort Geislingen, 06.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

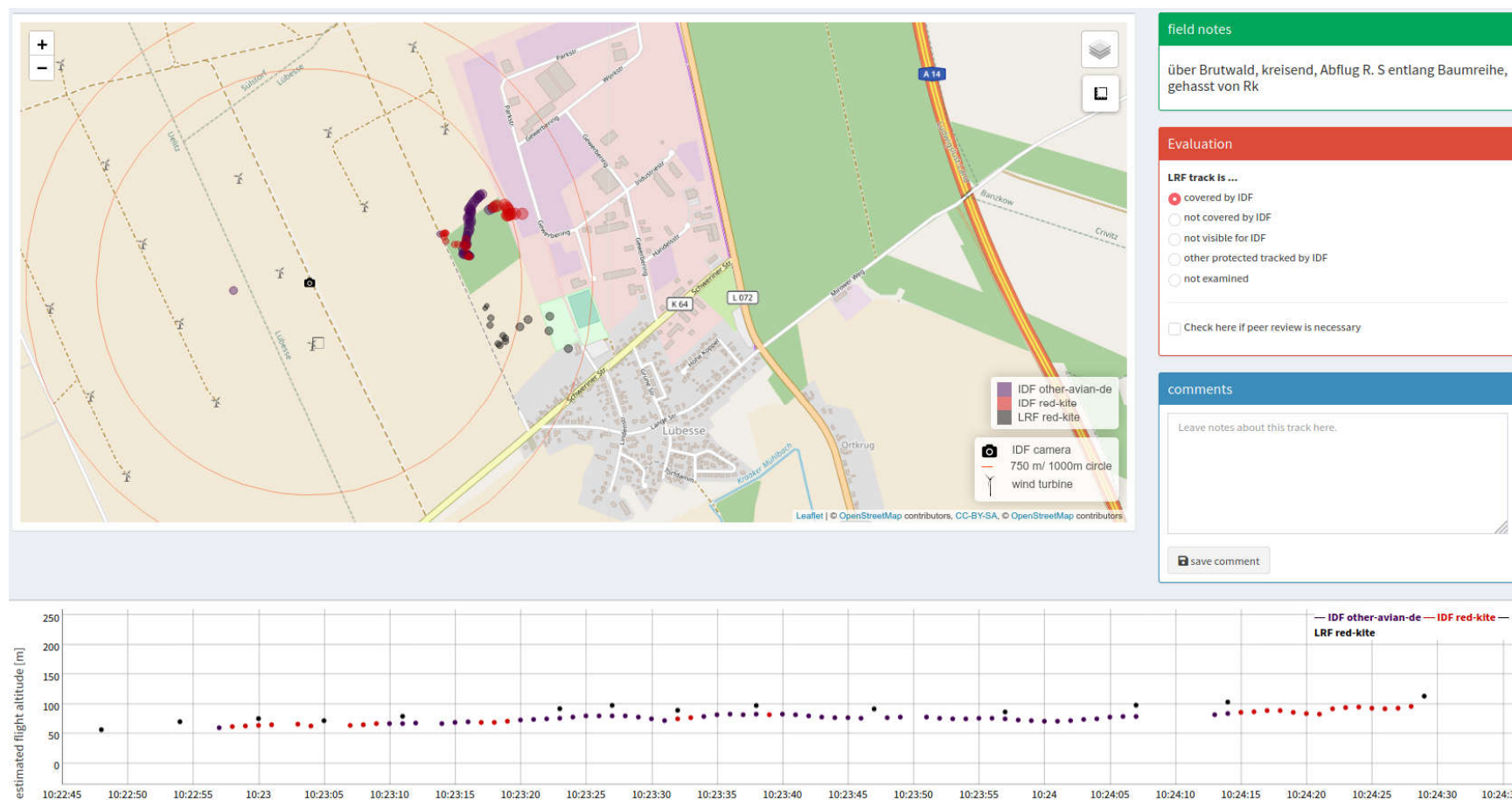


Abbildung 47: LRF- und IDF-Tracks mit deutlichem Winkelversatz am Standort Lubesse. Der Versatz wird in diesem Beispiel durch die ähnlich verlaufenden Flugbahnen und den Kommentar zur LRF-Erfassung sichtbar. Standort Lubesse, 18.09.2029.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

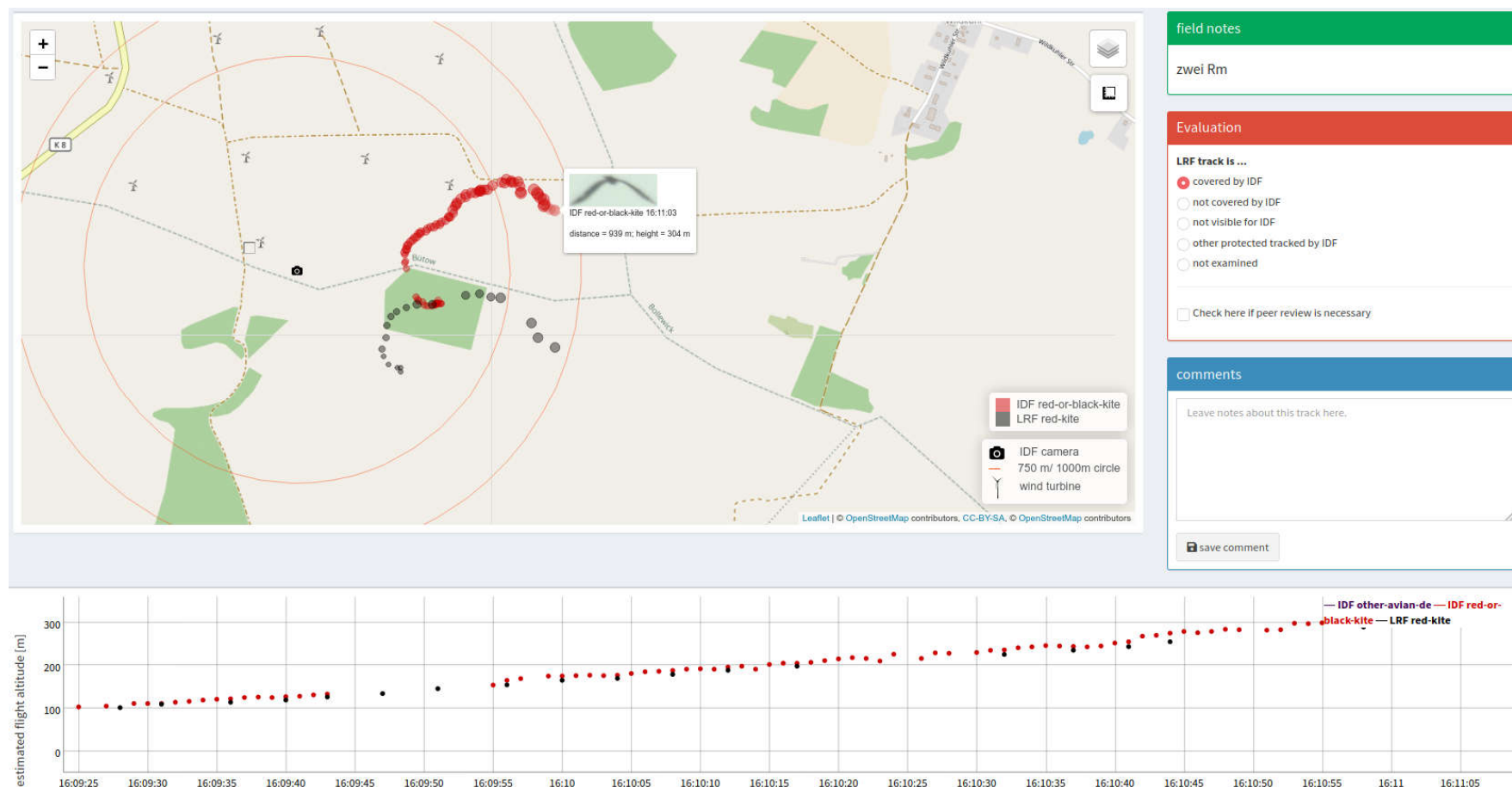


Abbildung 48: LRF- und IDF-Track mit Winkelversatz am Standort Bütow. Auch in diesem Beispiel ist der Versatz durch die ähnlich verlaufenden Flugbahnen und die übereinstimmende Höhenverteilung gut zu erkennen. Standort Bütow, 13.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

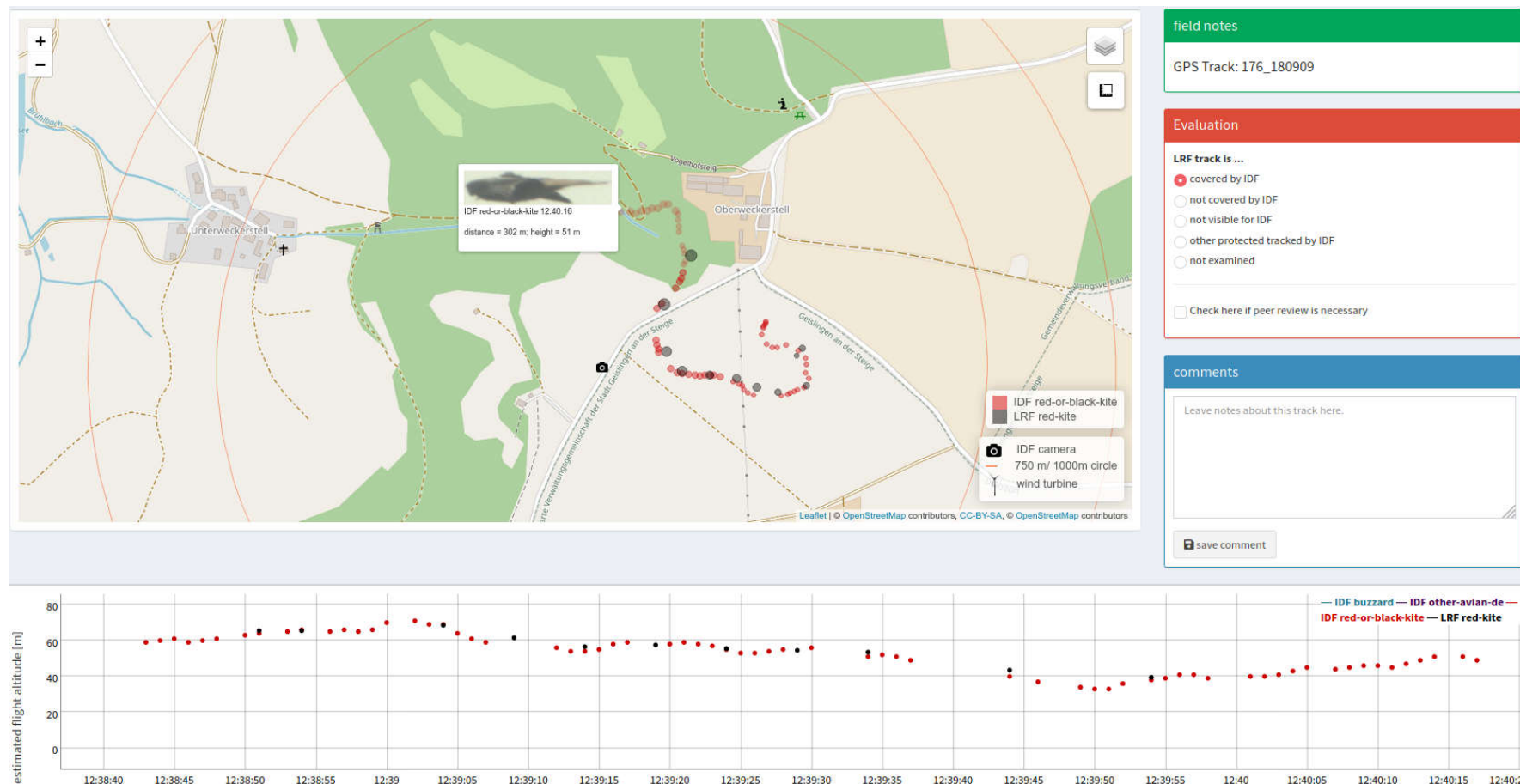


Abbildung 49: GPS- und IDF-Track eines Rotmilans mit hoher räumlicher Verortungsgenauigkeit. Standort Geislingen, 19.04.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

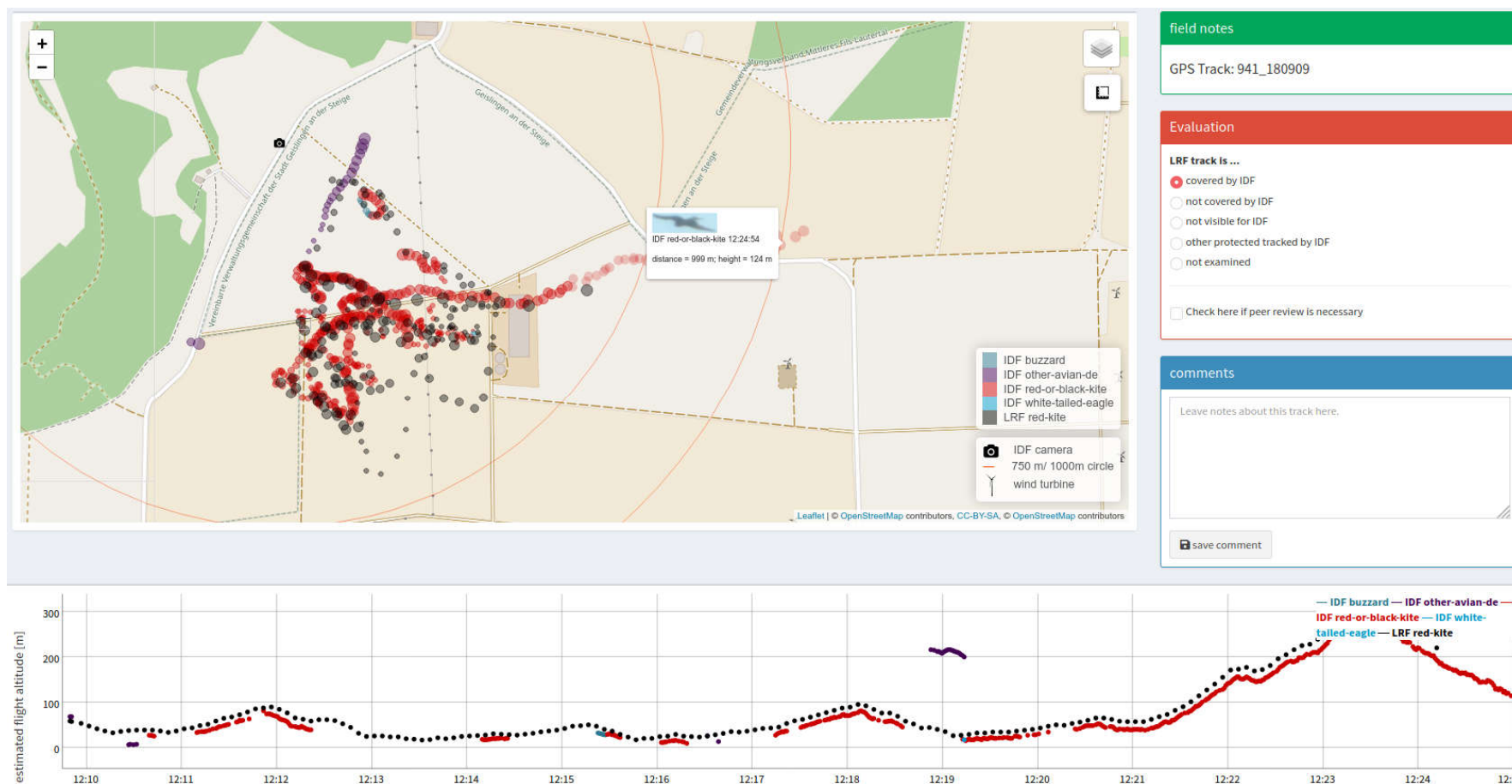


Abbildung 50: GPS- und IDF-Track eines Rotmilans mit hoher räumlicher Verortungsgenauigkeit, jedoch unterschiedlicher Höhenbestimmung. Das GPS verortet den Vogel höher als das IDF. Standort Geislingen, 07.05.2020.

5.3 Erfassungsreichweite

Die Erfassungsreichweite von IDF für die sichere Detektion von Rotmilanen wurde aus insgesamt 275.394 Einzelpositionen von nachbestimmten Rotmilanen berechnet. Die für den Rotmilan angegebene Erfassungsreichweite von 750 m deckt sich gut mit der 95 % Kernel-Verteilung basierend auf der vorhandenen Datenlage und geht insgesamt betrachtet sogar darüber hinaus (Tabelle 7 und Abbildung 51). Hierbei spielt jedoch die Verteilung der Rotmilane in der das IDF-System umgebenden Landschaft eine große Rolle. In Lübesse befand sich der Brutwald in ca. 700 m Distanz, in Bütow in ca. 300 m Distanz jeweils östlich von IDF, wodurch es jeweils in diesen Bereichen zu einer besonders hohen Flugaktivität und folglich zu mehr Erfassungen in dieser Entfernung kam (Abbildung 51). Insbesondere die Daten aus Lübesse zeigen im Vergleich deutlich, dass die dargestellten Verteilungen der Ortungspunkte unterhalb von 750 m Entfernung in erster Linie von der räumlichen Verteilung der Vogelaktivität abhängen und nicht von der Leistungsfähigkeit der Kamera in Bezug auf die Erfassungsreichweite.

In Tabelle 7 werden zusammenfassend die nachgewiesenen Erfassungsreichweiten für das 95 % und 99 % Perzentil sowie die maximal nachgewiesenen Distanzen für die horizontale Distanz, die vertikale Höhe über IDF und die radiale Distanz dargestellt. Hier zeigt sich, dass 95 % der Rotmilan-Aktivitäten innerhalb der horizontalen Distanz von 803 m detektiert wurden. Dieses Ergebnis übertrifft die vom Hersteller angegebenen 750 m Erfassungsreichweite für den Rotmilan.

Tabelle 7: Nachgewiesene Distanzen von nachbestimmten Rotmilanen.

	95% Perzentil	99% Perzentil	Maximale nachgewiesene Distanz
Horizontale Entfernung	803 m	1.006 m	1.199 m
Vertikale Höhe	407 m	599 m	1.103 m
Radiale Distanz	861 m	1.070 m	1.199 m

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

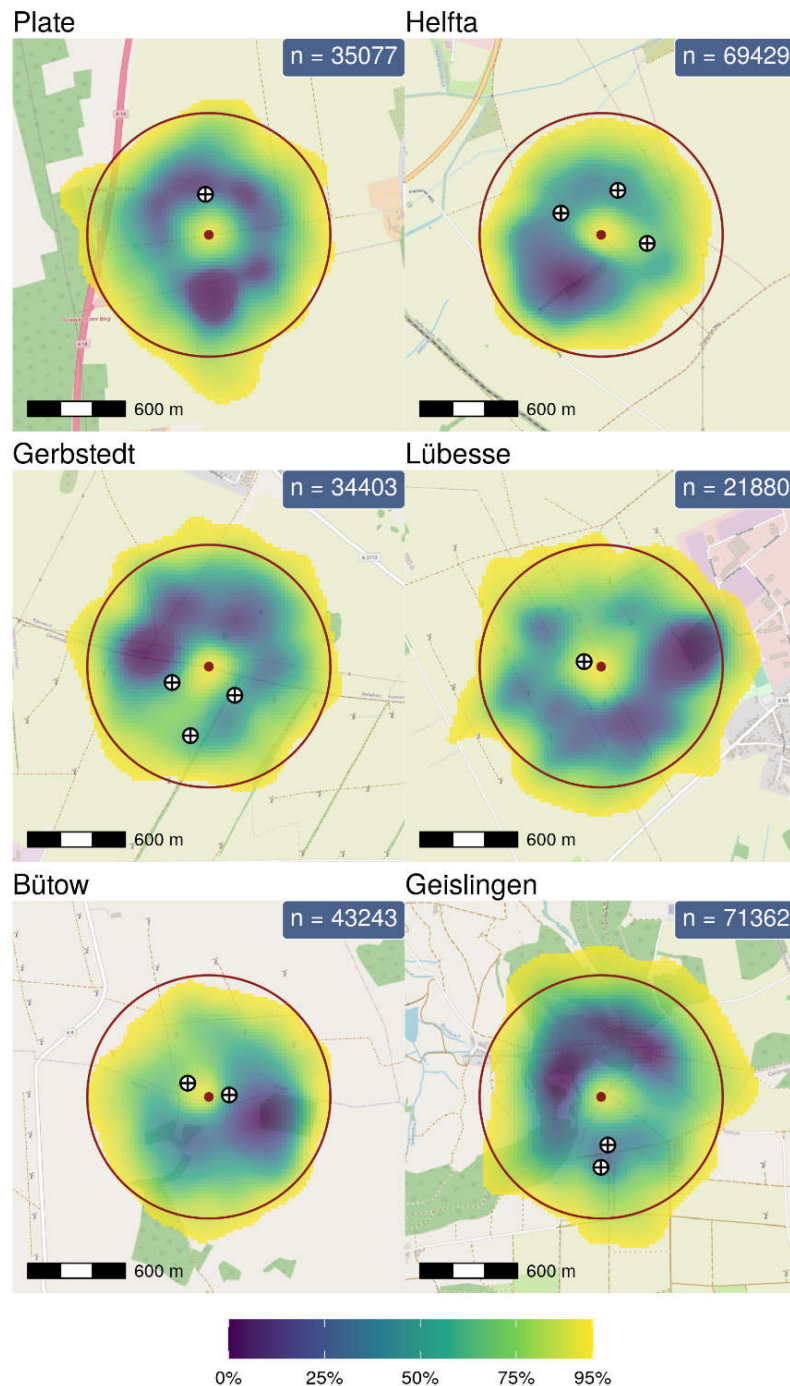


Abbildung 51: Kerndichteschätzung der Ortungen aller vom IDF aufgezeichneten Rotmilane. Je dunkler die Farbe desto höher war die von IDF erfasste Aktivität. Der Farbverlauf ist dabei kumulativ zu lesen, so dass zum Beispiel 50% der gemessenen Aktivität in den Bereichen auftrat, die die Farben von 0 % bis 50 % aufweisen. Das IDF-System ist als roter Punkt und der 750 m Radius um IDF als roter Kreis markiert. Die virtuellen oder tatsächlichen WEA sind mit schwarzweißen Symbolen gekennzeichnet.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

5.4 Erfassungsrate

5.4.1 Detektionsleistung in Bezug auf Referenzstichproben

Die Erfassungsrate von IDF wurde an allen sechs Standorten anhand der mit dem LRF vermessenen Flugbahnen sowie zusätzlich anhand der GPS-Daten des besenderten Rotmilans in Geislingen bestimmt. Dieser Datensatz an LRF- und GPS-Flugbahnen diente als Referenzstichprobe für die Ermittlung der Detektionsleistung von IDF, wobei nur als „gültig“ klassifizierte Flugbahnen verwendet und „ungültige“ Flugbahnen (nicht sichtbar für IDF bzw. IDF trackt zeitgleich einen anderen geschützten Vogel) ausgeschlossen wurden (Tabelle 4 und Kapitel 4.3.2).

Auf diese Weise konnte ein Referenzdatensatz bestehend aus 476 gültigen GPS-Flugbahnen und 626 gültigen LRF-Flugbahnen gebildet werden, was in der Summe 1.102 gültigen Referenz-Flugbahnen entspricht (Tabelle 8).

Besonders häufig wurde am Standort Geislingen der GPS-besenderte Rotmilan „Donzi“ als nicht sichtbar für IDF gewertet (140 von 668 Tracks) (Tabelle 8). Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieser Rotmilan im Bereich des Geofence oft sehr niedrig und unterhalb des Horizonts geflogen ist und somit für IDF nicht oder nur schwer sichtbar war (Abbildung 55). Auffällig ist zudem, dass an den Standorten Bütow und Geislingen, welche eine besonders hohe Flugaktivität aufwiesen, IDF verhältnismäßig oft andere Vögel als die vom LRF oder durch den GPS-Sender lokalisierten erfasst hat (Tabelle 8).

Tabelle 8: Herleitung der Referenzstichprobe der LRF- bzw. GPS-Tracks

Jahr	Standort	Methode	Anzahl Tracks	Nicht sichtbar	Anderer Vogel	Gültige Tracks
2018	Helfta	LRF	107	0	4	103
2018	Plate	LRF	65	9	4	52
2019	Gerbstedt	LRF	63	8	0	55
2020	Bütow	LRF	419	20	92	307
2020	Geislingen	LRF	115	3	3	109
2020	Geislingen	GPS	668	140	52	476
	Gesamt	LRF & GPS	1.437	180	155	1.102

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

In Abbildung 52 bis Abbildung 57 werden Beispiele von Referenzflugbahnen mit den von IDF aufgezeichneten Flugbahnen gezeigt. In den meisten Fällen wurden die Rotmilane der Referenzflugbahnen von IDF ebenfalls erfasst. In Abbildung 53 zeigt sich ein besonderer Fall, in dem IDF den Rotmilan „Donzi“ während der Verfolgung eines anderen Rotmilans erfasst. Hierbei schwenkt IDF innerhalb von 20 Sekunden von Südwesten nach Osten, erfasst den Rotmilan „Donzi“ für einen Punkt und schwenkt zurück zu dem vorher erfassten Rotmilan. Die Referenzflugbahn von „Donzi“ zeigt, dass er sich aus dem südlich vom IDF gelegenen Kollisionsbereich entfernte und vermutlich deshalb von IDF nicht weiter erfasst wurde.

Eine ähnliche Priorisierung liegt in Fällen vor, in denen IDF einen anderen Vogel als den der Referenzflugbahn erfasst (Abbildung 56 und Abbildung 57), wobei nicht im Detail nachvollzogen werden kann, aus welchen Gründen sich IDF für die Verfolgung von welchem Vogel entscheidet.

Von den insgesamt 1.102 gültigen Referenz-Flugbahnen wurden 1.011 (92 %) von IDF detektiert (Tabelle 9). An fünf der sechs Standorte zeigten sich größtenteils übereinstimmende Erfassungsraten zwischen 85 und 96 %.

In den Kapiteln 4.2.2 und 5.2.2 wird bereits auf die Fehlerquellen bei den LRF-Erfassungen generell und insbesondere am Standort Lübesse verwiesen. Aus diesem Grund wurde der Standort Lübesse von dieser Auswertung ausgeschlossen. .

Tabelle 9: An den Untersuchungsstandorten erzielte Erfassungsraten von IDF in Bezug auf die Referenzstichproben aus Flugwegen, die mittels Laser Range Finder (LRF) und Telemetriedaten (GPS) erhoben wurden.

Jahr	Standort	Methode	Gültige Tracks	Detektiert	Nicht detektiert	Erfassungsrate
2018	Helfta	LRF	103	99	4	96 %
2018	Plate	LRF	52	48	4	92 %
2019	Gerbstedt	LRF	55	52	3	95 %
2020	Bütow	LRF	307	261	46	85 %
2020	Geislingen	LRF	109	100	9	92 %
2020	Geislingen	GPS	476	451	25	95 %
	Gesamt	LRF & GPS	1.102	1.011	91	92 %

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

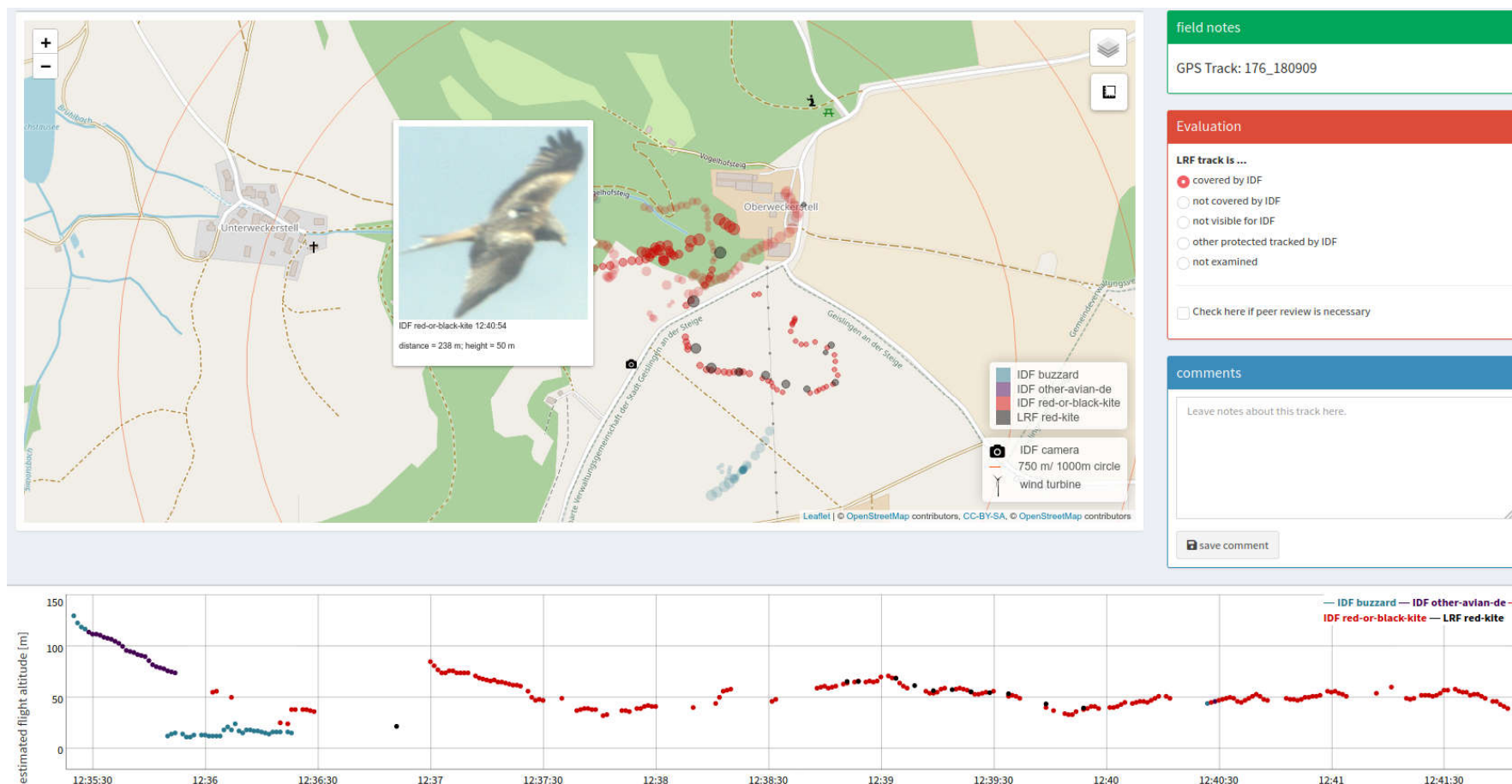


Abbildung 52: GPS-Track (graue Punkte, abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet) eines Rotmilans der auch von IDF (rote Punkte) über ca. eine Minute erfasst wurde. Gut erkennbar ist der GPS-Sender auf dem Rücken des Rotmilans. Standort Geislingen, 19.04.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

