

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

Nachweis der Wirksamkeit und Beschreibung der Datenerhebung



Auftragnehmer:



Bioplan – Hammerich, Hinsch und Partner Part G  
Dorfstraße 27 a  
24625 Großharrie

Auftraggeber:



ProTecBird GmbH  
Brinckmannstraße 31  
25813 Husum

## Inhaltsverzeichnis

|      |                                                                                                       |                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1.   | Einleitung .....                                                                                      | 1                                         |
| 1.1. | Anlass und Aufgabenstellung .....                                                                     | 1                                         |
| 1.2. | Zielart Rotmilan .....                                                                                | 2                                         |
| 2.   | Prüfrahmen für Antikollisionssysteme nach MEKUN .....                                                 | 4                                         |
| 2.1. | Reaktionsbereich und Erfassungsbereich .....                                                          | 4                                         |
| 2.2. | Gesamtrate .....                                                                                      | 6                                         |
| 3.   | Feldversuche .....                                                                                    | 8                                         |
| 3.1. | Untersuchungsgebiete .....                                                                            | 8                                         |
| 3.2. | Ornithologische Direktbeobachtungen .....                                                             | 18                                        |
| 3.3. | AVES-Aufzeichnungen .....                                                                             | <b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b> |
| 4.   | Statistische Auswertung und Ergebnisse .....                                                          | 23                                        |
| 4.1. | Einfluss- und Auswirkungsprognose .....                                                               | 24                                        |
| 5.   | Fazit.....                                                                                            | 27                                        |
| 6.   | Literatur .....                                                                                       | 29                                        |
| 7.   | Anhang:.....                                                                                          | 30                                        |
|      | Abkürzungsverzeichnis und Fachwortverzeichnis, Begriff (teilweise übernommen aus dem MEKUN 2024)..... | 30                                        |
|      | Zertifikat: Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001:2015 .....           | 30                                        |
|      | Nutzungsrecht am Kundenlogo der ICG Zertifizierung GmbH .....                                         | 30                                        |

## Tabellenverzeichnis:

|                                                                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabelle 1: Übersicht der Erfassungsorte und -Tage.....</i>                                                                                         | <i>19</i> |
| <i>Tabelle 2: Risikoanalyse der möglichen Auswirkungen äußerer Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des AVES<br/>WIND ONSHORE-Kamerasystems .....</i> | <i>28</i> |

## Abbildungsverzeichnis:

|                                                                                                                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Abbildung 1: Ringförmiger Erfassungsbereich (grün) der den Reaktionsbereich (blau) umschließt (Abbildung<br/>unverändert aus MEKUN 2024).....</i>                                                                  | <i>4</i>  |
| <i>Abbildung 2: Lage der Testanlagen.....</i>                                                                                                                                                                         | <i>7</i>  |
| <i>Abbildung 3: Die beiden Testanlagen im Vordergrund und Bildrand rechts .....</i>                                                                                                                                   | <i>8</i>  |
| <i>Abbildung 4: PAN/TILT Funktion der Kameras .....</i>                                                                                                                                                               | <i>8</i>  |
| <i>Abbildung 5: Kamerasystem mit IR-Scheinwerfer hinter zweiter Glasabdeckung .....</i>                                                                                                                               | <i>9</i>  |
| <i>Abbildung 6: Kamerasysteme am Turm der WEA Gnutz-Timmaspe .....</i>                                                                                                                                                | <i>9</i>  |
| <i>Abbildung 7: Sichtkegel vertikal .....</i>                                                                                                                                                                         | <i>10</i> |
| <i>Abbildung 8: Zwei mal 30° Sichtkegel horizontal durch zwei Kameras an einer WEA .....</i>                                                                                                                          | <i>10</i> |
| <i>Abbildung 9: Luftraumüberwachung des Windparks.....</i>                                                                                                                                                            | <i>11</i> |
| <i>Abbildung 10: Zielvogel tritt in Kamerabereich ein .....</i>                                                                                                                                                       | <i>12</i> |
| <i>Abbildung 11: Zielvogelart erkannt.....</i>                                                                                                                                                                        | <i>13</i> |
| <i>Abbildung 12: Vogelschwarm, keine Zielvogelart (Nacht-KI).....</i>                                                                                                                                                 | <i>13</i> |
| <i>Abbildung 13: Verfolgung des Zielvogels durch zwei Kameras .....</i>                                                                                                                                               | <i>14</i> |
| <i>Abbildung 14: Auslösen des Trudelmodus an der betroffenen Anlage .....</i>                                                                                                                                         | <i>15</i> |
| <i>Abbildung 15: Zielvogel verlässt Gefahrenbereich .....</i>                                                                                                                                                         | <i>16</i> |
| <i>Abbildung 16: Verwendeter LRF Vectronix 21 Aero .....</i>                                                                                                                                                          | <i>17</i> |
| <i>Abbildung 17: Funktion des LRFs Vector 21 Aero .....</i>                                                                                                                                                           | <i>18</i> |
| <i>Abbildung 18: Ausrichtung der Sichtkegel der Kameras an den Testanlagen.....</i>                                                                                                                                   | <i>20</i> |
| <i>Abbildung 19: Pan-Winkel der eingesetzten Kameras .....</i>                                                                                                                                                        | <i>21</i> |
| <i>Abbildung 20: 1000m Kuppel Abdeckungsbereich jeder Kamera.....</i>                                                                                                                                                 | <i>21</i> |
| <i>Abbildung 21: Statistische Ergebnisse zur Gesamtrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-<br/>Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle. ....</i> | <i>23</i> |

## 1. Einleitung

Erneuerbare Energien sind 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 2024 betrug die installierte Leistung der Windenergieanlagen Onshore in Deutschland insgesamt 63.461 Megawatt (MW), verteilt auf 28.766 Anlagen. Die erzeugte Strommenge betrug 137,6 Terawattstunden (TWh), was einem Anteil von 33 % 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 (FA WIND UND SOLAR 2025).

