



# Etudes et documentations techniques sur divers systèmes de détection de l'avifaune

*Novembre 2025*

## **Avant-propos**

*Ce document regroupe deux études sur des systèmes de détection de l'avifaune (SDA) et des documentations techniques de solutions existantes.*

## Sommaire

### Pages 3 à 18 :

« Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue à queue blanche ? – Aperçu de l'efficacité du système pour réduire le risque de collision avec les éoliennes », Dr. Marc Reichenbach, Dipl.-Biol., Dipl.-Ökol. (ARSU GmbH), Dr. Hendrik Reers, Dipl.-Biol., Sören Greule, M.Sc., (OekoFor GbR), Oldenburg, 27 mars 2024

### Pages 19 à 64 :

« AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystem zum Schutz des Rotmilans (*Milvus milvus*) Artenschutzfachliche Bewertung », Dipl.-Biol. Matthias Gross, Dipl.-Biol. Jan Stieg, Dipl.-Geogr. Hauke Hinsch, Großharrie, 17 juin 2024

### Pages 65 à 85:

IdentiFlight

### Pages 86 à 87:

AVES wIND, solution SDA + INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

### Pages 88 à 93:

QANNT, solution BeWe

### Pages 94 à 97:

Biodiv-Wind, solutions SafeWind & SafeWind 3D

### Sources :

IdentiFlight

[https://windenergietag.de/2021/wp-content/uploads/sites/6/2021/11/29WT11\\_F22\\_1110\\_IDF-HowItWorks.pdf](https://windenergietag.de/2021/wp-content/uploads/sites/6/2021/11/29WT11_F22_1110_IDF-HowItWorks.pdf)

AVES Wind

<https://protecbird.com/en/media-library/>

Biodiv-Wind

<https://www.biodiv-wind.com/fr/safewind-3d-advanced-3d-bird-bat-detection-system/>

QANTT

<https://www.actu-environnement.com/technique/solution/systeme-detection-avifaune-bewe-3662.php>

CDNT\_SDA\_v1



Arbeitsgruppe für  
regionale Struktur- und  
Umweltforschung GmbH

The Regional Planning and  
Environmental Research Group

# **Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue à queue blanche ?**

**Aperçu de l'efficacité du système pour réduire le  
risque de collision avec les éoliennes**

**En Coopération avec :**



27.03.2024

Dr. Marc Reichenbach, Dipl.-Biol., Dipl.-Ökol. (ARSU GmbH)

Dr. Hendrik Reers, Dipl.-Biol., Sören Greule, M.Sc., (OekoFor GbR)

## 1 Introduction

Avec la nouvelle version de la directive sur les énergies renouvelables (RED III), l'Union européenne poursuit l'objectif d'accélérer considérablement le développement, entre autres, de l'énergie éolienne dans les États membres. La prise en compte de mesures de réduction des impacts environnementaux dès le stade de la planification revêt une importance particulière afin d'alléger les procédures d'autorisation pour les différents projets éoliens. Ainsi, l'article 15c, paragraphe 1, lettre b, stipule que dès la délimitation des zones dites d'accélération (zones prioritaires de développement d'énergies renouvelables), des mesures de réduction appropriées et efficaces doivent être mises en place, afin d'éviter ou de réduire considérablement les éventuels effets négatifs sur l'environnement. Ces mesures doivent être proportionnées et mises en œuvre en temps utile afin d'éviter toute détérioration de l'état de conservation des espèces à protéger en vertu des directives "Habitats" et "Oiseaux".

Pour réduire le risque de collision avec certaines espèces d'oiseaux, celui-ci pouvant représenter un impact potentiel des éoliennes sur l'environnement, il est possible d'utiliser des systèmes anticollisions. Ces systèmes technologiques de détection des oiseaux et de bridage des éoliennes en fonction des besoins représentent une possibilité souvent envisagée pour éviter une augmentation significative du risque de mortalité des espèces sensibles. Par conséquent, une multitude de systèmes différents sont en cours de développement et d'expérimentation (Kompetenz zentrum Naturschutz und Energiewende (KNE) [Centre de compétence pour la protection de la nature et la transition énergétique] 2022). Jusqu'à présent, en Allemagne, ce sont surtout le Milan royal (*Milvus milvus*) et le Pygargue à queue blanche (*Haliaeetus albicilla*) qui sont au centre du développement de la détection spécifique à l'espèce et de bridage commandé (AMMERMANN et al. 2020).

Un système particulièrement bien testé jusqu'à présent est IdentiFlight (IDF, figure 1), qui a été développé aux États-Unis et y a été testé en termes de réduction de mortalités (MCCLURE et al. 2018 ; MCCLURE et al. 2021 ; MCCLURE et al. 2022). Il s'est avéré, entre autres, que le système détectait efficacement les oiseaux à partir de la taille du faucon crécerelle avec un taux de détection de 96 %. Dans 94 % des cas, les aigles ont été correctement classés. Le taux de collision des aigles a été réduit de 82 % par rapport à un même site de référence. En Allemagne, un premier test a été effectué par la Station ornithologique suisse (ASCHWANDEN & LIECHTI 2020). Sur la base des résultats obtenus, les auteurs concluent que les propriétés de détection du système pour l'espèce cible Milan royal offrent dans l'ensemble une très bonne base de départ pour mettre en œuvre un bridage adapté aux besoins.

Entre-temps, l'Allemagne dispose d'un grand nombre de résultats d'expérimentation sur l'efficacité des IdentiFlight selon les critères standardisés du KNE (2019) en ce qui concerne le Milan royal et le Pygargue à queue blanche (REICHENBACH et al. 2021 ; REICHENBACH et al. 2023a ; REICHENBACH et al. 2023b). Les sites étudiés se situent dans le Mecklembourg-Poméranie occidentale, le Brandebourg, la Saxe-Anhalt et le Bade-Wurtemberg (figure 2). La présente



Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue  
à queue blanche ? Oldenburg, 27.03.2024

---

The Regional Planning and  
Environmental Research Group

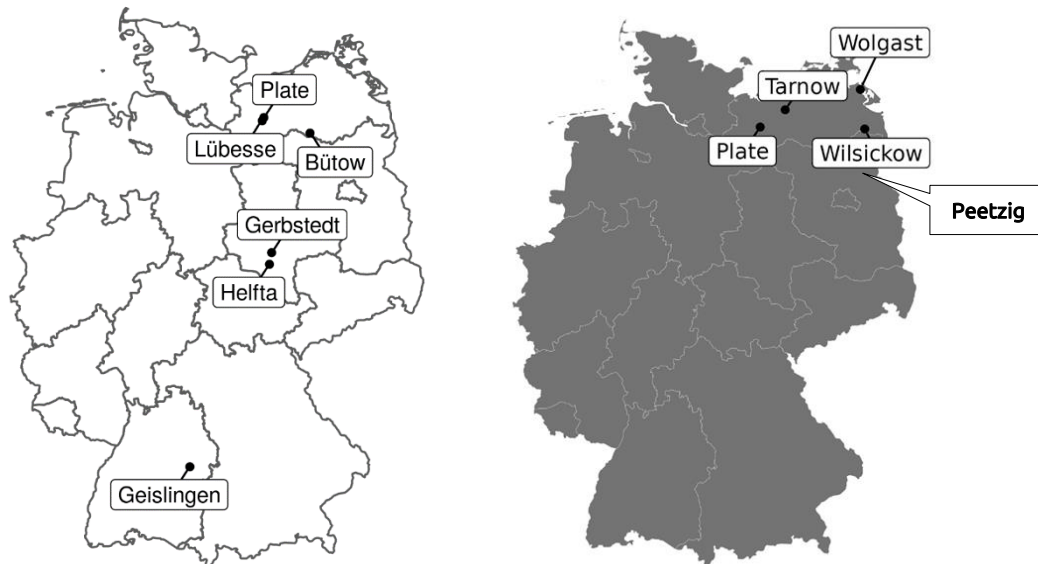
synthèse résume les principaux résultats de ces études, pour lesquelles un suivi et une assurance  
qualité ont également été réalisés par le TÜV.

Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue  
à queue blanche ? Oldenburg, 27.03.2024

The Regional Planning and  
Environmental Research Group



**Fig. 1: Le système IdentiFlight (montage sur une tour de 10 m sur le parc) et vue détaillée de la tête d'imagerie avec huit objectifs grand angle disposés à 360° et la caméra stéréo pivotante et orientable.**



**Fig. 2: Localisation des six sites d'étude pour le Milan royal 2018-2020 (à gauche), des quatre zones d'étude pour le Pygargue à queue blanche 2021 (à droite) et des deux sites pour le Milan royal et le Pygargue à queue blanche 2022 dans le Brandebourg (Peetzig).**

## 2 Mode de fonctionnement

Le système IdentiFlight se compose d'une combinaison de huit caméras grand angle fixes et d'une caméra stéréo mobile à haute résolution (illustration 1). Les caméras grand angle surveillent un périmètre de 360 degrés et détectent les objets volants en fonction de leur taille jusqu'à une distance d'environ 1 200 mètres, en faisant déjà la distinction entre les mouvements aériens pertinents et non pertinents (par exemple oiseau versus avion). Dès qu'un objet pertinent est détecté, la caméra stéréo s'oriente vers celui-ci et détermine en permanence la distance, l'angle, la taille et la classification des espèces. Lors du suivi de la trajectoire, dix photos sont générées par seconde et servent de base à la classification de l'objet (figure 3, figure 4). Les informations, notamment la localisation de l'oiseau, la hauteur de vol, la distance jusqu'à l'éolienne la plus proche et la détermination de l'espèce, sont enregistrées toutes les secondes dans une base de données et peuvent y être consultées à tout moment. Si l'oiseau passe en dessous d'une certaine distance de l'éolienne, librement programmable et calculée en fonction du type d'éolienne et de l'espèce cible, un signal de mise en bridage est automatiquement généré. Un enregistrement de la trajectoire de vol par la caméra stéréoscopique a toutefois déjà lieu au-delà de cette distance dans la zone de danger maîtrisable, dans lequel une requête de bridage peut également déjà être émise en cas de vitesses de vol élevées en direction de l'éolienne (illustration 5). Les situations dans lesquelles IdentiFlight a envoyé un signal de bridage à l'éolienne sont enregistrées en continu, de sorte que le travail du système est entièrement contrôlable.

Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue  
à queue blanche ? Oldenburg, 27.03.2024

The Regional Planning and  
Environmental Research Group

La décision du système de générer un signal de mise en bridage pour un oiseau détecté dépend en premier lieu de la classification ou de l'attribution à l'espèce cible programmée. La classification d'un oiseau détecté est basée sur un réseau neuronal qui est entraîné sur des espèces cibles spécifiques (jusqu'à présent le Milan royal et le Pygargue à queue blanche) sur la base d'une grande quantité de photos. Les informations de la caméra stéréo - photos et distance - sont utilisées en temps réel par le réseau neuronal pour classifier l'objet volant. Le taux de classification peut être amélioré par des entraînements supplémentaires avec une base photographique supplémentaire, comme cela a déjà pu être démontré au cours de l'étude de trois ans sur le Milan royal (REICHENBACH et al. 2021).



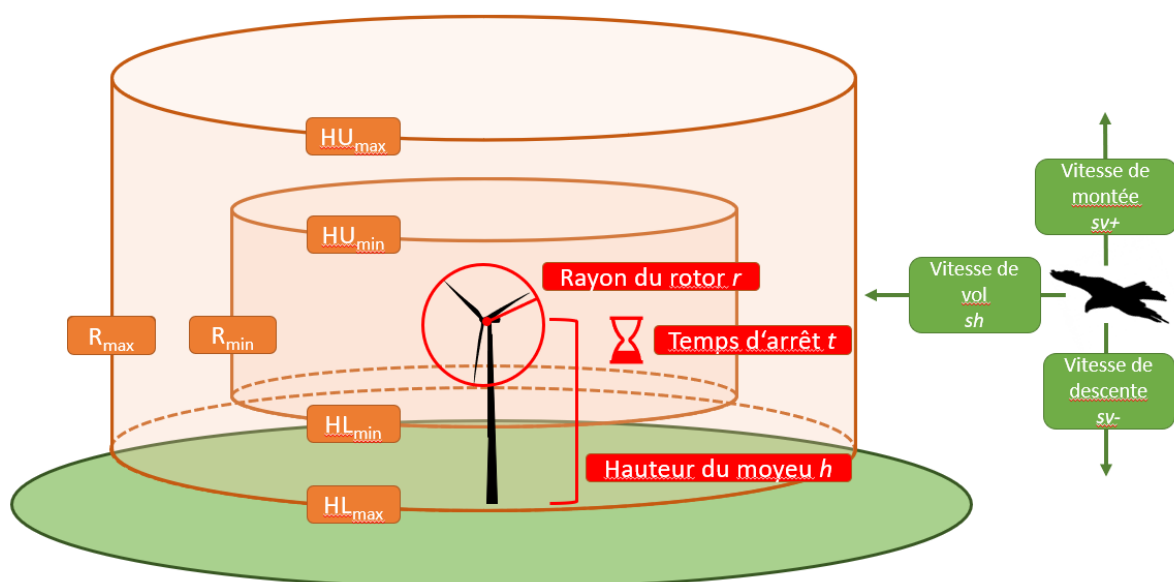
**Fig. 3: Exemples de photos enregistrées par IDF et correctement classifiées comme Milan royal/noir**  
(l'oiseau porte un émetteur, ce qui a permis la comparaison entre les données GPS et IDF).

Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue  
à queue blanche ? Oldenburg, 27.03.2024

The Regional Planning and  
Environmental Research Group



**Fig. 4: Exemples de photos enregistrées par IDF et correctement identifiées comme étant des Pygargues à queue blanche**



**Fig. 5: Schéma de dimensionnement des cylindres intérieurs et extérieurs**

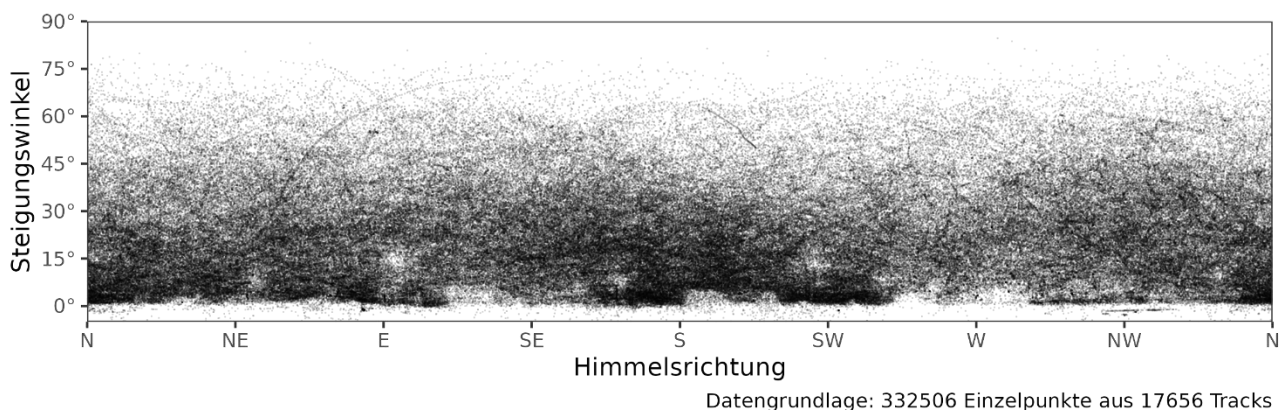
$HU_{max} / HL_{max}$  = Délimitation supérieure et inférieure du cylindre de distance extérieure ;  
 $HU_{min} / HL_{min}$  = Délimitation supérieure et inférieure du cylindre de distance intérieure ;  
 $R_{max}$  = Rayon du cylindre de distance extérieure  
 $R_{min}$  = Rayon du cylindre de distance intérieure

### 3 Méthode

Les études se sont basées sur les critères fixés par le KNE (2019), sur la base desquels l'efficacité d'IDF pour la protection des espèces cibles, en l'occurrence le Milan royal et le Pygargue à queue blanche, contre les collisions avec les éoliennes a été vérifiée :

1. Couverture spatiale et temporelle
2. Distance de détection
3. Taux de détection
4. Taux de classification
5. Efficacité et efficience de la mise en bridage

La **couverture spatiale** d'un site décrit la capacité d'IDF à couvrir l'espace tridimensionnel pertinent en dépit de restrictions telles que les ombres visuelles (par exemple par des arbres ou d'autres éoliennes) ou les différences de relief (figure 5). La **disponibilité temporelle** mesure la part du fonctionnement du système pendant la phase d'étude correspondante, après déduction d'arrêts techniques pour cause de maintenance ou d'autres arrêts occasionnés par IDF.



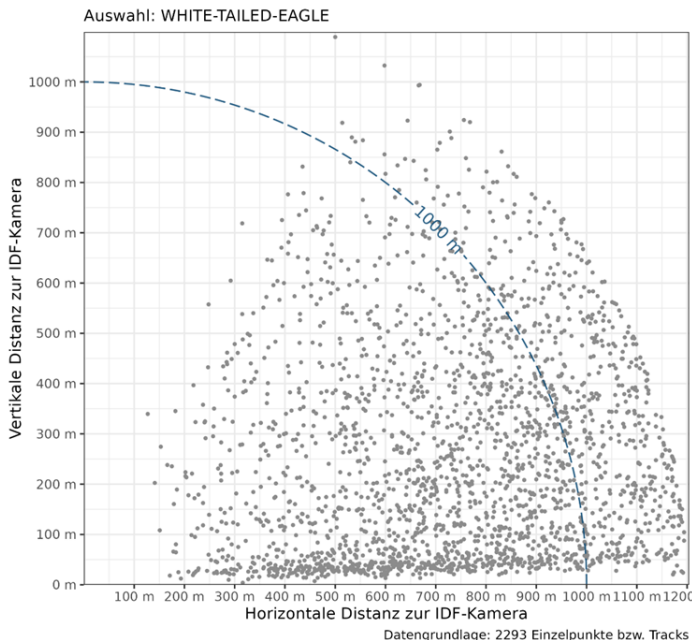
**Fig. 6 : Exemple de représentation sommaire de tous les points de données enregistrés par IDF sur l'un des sites de test.** Ces données montrent le champ de vision réel d'IDF ainsi que les structures au niveau du sol et masquant la vue (elles apparaissent ici plus claires car aucun point de données n'a pu y être généré).

Pour déterminer la portée de détection par IDF, la distance du premier point de détection a été déterminée pour chaque trajectoire (track) de l'espèce cible enregistrée et vérifiée (Fig. 6).