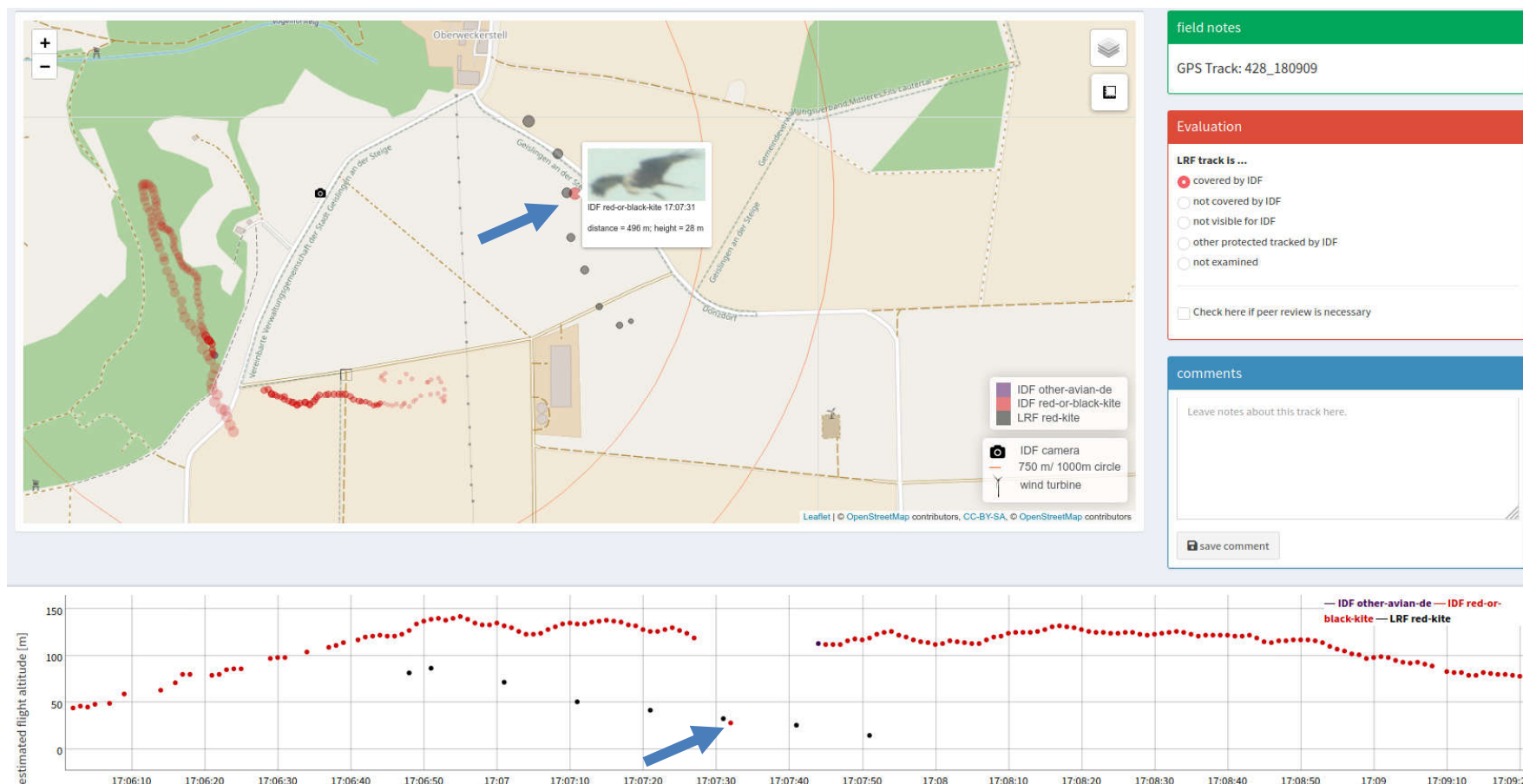


Abbildung 53: GPS-Track (graue Punkte, abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet) eines Rotmilans der auch von IDF (rote Punkte) kurz erfasst wurde. „Donzi“ wurde hierbei während der Erfassung eines anderen Rotmilans mit einem Punkt erfasst (blaue Pfeile), bevor IDF zu dem ursprünglichen Vogel zurückschwenkt. Standort Geislingen, 24.04.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

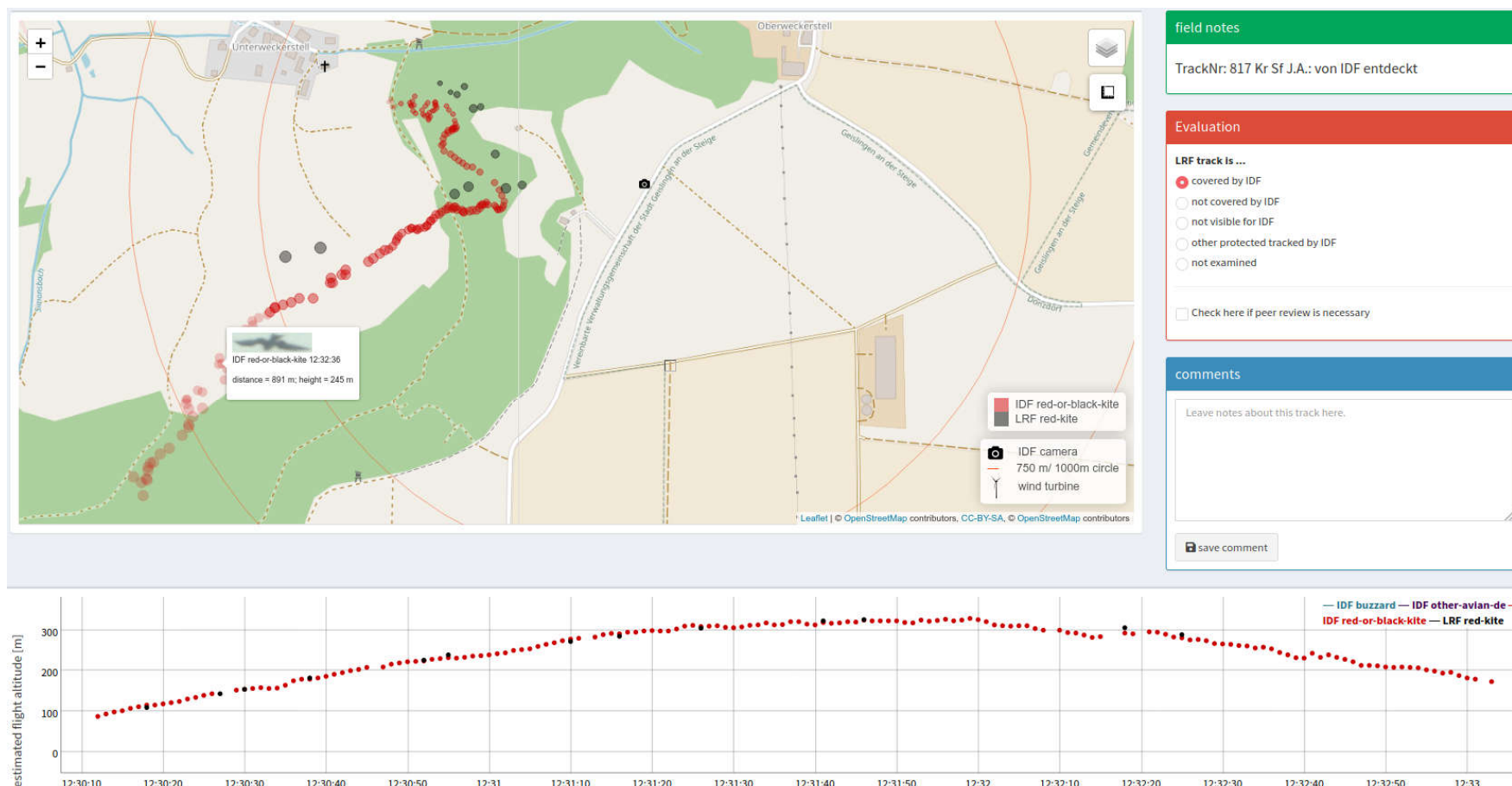


Abbildung 54: Beispiele für Rotmilanflugbahnen am Standort Geislingen, die sowohl vom IDF (rote Punkte) als auch vom LRF (graue Punkte) erfasst wurde. Standort Geislingen, 24.04.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

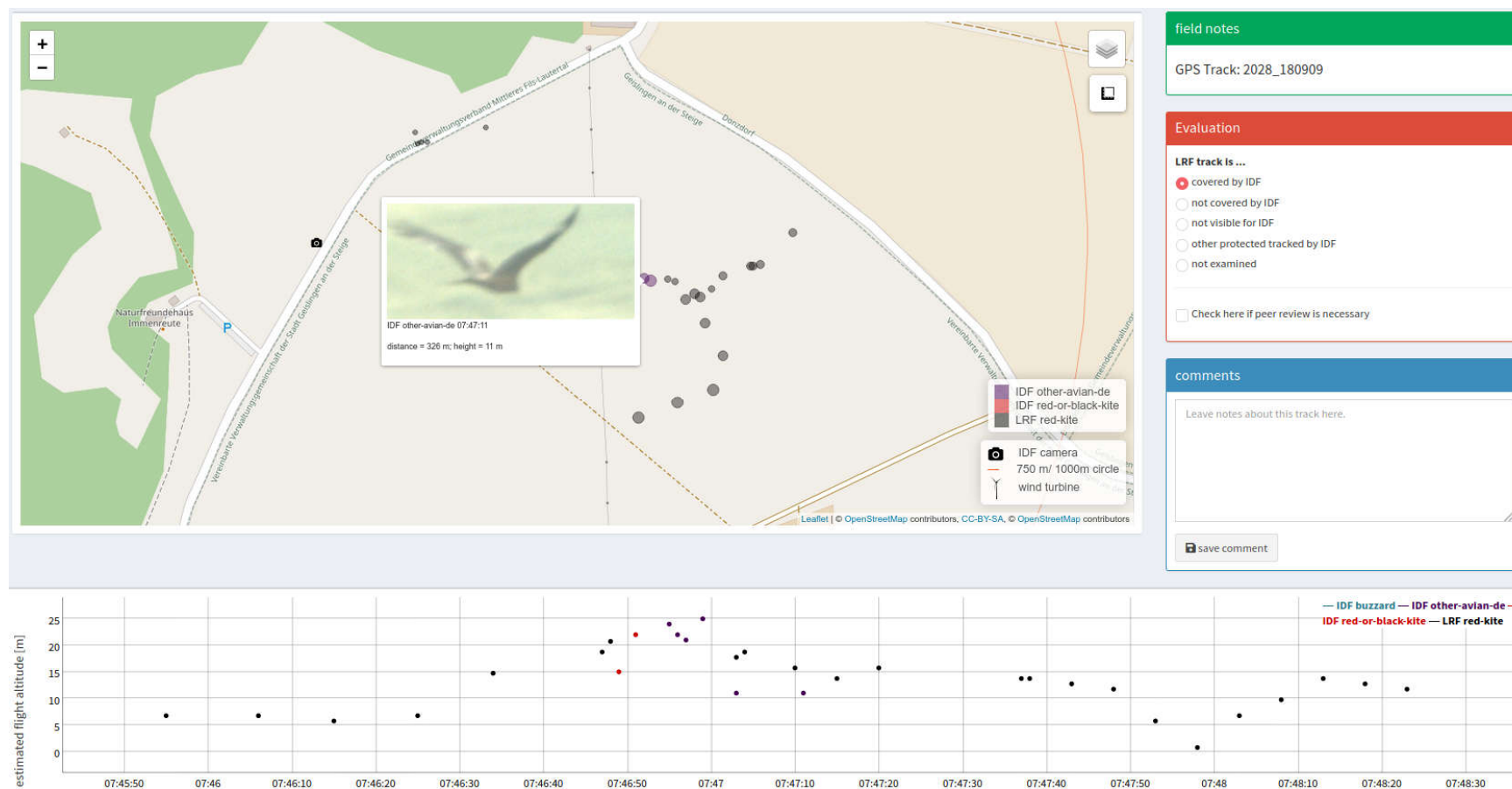


Abbildung 55: Niedrig fliegender Rotmilan „Donzi“ (GPS Daten, graue Punkte; abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet), der vom IDF vor Hintergrund erfasst wurde (rote Punkte), teilweise jedoch nicht korrekt als Rotmilan klassifiziert wurde (lila Punkte). Standort Geislingen, 06.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

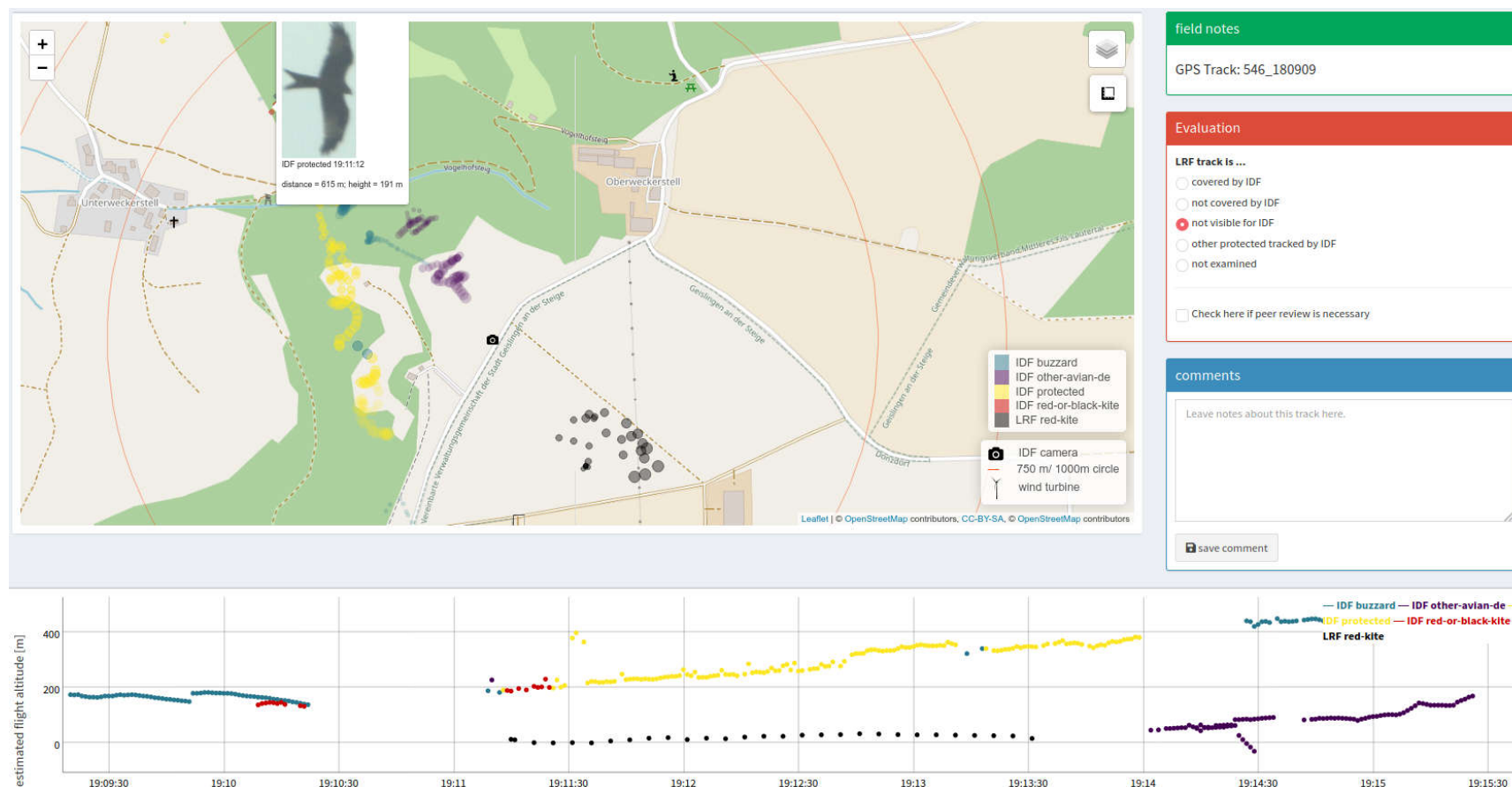


Abbildung 56: Niedrig fliegender Rotmilan „Donzi“ (GPS Daten, graue Punkte; abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet), der von IDF nicht erfasst wurde. Zeitgleich erfasste IDF einen weiteren Rotmilan (rote und gelbe Punkte). Standort Geislingen, 27.04.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

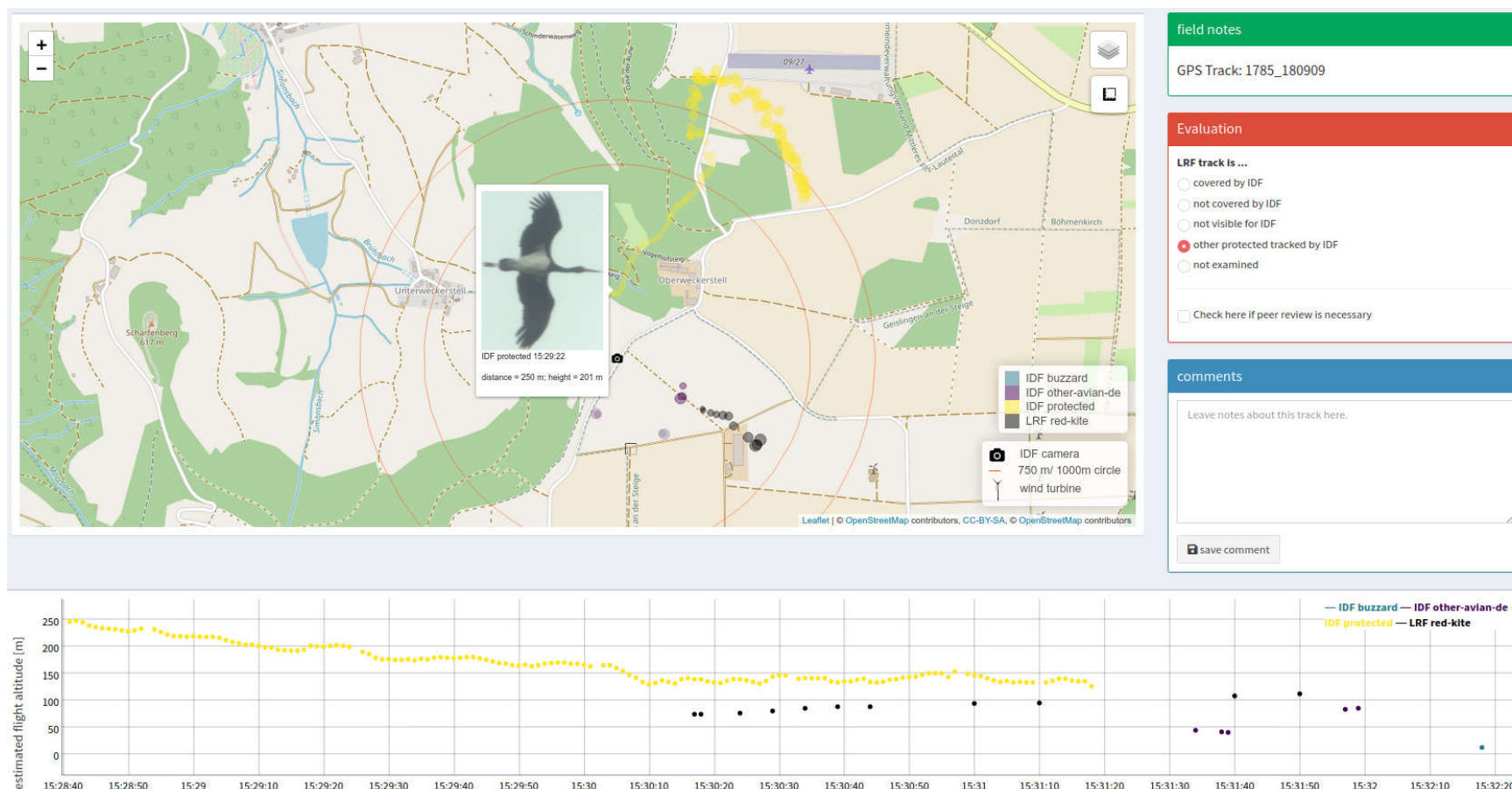


Abbildung 57: GPS-Track (graue Punkte, abweichend in der Abbildung mit „LRF red-kite“ bezeichnet) des Rotmilans „Donzi“ in für das IDF deutlich sichtbarer Flughöhe über Horizont. In diesem Fall wurde „Donzi“ nicht von IDF erfasst, da zeitgleich ein Schwarzstorch, als „protected“ erkannt (gelbe Punkte), von IDF erfasst wurde. Standort Geislingen, 29.05.2020.

5.4.2 Einflussfaktor Niederschlag

Basierend auf den Niederschlagsdaten an den Standorten Helfta, Plate und Geislingen (siehe Kapitel 4.3.2.2) wurde der Einfluss von Niederschlag auf die Erfassungsrate von IDF untersucht.

An den Standorten Helfta und Plate fiel während der IDF-Erfassungen im Jahr 2018 insgesamt nur wenig Niederschlag. Im Vergleich dazu regnete es am Standort Geislingen im Jahr 2020 deutlich häufiger (Abbildung 58). Betrachtet man die IDF-Erfassungsdaten in Abhängigkeit der aufgezeichneten Niederschlagsereignisse, wird besonders am Standort Geislingen deutlich, dass IDF Flugaktivitäten auch bei Regen aufgezeichnet hat. In Fällen mit Niederschlag und ohne aufgezeichneter Flugaktivität durch IDF lässt sich – basierend auf diesen Daten – nicht sagen, ob eine verminderte Kameraleistung von IDF der Grund sein könnte, oder hier eine generell geringe bis fehlende Flugaktivität der Vögel bei Regen ausschlaggebend ist.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

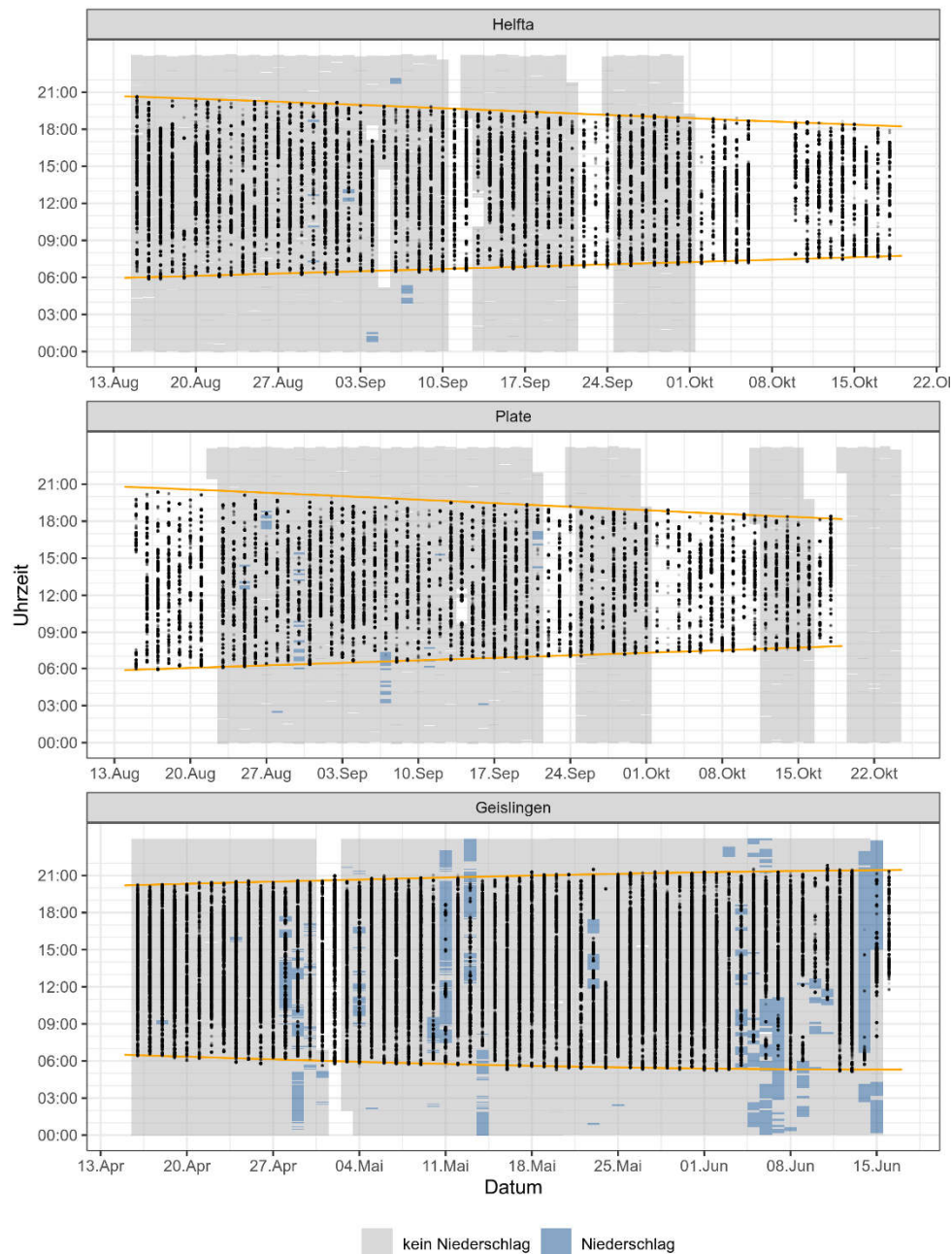


Abbildung 58: Verteilung aller IDF-Erfassungspunkte in Relation zum Niederschlag über den jeweiligen Erfassungszeitraum an den Standorten Helfta (2018), Plate (2018) und Geislingen (2020). Grau gefärbte Zeiträume bedeuten kein Niederschlag, blau gefärbte Zeiträume markieren Niederschlagsereignisse. Für ungefärbte Bereiche innerhalb des Zeitraums der IDF-Erfassungen liegen keine Niederschlagswerte vor. Sonnenaufgang bzw. Sonnenuntergang sind jeweils mit einer orangen Linie gekennzeichnet.

5.4.3 Einflussfaktor Sonnenstand

Da laut Herstellerangaben der direkte Blick von IDF in die Sonne durch ein Überstrahlen aufgrund der großen Helligkeit zu einem „blinden Fleck“ von 15° um die Sonne führt, wurde der Einfluss des Sonnenstandes auf die Detektionsleistung von IDF untersucht.

Dazu wurde der minimale Differenzwinkel des jeweils ersten Punktes (= Detektionsereignis) einer Flugbahn zur Position der Sonne bei unterschiedlichen Bewölkungssituationen berechnet und auf Unterschiede zwischen dem minimalen Differenzwinkel bei bedecktem bzw. bei klarem Himmel untersucht.

Betrachtet man die Verteilung der Differenzwinkel der ersten Verortung einer Flugbahn durch die Stereokamera bei bedecktem sowie klarem Himmel, so zeigt sich, dass eine Detektion bis zu einem Differenzwinkel von $< 5^\circ$ (nahezu direkter Blick in die Sonne) möglich ist (Abbildung 59). Ein Unterschied zwischen den minimalen Differenzwinkeln bei bedecktem oder klarem Himmel lässt sich nicht erkennen.

Eine sichere Erkennung scheint zumindest ab einem Winkel von 10° gegeben zu sein. Die Fläche von 10° um einen Punkt am Himmel bedeckt nur ca. 1,5 % der Fläche der Himmelskuppel. Ein blinder Fleck von 10° um die Sonne hätte daher nur sehr geringe Auswirkungen auf die absolute Detektionswahrscheinlichkeit von IDF. Den vorliegenden Daten zufolge ist der blinde Fleck somit deutlich kleiner als nach Herstellerangaben.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

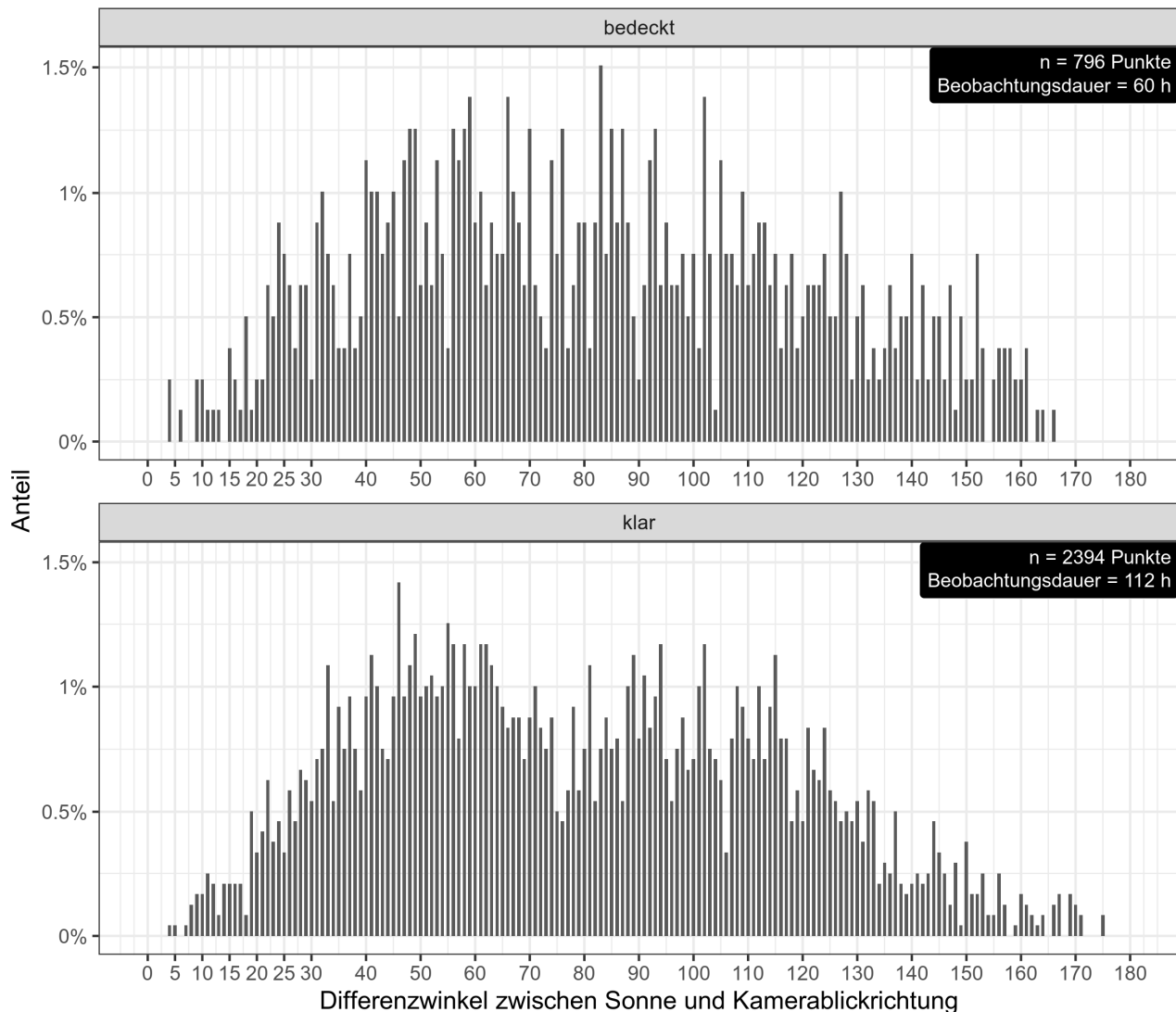


Abbildung 59: Prozentuale Verteilung der Häufigkeit der jeweils ersten Track-Punkte der IDF Erfassungen in Abhängigkeit vom Differenzwinkel zwischen Kamera und Sonne für klare und bedeckte Bewölkungssituationen am Standort Bütow 2020. Ein Unterschiedswinkel von 0° bedeutet, dass die Kamerablickrichtung exakt auf die Sonne ausgerichtet war, wohingegen ein Unterschiedswinkel von 180° anzeigt, dass die Kamera genau die Gegenrichtung zur Sonne anvisierte.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

5.5 Klassifizierung

Die Klassifizierung eines detektierten Flugobjekts durch IDF basiert auf einem neuronalen Netz. Da der Rotmilan zunächst nicht Teil des IDF-Repertoires war, wurde ein erstes Anlernen des IDF auf diese Art 2018 durchgeführt und so Version 1 des neuronalen Netzes trainiert. Version 1 wurde in den Erfassungsjahren 2018 und 2019 eingesetzt. Basierend auf diesen gesammelten Daten, wurde Version 2 des neuronalen Netzes trainiert und im Erfassungsjahr 2020 angewendet (siehe Kapitel 2.2.2).

Die Bestimmungssicherheit in Bezug auf die Klassifizierung des Rotmilans lag zunächst bei den vier Standorten (Helfta, Plate, Lübesse und Gerbstedt), die mit der Software-Version 1 untersucht wurden, zwischen 78 % und 84,7 %, wobei mit zunehmender Entfernung (bis 750 m) die korrekte Klassifizierungsleistung jeweils abnahm (zwischen 1,1 % und bis zu 6,1 %).