### 1.1. Anlass und Aufgabenstellung

Wie alle Bauprojekte stellen auch Windenergieanlagen einen Eingriff in die Natur und Landschaft dar. 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 signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko besteht.

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.

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 abzuregeln. Durch gezielte Abschaltungen bzw. Verlangsamung der Rotordrehzahl bis in den sogenannten „Trudelmodus“ soll das Kollisionsrisiko mit den Rotorblättern unter die Signifikanzschwelle gebracht werden.

In § 45b BNatSchG werden Antikollisionssysteme als eine mögliche Schutzmaßnahme genannt, mit denen Kollisionsrisiken von Vögeln an Windenergieanlagen vermieden beziehungsweise gesenkt werden können. 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.

In der Anlage 1 Abschnitt 2 zu §45b BNatSchG wird das AKS als ein auf automatisierte Kamera- und / oder Radardetektion basierendes System beschrieben, das nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft und Technik nachweislich wirksam in der Lage sein muss, bei Annäherung der Zielart rechtzeitig bei Unterschreitung einer vorab artspezifisch festgelegten Entfernung zur WEA per Signal die Rotordrehgeschwindigkeit bis zum „Trudelbetrieb“ zu verringern.

Um die Wirksamkeit eines Systems zu belegen, wurden vom Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (KNE) die „Anforderungen an Antikollisionssysteme zum Schutz von Vögeln an Windenergieanlagen“ („Checkliste“, KNE 2021) herausgegeben. Im Jahr 2024 folgte der Fachkonventionsvorschlag „Prüfrahmen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) aus Schleswig-Holstein.

Die Wirksamkeit des AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystems soll nach den Kriterien des Prüfrahmens validiert werden. Der vorliegende Bericht beschreibt kurz die Zielart Rotmilan sowie die relevanten Anforderungen des Prüfrahmens (MEKUN 2024) um die Leistung dieses Systems bzgl. der automatischen Vogelerfassung und bedarfsgerechten Abschaltung zu ermitteln. Des Weiteren wird die Durchführung der Feldversuche zur Erhebung der für die Leistungsprüfung erforderlichen Daten beschrieben und der Bezug zwischen dem durch ein Büro für Biostatistik durchgeführten statistischen Ergebnisbericht (BIONUM GMBH 2024) und den artenschutzrechtlichen Anforderungen dargestellt.

## 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 niedrigen und langsamen Gleit- und Segelflug systematisch nach Beute absucht. 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.

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 (500 m), der zentrale Prüfbereich (1.200m) und der erweiterte Prüfbereich (3.500m). Liegt eine WEA in einer Entfernung zum Brutplatz innerhalb des Nahbereiches, ist das Tötungsrisiko signifikant erhöht.

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 BNatSchG). Diese Vermutung kann der Betreiber mittels Habitatpotentialanalyse widerlegen (§ 45b Abs. 3 Nr. 1 BNatSchG).

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 Ausweichnahrungshabitate oder artspezifische Abschaltungen festlegt (§ 45b Abs. 3 Nr. 2 BNatSchG).

## 2. Prüfraumen für Antikollisionssysteme nach MEKUN

Damit ein ausreichender Schutz kollisionsgefährdeter Vögel im Umfeld von WEA durch ein Antikollisionssystem gewährleistet ist, müssen einige grundlegende Anforderungen erfüllt sein. Diese Anforderungen wurden in dem Fachkonventionsvorschlag „Prüfraumen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) erarbeitet.

Im Folgenden werden die Anforderungen für die Überprüfung der Leistung dieses Systems bzgl. der automatischen Vogelerfassung und bedarfsgerechten Abschaltung kurz erläutert. Um die Wirksamkeit des AVES Wind Onshore AKS nachzuweisen, wurden die aus der Kamera automatisch erstellten Logfiles mit den LRF-Daten von unabhängigen Biologen (Bioplan) aus dem Feld getrennt voneinander zu einem Statistikbüro (Bionum) zum Abgleich und zur Auswertung übermittelt.

### 2.1. Reaktionsbereich und Erfassungsbereich

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

Der **Reaktionsbereich** ist ein rechnerisch ermittelter art- und WEA-spezifischer Radius um die WEA in der Ebene, innerhalb dessen eine Zielvogelart vom AKS erfasst und identifiziert werden muss, um eine rechtzeitige Abschaltung zu gewährleisten. Die Größe des Reaktionsbereiches orientiert sich u.a. an den horizontalen Fluggeschwindigkeiten und an den technischen Parametern der WEA (Definitionen leicht adaptiert aus MEKUN 2024).

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.

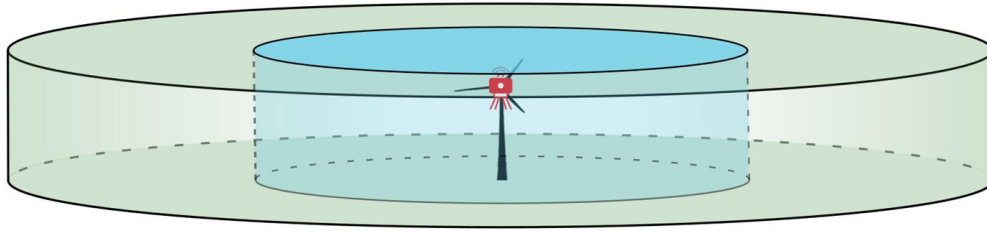


Abbildung 1: Ringförmiger Erfassungsbereich (grün) der den Reaktionsbereich (blau) umschließt (Abbildung unverändert aus MEKUN 2024).