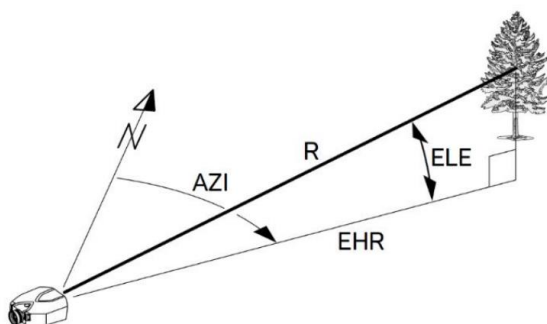
Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue  
à queue blanche ? Oldenburg, 27.03.2024

The Regional Planning and  
Environmental Research Group



**Fig. 7 : Exemple de représentation de la distance verticale et horizontale entre le premier point de détection d'une trajectoire d'un Pygargue à queue blanche ("White-tailed-Eagle") et l'IDF sur les différents sites étudiés.**

Pour déterminer le taux de détection, des données de référence ont été générées par l'utilisation d'un télémètre binoculaire (« Laser Range finder (LRF) »). Parallèlement à l'enregistrement des données par IDF, les relevés faits par le LRF ont permis de collecter un échantillon indépendant des trajectoires des espèces-cible dans le champ de vision d'IDF, et de les comparer ensuite avec l'ensemble des données IDF. Le LRF est utilisé par un observateur et mesure la distance radiale, l'azimut et l'angle d'inclinaison d'une cible visée par le faisceau laser en appuyant sur un bouton (Fig. 7).



**Fig. 8 : Détermination des données du télémètre laser Rangefinder Vector 21 Aero servant de référence pour le taux de détection de l'IDF (R=la distance à l'objet, EHR=la distance horizontale équivalente, ELE=l'élévation angulaire et AZI=l'azimut)**

## 4 Résultats

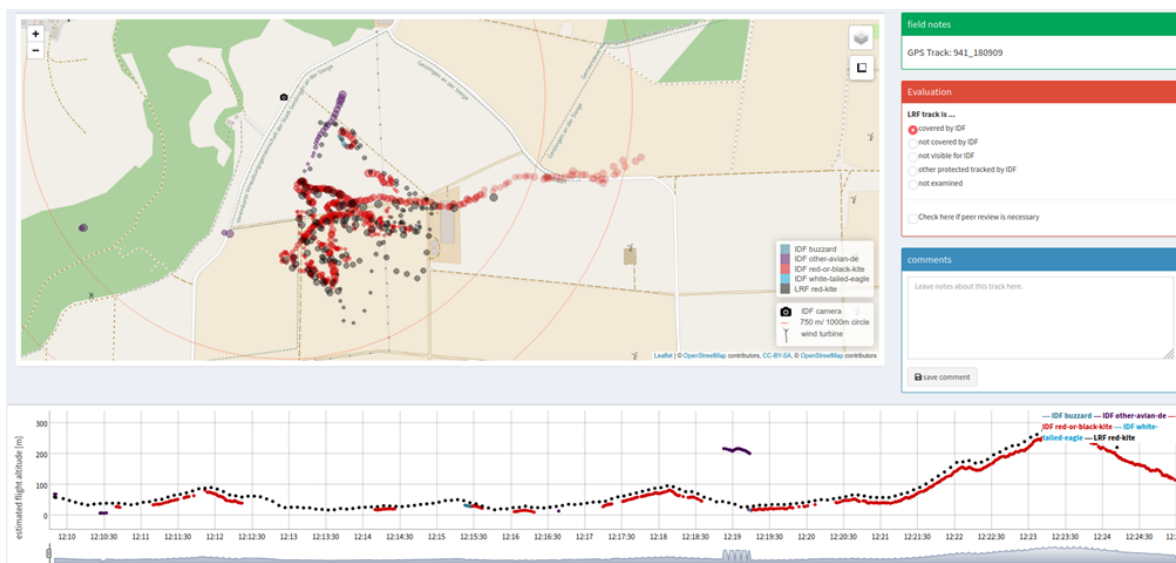
### 4.1 Base de données obtenue

Dans les trois études prises en compte ici, les nombres suivants de données totales et de points de repère IDF vérifiés, c'est-à-dire retraités, ont été obtenus pour le Milan royal et le Pygargue à queue blanche :

- Etude sur le Milan royal sur six sites (REICHENBACH et al. 2021) : environ 1,8 million de points de données avec environ 275.000 points de Milan royal confirmés ultérieurement ;
- Environ 1,9 million de points de données avec environ 125.000 points de Pygargues à queue blanche confirmés ultérieurement ;
- Etude mixte dans le Brandebourg sur deux sites (REICHENBACH et al. 2023b) : env. 1,6 million de points de données avec environ 98.000 points de Milans royaux confirmés et environ 16.000 points de Pygargues à queue blanche confirmés.

### 4.2 Précision de la localisation

La précision de la localisation de l'oiseau enregistré est décisive pour l'efficacité de la réponse du système. Les données IDF se distinguent par un haut degré de concordance lors de comparaisons avec des vols de drones et des trajectoires d'oiseaux enregistrées par LRF et télémétrie GPS (figure 9 et figure 10).

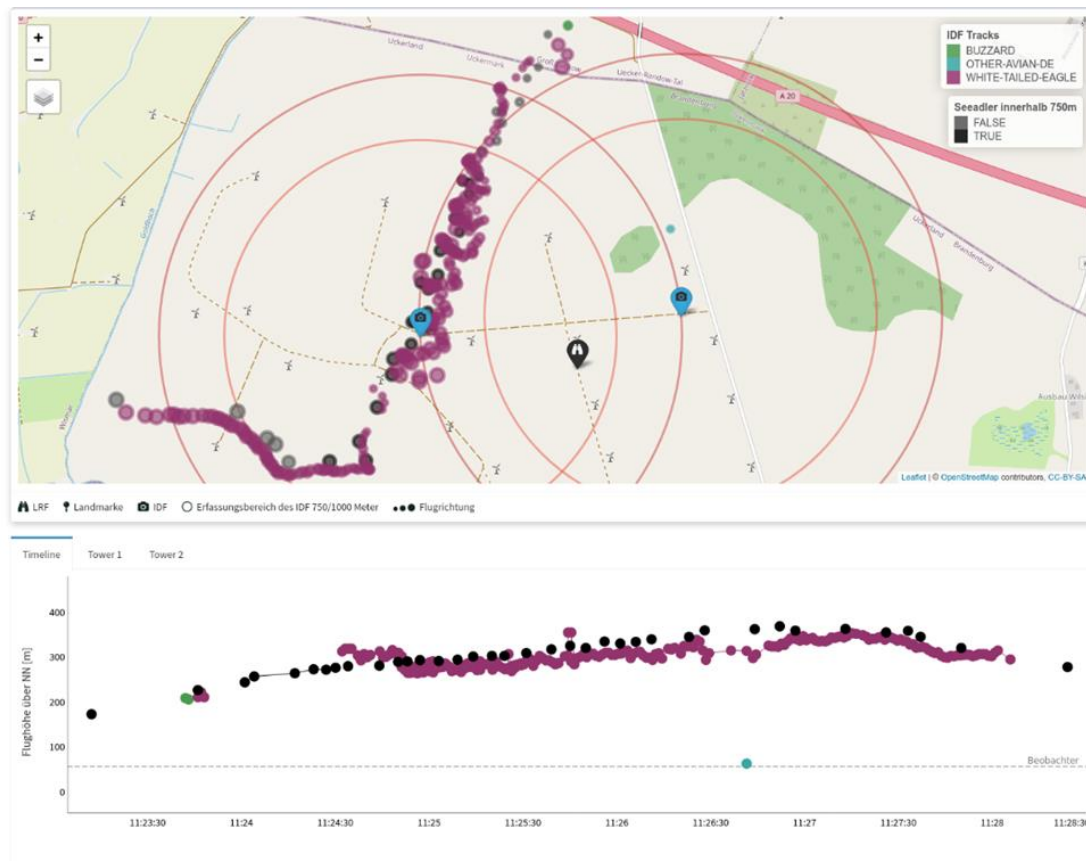


**Fig. 9 : Exemple de comparaison de position tridimensionnelle entre les points de localisation du GPS d'un Milan royal équipé d'un émetteur (points noirs) et de l'IDF (points rouges).**



Dans quelle mesure IdentiFlight protège-t-il le Milan royal et le Pygargue  
à queue blanche ? Oldenburg, 27.03.2024

The Regional Planning and  
Environmental Research Group



**Fig. 10 :** Exemple de comparaison de position tridimensionnelle entre les points de localisation du « Laser Range finder » (points noirs) et d'IDF (points rouges) pour un vol de Pygargue à queue blanche

### 4.3 Aperçu et classification

BRUNS et al. (2021) ont formulé des exigences relatives à l'aptitude technique et la reconnaissance des systèmes anticollision. Celles-ci sont comparées ci-dessous aux valeurs de performance obtenues dans des études existantes (tableau 1). Il s'avère que l'IDF remplit entièrement ces exigences, voire les dépasse nettement dans certains cas, et ce, pour les deux espèces-cible.

## IdentiFlight als Schutzmaßnahme für Rotmilan und Seeadler

### – Kurzfassung

Oldenburg, 27.03.2024

**Tableau 1: Comparaison des exigences du KNE et des valeurs de performance obtenues par IDF pour le Milan royal et le Pygargue à queue blanche**

Critère d'évaluation	Exigences selon Bruns et al. (2021)	Résultats IDF pour le milan royal (6 sites) (REICHENBACH <i>et al.</i> 2021)	Résultats IDF pour le pygargue à queue blanche (4 sites) (REICHENBACH <i>et al.</i> 2023a)	Résultats IDF pour le milan royal et le pygargue à queue blanche (2 sites dans le Brandebourg) (REICHENBACH <i>et al.</i> 2023b)
Couverture spatiale	75 % min.	97-99 %	Près de 100% à hauteur de rotor (déduction faite d'ombres portées par d'autres éoliennes)	97 et 100 %
Couverture temporelle	La plus haute possible	95-99 %	91 % (dont 3 sites à 96-100 %)	90 et 100 %
Portée de détection	Au moins la distance spécifique de l'espèce (résultant du temps pour la mise en bridage de l'éolienne et de la vitesse de vol) ; si la distance de réaction est faible, 300 m peuvent suffire	Env. 750 m	> 1.000 m (à env. 1.200 m)	Milan Royal env. 750 m Pygargue à queue blanche jusqu'à 1.200 m
Taux de détection	75 % minimum, et jusqu'à 90% dans des cas de conflits particuliers	85-96 %	86-88 %	Milan royal : 90 et 93 % Pygargue à queue blanche : 96 et 92 %
Taux de classification	75 % minimum ; 90 % minimum dans l'espace de réaction	96-98 % (Version 2)	97-99 %	Milan Royal : 97 % Pygargue à queue blanche : 99 %

#### 4.4 Efficacité et Efficience de la mise en bridage

**L'efficacité de la réaction du système** comprend la proportion des cas dans lesquels la présence d'un objet cible (ici le Milan royal) à l'intérieur de la zone de réaction requise a correctement conduit à la génération d'un signal de mise en bridage (réaction correcte du système par la mise en bridage des éoliennes en cas de risque selon le KNE (2019), exemple de la figure 11). Le nombre total de mises en bridage provoquées par IDF varie fortement d'un site à l'autre et dépend de l'activité de vol réelle des espèces-cibles au niveau de l'éolienne concernée.

En ce qui concerne le Pygargue à queue blanche, il a été établi que dans 98,9 % des cas en moyenne, un signal de mise en bridage était généré par IDF dans le cylindre d'espacement interne dès qu'au moins **une** image d'un Pygargue à queue blanche était correctement identifiée par IDF. Pour le Milan royal, les données disponibles indiquent que dans 100% des cas, un signal de mise en bridage a été généré. Dans certains cas, la détection n'a toutefois eu lieu qu'à l'intérieur du cylindre d'espacement intérieur et non pas déjà au bord de celui-ci.



**Fig. 6: Exemple de mise en bridage (curtailment) pour un Milan royal entrant par l'est dans le cylindre d'espacement intérieur** (points verts : pas de mise en bridage, points rouges : mise en bridage).

**L'efficacité du système** s'exprime en premier lieu par la question de savoir dans quelle mesure il y a des mises en bridage inutiles au-delà des mises en bridage nécessaires liées aux espèces-cibles (nombre et durée des bridages effectués et rapport entre celles nécessaires et celles qui ne le sont pas (selon le KNE (2019))). Il s'agit en premier lieu des bridages qui n'ont pas été déclenchés par un objet cible et qui doivent donc être considérées comme non nécessaires du point de vue de la protection des espèces. Une faible efficacité du système s'exprime donc en premier lieu par un taux élevé de faux positifs.

Il est difficile de tirer des conclusions générales sur les taux de faux positifs - par opposition aux taux de vrais positifs - avec la méthode utilisée. Cela est dû en premier lieu au fait que les premiers doivent toujours être déterminés en fonction du site, car le risque de confusion dépend en particulier de la présence et de la fréquence d'espèces très similaires sur le même site. De plus, le taux

de faux positifs dépend également de la distance de détection et augmente avec la distance. En général, une haute précision de différenciation entre des espèces similaires, notamment en ce qui concerne la Buse variable, entraîne une réduction des taux de faux positifs. Dans le cadre de l'étude du système Brandebourgeois, ceux-ci étaient nettement inférieurs à 5 % pour le Milan royal et le Pygargue à queue blanche (REICHENBACH et al. 2023b). Dans l'étude sur le Milan royal, des valeurs de 1,3 à 15,8 % ont été obtenues en fonction du site, dans l'étude sur le Pygargue à queue blanche, des valeurs de 6,2 à 27,5 %.

## **5 Evaluation au regard de la protection des espèces**

L'aptitude générale d'un système anticollision en tant que mesure de protection au sens de l'article 44 alinéa 5 n° 1 ou de l'article 45b alinéas 3 et 4 de la BNatSchG doit actuellement être évaluée sur la base des critères d'expérimentation établis par le KNE (2019). Dans l'ensemble, il en ressort que l'IDF remplit les exigences du KNE et du BfN en matière d'efficacité des systèmes anticollision (BRUNS et al. 2021) en ce qui concerne les espèces Milan royal et Pygargue à queue blanche (voir tableau 1). Concernant le Milan royal, ces résultats ont déjà conduit à une reconnaissance technique comme mesure de protection efficace dans la section 2 de l'annexe 1 de l'article 45b, paragraphes 1 à 5 de la BNatSchG. De même, les conditions sont désormais réunies pour que l'IDF puisse devenir un instrument de protection également pour le Pygargue à queue blanche.

La grande efficacité de l'IDF mise en évidence dans les trois études se trouve corroborée par les résultats des autres études mentionnées (MCCLURE et al. 2018 ; ASCHWANDEN & LIECHTI 2020 ; MCCLURE et al. 2021 ; MCCLURE et al. 2022). Il convient de tenir compte du fait que, conformément à la jurisprudence du tribunal administratif fédéral, il n'est pas possible d'exiger une réduction à zéro du risque de mortalité lié à l'exploitation par des mesures de protection et/ou d'évitement (SPRÖTGE et al. 2018).

Il convient de souligner en particulier l'efficacité prouvée pour le Pygargue à queue blanche, pour lequel les seules mesures de protection reconnues jusqu'à présent en Allemagne (ou conformément à la BNatSchG) consistent à modifier le choix du site et à procéder à un arrêt en fonction de la phénologie (six semaines maximum). Il faut tenir compte du fait que le Pygargue à queue blanche est l'espèce d'oiseaux la plus impactée par les collisions avec les éoliennes par rapport à la taille de sa population. La plupart du temps, il s'agira de savoir si des couloirs de vol régulièrement utilisés entre le lieu de nidification et l'habitat d'alimentation peuvent traverser un parc éolien. Pour cela, IdentiFlight représente une mesure de protection efficace. D'une part, on peut maintenant partir d'une grande efficacité en ce qui concerne la réduction du risque de collision, et d'autre part, les durées de bridage qui en résultent et les pertes de production correspondantes sont comparativement faibles. C'est pourquoi l'utilisation d'IdentiFlight comme mesure de protection pour le Pygargue à queue blanche se justifie également par le fait que l'activité de vol quotidienne de cette espèce est faible.

## **IdentiFlight als Schutzmaßnahme für Rotmilan und Seeadler – Kurzfassung**

Oldenburg, 27.03.2024

D'autres études sont en cours pour permettre l'utilisation d'IDF comme système anticollision efficace pour d'autres espèces sensibles aux collisions, comme l'Aigle pomarin, la Cigogne blanche et d'autres espèces sensibles à l'énergie éolienne (conformément à la section 1 de l'annexe 1 de l'article 45b, paragraphes 1 à 5 de la BNatSchG).

## **6 Références Bibliographiques**

- AMMERMANN, K., E. BRUNS, J. PONITKA, E. SCHUSTER, D. SUDHAUS & F. TUCCI (2020): Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen - Entwicklungsstand und Fragestellungen. Bfn Skripten (571): 30 S.
- ASCHWANDEN, J. & F. LIECHTI (2020): Erprobung des automatischen Vogeldetektionssystems Identiflight auf dem Testfeld des WindForS im Rahmen der Naturschutzbegleitforschung (NatForWINSSENT). Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 38 S.
- BRUNS, E., E. SCHUSTER & J. STREIFFELER (2021): Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen - Abschlussbericht der Workshopreihe "Technische Systeme". BfN-Skripten, 57 S.  
<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript610.pdf>.
- KNE (2019): Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen.
- KNE (2022): Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln. 3. Fortschreibung. 45 S.
- MCCLURE, C., B. ROLEK, L. DUNN, J. MCCABE, L. MARTINSON & KATZNER, T (2022): Confirmation that eagle fatalities can be reduced by automated curtailment of wind turbines. Ecol Solut Evid. 2022;3:e1217.3: 1-8.
- MCCLURE, J., B. ROLEK, L. DUNN, J. MCCABE, L. MARTINSON & T. KATZNER (2021): Eagle fatalities are reduced by automated curtailment of wind turbines. J Appl Ecol. 00:1-7  
(<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13831>).
- MCCLURE, J. W., L. MARTINSON & T. D. ALLISON (2018): Automated monitoring for birds in flight: Proof of concept with eagles at a wind power facility. Biol. Conserv. 224: 26-33.
- REICHENBACH, M., H. REERS & S. GREULE (2021): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan (*Milvus milvus*)? - Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Kamerasystems zum Schutz vor Kollisionen an Windenergieanlagen. im Auftrag der erneuerbare energien europa e3 GmbH, 161 S. <https://www.e3-gmbh.de/identiflight/>.
- REICHENBACH, M., H. REERS, S. GREULE & J. GRIMM (2023a): IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) - Untersuchungen zur Wirksamkeit sowie artenschutzrechtliche Einordnung. 121 S. [https://www.e3-identiflight.de/wp-content/uploads/2023/05/23-05-03\\_IdentiFlight-als-Schutzmassnahme-fuer-den-Seeadler\\_Abschlussbericht-IdentiFlight.pdf](https://www.e3-identiflight.de/wp-content/uploads/2023/05/23-05-03_IdentiFlight-als-Schutzmassnahme-fuer-den-Seeadler_Abschlussbericht-IdentiFlight.pdf).
- REICHENBACH, M., T. STEINKAMP, J. ASCHWANDEN, H. REERS, S. GREULE & J. GRIMM (2023b): Durchführung von Leistungsnachweisen für Detektionssysteme zur Verminderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen in Brandenburg. Kamera- und Radar-Datenauswertung und gutachterliche Einordnung., Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), 146 S. [https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Bericht\\_SystemtestBrandenburg\\_ARSU\\_August-2023.pdf](https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Bericht_SystemtestBrandenburg_ARSU_August-2023.pdf).
- SPRÖTGE, M., E. SELLMANN & M. REICHENBACH (2018): Windkraft Vögel Artenschutz, Books on Demand, Norderstedt.