Mit dem Einsatz der verbesserten zweiten Version des neuronalen Netzes im Jahr 2020 an den Standorten Bütow und Geislingen konnte die korrekte Klassifizierungsrate von IDF auf über 97 % gesteigert werden, wobei nur geringfügige Unterschiede in der Klassifizierungsleistung hinsichtlich der Entfernung auftraten (0,6 % am Standort Bütow) (Tabelle 10).

Tabelle 10: Korrekte Klassifizierungen von Rotmilanen (bzw. Rot- und Schwarzmilanen in Bütow und Geislingen) im 250 m und 750 m Radius um IDF. (n = IDF Datenpunkte nachbestimmter Rotmilane)

Jahr	Standort	Neuronales Netz Version	Korrekte Klassifizierung bis 250 m in Prozent [n]	Korrekte Klassifizierung bis 750 m in Prozent [n]
2018	Helfta	1	84,7 [4.557]	83,6 [43.818]
2018	Plate	1	79,7 [1.472]	78,0 [17.084]
2019	Lübesse	1	84,2 [562]	78,1 [12.703]
2019	Gerbstedt	1	84,4 [1.725]	79,4 [21.171]
2020	Bütow	2	95,9 [4.338]	96,5 [42.500]
2020	Geislingen	2	97,5 [6.760]	97,5 [60.762]

Dementsprechend sank die Falsch-Negativ-Rate (Zielart wird als Nicht-Zielart klassifiziert) von einem Bereich zwischen rund 15 % und 22 % in den Jahren 2018 und 2019 (NN-Version 1) auf nur noch 2,5 % bis rund 4 % im Jahr 2020 (NN-Version 2). Bei der Falsch-Positiv-Rate (Nicht-Zielart wird als Zielart klassifiziert) zeigt sich hingegen kein vergleichbarer Trend; die Werte schwanken über alle Standorte und Jahre zwischen 2 % und rund 16 % (Tabelle 11).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Die Falsch-Positiv-Rate ist in erster Linie aus wirtschaftlicher Sicht interessant, da sie zu nicht notwendigen bzw. intendierten zusätzlichen Abschaltungen führen kann. Die Falsch-Negativ-Rate ist hingegen aus artenschutzrechtlicher Sicht relevant, da ggf. erforderliche Abschaltungen unterbleiben.

Tabelle 11: Fehlerraten der Klassifizierung für 250 m und 750 m Radien um IDF. (n = alle nachbestimmten IDF-Datenpunkte)

Jahr	Standort	Neuronales Netz	Falsch- <u>Positiv</u> -Rate (Nicht-Zielart als Zielart) in % [n] Bis 250 m	Falsch- <u>Positiv</u> -Rate (Nicht-Zielart als Zielart) in % [n] Bis 750 m	Falsch- <u>Negativ</u> -Rate (Zielart als Nicht-Zielart) in % [n] Bis 250 m	Falsch- <u>Negativ</u> -Rate (Zielart als Nicht-Zielart) in % [n] Bis 750 m
2018	Helfta	v. 1	2,0 [535]	2,9 [3.287]	15,3 [823]	16,4 [8.596]
2018	Plate	v. 1	1,3 [125]	1,8 [1.119]	20,3 [375]	22,0 [4.819]
2019	Lübesse	v. 1	4,3 [207]	9,7 [2.777]	15,8 [106]	21,9 [3.562]
2019	Gerbstedt	v. 1	10,1 [747]	15,8 [7.265]	15,6 [319]	20,6 [5.493]
2020	Bütow	v. 2	6,1 [488]	11,5 [5.220]	4,1 [185]	3,5 [1.541]
2020	Geislingen	v. 2	3,4 [374]	5,8 [2.504]	2,5 [172]	2,5 [1.558]

Abbildung 60 bis Abbildung 62 zeigen Beispielbilder von erfassten Vögeln durch das IDF-System. Zu jedem Vogelbild ist die Originalbestimmung durch IDF angegeben. Bemerkenswert ist, dass bereits in der Software-Version 1 Unterscheidungen zwischen Rotmilan und dem Rotmilan ähnlichen Arten gelangen, wie beispielsweise eine männliche Rohrweihe von IDF als solche erkannt und vom Rotmilan unterschieden werden konnte (Abbildung 60). Die korrekte Klassifizierungsrate war allerdings in der ersten Version noch deutlich geringer als in der zweiten Version (vgl. Tabelle 10), was beispielsweise die fehlerhafte Bestimmung „Eagle/ Adler“ statt korrekt Rotmilan in Abbildung 61 erklärt. Erfolgt, wie in diesem Beispiel, allerdings eine Fehlbestimmung auf eine andere Zielart, so führt dies nicht zu mangelnder Abschaltung, da beide Arten als „geschützt“ kategorisiert sind.

Abbildung 62 zeigt Beispielbilder von erfassten Vögeln durch das IDF am Standort Bütow. Hier wurde bereits die Version 2 der Klassifizierungssoftware eingesetzt. Alle drei erfassten Vogelarten in diesem Beispiel werden korrekt von IDF klassifiziert, wobei zur Minimierung des Verwechslungsrisikos in der Softwareversion 2 keine Unterscheidung zwischen Rot- und Schwarzmilan mehr vorgesehen ist.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

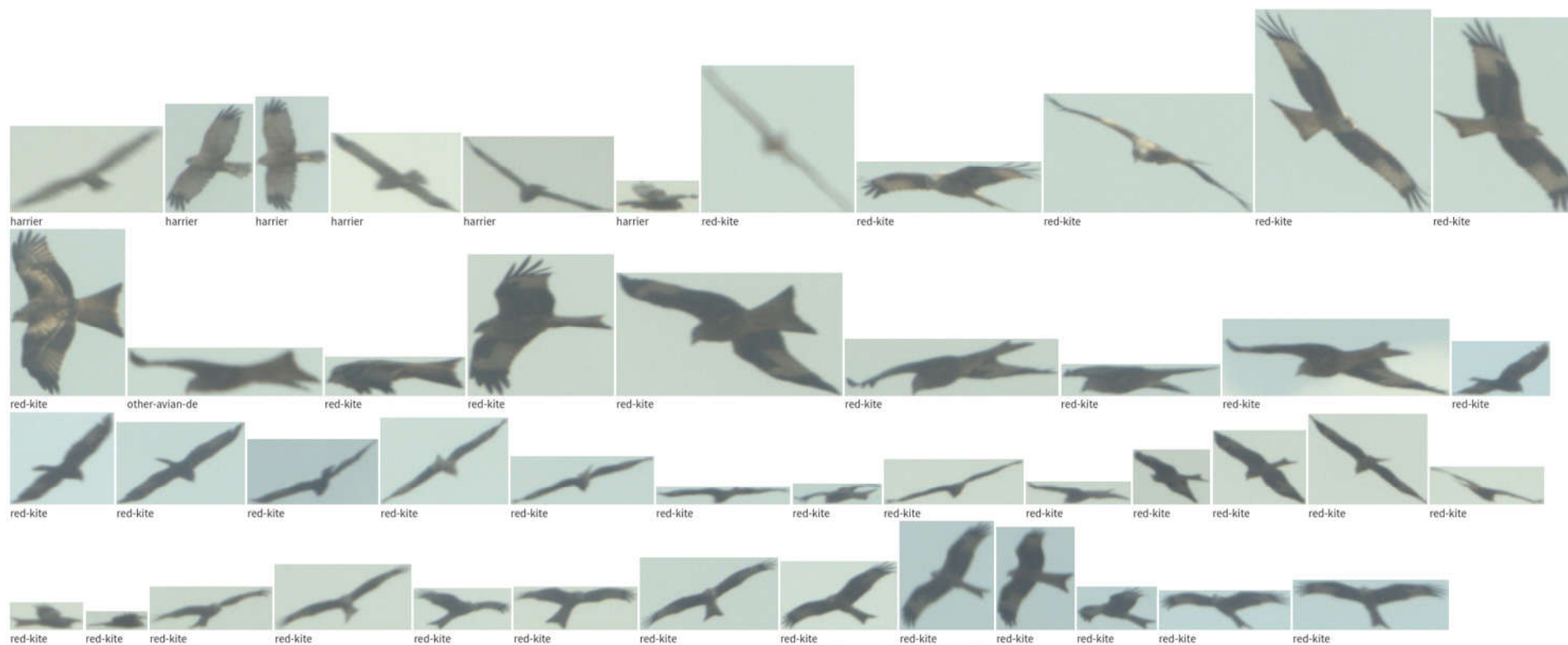


Abbildung 60: Beispielbilder mit der Original-Klassifizierung durch IDF. Version 1 des neuronalen Netzes. Die männliche Rohrweihe wird hier korrekt vom Rotmilan unterschieden. Standort Plate, 17.08.2018

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 61: Beispielbilder mit der Original-Klassifizierung durch IDF. Version 1 des neuronalen Netzes. Der Rotmilan wird hier fälschlicherweise zwischenzeitlich von IDF als Adler („eagle“) bestimmt. Beide Arten sind jedoch als Zielarten festgelegt und werden von IDF als „geschützt“ kategorisiert. Standort Lübesse, 24.08.2019.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 62: Beispielbilder mit der Original-Klassifizierung durch IDF. Version 2 des neuronalen Netzes. Die drei verschiedenen Vogelarten werden korrekt von IDF bestimmt. In der Software-Version 2 wird nicht mehr zwischen Rot- und Schwarzmilan unterschieden, sie bilden eine Kategorie. Standort Bütow, 17.06.2020.

5.6 Wirksamkeit und Effizienz der Abschaltung

5.6.1 Auslösen der Abschaltung durch IDF

Die Abschaltung von WEA durch IDF erfolgt stufenweise über zwei Abstandszylinder mit unterschiedlicher Ausdehnung (siehe Kapitel 2.3). Im äußeren Abstandszylinder werden Zielarten bereits beobachtet, eine Abschaltung jedoch nur ausgelöst, wenn der Vogel eine Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit aufweist, mit der er den Rotorbereich der WEA in der Zeit erreichen würde, die die WEA benötigt, um in den Trudelbetrieb überzugehen (Time To Collision). Beim Eindringen in den inneren Abstandszylinder wird in jedem Fall ein Abschaltsignal ausgelöst.

Im Folgenden werden Beispiele von Flugbahnen und den daraus resultierenden Abschaltungen gezeigt. Abschaltungen im äußeren Abstandszylinder traten regelmäßig in verschiedenen Flugsituationen und in unterschiedlichen Abständen zum inneren Abstandszylinder auf (z. B. Abbildung 63, Abbildung 64 und Abbildung 67). War die Fluggeschwindigkeit des detektierten Vogels nicht so hoch, dass eine Abschaltung bereits im äußeren Abstandszylinder erforderlich war, wurde typischerweise beim Eindringen in den inneren Abstandszylinder das Abschaltsignal generiert (Abbildung 65). Dieses Abschaltsignal wurde WEA-spezifisch generiert und dem Flugverhalten des Vogels angepasst (Abbildung 65 und Abbildung 66). In einigen Fällen wurde der Vogel erst innerhalb des inneren Abstandszylinders detektiert, gefolgt von einer unmittelbaren Abschaltung der WEA (Abbildung 68 und Abbildung 69).

Wenn WEA durch IDF für einen Vogel bereits abgeschaltet sind und dieser Vogel damit nicht mehr kollisionsgefährdet ist, „fokussiert“ sich IDF in vielen Fällen rasch auf andere, potenziell kollisionsgefährdete Vögel. Hierdurch ist für Flugbahnen, welche eine Abschaltung ausgelöst haben, nicht ersichtlich, ob sich der Vogel im weiteren Flugverlauf tatsächlich dem Kollisionsbereich der WEA genähert hat (z. B. Abbildung 63 und Abbildung 66). In manchen Fällen wird der Vogel jedoch weiterverfolgt und es zeigt sich, dass tatsächlich eine Annäherung an den Rotorbereich erfolgt ist (Abbildung 67) oder aber dass der Vogel nach dem Eindringen in den inneren Abstandszylinder wieder abdrehet und diesen verlässt (Abbildung 64).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

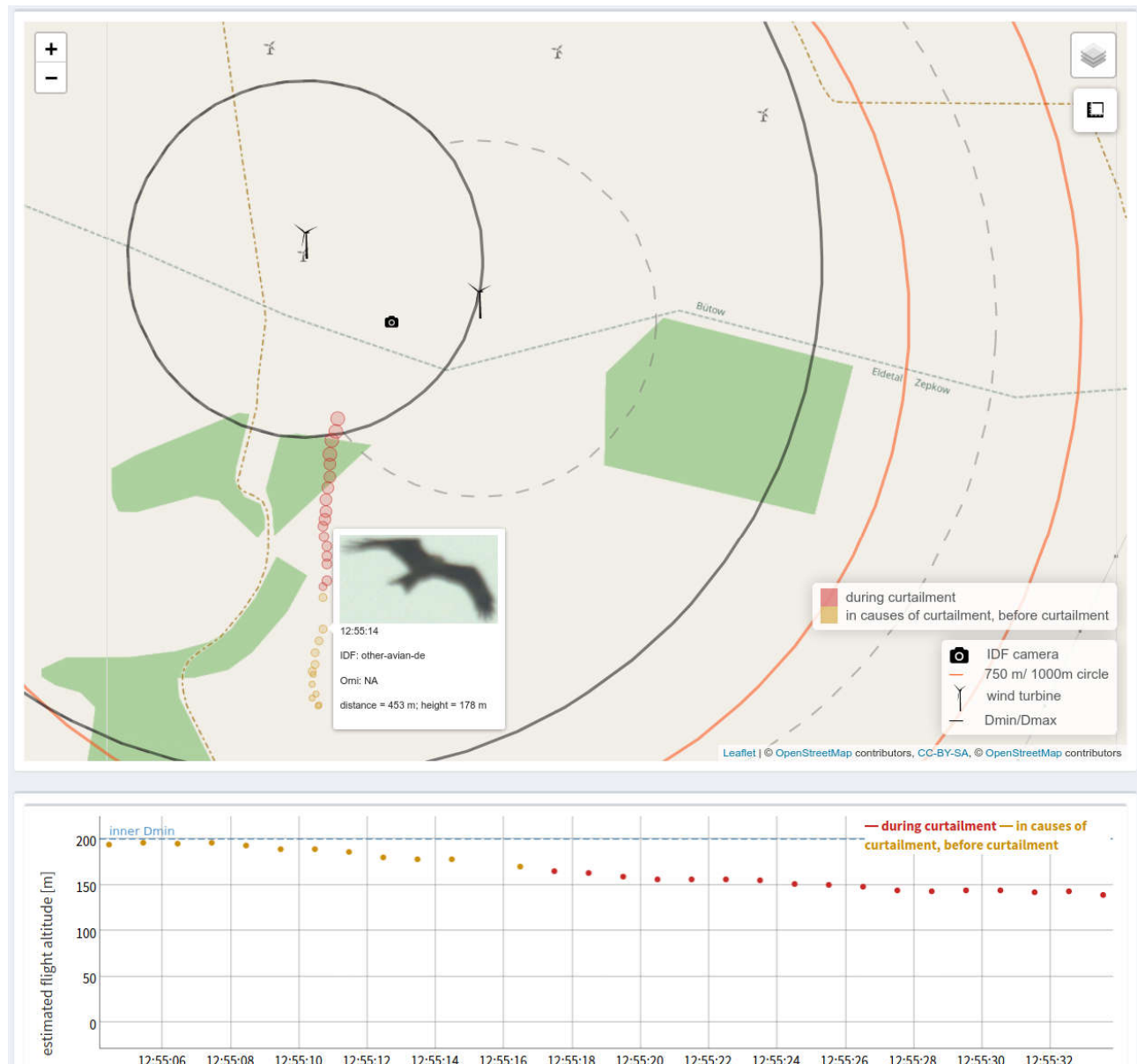


Abbildung 63: Abschaltung im äußeren Abstandszylinder am Standort Bütow. Der Rotmilan gleitet im Sinkflug auf die östliche WEA zu. Der Flugvektor und die Fluggeschwindigkeit sind in diesem Fall so groß, dass IDF schon im äußeren Abstandszylinder (äußere schwarze Linie) ein Abschaltsignal generiert (Wechsel von orangen zu roten Punkten), ca. 16 s bevor der Rotmilan den inneren Abstandszylinder (innere schwarze Linie) erreicht. Standort Bütow, 18.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

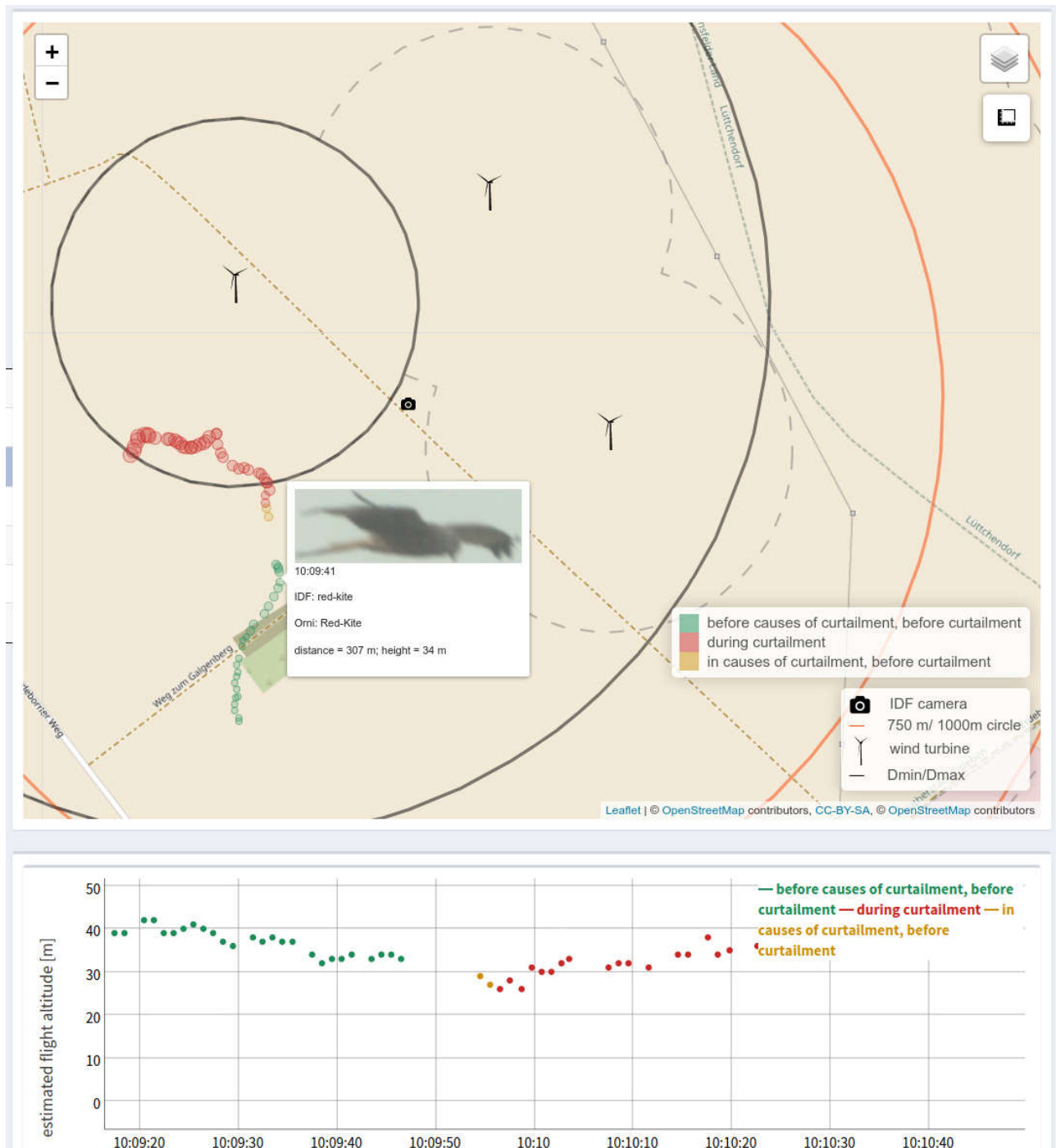


Abbildung 64: Abschaltung im äußeren Abstandszyylinder am Standort Helfta. In diesem Fall löst IDF die Abschaltung kurz vor Erreichen des inneren Abstandszyinders (innere schwarze Linie) aus. Standort Helfta, 24.08.2018.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

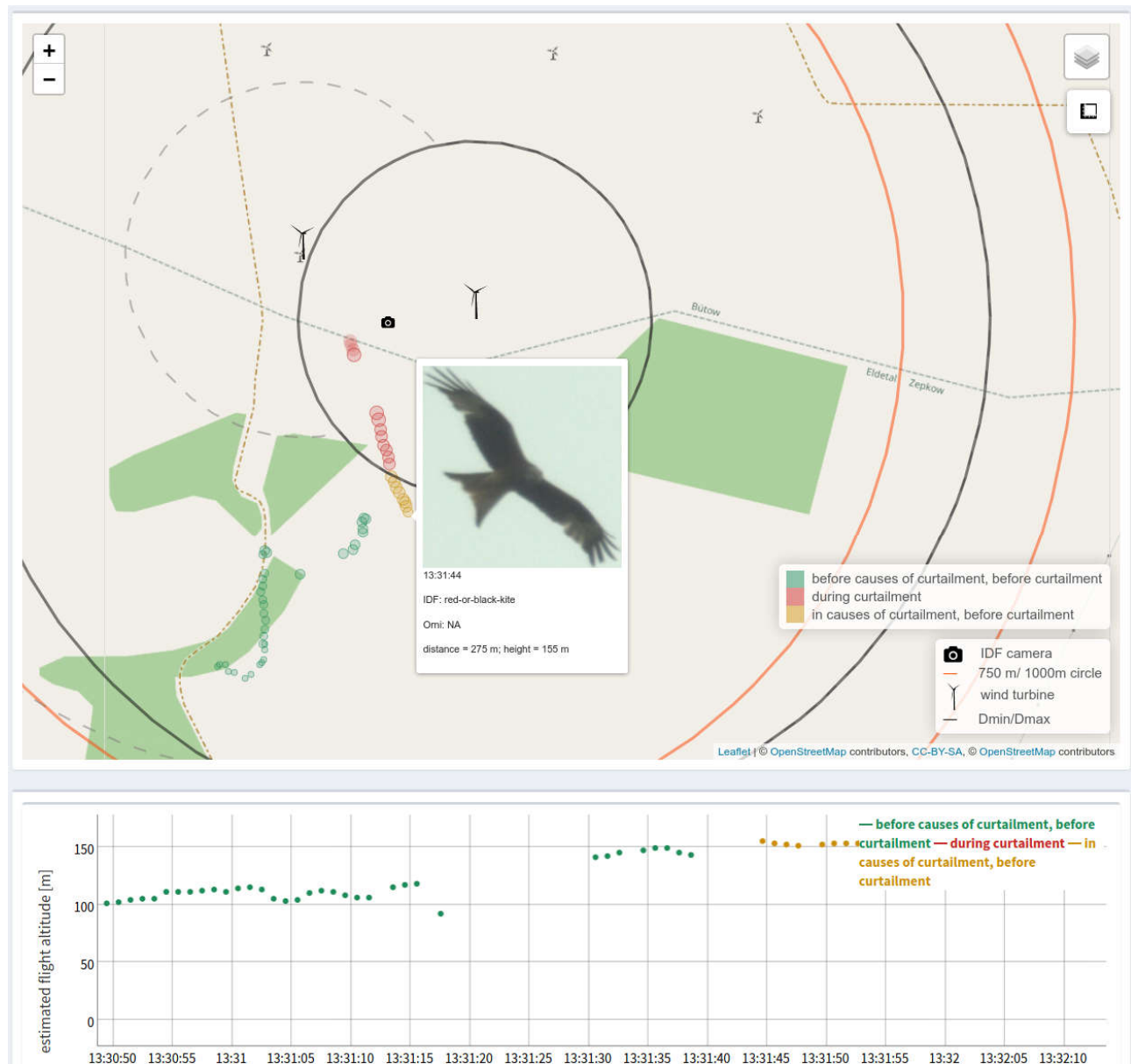


Abbildung 65: Abschaltung beim Eintritt in den inneren Abstandszylinder (innere schwarze Linie) der östlichen WEA am Standort Bütow. Die Abschaltung wurde mit dem ersten Punkt im inneren Abstandszylinder ausgelöst (rote Punkte). Standort Bütow, 18.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

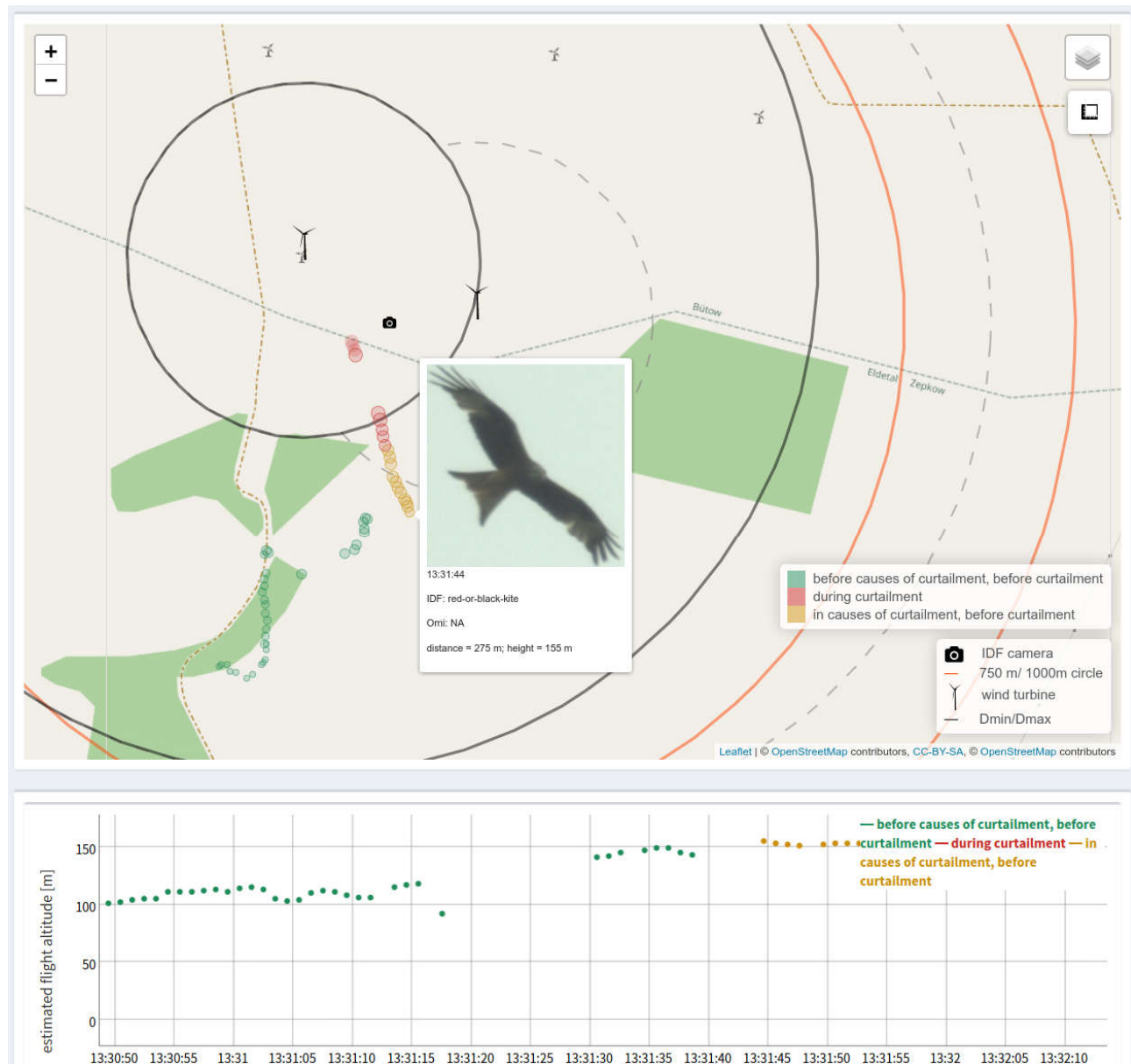


Abbildung 66: Abschaltung beim Eintritt in den inneren Abstandszylinder (innere schwarz Linie) der westlichen WEA am Standort Bütow. Die Abschaltung für diese WEA (rote Punkte) wurde wenige Sekunden nach der Abschaltung für die östliche WEA ausgelöst (siehe Abbildung 65). Standort Bütow, 18.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

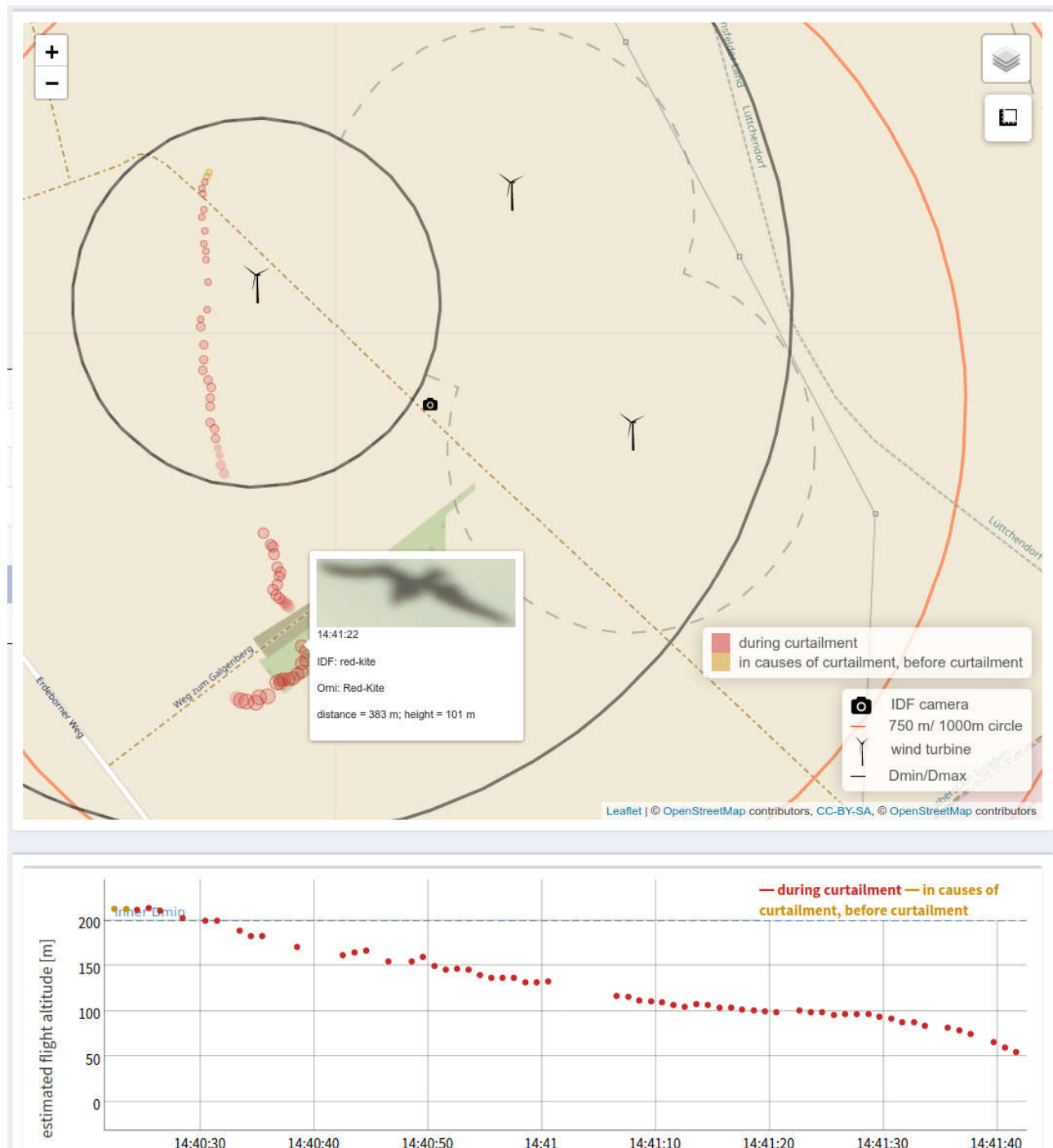


Abbildung 67: Abschaltung oberhalb des inneren Abstandszyllinders am Standort Helfta. In diesem Fall wurde der Vogel oberhalb des inneren Abstandszyllinders (innere schwarze Linie) detektiert und beim Beginn eines Sinkflugs, noch oberhalb der Höhenbegrenzung des inneren Abstandszyllinders (blaue Linie im Höhendigramm), eine Abschaltung ausgelöst. Standort Helfta, 12.09.2018.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

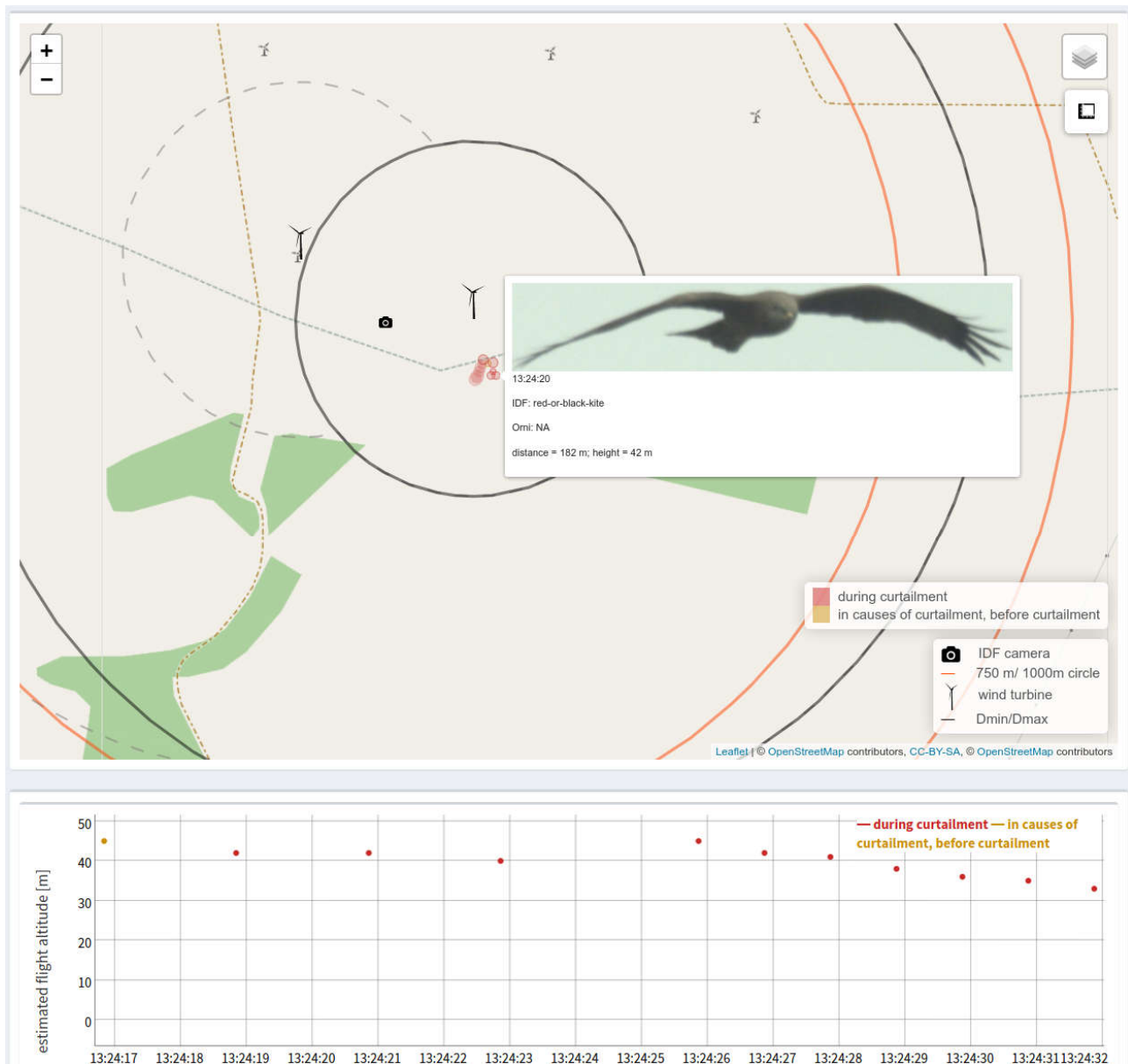


Abbildung 68: Detektion eines Rotmilans im inneren Abstandszyllinders mit unmittelbar folgender Abschaltung am Standort Bütow. Dieser Rotmilan wurde nahe der östlichen WEA in einer Flughöhe von ca. 45 m detektiert (oranger Punkt), beim nächsten Detektionspunkt (rote Punkte) wurde die Abschaltung ausgelöst. Standort Bütow, 18.05.2020.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

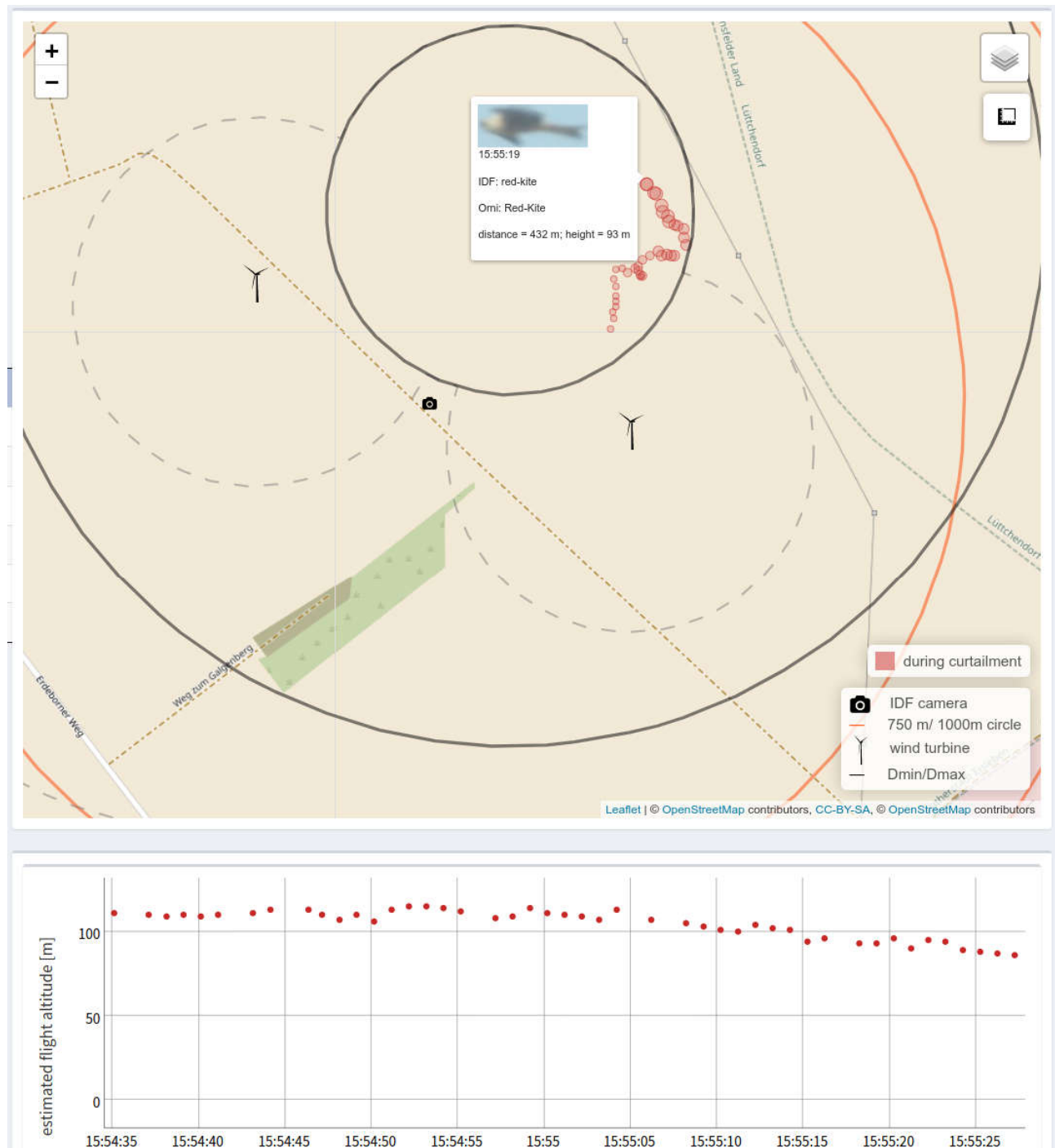


Abbildung 69: Detektion eines Rotmilans im inneren Abstandszyklinders mit unmittelbar folgender Abschaltung am Standort Helfta. In diesem Fall wurde ein Rotmilan in ca. 110 m Flughöhe detektiert, mit dem ersten Punkt der Detektion erfolgt die Abschaltung (nur rote Punkte). Standort Helfta, 10.09.2018.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

In einer Reihe von Fällen hat sich gezeigt, dass die Zielart erst innerhalb des inneren Abstandszylinders detektiert wurde, woraufhin jedoch sofort ein Abschaltungssignal generiert wurde. Ausgehend von diesen Feststellungen erfolgte eine Auswertung hinsichtlich der Entfernung des Vogels zur WEA zum Zeitpunkt der Generierung des ersten Abschaltsignals. Abbildung 70 (oben) zeigt zunächst, dass an allen Standorten schon Abschaltungen jenseits einer Entfernung von 600 m zur WEA ausgelöst werden. Hierbei handelt es sich offenbar um solche Fälle, in denen der Vogel geradlinig mit hoher Geschwindigkeit auf die WEA zufliegt. Der bei weitem größte Teil an Abschaltungen erfolgt jedoch um den Bereich der Grenze des inneren Abstandszylinders. Allerdings findet für einen nicht unbeträchtlichen Anteil die Abschaltung erst innerhalb des inneren Abstandszylinders statt, d.h. die Zielart ist erst in Entfernungen von weniger als ca. 250 m zur WEA detektiert worden.

Abbildung 70 (unten) zeigt weiterhin, dass bei den Abschaltungen, die erst innerhalb des inneren Abstandszylinders erfolgt sind, niedrige Flughöhen deutlich stärker vertreten sind als am Rand des Zylinders inkl. einer Pufferzone von 25 m. Flüge, die von IDF erst innerhalb des inneren Abstandszylinders detektiert werden, sind somit überwiegend durch eine niedrige Flughöhe gekennzeichnet. Solche Flüge werden im Vergleich zu Flügen in größerer Höhe offenbar erst in geringerer Entfernung detektiert, d. h. oftmals erst im inneren Abstandszylinder, so dass auch erst dann die Abschaltung ausgelöst werden kann. Besonders ausgeprägt ist dieser Unterschied bei den beiden WEA in Geislingen, wo aufgrund der örtlichen Bedingungen (Ansitzmöglichkeiten und Jagdaktivität an einem Schweinestall) ein hoher Anteil an niedrigen Flughöhen in der Nähe der beiden virtuellen WEA-Standorte gegeben war (siehe Abbildung 73).

Insgesamt steht der Anteil von Abschaltungen, die erst innerhalb des inneren Abstandszylinders erfolgten, in einem deutlichen Zusammenhang mit niedrigen Flughöhen unter 30 m, so dass die Vögel offenbar bereits niedrig in den inneren Abstandszylinder eingeflogen sind (Abbildung 70 und Abbildung 71). Eine mögliche Erklärung ist, dass sie für IDF nicht sichtbar waren (unterhalb der Horizontlinie) und/oder im inneren Abstandszylinder von einer Sitzwarte aufgefliegen sind. Eine weitere Ursache kann die zeitliche Verfolgung eines anderen Vogels durch IDF sein, wodurch die Detektion zu spät, bzw. auch gar nicht erfolgen kann, wie sich bei der Ermittlung der Erfassungsrate an Standorten mit hoher Flugaktivität gezeigt hat (siehe Kapitel 5.4.1).

Die Auswertungen zeigen, dass bei Detektion von Rotmilanen innerhalb des inneren Abstandszylinders die WEA stets unmittelbar abgeschaltet werden, es sei denn, der Vogel befindet sich deutlich oberhalb des programmierten Abstandszylinders um die WEA (Abbildung 67) und somit in vertikaler Richtung außerhalb einer potenziellen Kollisionsgefährdung. In der Summe aller Standorte ergibt sich allerdings, dass ca. 35–59 % aller Abschalt-Initiierungen erst innerhalb des inneren Abstandszylinders erfolgen und nicht schon an dessen Rand (Median ca. 48 %, Abbildung 71 A). Es wird aber auch deutlich, dass die Flughöhen bei diesen Abschaltungen deutlich niedriger liegen als bei den Abschaltungen außerhalb oder auch am Rand des inneren Abstandszylinders (ca. 15–62 m, Median ca. 52 m, Abbildung 71 B).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Abschaltungen, die erst deutlich innerhalb des inneren Abstandszylinders erfolgen, können nicht gewährleisten, dass die WEA sich bereits vollständig im Trudelbetrieb befindet, wenn der Vogel bei fortgesetztem geradlinigem Flug in den Rotorbereich gerät. Maßgeblich für das Kollisionsrisiko ist in diesen Fällen aber zusätzlich die Flughöhe in Relation zur Höhe der Rotorunterkante. Letztere beträgt beispielsweise am Standort Bütow 98 m (E 101 auf 149 m Turmhöhe) und entspricht damit im Vergleich zu den anderen Standorten am ehesten den Bedingungen moderner WEA. Abbildung 72 zeigt, dass ca. 80 % der Flüge, die erst im inneren Abstandszylinder detektierten Rotmilane unterhalb von 98 m verliefen, d.h. dass zum Zeitpunkt der Detektion die Vögel nicht einem Kollisionsrisiko ausgesetzt waren. Der Standort Geislingen, an dem sich noch keine WEA befinden, ist durch besonders niedrige Flughöhen der erst im inneren Abstandszylinder detektierten Rotmilane gekennzeichnet. Hier werden ca. 80 % aller Flughöhen bereits in 60 m Höhe erreicht (Abbildung 73).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

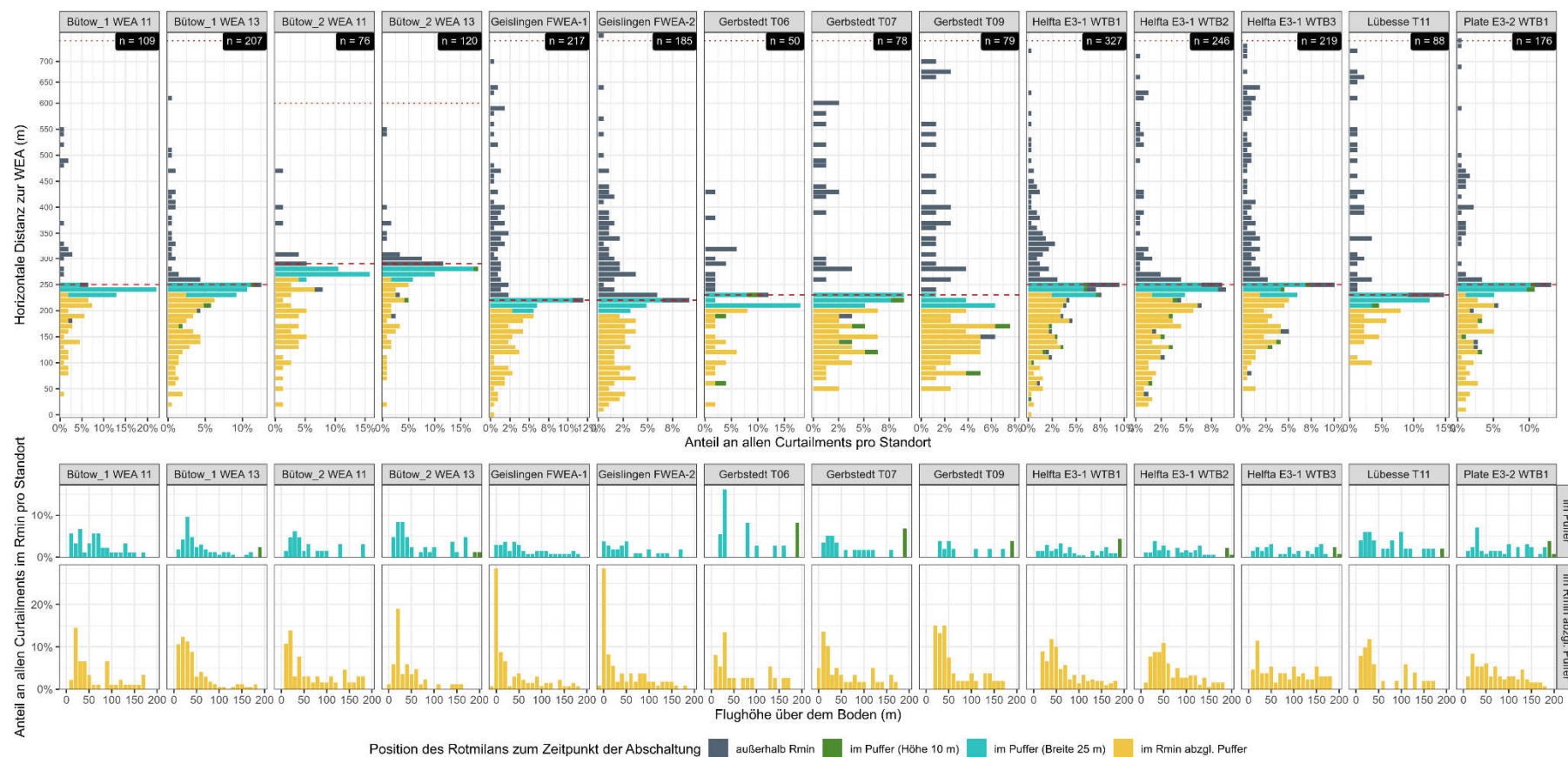


Abbildung 70: Oben: Anteil der Abschalt-Initiierungen in Relation zur Entfernung zu den WEA. Rot gestrichelt sind die jeweils R_{min} und R_{max} .
 Unten: Anteile der verschiedenen Flughöhen im Moment der Abschalt-Initiierungen an der Gesamtheit aller Abschaltungen im R_{min} , getrennt für das Innere und den Rand des R_{min} (inkl. Puffer)

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

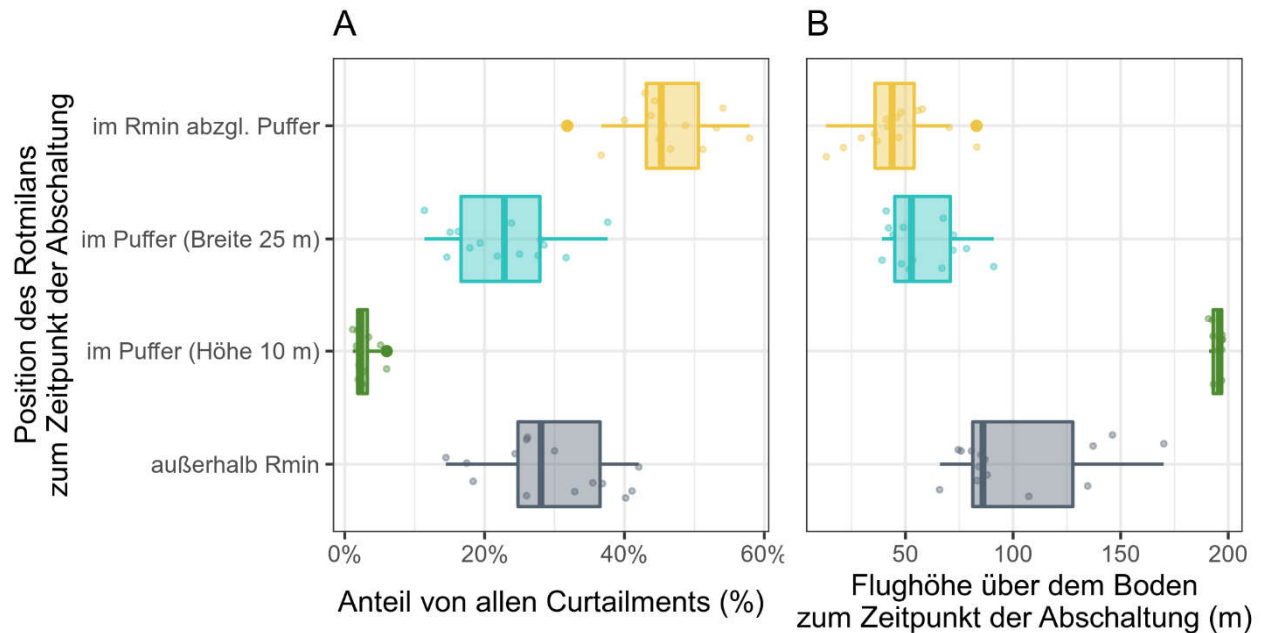


Abbildung 71: Box-Plot der Median-Werte der einzelnen WEA in Bezug auf die prozentuale Verteilung der Lokalisierung der Abschaltinitiierung relativ zum R_{min} (links) und in Bezug auf die Flughöhe zu diesem Zeitpunkt (rechts)

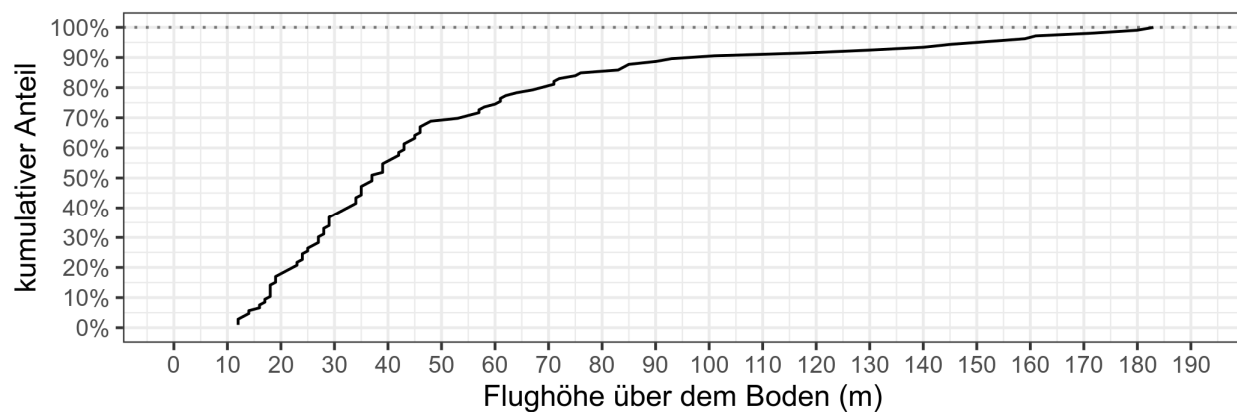


Abbildung 72: Kumulative Darstellung der Flughöhen der erst im R_{min} detektierten Rotmilane am Standort Bütow_1 WEA 13.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

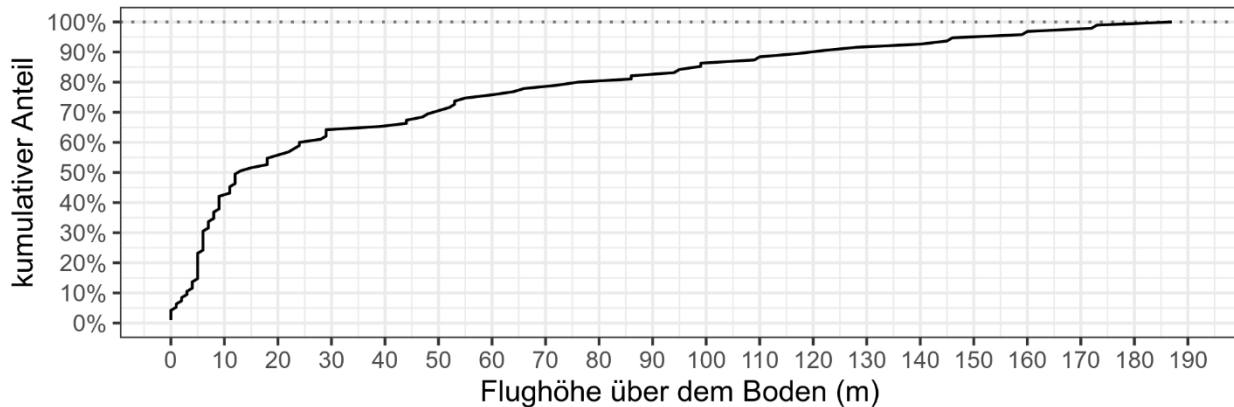


Abbildung 73: Kumulative Darstellung der Flughöhen der erst im $R_{\min}$ detektierten Rotmilane am Standort Geislingen FWEA-1.

Die Flughöhe der Rotmilane hat offenbar einen Einfluss auf die Detektierbarkeit durch IDF, wobei diese an den verschiedenen WEA-Standorten unterschiedlich ausfällt, z. B. bedingt durch lokale landschaftliche Gegebenheiten und das lokale Flugverhalten der Rotmilane (Abbildung 71 bis Abbildung 73). In Tabelle 12 wird daher beispielhaft für drei unterschiedliche Flughöhen von 50 m, 75 m und 100 m berechnet, wie viele Rotmilane sich zum Zeitpunkt der Abschaltung im inneren Abstandszyylinder in der entsprechenden Flughöhe aufgehalten haben. Dabei zeigt sich, dass 33 % bis 69 % der Flüge, für die erst innerhalb des inneren Abstandszyinders abgeschaltet wurde, in einer Höhe bis 50 m verliefen. Werden alle Flüge bis zu einer Höhe von 75 m eingeschlossen, steigt dieser Wert auf 47 % bis 84 %. Bei einer Höhe von 100 m liegt dieser Wert schließlich bei 56 % bis 91 %.

Aus den oberhalb dieser Höhen verbleibenden Flügen lässt sich jeweils der Anteil von Abschaltungen berechnen, bei welchem die Vögel einem Restrisiko durch die verspätete Abschaltung erst im inneren Abstandszyylinder ausgesetzt sind. Bei einem Grenzwert von 50 m Höhe ergibt sich ein Restrisiko für 11 % bis 34 % aller Flüge, für die ein Abschaltensignal ausgelöst wurde, bei 75 m ein Restrisiko von 6 % bis 23 % und bei 100 m ein Restrisiko von 3 % bis 19 %. Das Restrisiko wird dabei aus dem Verhältnis der Abschaltungen durch Flüge oberhalb des Grenzwertes zu den Gesamtabeschaltungen ermittelt. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass sehr niedrig fliegende Rotmilane durch das IDF-System unterrepräsentiert werden, wodurch die Anteile an niedrig fliegenden Rotmilanen tatsächlich höher waren. Die hier angegebenen Prozentwerte für das Restrisiko sind daher als konservativ anzusehen und lägen wahrscheinlich niedriger, wenn die Gesamtheit aller Flüge hätte erfasst werden können.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 12: Abschaltungen, die von IDF generiert wurden, für verschiedene Höhen über Mastfuß.

WEA	Abschaltungen gesamt	Abschaltung erst im Rmin	50 m über Mastfuß			75 m über Mastfuß			100 m über Mastfuß		
			Flüge unterhalb	Flüge oberhalb	Restrisiko über alle Abschaltungen	Flüge unterhalb	Flüge oberhalb	Restrisiko über alle Abschaltungen	Flüge unterhalb	Flüge oberhalb	Restrisiko über alle Abschaltungen
Bütow_1 WEA11	109	49	55%	22	20%	65%	17	16%	78%	11	10%
Bütow_1 WEA13	207	106	69%	33	16%	83%	18	9%	90%	11	5%
Bütow_2 WEA11	76	44	52%	21	28%	61%	17	22%	70%	13	17%
Bütow_2 WEA13	120	44	68%	14	12%	84%	7	6%	91%	4	3%
Geislingen FWEA-1	217	95	69%	29	13%	79%	20	9%	86%	13	6%
Geislingen FWEA-2	185	82	65%	29	16%	73%	22	12%	84%	13	7%
Gerbstedt T06	50	20	55%	9	18%	60%	8	16%	75%	5	10%
Gerbstedt T07	78	38	58%	16	21%	66%	13	17%	76%	9	12%
Gerbstedt T09	79	42	55%	19	24%	69%	13	16%	76%	10	13%
Helfta E3-1 WTB 1	327	149	39%	91	28%	63%	55	17%	76%	36	11%
Helfta E3-1 WTB 2	246	133	37%	84	34%	63%	49	20%	74%	34	14%
Helfta E3-1 WTB 3	219	94	33%	63	29%	47%	50	23%	56%	41	19%
Lübesse T11	88	28	64%	10	11%	68%	9	10%	71%	8	9%
Plate E3-2 WTB1	176	82	35%	53	30%	55%	37	21%	67%	27	15%

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

5.6.2 Reaktion der WEA auf das Abschaltsignal

Am Standort Bütow konnte anhand einer exemplarischen Kontrolle der SCADA-Daten der WEA 13 (Enercon E101) festgestellt werden, dass sämtliche von IdentiFlight initiierten Abschaltungen korrekt ausgeführt wurden. An diesem Standort war eine sehr hohe Flugaktivität nicht nur von Rotmilanen gegeben, sondern auch von zahlreichen anderen Arten (siehe Abbildung 23). Darunter befanden sich auch einige, für die von IDF ebenfalls Abschaltungen generiert wurden (z.B. See- und Fischadler sowie Kranich). In der Summe führte dies zu einer sehr hohen Zahl an Abschaltsignalen, deren Anzahl und zeitliche Verteilung beispielhaft in Abbildung 74 und Abbildung 75 dargestellt sind. Der Standort Bütow eignet sich somit in besondere Weise, um anhand einer großen Stichprobe an Abschaltungen zu beurteilen, wie gut die Signalumsetzung der WEA funktioniert hat. Es wird deutlich, dass die Anzahl an Abschaltungen von Tag zu Tag sehr unterschiedlich sein kann und in dem betrachteten Zeitraum zwischen 10 und 90 Abschaltungen pro Tag schwankte. Weiterhin zeigte sich, dass entsprechend dem tageszeitlichen Verlauf der Flugaktivität eine Häufung an Abschaltungen ab etwa 09.00 Uhr einsetzte und bis ca. 20.00 Uhr anhielt.