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, weitere Details siehe Bionum Bericht (BIONUM GMBH 2024).

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' ( $r_{\text{Reaktion}}$ ) setzt sich aus vier Hauptkomponenten zusammen:

1. aus der mittleren artspezifischen horizontalen Fluggeschwindigkeit ( $v_{\text{Vogel}}$ ),
2. aus der Zeit, die vom AKS-induzierten Abschaltsignal bis hin zum Erreichen des Trudelbetriebs der betrachteten WEA vergeht ( $t_{\text{Abschalt}}$ ),
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)).
- $t_{\text{Abschalt}}$ : setzt sich additiv aus zwei Unterkomponenten zusammen: der zeitlichen Latenz  $t_{\text{Latenz}}$ , 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  $t_{\text{Trudel}}$ , 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.

Daraus ergibt sich ein Reaktionsradius von:

**Rotmilan:  $r_{\text{Reaktion}} = 385 \text{ m}$ .**

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  $1 \text{ m/s}$  vertikale Geschwindigkeiten im Steig- und Sinkflug zeigen (vgl. AKS Prüfrahmen MEKUN 2024). Damit ergibt sich der Puffer 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 „Prüfrahmen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024) ist sicherzustellen, dass das AKS die jeweilige kollisionsgefährdete Vogelart, hier den Rotmilan, zuverlässig erkennt. Dies erfolgt durch die Ermittlung einer Gesamtrate, definiert als artspezifische kombinierte Erfassungs- und Erkennungsrate, mit der das AKS eine Zielvogelart erfasst und hinsichtlich der Art korrekt 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 kollisionsgefährdeten Flüge von Zielvogelarten im Erfassungsbereich. 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 Reaktionsbereich gelangt. Mit der Festlegung eines Mindestwertes für das untere Konfidenzintervall der Gesamtrate wird erreicht, dass die mittlere Rate ausreichend hoch ist und mit ausreichender Sicherheit bestimmt wird. Die untere Grenze des Konfidenzintervalls der Gesamtrate wurde auf mindestens 70 % festgelegt.

### 3. Feldversuche

#### 3.1. Untersuchungsgebiete

Es wurden an fünf unterschiedliche Standorten Flugsequenzen vom Rotmilan erhoben (s. Übersichtskarte Abbildung 2). Der Hauptuntersuchungsstandort zur Datenerhebung zur Validierung des AVES Wind Onshore AKS stellt der Windpark in Timmaspe in Schleswig-Holstein dar, hier wurden insgesamt vier AVES Wind Onshore AKS Systeme an zwei WEAs installiert (s. Abbildung 3 und Abbildung 4).

An den weiteren vier Standorten, Trappenkamp, Groß Buchwald 1 bis 3, wurden mit jeweils zwei mobilen AVES-Systemen getestet und Daten erhoben (s. Beispielbild des mobilen Systems Abbildung 7).

Dieses Datenmaterial wurde analysiert und ausgewertet, ob sich die Leistung des AVES Wind Onshore AKS an unterschiedlichen Standorten signifikant voneinander unterscheidet (s. dazu BIONUM GMBH 2024):

- Standort 1: Timmaspe (Hauptstandort)
- Standort 2: Trappenkamp
- Standort 3: Groß Buchwald 1
- Standort 4: Groß Buchwald 2
- Standort 5: Groß Buchwald 3