# 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

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Anlass und Aufgabenstellung .....	1
1.2. Zielart Rotmilan .....	2
<b>2. Prüfraumen für Antikollisionssysteme nach MEKUN .....</b>	<b>4</b>
2.1. Reaktionsbereich und Erfassungsbereich .....	4
2.2. Gesamtrate .....	7
<b>3. Material und Methode .....</b>	<b>7</b>
3.1. Windpark und Untersuchungsgebiet .....	7
3.2. Das Kamerasystem .....	9
<b>4. Funktionsweise AVES Wind Onshore.....</b>	<b>12</b>
4.1. Erkennen der Zielart .....	12
4.2. Auslösen des Trudelmodus .....	16
<b>5. Feldversuche .....</b>	<b>18</b>
5.1. Ornithologische Direktbeobachtungen .....	18
5.2. AVES-Aufzeichnungen .....	20
<b>6. Statistische Auswertung.....</b>	<b>23</b>
6.1. Methodik statistische Auswertung.....	23
<b>7. Ergebnisse .....</b>	<b>24</b>
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
<b>8. Fazit .....</b>	<b>33</b>
8.1 Zusammenfassende Beurteilung und Anmerkungen .....	33
<b>Literatur .....</b>	<b>35</b>
<b>Anhang: .....</b>	<b>37</b>
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>	<i>19</i>
<i>Tabelle 2: Risikoanalyse der möglichen Auswirkungen äußerer Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des AVES WIND ONSHORE-Kamerasystems .....</i>	<i>29</i>

Abbildungsverzeichnis:

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

## 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 abzuregeln. 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 Ausweichnahrungshabitate 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. Prüfraahmen 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 „Prüfraahmen 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.

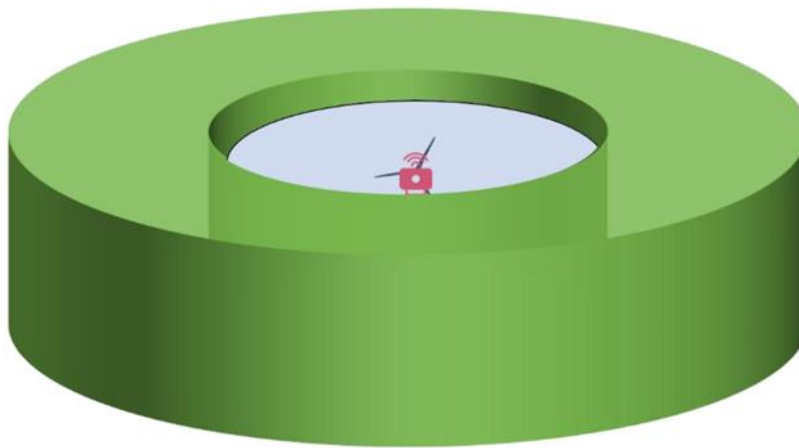


Abbildung 1: Ringförmiger Erfassungsbereich (grün) der den Reaktionsbereich (blau) umschließt (Abbildung unverändert aus MEKUN 2024).

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' ( $r_{\text{Reaktion}}$ ) 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.

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

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 (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).



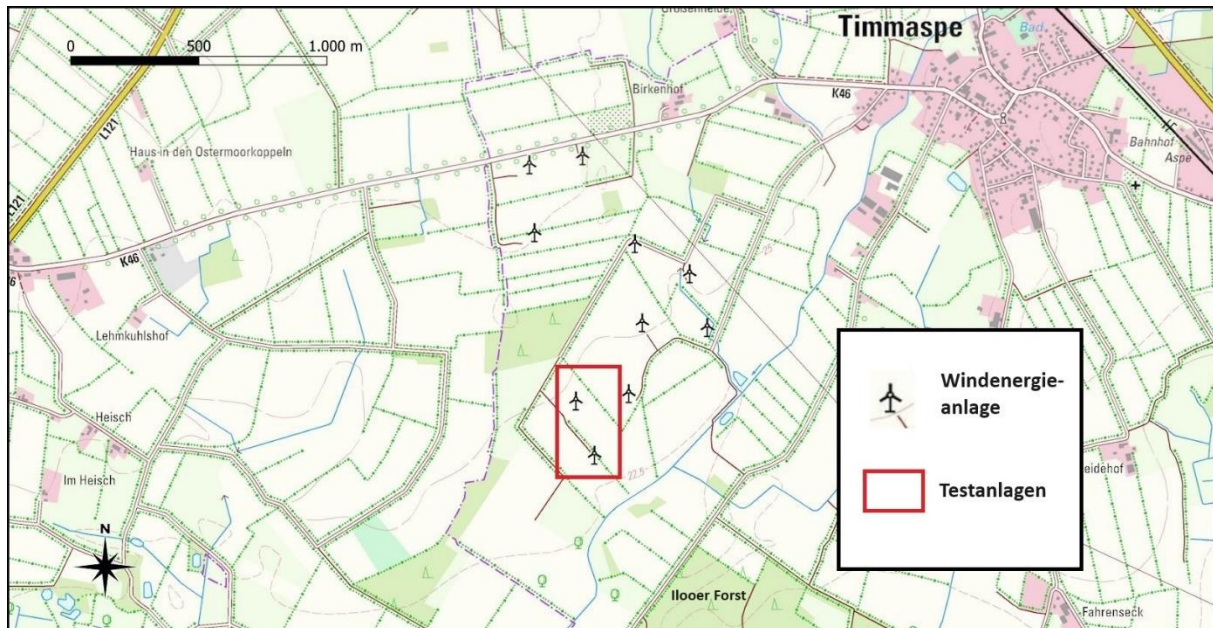


Abbildung 2: Lage der Testanlagen

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.

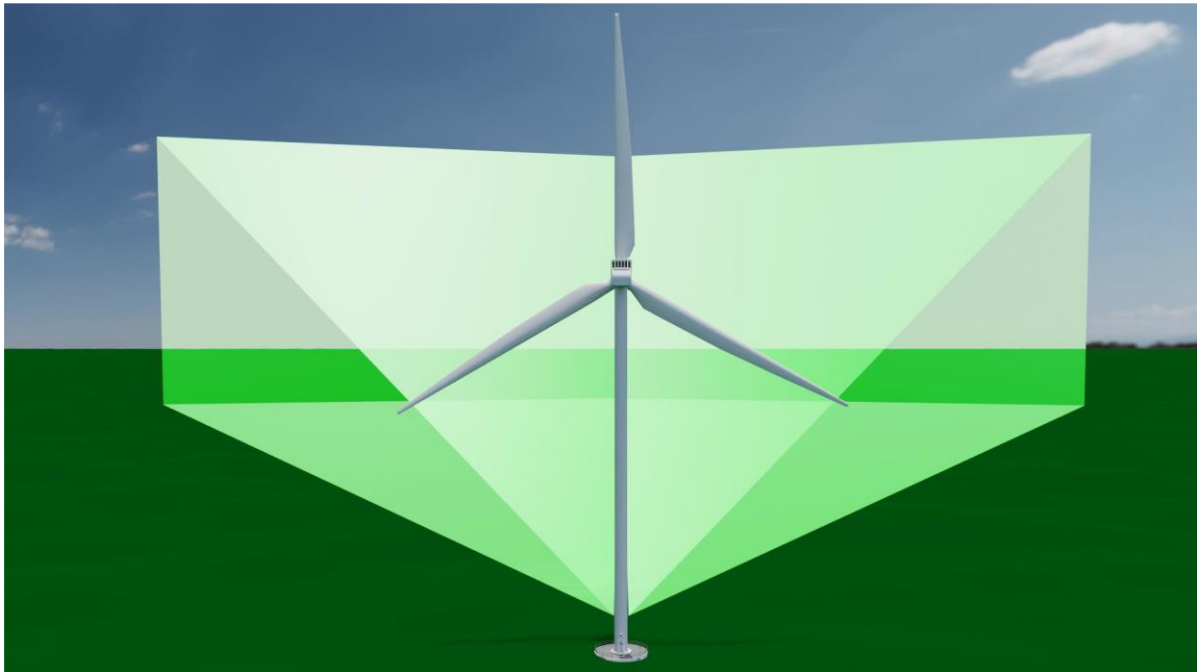


Abbildung 7: Sichtkegel vertikal

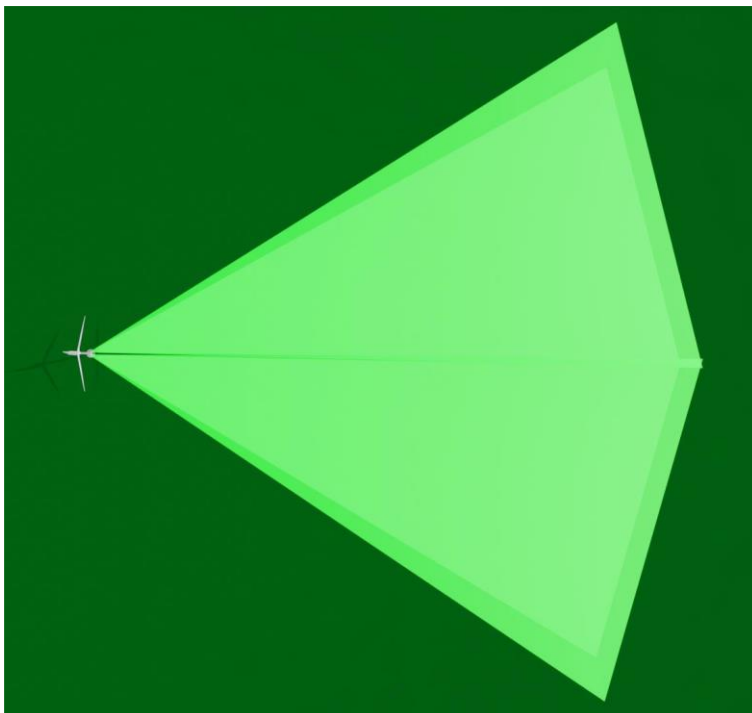


Abbildung 8: Zwei mal 30° Sichtkegel horizontal durch zwei Kameras an einer WEA



## 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.

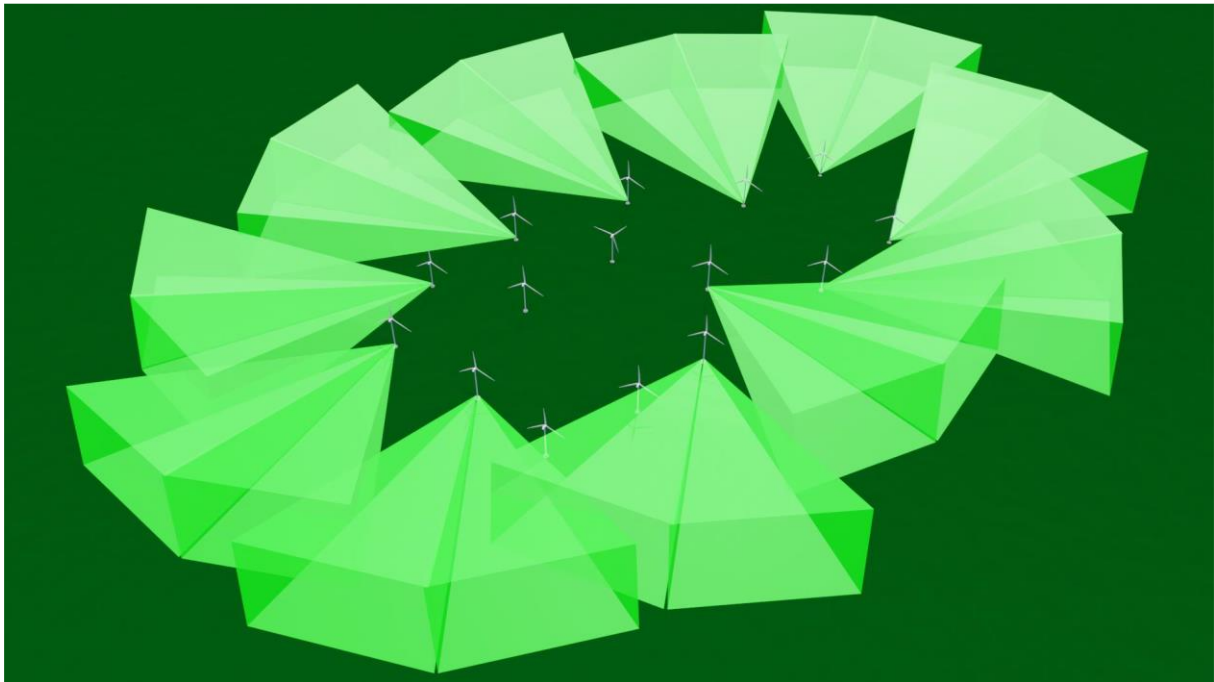


Abbildung 9: Luftraumüberwachung des Windparks

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 herangezoomt (Abbildung 10).

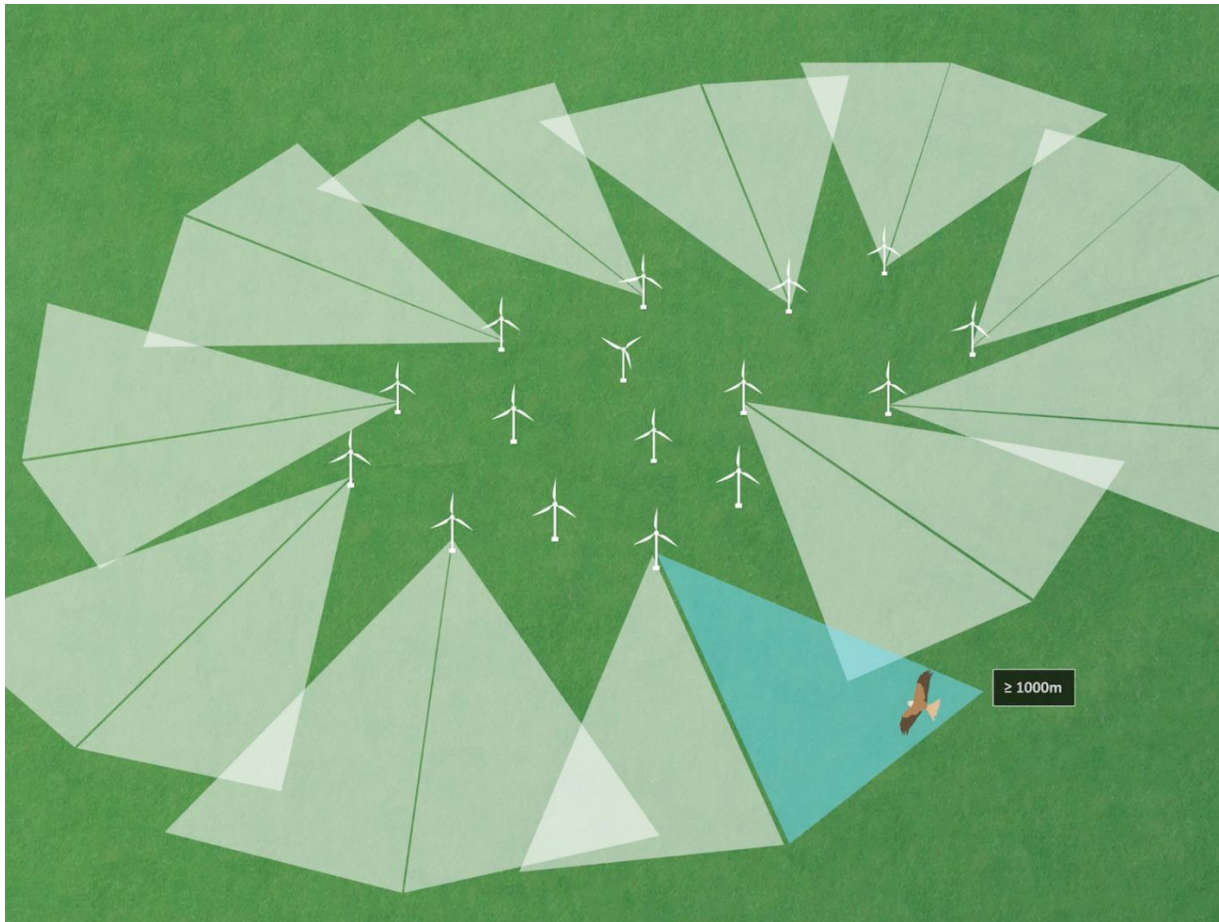


Abbildung 10: Zielvogel tritt in Kamerabereich ein

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.