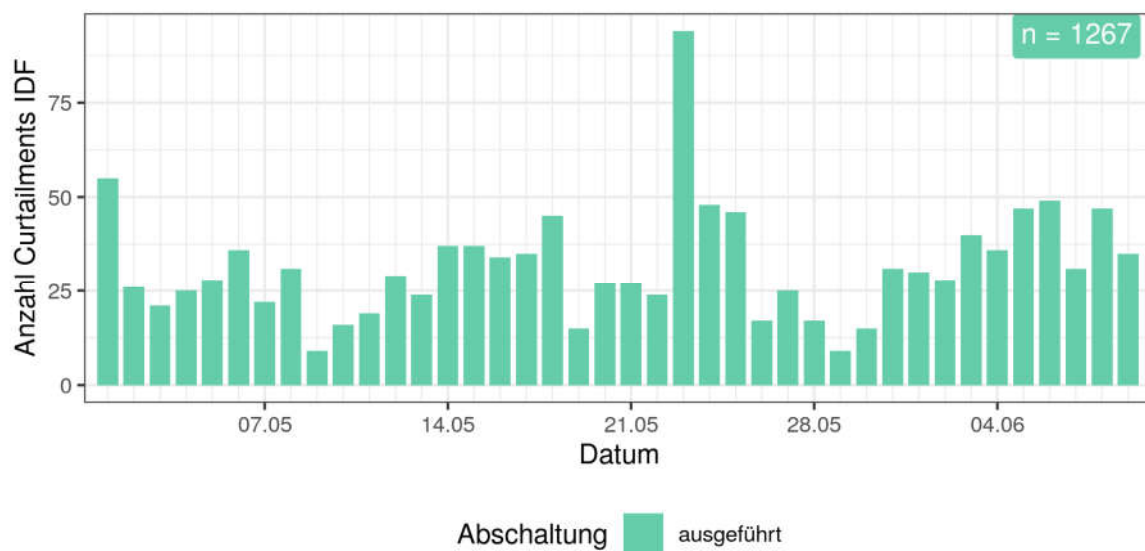


Abbildung 74: Anzahl der von IDF initiierten Abschaltungen an der WEA 13 am Untersuchungsstandort Bütow. Alle von IDF initiierten Abschaltungen wurden von der WEA korrekt durchgeführt.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

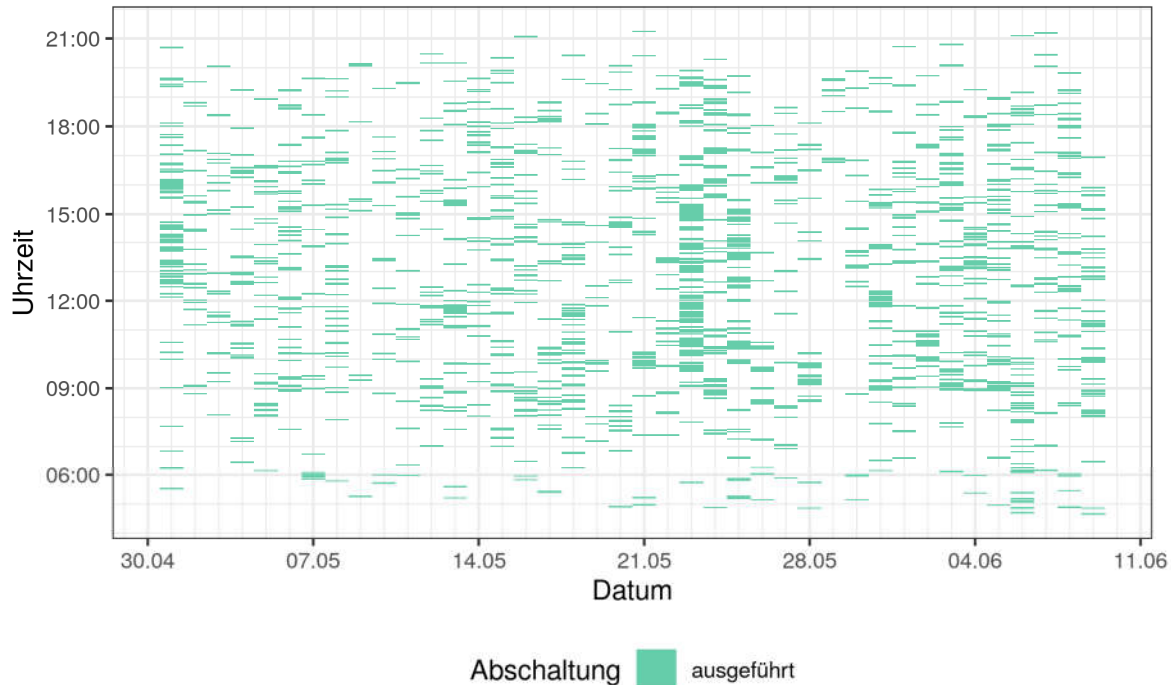


Abbildung 75: Tageszeitliche Verteilung der von IDF initiierten Abschaltung an WEA 13 am Standort Bütow.

5.6.3 Relation von Flugaktivität zu Abschaltungen

Häufigkeit und Dauer der von IDF veranlassten Abschaltungen hängen zwangsläufig von der Flugaktivität am jeweiligen WEA-Standort ab. Betrachtet man den gesamten 750 m Radius um das jeweilige IDF, ergibt sich eine deutliche lineare Korrelation zwischen der Anzahl an erfassten Tracks pro Tag, mit oder ohne von IDF als geschützt klassifizierten Vögeln, und der Anzahl an ausgelösten Abschaltungen (Abbildung 76).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

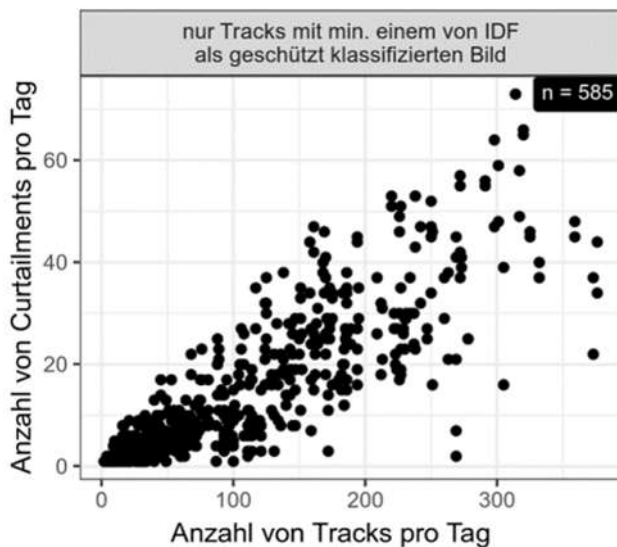


Abbildung 76: Anzahl von Abschaltungen (Curtailments) pro Tag in Abhängigkeit von der Anzahl Tracks, bei denen mindestens einmal eine geschützte Art klassifiziert wurde. n = Anzahl WEA-Tage

Wird die Betrachtung auf einen 350 m Radius beschränkt, was etwa der Ausdehnung des inneren Abschaltzylinders bei modernen großen WEA entspricht (siehe Kap. 6.1.6), ergibt sich, dass knapp jede zweite detektierte Flugbewegung zu einer Abschaltung mit einer durchschnittlichen Dauer von ca. 3,5 min führte (Tabelle 13). Die mittlere Anzahl der Abschaltungen pro Tag wies über die sechs Standorte eine große Spannbreite von etwas über 1 bis knapp 40 Abschaltungen/Tag auf, wobei sich die höchsten Werte jeweils in der Aufzuchtzeit der Jungen, d. h. vom 20.05. bis 30.06. ergaben (Tabelle 14).

Tabelle 13: Relation der Rotmilanflugaktivität im 350 m Radius zu Anzahl und Dauer der vom IDF für Rotmilane ausgelösten Abschaltungen

Standort	Erfasst		Durchschnittliche Dauer des Abschaltsignals [s]	Verhältnis Abschaltungen/Flüge
	Flüge im 350 m Radius	Abschaltungen		
Helfta	641	344	161	0,54
Plate	477	180	155	0,38
Gerbstedt	409	193	217	0,47
Lübesse	325	123	215	0,38
Bütow	1.262	392	239	0,25
Geislingen	3.903	1.775	276	0,50
Durchschnitt	1.385	536	211	0,43

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 14: Mittlere Anzahl täglicher Abschaltungen während den unterschiedlichen Brutphasen an den IDF-Standorten

Brutphasen	Standorte					
	Plate	Lübesse	Bütow	Helfta	Gerbstedt	Geislingen
Balzzeit 15.03.-14.04.	1,2	1,7	10,7	5,5	4,8	20
Brutzeit 15.04.-19.05.	1,5	2,1	13,6	7	6,1	25,2
Aufzuchtzeit 20.05.-30.06.	3,2	4,7	11,5	15,2	13,4	39,4
Nachbrutzeit 0.1.07.-30.09.	1,5	2,2	5,5	7,3	6,4	18,9

Abbildung 71 hat gezeigt, dass über 40 % der initiierten Abschaltungen erst innerhalb des inneren Abstandszylinders erfolgten, die Vögel dabei jedoch nur geringe Flughöhen von ca. 15 – 60 m aufwiesen. Um die Auswirkungen der Flughöhe auf die Anzahl und Dauer der Abschaltungen abzuschätzen, werden beispielhaft aus dem Datensatz des Standorts Geislingen alle Flugbewegungen, die durchgehend unterhalb von 40 m über Grund bleiben, herausgenommen. Für diese Betrachtung wurde gezielt eine niedrige Flughöhengrenze gewählt, um bereits mit einem konservativen Ansatz bezüglich der Höhe der Rotorunterkante den Effekt der Einbeziehung des Faktors Flughöhe zu verdeutlichen.

Bei einer derartigen Beschränkung des Datensatzes auf Flüge oberhalb von 40 m über Grund zeigt sich am Standort Geislingen eine deutliche Reduzierung der erfassten Fluganzahl im 350 m Radius um etwa 30 %. Die Anzahl der Abschaltungen nimmt sogar fast um die Hälfte ab (Tabelle 15). Dementsprechend verringert sich das Verhältnis von Flügen und Abschaltungen von 0,50 auf 0,36. Lediglich die durchschnittliche Dauer des Abschaltsignals nimmt geringfügig zu.

Tabelle 15: Relation der Rotmilanflugaktivität im 350 m Radius zu Anzahl und Dauer der vom IDF für Rotmilane ausgelösten Abschaltungen am Standort Geislingen bei Berücksichtigung der Flughöhe

	Erfasst		Durchschnittliche Dauer des Abschaltsignals [s]	Verhältnis Abschaltungen/Flüge
	Anzahl Flüge im 350 m Radius	Abschaltungen		
Alle Flüge	3.903	1.775	276	0,50
Nur Flüge über 40 m Höhe	2.731	975	287	0,36

5.7 Flugverhalten Rotmilan

5.7.1 Flughöhe

Die Flughöhen von Rotmilanen, ermittelt aus den Daten von IDF, zeigen, dass das Maximum der Flughöhenverteilung bei ca. 30 - 40 m liegt, bezogen auf die Stereokamera des IDF, und nimmt oberhalb stetig ab (Abbildung 77). Zwischen den einzelnen Standorten zeigen sich jedoch große Unterschiede. Während sich die Flughöhen in Plate über einen deutlich größeren Höhenbereich verteilen, konzentriert sich die Flughöhe bei Gerbstedt und Bütow am stärksten auf niedrigere Höhen.

Betrachtet man die kumulativen Anteile über die Höhe und für die verschiedenen Standorte, zeigt sich, dass, gemittelt über alle Standorte 55 % der Daten bis zu einer Höhe von 100 m verzeichnet wurden, wobei dieser Wert zwischen 35 % für Plate und 67 % für Gerbstedt schwankt (Abbildung 78).

Diese großen Unterschiede sind vermutlich auf die standortspezifischen Gegebenheiten zurückzuführen, bedingt durch die Nähe zu Brutplätzen oder Nahrungsgebieten, die niedrig angeflogen werden oder durch Bereiche, die hauptsächlich überflogen oder als Thermik genutzt werden. Die Flughöhen sind somit standortspezifisch und bilden nicht die Gesamt-Flughöhenverteilung der beteiligten Individuen ab, wie dies bei telemetrierten Vögeln der Fall ist (HEUCK *et al.* 2019). Zudem kommt es durch die Priorisierung von Vögeln in größerer Kollisionsgefährdung durch das IDF-System sowie der Untererfassung sehr niedrig fliegender Rotmilane zu einer weiteren Abweichung in der Flughöhenverteilung im Vergleich zu telemetrierten Rotmilanen.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

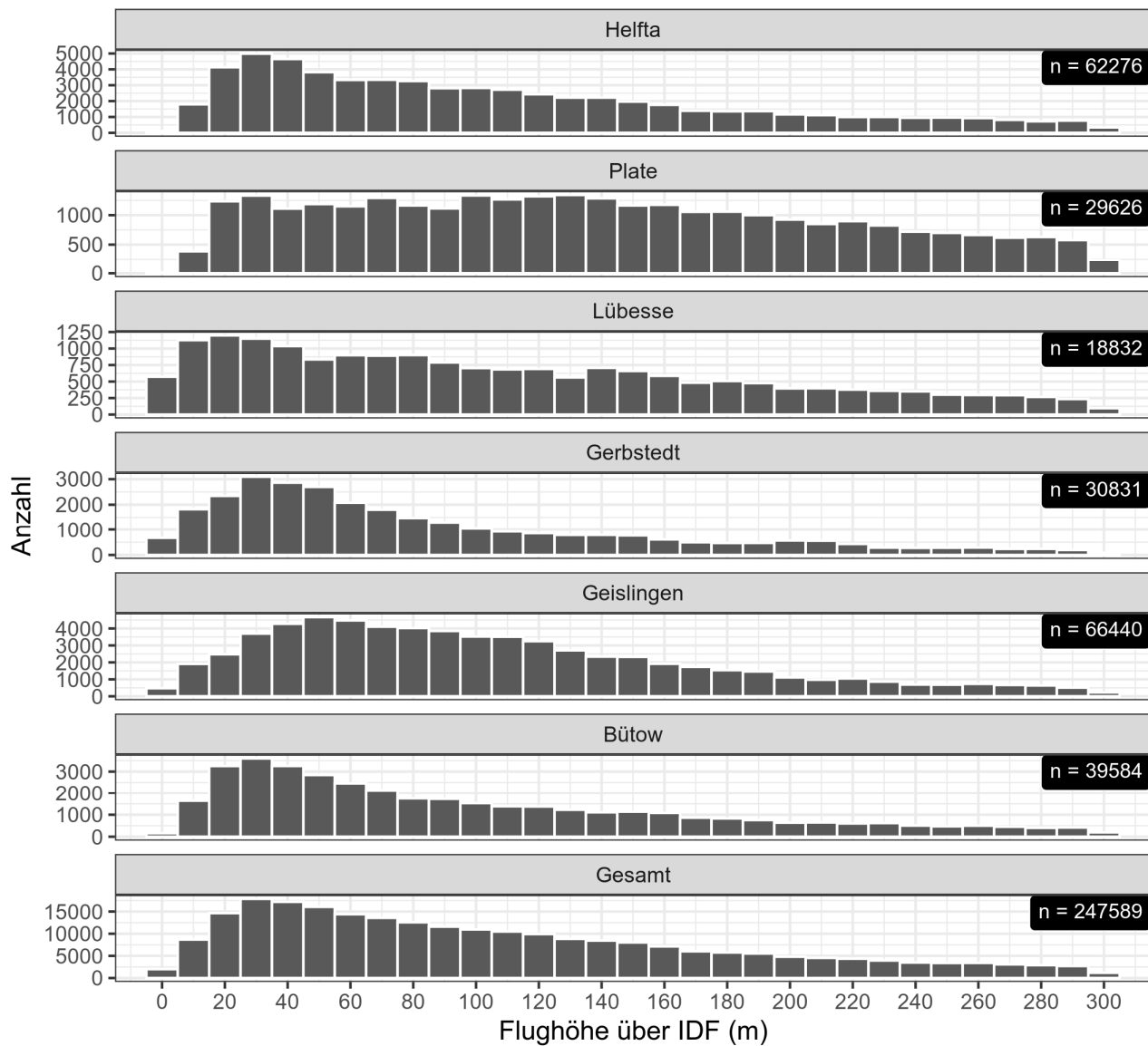


Abbildung 77: Verteilung der Flughöhen, in 10 m Höhenklassen, von nachbestimmten Rotmilanen über alle sechs Standorte bis 300 m über dem IDF.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

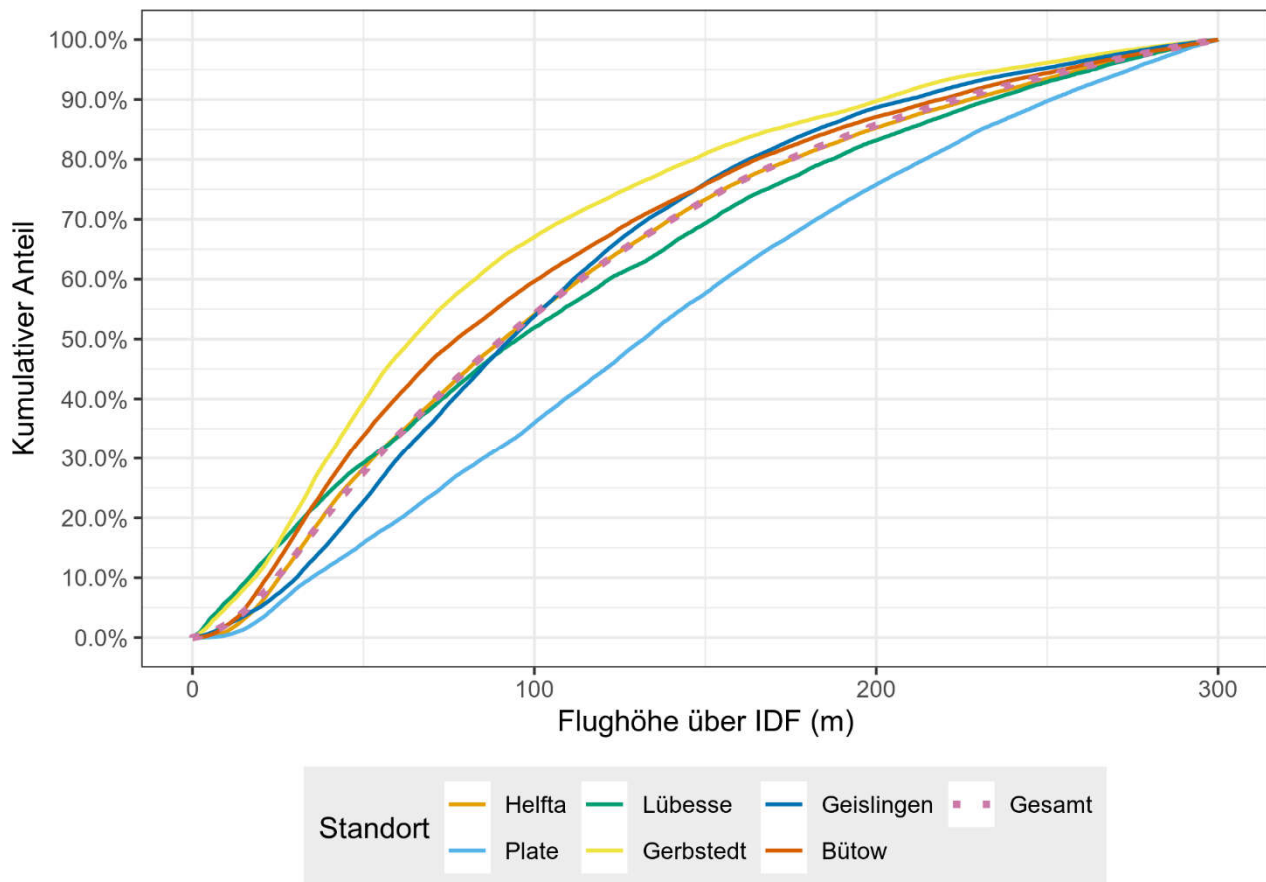


Abbildung 78: Kumulativer Anteil der Flughöhen von nachbestimmten Rotmilanen bis 300 m Höhe über dem IDF.

5.7.2 Fluggeschwindigkeit

Die Fluggeschwindigkeit der Zielart hat einen großen Einfluss auf die erforderliche Erfassungsreichweite sowie auf die Dimensionierung des inneren und äußeren Abstandszyinders. Daher erfolgt nachstehend eine Auswertung der in diesem Projekt durch das IDF generierten Erfassungsdaten hinsichtlich der aufgetretenen horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen.

Der Median der horizontalen Fluggeschwindigkeit über alle Standorte hinweg lag auf der Basis von 76.175 Messungen bei 8,4 m/s bzw. 30,24 km/h bei einer Standardabweichung von 3 m/s (ca. 68 % aller Werte lagen somit innerhalb von 8,4 +/- 3 m/s). Zwischen den Standorten schwanken die Mediane von 7,6 bis 9,1 m/s (Tabelle 16).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Der Median der vertikalen Fluggeschwindigkeit über alle Standorte hinweg lag bei -0,8 m/s für den Sinkflug und bei 0,9 m/s für den Steigflug (bei einer Standardabweichung von rd. 1 m/s). Zwischen den Standorten schwanken die Mediane nur sehr geringfügig (Tabelle 16).

Die Verteilung der gemittelten horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten ähnelt sich an allen Standorten weitgehend (Abbildung 79 und Abbildung 82).

Eine deutliche Abhängigkeit der horizontalen Fluggeschwindigkeit von der Flughöhe zeichnet sich nicht ab, tendenziell wird in Bodennähe jedoch langsamer geflogen als in größerer Höhe (Abbildung 80). So beträgt der Median in einer Höhe von < 50 m ca. 8 m/s, in einer Höhe von 200 m bis 250 m hingegen knapp 9 m/s.

Auch wenn vereinzelt sehr hohe horizontale Geschwindigkeiten ermittelt wurden, so liegen doch in einer Höhe bis 200 m ca. 70 % aller Werte unterhalb von 10 m/s und ca. 90 % unterhalb von 12,5 m/s (Abbildung 81).

Hinsichtlich der Höhenverteilung der vertikalen Fluggeschwindigkeit zeigen sich eine deutlichere Tendenz, dass Steig- und Sinkflüge in größerer Höhe schneller verlaufen als niedrig über dem Boden. In einer Flughöhe von < 50 m liegt der Median für Steigflüge unterhalb von 0,5 m/s, wohingegen der Median in einer Höhe von 200-250 m über 1 m/s beträgt (Abbildung 83), was auf die generelle Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe zurückzuführen sein dürfte. Niedrig fliegende Rotmilane gewinnen somit nur langsam an Höhe. Bei einer kumulativen Betrachtung liegen 90 % der mittleren Steiggeschwindigkeiten bis 100 m Höhe unterhalb von 1,5 m/s (Abbildung 84).

Tabelle 16: Durch das IDF ermittelte Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen in horizontaler Richtung sowie im Sink- und Steigflug.

	Horizontale Fluggeschwindigkeit			Sinkgeschwindigkeit			Steiggeschwindigkeit		
Standort	Median	SD	Anzahl	Median	SD	Anzahl	Median	SD	Anzahl
Helfta	7,6	2,8	17.960	-0,9	1,0	7.261	0,8	0,9	9.458
Plate	8,4	3,0	5.283	-1,0	1,1	2.486	0,9	1,0	2.500
Lübesse	7,6	2,9	2.296	-0,8	0,8	907	0,8	1,1	1.293
Gerbstedt	8,8	3,0	9.109	-0,7	0,9	3.500	0,8	0,9	5.139
Geislingen	8,8	3,1	29.980	-0,8	1,1	13.460	0,8	0,9	15.802
Bütow	9,1	3,1	11.547	-0,9	1,0	5.406	0,8	0,9	5.745
Gesamt/Mittelwert	8,4	3,0	76.175	-0,8	1,0	33.020	0,8	0,9	39.937

SD = Standardabweichung (standard deviation)

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

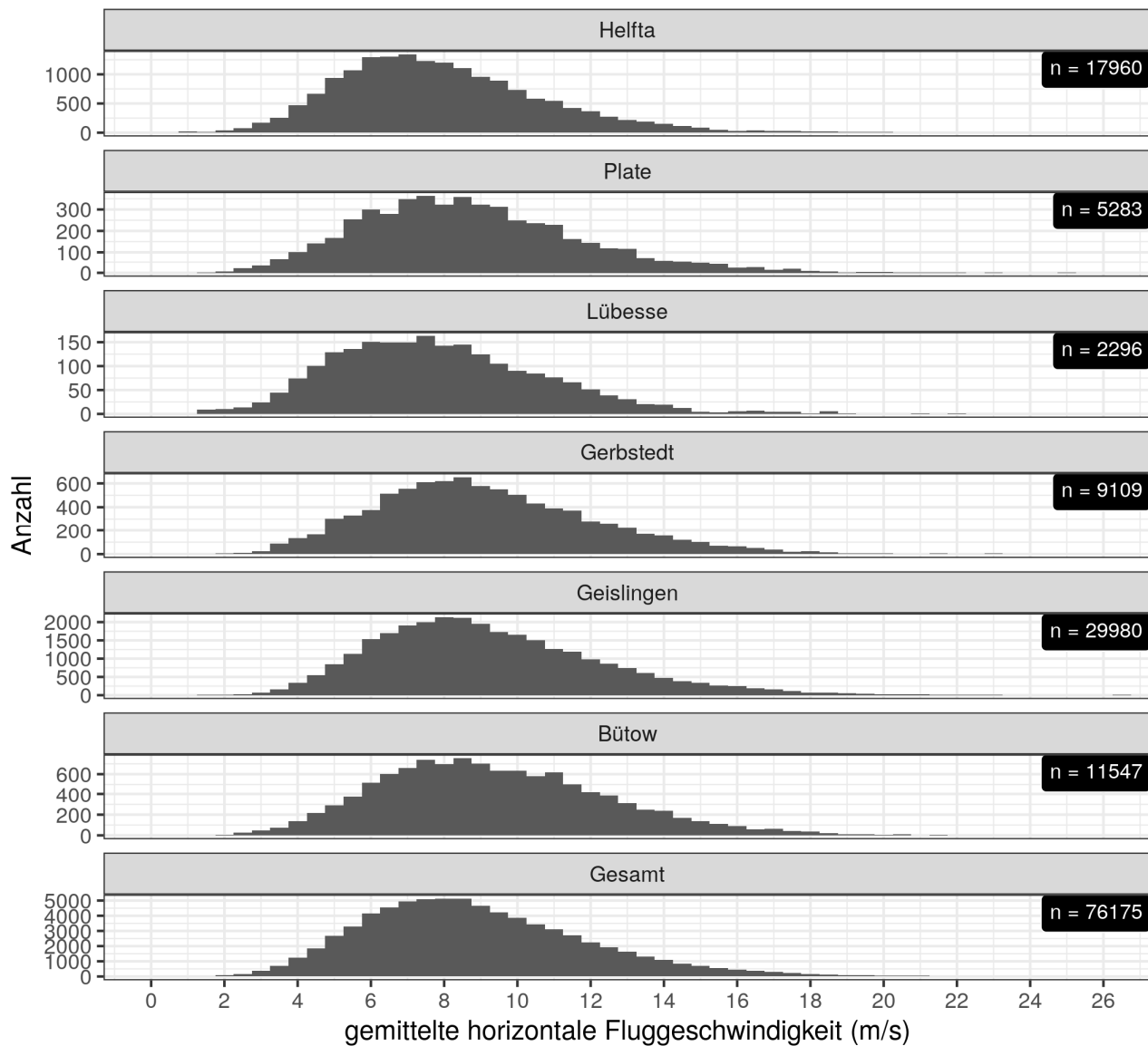


Abbildung 79: Verteilung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen in allen Untersuchungsgebieten

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

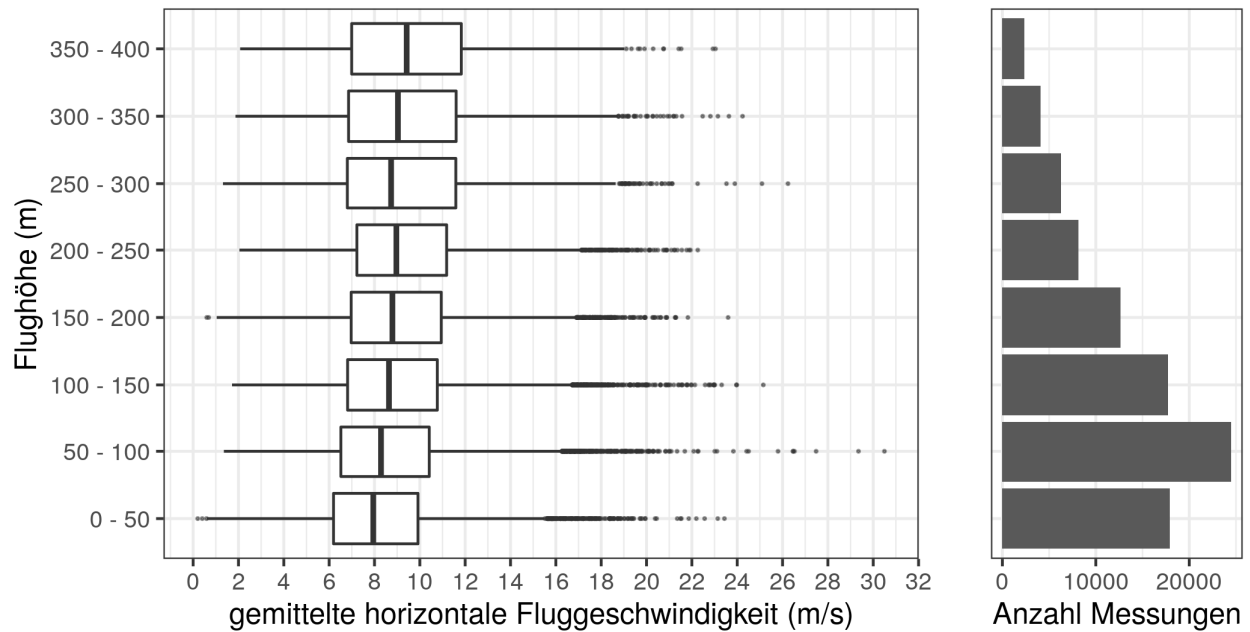


Abbildung 80: Box-Plots der Höhenverteilung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen

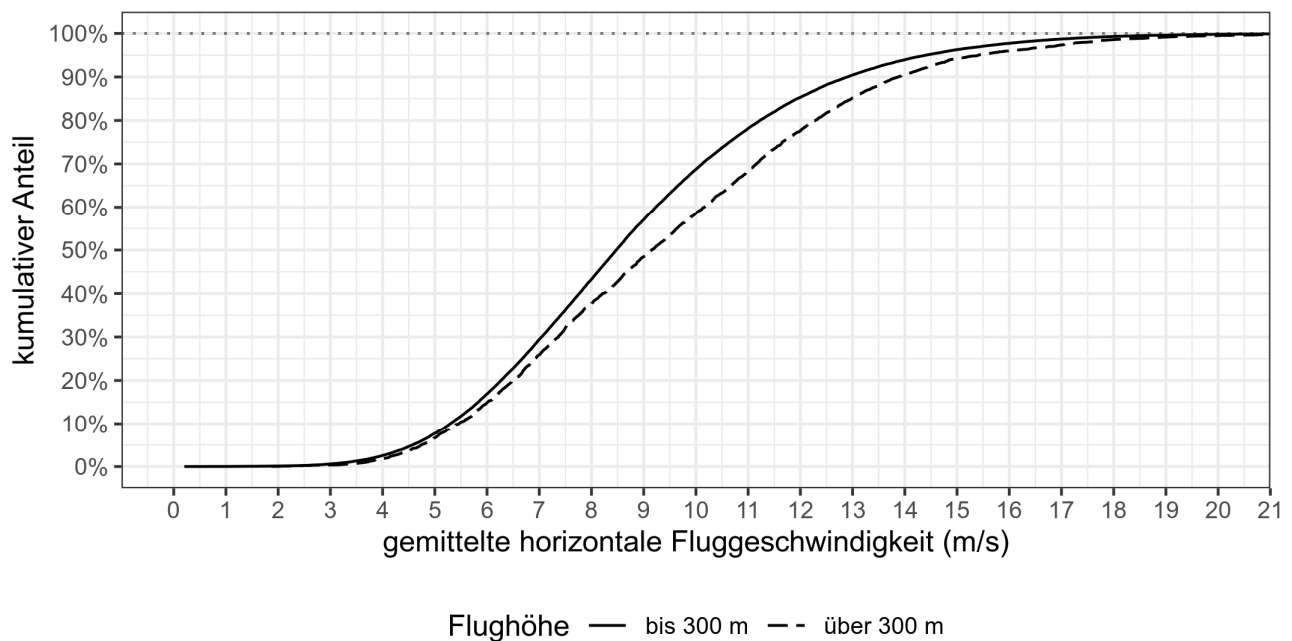


Abbildung 81: Kumulative Darstellung der als gleitendes Mittel errechneten horizontalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen über alle Untersuchungsstandorte