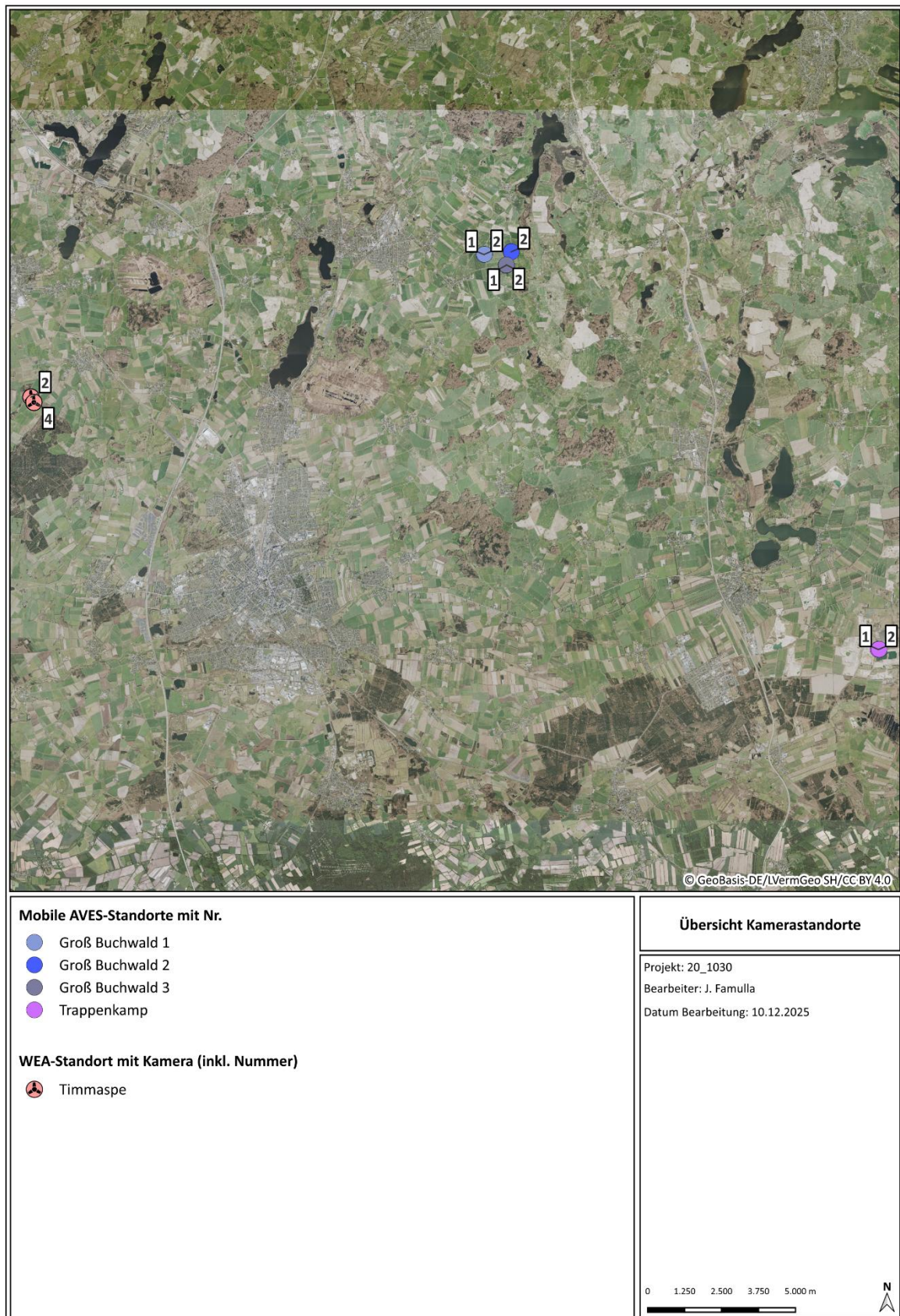


Abbildung 2: Übersicht der fünf Untersuchungsgebiete Timmaspe, Trappenkamp, Groß Buchwald 1 bis 3 (Karte BioConsult SH 2025).

### Timmaspe

Der Testwindpark Timmaspe liegt westlich von Neumünster in Schleswig-Holstein und besteht aus insgesamt 10 Bestands-WEAs.

Die zwei ausgewählten Testanlagen sind innerhalb des Windparks am südlichsten ausgerichtet und ungefähr 200 m voneinander entfernt (s. Abbildung 2 und Abbildung 3). Die zum Test mit dem AVES Wind Onshore AKS ausgerüsteten WEAs gehören zur N149 Serie des Herstellers Nordex. Beide WEA haben jeweils eine Gesamthöhe von 200 m, einem Rotordurchmesser von 149 m, (Radius = 74,5 m) und eine Nabenhöhe von 125 m. Der untere Rotordurchgang beträgt 51 m. Die insgesamt vier Kameras des AVES Wind Onshore AKS wurden für die Tests in einer Höhe von 10 m direkt an dem Turm der WEA in östlicher Ausrichtung installiert. Für den Testbetrieb wurden pro WEA zwei AVES Wind Onshore AKS installiert.

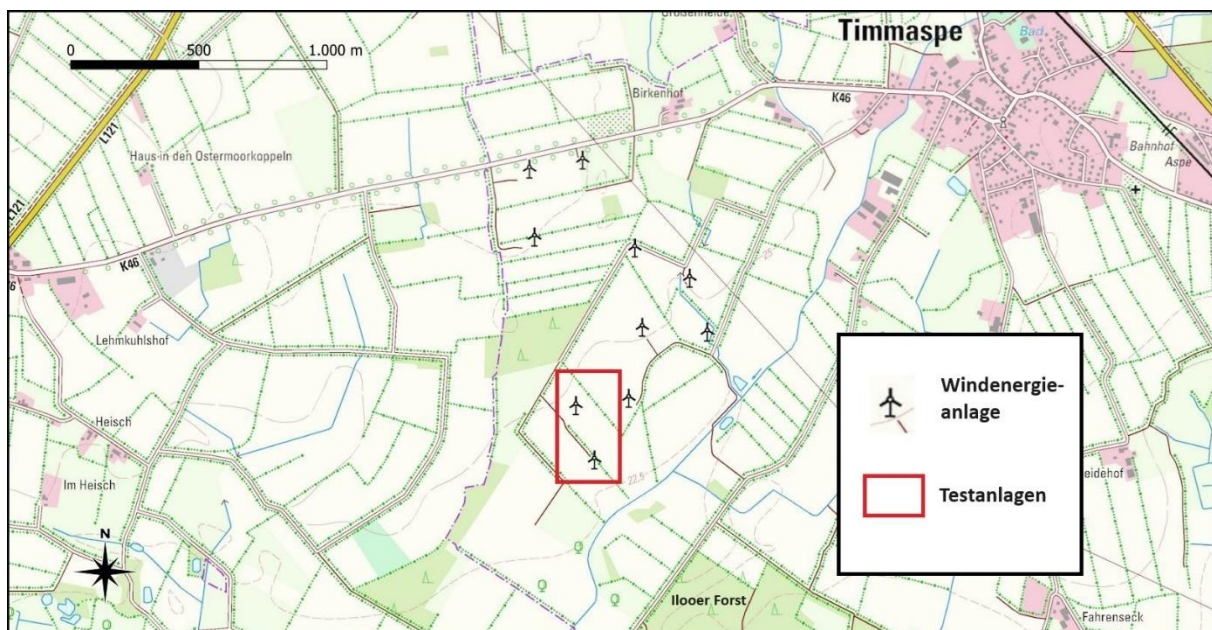


Abbildung 3: Darstellung der Lage der zwei ausgewählten Testanlagen (Nordex N149) im WP Timmaspe.



Abbildung 4: Untersuchungsgebiet Timmaspe mit Darstellung der Lage der zwei Nordex N149 Windenergieanlagen und den insgesamt vier AVES Wind Onshore AKS (Karte: BioConsult SH 2025)

In der Umgebung des Windparks Timmaspe 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. Rotmilane jagen gerne entlang von Grenzen zwischen Wald und Offenland und werden auf diese Weise in die Nähe der Test WEAs geleitet.



Abbildung 5: Die beiden Testanlagen (Nordex N149) im WP Timmaspe im Vordergrund und Bildrand rechts (Foto: ProTecBird 2024).



Abbildung 6: Installierte zwei AVES Wind Onshore AKS an einer Nordex N149 Testanlage im WP Timmaspe (Foto: ProTecBird 2024).

### Groß Buchwald

Der Standort Groß Buchwald ist ein Ackerschlag östlich von Bordesholm/Wattenbek in der Nähe einer Flussniederung der Drögen Eider in Schleswig-Holstein. Hier wurde das mobile Kamerasystem (s. Abbildung 7) an drei verschiedenen Stellen aufgestellt, die nur wenige 100 m auseinanderliegen (s. Abbildung 8). Es handelt sich bei diesem Standort um ein für den Rotmilan attraktives Nahrungsgebiet.



Abbildung 7: Beispielbild eines mobilen AVES Wind Onshore AKS System (Bild ProTecBird 2023).



Abbildung 8: Untersuchungsgebiete Groß Buchwald 1 bis 3 mit Darstellung der Lage der jeweils zwei mobilen AVES Wind Onshore AKS (Karte: BioConsult SH 2025).

### *Trappenkamp*

Der Standort Trappenkamp befindet sich in einem Kies- und Sandabbaugebiet östlich von Neumünster in der Nähe der Ortschaft Tensfeld des Kreises Segeberg in Schleswig-Holstein (s. Abbildung 9). Hier wurden zwei AVES Wind Onshore Systeme mit Blickrichtung nach Norden auf die offenen Flächen gerichtet.

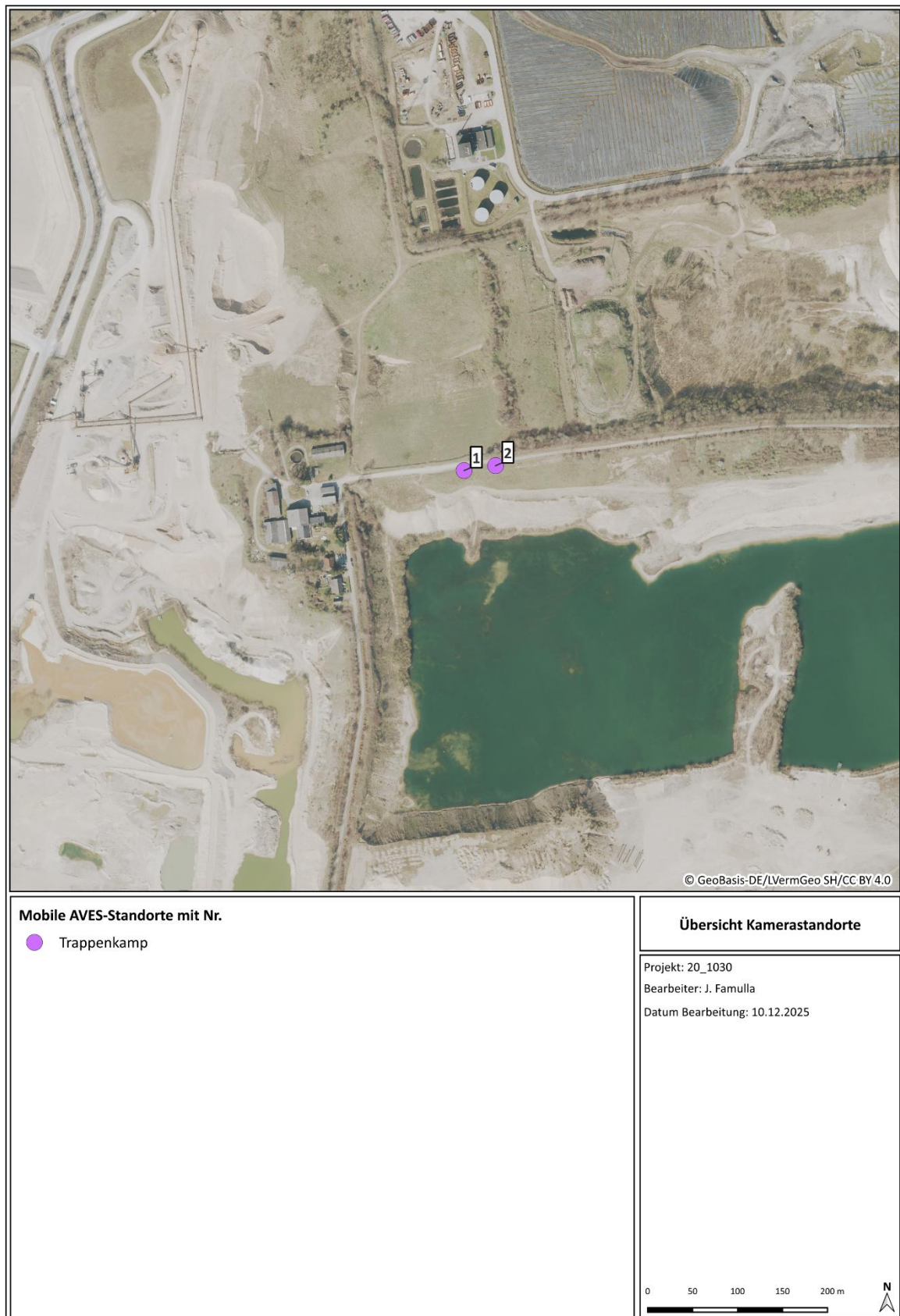


Abbildung 9: Untersuchungsgebiet Trappenkamp mit Darstellung der Standorte der insgesamt zwei mobilen AVES Wind Onshore AKS (Karte: BioConsult SH 2025).