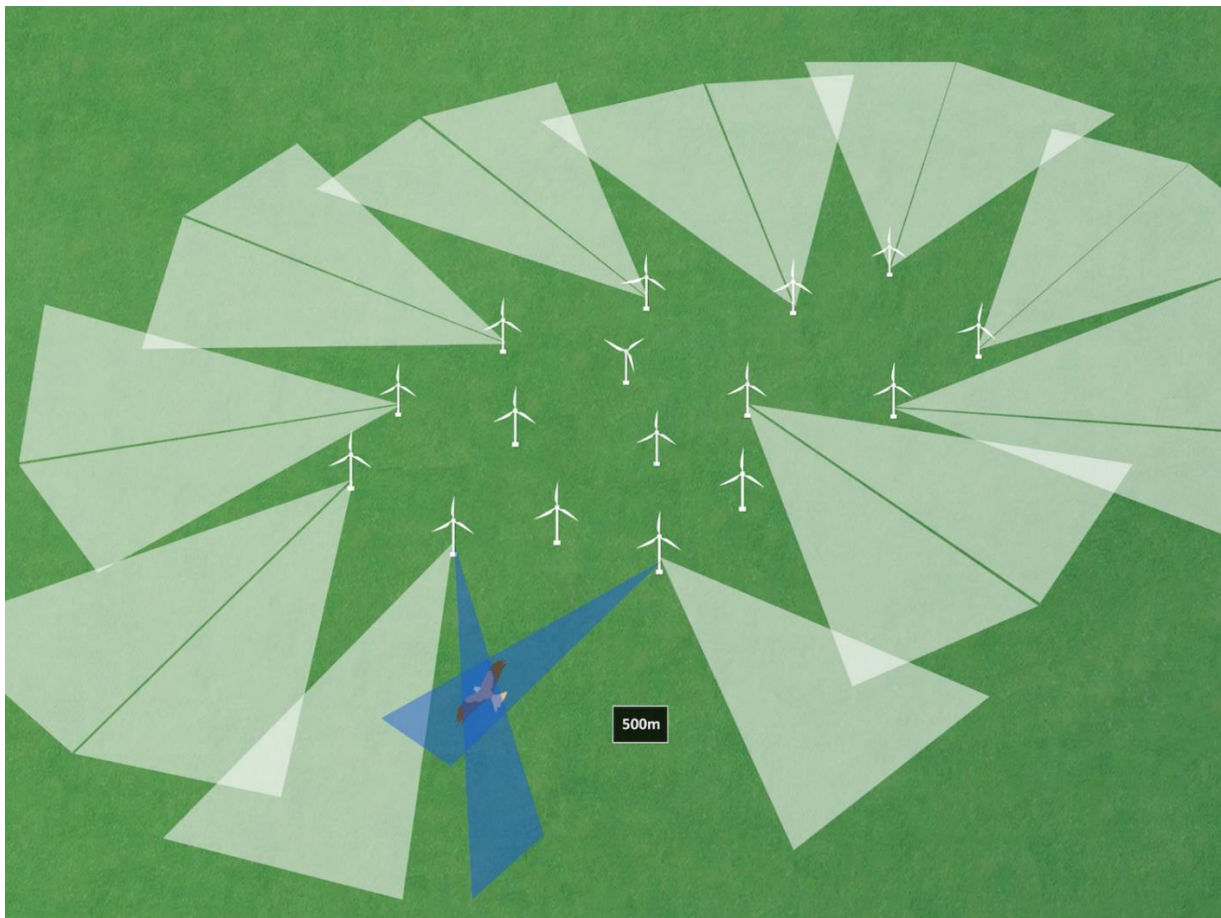


Abbildung 13: Verfolgung des Zielvogels durch zwei Kameras



#### 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.

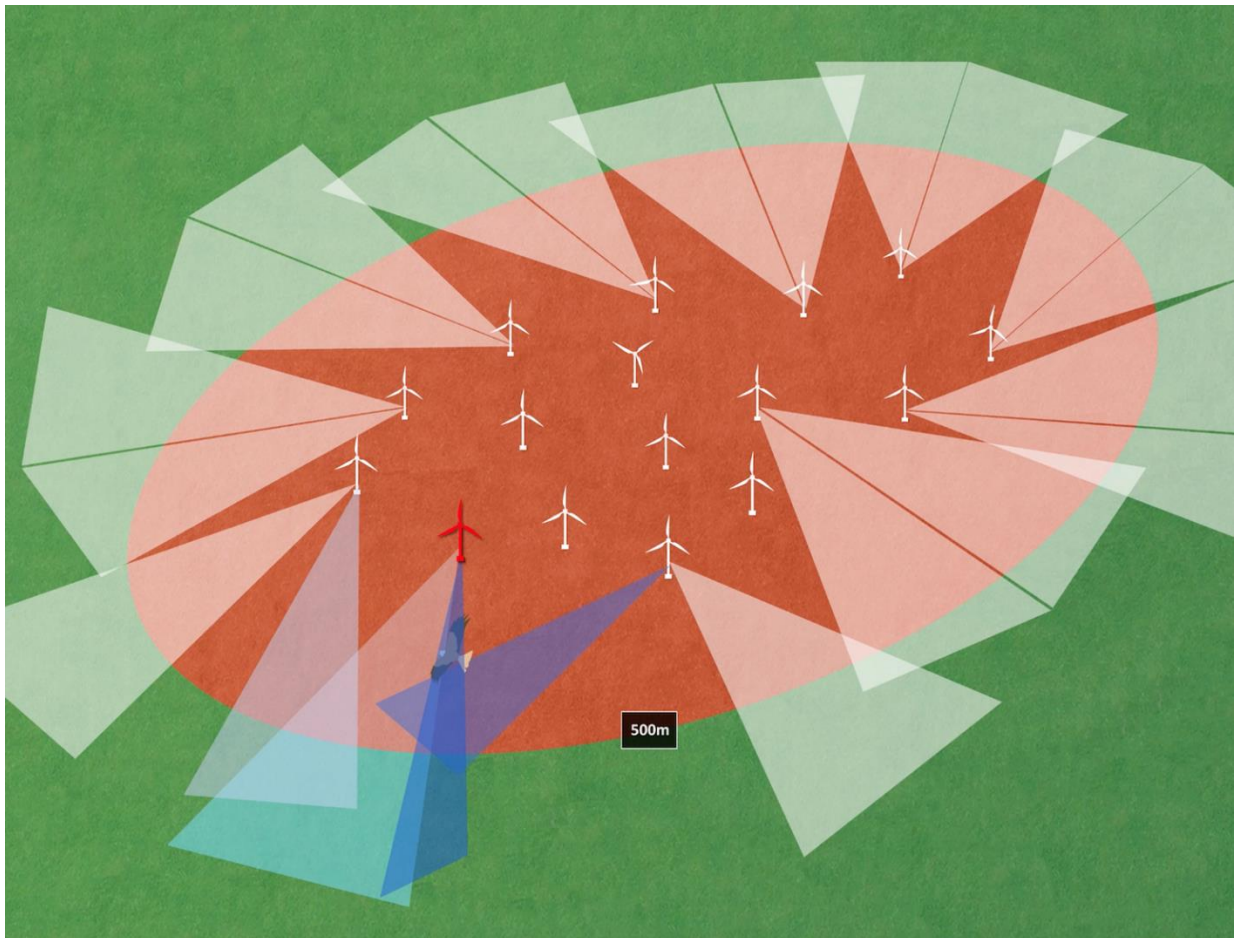


Abbildung 14: Auslösen des Trudelmodus an der betroffenen Anlage

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.

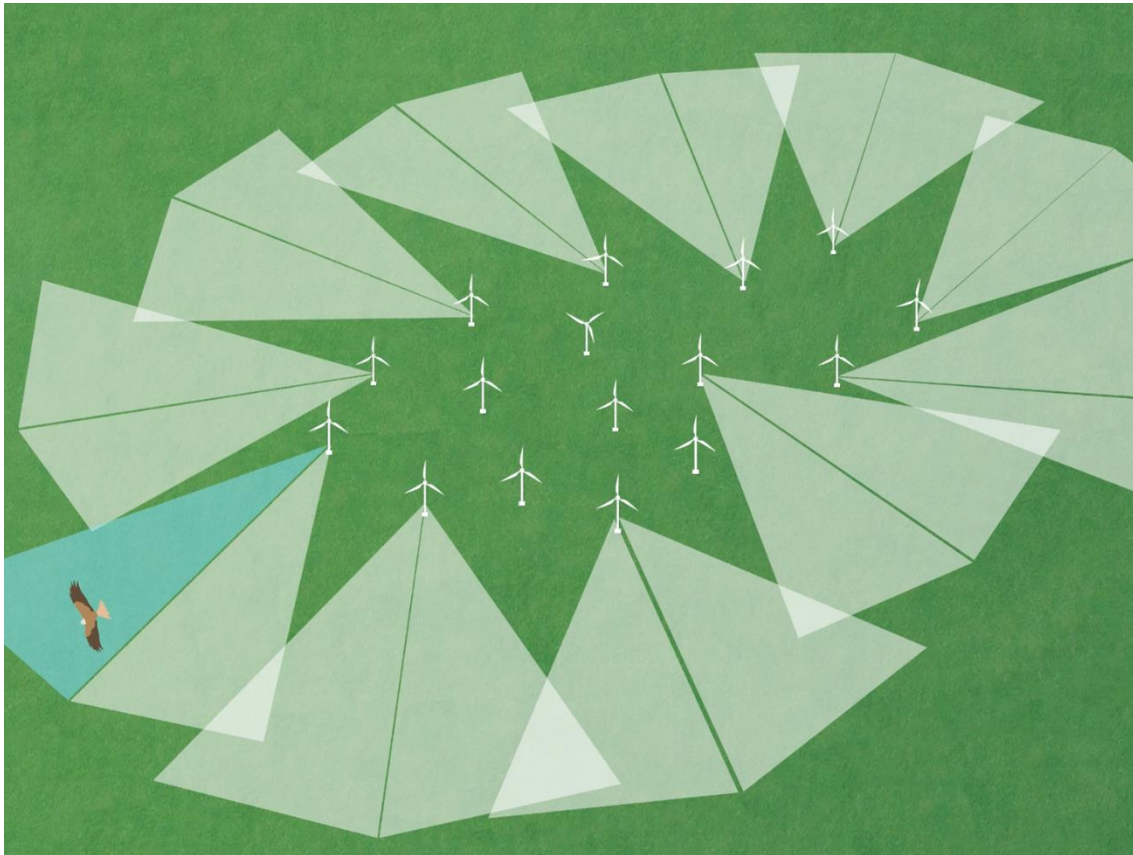


Abbildung 15: Zielvogel verlässt Gefahrenbereich

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).

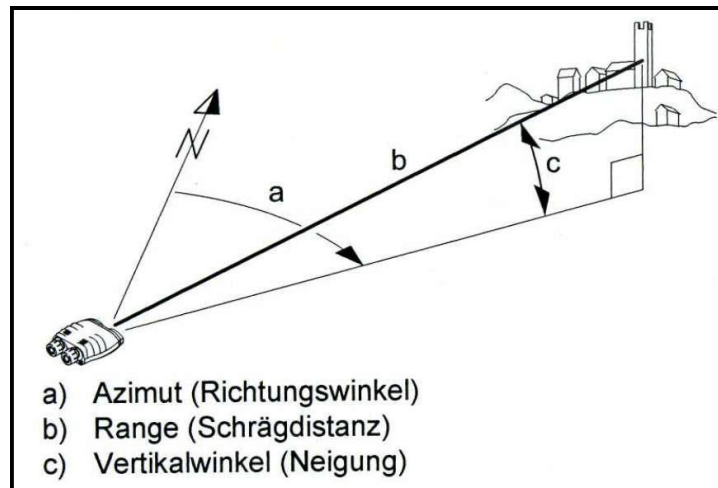


Abbildung 17: Funktion des LRFs Vector 21 Aero

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

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-Timmaspe 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).



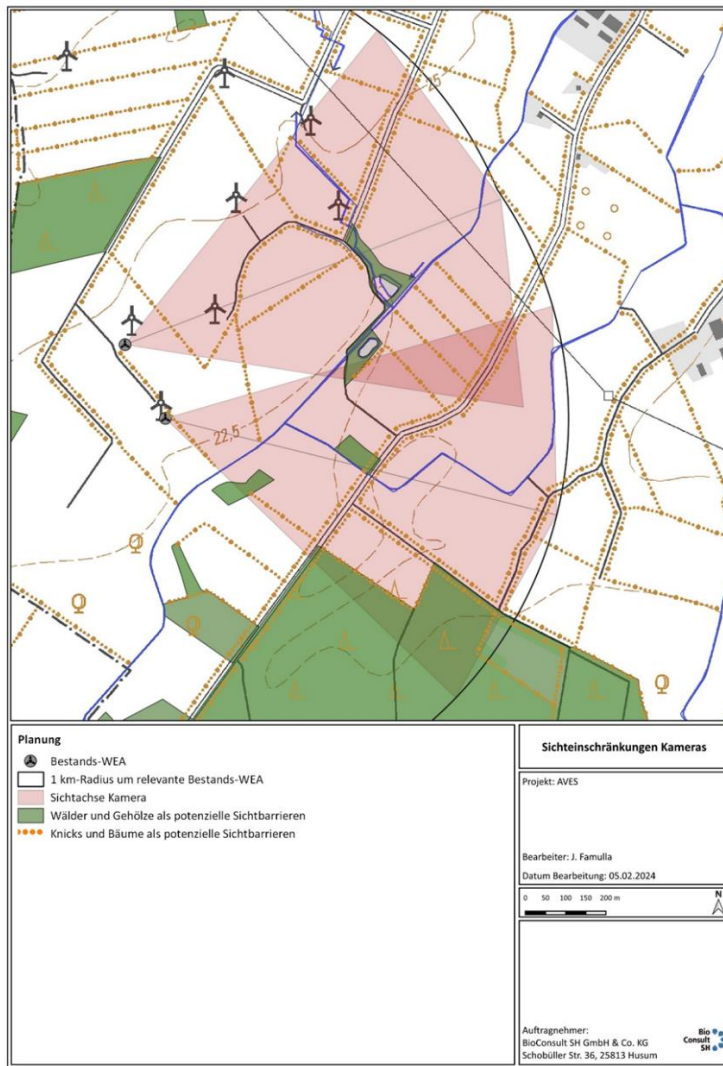


Abbildung 18: Ausrichtung der Sichtkegel der Kameras an den Testanlagen

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.

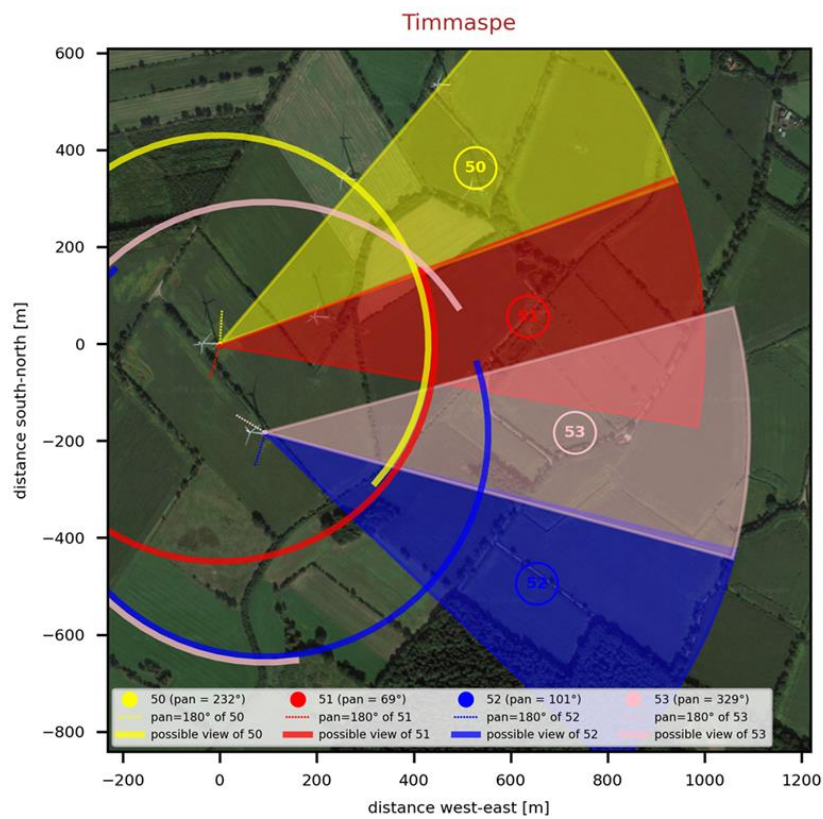


Abbildung 19: Pan-Winkel der eingesetzten Kameras

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).

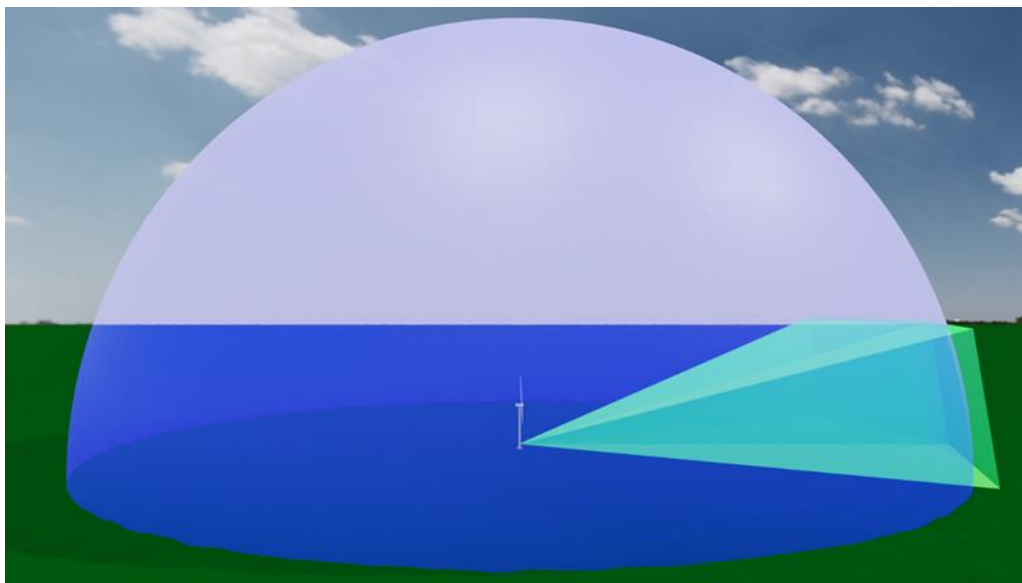


Abbildung 20: 1000m Kuppel Abdeckungsbereich jeder Kamera



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-Regressionsmethoden 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.