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

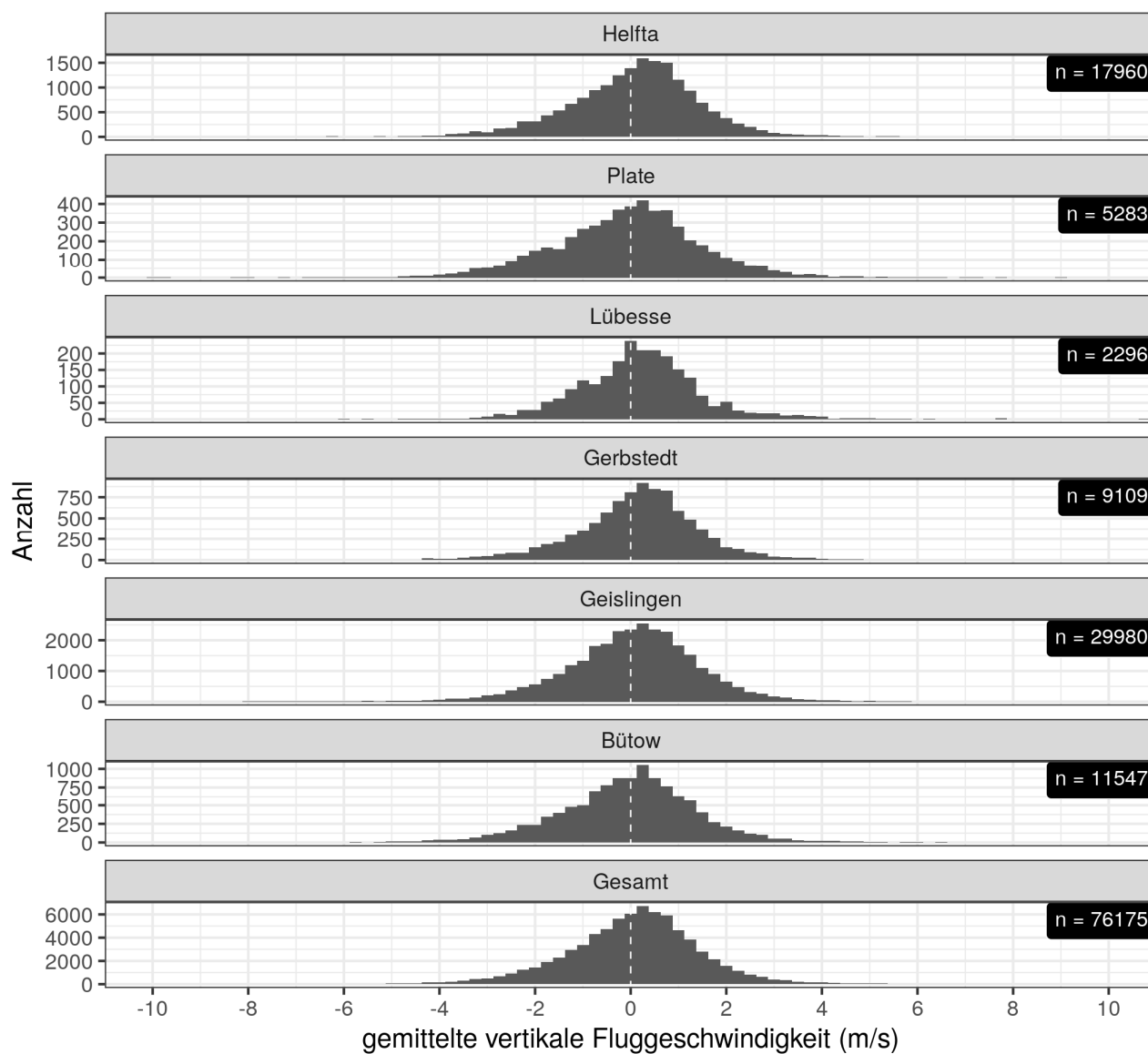


Abbildung 82: Verteilung der als gleitendes Mittel errechneten vertikalen Fluggeschwindigkeiten in allen Untersuchungsgebieten

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

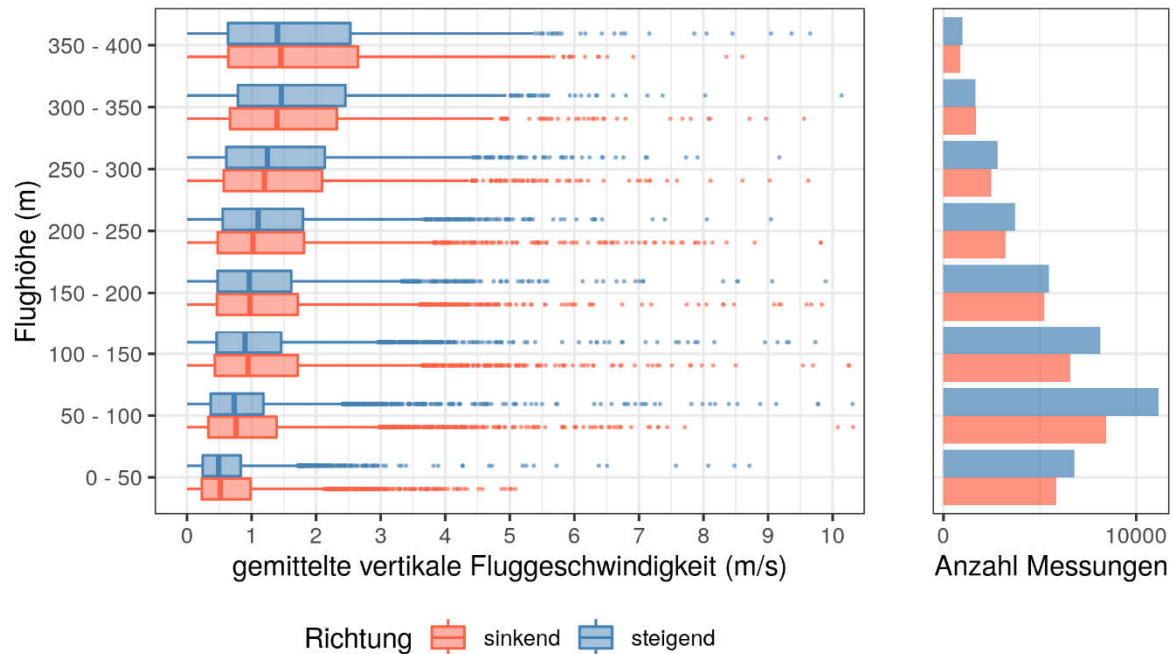


Abbildung 83: Box-Plots der Höhenverteilung der als gleitendes Mittel errechneten vertikalen Fluggeschwindigkeiten

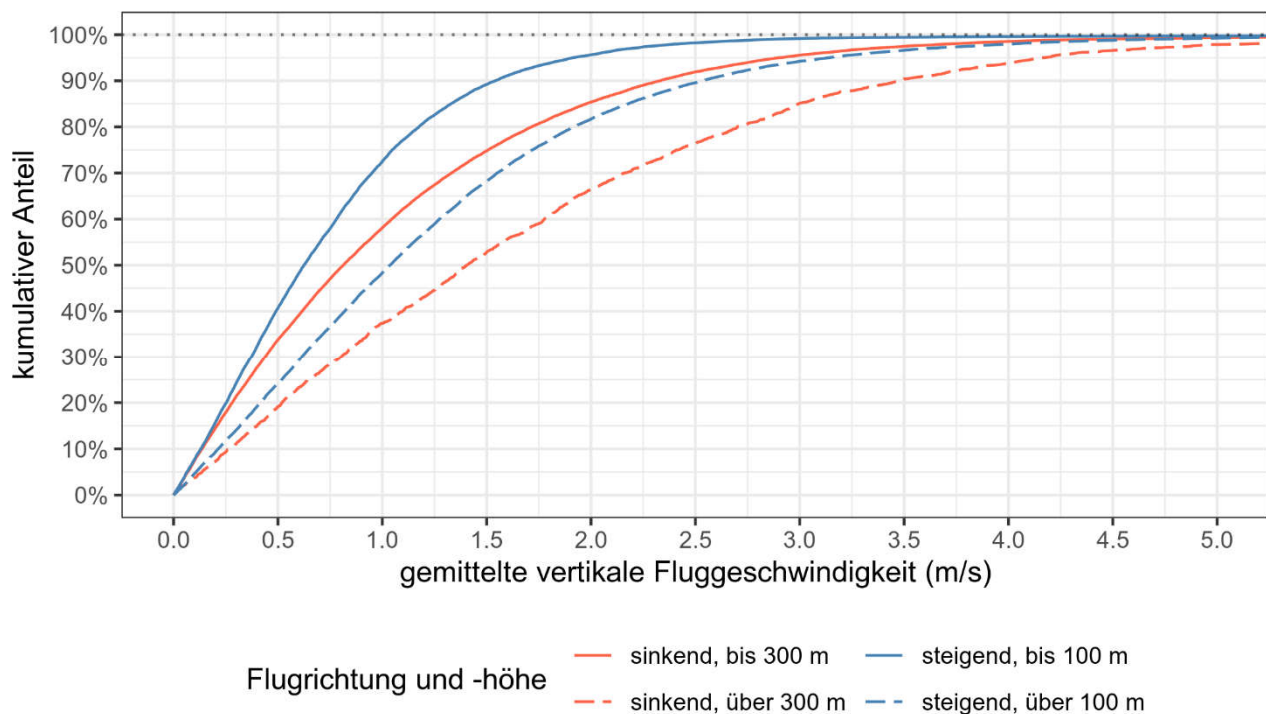


Abbildung 84: Kumulative Darstellung der als gleitendes Mittel errechneten vertikalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen über alle Untersuchungsstandorte

6 Artenschutzrechtliche Bewertung der Wirksamkeit von IDF

Nachfolgend wird in Kapitel 6.1 auf der Basis der Ergebnisse aus Kapitel 5 die Leistungsfähigkeit von IDF im Hinblick auf die einzelnen Kriterien aus KNE (2019) diskutiert und eingestuft.

Anschließend erfolgt in Kapitel 6.2 eine Zusammenführung dieser Einzelergebnisse zur Einstufung der Gesamtwirksamkeit des Systems.

Daraufhin wird in Kapitel 6.3 dargelegt, an welchen artenschutzrechtlichen Anforderungen diese Gesamtwirksamkeit zu messen ist.

In Kapitel 6.4 erfolgt die abschließende Bewertung, ob bzw. unter welchen Umständen IDF geeignet ist, das Kollisionsrisiko so weit zu senken, dass keine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos im Sinne von § 44 Abs. 1 Nr. 1 in Verbindung mit § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG mehr vorliegt.

6.1 Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von IDF

Die Anforderungen, die an die Leistungsfähigkeit von IDF zu stellen sind, um zu gewährleisten, dass in dem jeweiligen Einzelfall das Tötungsrisiko durch WEA nicht signifikant erhöht wird, werden nachfolgend anhand der Kriterien aus KNE (2019) betrachtet. Wie in Kapitel 3.1 erläutert, handelt es sich hierbei um:

1. Räumliche und zeitliche Abdeckung des Standorts
2. Erfassungsreichweite
3. Erfassungsrate (Erhebung von Referenzdaten durch ein sog. Zweitsystem)
4. Klassifizierungsrate des Flugobjekts
5. Wirksamkeit und Effizienz der Systemreaktion

Zusätzlich erfolgt eine Betrachtung der notwendigen Dimensionierung der IDF-spezifischen Abstandszyylinder basierend auf dem untersuchten Flugverhalten des Rotmilans.

Auf dem BfN-Kolloquium „Naturverträgliche Windenergienutzung durch smarte Technologien im Artenschutz“ am 03./04.11.2020 wurden von der Schweizer Vogelwarte Sempach eigene Auswertungen der IDF-Daten aus Geislingen vorgestellt (ASCHWANDEN 2020).⁹ 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)¹⁰.

⁹ <https://www.natur-und-erneuerbare.de/aktuelles/details/naturvertraegliche-windenergienutzung-durch-smarte-technologien-im-artenschutz/>

¹⁰ https://www.zsw-bw.de/uploads/media/NatForWINSSENT_Testbericht_IdentiFlight.pdf

6.1.1 Räumliche und zeitliche Abdeckung des Standorts

In **räumlicher** Hinsicht wurden an allen sechs Untersuchungsstandorte im 360 °-Umkreis Flugwege von Rotmilanen aufgezeichnet. Lediglich bodennah entstanden teilweise durch sichtverschattende Gehölzstrukturen bzw. durch datenschutzrechtlich erforderliche Maskierungen (z.B. an Wegen oder Ställen) Bereiche, in denen keine Flugwegedetektion möglich war (siehe Kapitel 4.1.3 und Abbildung 16 bis Abbildung 24 sowie Abbildung 42 und Abbildung 43). Diese Bereiche nehmen jedoch nur einen sehr kleinen Anteil an dem gesamten Kamera-Blickfeld ein und betreffen zudem nur sehr niedrige Flughöhen, die in Bezug auf das Kollisionsrisiko nicht relevant sind (siehe Kapitel 5.6.1)

In Bezug auf die spezifische Funktionsweise von IDF mit Verwendung eines äußeren und eines inneren Abstandszyinders um die zu überwachende WEA (siehe Abbildung 6) ist vor allem maßgeblich, dass der innere Abstandszyinder um die jeweilige WEA vollständig von IDF überblickt werden kann. Dies war bei allen sechs Untersuchungsgebieten der Fall, da sich im Bereich des inneren Abstandszyinders um die zu überwachenden WEA keinerlei Sichthindernisse befanden (siehe Abbildung 10 bis Abbildung 14). Damit bestand jeweils eine uneingeschränkte räumliche Abdeckung des inneren Abstandszyinders. In Bezug auf den weiterreichenden äußeren Abstandszyinder waren, wie in Kapitel 4.1.3 ausgeführt, nur sehr geringe bodennahe Sichteinschränkungen gegeben.

Senkrecht nach oben besteht über IDF ein Bereich, der nicht eingesehen werden kann (siehe blinde Zone in Abbildung 3). Dieser Bereich hat jedoch keinen Einfluss auf die Detektionsleistung des IDF-Systems sowie auf die durch IDF generierten Abschaltvorgänge, da er vollständig von der Sichtbarkeitskuppel (räumliches Sichtfeld von IDF) umgeben ist. Insofern kann zumindest für die kollisionsrelevanten Flughöhen > ca. 20 m von einer räumlichen Abdeckungsrate von 100 % ausgegangen werden.

In **zeitlicher** Hinsicht wurde aus der Kombination aller sechs Standorte über die Erfassungsjahre von 2018 bis 2020 eine nahezu vollständige Abdeckung der gesamten Brutzeit des Rotmilans erreicht, lediglich aus dem Monat März liegen keine Daten vor (Gesamtzeitspanne 16.04. bis 18.10., siehe Kapitel 4.1.4). Von insgesamt 393 Kameratagen mussten aufgrund von vollständigen oder teilweisen Systemausfällen 29 Tage ausgeschlossen werden, so dass insgesamt der zeitliche Umfang ein vollständiges Jahr beträgt (364 Kameratage, siehe Tabelle 3 und Abbildung 28). Hieraus ergibt sich nach den vorliegenden Daten eine zeitliche Systemverfügbarkeit von insgesamt rund 93 % (siehe Kapitel 4.1.4). Darin sind allerdings auch noch Schwierigkeiten mit der örtlichen Stromversorgung enthalten, insbesondere an den Standorten mit virtuellen WEA. Im realen Einsatz wird eine verlässliche Stromversorgung über die zu überwachende Bestands-WEA gegeben sein, so dass von einer technischen Verfügbarkeit von mind. 95 % ausgegangen wird (siehe Kapitel 4.1.4).

Beurteilung von IdentiFlight

Aufgrund der Kombination von sechs Standorten, die jeweils gut von IDF eingesehen werden konnten, lässt sich die räumliche und zeitliche Abdeckungsrate der vorliegenden Studie hinsichtlich der zu untersuchenden Fragestellungen als äußerst belastbar ansehen.

6.1.2 Erfassungsreichweite

Die Erfassungsreichweite muss – bezogen auf den Standort der WEA – mindestens so groß sein, dass vom Zeitpunkt der Detektion (inkl. Klassifikation des Flugobjekts) bis zum Erreichen des Trudelbetriebs der WEA als Folge des systemgenerierten Abschaltsignals bei durchschnittlicher Fluggeschwindigkeit so viel Zeit verbleibt, dass bei erwartetem Eintritt des Rotmilans in den Rotorradius der Trudelbetrieb tatsächlich erreicht ist.

Das Erreichen des Trudelbetriebs – im Gegensatz zum vollständigen Stillstand der WEA – kann gemäß einer Entscheidung des OVG Lüneburg (Beschluss vom 29.04.2019 – 12 ME 188/18) aus artenschutzrechtlicher Sicht als ausreichend angesehen werden.¹¹

Auf der Basis des gegenwärtigen Informationsstandes (AMMERMANN *et al.* 2020) wurde zu Beginn der Untersuchung von einer Dauer des Verlangsamungsvorgangs vom Eintreffen des Abschaltsignals bis zum Erreichen des Trudelbetriebs von durchschnittlich rd. 30 s ausgegangen. Durch Abschalttests an den Standorten Lübesse, Gerbstedt und Bütow wurde dieser Wert als konservativ bestätigt und nachfolgend angenommen (siehe Kapitel 4.1).

Die Fluggeschwindigkeit eines Rotmilans zu einem gegebenen Zeitpunkt hängt im Wesentlichen von dem ausgeübten Flugverhalten ab. Von einem langsamen Segelflug über ein gerichtetes und durch Rückenwind unterstütztes Gleiten bis hin zu möglichen Sturzflugphasen kann die Geschwindigkeit sehr stark variieren. Nimmt man für Segelflug und langsames Gleiten ca. 25 km/h (ca. 7 m/s) an (HÖTKER *et al.* 2017), ergibt sich auf der Grundlage der 30 s Abschaltdauer eine Minimaldistanz von ca. 210 m ab Rotorspitze. Nach Literaturangaben variiert die Fluggeschwindigkeit bei gemischtem Flugverhalten um ca. 10 m/s (BRUDERER & BOLT 2001, S. 189: mixed flight behaviour from Europe varied around 10,5 bzw. 10,1 m/s). Legt man die höheren Werte in BRUDERER & BOLT (2001) zugrunde (ca. 15 m/s im Gleitflug), ergibt sich hieraus eine Distanz von ca. 450 m. Hierbei handelt es sich allerdings bereits um einen Worst Case, bei dem sich der Vogel mit hoher Gleitfluggeschwindigkeit auf kürzestem Weg der Anlage nähert.

Berücksichtigt man zusätzlich noch einen gewissen Sicherheitsaufschlag für den zeitlichen Abstand zwischen Detektion des Vogels und Einsetzen der Verlangsamungsreaktion der Anlage (Annahme ca. 3 s, siehe Kapitel 4.3.4), würden sich hieraus erforderliche Mindest-Erfassungsreichweiten von ca. 230 m (bei 7 m/s Fluggeschwindigkeit) bzw. 500 m (bei 15 m/s) zuzüglich Rotorradius ergeben.

¹¹ https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/20190725_KNE-Antwort_233_OVG_Lueneburg_Trudelbetrieb_seT.pdf, abgerufen am 04.03.2020

Aus den in der vorliegenden Untersuchung mit durch IDF erhobenen Daten zur horizontalen Fluggeschwindigkeit des Rotmilans (Median 8,4 m/s, siehe Kapitel 5.7) ergibt sich eine erforderliche Mindest-Erfassungsreichweite ab Rotorspitze von ca. 280 m. Für eine nahezu 100-prozentige Abdeckung aller ermittelten Fluggeschwindigkeiten (bis ca. 20 m/s, siehe Kapitel 5.7) ist, auf der Grundlage der 30 s Abschaltdauer, eine Erfassungsreichweite ab Rotorspitze von ca. 600 m erforderlich.

Beurteilung von IdentiFlight

Die vorliegenden Untersuchungen ergaben für IDF in Bezug auf den Rotmilan eine Detektions- und Klassifizierungsreichweite von ca. 750 m (siehe Kapitel 5.3). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass das IDF-System nicht unmittelbar an der zu überwachenden WEA, sondern erst in einer Entfernung von ca. 100 m bis 150 m installiert werden kann. Dieser Abstand ist notwendig, um den Einfluss einer Sichtverschattung durch den WEA-Turm auf die Detektionsleistung weitgehend auszuschließen. Hieraus ergibt sich, dass die maximale Erfassungsreichweite von IDF in Bezug auf einen Rotmilan, der genau in der Verlängerung der direkten Linie IDF-WEA fliegt, auf ca. 600 m begrenzt ist. Diese Reichweite ist – wie oben gezeigt – ausreichend, um Rotmilane mit fast 100 % aller Fluggeschwindigkeiten noch rechtzeitig detektieren und die WEA noch vor einer potenziellen Kollision in den Trudelbetrieb bringen zu können. Somit erfüllt IDF in Bezug auf den Rotmilan die Anforderung einer ausreichenden Erfassungsreichweite, auch unter Einbeziehung hoher Fluggeschwindigkeiten und unter Berücksichtigung der Installationsanforderungen abseits der zu überwachenden WEA.

Zur Überprüfung des Einflusses der Wetterbedingungen auf die Detektionsdistanz wurden von ASCHWANDEN & LIECHTI (2020) am Standort Geislingen drei Tage mit guten Wetterbedingungen (trocken mit klarer Sicht (= 2000 m) sowie drei Tage mit schlechten Wetterbedingungen (nass mit teilweise eingeschränkter Sicht (< 2000 m)) ausgewählt und hierfür die jeweiligen Häufigkeitsverteilung der radialen Distanzen 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 85). Hieraus wird deutlich, dass die Witterung – insbesondere die Sichtweite – einen Einfluss auf die Detektionsleistung von IDF haben kann. Es wird jedoch auch bei ungünstigen Wetterverhältnissen noch eine große und ausreichende Detektionsreichweite erzielt.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

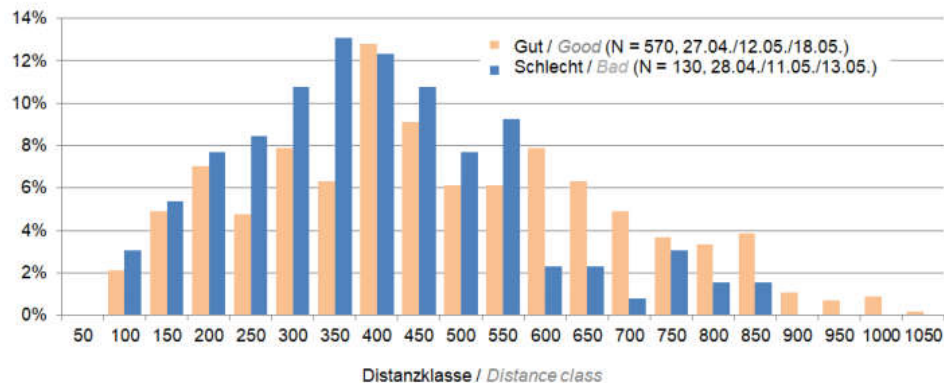


Abbildung 85: Verteilung der radialen Erstdetektions-Distanzen von Flugwegen der Zielarten in Abhängigkeit des Wetters (gut = trocken mit klarer Sicht, schlecht = nass mit teilweise eingeschränkter Sicht). Quelle: ASCHWANDEN & LIECHTI (2020)

6.1.3 Erfassungsrate

Die Erfassungsrate gibt an, wie viele der tatsächlich vorkommenden relevanten Flugobjekte (hier Rotmilan) innerhalb der Detektionsreichweite durch IDF erfasst werden. Hierbei handelt es sich um ein zentrales Kriterium für die Beurteilung der Schutzwirkung eines Antikollisionssystems.

Beurteilung von IdentiFlight

Insgesamt wird eine mittlere Erfassungsrate von 92 % erreicht (siehe Kapitel 5.4.1). Generell weisen GPS-Daten als Referenz eine höhere Genauigkeit auf als LRF-Daten, so dass die Erfassungsrate am Standort Geislingen auf der Basis der dortigen Telemetriedaten (95 %) als besonders aussagekräftig angesehen werden kann. Die Erfassungsrate von IDF kann somit als sehr hoch eingestuft werden, womit eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Wirksamkeit zum Schutz des Rotmilans vor Kollisionen an WEA erfüllt ist.

6.1.4 Klassifizierung des Flugobjekts

Aus naturschutzfachlicher Sicht ist maßgeblich für die Beurteilung der Klassifizierungsleistung eines Systems die sog. Falsch-Negativ-Rate, d.h. das Ausmaß, in dem tatsächliche Rotmilane nicht als solche erkannt werden (Zielart wird nicht als Zielart erkannt). Die Falsch-Positiv-Rate, mit der Nicht-Rotmilane durch das System fälschlicherweise als solche bestimmt werden, spielt demgegenüber keine Rolle, da sie nicht zu einer Reduzierung des Schutzniveaus führt, sondern nur zu zusätzlichen Abschaltungen, d.h. zu einer Reduzierung der Anlagenverfügbarkeit für den Betreiber.

Ein wesentliches Merkmal von IDF besteht darin, dass die Objekterkennung und Generierung von Abschaltensignalen nicht vergleichsweise pauschal auf der Ebene von Größenklassen oder Artengruppen erfolgt, sondern gezielt auf Artniveau, oder zumindest auf Arttypenniveau (z.B.

Rotmilan und Seeadler oder Milan und Adler). Diese hohe Spezifität der Objekterkennung stellt jedoch eine weitere mögliche Fehlerquelle dar, die durch die Falsch-Negativ-Rate beschrieben wird. Hierbei handelt es sich um eine Eigenschaft der zugrunde liegenden Software, deren Leistung jedoch durch wiederholtes Re-Training bis zu einem gewissen Grad kontinuierlich verbessert werden kann, wie anhand der Version 2 des neuronalen Netzes gezeigt werden konnte (siehe Kapitel 5.5).

Beurteilung von IdentiFlight

In den vorliegenden Untersuchungen konnte durch die Verbesserung der Software die Falsch-Negativ-Rate von zunächst 15 % bis 20 % (2018 und 2019, Version 1) auf 4 % bis 2,5 % (2020, Version 2) gesenkt werden – bezogen auf die Zielart Rotmilan bzw. ab 2020 auf die Artgruppe Rot- und Schwarzmilan. Unter Einsatz der Version 2 werden somit 96 % bis 97,5 % aller detektierten Rot- und Schwarzmilane korrekt bestimmt. Diese Klassifizierungsleistung war bis zu einer Entfernung von ca. 750 m weitgehend konstant, d.h. es trat innerhalb der Detektionsdistanz keine entfernungsabhängige Verschlechterung auf. Insgesamt kann somit die Klassifizierungsleistung von IDF als hervorragend eingestuft werden. Zu demselben Ergebnis kommen auch ASCHWANDEN & LIECHTI (2020).

6.1.5 Wirksamkeit und Effizienz der Systemreaktion

Die **Wirksamkeit** der Systemreaktion umfasst den Anteil derjenigen Fälle, in denen der Aufenthalt eines Zielobjekts (hier Rotmilan) innerhalb des notwendigen Reaktionsbereichs korrekterweise zu einer Generierung eines Abschaltsignals geführt hat (sichere und korrekte Systemreaktion durch Abschaltung im Risikofall gemäß KNE (2019)). Die Wirksamkeit der Systemreaktion kann nur im inneren Abstandszyylinder gemessen werden, da im inneren Abstandszyylinder beim Eintreten einer Zielart stets ein Abschaltsignal generiert werden soll. Die Abschaltungen im äußeren Abstandszyylinder durch die TTC-(Time-To-Collision) Methode können bei dieser Auswertung nicht miteinbezogen werden, da hier im Einzelnen nicht nachvollziehbar ist, bei welcher Flugbewegung eine Abschaltung hätte erfolgen sollen.

Grundsätzlich bestehen zwei mögliche Ursachen für eine verspätete oder fehlende Abschaltung im inneren Abstandszyylinder:

1. Ein Zielobjekt befindet sich innerhalb einer Distanz, in der eine Abschaltung erfolgen müsste, wird jedoch nicht als Zielobjekt erkannt.
2. Ein Zielobjekt befindet sich innerhalb der Abschaltdistanz und wird auch als solches erkannt, löst jedoch nicht oder nicht rechtzeitig ein Abschaltsignal aus.

Möglichkeit 1 kann generell mit der Erfassungs- und Klassifizierungsrate gleichgesetzt werden, für die bereits eine hohe Belastbarkeit ermittelt wurde. Hinsichtlich der Möglichkeit 2 zeigen die vorliegenden Daten, dass für jeden Rotmilan, der innerhalb der Abschaltdistanz von IDF detektiert wird, auch ein Abschaltsignal generiert wird. Dabei hat sich jedoch herausgestellt, dass Rotmilane in ca. 48 % aller Abschaltungen erst innerhalb des inneren Abstandszyinders

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

detektiert wurden, sodass in Bezug auf die horizontale Fluggeschwindigkeit bzw. auf die intendierte Funktion des inneren Abstandszylinders in diesen Fällen die Abschaltung zu spät erfolgte (Abbildung 71A). Im Hinblick auf das Kollisionsrisiko ist jedoch neben der horizontalen auch die vertikale Komponente einzubeziehen, d.h. die Flughöhe über dem Boden. Diesbezüglich hat sich gezeigt, dass der Median der Flughöhe bei den horizontal zu spät erfolgten Abschaltungen unter 50 m liegt (Abbildung 71B). Diese niedrige Flughöhe ist an den jeweiligen Standorten in Bezug zur Höhe der Rotorunterkante zu setzen. Hieraus ergibt sich beispielsweise in Bütow, dass ca. 80 % der Flüge, für die erst innerhalb des inneren Abstandszylinders eine Abschaltung ausgelöst wurde, unterhalb der dort gegebenen Rotorunterkantenhöhe von 98 m verliefen (Abbildung 72). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Vogel, der unterhalb der Rotorhöhe fliegt, innerhalb der Abschaltdauer von 30 s durch einen Steigflug in den Kollisionsbereich gelangen kann. Für die Geschwindigkeit solcher Steigflüge wurde unterhalb von 100 m ein Median von 0,7 m/s ermittelt (Abbildung 83 und Tabelle 17), so dass Flüge, die 21 m unterhalb der Rotorhöhe verlaufen (d.h. < 77 m), auch bei verspäteter Abschaltung innerhalb des inneren Abstandszylinders i. d. R. nicht in Kollisionsgefahr gelangen können. Innerhalb des inneren Abstandszylinders der WEA 13 in Bütow (Variante 2) verliefen rd. 70 % der verspätet abgeschalteten Flüge unterhalb von 77 m (Abbildung 72). Somit waren tatsächlich nur ca. 30 % der Flüge im inneren Abstandszylinder von der zu spät erfolgten Abschaltung betroffen. Dies umfasste im Falle der WEA 13 in Bütow (Variante 2) 112 Flüge. Bezogen auf die Gesamtzahl von 919 Abschaltungen für diese WEA (Abbildung 70) beläuft sich daher der Anteil der verspäteten Abschaltungen bei Flügen in kollisionsrelevanter Höhe auf rd. 12 %. Die Wirksamkeit der Abschaltungen, bezogen auf das tatsächliche Kollisionsrisiko in horizontaler und vertikaler Hinsicht, beläuft sich somit im konkreten Fall der WEA 13 in Bütow (Variante 2) auf rd. 88 %.

Dieser Wert hängt im jeweiligen Einzelfall sowohl von der Höhe der Rotorunterkante als auch von den Höhen der Flüge im inneren Abstandszylinder ab. So verliefen in Geislingen diejenigen Flüge, für die Abschaltungen erst innerhalb des inneren Abstandszylinders ausgelöst wurde, deutlich niedriger als in Bütow (siehe Abbildung 73), wodurch das Kollisionsrisiko in vertikaler Hinsicht nochmal verringert wird. Insgesamt ergibt sich, dass die Wirksamkeit von IDF umso höher ist, je größer der Abstand zwischen Boden und Rotorunterkante ist. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass bei großen Rotorunterkantenhöhen IDF eine sehr hohe Abschaltwirksamkeit entfaltet.

Die **Systemeffizienz** bezieht sich in erster Linie auf die Frage, inwieweit es über die notwendigen, zielartenbezogenen Abschaltungen hinaus zu unnötigen Abschaltungen kommt (Anzahl und Dauer der vorgenommenen Abschaltung sowie Verhältnis von erforderlichen und nicht erforderlichen Abschaltungen gemäß KNE (2019)). Hierbei handelt es sich in erster Linie um solche Abschaltungen, die nicht durch ein Zielobjekt ausgelöst wurden und somit aus artenschutzrechtlicher Sicht als nicht notwendig einzustufen sind. Eine niedrige Systemeffizienz drückt sich somit zuvorderst durch eine hohe Falsch-Positiv-Rate aus. In den vorliegenden Untersuchungen bewegt sich diese Rate in einer Entfernung von 250 m zwischen 1 % und 10 % und in 750 m zwischen 1 % und 16 % (siehe Tabelle 11). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass

die Falsch-Positiv-Rate keine reine Systemeigenschaft darstellt, sondern in hohem Maße von den am konkreten Standort vorkommenden Bedingungen abhängt, d.h. mit welcher Häufigkeit dort Arten vorkommen, die mit der Zielart leicht zu verwechseln sind.

Beurteilung von IdentiFlight

Wirksamkeit bedeutet nicht, dass die Beeinträchtigung mit Gewissheit ausgeschlossen werden kann. Erforderlich und ausreichend ist im Artenschutzrecht eine am Maßstab praktischer Vernunft ausgerichtete Prüfung. Es ist jedoch erforderlich, das vorhabenspezifische Tötungsrisiko unter die Signifikanzschwelle zu senken (UMK 2020). In der vorliegenden Untersuchung wurde beispielhaft für eine konkrete WEA an einem Standort mit sehr hoher Rotmilanflugaktivität eine Wirksamkeit der Abschaltprozedur von 88 % ermittelt (siehe Kapitel 5.6 sowie Tabelle 12). Dies kann grundsätzlich als ein hoher Wert angesehen werden, der allerdings besser sein könnte, wenn es nicht in dem festgestellten Maße zu verspäteten Detektionen von Rotmilanen innerhalb des inneren Abstandszyinders gekommen wäre. Gemäß Herstellerangaben soll die Detektionsleistung in Bezug auf Flüge unterhalb des Horizonts künftig deutlich verbessert werden. Generell ist jedoch auch derzeit schon eine hohe Abschaltwirksamkeit gegeben, sofern sich die Rotorunterkante in ausreichend großer Höhe befindet.

Im Hinblick auf die **Systemeffizienz** bewegen sich die ermittelten Falsch-Positiv-Raten zwischen 2 % und 16 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Programmierung des neuronalen Netzes tendenziell eine etwas höhere Falsch-Positiv-Rate begünstigt, da in Zweifelsfällen das Flugobjekt eher als Zielart denn als Nicht-Zielart eingestuft wird (siehe Kapitel 2.2). Dies führt zu einer Übergewichtung des Falsch-Positiv-Fehlers mit dem Ziel, die artenschutzrechtlich relevante Falsch-Negativ-Rate möglichst zu minimieren.

Ein wesentliches Merkmal von IDF besteht darin, dass es sehr spezifisch auf die jeweils erforderliche Zielart trainiert werden kann, um dadurch die absolute Anzahl an Abschaltungen weitgehend auf das notwendige Minimum zu beschränken. Letztlich lässt sich die Effizienz eines Antikollisionssystems nur durch einen parallelen Vergleich mit anderen Antikollisionssystemen an demselben Standort beurteilen, um so die absolute Anzahl der jeweils ausgelösten Abschaltungen zu ermitteln. Insofern ist die Falsch-Positiv-Rate allein noch kein ausreichendes Maß für die Systemeffizienz, da sie auch maßgeblich von der Definition des Zielobjektes abhängt (z.B. Rotmilan versus Vogel mit mind. 130 cm Spannweite).

Hieraus folgt, dass aus den in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Daten die Effizienz von IDF nicht quantitativ beschrieben werden kann. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass es sich bei IDF aufgrund seiner Systemeigenschaften in Kombination mit den ermittelten niedrigen Falsch-Positiv-Raten um ein insgesamt sehr effizientes Antikollisionssystem handelt.

6.1.6 Dimensionierung der Abstandszyinder

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, basiert die Generierung von Abschaltsignalen durch IDF innerhalb des äußeren Abstandszyinders (mit Radius $R_{\max}$) auf der Methode der Errechnung der Time-To-

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Collision. Bei Detektion im inneren Abstandszylinder (mit Radius $R_{\min}$) erfolgt auf jeden Fall eine Abschaltung, unabhängig von der Time-To-Collision. Die vertikale Dimensionierung der Abstandszylinder wird bisher vom Boden bis in spezifische Höhen für den inneren und äußeren Abstandszylinder festgelegt.

Durch die hier vorgenommene Bestimmung der horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten von Rotmilanen (Kapitel 5.7) kann die Dimensionierung des inneren und äußeren Abstandszylinders jedoch auf die spezifischen Anforderungen des Rotmilanschutzes angepasst werden, wobei die vertikale Dimensionierung der Abstandszylinder, unter bestimmten Voraussetzungen (siehe Beispielrechnung Tabelle 17 sowie Abbildung 87), nicht zwingend vom Boden aus festgelegt werden muss (Abbildung 86).

Für die Definition der vertikalen Ausdehnung der Abstandszylinder setzen sich die Bezeichnungen aus H für height, U bzw. L für die upper (obere) bzw. lower (untere) Begrenzung und min bzw. max für die inneren bzw. äußeren Abstandszylinder zusammen (Abbildung 86).

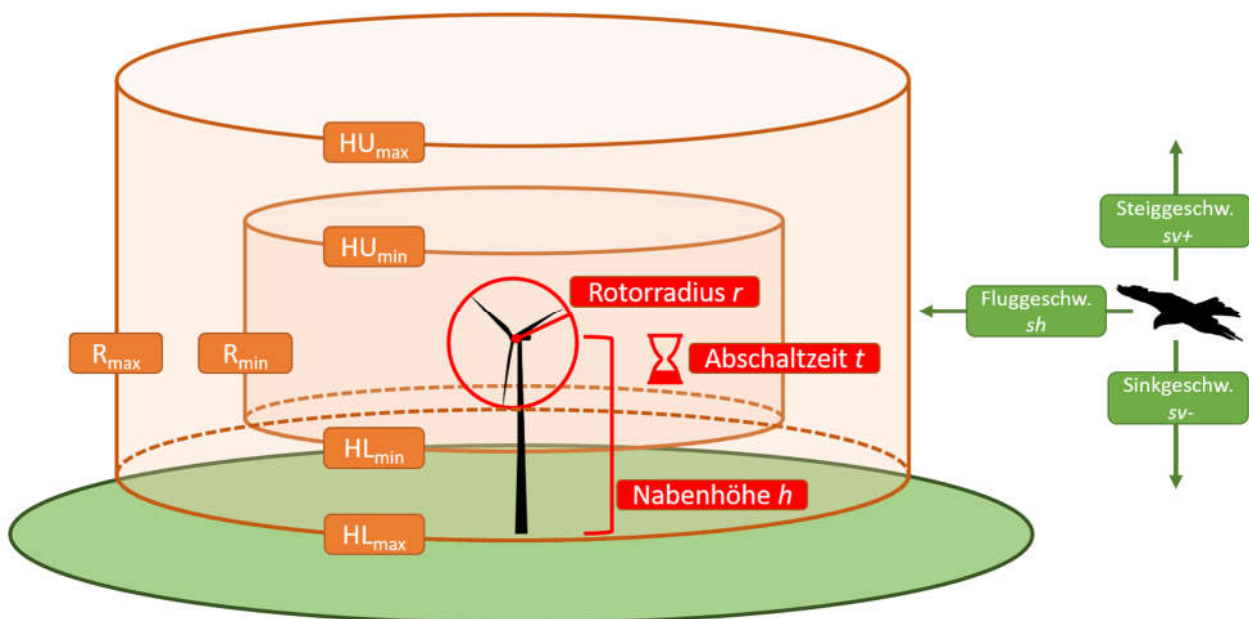


Abbildung 86: Schema zur Dimensionierung der inneren und äußeren Abstandszylinder und den zur Berechnung notwendigen Variablen.

Für die Bestimmung der Dimensionierung der Abstandszylinder gemäß Abbildung 86 können durch Verwendung der ermittelten Fluggeschwindigkeiten der Rotmilane und unter Berücksichtigung der Charakteristika der WEA (Nabhöhe, Rotordurchmesser und Abschaltzeit) die nachstehenden Berechnungsformeln herangezogen werden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

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

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

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

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

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

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

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

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

Mit diesen Formeln werden nachfolgend beispielhaft die Abstandszylinder für den Standort Bütow berechnet, an dem WEA vom Typ Enercon E101 mit einer Nabenhöhe von 149 m errichtet wurden, woraus sich eine untere Rotorspitzenhöhe von 98 m und eine obere Rotorspitzenhöhe von 200 m über Grund ergeben. Für die Abschaltzeit wird weiterhin von 30 s ausgegangen. Für die Fluggeschwindigkeiten werden zum einen die Mediane und zum anderen eine 90 % Abdeckung der maximalen Fluggeschwindigkeiten angenommen, jeweils für die relevanten Höhenbereiche (Tabelle 17). Im Ergebnis weist der innere Abstandszylinder einen Radius von 306 m in einer Höhe von 77 m - 236 m auf, der äußere Abstandszylinder einen Radius von 426 m bei einer Höhe von 50 m – 293 m (Abbildung 87).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 17: Horizontale und vertikale Fluggeschwindigkeiten der Beispielrechnung aus verschiedenen Höhenbereichen, jeweils als Median und 90 % aller Flüge.

Fluggeschwindigkeiten	Höhenbereich	Median (<i>mean</i>)	90 % (<i>max</i>)
Horizontale Fluggeschwindigkeit (<i>sh</i>)	0 – 300 m	8,5 m/s	12,9 m/s
Sinkgeschwindigkeit (<i>sv-</i>)	200 – 400 m	1,2 m/s	3,1 m/s
Steiggeschwindigkeit (<i>sv+</i>)	0 – 100 m	0,6 m/s	1,5 m/s

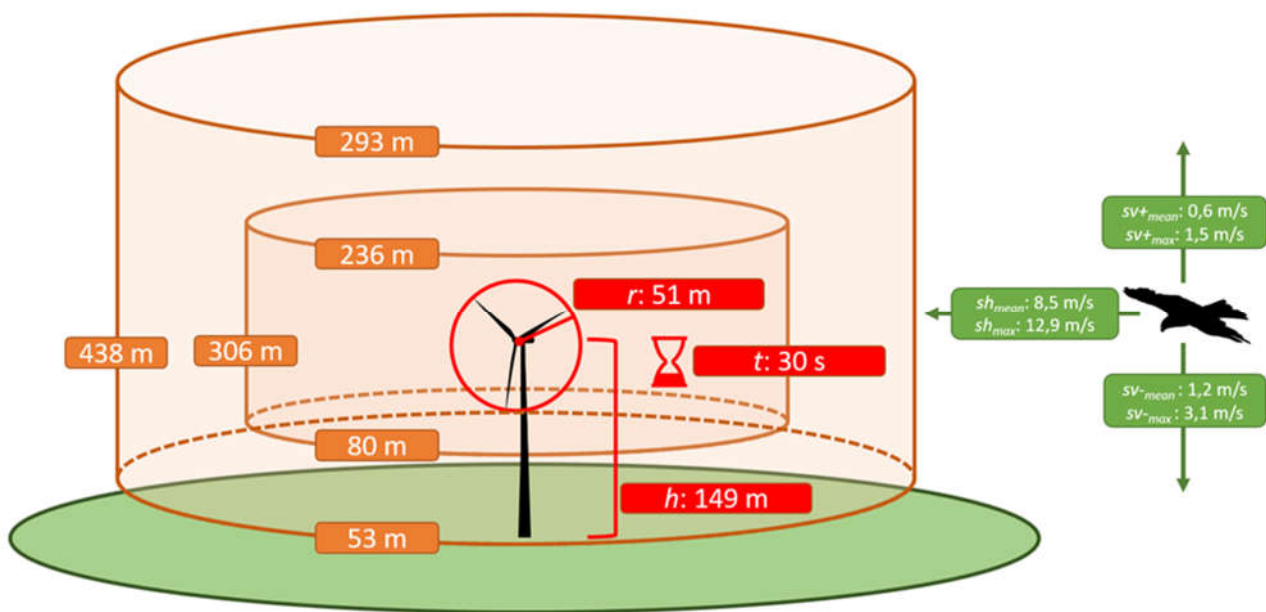


Abbildung 87: Ergebnis der Beispielrechnung für eine WEA vom Typ Enercon E101 im Windpark Bütow unter den gemachten Annahmen.

Beurteilung von IdentiFlight

Die vorstehende Berechnung der inneren und äußeren Abstandszylinder unter Berücksichtigung der, in dieser Studie ermittelten, horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten zeigt, dass die bisherige Dimensionierung der Abstandszylinder (vgl. Abbildung 6) für den Rotmilan angepasst werden sollte. Die Maße der Anwendung in Bütow (Variante 2) waren: $R_{\max}$ von 600 m und einer Höhe von 400 m, sowie ein $R_{\min}$ von 291,5 m mit einer Höhe von 200 m. Bei der Bestimmung dieser Maße wurde, wie in der Beispielrechnung, von einer Abschaltzeit von 30 s ausgegangen.

Im direkten Vergleich zur Beispielrechnung, bei der jeweils 50 % (Median) bzw. 90 % der Flüge für den inneren bzw. den äußeren Abstandszylinder angesetzt wurden, zeigt sich, dass der $R_{\min}$ der Beispielrechnung größer und der $R_{\max}$ kleiner ausfallen als bisher angewendet. Bei der vertikalen Ausdehnung zeigt sich, dass der innere Abstandszylinder über die Gesamthöhe der WEA herausragen muss. Durch die im Vergleich zur horizontalen Fluggeschwindigkeit niedrige Steiggeschwindigkeit genügt es jedoch, wenn der innere Abstandszylinder erst in 77 m Höhe, bezogen auf den Mastfuß, beginnt. Für die Höhe des äußeren Abstandszylinders zeigt sich, bei einer angenommenen Abdeckung von 90 % aller Flüge, eine Verringerung der Höhe von 400 m auf 293 m, wobei eine untere Begrenzung von 50 m oberhalb des Mastfußes ausreichend ist.

Es zeigt sich somit, dass die Dimensionierung der Abstandszylinder durch folgende Faktoren beeinflusst wird:

- die Abschaltgeschwindigkeit der WEA, welche typenspezifisch bestimmt werden kann,
- die Dimensionen der WEA (Nabenhöhe und Rotorradius),
- der Anteil an Fluggeschwindigkeiten, der von den Abstandszylindern abgedeckt werden soll (z.B. Median oder 90 %).

6.2 Gesamtsystemleistung

Artenschutzrechtlich relevant ist die Gesamtwirksamkeit des IDF-Systems, verstanden als erreichtes Schutzniveau im Hinblick auf die Gesamtheit der, aufgrund von Entfernung und Fluggeschwindigkeit, als kollisionsrelevant anzusehenden Flugereignisse der jeweiligen Zielart. Dieses Schutzniveau ergibt sich aus der Kombination von:

- räumlicher und zeitlicher Abdeckung (RA und ZA),
- Erfassungsrate (ER),
- Klassifizierungsrate (KR),
- Rate der rechtzeitigen Abschaltung (RRA).

Diese Kriterien werden nachfolgend zusammenfassend diskutiert und hinsichtlich der Quantifizierung des mit IDF erzielbaren Schutzniveaus aggregiert, wobei über die Betrachtungen in den Kapiteln 6.1.1 bis 6.1.5 hinaus auch die Faktoren Fluggeschwindigkeit und Flughöhe

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

einbezogen werden. Basis hierfür ist das in Kapitel 6.1.6 entwickelte Modell für die Dimensionierung der beiden Schutzzylinder.

Die rechnerische Kombination der o.g. Faktoren ergibt sich mathematisch durch Multiplikation der jeweiligen Prozentwerte:

$$RA * ZA * ER * KR * RRA = \text{Gesamtwirksamkeit}$$

Im Hinblick auf eine bessere Fehlertoleranz und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf unterschiedlich Standorte und Anlagentypen, werden nachfolgend keine festen Einzelwerte für die genannten Faktoren eingesetzt, sondern jeweils Spannweiten, die sich aus den vorliegenden Daten ergeben.

Räumliche Abdeckung

Eine vollständige räumliche Abdeckung des Beobachtungsradius eines IDF-Systems kann nicht erreicht werden, da stets mit dem Vorhandensein sichtverschattender Elemente zu rechnen ist. Dabei ist jedoch die Relation der sichtverschatteten Bereich zur kollisionsrelevanten Flughöhe zu berücksichtigen. Nicht detektierte Flugereignisse unterhalb der Horizontlinie sowie innerhalb von Sichtverschattungen spielen solange keine Rolle, wie sie deutlich unterhalb des $HL_{\max}$ bleiben (siehe Abbildung 86), da angesichts der ermittelten, sehr geringen Steiggeschwindigkeiten ein Kollisionsrisiko in dieser niedrigen Flughöhe ausgeschlossen ist. Die Anforderung einer vollständigen räumlichen Abdeckung bezieht sich somit nur auf einen Höhenbereich, der deutlich über Baumhöhe liegt und dürfte somit i. d. R. trotz etwaiger Sichtverschattungen stets erfüllbar sein. Lediglich die vorhandenen WEA stellen sehr schmale Sichthindernisse dar. Ansonsten wäre nur in topografisch stark bewegtem Gelände zusätzlich ein besonderes Augenmerk auf die Positionierung von IDF im Hinblick auf etwaige Sichtverschattungen zu legen.

Auf dieser Grundlage wird im Weiteren davon ausgegangen, dass der Faktor räumliche Abdeckung keinen oder zumindest einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Gesamtwirksamkeit hat ($RA = 97\text{--}99\%$).

Zeitliche Abdeckung

Grundsätzlich ist immer mit gewissen Ausfallzeiten zu rechnen, z. B. aufgrund von technischem Versagen oder auch infolge von notwendigen Wartungsarbeiten. Unter Zusammenfassung aller sechs Untersuchungsstandorte ergibt sich nach Abzug von Ausfallzeiten eine Verfügbarkeit von 93 %. Einzelne Standorte erreichen jedoch auch deutlich bessere Werte, insbesondere diejenigen aus 2020 (Geislingen 100 %, Bütow 97 %, siehe Tabelle 3). Möglicherweise kommt es jedoch bei längeren Einsatzzeiten über die gesamte Brutzeit doch vereinzelt zu Ausfällen, so dass im Weiteren von einer zeitlichen Verfügbarkeit von IDF von 95–99 % ausgegangen wird.

Erfassungsrate

Unter Zusammenfassung der Daten der auswertbaren Untersuchungsstandorte wurde eine Erfassungsrate von 92 % erzielt. Drei der sechs Untersuchungsstandorte erreichten sogar eine Erfassungsrate von mind. 95 %. Insbesondere die umfangreichen GPS-Daten aus Geislingen können hinsichtlich der Genauigkeit der Verortung als eine besonders geeignete Referenzstichprobe angesehen werden, wohingegen sich bezüglich der LRF-Daten größere Abweichungen zwischen IDF und Referenz ergeben haben (siehe Kapitel 5.2.2 sowie Tabelle 9). Jedoch zeigen auch die Drohnendaten einen hohen Übereinstimmungsgrad zwischen IDF und GPS (siehe Kapitel 5.2.1). Dazu kommt, dass bei einer Programmierung der Abstandszylinder gemäß Abbildung 86 nur Flüge ab einer gewissen Höhe detektiert werden müssen. Diesbezüglich hat sich gezeigt, dass die rechtzeitige Detektion und Abschaltung für höhere Flüge besser gelingt als für niedrige (Abbildung 71). Insofern wird im Weiteren davon ausgegangen, dass eine Erfassungsrate von 93–96 % angesetzt werden kann.

Klassifizierungsrate

Angesichts der deutlichen Verbesserung, die durch die Version 2 des neuronalen Netzes erzielt wurde (siehe Tabelle 10), wird im Weiteren von einer korrekten Klassifizierung als Rotmilan (unter Einschluss des Schwarzmilans) in 96–98 % der Fälle ausgegangen. Die mit der Version 1 erzielten Werte (79–85 %) werden nicht mehr einbezogen.

Rate der rechtzeitigen Abschaltung

Tabelle 12 hat gezeigt, dass die Rate der rechtzeitigen Abschaltung in hohem Maße von der Höhe der Rotorunterkante (minus 21 m zur Berücksichtigung von Steigflügen) und der örtlichen Flugaktivität in niedrigen Höhen abhängt. Für die vorliegende Betrachtung wird daher zunächst von einer modernen WEA mit einer Rotorunterkantenhöhe von 96 m ausgegangen (entsprechend den Daten zur Flughöhe bis 75 m in Tabelle 12). Daraus ergibt sich eine Spanne von 77–91 % für die Rate der rechtzeigen Abschaltungen über alle in dieser Studie betrachteten Standorte. In Kapitel 6.1.5 wurde für eine konkrete WEA in Bütow ein Wert von rd. 88 % ermittelt. Dieser Wert ergibt sich einerseits aus der Tatsache, dass ein größerer Teil der erfolgten Abschaltungen erst innerhalb des inneren Abstandszylinders und nicht bereits an dessen Rand erfolgte und andererseits aus der Berücksichtigung der Flughöhen im inneren Abstandszylinder und der ermittelten Steiggeschwindigkeit. Dabei zeigte sich für die beispielhaft betrachtete WEA an einem Standort mit sehr hoher Rotmilanaktivität, dass tatsächlich nur rd. 12 % derjenigen Flüge innerhalb des inneren Abstandszylinders, für die verspätet abgeschaltet wurde, einem potenziellen Kollisionsrisiko ausgesetzt waren. Hierbei handelt es sich um diejenigen Rotmilane, die in Rotorhöhe flogen bzw. möglicherweise hätten fliegen können, bevor der Rotor den finalen Trudelbetrieb erreicht hätte. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass nach Generierung des Abschaltsignals bereits nach kurzer Zeit eine deutliche Reduzierung der Rotordrehzahl und damit des Kollisionsrisikos gegeben ist. So wird bei der in Abbildung 88 beispielhaft dargestellten Reaktion einer WEA auf ein Abschaltsignal bereits nach ca. 12 s eine Halbierung der Rotordrehzahl erreicht.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

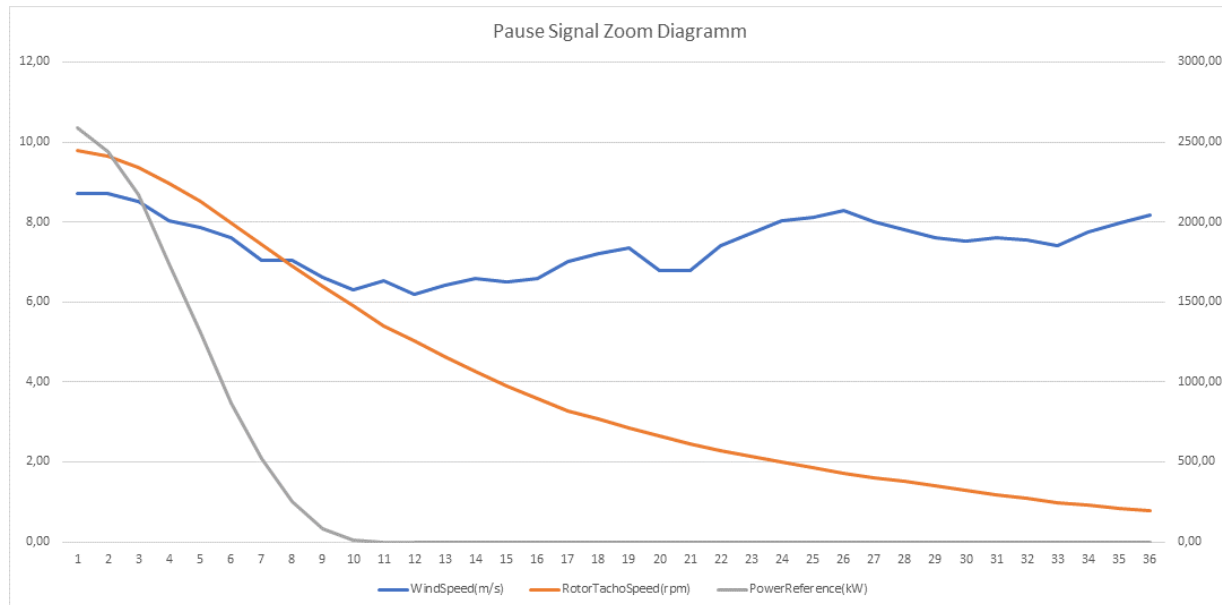


Abbildung 88: Reaktion einer Vestas WEA der 4 MW Klasse auf ein Abschaltsignal.

x-Achse: Zeit in Sekunden nach dem Abschaltsignal; linke y-Achse: Anzahl der Rotorumdrehungen pro Minute, rechte y-Achse: Leistung in Kilowatt; Quelle: Vestas, zur Verfügung gestellt von e3

Gesamtleistung

Aus den zuvor ermittelten Werten ergibt sich folgende Rechnung für die Gesamtsystemleistung:

$$0,97 - 0,99 \text{ (RA)} * 0,95 - 0,99 \text{ (ZA)} * 0,93 - 0,96 \text{ (ER)} * 0,96 - 0,98 \text{ (KR)} * 0,77 - 0,91 \text{ (RRA)} = 0,63 - 0,84$$

Nach den vorliegenden Daten bewegt sich somit das IDF-Gesamt-Schutzniveau für den Rotmilan für eine fiktive WEA mit einer Rotorunterkantenhöhe von 96 m in einer Spanne von 63-84 % innerhalb der Detektionsreichweite von ca. 750 m.

Wird dieselbe Rechnung für eine WEA mit einer Rotorunterkantenhöhe von 71 m durchgeführt, ergibt sich eine RRA-Spanne von 67-87 % (entsprechend den Daten zur Flughöhe bis 50 m, Tabelle 12) und ein Gesamt-Schutzniveau von 55-81 %.

Diese Werte können im Einzelnen mit den Anforderungen verglichen werden, die vom KNE 2020 in einer Workshopreihe zu technischen Überwachungs- und Abschaltssystemen an WEA erarbeitet und 2021 publiziert wurden (Abbildung 89). Dabei zeigt sich, dass IdentiFlight nach den vorliegenden Ergebnissen diese Anforderungen erfüllt bzw. noch übertrifft, insbesondere hinsichtlich der Erfassungsreichweite sowie der Erfassungs- und Klassifizierungsrate (Tabelle 18). Dementsprechend wurde IDF am 08.07.2021 in einer Pressemitteilung vom KNE als „reif für die Praxis“ erklärt.¹²

¹² <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

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group



Abbildung 89: Checkliste hinsichtlich der Leistungsfähigkeit technischer Antikollisionssysteme (KNE 2021)

Tabelle 18: Vergleich der KNE-Anforderungen und der erzielten Leistungswerte für IDF

Erprobungskriterium	KNE	IDF
Räumliche Abdeckung	> 80 %	97-99 %
Zeitliche Abdeckung	> 95 %	95-99 %
Erfassungsreichweite	> 500 m	750 m
Erfassungsrate	> 75 %	93-96 %
Klassifizierungsrate	> 75 %	96-98 %
Rate der rechtzeitigen Abschaltungen	k. A.	77-91 %

Weiterhin ist festzuhalten, dass die Größenordnung der in Kapitel 6.3.2 entwickelten artenschutzrechtlichen Anforderung an das Schutzniveau (ca. 75 %) von IdentiFlight ebenfalls erreicht wird. Es zeigt sich allerdings, dass in Abhängigkeit von den relevanten Faktoren des Einzelfalls (Rotorhöhe und Flugaktivität in niedrigen Höhen) ein nicht unbeträchtlicher Teil der Rotmilanflüge ohne 100-prozentigen Schutz einer ereignisbezogenen rechtzeitigen Abschaltung verbleibt. Dieser Wert kommt maßgeblich dadurch zustande, dass in der vorliegenden Studie ein größerer Teil der durch Rotmilanflüge induzierten Abschalttereignisse erst innerhalb des inneren Abstandszyinders erfolgte, d. h. in geringerer horizontaler Distanz als gemäß der ermittelten mittleren Fluggeschwindigkeit bei einer Abschaltdauer von 30 s erforderlich wäre. Die entsprechende Dimensionierung des inneren Abstandszyinders beruht jedoch auf der Worst-

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Case-Annahme, dass alle Flüge ab dieser Distanz geradlinig mit dieser Geschwindigkeit zum Rotor verlaufen. Dies entspricht jedoch in keiner Weise der Realität. Ein innerer Abstandszyylinder mit einem Radius von 306 m (vgl. Abbildung 87) umfasst eine Fläche von rd. 29 ha, innerhalb derer nicht von einem sternförmigen Flugverlauf in Richtung Zentrum auszugehen ist, sondern von einer grundsätzlich gleichmäßigen Verteilung der Richtungen und Verläufe. Tatsächlich ist im Nahbereich des Rotors von einer, gegenüber einer Zufallsverteilung, verringerten Frequentierung des Zentrums auszugehen. Ursache hierfür ist das natürliche Ausweich- bzw. Meideverhalten der Tiere, die zwar innerhalb von Windparks auf Nahrungssuche gehen, dabei aber den sich drehenden Rotor durchaus als Hindernis wahrnehmen und ihr Flugverhalten kleinräumig darauf einstellen (sog. micro-avoidance).¹³

Dementsprechend wurde im Projekt PROGRESS auf der Basis von Kollisionsopfersuchen in 55 Windpark-Saisons á 12 Wochen (46 verschiedene Windparks, von denen einige mehrfach untersucht wurden) festgestellt, dass Kollisionen absolut gesehen sehr seltene Ereignisse sind (GRÜNKORN *et al.* 2016). Erst bei relativer Betrachtung auf der Grundlage der Bestandsgrößen ergibt sich die, im Vergleich zu anderen Vogelarten, besondere Betroffenheit des Rotmilans durch Kollisionen an WEA (SPRÖTGE *et al.* 2018).

Insofern ist in Bezug auf das ermittelte Schutzniveau von IDF zu betonen, dass

- Flüge innerhalb des R_{min} bei noch laufendem Rotor generell nicht zwangsläufig zu Kollisionen führen,
- auch verspätete Abschaltungen noch zu einem Schutz führen, da nahrungssuchende Rotmilane nur in seltenen Fällen geradlinig auf den Rotor zufliegen und zudem bereits wenige Sekunden nach dem Abschaltsignal eine deutliche Reduzierung der Rotordrehzahl erfolgt,
- die Annahme eines über 30 s konstanten Steigfluges von Vögeln, die niedrig in den inneren Abstandszyylinder einfliegen, einen nur seltenen worst case darstellt.

Um im jeweiligen Einzelfall eine hinreichende Wirksamkeitswahrscheinlichkeit zu erreichen, können zudem verschiedene Schutzmaßnahmen miteinander kombiniert werden (UMK 2020). Hierfür sind in Ergänzung zum Einsatz von IDF eine möglichst große Höhe der Rotorunterkante (mind. 80 m) und vor allem die Einhaltung eines ausreichenden Mindestabstandes zum Horst zu nennen. Anhaltspunkt hierfür ist die erfolgte Herleitung der Ausdehnung des äußeren Abstandszyinders (siehe Abbildung 86 und Abbildung 87), woraus sich für große WEA mit einem Rotorradius von ca. 60-100 m eine Größenordnung von ca. 450-500 m ergibt. Dabei sollte der Grundsatz gelten, dass der Horst immer außerhalb des äußeren Abstandszyinders liegen sollte,

¹³ Siehe hierzu auch Daten in Sprötge & Reichenbach (2020): Signifikant erhöhtes Tötungsrisiko - Aspekte der Bewertung des einzelfallbezogenen Kollisionsrisikos. Vortrag beim Runden Tisch Vermeidungsmaßnahmen der FA Wind; https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder_Tisch_Vermeidungsmaßnahmen/6_Runder_Tisch_05-02-2020/Signifikant_erhoehtes_Toetungsrisiko_Reichenbach-Sproetge_2020-02-05.pdf, abgerufen am 05.03.2020

so dass die zahlreichen Flüge im Nahbereich des Brutplatzes nicht detektiert und auch nicht durch Abschaltungen geschützt werden müssen.

Es ist allerdings zu betonen, dass in Fällen sehr hoher Rotmilan-Flugaktivität am konkreten WEA-Standort die Leistungsfähigkeit von IDF begrenzt ist, da aus technischen Gründen eine gleichzeitige längere Verfolgung mehrerer Vögel für ein einzelnes IDF-System nicht möglich ist. Eine präzise Verfolgung durch die Stereokamera kann immer nur für einen einzelnen Rotmilan erfolgen, wobei die Kamera in kurzer Zeit zwischen verschiedenen Rotmilanen wechseln kann (siehe Abbildung 53). Wenn jedoch durch die gleichzeitige längere Anwesenheit mehrerer Individuen IDF ohnehin mehr oder wenig dauerhaft Abschaltungen veranlasst, ist eine detaillierte und dauerhafte Verfolgung sämtlicher Einzelflüge für den notwendigen Schutz nicht erforderlich. Möglicherweise kann diesbezüglich durch den Einsatz von mehreren miteinander gekoppelten IDF-Systemen eine Verbesserung erzielt werden. Dies konnte in der vorliegenden Studie jedoch noch nicht untersucht werden.

6.3 Artenschutzrechtliche Anforderungen

6.3.1 Rechtsprechung

Die Anforderung an die Wirksamkeit von IDF besteht aus artenschutzrechtlicher Sicht darin, das Tötungsrisiko durch Kollision an WEA für die jeweilige Vogelart so weit zu senken, dass es nicht mehr den Verbotstatbestand des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG erfüllt. Dies ist der Fall, wenn gemäß § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG das Tötungs- und Verletzungsrisiko durch das Vorhaben für Exemplare der betroffenen Arten nicht mehr signifikant erhöht ist.

Hieraus ergibt sich zunächst, dass die Notwendigkeit eines Einsatzes von IDF – und auch anderer potenzieller Schutzmaßnahmen – nur gegeben ist, wenn andernfalls das Tötungs- und Verletzungsrisiko signifikant erhöht ist. Es bedarf somit im jeweiligen Einzelfall einer vorherigen Feststellung, dass dies überhaupt der Fall ist.

Weiterhin stellt sich zwangsläufig die Frage nach der Höhe bzw. Definition des Signifikanzniveaus. Ohne dessen Kenntnis fehlt eine Bemessungsgrundlage, welche Schutzwirkung IDF entfalten muss, damit das Risiko unter die sog. Signifikanzschwelle gesenkt wird.

Bei dem Begriff der „Signifikanz“ handelt es sich um einen unbestimmten Rechtsbegriff, der der juristischen Auslegung bedarf (SPRÖTGE *et al.* 2018). Hierzu lässt sich der Rechtsprechung des BVerwG zunächst entnehmen, dass es sich auf jeden Fall um eine „deutliche“ Steigerung des Tötungsrisikos handeln muss. 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 nämlich die Schwelle des „allgemeinen Lebensrisikos“ nicht überschritten (BVerwG, Urt. v. 12.08.2009 – 9

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

A 64/07 – Rn. 63). Es müssen also im Eingriffsbereich Exemplare der betreffenden Art in „artenschutzrechtlich relevantem Umfang“ vorkommen (BVerwG, Urt. v. 9.07.2009 – 4 C 12/07 – Rn. 46), wobei fraglich ist, was unter „artenschutzrechtlich relevantem Umfang“ zu verstehen ist (SPRÖTGE *et al.* 2018).

Die jüngste Rechtsprechung des BVerwG hat die Konturen des Signifikanzbegriffs deutlich geschärft (BVerwG 9 A 8.17 vom 27. Nov. 2018, Rn 98):

Nach ständiger Rechtsprechung des Senats ist der 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 das Vorhaben dieses Risiko in einer für die betroffene Tierart signifikanten Weise erhöht. Das anhand einer wertenden Betrachtung auszufüllende Kriterium der Signifikanz trägt dem Umstand Rechnung, dass für Tiere bereits vorhabenunabhängig ein allgemeines Tötungsrisiko besteht, welches sich nicht nur aus dem allgemeinen Naturgeschehen ergibt, sondern auch dann sozialadäquat sein kann und deshalb hinzunehmen ist, wenn es zwar vom Menschen verursacht ist, aber nur einzelne Individuen betrifft. 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, das nicht nur mit dem Bau neuer Verkehrswege, sondern zum Beispiel auch mit dem Bau von Windkraftanlagen oder Hochspannungsleitungen verbunden ist. Daher kann 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 Gefährdung durch einen neu hinzukommenden Verkehrsweg gesprochen werden kann (BVerwG, Urteile vom 9. Juli 2008 - 9 A 14.07 - BVerwGE 131,274 Rn. 91 und vom 28. April 2016 - 9 A 9.15 – BVerwGE 155, 91 Rn. 141). Umstände, die für die Beurteilung der Signifikanz eine Rolle spielen, sind insbesondere artspezifische Verhaltensweisen, häufige Frequentierung des durchschnittlichen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen, darüber hinaus gegebenenfalls auch weitere Kriterien im Zusammenhang mit der Biologie der Art. Der Signifikanzansatz gilt nicht nur für das betriebsbedingte Risiko von Kollisionen mit der Trasse, sondern auch für bau- und anlagebezogene Risiken (BVerwG, Beschluss vom 8. März 2018 - 9 B 25.17- UPR 2018,382 Rn. 11). Die anderen mit Planungsrecht befassten Senate des Bundesverwaltungsgerichts haben sich dieser Rechtsprechung angeschlossen (Urteile vom 9. Februar 2017 - 7 A 2.15 - BVerwGE 158, 1 Rn. 466, vom 6. April 2017 - 4 A 16.16 - NVwZ-RR 2017,768 Rn. 73 und vom 9. November 2017 - 3 A 4.15 - BVerwGE 160, 263 Rn. 58, 62 und 67).

Hieraus sowie insbesondere auch aus dem Urteil des BVerwG vom 28. April 2016 - 9 A 9.15 – Rn. 141 lassen sich folgende Grundsätze ableiten (vgl. SPRÖTGE *et al.* 2018):

- Schutzmaßnahmen müssen nur bewirken, dass das Tötungsrisiko unter die „Signifikanzschwelle“ gesenkt wird. Ein Nullrisiko ist nicht erforderlich (so auch UMK 2020).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

- Dass einzelne Exemplare einer Art möglicherweise durch Kollisionen zu Schaden kommen, reicht für eine Erfüllung des Signifikanzmerkmals nicht aus.
- Das vorhabenbedingte Risiko muss für die Nichterfüllung des Signifikanzmerkmals unterhalb der Gefahrenschwelle verbleiben, die mit einem derartigen Vorhaben im Naturraum immer verbunden ist.
- Bezugsgröße ist das spezifische Grundrisiko in einer vom Menschen gestalteten Umwelt. Das Risiko des neuen Vorhabens muss also das spezifische Grundrisiko, dem Tiere durch Windenergieanlagen üblicherweise ausgesetzt sind, deutlich übersteigen.
- Indizien dafür sind besondere Umstände, durch die sich das neue Vorhaben von anderen Windenergieprojekten als gewöhnlichem Bestandteil des Naturraums deutlich abhebt.
- Es kommt maßgeblich auf eine entsprechend erhöhte Aktivitätsdichte der durch das Vorhaben gefährdeten Tiere am Vorhabenstandort an. Diese muss wesentlich über einer normalen Nutzung des Naturraums durch die betreffenden Tierarten liegen.
- Insofern stellt nicht jede – auch nur geringfügige – Überschreitung des spezifischen Grundrisikos ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko dar. Das spezifische Grundrisiko muss vielmehr deutlich überschritten werden.
- Liegen keine besonderen Umstände von entsprechendem Gewicht vor, sind Schutzmaßnahmen artenschutzrechtlich nicht erforderlich.

Darüber hinaus betonen SPRÖTGE *et al.* (2018) auf der Grundlage einer umfassenden Auswertung der artenschutzrechtlichen Rechtsprechung:

- Die Bewertung des Tötungsrisikos muss auf einer hinreichend gesicherten Tatsachenbasis beruhen und den jeweils aktuellen Stand der ökologischen Wissenschaft berücksichtigen.
- Die Realisierung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos muss mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu erwarten sein. Die bloße Möglichkeit des Erfolgeintritts reicht demgemäß nicht aus. Mit der Feststellung, dass der Verlust einzelner Exemplare grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann, kann ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko nicht begründet werden.
- Die Unterschreitung des Mindestabstandes bzw. des Prüfradius 1 der jeweiligen Leitfäden der Bundesländer begründet den Anfangsverdacht eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos (so auch UMK 2020). Es handelt sich jedoch nicht um eine Tabuzone, d.h. aus einer Unterschreitung des Mindestabstandes bzw. des Prüfradius 1 folgt nicht zwangsläufig eine Genehmigungsunfähigkeit.

Die Auswertung der Rechtsprechung macht somit u. a. deutlich, dass IDF keine hundertprozentige Schutzwirkung entfalten muss, um zu erreichen, dass das Tötungsrisiko nicht mehr signifikant erhöht ist. Andererseits stellt sich die Frage, wie hoch denn die Wirksamkeit eines solchen Systems diesbezüglich sein muss.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

AMMERMANN *et al.* (2020) gehen davon aus, dass technische Systeme zur ereignisbezogenen, bedarfsgerechten Abschaltung, sobald sie technisch ausgereift und ihre Leistungsfähigkeit durch Erprobungen belegt sind, geeignet sind, artenschutzrechtliche Konflikte zu minimieren. Weitergehende Anforderungen an den Beurteilungsmaßstab für die Leistungsfähigkeit werden allerdings nicht genannt. Es wird lediglich auf die Notwendigkeit der Festlegung hingewiesen, welche Unschärfen im Rahmen der Signifikanzbewertung tolerabel sind. SPRÖTGE *et al.* (2018) betonen die Artspezifität der von der Rechtsprechung geforderten besonderen Umstände als Voraussetzung für das Vorliegen eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos.

Die vorliegende Wirksamkeitsuntersuchung von IDF bezieht sich jedoch nur auf den Rotmilan. Insofern werden nachstehend die Anforderungen an das zu erzielende Schutzniveau, um unterhalb der Signifikanzschwelle zu bleiben, nur im Hinblick auf den Rotmilan diskutiert. Für andere Arten können sich die Anforderungen unterscheiden.

Genehmigungsrechtliche Aspekte beim Einsatz von Detektionssystemen werden auch von WEISS (2019) diskutiert:¹⁴

„Maßstab der Schutzmaßnahme muss es sein, dass einerseits kein Nullrisiko und damit keine 100-prozentige Sicherheit der Vermeidung von Kollisionen durch die Schutzmaßnahme gefordert ist. Andererseits bedarf es einer positiven Prognose der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme. Versucht man, sich diesem Maßstab anzunähern, kann die Frage gestellt werden: Welche Aufenthaltswahrscheinlichkeit wird allgemein toleriert, ohne von einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos auszugehen? Oder angelehnt an die Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts: Wann ist eine Art noch in einem von Menschenhand gestalteten Naturraum unterwegs? Sowohl die Fachpapiere der einzelnen Bundesländer (bspw. auch zu Raumnutzungsanalysen) als auch das sogenannte Helgoländer Papier treffen Annahmen, wann kein Schutz- und Restriktionsbereich betroffen ist, wobei die Aufenthaltswahrscheinlichkeit außerhalb der sogenannten homerange oder regelmäßig genutzter Flugkorridore toleriert wird. Soweit ein Detektionssystem mit bedarfsgerechter Betriebsregulierung sicherstellt, dass in demselben Maße wie die Aufenthaltswahrscheinlichkeit in der homerange oder regelmäßig genutzter Flugkorridore eine Abschaltung erfolgt, wird damit, gleich wo die WEA mit dieser Schutzmaßnahme steht, ein von Menschenhand gestalteter Naturraum bzw. ein Standort außerhalb von Schutz- und Restriktionsbereich simuliert. Dies könnte eine Annäherung an den zu entwickelnden Schwellenwert darstellen.“

Dieser Maßstab – Gewährleistung eines Schutzniveaus, bei dem das verbleibende Restrisiko der Aufenthaltswahrscheinlichkeit außerhalb von Schutz- und Restriktionsbereichen entspricht – wird nachfolgend aus fachlicher Sicht weiter ausgearbeitet.

¹⁴ https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Dokumentation_zur_KNE-Fachkonferenz_Vogelschutz_an_Windenergieanlagen.pdf, abgerufen am 25.11.2020

6.3.2 Fachliche Anforderungen

Ausgehend von der plausiblen Annahme, dass das Kollisionsrisiko vom Ausmaß der Flugaktivität abhängt – die auch der Herleitung der Abstandsempfehlungen der LAG VSW (2015) zugrunde liegt – ergibt sich aus dem Vorgesagten, dass ein gewisses geringes Maß an Rotmilanflugaktivität am Standort eines Windparks noch keine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos impliziert, d. h. noch keine besonderen Umstände indiziert, die über das spezifische Grundrisiko hinausgehen würden. Die Leistungsfähigkeit des Systems muss somit daran beurteilt werden, ob seine Wirksamkeit so gut ist, dass nur noch ein solches geringes Maß an Flugaktivität ohne Schutz verbleibt. Dieses geringe Maß ist an der Aufenthaltswahrscheinlichkeit außerhalb von Schutz- und Restriktionsbereichen zu orientieren.

Für eine diesbezügliche Herleitung des notwendigen Schutzniveaus von IDF in Bezug auf den Rotmilan werden nachfolgend verschiedene Leitfäden und Handlungsempfehlungen ausgewertet, die entsprechende prozentuale Angaben zur Flugaktivität bzw. Aufenthaltswahrscheinlichkeit machen. Hierbei handelt es sich um Leitfäden der Bundesländer Rheinland-Pfalz, Thüringen und Hessen sowie um Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten.

Rheinland-Pfalz:

Gemäß Rotmilan-Leitfaden Rheinland-Pfalz (ISSELBÄCHER *et al.* 2018) ist in Abhängigkeit von der Lage des geplanten Windparks in Relation zu vorgegebenen Prüfbereichen eine brutpaarbezogene Raumnutzungsanalyse zu erarbeiten. Diese zielt auf eine quantitative Ermittlung von Aufenthaltsraten im Gefahrenbereich der geplanten WEA-Standorte in Relation zum übrigen Aktionsraum ab.

In der artenschutzfachlichen Bewertung werden Flächen bzw. Rasterzellen innerhalb einer Nutzungshäufigkeit von < 20 % der bei standardisierten Raumnutzungsbeobachtungen ermittelten Flugaktivität als konfliktarm angesehen (geringe und unterdurchschnittliche Rotmilanaktivität). Bereiche mit erhöhter Präsenz von Rotmilanen im brutzeitlich genutzten Aktionsraum werden gegenüber Flächen mit geringer Aktivität mittels eines Schwellenwertes abgrenzt, der die 70 %-ige Raumnutzung beschreibt. Für den Bereich der 70-80 %-igen Raumnutzung ist eine einzelfallbezogene Betrachtung unter Einbeziehung von Vermeidungsmaßnahmen erforderlich.

Demgemäß wird in Rheinland-Pfalz in Bereichen mit einer Nutzungshäufigkeit < 20 % (bzw. < 30 % bei Einsatz von Vermeidungsmaßnahmen) der Verbotstatbestand nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG nicht erfüllt, d. h. es ist keine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos gegeben. Diesem liegt offenbar die Annahme zugrunde, dass ein Freihalten von > 80 % (bzw. > 70 % bei Vermeidungsmaßnahmen) der Flugaktivität der Rotmilane innerhalb ihres brutzeitlich genutzten Aktionsraums ausreicht, um gemäß der Rechtsprechung einen artenschutzrechtlich ausreichenden Schutz zu gewährleisten (keine Notwendigkeit eines Null-Risikos, kein Vorliegen von besonderen Umständen bei nur geringer Flugaktivität).

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Ergänzt wird diese Regelung jedoch durch die Forderung der Freihaltung einer 500 m-Zone um den Brutplatz, da sich hier eine hohe Flugaktivität auf kleinem Raum konzentriert. Ein solcher Vorschlag findet sich ähnlicher Weise in SPRÖTGE *et al.* (2018) und ist beispielsweise auch in den aktuellen Leitfäden in Baden-Württemberg und Hessen vorgesehen.

Thüringen:

Der Avifaunistische Fachbeitrag Thüringen¹⁵ sieht eine Schwellenwertbildung vor, bei der im jeweiligen Einzelfall 75 % der Gesamt-Flugaktivität herangezogen werden. Bei Flächen, die innerhalb dieses 75 %-Bereichs liegen, wird von überdurchschnittlich viel Flugaktivität ausgegangen, die ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko begründet. Die vorgesehene Rasteranalyse von standortbezogenen Raumnutzungskartierungen setzt 75 % der im Untersuchungsraum festgestellten Flugaktivität von Rotmilanen gleich mit einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos.

Hessen:

Die aktuelle Verwaltungsvorschrift¹⁶ sieht vor, dass ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko von kollisionsempfindlichen Brutvogelarten in WEA-Vorranggebieten im Regelfall u. a. dann nicht gegeben ist, wenn das Vorhaben in einem Raum mit weniger als 25 % (Fischadler), 40 % (Rotmilan) bzw. weniger als 50 % (alle übrigen kollisionsempfindlichen Vogelarten) der Flugaktivität um den Horststandort liegt.

Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten:

Die Empfehlungen für Mindestabstände des sog. „Helgoländer Papiers“ „...repräsentieren den Bereich um den Neststandort, in dem der überwiegende Teil der Aktivitäten zu Brutzeit stattfindet (mehr als 50 % der Flugaktivitäten)“ (LAG VSW 2015, S. 19). Beim Rotmilan wurde dieser Wert auf 60 % erhöht. „Die Anwendung der Abstandsempfehlungen im Genehmigungsverfahren führt i. d. R. zu Vermeidung artenschutzrechtlicher Konflikte“ (ebd. S. 17).

In den Empfehlungen für avifaunistische Erfassungen und Bewertungen (LAG VSW 2020) wird dargelegt, dass bei der Auswertung von Raumnutzungsbeobachtungen derjenige Bereich, der 75 % der beobachteten Flüge umfasst, durch eine „deutlich erhöhte Flugaktivität“ gekennzeichnet ist.

Die Abstandsempfehlungen der LAG VSW (2015) sowie der verschiedenen Leitfäden der Bundesländer berücksichtigen stets nur die zweidimensionale Verteilung der Rotmilanaktivität, nicht aber deren Verteilung über die Höhe. Hinsichtlich der Ausgestaltung von

¹⁵

https://tlubn.thueringen.de/fileaRmin/00_tlubn/Naturschutz/Dokumente/1_zool._artenschutz/2017_Fachbeitrag_WEA_17.pdf, abgerufen am 25.11.2020

¹⁶ [https://www.staatsanzeiger-hessen.de/dokument/?user_nvurlapi_pi1\[pdf\]=StAnz-Hessen-Ausgabe-2021-01.pdf#page=13](https://www.staatsanzeiger-hessen.de/dokument/?user_nvurlapi_pi1[pdf]=StAnz-Hessen-Ausgabe-2021-01.pdf#page=13), abgerufen am 21.03.2021

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Betriebszeitenregelung zur Verminderung des Tötungsrisikos zieht die aktuelle hessische Verwaltungsvorschrift zusätzlich auch die rotorfreie Zone über Grund ein.

Dies beruht auf neueren Telemetriedaten von Rotmilanen in Hessen unter Verwendung von Sendertypen, die eine sehr genaue Auflösung der Flughöhe ermöglichen (HEUCK *et al.* 2019). Diese zeigen, dass 81 % der aufgenommenen Ortungspunkte im Flug eine Flughöhe von weniger als 100 m aufwiesen, 72 % eine Flughöhe von weniger als 75 m (Abbildung 90). Daraus folgt, dass im Falle moderner WEA mit Rotorunterkantenhöhen von ca. 80-90 m etwa $\frac{3}{4}$ der Flugaktivität unterhalb einer kollisionssträchtigen Höhe bleiben.

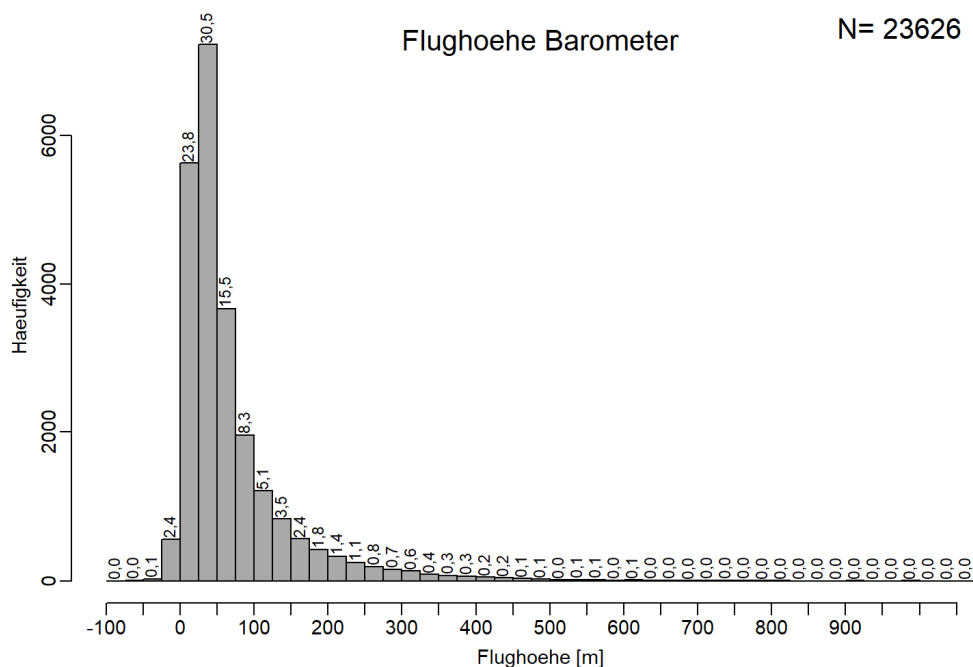


Abbildung 90: Histogramm der Flughöhen in 25 m-Klassen mit Angabe des jeweiligen prozentualen Anteils der Häufigkeit (Daten von fünf besenderten Rotmilanen, nur Ortungspunkte im Flug). Aus Heuck et al. (2019)

6.3.3 Resultierender Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Antikollisionssystemen

Auf der Basis dieser Auswertung bestehender Empfehlungen und der artenschutzrechtlichen Rahmenbedingungen (siehe Kapitel 6.3.1) wird als Anforderung an die Gesamt-Schutzwirkung eines Kamerasystems ein Niveau von > 75 % bei gleichzeitiger Freihaltung eines Radius von ca. 500 m um den Horst abgeleitet. Ein solcher Mindestabstand ist für den Einsatz eines Kamerasystems ohnehin sinnvoll, weil ansonsten sämtliche Flugbewegungen unmittelbar am Horst bereits zur Generierung von Abschaltsignalen führen würden, woraus sich entsprechend eine sehr hohe Zahl an Abschaltungen ergeben würde. Zum anderen wird hierdurch der Tatsache

Rechnung getragen, dass in Bereichen besonders hoher Flugaktivität (wie z. B. in Horstnähe) bereits 25 % Flugaktivität – absolut gesehen – einer hohen Zahl an Flügen entspricht, die noch einem Kollisionsrisiko unterliegen würden. Eine IDF-bezogene Herleitung dieses Mindestabstands anhand der Dimensionierung des äußeren Abstandszyinders erfolgt in Kapitel 6.2 in Verbindung mit Kapitel 6.1.6.

6.4 Bewertung der Wirksamkeit von IdentiFlight

Die Ergebnisse aus Kapitel 6.2 haben gezeigt, dass IDF sehr gut in der Lage ist, das anzusetzende Schutzniveau von 75 % zu erreichen bzw. deutlich zu übertreffen, insbesondere bei Einbeziehung der Flughöhe in Relation zur Höhe der Rotorunterkante.

Es lässt sich somit festhalten, dass IDF das Tötungsrisiko für Rotmilane durch Kollisionen an WEA gemäß den rechtlichen und fachlichen Anforderungen unter die Signifikanzschwelle senken kann. Der Einsatz dieses Systems zum Schutz des Rotmilans vor Kollisionen an WEA kommt insbesondere in Frage, wenn ein gewisser Mindestabstand zum Brutplatz eingehalten wird (siehe Kap. 6.3.3), die Rotorunterkante eine ausreichende Höhe aufweist, das Gelände nur mäßig bewegt ist und IDF so positioniert werden kann, dass die untere Ausdehnung des äußeren Abstandszyinders (H_{Umax}) oberhalb der Horizontlinie verläuft.

7 Ausblick

Für den Rotmilan liegen nun mit der vorgelegten Untersuchung an sechs Standorten umfangreiche Grundlagen für die Beurteilung der grundsätzlichen Leistungsfähigkeit von IDF vor. Weitere Untersuchungen sollten sich daher auf folgende Bereiche konzentrieren:

- Erweiterung des Artenspektrums

Die Einsatzmöglichkeiten von IDF zur Vermeidung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos bestimmter kollisionsgefährdeter Vogelarten werden 2021 in weiteren Projekten erprobt. Dabei wird insbesondere auch der Seeadler als Zielart einbezogen. Angesichts der bisherigen Erprobungsergebnisse zur Wirksamkeit von IDF in Bezug auf Adler aus den USA (McCLURE *et al.* 2018; McCLURE *et al.* 2021) kann für den Seeadler ein sehr hohes Schutzniveau durch IDF erwartet werden.

- Erweiterung des landschaftlichen Spektrums

Bislang wurden vor allem Offenlandstandorte mit geringem Waldanteil untersucht. In einem nächsten Schritt sollten daher auch Waldstandorte in Mittelgebirgssituationen einbezogen werden.

- Überwachung ganzer Windparks durch Kopplung mehrerer Systeme

In der vorliegenden Studie wurden jeweils nur einzelne IDF-Systeme erprobt. Einsatzziel von IDF ist jedoch die Überwachung ganzer Windparks durch Kopplung mehrerer Systeme, was nach Angaben des Herstellers nochmal zu Verbesserung des Schutzniveaus führt. Weitere Untersuchungen sollten daher das Zusammenspiel mehrerer Systeme in den Blick nehmen.

- Einsatz in Grundlagenforschung

Neben dem Einsatz als Schutzmaßnahme zur Vermeidung von Kollisionen bietet IDF auch neue Möglichkeiten zur Gewinnung weiterer Erkenntnisse hinsichtlich des Verhaltens von Vögeln in WEA-Nähe in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Auf der Grundlage der sehr genauen Verortung der Flugwege im Sekundentakt werden Daten generiert, deren Auswertungsmöglichkeiten noch über diejenigen von GPS- und LRF-Daten hinausgehen. Dazu kommt die dauerhafte Überwachung eines bestimmten Raumausschnittes mit der vollständigen Aufzeichnung sämtlicher darin verlaufenden Flugbewegungen, wohingegen die GPS-Telemetrie immer nur Daten einzelner Individuen liefern kann, wenn auch in deren gesamten Aktionsraum. Für die Beobachtung des Flugverhaltens in WEA-Nähe ist es allerdings erforderlich, die Abschaltprogrammierung auszuschalten, damit die Flüge auch innerhalb des inneren Schutzzylinders weiterverfolgt werden. Auch zur Überprüfung der Wirksamkeit anderer Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen, wie z. B. Ablenkflächen, kann IDF für die quantitative Ermittlung der Flugaktivität an bestimmten Orten eingesetzt werden.

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

- Erprobung technischer Weiterentwicklungen

Seitens des Herstellers sind kontinuierliche technische Weiterentwicklungen des IDF-Systems vorgesehen. Diese umfassen u. a. eine Verkürzung der Reaktionszeit der Stereokamera beim Schwenk zwischen mehreren Vögeln sowie die Verbesserung der Detektionsleistung vor dunklem Hintergrund. Es kann somit erwartet werden, dass die bisher erzielten Ergebnisse, die ja bereits eine Wirksamkeit des Systems im Hinblick auf die artenschutzrechtlichen Anforderungen belegen, künftig nochmals verbessert werden.

8 Literatur

- 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.
- BRUDERER, B. & A. BOLT (2001): Flight characteristics of birds: I. Radar measurements of speeds. . Ibis 143: S.178 - 204.
- 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.
- HANAGASIOGLU, M., J. ASCHWANDEN, F. BONTADINA & M. DE LA PUENTE NILSSON (2015): Investigation of the effectiveness of bat and bird detection of the DTBat and DTBird systems at Calandawind turbine. Schweizerische Eidgenossenschaft - Bundesamt für Energie BFE.
- HEUCK, C., M. SOMMERHAGE, P. STELBRINGK, C. HÖFS, K. GEISLER, C. GELPKE & S. KOSCHKAR (2019): Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen in Abhängigkeit von Wetter und Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Windenergieanlagen im Vogelschutzgebiet Vogelsberg - Abschlussbericht. im Auftrag des Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen.
- HÖTKER, H., K. MAMMEN, U. MAMMEN & L. RASRAN (2017): Red Kites and Wind Farms - Telemetry Data from the Core Breeding Range. In: KÖPPEL, J.: Wind Energy and Wildlife Interactions, Springer, Cham, 3-15.
- ISSELBÄCHER, T., C. GELPKE, T. GRUNWALD, H. KORN, J. KREUZIGER, J. SOMMERFELD & S. STÜBING (2018): Leitfaden zur visuellen Rotmilan-Raumnutzungsanalyse. Untersuchungs- und Bewertungsrahmen zur Behandlung von Rotmilanen (Milvus milvus) bei der Genehmigung für Windenergieanlagen. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten. Mainz, Linden, Bingen, 22 S.
- KNE (2018): Synopse der technischen Ansätze zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel und Fledermäuse durch die Windenergienutzung.
- KNE (2019): Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen.
- KNE (2021): Anforderungen an Antikollisionssysteme zum Schutz von Vögeln an Windenergieanlagen – Checkliste für eine qualifizierte Entscheidung über die Anwendbarkeit von Antikollisionssystemen., 14 S. <https://www.naturschutz->

Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan - Endbericht

Oldenburg, 07.10.2021

The Regional Planning and
Environmental Research Group

energieewende.de/wp-content/uploads/KNE-Checkliste_Antikollisionssysteme_2021_06.pdf.

- LAG VSW (Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten) (2015): Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten in der Überarbeitung vom 15. April 2015. 29 S.
- LAG VSW (Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten) (2020): Fachliche Empfehlungen für avifaunistische Erfassung und Bewertung bei Windenergieanlagen Genehmigungsverfahren – Brutvögel. Beschluss 19/02. Lektorierte fassung 24.04.2020.
- 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.
- SCHUSTER, E. & E. BRUNS (2018): Technische Ansätze zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung. Eine Chance für den naturverträglichen Ausbau der Windenergie? Naturschutz und Landschaftsplanung 50: 226-232.
- SPRÖTGE, M., E. SELLMANN & M. REICHENBACH (2018): Windkraft Vögel Artenschutz, Books on Demand, Norderstedt.
- UMK (Umweltministerkonferenz) (2020): Standardisierter Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten an Windenergieanlagen (WEA) an Land – Signifikanzrahmen. 17 S. https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/vollzugshilfe_signifikanzrahmen_11-12-2020_1608198177.pdf.
- WEISS, A. ENERGIEWENDE, K. K. N. U., (Editor), (2019): Genehmigungsrechtliche Aspekte beim Einsatz von Detektionssystemen. Tagungsband der Fachtagung: "Vogelschutz an Windenergieanlagen. Detektionssysteme als Chance für einen naturverträglichen Windenergieausbau?", Kassel.