### 3.1. Ornithologische Direktbeobachtungen

Das Konzept zur Untersuchung der Erfassungsrate beruht auf dem Vergleich von Vögeln, die im Feld (örtlich und zeitlich verortet) durch unabhängige Ornithologen (Firma Bioplan) erfasst wurden mit dem, was durch das AVES-Wind Onshore System erfasst wurde. Es wurden von den beobachtenden Personen Laser-Rangefinder (LRF)-Geräte (s. Abbildung 10) eingesetzt, die eine relativ präzise Verortung der Vögel vornehmen können (RANSOM JR. & PINCHAK 2003). Aus diesem Grund wird im Folgenden (vereinfacht) davon ausgegangen, dass die LRF-Daten prinzipiell mit keinem nennenswerten örtlichen und/oder zeitlichen Fehler behaftet sind. Die Ornithologen wurden im Vorfeld durch eine Schulung mit dem Umgang, der Handhabung und Bedienung des LRF vertraut gemacht.

Eine a priori Vorselektion der LRF-Punkte erfolgte ausschließlich hinsichtlich der Fragestellung, ob sie sich in dem vor der Kamera liegenden Sichtkegel befanden oder nicht. Diese Sichtkegel beinhalten mehr Luftraum, als die von der Seite betrachtet keilförmigen Sichtkegel der Kameras erfassen können. So ergibt sich automatisch die Berücksichtigung der technisch bedingten „Abdeckungsrate“.

Hierfür sowie für die Zuordnung LRF-Punkt vs. AKS-Signal („matching“) wurden unterschiedliche Arbeitsschritte durchgeführt, für die genaue Durchführung siehe Bericht zur statistischen Begutachtung des AVES Wind Onshore Systems von Bionum (BIONUM GMBH 2024).

Die Position des Ornithologen 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 (s. Abbildung 10).



Abbildung 10: Verwendeter Laser-Rangefinder der Marke 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 11).

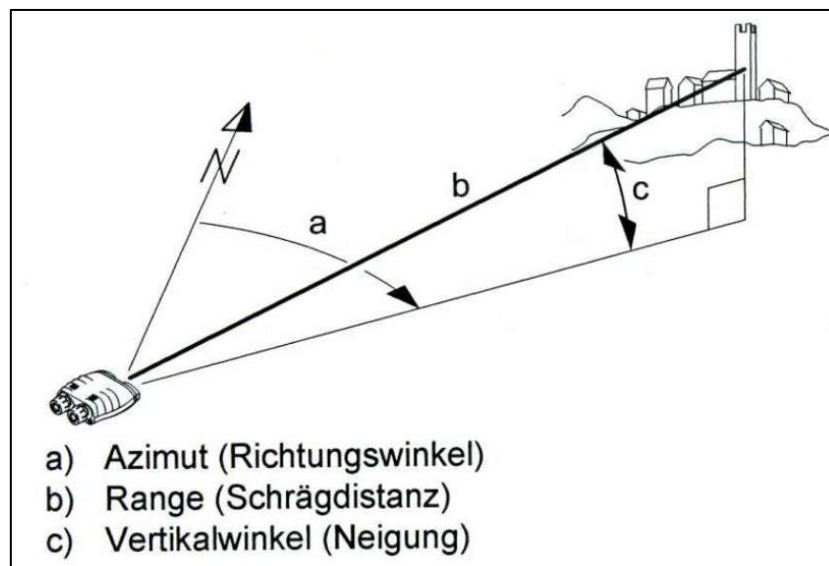


Abbildung 11: Funktion des verwendeten Laser-Rangefinders der Marke Vectronix 21 Aero.

Es wurde an insgesamt 25 Erfassungstagen im Zeitraum vom 04.08.2023 bis 14.09.2023, an den oben beschriebenen fünf unterschiedlichen Erfassungsorten parallel zum AVES WIND ONSHORE System LRF-Samples, welche ca. alle 5 bis 10 Sekunden aufgezeichnet wurden, erhoben. Von den insgesamt 25 Erfassungstagen, wurden an vier Erfassungstagen keine Rotmilanaktivitäten festgestellt. (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht der Erfassungsorte und -Tage, sowie der Anzahl der aufgezeichneten Rotmilansequenzen.

| 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                       |
| <b>insgesamt</b> |            |                 | <b>237</b>               |

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.

### 3.2. AVES-Datenaufzeichnungen

Die beiden Testanlagen Windpark Timmaspe wurden mit insgesamt zwei AVES Wind Onshore AKS je WEA ausgerüstet. Die Sichtkegel der Kameras sind nach Osten ausgerichtet, da hier von einer höheren Flugaktivität der Rotmilane entlang der Waldkante des Iloer Forstes ausgegangen wird (s. Abbildung 12).

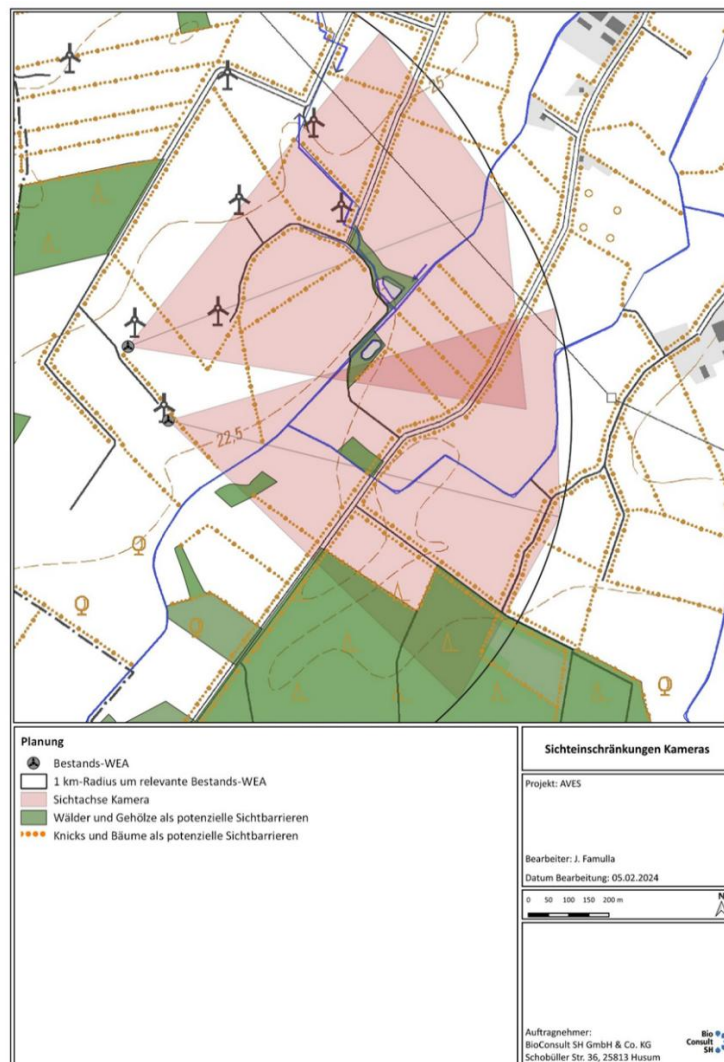


Abbildung 12: Ausrichtung der Sichtkegel des AVES Wind Onshore AKS an den beiden Testanlagen (N149) im WP Timmaspe (Karte BioConsult SH 2024).

Die Pan-Tilt-Kameras 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 WEA, d.h. der horizontale Abdeckungsbereich, ist in Abbildung 12 für jede einzelne der Kameras dargestellt. 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 (s. Abbildung 12).

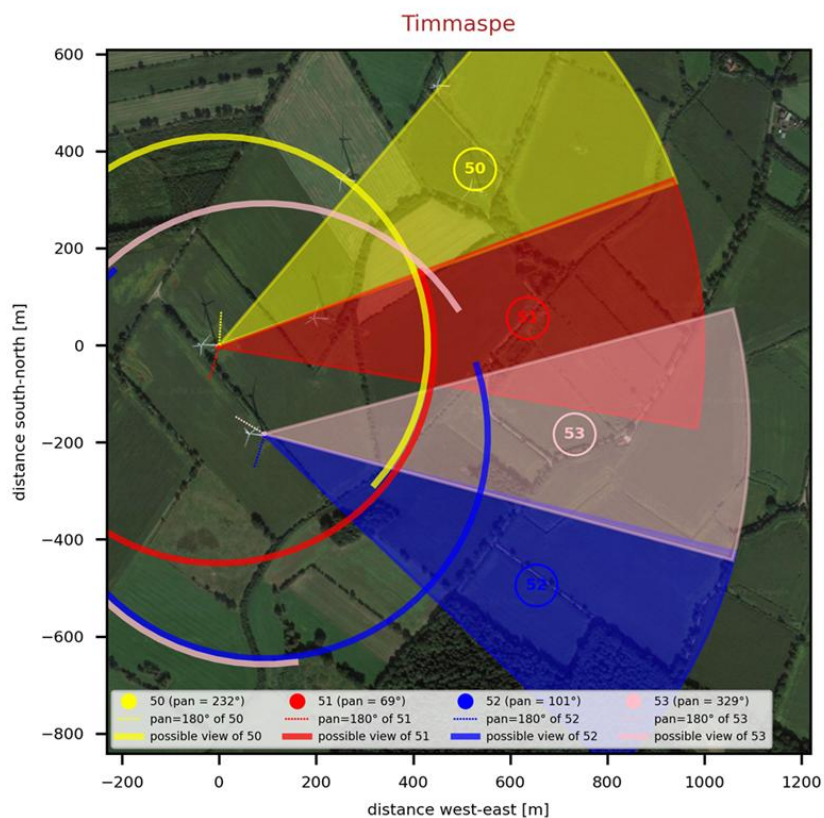


Abbildung 13: Pan-Winkel der eingesetzten AVES Wind Onshore AKS (Darstellung ProTecBird 2024)

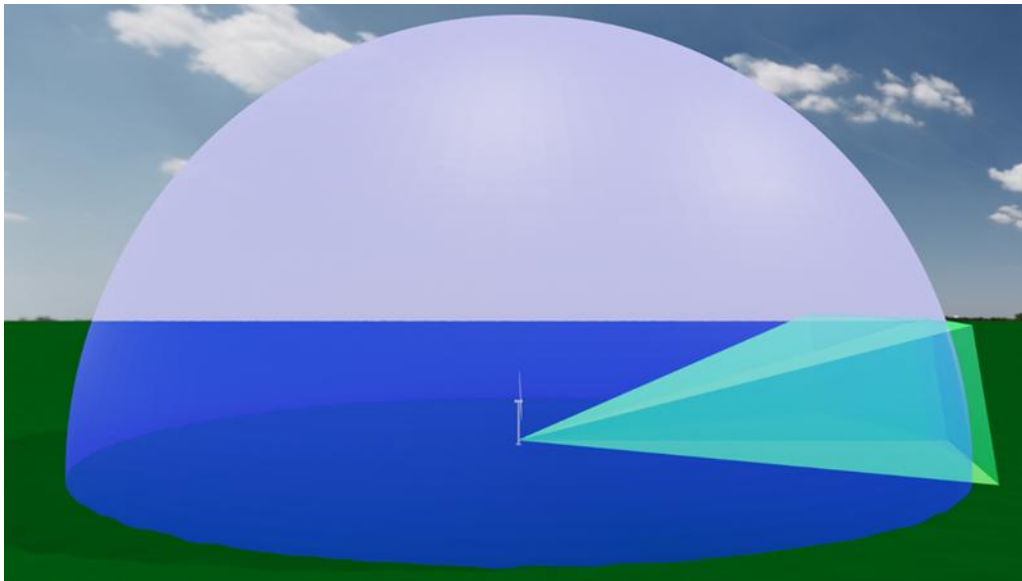


Abbildung 14: 1.000 m Schutzkuppel/Abdeckungsbereich jeder AVES Wind Onshore AKS (Darstellung: ProTecBird 2024).

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, Uhrzeit und Vogelart abgespeichert.

Die Rohdaten wurden am Folgetag getrennt und unabhängig voneinander an das statistische Büro Bionum nach Hamburg gesendet. Das Büro Bioplan stellt Bionum die generierten LRF-Punkte in Form einer CSV-Datei und die Feldbögen mit Zusatzinformationen als pdf zur Verfügung. ProTecBird stellt die aus dem Zeitraum generierten Logfiles der jeweiligen AVES Wind Onshore AKS zur Verfügung.

#### 4. Statistische Auswertung und Ergebnisse

Die statistische Auswertung wurde vom Büro für Biostatistik Bionum GmbH durchgeführt. Die Übermittlung der Rohdaten der eingemessenen LRF-Punkte in Form von Exceltabellen und die Original-Beobachtungsbögen aus dem Feld (pdf) und die aus dem AVES Wind Onshore AKS generierten Logfiles wurden unabhängig voneinander an Bionum versendet.

Da es sich bei dem AVES Wind Onshore AKS 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. Die Ergebnisse zur Gesamtrate des Rotmilans sind im Bericht von Bionum gezeigt (BIONUM GMBH 2024). 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 %. Die zur Validierung erhobenen LRF-Daten müssen gemäß des Prüfrahmens für AKS (MEKUN 2024) an mindestens zwei unterschiedlichen Standorten erhoben werden, um die Robustheit der Ergebnisse bzw. deren Übertragbarkeit beurteilen zu können. Die Daten für die Validierung des AVES Wind Onshore AKSs wurden an insgesamt fünf unterschiedlichen Standorten (s. Kapitel 3.1. Untersuchungsgebiete).

Zur Methodenbeschreibung der statistischen Auswertung sowie den daraus resultierenden Ergebnissen siehe *Bionum GmbH (2024): Statistische Begutachtung des Antikollisionssystem „AVES-Wind Onshore“ vor dem Hintergrund des LfU-AKS Prüfrahmens und in Anlehnung an die „KNE-Checkliste“*.

#### 4.1. Einfluss- und Auswirkungsprognose (s. PROTECBIRD GMBH & CO KG 2025)

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 AKS 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 AKS 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 AKS 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. Eine exakte Darstellung der Einfluss- und Auswirkungsanalyse ist in einer separaten Tabelle nachzulesen (PROTECBIRD GMBH & CO KG 2025).

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 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                                                                                                     |
|--|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |                                            |                         | Rotordurchgangsanbringen.                                                                                              |
|  | 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, Hochspannungseileitung, 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                                                                                                               |

## 5. Fazit

Das AVES Wind Onshore AKS erreicht mit allen aus dem Fachkonventionsvorschlag, Prüfrahen für Antikollisionssysteme (MEKUN 2024) geforderten Vorgaben den Nachweis der Wirksamkeit für den Rotmilan. Die statistischen Analysen (Bionum GmbH 2024) der empirischen Daten des AVES Wind Onshore AKS zeigen, dass für den Rotmilan sowohl die Anforderungen aus dem Fachkonventionsvorschlag „Prüfrahen für Antikollisionssysteme“ (MEKUN 2024), als auch die Vorgaben aus der KNE-Checkliste (KNE 2021) erfüllt sind. Das System 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 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 AKS 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.**

## 6. Literatur

- Bionum GmbH (2024): Statistische Begutachtung des Antikollisionssystem „AVES-Wind Onshore“ vor dem Hintergrund- des LfU-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 Abschaltsysteme 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>
- 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.
- 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.
- RYSLAVY, T., H.-G. BAUER, B. GERLACH, O. HÜPPOP, J. STAHRMER, 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.

## 7. 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

ProTecBird GmbH & CO KG (2025): Fehlzustandsart- und auswirkungsanalyse (FMEA)/Ausfallbedeutungsanalyse (FMECA) nach DIN EN 60812:2006