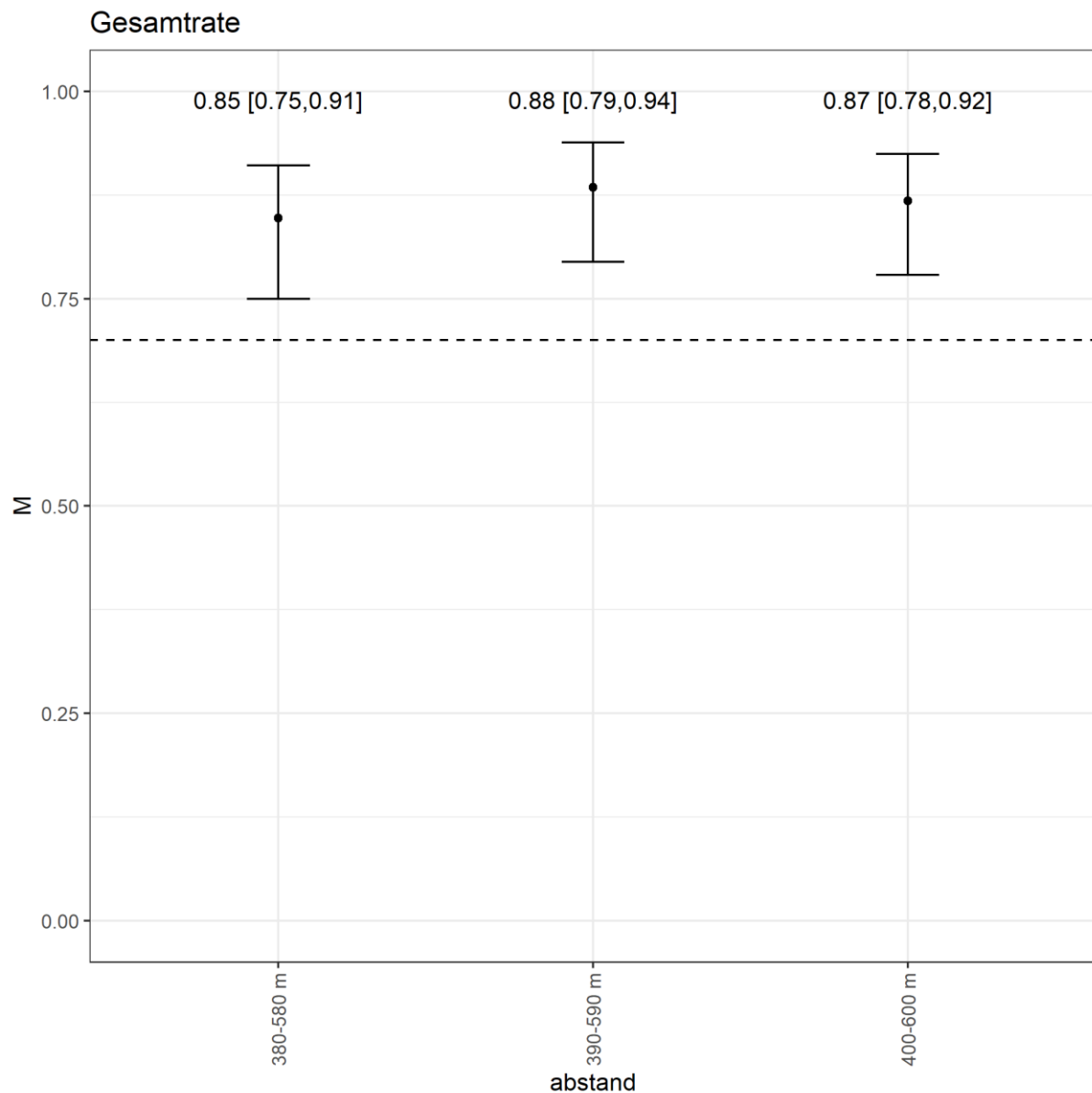


Abbildung 21: Statistische Ergebnisse zur Gesamtrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle.

### 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).

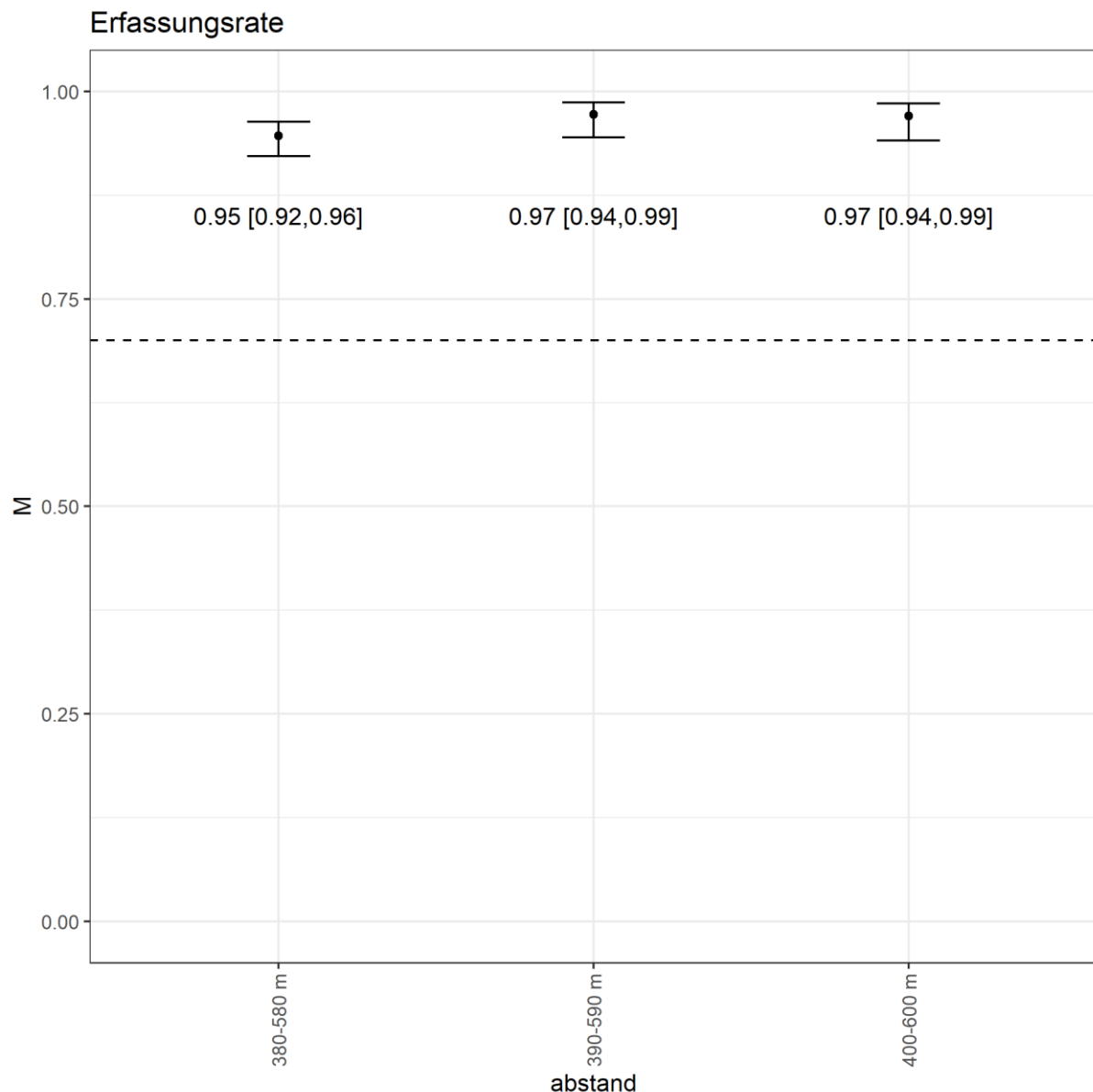


Abbildung 22: Statistische Ergebnisse zur Erfassungsrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle.

### 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.

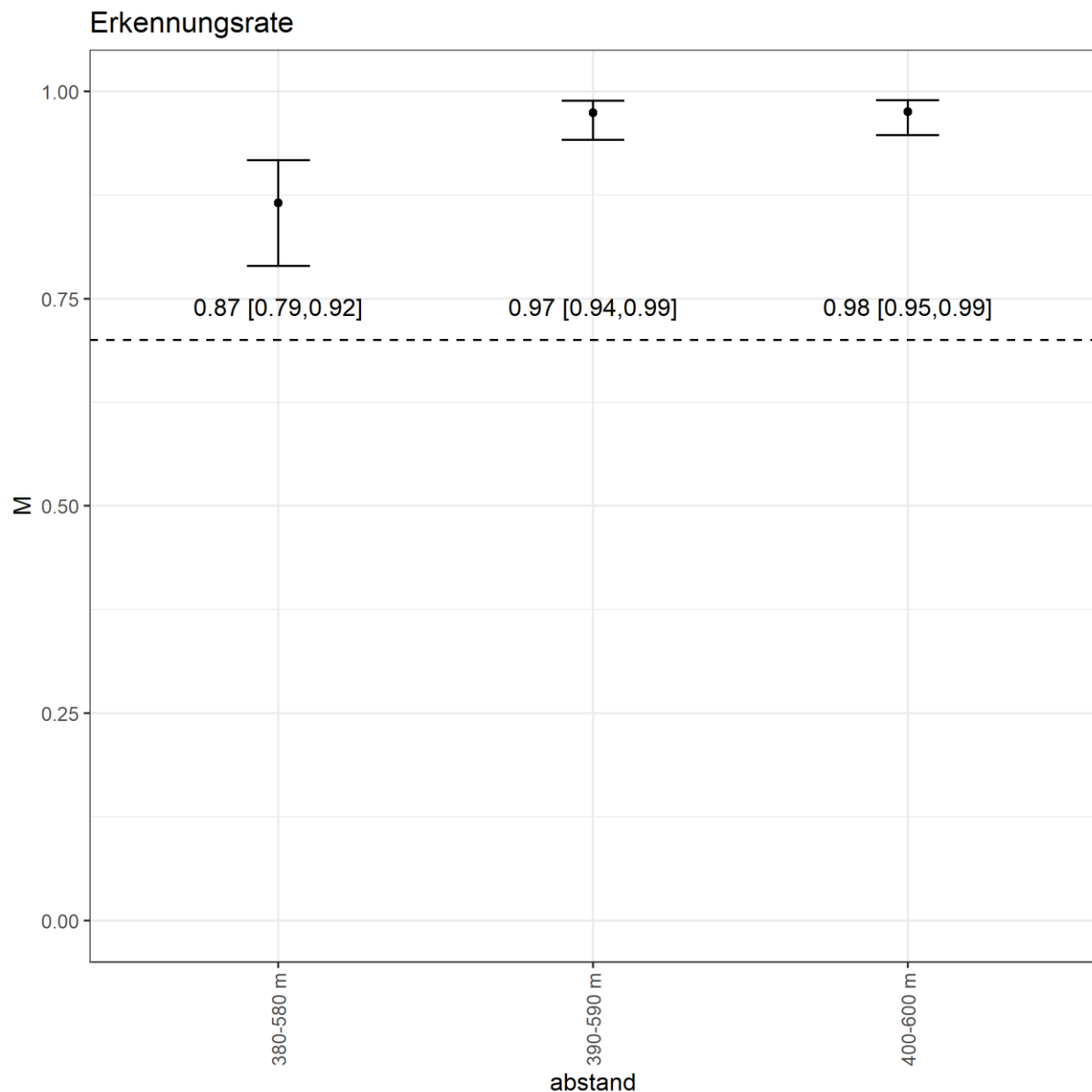


Abbildung 23: Statistische Ergebnisse zur Erkennungsrate bzgl. des Rotmilans basierend auf logistischen GLMM-Analysen. Schwarze Punkte geben Mittelwerte an, schwarze Balken 95%ige Konfidenzintervalle.

#### 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 - Hitzeblimmern	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, 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 Timmaspe getestet	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 „Prüfrahmen für Antikollisionssysteme“ (Prüfrahmen 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.

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

**Erkennungsrate:** Die mittlere (artspezifische) empirisch ermittelte Rate, mit der das AKS eine bereits erfasste Zielvogelart (vgl. Erfassungsrate) korrekt hinsichtlich der Art oder Größenklasse zuordnet. Die Erkennungsrate bezieht sich auf einen Erfassungsbereich. Die Erkennungsrate 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 Erkennungsrate, 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 Messungenauigkeit 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



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-ZM-16001-01-00

# Nutzungsrecht am Kundenlogo der ICG Zertifizierung GmbH

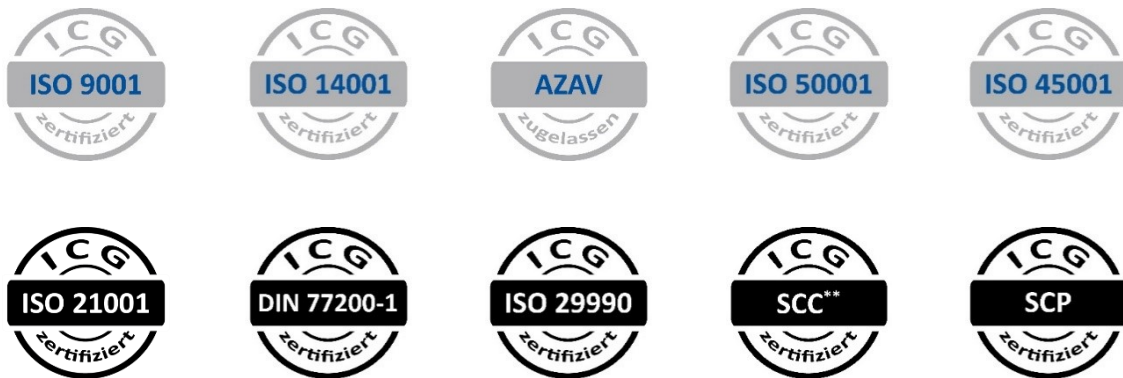


## § 1 Gegenstand der Vereinbarung

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 Verpackung 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 DAkkS-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 Nutzhmers, das ICG Kundenlogo zu nutzen oder Hinweise auf eine bestehende Zertifizierung zu veröffentlichen, wird sofort entzogen, wenn:
  - das Zertifikat des Nutzhmers ausgesetzt, eingeschränkt oder entzogen wird, siehe auch § 2 Nr. 6
  - das ICG Kundenlogo vertragswidrig vom Nutzhmer genutzt wird (dies schließt die inkorrekte Bezugnahme auf das zertifizierte System sowie die irreführende und mehrdeutige Verwendung des Logos ein),
  - der Nutzhmer die Gebühren entsprechend der gültigen Verträge nicht fristgemäß begleicht,
2. Der Nutzhmer verpflichtet sich hiermit, bei Entzug des Nutzungsrechts des ICG Kundenlogos sofort die Nutzung einzustellen.
3. Entstehen durch Zuwiderhandlungen des Nutzhmers 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 Nutzhmer 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



# IdentiFlight – How it Works

Windenergietage, Potsdam

November 11, 2021

Carlos Jorquera, Chief Technologist

# IdentiFlight in the Field



- **Technology development began in 2013**
  - **First Installations in 2016**
  - **First Commercial Deployment in 2018**
  - **viNet Neural Network updates began in 2019**
- 
- ✓ Operating with 98% uptime availability
  - ✓ 1% to 3% species identification false negative rate
  - ✓ Installed in more than 20 windfarms in 5 countries on 3 continents, protecting over 250 turbines
  - ✓ Providing automated curtailment on GE, Siemens Gamesa, Vestas, Goldwind, Suzlon, Nordex, Enercon turbines
  - ✓ Demonstrated and documented at actively reducing Eagle fatalities
  - ✓ Full SCADA integration with capability of generating reports, heatmaps and data visualizations



# Independent Studies



Study	IdentiFlight Customer	Study Organization	Study Purpose	Anticipated Results Available
Refining Curtailment for Eagles	NA	Peregrine Fund	Study eagle tracks and images from Duke's Top of the World project to determine improved curtailment strategies for the IdentiFlight product.	2021
Eagle Risk Modeling Project	NA	NREL and WEST	Using IdentiFlight tracks and images of eagles with atmospheric fluid flow models, build predictive models of wind flow and eagle risk.	2021
Eagle Fatalities Reduction at Top of the World	NA	Peregrine Fund	Estimate the eagle mortality reduction realized at Duke's Top of the World Windfarm with a control of Duke's Campbell Hill windfarm (where there are, currently, no IdentiFlight units)	"Automated curtailment of wind turbines reduces eagle fatalities," Journal of Applied Ecology, January 2021
Validation of a Camera System to Prevent Bird Collisions with Wind Turbines – How good is IdentiFlight at protecting the Red Kite?	erneuerbare energien europa e3 GmbH	ARSU GmbH, OekoFor GbR	Evaluate IdentiFlight detection, classification and curtailment capabilities in relation to turbines installed at several wind parks across Germany.	October 2021
IdentiFlight – Validation of Classification and Curtailment Capabilities of Wind Turbines	Vattenfall Vindkraft AB	Vattenfall Vindkraft AB, Seeking approval from Swedish Authority	Evaluate IdentiFlight detection, classification and curtailment capabilities in relation to turbines installed at the Gotland Wind Project in Sweden.	August 2021
Testing of the automatic bird detection system IdentiFlight® on the test field of WindForS as part of nature conservation research (NatForWINSSENT)	erneuerbare energien europa e3 GmbH	Swiss Ornithological Institute, CH – 6204 Sempach	Evaluate IdentiFlight detection and classification capabilities in relation to target bird species at the observation site in Geislingen, Germany	Released in Dec 2020





Wind Farm



Mobile

# How it works





## High Resolution Stereoscopic Cameras

- Movable
- Measure distance and 3D spatial position
- Measure velocity vector
- Measure wingspan
- Collect other data for machine vision species analysis
- Tracks bird

## Wide Field of View Cameras

- 360-degree hemispherical coverage
- Detect eagle sized objects out to 1,000 m
- Discriminate bird motion from scene motion

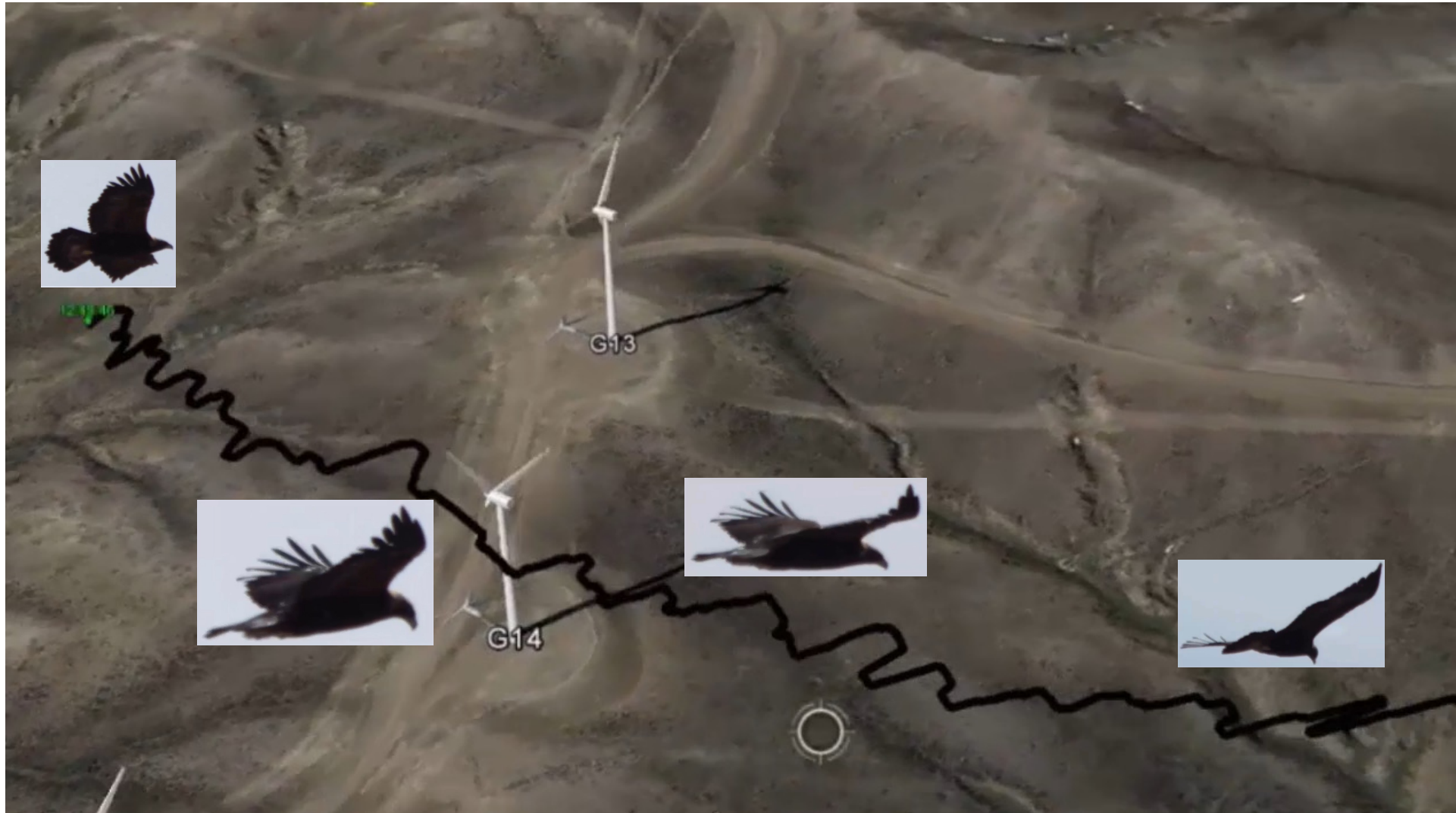
IdentiFlight uses AI enabled machine vision for classification of species



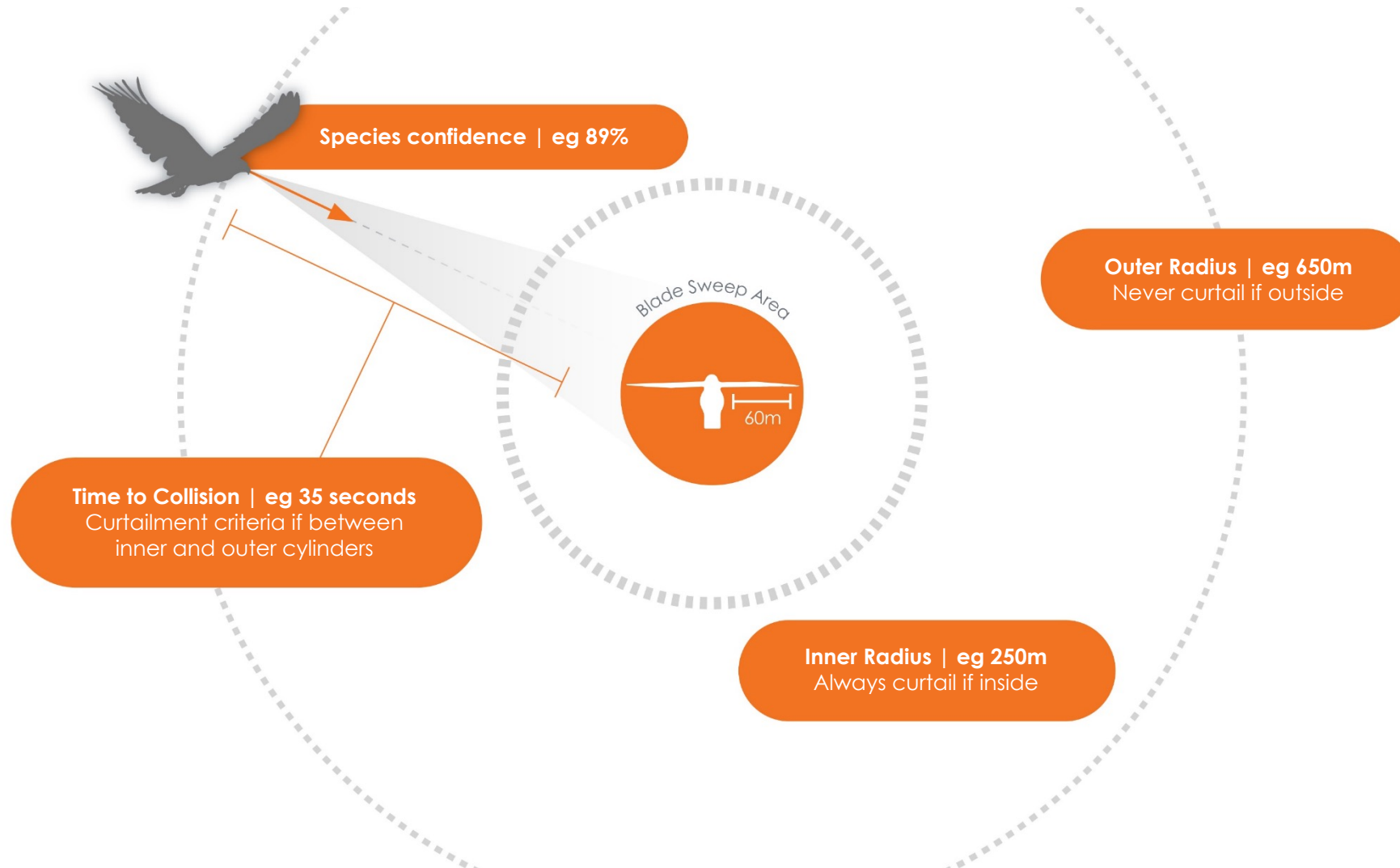
# How it works



# Precision Tracking and Species Identification



# Curtailment Prescription





# Species Classification – North America and Tasmania



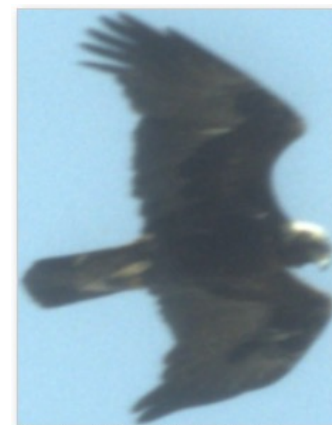
# Classification Challenges for Bald and Golden Eagles



Species: Golden-Eagle Confidence:  
1.000



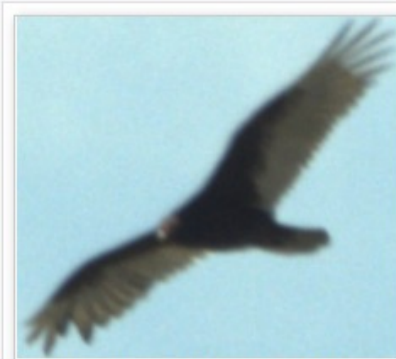
Species: Golden-Eagle Confidence:  
0.989



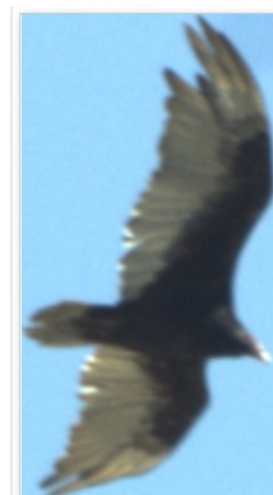
Species: Golden-Eagle Confidence:  
1.000



Species: Turkey-Vulture Confidence:  
1.000



Species: Turkey-Vulture Confidence:  
1.000



Species: Turkey-Vulture Confidence:  
1.000

# Classification Challenges for Bald and Golden Eagles



Species: Golden-Eagle Confidence: 1.000



Species: Golden-Eagle Confidence: 1.000



Species: Golden-Eagle Confidence: 1.000



Species: Turkey-Vulture Confidence: 1.000



Species: Turkey-Vulture Confidence: 1.000



Species: Turkey-Vulture Confidence: 1.000



Species: Hawk Confidence: 1.000



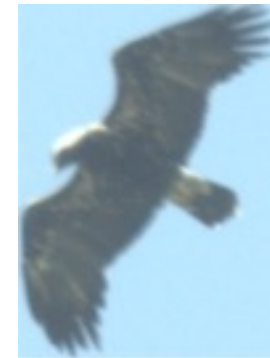
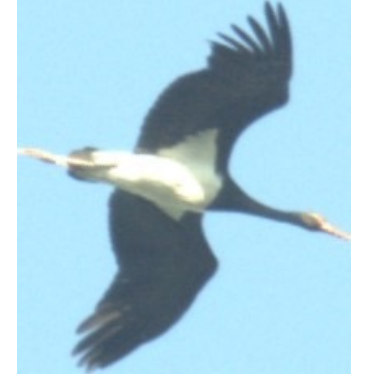
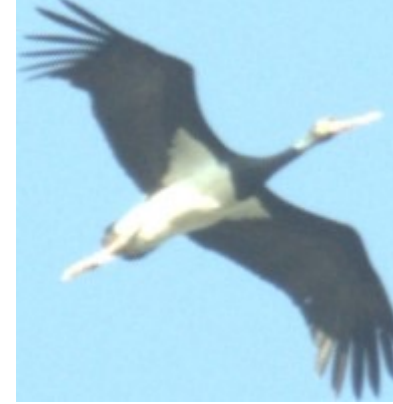
Species: Hawk Confidence: 1.000



Species: Hawk Confidence: 1.000



# Species Classification – Europe



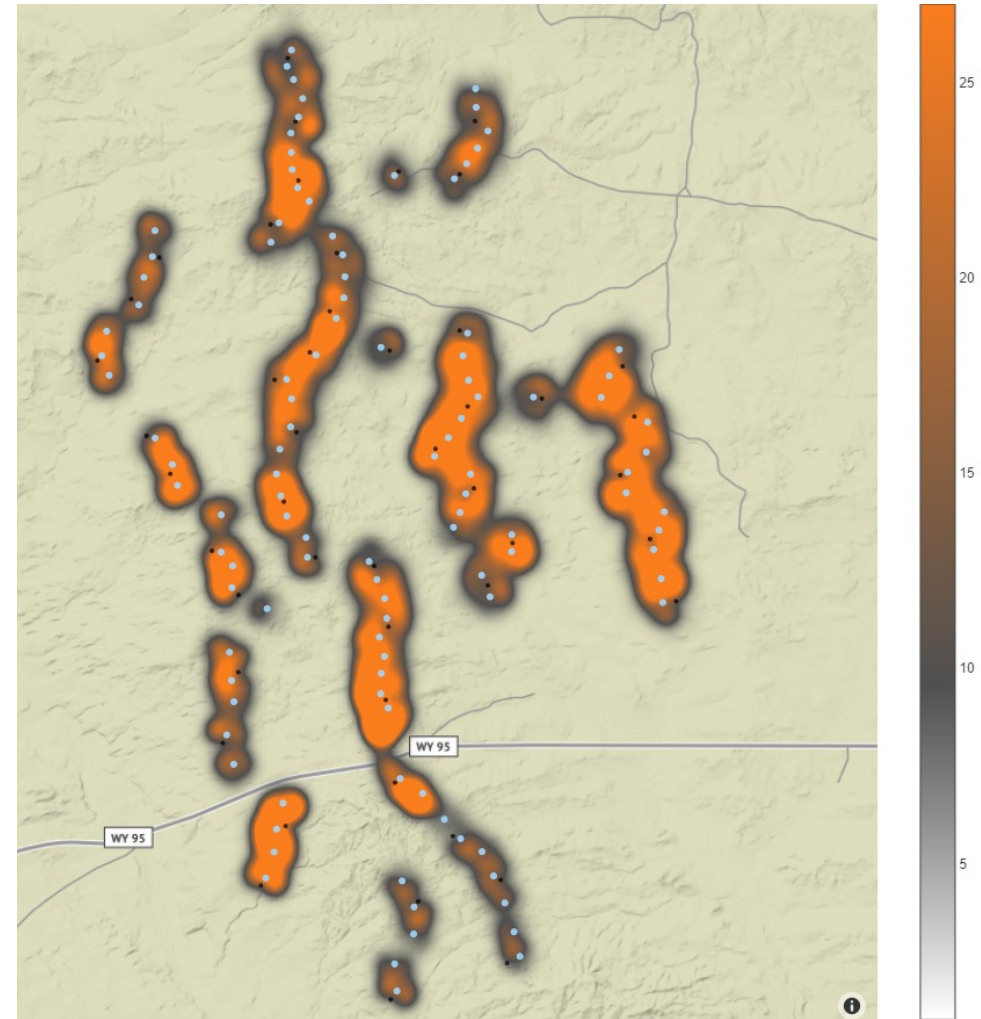
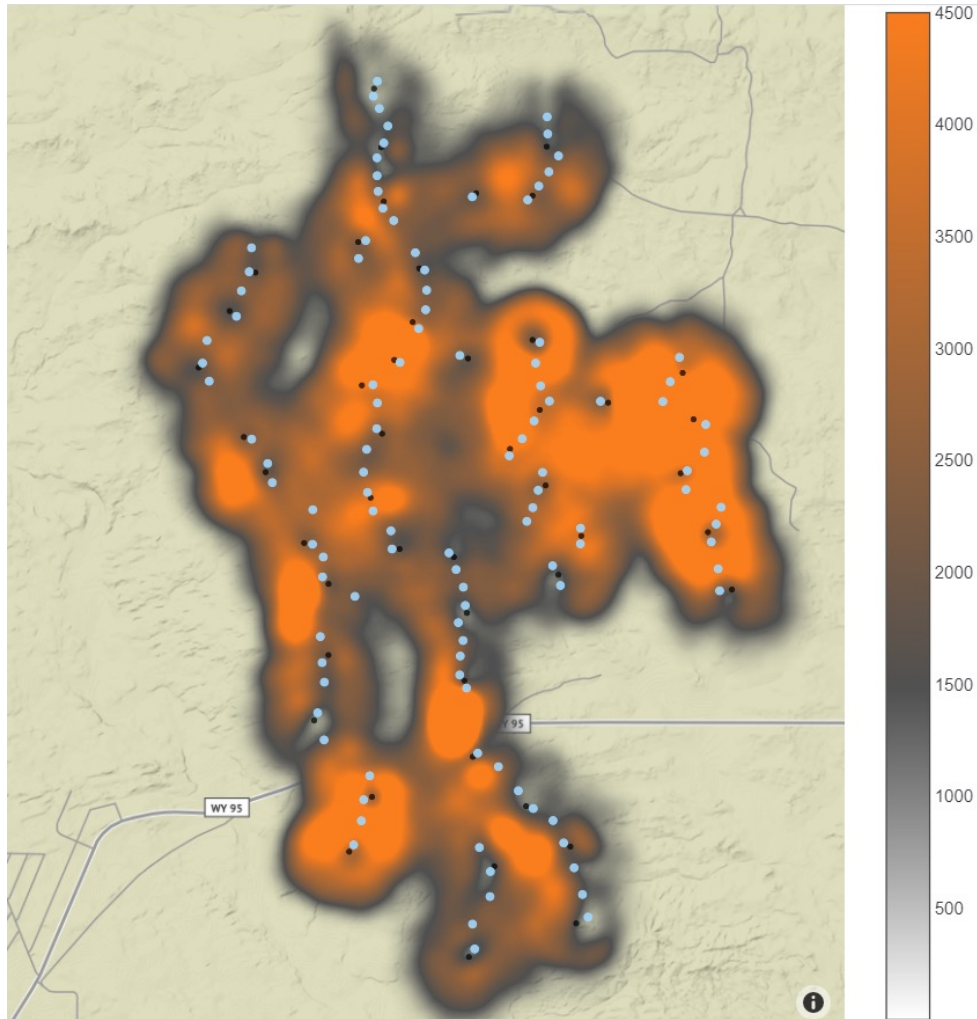




## Dashboard

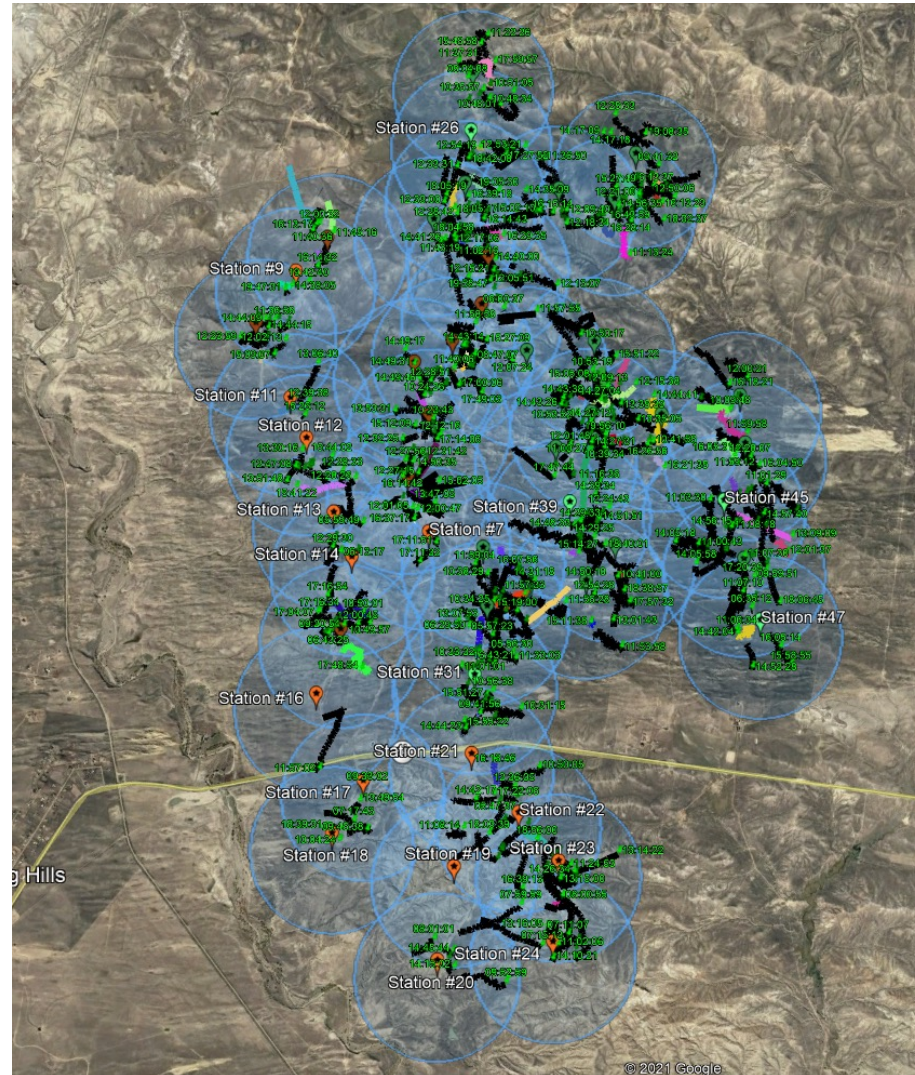
- Provides real-time site activity
- Configurable heat map generation
- Custom reporting
- Export of track data and site imagery

# Overall Eagle Activity vs Activity Leading to Curtailment










# Curtailment Flight Tracks



7 May 2021

# Track Data Reports



TrackID	DateTimeStamp	SpeciesTypeNan	ConfidenceLev	HeightAGL	HorizontalDistance	ElevationAGL	Image
40766663	5/29/2017 15:41:23.813	Eagle	0.95	29	356	414	
40766663	5/29/2017 15:41:24.840	Eagle	0.95	29	358	414	
40766663	5/29/2017 15:41:25.873	Eagle	0.95	31	353	414	
40766663	5/29/2017 15:41:26.927	Eagle	0.95	31	342	414	
40766663	5/29/2017 15:41:27.953	Eagle	0.95	29	329	414	

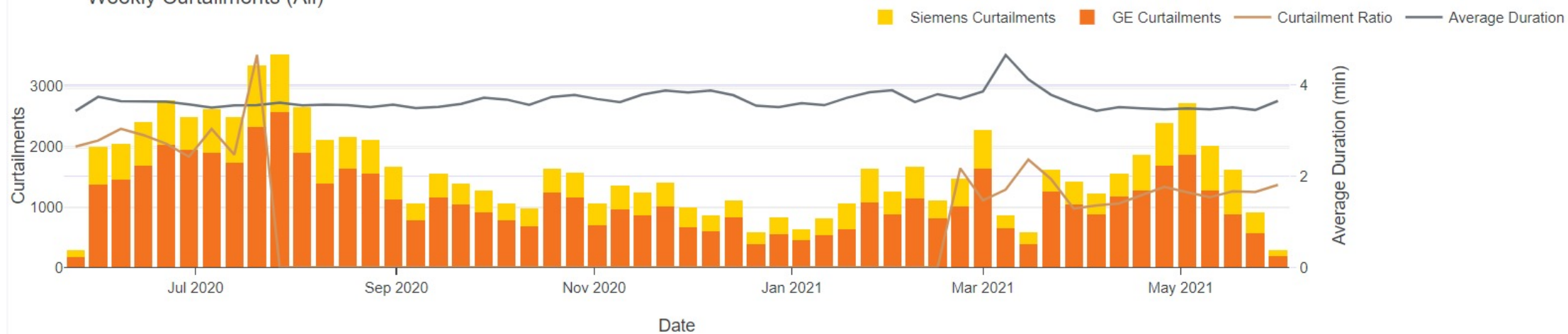
# Curtailments



## Monthly Curtailments (All)

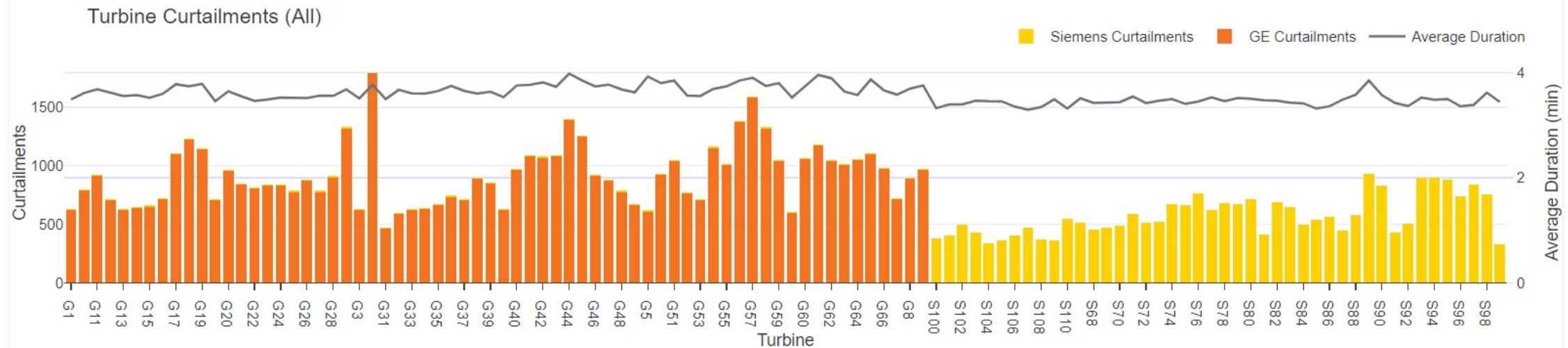
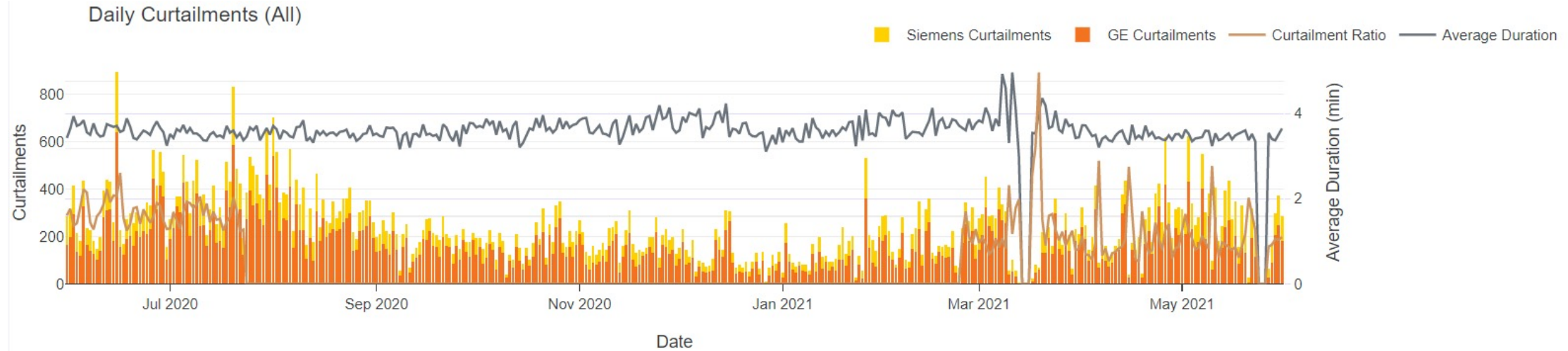


## Weekly Curtailments (All)

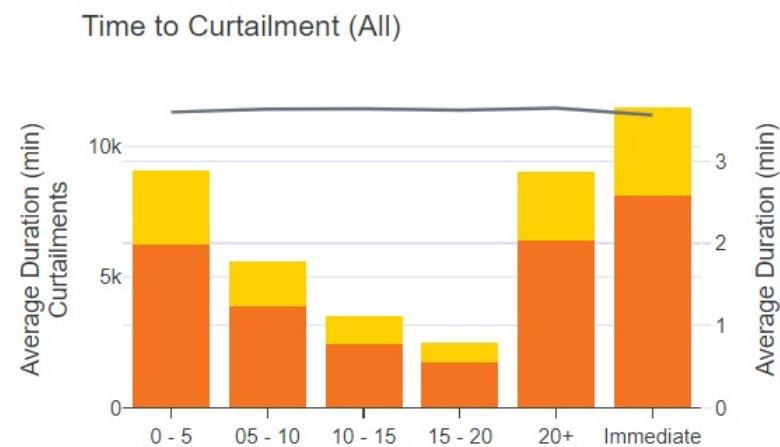
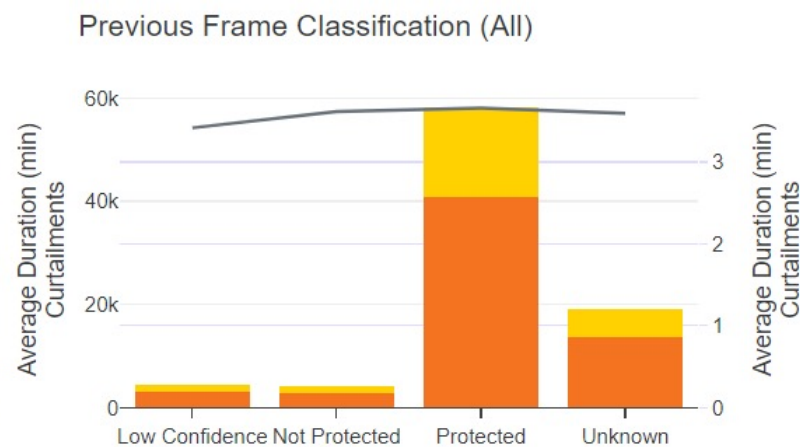
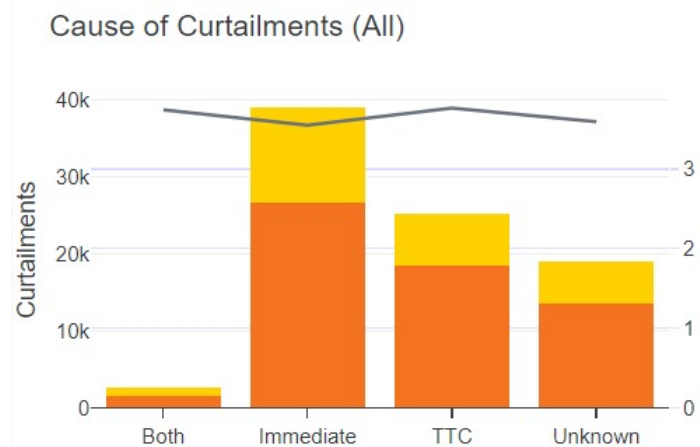
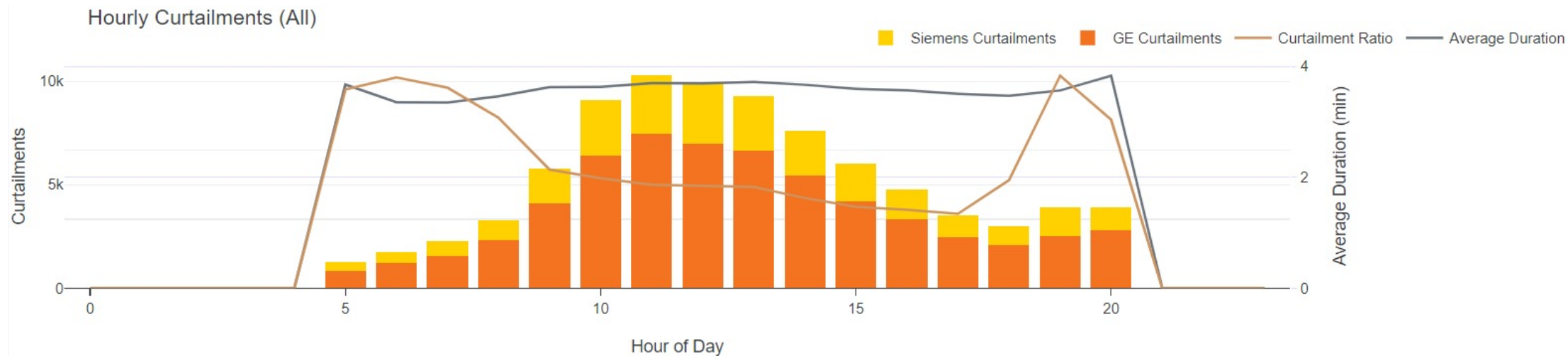




# Curtailments



# Curtailments







Thank you

---

## AVES WIND SDA + INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

### AUGMENTER LA PRODUCTION D'ÉNERGIE EN PROTÉGEANT LES ESPÈCES.

Biotope Technologies est le département de Biotope spécialisé dans le développement d'applications, la mise au point, l'installation et la maintenance de matériels connectés.

Leader mondial de l'ingénierie environnementale, Biotope s'appuie sur 20 ans d'expérience dans le secteur des énergies renouvelables et le développement de parcs éoliens.

**La nouvelle solution de détection et d'identification en temps réel AVES Wind est basée sur le système développé par ProTecBird et l'expertise de nos ornithologues.**

Grâce à une conception robuste, une détection en temps réel et une mise en réseau intelligente des systèmes, AVES Wind est la solution la plus avancée pour la protection des espèces patrimoniales et l'optimisation de la production d'énergie.

Avec un apprentissage évolutif, l'Intelligence Artificielle est en mesure de cibler des espèces précises et de limiter les arrêts administratifs des parcs.

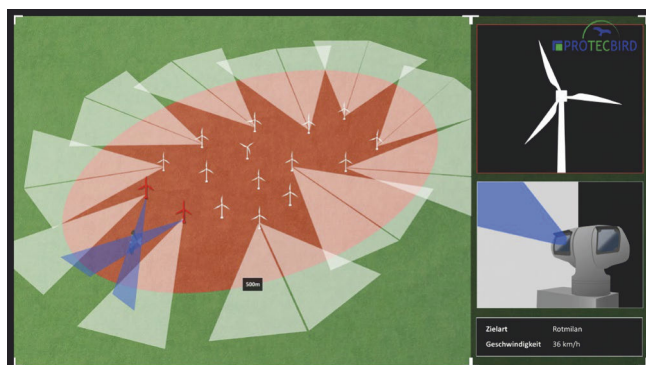
AVES Wind est déjà déployé en Europe sur des fermes éoliennes Offshore et Onshore.



Red Kite 0.92

Milan royal identifié sur un système AVES Wind ONSHORE

**" Déjà présent dans la lutte contre les collisions de chauves-souris avec le système Chirotech +, Biotope s'est tourné naturellement vers le système le plus innovant et performant du marché. "**



Exemple de configuration sur une ferme éolienne

Pour obtenir des informations sur votre futur SDA, votre contact :

Vincent KOCH - 06 29 95 54 38 - [technologies@biotope.fr](mailto:technologies@biotope.fr)

BIOTOPE TECHNOLOGIES - PARC AQUATECHNIQUE - 13 Rue d'Amsterdam - 34200 Sète - France - [www.biotope.fr](http://www.biotope.fr)





# INNOVATIONS ET AVANTAGES

- Un dispositif muni de caméras jour / nuit (IR) avec nettoyage automatique de l'optique
- Une mise en réseau intelligente des systèmes grâce à un logiciel développé pour l'armée
- Vue 360° et zoom : une détection à 1 000 m
- Avec l'intelligence artificielle, AVES Wind permet une identification à l'espèce à 400 m
- L'effarouchement sonore optionnel est effectué avec un son synthétique anti-habitude
- Le système communique grâce à l'interconnexion SCADA
- Les équipes Biotope réalisent en local les études amont et la maintenance des systèmes



## QUAND NOUS CONTACTER ?

### DÉVELOPPEMENT

Biotope assure les études préalables de dimensionnement, la détection et l'identification des espèces, et mène au besoin une campagne d'apprentissage de l'Intelligence Artificielle.

### EXPLOITATION

Le système AVES Wind peut être installé sur des parcs en fonctionnement sans modification et s'adapte à toutes les configurations.

### REPOWERING

Nous nous adaptons aux nouvelles contraintes de votre parc grâce à une simulation précise de la configuration nécessaire.

## À DÉCOUVRIR ÉGALEMENT :

### CHIROTECH + : LE BRIDAGE HYBRIDE DYNAMIQUE CONNECTÉ

*La nouvelle solution de détection des chauves-souris et de bridage hybride dynamique, basée sur le système Chirotech + et l'expertise des chiroptérologues et des biostatisticiens de Biotope.*





# **Caractéristiques Techniques**

Version : 1.0 – Novembre 2024

## **PRODUIT**

### **Détecteur avifaune BeWe™**

QANNT SAS

208 rue saint Andieu de la Galinière 34500 Béziers – SAS à capital variable – 981294200  
RCS Béziers N° SIRET : 98129420000010 – Code NAF : 6201Z – TVA Intracommunautaire : FR27 981294200

## Section Générale

Ce document présente les différentes caractéristiques mécaniques, électriques et communication du produit de détection et de classification BeWe™.

Ces informations restent indicatives et définissent seulement le produit de base.

Selon la nature de l'installation à réaliser, celles-ci sont sujettes à modification, en particulier pour être en adéquation avec le site à surveiller (obstacles, restrictions importantes de surveillance, distance de détection, etc.).

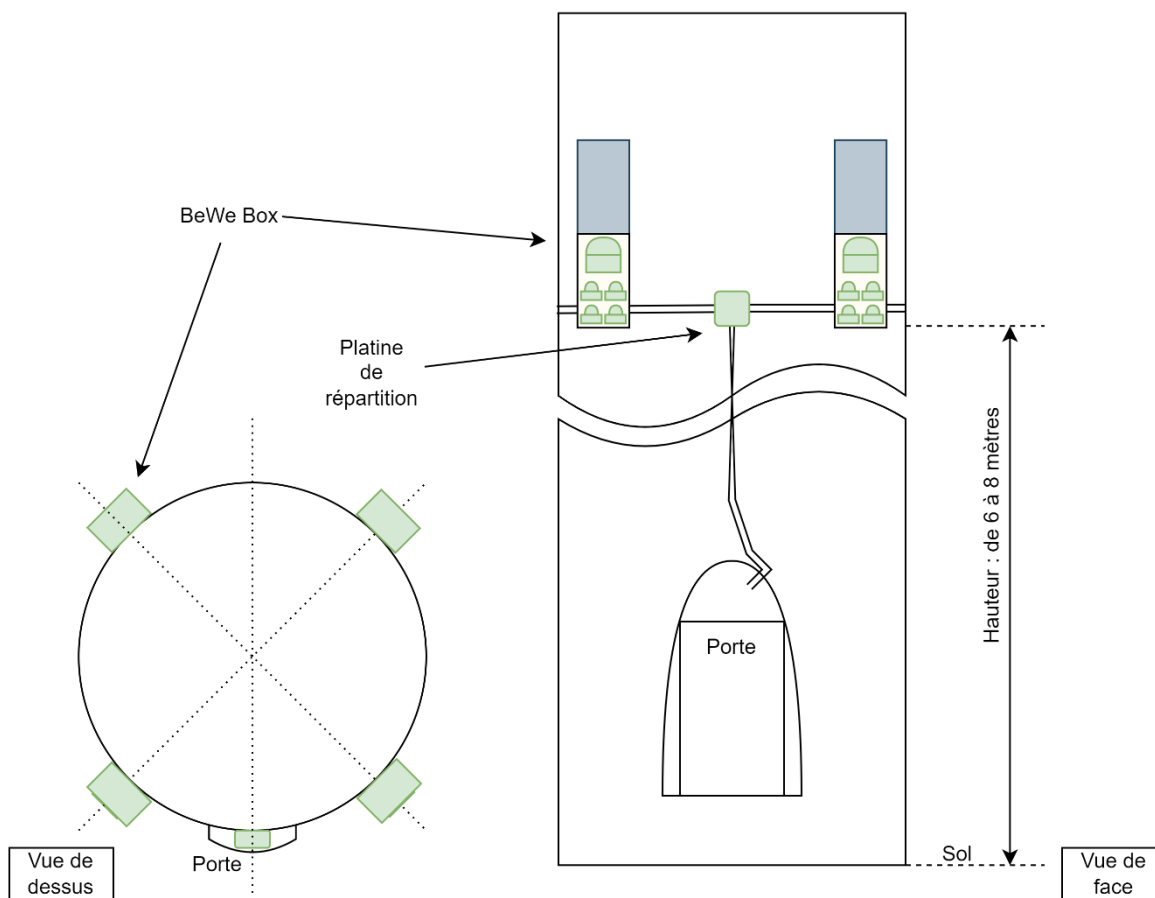
## Organisation fonctionnelle

### Synoptique de fonctionnement de BeWe™

*Cette section fera l'objet d'un document séparé*

### Implantation standard des BeWe Box™

- Platine de répartition au-dessus de la porte,
- Quatre BeWe Box à 90° l'une de l'autre



### Implantation standard du coffret BeWe Controller™

Le boîtier contrôleur est par défaut installé au rez-de-chaussée du mat, proche des armoires d'alimentation électrique et de communication. Celui-ci est positionné une hauteur permettant un accès facile à toute personne habilitée (environ 150 cm du sol, à hauteur de regard).

