



KNE | Kompetenzzentrum
Naturschutz und Energiewende



SYSTEMÜBERSICHT

Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln

Stand: 15. Oktober 2024



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Kamerasysteme zur Detektion der Flugaktivität	
AVES Onshore Wind	4
Bioseco	6
BirdRecorder	8
BirdVision	10
DTBird	12
IdentiFlight	14
ProBird	16
SafeWind	18
Kamerasysteme zur Detektion der Bewirtschaftung	
ArgiOculus	20
FlexiBird	22
Systemübersicht	24
Zusammenfassung und Einordnung	25
Verzeichnis der Abkürzungen und spezifischer Begriffe	26
Quellen	28



Einleitung

Antikollisionssysteme (AKS) sind als eine der möglichen Schutzmaßnahmen in § 45b Absatz 2 sowie in Anlage 1 Abschnitt 2) genannt. Die fachliche Eignung von AKS ist damit gegeben. Voraussetzung für den Einsatz einzelner Systeme ist, dass sie marktverfügbar sind. Darüber hinaus bedarf es eines Nachweises ihrer grundsätzlichen Vermeidungswirksamkeit.

Mit der vorliegenden Systemübersicht aktualisiert das KNE die inzwischen vorliegenden Informationen über die Systemspezifika, den Stand der Erprobung und Anwendung und weist auf die zum Nachweis der grundsätzlichen Vermeidungswirksamkeit erforderlichen Erprobungsberichte hin.

Im Vergleich zum Stand 2022 sind keine weiteren Systeme zur Detektion der Flugaktivität hinzugekommen. Das Spektrum der Systeme zur Vogeldetektion hat sich verringert. Die Systemanbieter haben die Entwicklung einzelner Systeme mit dem Einsatzzweck „Vogeldetektion Onshore“ eingestellt oder ausgesetzt.

Systeme, bei denen nicht erkennbar war, dass eine Marktverfügbarkeit in Deutschland angestrebt wird, sind in der neuen Übersicht nicht mehr enthalten (Artificial Vision, Digisec). Ebenfalls nicht mehr enthalten sind die Radarsysteme (Bird Scan, Robin Radar MAX). Hier sind keine Aktivitäten erkennbar, dass die Systemanbieter aktiv eine Weiterentwicklung der Flugaktivitätserfassung einzelner Individuen verfolgen. Die Systemkombination MUSE (Radar und Kamera) weist ebenfalls keine Weiterentwicklung für die Detektion und Abschaltsteuerung von Onshore-WEA auf.

Systeme, die sich noch in der Entwicklung befinden und Marktverfügbarkeit anstreben, werden weiterhin aufgeführt (BirdRecorder). Die Systembeschreibungen von ProBird und SafeWind bleiben unverändert.

Neu aufgenommen wurden Neuentwicklungen von Kamerasystemen zur Detektion der Bewirtschaftung (AgriOculus, FlexiBird). Diese zielen darauf ab, den Anlass für eine bewirtschaftungsabhängige Abschaltung – also die relevanten Bewirtschaftungsformen auf Flurstücken (im Radius von

250 Metern oder mehr) zu identifizieren. Daran kann sich eine manuelle oder auch eine automatische Abschaltung der WEA für den vorgegebenen Zeitraum anschließen.

Kamerasysteme zur Detektion der Flugaktivität (Bioseco, SafeWind), die während der Bewirtschaftung eine flugaktivitätsabhängige Abschaltung steuern können, sind hier nicht mehr gesondert aufgeführt.

Während sich die technischen Komponenten und die Funktionsweise der Systeme kaum verändert haben, gibt es neue Informationen über den Erprobungsstand und erste Anwendungen. Die Informationen für die Aktualisierung stammen in erster Linie von den Systemanbietern und wurden vor dem Hintergrund des Wissensstands im KNE verifiziert. Darüber hinaus flossen die Ergebnisse laufender und abgeschlossenen Erprobungsvorhaben ein.

Im Zuge der jüngsten Datenauswertung zeigte sich, dass weiterhin nur eine begrenzte Zahl von Systemen existiert, die Leistungsdaten nachweisen können, welche eine grundsätzliche Vermeidungswirksamkeit attestieren. Die grundsätzliche Vermeidungswirksamkeit kann nachgewiesen werden, indem die Systeme eine Erprobung nach dem Anforderungsprofil Erprobung (KNE 2019) und/oder – ab 2024 – dem Prüfrahen Schleswig-Holstein (MEKUN u. LfU SH) durchführen. Die Ergebnisse über die jeweiligen Erfassungs- und Erkennungsraten (Gesamtrate, Schutzrate) und die Falsch-Positiv-Rate sind in einem Erprobungsbericht zu dokumentieren. Dieser muss von unabhängiger Stelle durch einen Prüfbericht validiert sein. Beide Berichte sollen (online) zugänglich sein und sind im Genehmigungsfall vorzulegen.

Informationen zu den einzelnen Systemen, die ohne Quellenangabe aufgeführt werden, basieren auf den Angaben der Systemanbieter. Sofern Erprobungsberichte vorliegen, sind diese in der Übersicht aufgeführt.

Die Systemübersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie bietet vielmehr Orientierung für potenzielle Anwender, auf welche erprobten Systeme sie zurückgreifen können.



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

AVES Wind Onshore

www.protecbird.com

Entwicklungsstand

- Die Systementwicklung ist abgeschlossen. Das AKS ist serienreif und marktvfugbar.

Anwendungsbereich

- Selektive, ereignisbezogene WEA-Abschaltung (in Windparks) für einzelne Arten.
- Optional: Betriebsbegleitendes Monitoring und Standortmonitoring, Auslösen von Warnsignalen bei Annäherung.

Anerkennung

- