

AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystem zum Schutz des Rotmilans (*Milvus milvus*)

Artenschutzfachliche Bewertung



Auftragnehmer:



**Bioplan - Hammerich, Hinsch und
Partner PartG**

Dorfstr, 27a
24625 Großharrie

Dipl.-Biol. Matthias Gross
Dipl.-Biol. Jan Stieg,
Dipl.-Geogr. Hauke Hinsch

Großharrie, 17.06.2024

Auftraggeber:



ProTecBird GmbH

Brinckmannstraße 31
25813 Husum

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1. Anlass und Aufgabenstellung | 1 |
| 1.2. Zielart Rotmilan | 2 |
| 2. Prüfrahen für Antikollisionssysteme nach MEKUN | 4 |
| 2.1. Reaktionsbereich und Erfassungsbereich | 4 |
| 2.2. Gesamtrate | 7 |
| 3. Material und Methode | 7 |
| 3.1. Windpark und Untersuchungsgebiet | 7 |
| 3.2. Das Kamerasystem | 9 |
| 4. Funktionsweise AVES Wind Onshore | 12 |
| 4.1. Erkennen der Zielart | 12 |
| 4.2. Auslösen des Trudelmodus | 16 |
| 5. Feldversuche | 18 |
| 5.1. Ornithologische Direktbeobachtungen | 18 |
| 5.2. AVES-Aufzeichnungen | 20 |
| 6. Statistische Auswertung | 23 |
| 6.1. Methodik statistische Auswertung | 23 |
| 7. Ergebnisse | 24 |
| 7.1. Anforderungen und Wirksamkeit der Vogelerkennung | 24 |
| 7.2. Zeitliche Verfügbarkeit | 28 |
| 7.3. Einfluss- und Auswirkungsprognose | 28 |
| 7.2. Entwicklung | 31 |
| 7.3. Betriebsphase | 32 |
| 7.4. Datenschutz und Datensicherheit | 33 |
| 8. Fazit | 33 |
| 8.1 Zusammenfassende Beurteilung und Anmerkungen | 33 |
| Literatur | 35 |
| Anhang: | 37 |
| Abkürzungsverzeichnis und Fachwortverzeichnis, Begriff (teilweise übernommen aus dem MEKUN 2024) | 37 |
| Zertifikat: Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001:2015 | 37 |
| Nutzungsrecht am Kundenlogo der ICG Zertifizierung GmbH | 37 |

Tabellenverzeichnis:

| | |
|---|----|
| <i>Tabelle 1: Übersicht der Erfassungsorte und -Tage</i> | 19 |
| <i>Tabelle 2: Risikoanalyse der möglichen Auswirkungen äußerer Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des AVES WIND ONSHORE-Kamerasystems</i> | 29 |

Abbildungsverzeichnis:

| | |
|--|----|
| <i>Abbildung 1: Ringförmiger Erfassungsbereich der den Reaktionsbereich umschließt</i> | 5 |
| <i>Abbildung 2: Lage der Testanlagen</i> | 8 |
| <i>Abbildung 3: Die beiden Testanlagen im Vordergrund und Bildrand rechts</i> | 9 |
| <i>Abbildung 4: PAN/TILT Funktion der Kameras</i> | 9 |
| <i>Abbildung 5: Kamerasystem mit IR-Scheinwerfer hinter zweiter Glasabdeckung</i> | 10 |
| <i>Abbildung 6: Kamerasysteme am Turm der WEA Gnutz-Timmaspe</i> | 10 |
| <i>Abbildung 7: Sichtkegel vertikal</i> | 11 |
| <i>Abbildung 8: Zwei mal 30° Sichtkegel horizontal durch zwei Kameras an einer WEA</i> | 11 |
| <i>Abbildung 9: Luftraumüberwachung des Windparks</i> | 12 |
| <i>Abbildung 10: Zielvogel tritt in Kamerabereich ein</i> | 13 |
| <i>Abbildung 11: Zielvogelart erkannt</i> | 14 |
| <i>Abbildung 12: Vogelschwarm, keine Zielvogelart (Nacht-KI)</i> | 14 |
| <i>Abbildung 13: Verfolgung des Zielvogels durch zwei Kameras</i> | 15 |
| <i>Abbildung 14: Auslösen des Trudelmodus an der betroffenen Anlage</i> | 16 |
| <i>Abbildung 15: Zielvogel verlässt Gefahrenbereich</i> | 17 |
| <i>Abbildung 16: Verwendeter LRF Vectronix 21 Aero</i> | 18 |
| <i>Abbildung 17: Funktion des LRFs Vector 21 Aero</i> | 19 |
| <i>Abbildung 18: Ausrichtung der Sichtkegel der Kameras an den Testanlagen</i> | 21 |
| <i>Abbildung 19: Pan-Winkel der eingesetzten Kameras</i> | 22 |
| <i>Abbildung 20: 1000m Kuppel Abdeckungsbereich jeder Kamera</i> | 22 |
| <i>Abbildung 21: Statistische Ergebnisse zur Gesamtrate bzgl. des Rotmilans.</i> | 25 |
| <i>Abbildung 22: Statistische Ergebnisse zur Erfassungsrate bzgl. des Rotmilans.</i> | 26 |
| <i>Abbildung 23: Statistische Ergebnisse zur Erkennungsrate bzgl. des Rotmilans</i> | 27 |

1. Einleitung

Angesichts des anthropogen verursachten Klimawandels sind die Erneuerbaren Energien ein wesentliches Standbein für die Umsetzung der Klimaschutzziele in Deutschland. Die Bundesregierung hat die Weichen gestellt, um von fossilen Energieträgern unabhängig zu werden. Der naturverträgliche Ausbau der erneuerbaren Energien soll bis 2030 80 % des Stromverbrauchs decken (EEG 2023).

Windenergie spielt gegenwärtig die tragende Rolle beim Ausbau der regenerativen Energien. Im Jahr 2022 betrug die installierte Leistung der Windenergieanlagen insgesamt 66.242 Megawatt (MW), verteilt auf 29.982 Anlagen (Bundesverband Windenergie 2022). Davon standen 28.443 Anlagen mit einer Leistung von 58.106 MW an Land und 1.539 Anlagen mit einer Leistung von 8.136 MW auf See. Die erzeugte Strommenge betrug 123,3 Terawattstunden (TWh), was einem Anteil von 25,9 % an der deutschen Stromproduktion entspricht. 2023 konnte sie mit rund 69.000 MW Leistung auf 140 TWh erhöht werden. Ende 2030 sollen 115.000 MW Windenergie an Land installiert sein.

1.1. Anlass und Aufgabenstellung

Wie alle Bauprojekte stellen auch Windenergieanlagen einen Eingriff in die Natur und Landschaft dar. Bei der Planung gelten daher strenge Gesetze, um insbesondere auch den Schutz der Natur und bestimmter Vogel- und Fledermausarten zu gewährleisten.

Bei der Genehmigung von Windenergieanlagen ist daher die Prüfung des Tötungs- und Verletzungsverbots nach § 44 Absatz 1 Nummer 1 BNatSchG relevant. Anhand des von der Rechtsprechung entwickelten und mit § 44 Absatz 5 Satz 2 Nummer 1 BNatSchG auch gesetzlich aufgegriffenen Signifikanzansatzes wird bewertet, ob das Tötungs- und Verletzungsrisiko der jeweils betroffenen Arten signifikant erhöht wird. Mit signifikanter Risikoerhöhung ist eine deutliche Steigerung des Tötungsrisikos gemeint, welches ohnehin in einer vom Menschen gestalteten Landschaft besteht. Dieser auch gesetzlich aufgegriffene Signifikanzansatz beschreibt keine statistische Kollisionswahrscheinlichkeit, sondern zielt auf eine Entscheidung unter Berücksichtigung der naturschutzfachlichen Einschätzung im jeweiligen Einzelfall sowie ggf. vorzusehender Vermeidungsmaßnahmen.

Mit der 4. Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) aus dem Jahr 2022 wurden Vorgaben für die artenschutzfachliche Prüfung des Tötungs- und Verletzungsverbots im Hinblick auf kollisionsgefährdete Brutvögel gemacht. Dabei wurde die Habitatpotenzialanalyse (HPA) als Standardmethode eingeführt, um zu prüfen, ob ein signifikantes Risiko besteht, dass ein Vogel mit einer Windenergieanlage kollidiert. Die HPA ist ein Werkzeug, um die Raumnutzung von Vögeln anhand der Habitatausstattung des Geländes im Wesentlichen am Schreibtisch zu prognostizieren. Sie

löst die aufwendige Raumnutzungsanalyse (RNA) ab, die mit mehrfachen gutachterlichen Geländebegehungen und umfassenden Flugbeobachtungen verbunden ist.

Artenschutzrechtlich konfliktarme Standorte für Windkraftanlagen sind zunehmend schwierig zu finden. Die Einhaltung des Tötungsverbots für bestimmte kollisionsgefährdete Greif- und Großvogelarten ist dabei für das Genehmigungsverfahren von ausschlaggebender Bedeutung. Bei der überwiegenden Zahl der aktuellen Projektplanungen liegt ein erhöhtes Tötungsrisiko vor.

Um das Kollisionsrisiko windenergiesensibler Vogelarten zu verringern, werden immer mehr Antikollisionssysteme (AKS) entwickelt. Darunter versteht man Systeme, die in der Lage sind am Windenergieanlagen-Standort bestimmte Zielvogelarten, insbesondere Greifvögel, in Echtzeit zu erkennen und bei Eintritt in den Gefahrenbereich, den Betrieb abzuregulieren. Durch gezielte Abschaltungen bzw. Verlangsamung der Rotordrehzahl bis in den sogenannten „Trudelmodus“ soll das Kollisionsrisiko mit den Rotorblättern unter eine sogenannte Signifikanzschwelle gebracht werden. Dem Bundesnaturschutzgesetz ist eine konkrete Festlegung auf eine Signifikanzschwelle allerdings nicht zu entnehmen.

Im BNatSchG § 45 b werden Antikollisionssysteme als eine mögliche Schutzmaßnahme genannt, mit denen Kollisionsrisiken von Vögeln an Windenergieanlagen vermieden beziehungsweise gesenkt werden können. Sie können als Alternative zu pauschalen Abschaltungen eingesetzt werden, deren Wirksamkeit meist auf Erfahrungswerten basieren. Ziel ist es auch, artenschutzrechtliche Anforderungen zum Vogelschutz mit minimalen Einbußen zur Stromerzeugung zu vereinbaren. Bedarfsgerechte Abschaltungen reduzieren den Stillstand einer Anlage aus Gründen des Artenschutzes erheblich.

Ob die marktverfügbaren Detektionssysteme hinreichend leistungsfähig und zuverlässig sind, um das Kollisionsrisiko unter eine Signifikanzschwelle senken zu können, wurde bislang noch kaum fachwissenschaftlich untersucht. Der vorliegende Bericht hat die Aufgabe, die Wirksamkeit des AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystems zum Schutz des Rotmilans mit Hilfe der durchgeführten Untersuchungen zu belegen.

Der vorliegende Validierungsbericht des AVES WIND ONSHORE Systems untersucht die Durchführung der Datenerhebung und stellt den Bezug zwischen dem statistischen Ergebnisbericht und den artenschutzrechtlichen Anforderungen dar (MEKUN 2024, KNE 2021; BIONUM GMBH 2024).

1.2. Zielart Rotmilan

Der Rotmilan ist ein sehr häufig in Deutschland vorkommender Greifvogel. Er besiedelt vor allem offene, mit kleinen Gehölzen und Wäldern durchsetzte Landschaften und bevorzugt häufig Bereiche, die durch lange Grenzen zwischen Wald und Offenland und einen hohen Grünlandanteil gekennzeichnet sind. Er ist ein Suchflugjäger, der große Gebiete seines Nahrungsreviers in einem

relativ niedrigen und langsamen Gleit- und Segelflug systematisch nach Beute absucht. Dabei zeigt er gegenüber WEAs kein Meideverhalten. Da Balzflüge im Frühjahr, Thermikkreisen und z. T. Nahrungsflüge in Höhen stattfinden, in denen sich die Rotoren der WEA befinden, besteht für die Art ein sehr hohes Kollisionsrisiko. Die Vögel bleiben, je nach Nahrungsangebot, häufig den Winter über in Deutschland, so dass auch in diesen Monaten ein Kollisionsrisiko während der Nahrungssuche bestehen bleibt.

Der Rotmilan ist durch das Bundesnaturschutzgesetz streng geschützt. Dieser Schutz geht wiederum auf die Umsetzung der EU-Vogelschutzrichtlinie zurück. Windenergieprojekte müssen also für eine Genehmigung nachweisen, dass durch den Bau des Windrads das Risiko für Rotmilane mit diesem zu kollidieren und zu Tode zu kommen, nicht erhöht ist. Damit das Vorkommen eines Tieres nicht zu einem unüberwindbaren Planungshindernis wird, hat der Gesetzgeber die schon erwähnte Signifikanzschwelle eingeführt. Das bedeutet, dass Windenergieplanungen nur dann gegen das Bundesnaturschutzgesetz verstoßen und damit nicht realisiert werden können, wenn das Risiko, das von der geplanten Windenergieanlage ausgeht, im Vergleich zum allgemeinen Lebensrisiko der betroffenen Art signifikant erhöht ist

In Deutschland leben circa 60 Prozent des Weltbestandes des Rotmilans. Daraus ergibt sich eine besondere Verantwortung – besonders wenn zusätzlich zu den vom Menschen ausgehenden Todesursachen mit dem Ausbau der Windenergie eine weitere Gefahrenquelle hinzukommt.

Die Vogelschutzwarte Brandenburg führt eine Schlagopferkartei mit Vögeln, die an Windenergieanlagen zu Tode gekommen sind. Hierbei handelt es sich nicht um eine systematische Schlagopfersuche, sondern um Zufallsfunde. Die Datei listet (Stand 09.08.2023) 750 getötete Rotmilane in Deutschland auf. Höhere Schlagopferzahlen gibt es nur beim Mäusebussard mit 771 getöteten und in die Datenbank eingetragenen Exemplaren. Die Schlagopferzahlen liegen bei beiden Populationen nah beieinander. Dabei muss allerdings die Populationsgröße beider Arten Beachtung finden. Die Population des Rotmilans umfasst 14.000 – 16.000 Brutpaare in Deutschland. Beim Mäusebussard sind es 68.000-115.000 Brutpaare (Ryslavy 2020).

Ob eine Windenergieanlage für einen Rotmilan zum Problem wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Vor allem die Frage des Standorts spielt eine große Rolle. Im Sommer sind die Vögel in Deutschland vor allem mit der Brut und Aufzucht der Jungen und Jagen beschäftigt. Das führt sowohl im direkten Umfeld um den Horst als auch zwischen diesem und den Jagd- und Nahrungshabitaten zu hoher Flugaktivität.

Das Bundesnaturschutzgesetz hat dazu die Abstandregeln zwischen dem Horst eines Rotmilans und dem nächsten Windenergieanlage neu festgelegt. Dies sind der Nahbereich (500m), der zentrale

Prüfbereich (1.200m) und der erweiterte Prüfbereich (3.500m). Liegt eine WEA in einer Entfernung zum Brutplatz innerhalb des Nahbereiches, so steht fest, dass das Tötungsrisiko signifikant erhöht ist. Die geplante WEA dürfte an diesem Standort grundsätzlich nicht genehmigungsfähig sein.

Befindet sich zwischen dem Brutplatz und der WEA ein Abstand, der größer als der jeweilige Nahbereich und geringer als der jeweilige zentrale Prüfbereich ist, so bestehen Anhaltspunkte für ein erhöhtes Tötungsrisiko (§ 45b Abs. 3 BImSchG). Diese Vermutung kann der Betreiber mittels Habitatpotentialanalyse widerlegen (§ 45b Abs. 3 Nr. 1 BImSchG).

Eine hinreichende Risikominderung liegt für die betreffende Art in der Regel bereits dann vor, wenn die Genehmigungsbehörde in der Genehmigung geeignete fachliche Schutzmaßnahmen wie Antikollisionssysteme, Abschaltungen bei landwirtschaftlichen Ereignissen, das Anlegen attraktiver Auswechnahrungshabitate oder artspezifische Abschaltungen festlegt (§ 45b Abs. 3 Nr. 2 BImSchG).

Liegt zwischen dem Brutplatz und der Windenergieanlage ein Abstand, der größer als der zentrale Prüfbereich und höchstens so groß ist wie der erweiterte Prüfbereich, so ist das Tötungs- und Verletzungsrisiko der den Brutplatz nutzenden Exemplare nicht signifikant erhöht (§ 45b Abs. 4 BImSchG).

2. Prüfrahen für Antikollisionssysteme nach MEKUN

Damit ein ausreichender Schutz kollisionsgefährdeter Vögel im Umfeld von WEAs durch das AKS gewährleistet ist, müssen einige grundlegende Anforderungen erfüllt sein. Diese Anforderungen wurden in dem Fachkonventionsvorschlag „Prüfrahen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) erarbeitet. Nach diesen Anforderungen bzw. Kriterien wurde das AVES WIND ONSHORE System bewertet. Im Folgenden werden die Anforderungen kurz erläutert und auf die Durchführung eingegangen.

2.1. Reaktionsbereich und Erfassungsbereich

Für den Reaktionsbereich und für den Erfassungsbereich werden keine Anforderungen in Bezug auf die Größe vorgegeben, vielmehr errechnet sich der Reaktionsbereich projektspezifisch um den WEA-Rotormittelpunkt, an dessen Rändern ein Vogel spätestens erfasst und klassifiziert worden sein muss, um eine rechtzeitige Abschaltung der WEA zu gewährleisten. Höhe und Radius des Torus ergeben sich u.a. aus WEA-spezifischen Maßen sowie horizontalen und vertikalen Fluggeschwindigkeiten. Der Erfassungsbereich umläuft den Reaktionsbereich ringförmig und wird in der vertikalen Achse fortgeführt. Die einzige Bedingung ist, dass der äußere Radius des Erfassungsbereiches (Torus) größer als der Reaktionsradius und der innere Radius kleiner-gleich dem Reaktionsradius ist (Abbildung 1).

Untersucht wurden drei leicht unterschiedliche ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von jeweils 200 m Breite.

Die Höhe berechnet sich analog zur Höhe des Reaktionsbereichs (oberer/unterer Rotordurchlauf plus eines Puffers in Abhängigkeit von Radius und Fluggeschwindigkeiten), wobei hier als Radius der äußere Radius des Torus verwendet wird (nicht der Reaktionsradius). Der dadurch entstehende zusätzliche Puffer in der vertikalen Achse ist dazu notwendig, die Erfassung aller von oben oder unten an den Reaktionsbereich anfliegenden Vögel in ausreichendem Maße zu gewährleisten.

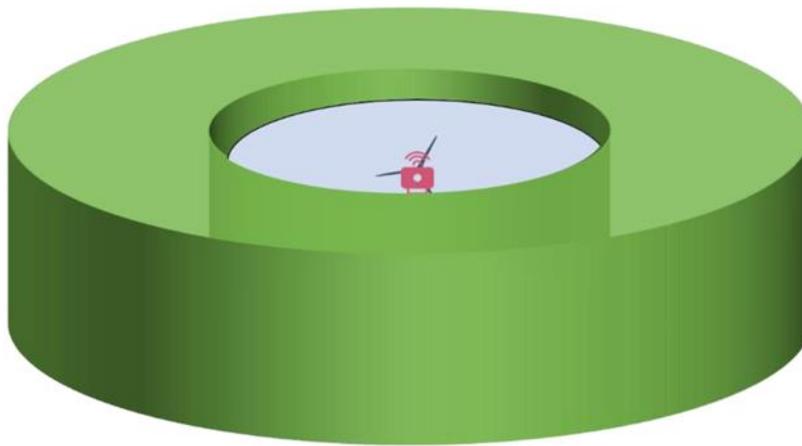


Abbildung 1: Ringförmiger Erfassungsbereich (grün) der den Reaktionsbereich (blau) umschließt (Abbildung unverändert aus MEKUN 2024).

Bei dem AVES WIND ONSHORE System handelt es sich um ein Mehrkamera-System, welches die Anzahl der Kameras projektspezifisch anpasst. In den vorliegenden Feldexperimenten zu den Raten bzw. zu der Validierung kamen pro Untersuchungsgebiet immer zwei bis vier Kameras zum Einsatz. Der Erfassungsbereich wurde jeweils dementsprechend auf die jeweiligen Sichtkegel angepasst.

Um eine Anwendung in möglichst vielen Szenarien zu ermöglichen, wird der Erfassungsbereich möglichst groß gewählt. Zusätzlich bzw. ergänzend dazu werden Erfassungsbereiche unterschiedlicher Ausdehnung betrachtet, um die Einschätzung/Übertragung des Schutzgrades für verschiedene projektspezifische Reaktionsbereiche zu erleichtern.

Für die Bestimmung des Reaktionsbereichs wird in einem ersten Schritt die art- und WEA-spezifische Berechnung des Reaktionsradius benötigt. Die Berechnung dieses Radius' (r_{Reaktion}) setzt sich aus vier Hauptkomponenten zusammen:

1. aus der mittleren artspezifischen horizontalen Fluggeschwindigkeit (v_{Vogel}),
2. aus der Zeit, die vom AKS-induzierten Abschaltsignal bis hin zum Erreichen des Trudelbetriebs der betrachteten WEA vergeht (t_{Abschalt}),
3. aus dem mittleren örtlichen relativen Messfehler des AKS ($c_{\text{Messfehler}}$) und

4. aus einem Maß $c_{\text{Rotorblatt}}$, welches abgeleitet wird aus dem Rotorradius.

Die Formel zur Berechnung des Reaktionsradius lautet:

$$r_{\text{Reaktion}} = (v_{\text{Vogel}} \cdot t_{\text{Abschalt}} + c_{\text{Rotorblatt}}) \cdot (1 + c_{\text{Messfehler}})$$

Für das AVES WIND ONSHORE System wurden die folgenden Werte verwendet:

- $v_{\text{Vogel}} = 8,54 \text{ m/s}$ (vgl. LfU-AKS-Prüfrahmen, hier bezogen auf den Rotmilan, (MEKUN 2024)).
- t_{Abschalt} : setzt sich additiv aus zwei Unterkomponenten zusammen: der zeitlichen Latenz t_{Latenz} , die den Zeitabstand zwischen dem AKS-induzierten Abschaltsignal und dem Zeitpunkt misst, an dem das Abschaltsignal an der betreffenden WEA ankommt (hier kann es bspw. zu Verzögerungen durch die Priorisierung von Signalen im Kontext der Windparksteuerung kommen), sowie der Dauer t_{Trudel} , die die Anlage im Mittel benötigt, um vom regulären Betrieb in den Trudelbetrieb zu kommen. Beide Werte sind projektspezifisch und es sind im Rahmen der Validierung plausible Annahmen für diese beiden Größen getroffen worden, nämlich $t_{\text{Trudel}} = 30 \text{ s}$ und $t_{\text{Latenz}} = 2 \text{ s}$.
- $c_{\text{Rotorblatt}}$: das 0,637-Fache des Rotorradius, also $0,637 \cdot 75 \text{ m}$
- $c_{\text{Messfehler}}$: definiert den mittleren relativen örtlichen Messfehler des AVES WIND ONSHORE Systems.

Relativ deshalb, weil der Fehler naturgemäß mit der Distanz zwischen AKS und Ziel zunimmt, und deshalb der absolute Fehler (bspw. gegeben in Metern) durch die jeweilige Distanz zwischen AKS bzw. WEA und Ziel geteilt wird, um den relativen Messfehler als ein von der Distanz unabhängiges Maß zu erhalten. Dazu wurden von BioConsult SH die Rotmilan-LRF-Punkte von fünf Erfassungstagen vs. den vom AKS zugeordneten Punkten analysiert, im Mittel lag die Abweichung beim Rotmilan bei 20 %, dabei handelte es sich um eine monokulare Entfernungsmessung. Hier gingen nur LRF-Punkte in die Statistik ein, wenn der Punkt korrekt vom AKS erfasst und erkannt wurde. Insgesamt wurden hier 548 LRF-Punkte mit unterschiedlichen Abständen zwischen AKS und Ziel analysiert.

Daraus ergibt sich ein Reaktionsradius von:

Rotmilan: ***rReaktion*** = 385 m.

Die Höhe des Reaktionsbereiches ergibt sich aus dem oberen und unteren Rotordurchlauf plus eines Puffers. Der Puffer ergibt sich wiederum aus derjenigen Höhenänderung des fliegenden Vogels, die in der Zeit anzunehmen ist, die der Vogel benötigt, um die Länge des Reaktionsradius zurückzulegen. Die empirischen Messungen legen nahe, dass die untersuchten Vögel artübergreifend etwa 1 m/s vertikale Geschwindigkeiten im Steig- und Sinkflug zeigen (vgl. AKS Prüfrahmen MEKUN 2024). Damit ergibt sich der Puffer (in Einheiten von Metern) direkt aus dem Quotienten von Reaktionsradius und der

horizontalen Fluggeschwindigkeit. Um im vorliegenden Projekt besonders vorsorglich vorzugehen, wird der untersuchte Erfassungsbereich jedoch nicht nach oben und unten begrenzt, sondern beinhaltet sämtliche LRF-Punkte, die sich in der Luftsäule über dem oben definierten Torus befanden. Auf diesem Wege werden selbst vom Boden oder weit oben in den Reaktionsbereich einfliegende Vögel in den ermittelten Raten reflektiert.

2.2. Gesamtrate

Laut des Fachkonventionsvorschlags „Prüfrahmens für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) ist sicherzustellen, dass das AKS die jeweilige kollisionsgefährdete Vogelart, hier den Rotmilan, zuverlässig erkennt. Hierzu werden Anforderungen an die Gesamtrate gestellt und es wird ein Mindestwert für diese gefordert. Die Gesamtrate setzt sich aus der Erfassungsrate und der Erkennungsrate zusammen. Mit der Forderung eines unteren Konfidenzintervalls wird erreicht, dass die mittlere Rate ausreichend hoch ist und mit ausreichender Sicherheit bestimmt wird. Daher muss die Gesamtrate mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit oberhalb eines definierten Mindestwertes liegen. Die untere Grenze des Konfidenzintervalls der Gesamtrate wurde auf mindestens 70 % festgelegt. Diese geforderte Gesamtrate muss in einer ausreichenden Entfernung erreicht werden, mit der sichergestellt wird, dass die WEA rechtzeitig abgeschaltet wird, bevor die Zielart (hier Rotmilan) in den Rotorbereich bzw. in den Reaktionsbereich gelangt.

3. Material und Methode

3.1. Windpark und Untersuchungsgebiet

Die Wirksamkeit des AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystems wurde an zwei Windenergieanlagen im Windpark Gnutz-Timmaspe in Schleswig-Holstein, sowie an mobilen Standorten in Norddeutschland getestet. Die Beschreibungen des Systems beziehen sich auf die Installationen an den Anlagen im Windpark Gnutz-Timmaspe.

Insgesamt gehören 10 WEA zu dem westlich von Neumünster gelegenen Windpark. Die zwei Testanlagen sind innerhalb des Windparks am südlichsten ausgerichtet und ungefähr 200 m voneinander entfernt (Abbildung 2).

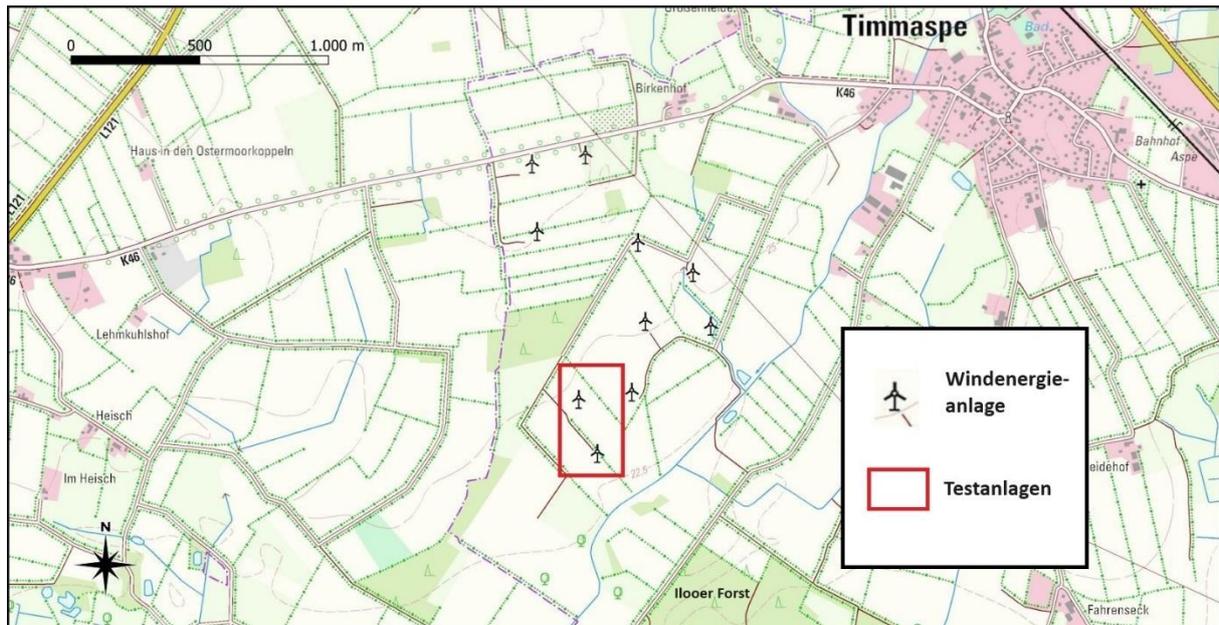


Abbildung 2: Lage der Testanlagen

In der Umgebung des Windparks sind fünf Horste des Rotmilans bekannt. Sie befinden sich in unterschiedlichen Richtungen, in Entfernungen zwischen ca. 3.000 m bis ca. 5.000 m. Eine hohe Wahrscheinlichkeit vorbeifliegender Vögel auf Nahrungssuche ist aufgrund der Waldkante des Iloer Forstes in nur 500 m Entfernung im Süden des Windparks zu erwarten. Wie unter 1.2. bereits beschrieben, jagen Rotmilane gerne entlang von Grenzen zwischen Wald und Offenland und werden auf diese Weise in die Nähe der Test WEAs geleitet.

Die zum Test mit dem AVES WIND OSNHORE Antikollisionssystem ausgerüsteten WEAs gehören zur N149 Serie des Herstellers Nordex mit Standort in Hamburg. Beide WEAs haben jeweils eine Gesamthöhe von 200 m, einem Rotordurchmesser von 149 m, (d.h., der Radius ist 74,5 m), einer Nabenhöhe von 125 m. Der untere Rotordurchgang beträgt in 51 m. (Abbildung 3).



Abbildung 3: Die beiden Testanlagen im Vordergrund und Bildrand rechts

3.2. Das Kamerasystem

Die eingesetzten Kameras sind industrieerprobte Sicherheitskameras, die durch Schwenken, Neigen und Zoomen den Luftraum um den Windpark überwachen. Dabei handelt es sich um sog. Pan-Tilt-Zoom Kameras, die um zwei Achsen schwenken und das Bild heranzoomen können (Abbildung 4). Die Bezeichnungen PAN und TILT benutzt man in diesem Zusammenhang für die Winkel, die die Kameras in der Lage sind zu schwenken.

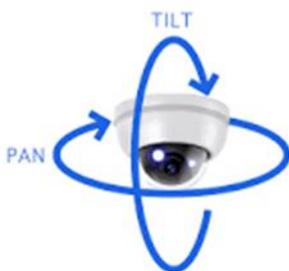


Abbildung 4: PAN/TILT Funktion der Kameras

Alle eingesetzten Kameras sind identisch und in einem wetter- und stoßfesten Gehäuse verbaut (Abbildung 5). Neben dem Objektiv verfügt jede Kamera zur Unterstützung des Nachtsichtmodus

hinter der zweiten Glasabdeckung zusätzlich über einen Infrarot-Scheinwerfer mit 400 m Reichweite. Der IR-Lichtkegel passt sich automatisch an den aktuellen Zoomfaktor an, so dass eine gleichmäßige Ausleuchtung auch bei Nacht gewährleistet ist. So kann das System bei Bedarf auch auf nachtaktive Arten erweitert werden. Ein integrierter Scheibenwischer sorgt für freie Sicht bei Beeinträchtigungen wie Niederschlag, Verschmutzungen oder Insekten vor der Linse.



Abbildung 5: Kamerasystem mit IR-Scheinwerfer hinter zweiter Glasabdeckung

Die Kameras des AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystem wurden für die Tests in eine Höhe von 10 m am Turm der WEA befestigt. Für den Testbetrieb wurden an zwei WEA jeweils zwei Kamerasysteme installiert. (Abbildung 6).



Abbildung 6: Kamerasysteme am Turm der WEA Gnutz-Timmaspe

In Ruheposition hat die Kamera einen Öffnungswinkel von 30° , um einen möglichst großen Bereich überblicken zu können (Abbildung 7+Abbildung 8). Ein Zoomfaktor von 30 ermöglicht eine Vergrößerung des Zielobjekts zur genauen Artbestimmung.

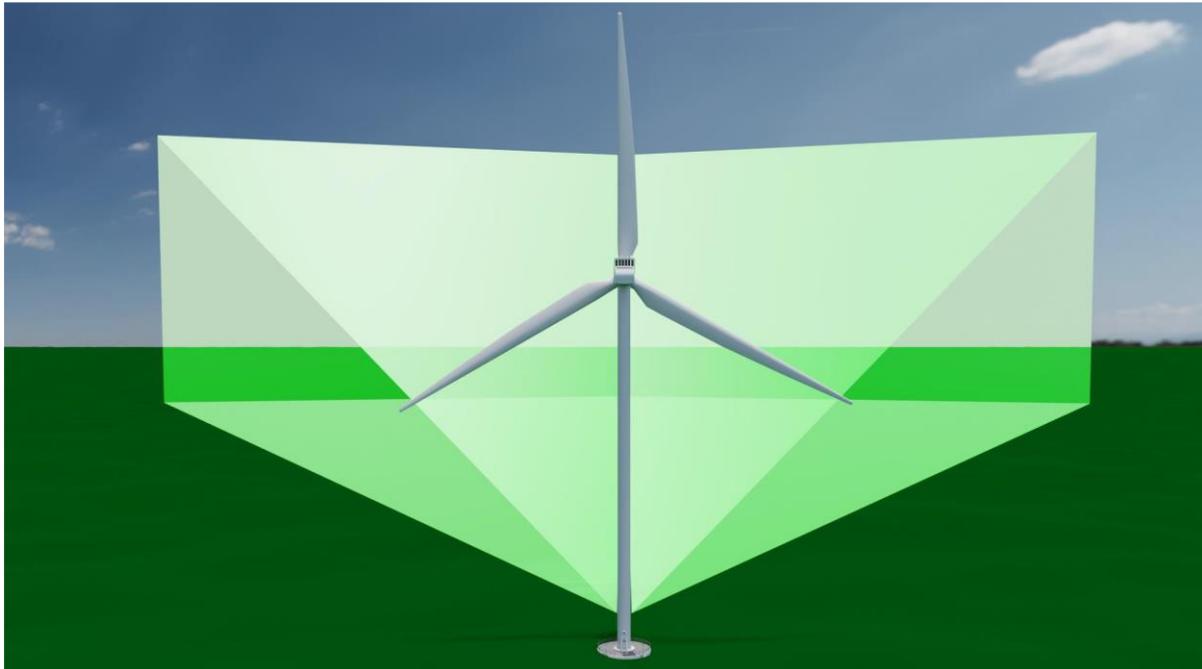


Abbildung 7: Sichtkegel vertikal

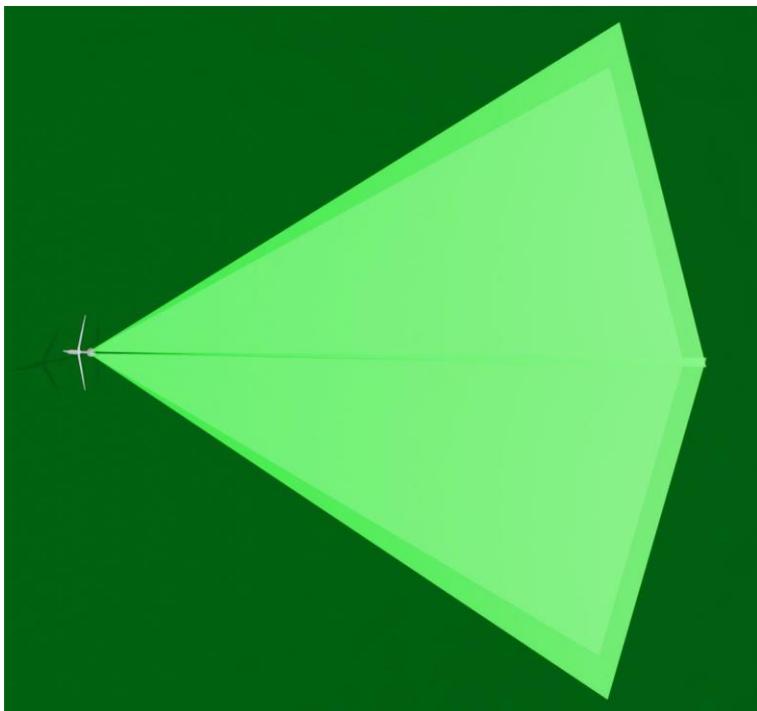


Abbildung 8: Zwei mal 30° Sichtkegel horizontal durch zwei Kameras an einer WEA

4. Funktionsweise AVES Wind Onshore

Das technische Konzept des AVES WIND ONSHORE Systems basiert darauf, dass mehrere bewegliche Kameras den gesamten Luftraum um den Windpark durchgängig überwachen (Prinzip eines Schutzwalles, Abbildung 9) und die jeweils betroffene WEAs gezielt in den Trudelbetrieb versetzen, wenn die Zielvogelart in den projektspezifischen Reaktionsbereich fliegt.

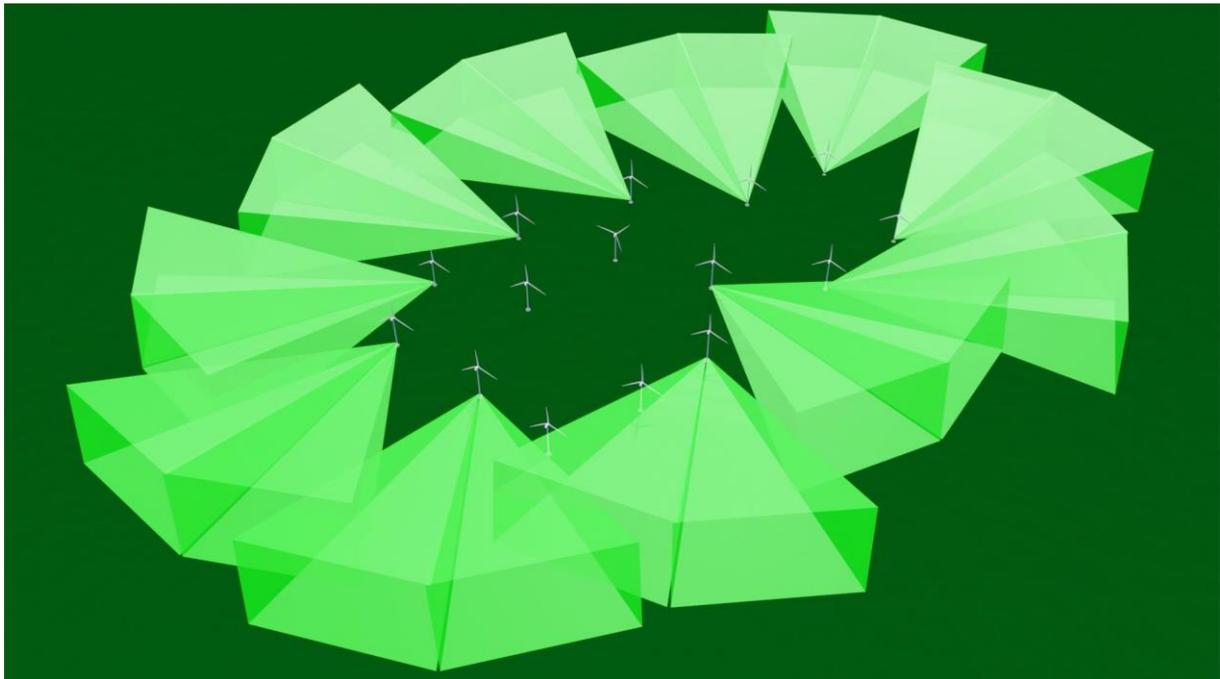


Abbildung 9: Luftraumüberwachung des Windparks

Die Kamerasysteme im Windpark sind so verteilt, dass die Sichtkegel der einzelnen Kameras einander überlappen und kreisförmig den gesamten Windpark lückenlos nach außen abdecken.

4.1. Erkennen der Zielart

Nähert sich ein Flugobjekt und tritt in den überwachten Luftraum einer Kamera ein, wird das Objekt durch die zugehörige Tracking-Software automatisch erkannt, verfolgt und zur Identifikation herangezogen (Abbildung 10).

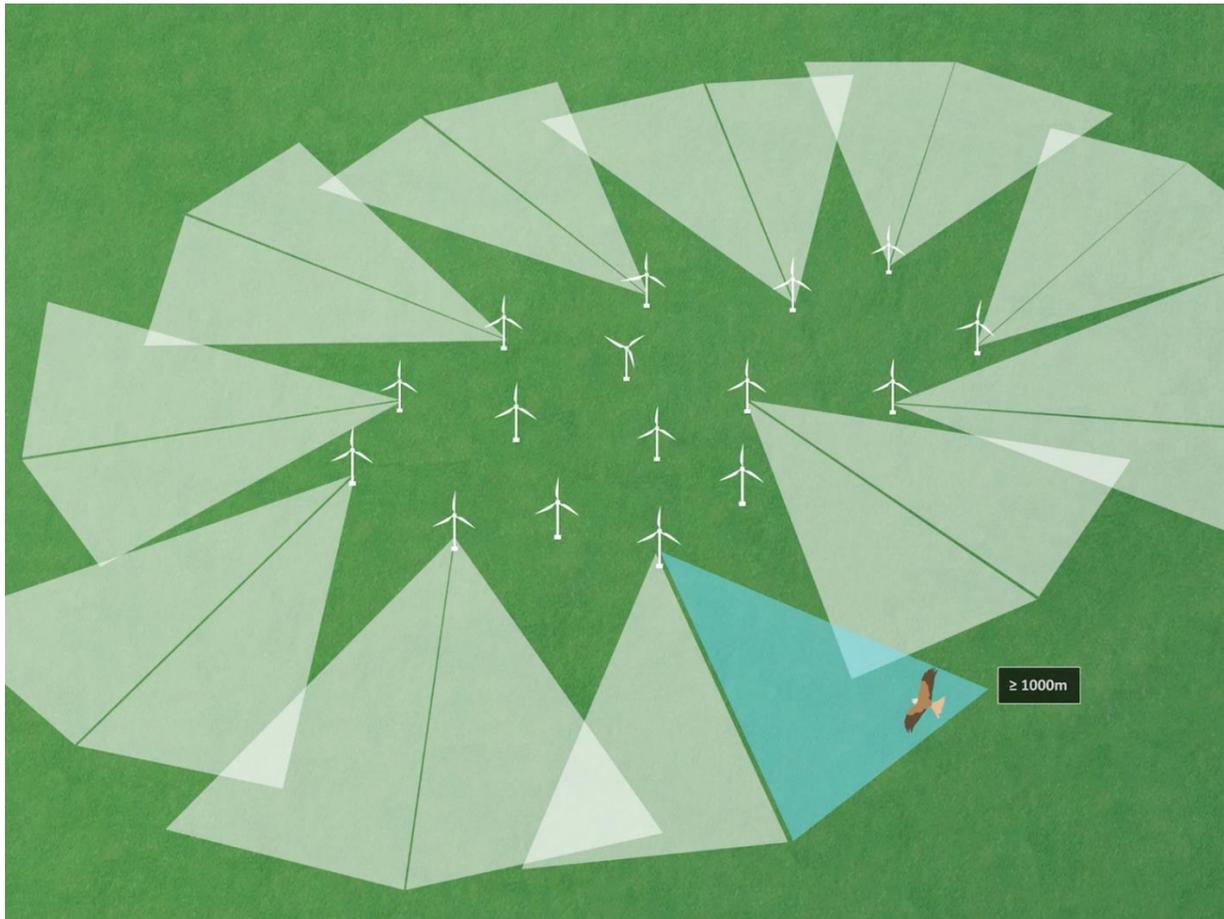


Abbildung 10: Zielvogel tritt in Kamerabereich ein

Je nach Größe und Sichtbedingungen können die Kameras Objekte in einer Entfernung bis zu 1.000 m und mehr erfassen.

Eine speziell auf den Windpark zugeschnittene KI bestimmt, ob es sich um die Zielvogelart (Abbildung 11), um andere Flugobjekte oder um eine nicht mit einer Abschaltvorgabe verbundenen Vogelart handelt (Abbildung 12).

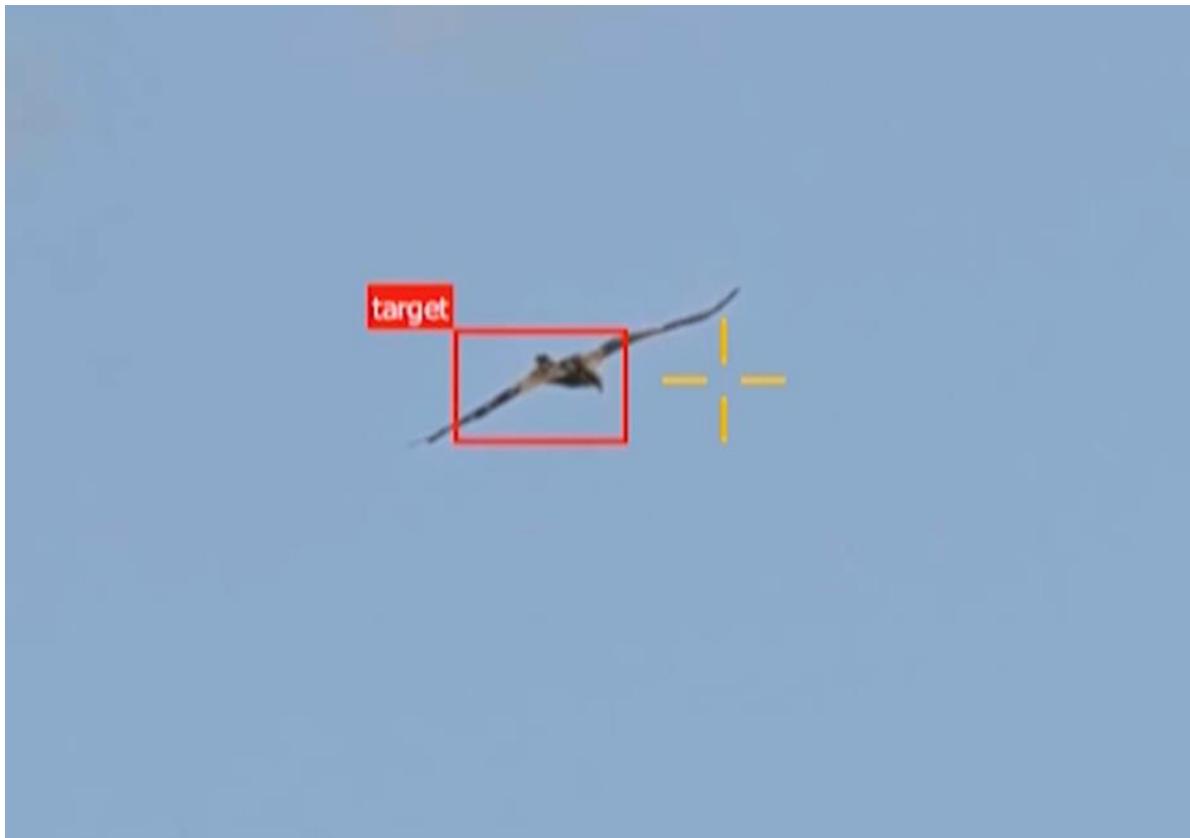


Abbildung 11: Zielvogelart erkannt



Abbildung 12: Vogelschwarm, keine Zielvogelart (Nacht-KI)

Wird eine Zielvogelart erkannt, kann seine Flugbahn exakt verfolgt werden. Die seitliche Anbringung der Kameras an den WEAs ermöglicht auch die Verfolgung in den Windpark hinein. Dazu wird der Zielvogel von mindestens zwei weiter auseinander liegenden Kameras erfasst und über den Kreuzungspunkt der beiden Kamerabilder eine genaue dreidimensionale Positionsbestimmung durchgeführt (Abbildung 13). Anhand der Größe im Bild und anhand des Flugmusters wird bereits vor der Artbestimmung abgeleitet, bei welchem dieser Vögel es sich am wahrscheinlichsten um einen nahen Vogel der Zielart handelt. Auf diesen schwenkt die Kamera dann ein und zoomt ihn heran, um dessen Art genau zu bestimmen.

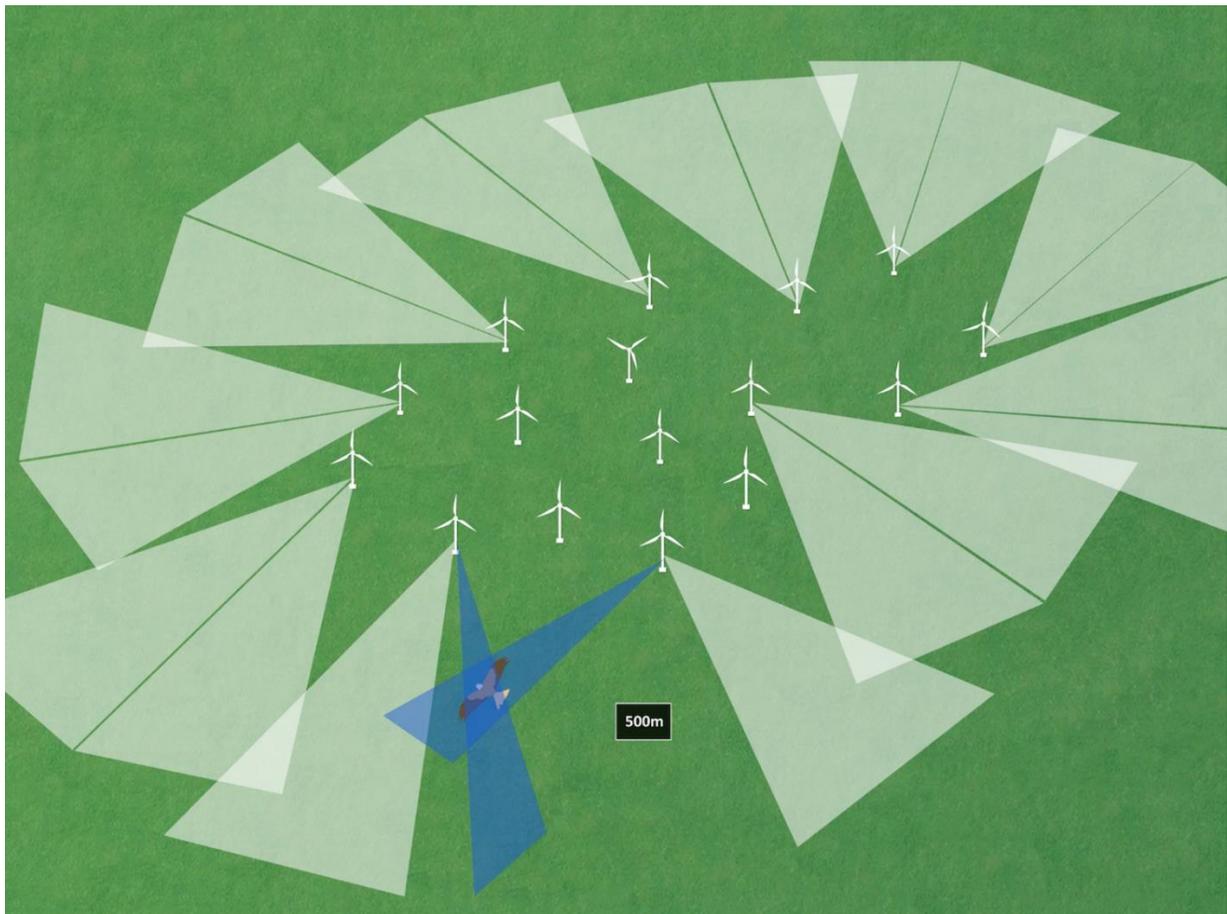


Abbildung 13: Verfolgung des Zielvogels durch zwei Kameras

4.2. Auslösen des Trudelmodus

Durch die Positionsbestimmung kann bestimmt werden, wann der Zielvogel mindestens einer WEA zu nahekommt, so dass der Trudelmodus der betroffenen WEA ausgelöst wird (Abbildung 14) und wann er den Gefahrenbereich wieder verlassen hat, so dass der Trudelmodus zurückgenommen werden kann.

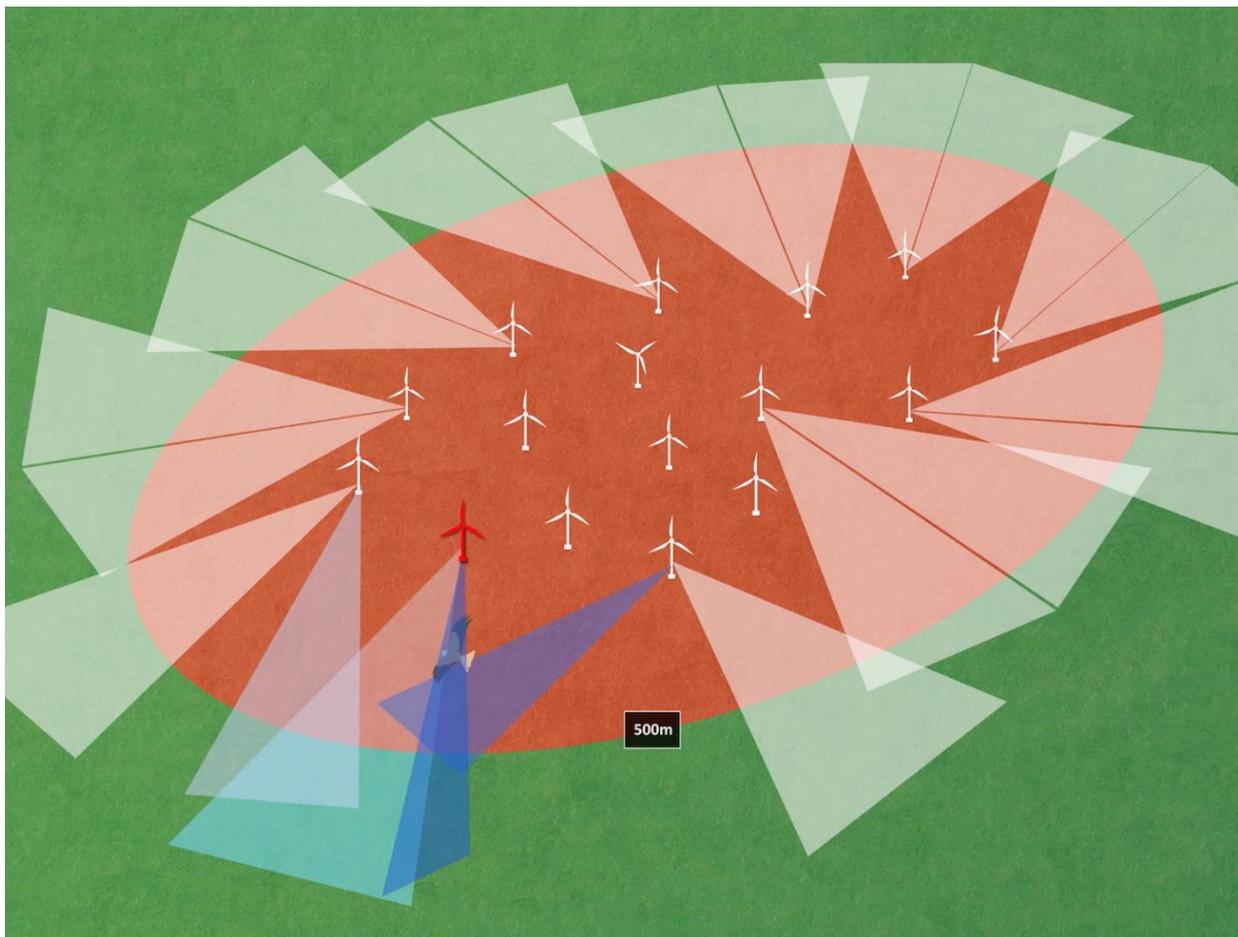


Abbildung 14: Auslösen des Trudelmodus an der betroffenen Anlage

Im Trudelmodus oder Trudelbetrieb sind die Rotorblätter aus dem Wind gedreht. Die Windnachführung der Rotorgondel ist aber weiterhin aktiv. Die Geschwindigkeit der Rotorblätter ist dabei der ausschlaggebende Faktor. Ab welchen Blattspitzengeschwindigkeiten (z. B. 25 oder 30 Kilometer pro Stunde) kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vorliegt, ist nicht festgelegt. Die Spitzen der Rotorblätter der Nordex 149-Anlagen legen bei einer Umdrehung pro Minute 468 Meter zurück und erreichen im Trudelmodus eine Geschwindigkeit von ca. 28 km/h. Je nach Windgeschwindigkeit dreht sich der Rotor einer in den Wind gestellten 2 MW Anlage 10–20-mal pro Minute.

Im Vergleich zur Schmierfahrt ist der Trudelbetrieb kein „Betrieb“ im Sinne des BImSchG.

Sobald eine Kamera ihr aktuelles Ziel nicht länger verfolgen muss, da es sich nicht um die Zielart handelt oder ein Zielvogel den Gefahrenbereich verlassen hat (Abbildung 15), wird wieder auf 30° Öffnungswinkel herausgezoomt und die Kamera schwenkt zurück in ihre Ausgangsposition, so dass sie ihren Sektor wieder vollständig überblicken kann. In diesem Modus kann jede Kamera bis zu 256 Vögel gleichzeitig erfassen.

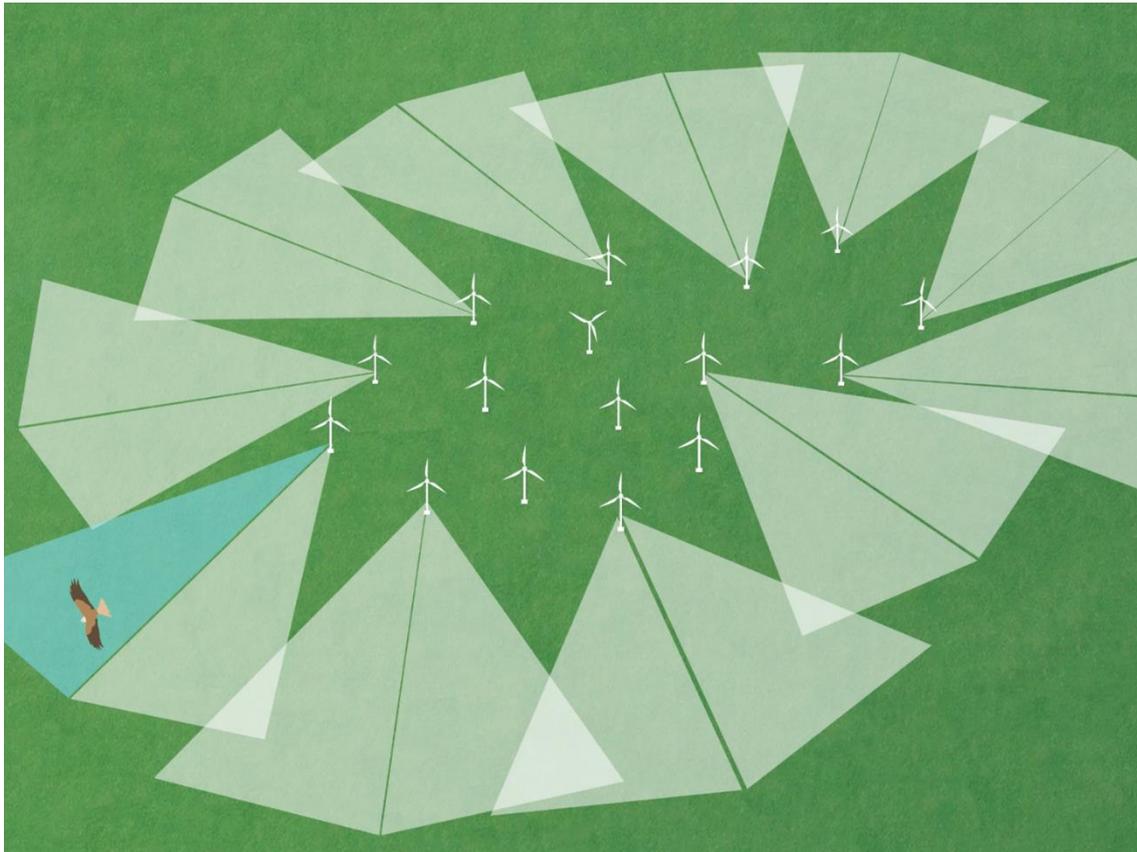


Abbildung 15: Zielvogel verlässt Gefahrenbereich

Durch eine Anbindung an die IT-Infrastruktur des WPs kann das AVES-System ferngewartet und Protokolle der Ereignisse gespeichert und abgerufen werden. Hierzu wird ein Web-Frontend bereitgestellt, das sowohl im Intranet des WPs als auch vom Internet aus erreicht werden kann.

Durch mehrere im WP verteilte Kamerasysteme, die an den WEAs befestigt werden, ist eine lückenlose Überwachung gewährleistet.

5. Feldversuche

5.1. Ornithologische Direktbeobachtungen

Um zu zeigen, dass das AVES WIND ONSHORE Systems das Kollisionsrisiko im Speziellen für den Rotmilan minimieren kann, wurden parallele Beobachtungen durch einen Ornithologen mit den Aufzeichnungen des Kameras des AKS verglichen.

Mindestens ein Ornithologe des Büros Bioplan beobachtete dabei mithilfe eines Laser-Range-Finders (LRF) alle vorbeifliegenden Vögel in den definierten Sichtkegel der Kameras. Die Position des Beobachters bzw. der Beobachter wurde so gewählt, dass das Gelände um die WEA bzw. um den Windpark gut überblickt werden konnte. Voraussetzung war, dass zumindest der zielartenspezifische Reaktionsbereich und darüber hinaus der gesamte Erfassungsbereich des zu erprobenden Systems einsehbar ist, insbesondere auch um die Detektionsreichweite zu ermitteln.

Als LRF wurde das Modell Vector 21 Aero von Vectronix eingesetzt (Abbildung 16).



Abbildung 16: Verwendeter LRF Vectronix 21 Aero

Technische Daten des LRF Vectronix Vector 21 Aero:

- 42 mm Binokular mit 7-facher Vergrößerung, verstellbare Augenweite, Distanzmessung 5 m bis 12.000 m.
- Einsatz eines Klasse 1 Laser (DIN EN 60825-1: die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich oder der Laser ist in einem geschlossenen Gehäuse).
- Abmessungen: 205 mm x 178 mm x 82 mm, Gewicht: 1,7 kg.
- Stromversorgung mit einer 6 V Lithium Batterie oder externer Stromquelle von 7 VDC bis 14 VDC.

- Bluetooth- oder RS-232 Schnittstelle zu PC, Smartphone, Tablet oder Garmin GPS der Serie 60/72/76.

Mithilfe des LRFs wurde mittels eines Laserstrahls der Azimut, die Schrägdistanz und der Vertikalwinkel des eingemessenen Zielobjekts aufgenommen (Abbildung 17).

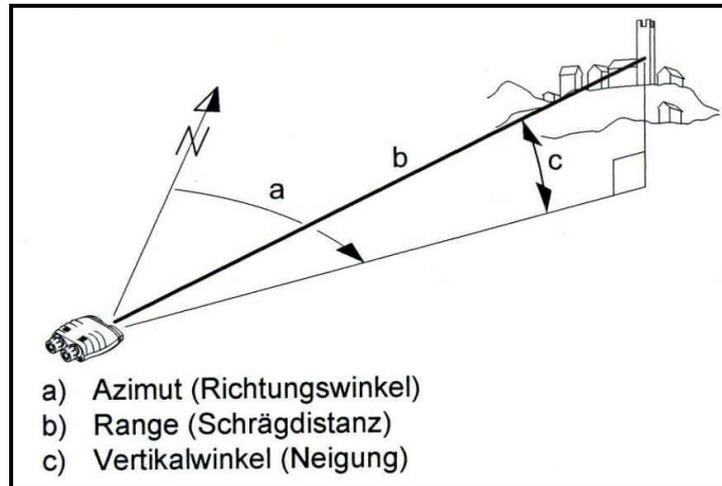


Abbildung 17: Funktion des LRFs Vector 21 Aero

Es wurde an insgesamt 25 Erfassungstagen im Zeitraum 04.08. bis 14.09.2023, an fünf unterschiedlichen Erfassungsorten parallel zum AVES WIND ONSHORE System sogenannte LRF-Samples, welche ca. alle 5 bis 10 Sekunden aufgezeichnet wurden, erhoben. Es gehen nur die Erfassungstage in die Auswertung mit ein, an denen auch Rotmilan Sequenzen aufgenommen werden konnten. An vier Tagen waren keine Rotmilan Aktivitäten im Bereich der Kameras (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht der Erfassungsorte und -Tage

| Nummer | Datum | Erfassungsort | Anzahl Rotmilansequenzen |
|--------|------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 03.08.2023 | Trappenkamp | 0 |
| 2 | 04.08.2023 | WP Timmapse | 9 |
| 3 | 05.08.2023 | WP Timmapse | 12 |
| 4 | 06.08.2023 | WP Timmapse | 21 |
| 5 | 07.08.2023 | WP Timmapse | 19 |
| 6 | 07.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 9 |
| 7 | 08.08.2023 | WP Timmapse | 0 |
| 8 | 08.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 5 |
| 9 | 09.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 14 |
| 10 | 10.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 3 |
| 11 | 11.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 3 |
| 12 | 14.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 1 |
| 13 | 14.08.2023 | Groß Buchwald 2 | 5 |
| 14 | 16.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 3 |
| 15 | 17.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 1 |
| 16 | 18.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 4 |

| | | | |
|------------------|------------|-----------------|------------|
| 17 | 21.08.2023 | Groß Buchwald 2 | 2 |
| 18 | 21.08.2023 | Groß Buchwald 1 | 6 |
| 19 | 22.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 12 |
| 20 | 23.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 3 |
| 21 | 25.08.2023 | Groß Buchwald 3 | 1 |
| 22 | 29.08.2023 | Trappenkamp | 0 |
| 23 | 30.08.2023 | Groß Buchwald 1 | 18 |
| 24 | 31.08.2023 | Groß Buchwald 1 | 9 |
| 25 | 04.09.2023 | WP Timmapse | 0 |
| 26 | 05.09.2023 | WP Timmapse | 3 |
| 27 | 06.09.2023 | WP Timmapse | 21 |
| 28 | 07.09.2023 | WP Timmapse | 8 |
| 28 | 08.09.2023 | WP Timmapse | 2 |
| 30 | 11.09.2023 | Groß Buchwald 1 | 2 |
| 31 | 13.09.2023 | Groß Buchwald 2 | 9 |
| 32 | 14.09.2023 | Groß Buchwald 2 | 32 |
| insgesamt | | | 237 |

Der Standort Trappenkamp befindet sich inmitten eines Kies- und Sandabbaugebietes östlich von Neumünster in der Nähe der Ortschaft Tensfeld. Der Standort Groß Buchwald ist ein Ackerschlag östlich von Bordesholm/Wattenbek in der Nähe Fluss Niederung der Drögen Eider. Hier wurde das mobile Kamerasystem an drei verschiedenen Stellen aufgestellt, die nur wenige 100 m auseinanderliegen.

Durch mehrfache Generierung von Datenpunkten eines fliegenden Vogels (systembedingt maximal ca. 12 pro Minute) entsteht eine entsprechende Abfolge von dreidimensionalen Flugpunkten/-sequenzen. Aus diesen mit einem Zeitstempel versehenen Messpunkten kann anschließend ein entsprechend lagegenauer Flugweg (Track) rekonstruiert werden.

Insgesamt gingen für die Analysen 12.024 Rotmilan-LRF-Punkte, aufgeteilt auf 237 Flugsequenzen, in die Auswertung ein. Neben der Art des eingemessenen Vogels wurden auch der Standort, die Kamera ID, die Auflistung der LRF-Punkte und weitere zusätzliche Informationen wie Datum, Anzahl, Flugverhalten und Wetter aufgezeichnet.

5.2. AVES-Aufzeichnungen

Die beiden Test-WEAs im Windpark Gnutz-Timmapse wurden mit insgesamt 2 Kamerasystemen je Anlage ausgestattet. Die Sichtkegel der Kameras waren dabei Richtung Osten ausgerichtet, da erwartet wurde, dass Rotmilane entlang der Waldkante des Iloer Forstes bevorzugt aus dieser Richtung anfliegen würden (Abbildung 18).

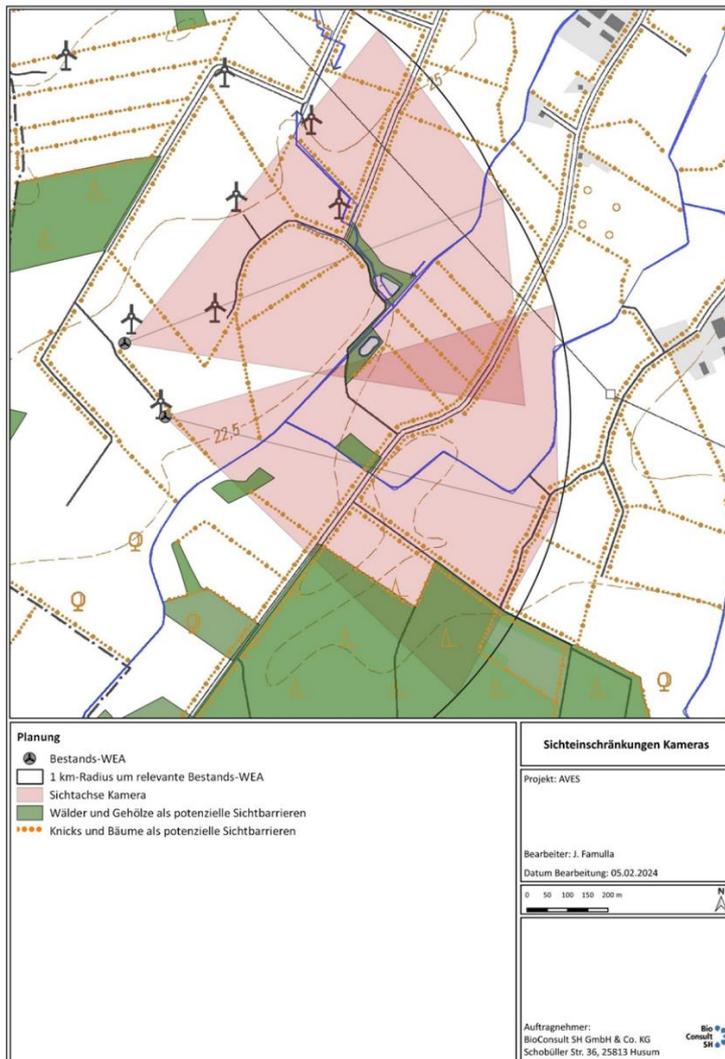


Abbildung 18: Ausrichtung der Sichtkegel der Kameras an den Testanlagen

Wie schon bei der Vorstellung der Kameras in Kapitel 2.2. erwähnt, handelt es sich um sog. Pan-Tilt-Kameras. Sie sind in der Lage sowohl vertikal als auch horizontal zu schwenken. Daraus ergeben sich bestimmte Winkel mit der Bezeichnung Pan und Tilt, in dessen Bereich die Kameras agieren. Die notwendigen und möglichen Pan Winkel der eingesetzten Kameras an den WEAs, d.h. der horizontale Abdeckungsbereich, ist in Abbildung 19 für jede einzelne der Kameras dargestellt.

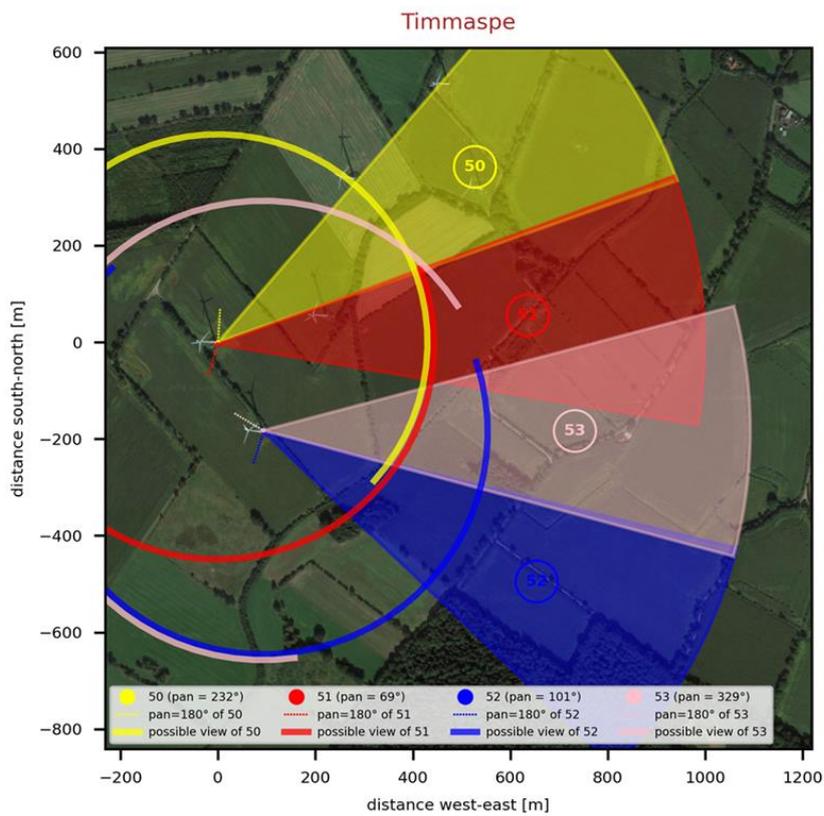


Abbildung 19: Pan-Winkel der eingesetzten Kameras

Die vertikalen Winkel sind mit dem Begriff Tilt bezeichnet. Auf diese Weise kann jeder Punkt innerhalb einer 1.000 m Kuppel mittels eines Pan/Tilt Winkelwertes angegeben werden (Abbildung 20).

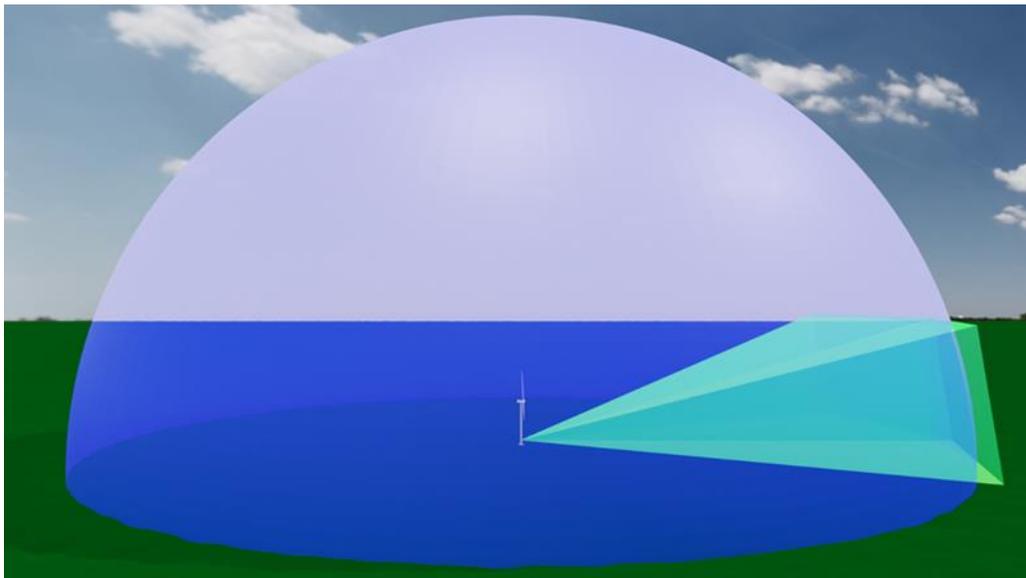


Abbildung 20: 1000m Kuppel Abdeckungsbereich jeder Kamera

Durch eine sog. Kreuzpeilung mindestens zweier Kameras kann jedes Objekt innerhalb der Reichweite angepeilt und verfolgt werden. Die dazugehörigen Pan/Tilt Werte werden als Logfiles, versehen mit Datum und Uhrzeit abgespeichert.

Durch einen Vergleich der erhobenen LRF-Punkte als Referenzdaten mit den generierten Logfiles der AVES-Kameras, kann die Genauigkeit des Antikollisionssystems beurteilt werden.

6. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der LRF-Punkte und der AVES-Logfiles wurde von Bionum GmbH-Büro für Biostatistik durchgeführt.

6.1. Methodik statistische Auswertung

Bei den zu analysierenden Daten handelt es sich um binäre Variablen, die bspw. zwischen „erfasst“ und „nicht erfasst“ klassifiziert werden. Im einfachsten Fall können hier einfach Mittelwerte der entsprechenden Raten ermittelt werden. Die Variable ist allerdings nicht normalverteilt, sodass für die Berechnung der Varianz (z.B. um Konfidenzintervalle zu erhalten) Techniken eingesetzt werden müssen, die keine Normalverteilung voraussetzen.

Tatsächlich ist die statistische Situation aber noch etwas komplexer, denn es werden Zeitreihen untersucht, wobei zusätzlich die LRF-Punkte verschiedenen Individuen zuzuordnen sind, sodass in mehrfacher Hinsicht ein Problem von „Pseudo-Replikation“ besteht (Stuart H., 1984), was zu einer (u.U. deutlichen) Unterschätzung von Konfidenzintervallen sowie zu verzerrten ermittelten Raten führen kann.

Aus diesem Grund wurde eine Analyse-Strategie angewendet, die diese Datensituation adäquat berücksichtigt. Insbesondere erfolgte hier die Analyse mit geeigneten Regressionsmethoden, den „logistischen Regressionsmethoden“, die zu den „generalized linear models“ (GLMs) (Benjamin M. et al., 2008; Field et al., 2012; A. Zuur et al., 2007) gehören. Die Zugehörigkeit zu verschiedenen Individuen wurde hier inkludiert, indem die Track-ID als „random intercept“ im Kontext von „mixed modelling“ verwendet wurde, was zu der Klasse der „generalised linear mixed models“ (GLMMs) (Benjamin M. et al., 2008; Pinheiro & Bates, 2000; A. F. Zuur et al., 2009) führte. Zudem wurde die zeitliche Autokorrelation mittels pACF-Plots analysiert und als geeignete Autoregressionsstruktur (AR1) integriert (Korner-Nievergelt et al., 2015; A. Zuur et al., 2007; A. F. Zuur et al., 2009). Weitere Details zur Methode und deren Motivation finden sich im LfU-AKS-Prüfrahmen (MEKUN 2024).

Für alle statistische Analysen wurden Open-Source-Software R verwendet (R Core Team, 2023) und das R-Paket MASS (Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition, 2002).

Da es sich bei dem AVES WIND ONSHORE System um ein Mehrkamera-AKS-System handelt, fand eine Auswertung von Tracks bzw. Raten statt, bei denen das Gesamtsystem als erfassende Einheit

betrachtet wurde. Dies ist gestattet, da alle Kameras (durch Datenaustausch) gemeinsam eine eindeutige Reaktion des Gesamtsystems (d. h. ggf. ein Abschaltsignal) erzeugen oder jede Kamera für sich (ohne Priorisierung einzelner Kameras) in der Lage ist, ein Abschaltsignal zu senden.

7. Ergebnisse

7.1. Anforderungen und Wirksamkeit der Vogelerkennung

7.1.1. Gesamtrate

Die Ergebnisse zur Gesamtrate des Rotmilans sind in Abbildung 21 gezeigt. Untersucht wurden drei leicht unterschiedliche ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite. Die Mittelwerte liegen bei 85 bis 87 % und die unteren Grenzen der Konfidenzintervalle bei 75 bis 79 % und letztere somit deutlich über dem im LfU-AKS-Prüfrahmen geforderten 70 %.

Es ist gefordert, dass die LRF-basierten Erfassungen an mindestens zwei verschiedenen Standorten durchgeführt werden, um die Robustheit der Ergebnisse bzw. deren Übertragbarkeit beurteilen zu können (MEKUN 2024). Das AVES WIND ONSHORE System wurde an insgesamt fünf unterschiedlichen Standorten getestet und ausgewertet (siehe Kapitel 5.). Wird mittels geeigneter Regressionsmethoden (s. u.) ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) in den Gesamtraten beider beprobter Standorte ermittelt, so muss dieser Unterschied hinreichend vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Einflussfaktoren beider Standorte plausibilisiert und im Kontext der Übertragbarkeit diskutiert werden (MEKUN 2024). Die erhobenen Daten des AVES WIND ONSHORE Systems wurde an allen untersuchten Erfassungsbereichen mittels logistischen GLMM-Regressionen untersucht, ob es signifikante Unterschiede in den Gesamtraten zwischen den unterschiedlichen untersuchten Gebieten gibt. Dies ist nicht der Fall, alle p-Werte sind größer-gleich 0,2 und somit in hohem Maße nicht-signifikant.

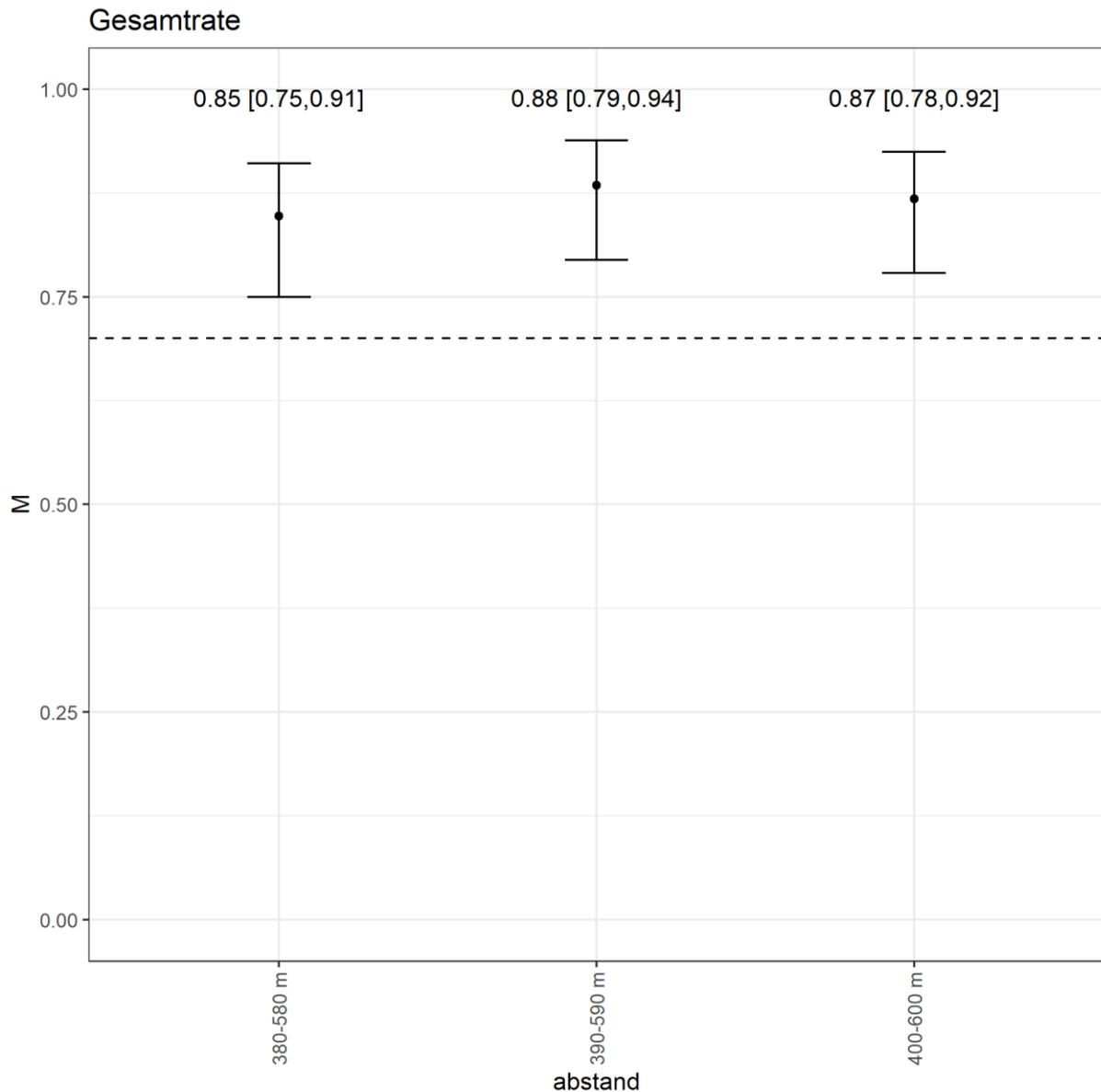


Abbildung 21: Statistische Ergebnisse zur Gesamtrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle.

7.1.2. Erfassungsrate

Die Erfassungsrate wird in dem Fachkonventionsvorschlag „Prüfrahmen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) nicht explizit einzeln gefordert, sondern ist vielmehr zusammen mit der Erkennungsrate (Kapitel 2.) in der Gesamtrate implementiert. Für ein besseres Verständnis ist die Darstellung dieser Rate allerdings sinnvoll. Die Ergebnisse zur Erfassungsrate für den Rotmilan werden in Abbildung 22 gezeigt. Untersucht wurden drei leicht unterschiedliche ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite. In allen Fällen liegt der Mittelwert bei 95-97 % und damit deutlich über den in der KNE-Checkliste geforderten 75 % (KNE 2021).

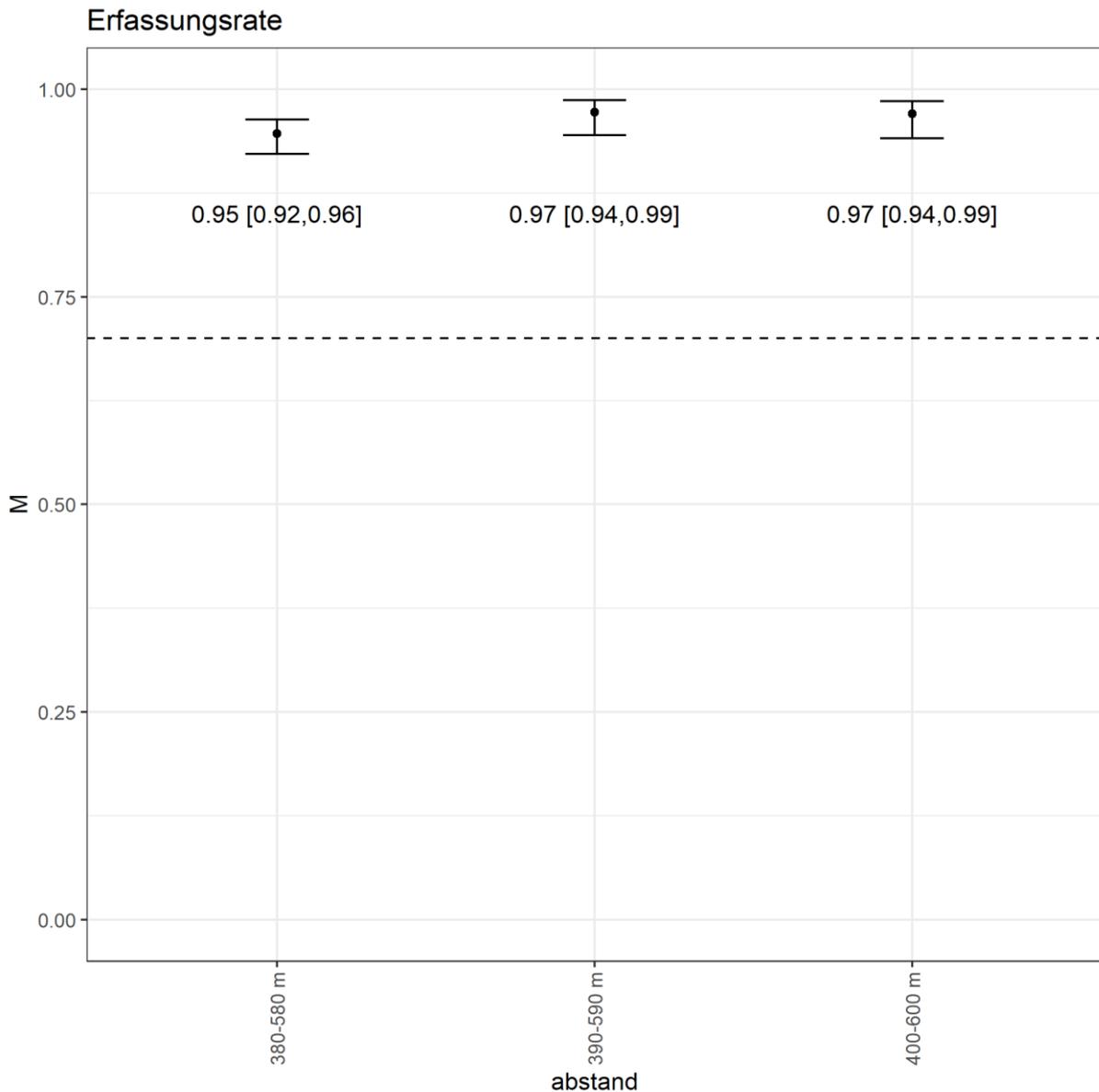


Abbildung 22: Statistische Ergebnisse zur Erfassungsrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle.

7.1.3. Erkennungsrate

Die Erkennungsrate wird, wie die Erfassungsrate (Kapitel 2.), in dem Fachkonventionsvorschlag „Prüfrahmen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) nicht explizit gefordert, ist für das bessere Verständnis an dieser Stelle aber trotzdem aufgeführt (Abbildung 23). Es erfolgt eine Darstellung an Anlehnung an die geforderten Werte der KNE-Checkliste (KNE 2021). Die Ergebnisse zur Erkennungsrate des Rotmilans sind in Abbildung 23 gezeigt. Untersucht wurden wieder drei leicht unterschiedliche ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite. Die Mittelwerte liegen bei 87-98 % und damit deutlich über dem in der KNE-Checkliste geforderten Mindestwert von 75 % und nahe an bzw. über dem dort gewünschten Wert von (mindestes) 90 %. Anhand dieser

Datenauswertung in den unterschiedlichen Entfernungen wird ersichtlich, dass sich das AVES WIND ONSHORE System auf größere Entfernungen spezialisiert hat. Bis 600 m Entfernung zeigt das System eine sehr hohe Erkennungsrate von 98 % auf.

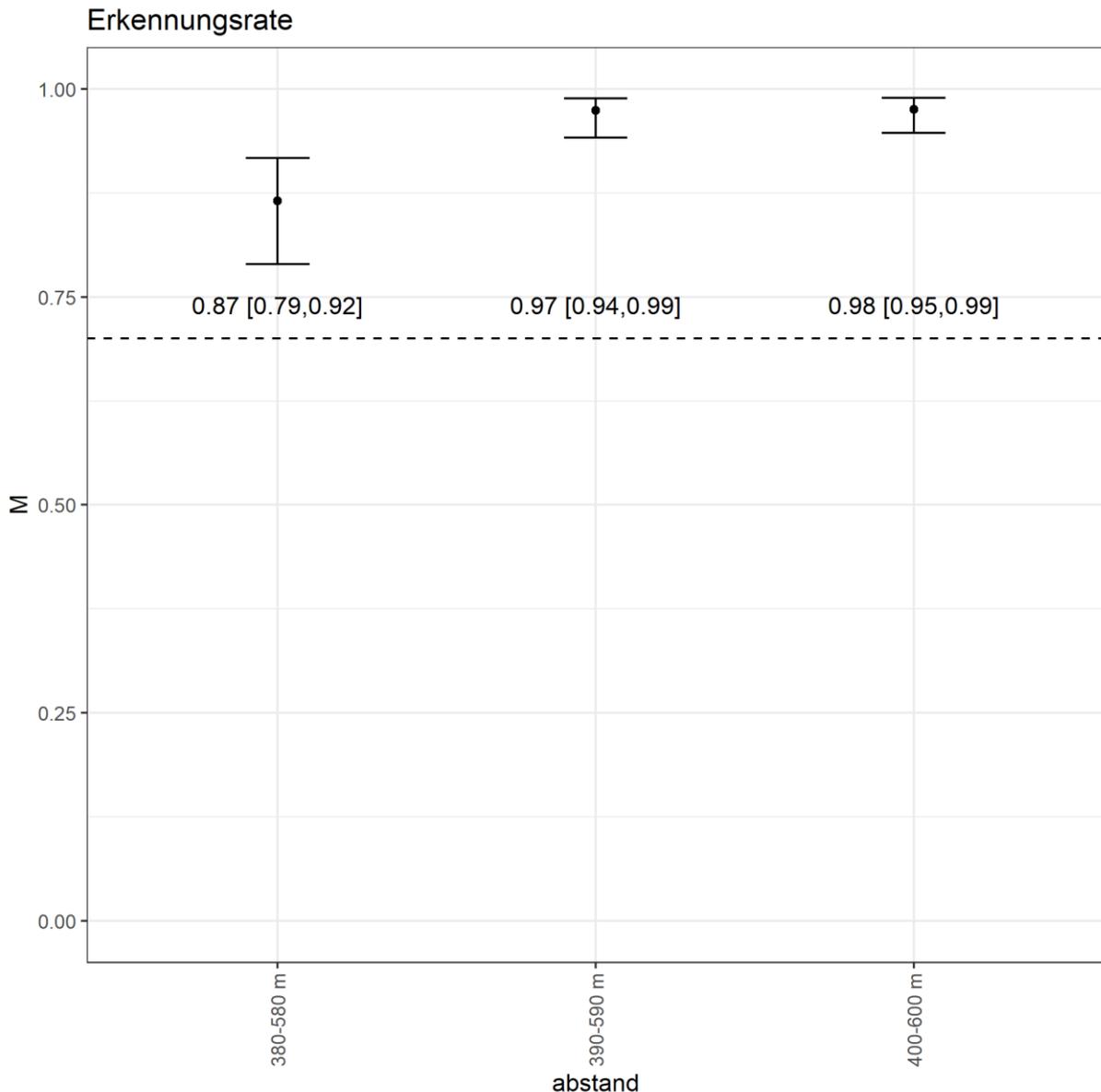


Abbildung 23: Statistische Ergebnisse zur Erkennungsrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle.

7.1.4. Abdeckungsrate

Für den Testablauf der Validierung wurden in einem Windpark an zwei Nordex N149 WEA insgesamt vier Kameras installiert (siehe Kapitel 5.2.). Der Sichtbereich wurde so gewählt, dass eine vermehrte Rotmilanaktivität aufgrund des hohen Grünlandanteils zu erwarten ist.

Ein vollständiges AVES-WIND ONSHORE System würde die meisten äußeren WEAs eines WPs mit Kameras ausstatten, so dass sich eine 360° Rundumsicht ergibt. Exemplarisch wurde hier nur ein Teil des WPs so ausgestattet, als wären diese beiden WEAs am östlichen Rand eines größeren Windparks.

Anhand der Abbildung 18 und 19 in Kapitel 5.2. wird ersichtlich, dass im Bereich der Sichtkegel der vier installierten AVES-Systeme keine nennenswerten Sichtbarrieren liegen. Die Knickstrukturen liegen unterhalb der Höhe der angebrachten Kameras und die Wälder liegen in einem ausreichend großen Abstand, so dass die Kameras über diese Strukturen hinwegsehen.

7.2. Zeitliche Verfügbarkeit

Um ein ausreichend hohes Schutzniveau zu erreichen ist eine zeitliche Verfügbarkeit von 95 bis 98 % zu erzielen. Bei der Validierung des AVES WIND ONSHORE Systems war dies gegeben.

7.3. Einfluss- und Auswirkungsprognose

Die Einfluss- und Auswirkungsanalyse hat zum Ziel, die Auswirkungen und Fehler aufzudecken, welche zu einer Beeinträchtigung der Funktion des AKS als Sicherheitsfunktion für den Vogelschutz führen können (Tabelle 2). Die grundsätzliche Produktsicherheit wird an dieser Stelle nicht behandelt, diese ist Teil der CE-Konformitätserklärung, welche für das Inverkehrbringen Voraussetzung ist (MEKUN 2024). Bei der vorliegenden Einflussanalyse des AVES WIND ONSHORE Systems wurden alle denkbaren worst-case Annahmen für das System dargestellt. Es werden grob zwei Hauptkategorien unterschieden, die Risikoanalyse der Wetterbedingungen auf das System und andere äußere Bedingungen. Für das AVES WIND ONSHORE System stellen die unterschiedlichen Wetterbedingungen keine unüberwindbaren Systemausfälle dar, es wird für jede Wettersituation eine Herangehensweise für die erfolgreiche Funktion des Systems bereitgestellt (Tabelle 2). Da alle eingesetzten Kamerasysteme dieselbe Hard- und Software haben und diese untereinander kommunizieren, kann immer auf ein weiteres bzw. anderes System zugegriffen werden. Auch für die zweite Kategorie, andere äußere Bedingungen bietet das AVES WIND ONSHORE unterschiedliche Lösungsvorschläge an. Durch das sehr flexible Design des Systems kann immer projektspezifisch reagiert werden, indem z.B. die Kameras in unterschiedlichen Höhen angebracht werden oder in unterschiedlicher Anzahl.

Tabelle 2: Risikoanalyse der möglichen Auswirkungen äußerer Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des AVES WIND ONSHORE-Kamerasystems

| | Möglicher Einfluss auf Funktion des Kamerasystems | Worst Case Annahme | Folge für Detektion (Worst Case) | Gezielter Test möglich | Lösungsmöglichkeit |
|-------------------|---|--|--|---|---|
| Wetterbedingungen | Allgemeine Strahlungsintensität (Helligkeit, Dämmerung, Dunkelheit) | Niedrige Intensität führt zu Unterbelichtung (kein Kontrast), durch zu lange Belichtungszeit evtl. auch Bildrauschen | Falsch-Positives und Falsch-Negatives. | Dämmerung/Dunkelheit Simulation mit Drohne | IR-Schweinwerfer |
| | | Hohe Intensität führt zur Überbelichtung (Verblendung) | Falsch-Negatives | Simulation mit Drohne | Bessere Einstellung der Belichtungsautomatik |
| | Nebel | Sichtbehinderung | Detektionsschwierigkeiten | Bei Nebel testen | Abschaltung der WEA, wenn keine Detektion aufgrund der geringen Sicht möglich ist und die entsprechende WEA nicht rechtzeitig in den Trudelmodus versetzt werden kann. |
| | Niederschlag (Regen, Schnee, Hagel etc.) | Sichtbehinderung | Detektionsschwierigkeiten | Bei Niederschlag testen | Scheibenwischer |
| | Temperatur | Hohe Temperatur - Hitzeflimmern | Eingeschränkte Detektion | Testen, wenn Bedingungen vorliegen. | Automatische Heizung vorhanden, Kühlsystem wenn erforderlich nachrüstbar, Rechner sind ausgestattet mit Lüfter. Zusätzliche offizielle Dichtungsringe für die Kamera verhindern das |
| | | Hohe Temperatur - Systemausfall | Keine Detektion | | |
| | | Niedrige Temperatur beschlagene Linse | Eingeschränkte Detektion | | |
| | | Niedrige Temperatur führt zum Einfrieren der beweglichen Elemente | Detektion weiter möglich, jedoch kein Schwenken mehr | | |

| | Möglicher Einfluss auf Funktion des Kamerasystems | Worst Case Annahme | Folge für Detektion (Worst Case) | Gezielter Test möglich | Lösungsmöglichkeit |
|---------------------------|---|------------------------------------|--|---|--|
| | | | | | Einfrieren der Mechanik. |
| | Reflexionen | Durch Eis, Scheiben, Gewässer etc. | Eingeschränkte Detektion im betroffenen Bereich, Falsch-Negatives und Falsch-Positives möglich | Testen, wenn Bedingungen vorliegen. | Bessere Einstellung der Belichtungsautomatik. |
| Andere äußere Bedingungen | Starke Verschmutzung der Linsen (staub, Vogelkot, Kalkflecken, Partikel etc.) | Verschmutzung | Eingeschränkte Detektion der betroffenen Kamera | Nicht erforderlich | Reinigungssystem für Kamera verfügbar. |
| | Mehrere bewegte Objekte gleichzeitig | Überforderung des Systems | Eingeschränkte Detektion | Testen, wenn z.B. Mahdereignisse viele Zielarten anlocken | Zusätzlicher Einsatz feststehender Kameras oder weiterer PTZ-Kameras, die beim Schwenken einer Kamera ihren Sektor weiter im Überblick behalten. Grundsätzlich kann jede Kamera bis zu 256 Ziele gleichzeitig detektieren. Nur das Zoomen und Schwenken führt zu einem temporären Verlust der umliegenden Detektionen. |
| | Landschaftselemente/ Veränderungen in Vegetation | Sichtverschattung | Eingeschränkte Detektion der betroffenen Kamera | Projekt-spezifisch, nicht erforderlich. | Soweit möglich, Kamera an anderer Stelle der WEA und insbesondere weiter oben, jedoch möglichst unterhalb des unteren |

| | Möglicher Einfluss auf Funktion des Kamerasystems | Worst Case Annahme | Folge für Detektion (Worst Case) | Gezielter Test möglich | Lösungsmöglichkeit |
|--|---|---|--|-------------------------|--|
| | | | | | Rotordurchgangs anbringen. |
| | Starkes Verkehrsaufkommen, Bewirtschaftung mit schweren Maschinen, starker Wind | Vibration, Schwingungsübertragung auf das Kamerasystem | Eingeschränkte Detektion, unscharfe Bilder | Testen unter Vibration. | KI funktioniert auch bei verwackelten Bildern, Ausweichen auf eine andere Kamera, Standort des Kamerasystems beachten. |
| | Nähe zu Umspannwerk, Transformator, Hochspannungsgleitung, Richtfunktrasse | Keine negativen Auswirkungen zu erwarten, da eigener Lichtwellenleiter oder das Netz des WPs zur Kommunikation eingesetzt werden und die PC-Systeme und Kameras vorschriftsmäßig gegen solche Einflüsse geschützt sind. | | Nicht erforderlich. | Nicht erforderlich. |
| | Stromausfall | Systemausfall | Systemausfall | Im WP Timmaspegetestet | Batterie |

7.2. Entwicklung

7.2.1. Softwareentwicklung

Die Softwareentwicklung folgt einem definierten Prozess, wobei die einzelnen Prozessschritte durch geeignete Funktionstests verifiziert worden sind, um sicherzustellen, dass die eingesetzte Software das Ziel der Sicherheitsfunktion (Senkung des Kollisionsrisikos der Zielvogelart) erfüllt und systematische Fehler vermieden werden.

Ein Beispiel eines Prozesses zur Softwareentwicklung ist das V-Modell (beschrieben z.B. in DIN EN ISO 13849-1).

Das AVES WIND ONSHORE System arbeitet mit einem verständlichen und nachvollziehbaren Verfahren, es ist allerdings durch das Einsetzen einer KI nicht jeder Entscheidungsbaum direkt nachvollziehbar. Im Rahmen der Softwareentwicklung wurden die möglichen Einflüsse auf die

Funktionsfähigkeit des AVES WIND ONSHORE Systems getestet und mögliche Gegenmaßnahmen erarbeitet.

Die Software-Spezifikation und die einzelnen Entwicklungsschritte inklusive der Ergebnisse der Tests zur Verifizierung des jeweiligen Entwicklungsschritts wurden intern dokumentiert. Die Dokumentation sowie das Dokumenten- und das Qualitätsmanagement folgen einem einheitlichen Konzept, welcher sich an Vorgaben der DIN EN 61508 anlehnt.

7.2.2. Hardwareentwicklung

Die Hardwareentwicklung folgt, wie die Softwareentwicklung, einem definierten Prozess, welcher schon in der Entwicklungsphase den kompletten Lebenszyklus der Sicherheitsfunktion berücksichtigt. Die einzelnen Entwicklungsschritte wurden durch geeignete Funktionstests verifiziert, um sicherzustellen, dass die eingesetzte Hardware das Ziel der Sicherheitsfunktion (Senkung des Kollisionsrisikos der Zielvogelart) erfüllt und systematische Fehler vermieden werden.

Die Hardwarearchitektur wurde so gewählt, dass die geforderte Zuverlässigkeit der Sicherheitsfunktion gewährleistet ist.

Die technische Verfügbarkeit des AVES WIND ONSHORE Systems ist protokolliert und nachvollziehbar. Die Schnittstelle zwischen AVES WIND ONSHORE und der entsprechenden WEA ist definiert.

Die Einbindung in die WEA-Steuerung wird für die jeweiligen WEA-Typen, projektspezifisch durch eine unabhängige Stelle bewertet, sodass sichergestellt ist, dass die Signale des AVES WIND ONSHORE System zu den erforderlichen Reaktionen der WEA führen.

Im Rahmen der Hardwareentwicklung wurden mögliche Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des AVES WIND ONSHORE Systems als Sicherheitsfunktion identifiziert und mögliche Gegenmaßnahmen entwickelt. Die Einflüsse und Maßnahmen wurden im Rahmen der Systemvalidierung untersucht. Systematische Ausfälle wie Stromausfall oder das Abschalten einzelner WEA wurde in der Validierung berücksichtigt.

Die Hardware-Spezifikation und die einzelnen Entwicklungsschritte inklusive der Ergebnisse der Tests zur Verifizierung des jeweiligen Entwicklungsschritts wurden intern dokumentiert. Die Dokumentation sowie das Dokumenten- und das Qualitätsmanagement sind in Anlehnung an die Vorgaben der DIN EN 61508.

7.3. Betriebsphase

Es wird durch eine CE-Zertifizierung des AVES WIND ONSHORE Systems die sichere Inbetriebnahme und der Dauerbetrieb gewährleistet, wobei die Anforderungen des aktuellen Produktsicherheitsgesetzes Beachtung finden. Die entsprechenden Nachweise sind im Anhang zu finden. Dazu gehören die CE-Konformitätserklärung und der Nachweis für die ISO9001-Zertifizierung.

Alle weiteren Details zur Inbetriebnahme, Dauerbetrieb und Wartung/ Instandhaltung werden in der obligatorisch mitgelieferten Betriebsanleitung beschrieben.

7.4. Datenschutz und Datensicherheit

Es wurde sichergestellt, dass die Anforderungen der DSGVO zum Schutz personenbezogener Daten eingehalten wurden.

Die Zugangsrechte zu den erhobenen Daten sind klar geregelt und dokumentiert. Es wurden Maßnahmen zur Verhinderung von Fremdzugriff auf das AVES WIND ONSHORE System und die erhobenen Daten getroffen. Ein Fremdzugriff auf die WEA-Steuerung über die Schnittstelle zwischen WEA und dem AVES WIND ONSHORE System ist ausgeschlossen.

"Weitere technische Details zu Hardware, eine Beschreibung der Software, die Bedienungsanleitung des Systems sowie Informationen zu Wartung und Instandhaltung, können der von Protecbird mitgelieferten Dokumentation für AVES WIND ONSHORE entnommen werden."

8. Fazit

8.1 Zusammenfassende Beurteilung und Anmerkungen

Das AVES WIND ONSHORE System erreicht mit allen aus dem Fachkonventionsvorschlag, Prüfraahmen für Antikollisionssysteme (MEKUN 2024) geforderten Vorgaben den Nachweis der Wirksamkeit für den Rotmilan.

Die statistischen Analysen (Bionum GmbH 2023) der empirischen Daten des AVES WIND ONSHORE Systems zeigen, dass für den Rotmilan, sowohl die Anforderungen aus dem Fachkonventionsvorschlag „Prüfraahmen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024), als auch die Vorgaben aus der KNE-Checkliste (KNE 2021) erfüllt sind. Aus artenschutzrechtlicher Sicht ist das AVES WIND ONSHORE System als geeignete Schutzmaßnahme für den Rotmilan einsetzbar. Es gewährleistet, dass die Art in einer ausreichenden Entfernung erkannt wird und bei der betroffene WEA der Trudelmodus ausgelöst wird, um so das signifikant erhöhte Tötungsrisiko für die Zielart Rotmilan zu minimieren. Es vermeidet somit gemäß § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG den Verstoß gegen das Tötungsverbot des § 44 Abs. 1 Nr.1 BNatSchG und ist somit für den Einsatz an Windenergieanlage zur Beschleunigung des Ausbaus der Windenergie nach §6 des WindBG uneingeschränkt einsetzbar.

Es wurde für den Rotmilan der folgende projektspezifische Reaktionsradius berechnet:

Rotmilan: ***rReaktion***= 385 m,

Für die Analysen wurde ein Erfassungsbereich gewählt, der den Reaktionsbereich ringförmig umläuft (vgl. MEKUN 2024). Zwecks besserer Übertragbarkeit auf verschiedene mögliche Situationen in Genehmigungsverfahren wurden hier Ringe/Tori verschiedener Ausdehnungen untersucht.

Erfassungs-, Erkennungs- und Gesamtraten wurden, wie im Fachkonventionsvorschlag AKS-Prüfrahmen spezifiziert und mit geeigneten Regressionsmodellen analysiert; sie (bzw. deren Konfidenzintervalle) liegen für den o.g. Reaktionsbereich in allen Fällen über den im Fachkonventionsvorschlag AKS-Prüfrahmen und in der KNE-Checkliste geforderten Mindestwerten. Zudem wurde untersucht, ob sich die Gesamtrate signifikant zwischen den unterschiedlichen Erfassungsgebieten unterscheidet, was in hohem Maße nicht der Fall ist (in allen Fällen $p > 0,2$, also nicht signifikant).

Datenmanipulationen werden ausgeschlossen, indem die LRF-Daten von Bioplan und die AVES-System-Logfiles unabhängig voneinander an das statistische Büro Bionum nach Hamburg versendet und ausgewertet worden sind.

Zusammenfassend kann geschlussfolgert werden, dass das AVES WIND ONSHORE System den Rotmilan hinsichtlich der Vorgaben des Fachkonventionsvorschlages (MEKUN 2024) und der KNE-Checkliste ausreichend erfasst und erkennt und so das Kollisionsrisiko für diese Zielart minimiert. Die Artenschutzanforderungen bzw. die Schutzwirkung für den Rotmilan sind durch das AVES WIND ONSHORE System in vollem Umfang erfüllt.

Das AVES WIND ONSHORE System ist als Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001:2015 anerkannt. Das dazugehörige Zertifikat und das Nutzungsrecht am nachfolgenden Logo sind im Anhang zu finden.



Literatur

- BENJAMIN M., B., MOLLIE E., B., CONNIE J., C., SHANE W., G., M. HENRY H., S., & JADA-SIMONE S., W. (2008). Generalized linear mixed models: A practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(3), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Bionum GmbH (2024): Statistische Begutachtung des Antikollisionssystem „AVES-Wind Onshore“ vor dem Hintergrund LfU- des AKS Prüfrahmens und in Anlehnung an die „KNE-Checkliste“.
- BNatSchG - Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) vom 25.03.2002. in: *Naturschutzrecht*, 9. Auflage 2002. München: Beck. [Beck-Texte im dtv].
- BRUNS, E., SCHUSTER, E., STREIFFELER, J. (2021): Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen. *BfN-Skripten 610*. BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). 57 S
- BUNDESVERBAND WINDENERGIE 2022 (BWE): <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/>
- EEG 2023: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/novelle-ee-gesetz-2023-2023972>
- Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2012). *Discovering statistics using R*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/Added>
- KNE (2019): Anforderungsprofil „Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen“.
- KNE (2021): Anfrage Nr. 323 zur Anerkennung von Antikollisionssystemen. Antwort vom 12. Oktober 2021.
- KNE (Hrsg.) (2021): Anforderungen an Antikollisionssysteme zum Schutz von Vögeln an Windenergieanlagen – Checkliste für eine qualifizierte Entscheidung über die Anwendbarkeit von Antikollisionssystemen, (Hrsg. KNE). S: 14.
- Korner-Nievergelt, F., Roth, T., von Felten, S., Guelat, J., Almasi, B., & Korner-Nievergelt, P. (2015). *Bayesian Data Analysis in Ecology Using Linear Models with R, BUGS, and Stan*. Elsevier, London. <https://doi.org/Added>
- Langemach, T., Dürr, T. Landesamt für Umwelt Brandenburg, Staatliche Schutzwarte (2023). Informationen über Einflüsse der Windenergie auf Vögel.
- Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein - MEKUN (2024): Fachkonventionsvorschlag „Prüfrahmens für Antikollisionssysteme“ (Prüfrahmens AKS) - Vollzugshilfe für die Bewertung als fachlich anerkannte Schutzmaßnahme.
- Pinheiro, J. C., & Bates, D. M. (2000). *Mixed-effect models in S and S-Plus*. New York: Springer Verlag. <https://doi.org/Added>

- RYSLAVY, T., H.-G. BAUER, B. GERLACH, O. HÜPPOP, J. STAHRER, P. SÜDBECK & C. SUDFELDT (2020): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 6 Fassung. –Ber. Vogelschutz 57: 13-112.
- Schmid, H. Volet, B.: Winterbestand des Rotmilans in der Schweiz. In: Der Ornithologische Beobachter. 101 (2004), S7.
- Stuart H., H. (1984). Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. Ecological Monographs, 54(2), 187–211. <https://doi.org/Added>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). Mixed Effect Models and Extensions in Ecology with R. Springer Science+Business Media, LLC, New York. <https://doi.org/Added>
- Zuur, A., Ieno, E., & Smith, G. M. (2007). Analysing Ecological Data. Springer Science+Business Media, LLC. <https://doi.org/Added>

Anhang:

Abkürzungsverzeichnis und Fachwortverzeichnis, Begriff (teilweise übernommen aus dem MEKUN 2024)

Zertifikat: Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001:2015

Nutzungsrecht am Kundenlogo der ICG Zertifizierung GmbH

Abkürzungsverzeichnis und Fachwortverzeichnis, Begriff (teilweise übernommen aus dem MEKUN 2024)

Antikollisionssystem (AKS) = Systeme, die in der Lage sind am WEA-Standort bestimmte Zielvogelarten, insbesondere Groß- und Greifvögel, in Echtzeit automatisch zu erkennen und beim Eintritt des Vogels in den Gefahrenbereich den Betrieb der jeweiligen WEA abzuregeln.

Abdeckungsrate: Ermittelte Rate, mit welcher der 3D-Raum des Erfassungsbereichs vom AKS hinsichtlich kollisionsgefährdeter Flugbewegungen überwacht werden kann. Hier werden bspw. standortspezifische Charakteristika (z. B. Sichtbarrieren oder Verpixelung aus Datenschutzgründen) oder generelle technische Einschränkungen des Systems (z. B. Einschränkungen des Ausrichtungswinkels) quantifiziert.

Befähigte Person: Eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, Berufserfahrung und derzeitige Berufstätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung eines konkreten Sachverhalts verfügt.

Erfassungsbereich: Definiert den 3D-Raum, auf den sich die artspezifische empirische Validierung des AKS bezieht. Der Erfassungsbereich sollte so definiert sein, dass er insbesondere die Randbereiche des Reaktionsbereichs ausreichend abdeckt.

Erfassungsrage: Die mittlere (artspezifische) empirisch ermittelte Rate, mit der das AKS-Zielvogelarten erfasst. Die Erfassungsrage bezieht sich auf einen Erfassungsbereich. Als Basis zur empirischen Ermittlung der Erfassungsrage dienen sämtliche im Erfassungsbereich aufgenommenen Punkte kollisionsgefährdeter Flüge der jeweiligen Zielart.

Erkennungsrage: Die mittlere (artspezifische) empirisch ermittelte Rate, mit der das AKS eine bereits erfasste Zielvogelart (vgl. Erfassungsrage) korrekt hinsichtlich der Art oder Größenklasse zuordnet. Die Erkennungsrage bezieht sich auf einen Erfassungsbereich. Die Erkennungsrage beschreibt somit den prozentualen Anteil der vom AKS korrekt klassifizierten Flüge gemessen an der Menge aller im Erfassungsbereich vom AKS erfassten Flüge von Zielvogelarten.

Fluggeschwindigkeit: Die empirisch ermittelte artspezifische horizontale und vertikale Fluggeschwindigkeit von Zielvogelarten für die Berechnung des Reaktionsbereichs/Reaktionsradius.

Gesamtrate: Die artspezifische kombinierte Erfassungs- und Erkennungsrage, mit der das AKS eine Zielvogelart erfasst und korrekt hinsichtlich der Art zuordnet. Die Gesamtrate bezieht sich i. d. R. auf einen Erfassungsbereich. Die Gesamtrate beschreibt somit den prozentualen Anteil der vom AKS erfassten und hinsichtlich der Art korrekt klassifizierten Flüge, verglichen zur Menge aller in Feldexperimenten erfassten Flüge von Zielvogelarten im Erfassungsbereich. Damit handelt es sich um diejenige Rate, die naturschutzfachlich von größtem Interesse ist, da sie alle kombinierten Effekte von Abdeckung, Erfassung und Erkennung widerspiegelt.

Konfidenzintervall: Konfidenzintervalle geben einen Zahlenbereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit liegt. Je größer die zugrundeliegende Stichprobe ist, desto kleiner ist das Konfidenzintervall, denn desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der empirische Mittelwert dicht an dem wahren Mittelwert liegt.

Künstliche Intelligenz (KI): Computerprogramme und Systeme, die menschenähnliche Denk- und Lernprozesse simulieren, um Aufgaben zu automatisieren und Vorhersagen aus Daten zu treffen.

Laser-Rangefinder (LRF): Technisches Gerät zur Bestimmung der 3D-Position eines fliegenden Vogels zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Mehrkamerasystem: Ein AKS kann aus mehreren Kameras bestehen, die in Kombination zum Einsatz kommen sollen und dabei u. U. untereinander kommunizieren können.

Mittlere Raten: Die empirische Ermittlung der verschiedenen Raten (Erfassungsrate, Erkennungsrate, Gesamtrate) basiert im Kern darauf, dass die Ergebnisse vieler einzelner Messungen gemittelt werden. Diese empirischen Mittelwerte können daher auch als "mittlere Raten" bezeichnet werden; so bezeichnet bspw. die "mittlere Gesamtrate" den empirischen Mittelwert der Gesamtrate über die Menge der Einzelmessungen. Aufgrund komplexer Datenstrukturen werden diese Mittelwerte i. d. R. mit geeigneten Regressionsmethoden bestimmt, die nicht nur den Mittelwert (also die mittlere Rate) berechnen, sondern auch eine Schätzung der damit assoziierten Unsicherheiten liefern können. Letztere werden in Form von Konfidenzintervallen berechnet.

PTZ-Kamera: Pant-Tilt-Zoom Kamera, die um zwei Achsen schwenken und das Bild heranzoomen kann.

Reaktionsbereich: Zylinder um die WEA mit dem Reaktionsradius als Radius und einer Höhe, die sich an den Rotordurchläufen im Zusammenspiel mit vertikalen Fluggeschwindigkeiten orientiert.

Reaktionsradius: Rechnerisch ermittelter (art- und WEA-spezifischer) Radius in der Ebene, bis zu dem eine Zielvogelart vom AKS spätestens erfasst und klassifiziert worden sein muss, um eine rechtzeitige Abschaltung zu gewährleisten.

Referenzdaten: Im Kontext der Validierung von AKS mittels LRF erfasste, räumlich-zeitliche Vogelpositionen (nebst Artbestimmung) im Erfassungsbereich.

Relativer örtlicher Messfehler: Die Messungengenauigkeit des AKS bzgl. der Vogelposition in der 2D-Ebene. Diese wird relativ zur Entfernung bestimmt, ergibt sich also aus dem absoluten Fehler (z. B. in Metern Abweichung) geteilt durch die Distanz zwischen Zielvogel und AKS.

Trudelbetrieb: Kollisionsrisikomindernder Modus einer WEA, in dem die Rotorblätter aus dem Wind gedreht sind und eine aktive Windnachführung der Rotorgondel vorgenommen wird. Die Rotorblattspitzengeschwindigkeit ist im Vergleich zum normalen Betrieb deutlich reduziert.

Unabhängige Stelle: Eine unabhängige technische Prüforganisation, die über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung eines konkreten Sachverhalts verfügt. Sie steht in keinem Abhängigkeitsverhältnis, durch das ihre Tätigkeit beeinflusst werden könnte (z. B. Angestelltenverhältnis zu Herstellern oder Betreibern).

WEA: Windenergieanlage.

Zielvogelart: Vogelart, für die die Wirksamkeit des AKS empirisch belastbar überprüft werden soll, im vorliegenden Fall Rotmilan.

Managementsystem

in Übereinstimmung mit dem Standard
DIN EN ISO 9001:2015

Es wird bescheinigt, dass die Organisation

ProTecBird GmbH
Brinckmannstraße 31
25813 Husum

ein Managementsystem für die nachstehend gelisteten Standorte für den folgenden Geltungsbereich unter Berücksichtigung des IAF MD 1 anwendet:

Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von KI-basierten Systemen zum Schutz und zur Vergrämung von Vögeln

Das Zertifikat besteht aus 2 Seiten.

Zertifikat-Registrier-Nr.: 220906Q

Zertifizierungsentscheidung am: 24.05.2023

Zertifizierungszeitraum: 24.05.2023 – 23.05.2026

Letzte Änderung: 15.04.2024



Zertifizierungsstelle
Chemnitz, den 15.04.2024



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-ZM-16001-01-00

Managementsystem

in Übereinstimmung mit dem Standard
DIN EN ISO 9001:2015

In das Managementsystem
eingeschlossene Standorte:

standortbezogener
Geltungsbereich:

ProTecBird GmbH
Brinckmannstraße 31
25813 Husum

Firmensitz

Gaswerkstraße 1
28832 Achim

Carsten-Dressler-Straße 19
28279 Bremen

Entwicklung, Herstellung und
Vertrieb von KI-basierten Systemen
zum Schutz und zur Vergrämung
von Vögeln

Zertifikat-Registrier-Nr.: 220906Q
Zertifizierungsentscheidung am: 24.05.2023
Zertifizierungszeitraum: 24.05.2023 – 23.05.2026
Letzte Änderung: 15.04.2024



Zertifizierungsstelle
Chemnitz, den 15.04.2024



Nutzungsrecht am Kundenlogo der ICG Zertifizierung GmbH

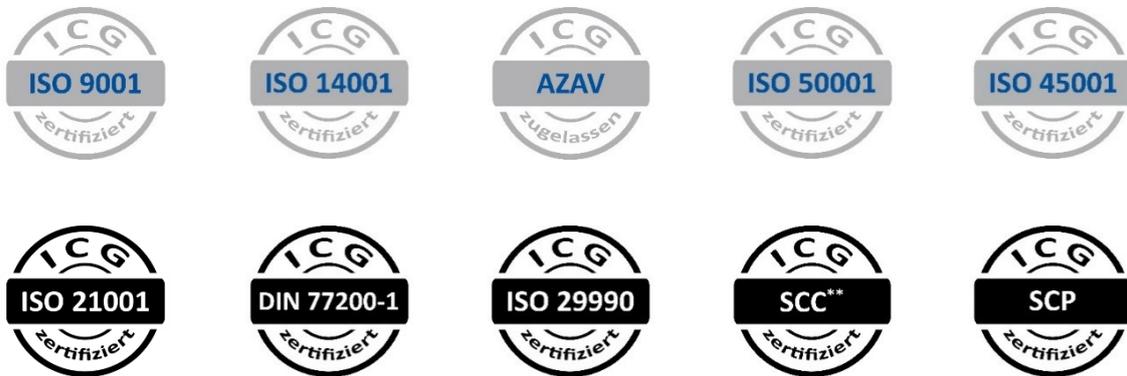


§ 1 Gegenstand der Vereinbarung

Gegenstand der Vereinbarung ist die Nutzung des ICG Kundenlogos durch den Nutzer für Werbezwecke auf Geschäftsbriefen u. ä. wie nachfolgend bildlich dargestellt.

Darüber hinaus gelten alle nachfolgenden Regelungen auch für schriftliche Hinweise auf das Bestehen einer Zertifizierung ohne Benutzung des ICG Kundenlogos.

Das jeweilig für Sie gültige ICG Kundenlogo erhalten Sie von der Geschäftsstelle per E-Mail jeweils in den Farbkombinationen blau-grau und schwarz-weiß und in verschiedenen Bildformaten. Es ist gestattet, die farbliche Gestaltung auf die Hausfarbe anzupassen. Hier einige Beispiele:



§ 2 Umfang des Nutzungsrechts

1. Voraussetzung für die Nutzung des ICG Kundenlogos sowie eines Hinweises auf die Zertifizierung ohne Kundenlogo ist die abgeschlossene Zertifizierung und die Erteilung des Zertifikats durch die ICG Zertifizierung GmbH beim Nutzer.
2. Die Nutzung des ICG Kundenlogos ist nur für das zertifizierte Unternehmen und für den in der gültigen Zertifizierungsurkunde genannten Geltungsbereich des Nutzers gestattet.
3. Spezielle Regelungen für die Nutzung der Logos:
 - Für zertifizierte Managementsysteme:
 - Das ICG Kundenlogo darf nur im Zusammenhang mit dem Firmennamen oder dem Firmenlogo des Nutzers benutzt werden. Eine Nutzung im Zusammenhang mit einem Produkt, seiner Umverpackung bzw. einer Dienstleistung ist nicht gestattet.

Dies bedeutet im Einzelnen:
 - Hinweise oder ICG Kundenlogo (mit und ohne Erklärungen wie „zertifiziertes Qualitätsmanagement-System nach...“) auf dem Produkt, dessen Verpackung, einem Behälter oder einem Prüf- und Analysebericht (bei Laboren etc.) sind nicht gestattet!
 - Hinweise oder ICG Kundenlogo in Briefbögen, Firmendokumenten, Werbemitteln sind gestattet unter der Voraussetzung, dass nicht der Eindruck eines zertifizierten Produktes oder einer zertifizierten Dienstleistung entsteht.
 - Für zertifizierte Produkte (AZAV-Maßnahmen / Sicherheitsdienstleistungen nach DIN 77200-1):
 - Das ICG Kundenlogo darf nur im Zusammenhang mit dem Firmennamen, dem Firmenlogo des Nutzers für die Geschäftsausstattung (Briefbögen, Firmendokumenten) sowie für Produkte und Dienstleistungen benutzt werden. Produkte und Dienstleistungen sind in diesem Zusammenhang zum Beispiel: Teilnahmebescheinigungen, Zeugnisse und Werbematerial.
4. Der Nutzer stellt die ICG Zertifizierung GmbH hiermit ausdrücklich von allen Ansprüchen Dritter frei, die nach der Produkthaftung und bei Werbebehauptungen an den Nutzer gestellt werden.
5. Die von der ICG Zertifizierung GmbH erteilte Genehmigung zur Nutzung des ICG Kundenlogos ist nicht übertragbar (z.B. bei Zusammenschluss mit anderen zertifizierten oder nicht zertifizierten Unternehmen, Aufspaltung in mehrere Unternehmen o. Ä.).

6. Das Zertifikat ist Eigentum der ICG. Bei Zurückziehung oder Einschränkung der Zertifizierung wird das Zertifikat ungültig und muss an die ICG zurückgegeben werden. Sollte der Auftraggeber Werbematerialien verwenden, die jeglichen Bezug auf die Zertifizierung beinhalten, so ist die Verwendung dieser Materialien ebenfalls sofort einzustellen.
7. Das DAKK-Logo, das IAF-Logo und das VAZ-SCC-Logo sind für die Nutzung durch Kunden nicht freigegeben.

§ 3 Gewährleistung

1. Die ICG Zertifizierung GmbH übernimmt keine Gewähr, wenn aufgrund der erteilten Zertifizierung und der Nutzungsgenehmigung der Eindruck bei Dritten entsteht, hierbei handele es sich um eine technische oder allgemeine Produkt- bzw. Verfahrensprüfung.
2. Die ICG Zertifizierung GmbH übernimmt keine Gewähr für die Rechtswirksamkeit und -beständigkeit der Vertragsschutzrechte sowie für Rechtsmängel.

§ 4 Beendigung des Nutzungsrechts

1. Das Recht des Nutzhnehmers, das ICG Kundenlogo zu nutzen oder Hinweise auf eine bestehende Zertifizierung zu veröffentlichen, wird sofort entzogen, wenn:
 - das Zertifikat des Nutzhnehmers ausgesetzt, eingeschränkt oder entzogen wird, siehe auch § 2 Nr. 6
 - das ICG Kundenlogo vertragswidrig vom Nutzhnehmer genutzt wird (dies schließt die inkorrekte Bezugnahme auf das zertifizierte System sowie die irreführende und mehrdeutige Verwendung des Logos ein),
 - der Nutzhnehmer die Gebühren entsprechend der gültigen Verträge nicht fristgemäß begleicht,
2. Der Nutzhnehmer verpflichtet sich hiermit, bei Entzug des Nutzungsrechts des ICG Kundenlogos sofort die Nutzung einzustellen.
3. Entstehen durch Zuwiderhandlungen des Nutzhnehmers der ICG Zertifizierung GmbH Nachteile, behält sie sich die Geltendmachung von Schadenersatzansprüchen vor.
4. Wird die Zertifizierung vor Ablauf des gültigen Zertifikates z. B. durch Kündigung oder Zertifikatstransfer beendet, verliert der Nutzhnehmer mit Wirksamwerden der Kündigung bzw. mit erfolgtem Zertifikatstransfer jedes Nutzungsrecht am ICG-Logo und an der Werbung mit einer Zertifizierung durch die ICG.

§ 5 Vergütung

Für die Erteilung der Nutzungsrechte des ICG Kundenlogos werden keine Gebühren erhoben.

§ 6 Vereinbarungsdauer

1. Diese Vereinbarung tritt nach erfolgreicher Zertifizierung durch die ICG Zertifizierung GmbH mit sofortiger Wirkung in Kraft. Sie gilt bis zur Beendigung des Vertragsverhältnisses zur ICG Zertifizierung GmbH.
2. Hiervon unberührt bleibt der Entzug der Nutzungsrechte aus den im § 4 (1) aufgeführten Gründen.

Chemnitz, 24.06.2022



Michael Piel
Geschäftsführer



Stefanie Lose
Leiterin der Zertifizierungsstelle