Plusieurs modes de fixations sont disponibles selon la configuration intérieure de l'éolienne :

- Par défaut : sur paroi métallique par aimants néodyme en pot,
- En option : par connecteur pour rail Din oméga 15/25mm

### Constitution des ensembles BeWe™

Les platines BeWe Box™ positionnées sur l'extérieur du mât, supporte chacune un ensemble de cartes contrôleurs constituant le cœur « on edge » du système (couplées aux modules QANNT WatchDog™) ainsi qu'un ensemble de caméras (quatre caméras zoom et une caméra ZT (zoom tracking)).

Elles intègrent un switch PoE, un régulateur de température (chauffage / ventilation).

En option, une caméra peut être ajoutée afin de visualiser le rotor de l'éolienne.

De plus, il existe un système d'effarouchement acoustique, lui aussi en option.

Le coffret contrôleur, installé en intérieur, est constitué par défaut de :

- 1 module de contrôle (QANNT Scheduler©),
- 1 switch Gigabit, avec alimentation PoE,
- 1 routeur / firewall,
- 1 système électronique indépendant QANNT WatchDog© par module (donc 1 pièces en standard),
- Différentes protections électriques et modules de commandes.

Selon la configuration existante, en particulier concernant l'absence de disponibilité de système de communication vers internet, différentes options peuvent être proposées :

- Routeur 4G/4G+/5G avec antenne extérieure,
- Routeur internet satellite Starlink avec antenne extérieure (boîtier supplémentaire),
- Etc.

## Caractéristiques techniques

### BeWe Box™

Boîtier Support :



- Dimensions \* : H 1100mm x L 300mm x P 300mm,
- Poids \* : ~ 25,000 kg, y compris aimants de fixation,
- Matériau : acier peint / polycarbonate,
- Fixation standard : par 8 x pots aimant néodyme diamètre 32mm,  
Force par pièce : arrachement <39 kg, cisaillement >8 kg
- Couleur standard : RAL9016, autre couleur sur demande,
- Consommation électrique : ~330 watts, prise en charge par BeWe Controller™

\* hors pics anti-oiseaux

### **BeWe Controller™**

- Dimensions \* : H 700mm x L 500mm x P 250mm,
- Poids : < 15,000 kg
- Matériau : ABS + plaque de montage intérieure en acier galvanisée,
- Fixation standard : par 4 x pots aimant néodyme diamètre 32mm,  
Force par pièce : arrachement <39 kg, cisaillement >8 kg,  
Fixation par connecteur pour Rail Din Oméga 15/25mm en option
- Couleur : RAL7035 (gris clair),
- Protection IP65 de base (peut être minorée selon perçage et type de presse-étoupes)
- Fermeture par serrure clé triangulaire,  
serrure de sécurité avec clés en option,
- Ventilation forcée permanente et/ou déclenchement par thermostat  
(dégradation de l'IP de TeWe Controller© de IP65 à IP54),
- Consommation électrique totale : ~150 watts maxi + 330 watts / BeWe Box™,  
soit environ 1 500 watts pour un système de base (4 BeWe Box™)
- Prévoir un départ électrique protégé par disjoncteur magnéto-thermique  
16A – courbe C,
- Prévoir un bornier de connexion pour conducteur de terre 2,5mm²,
- Masses métalliques reliées à la terre en interne.

\* hors pattes de fixation, presse-étoupes de sortie de câble ou connecteurs

### Connectique / câblage :

- Alimentation par câble 3G2,5mm², passage par presse-étoupe,
- Alimentation par câble multipaire (5 paires 2 x 1 mm² + terre) résistant aux UV vers boîtier de répartition extérieur pour 4 x BeWe Box™,

QANNT SAS

208 rue saint Andieu de la Galinière 34500 Béziers – SAS à capital variable – 981294200  
RCS Béziers N° SIRET : 98129420000010 – Code NAF : 6201Z – TVA Intracommunautaire : FR27 981294200

- Réseau par 4 x câbles Cat. 6, résistant aux UV vers boîtier de répartition extérieur pour 4 x BeWe Box™,
- Connecteur RJ45 pour câble réseau en interne (vers réseau client si disponible ou boîtier StarLink),
- Connecteur SMA pour antenne extérieure dans le cas de l'utilisation d'un routeur 4G/4G+/5G .



## La solution de detection 2D pour la protection des oiseaux en milieu éolien

### Solutions & expertise

#### Solution ultra performante :

- **Précision** et niveau de protection optimal
- Fonctionnement 24/7 sous toutes conditions
- **Détection multicible** sans **limite** d'espèces
- **Limite les arrêts** pour maximiser la production
- Solution performante intelligente et évolutive

#### Expertise ornithologique :

- Une **Équipe de spécialistes** ornithologues qui accompagne votre projet du début à la fin
- Analyse des **DATA videos**
- Accompagnement des **tests drone & biomonitoring**
- **Rapport** de collision

#### Expertise technique :

- Analyse des **données système** (SDA)
- Analyse des **données SCADA**
- **Recommandation** d'optimisation technique

### Performance & sécurité

#### Maîtriser la performance :

- Suivi des **faux positifs**
- Suivi du **taux de disponibilité** (>95%)
- Suivi de la **réduction des collisions**
- **Interface web** client (data/vidéos/rapports)

#### Maintenir la disponibilité :

- **Supervision** du fonctionnement système & des interactions avec l'éolienne
- **Alertes automatiques** en cas d'anomalie (matériel/logiciel)
- **Anticipation** des défaillances matérielles

#### Cybersécurité :

- **Stockage avec garantie** d'accessibilité aux données
- **Sécurité renforcée** (firewall, VPN)
- **Support continu** via une équipe dédiée



### Un service sur mesure

- **Paramétrage spécifique** pour répondre aux besoins du client et des réglementations
- Une **solution évolutive** pour répondre à chacun de vos enjeux
- **Installation sur mesure** en fonction des enjeux réglementaires

### Faible coût de maintenance

- **Robustesse et Durabilité** : Faible taux de remplacement des pièces d'usures
- **Maintenance à distance**
- **Offre clés en main** incluant les pièces d'usures (Maintenance préventive & corrective)

### Service client

- **Accompagnement personnalisé** selon les **besoins** du parc (technique ornithologique et réglementaire)
- **Hotline**
- Des **interlocuteurs dédiés**



## Spécifications techniques et Equipement

### Matériel :

- **8 Caméras 2K/4K** (Focal: 2.8mm)
- **1 unité centrale** de traitement
- **1 boîte de jonction**, avec enregistreur

### Options

Enregistrement continu/ Spot Infra-rouge/ Visibilimetre/ Réseau 4G & Satellite

### Caractéristiques techniques:

- **Fixation par aimant** et cerclage en acier inoxydable.
- Matériel industriel aux **normes CE**
- Caméra **IP66**
- Haut-parleur jusqu'à **120dB**
- Résistances aux températures extrême de **-30°C à 47°C**



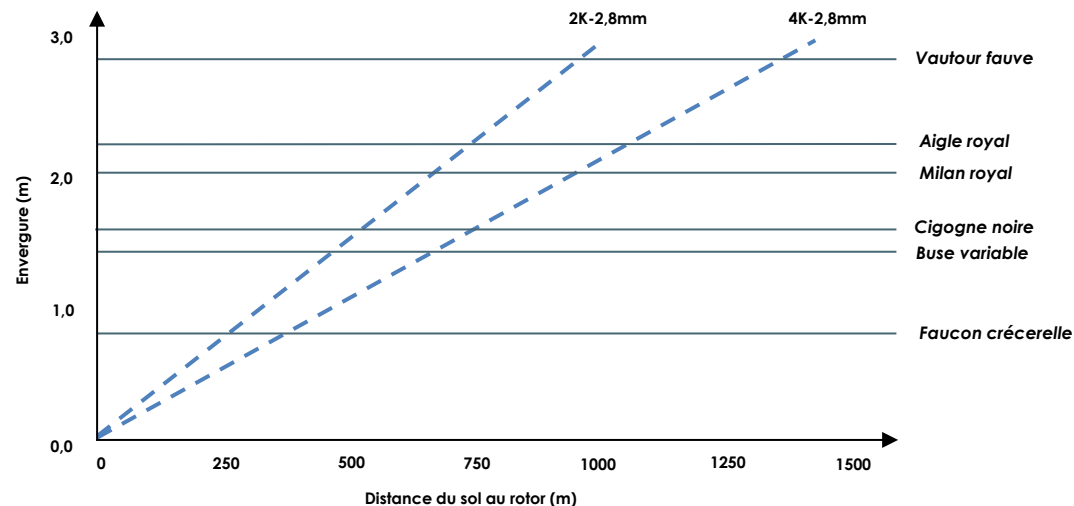
## Mesures de protection

- **Régulation & Effarouchement**
- **Approche ornithologique:** Optimisation du paramétrage en fonction des espèces présentes sur le parc
- **Ciblage oiseaux :** Précision & détection en fonction de la taille de l'espèce
- Compatibilité tout type de SCADA

## Installation & support

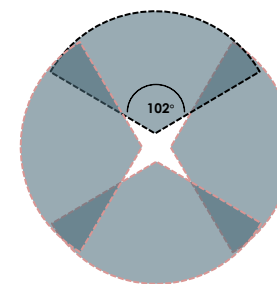
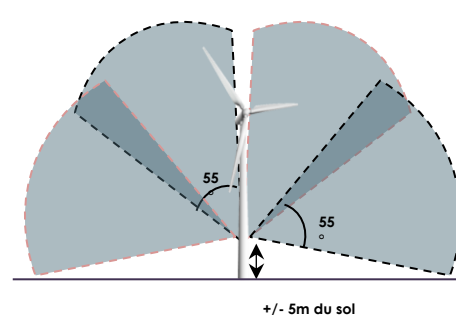
- Installateurs **certifiés GWO**
- **Compatible tout turbinier** (Vestas, Nordex, Siemens,...)
- Suivi post-installation, **contrôle immédiat** et précis de l'installation
- **Formation** des prestataires

## Distances de détection



## Zone de détection

Couverture H 240° x V 360°



Configuration cluster et spécifique sur demande\*



## La solution de detection 3D via stereoscopie pour la protection optimal des oiseaux en milieu éolien

### Solutions & expertise

#### Solution ultra performante :

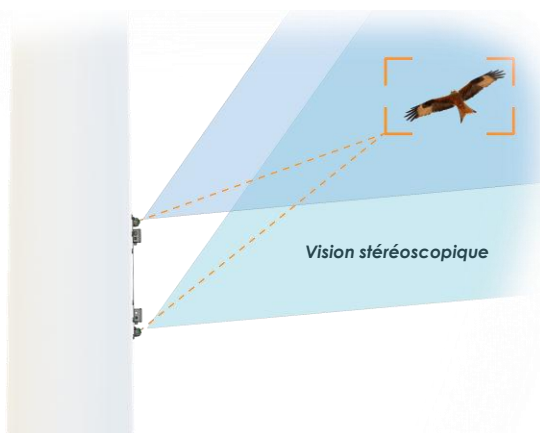
- **Précision** optimal dans la prise de décision
- **Détection multicible** sans **limite** d'espèces
- **Limite les arrêts** pour maximiser la production
- Classification des espèces suivant taille des individus

#### Expertise ornithologique :

- Une **Équipe de spécialistes** ornithologues qui accompagne votre projet du début à la fin
- Analyse des **DATA videos**
- Accompagnement des **tests drone & biomonitoring**
- **Rapport** de collision

#### Expertise technique :

- Analyse des **données système** (SDA)
- Analyse des **données SCADA**
- **Recommandation** d'optimisation technique



### Performance et sécurité

#### Maîtriser la performance :

- Suivi des **faux positifs**
- Suivi du **taux de disponibilité** (>95%)
- Suivi de la **réduction des collisions**
- **Interface web** client (data/vidéos/rapports)

#### Maintenir la disponibilité :

- **Supervision** du fonctionnement système & des interactions avec l'éolienne
- **Alertes automatiques** en cas d'anomalie (matériel/logiciel)
- **Anticipation** des défaillances matérielles

#### Cybersécurité :

- **Stockage avec garantie** d'accessibilité aux données
- **Sécurité renforcée** (firewall, VPN)
- **Support continu** via une équipe dédiée

### Un service sur mesure

- **Paramétrage spécifique** pour répondre aux besoins du client et des réglementations
- Une **solution évolutive** pour répondre à chacun de vos enjeux
- **Installation sur mesure** en fonction des enjeux réglementaires

### Faible coût de maintenance

- **Robustesse et Durabilité** : Faible taux de remplacement des pièces d'usures
- **Maintenance à distance**
- **Offre clés en main** incluant les pièces d'usures (Maintenance préventive & corrective)

### Service client

- **Accompagnement personnalisé** selon les **besoins** du parc (technique ornithologique et réglementaire)
- **Hotline**
- Des **interlocuteurs dédiés**



## Spécifications techniques et Equipement

### Matériel :

- 4 modules de 2 à 4 caméras
- 1 unité centrale de traitement
- 1 boîte de jonction, avec enregistreur

### Options

Enregistrement continu/ Détection agricole/ Visibilimetre/ Réseau 4G & Satellite

### Caractéristiques techniques:

- Fixation par aimant et cerclage en acier inoxydable.
- Matériel industriel aux normes CE
- Caméra IP66
- Haut-parleur jusqu'à 120dB
- Résistances aux températures extrême de -30°C à 47°C



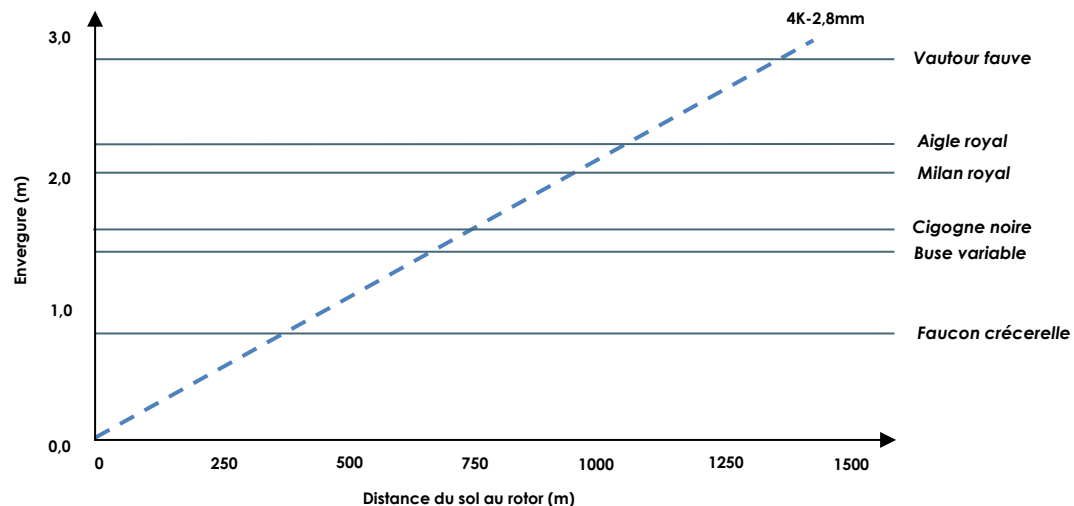
## Mesures de protection

- Régulation & Effarouchement
- Approche ornithologique: Optimisation du paramétrage en fonction des espèces présentes sur le parc
- Ciblage oiseaux : Précision & détection en fonction de la taille de l'espèce
- Compatibilité tout type de SCADA

## Installation & support

- Installateurs certifiés GWO
- Compatible tout turbinier (Vestas, Nordex, Siemens,...)
- Suivi post-installation, contrôle immédiat et précis de l'installation
- Formation des prestataires

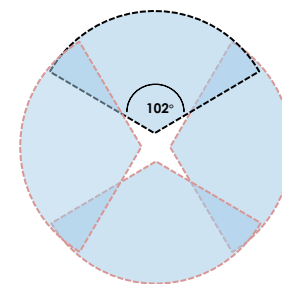
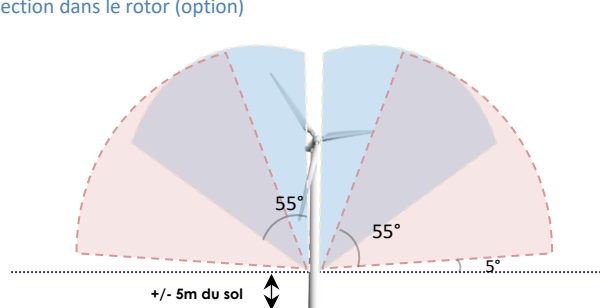
## Distances de détection



## Zone de détection

Détection périphérique  
Détection dans le rotor (option)

Couverture H 240° x V 360°



Configuration cluster et spécifique sur demande\*



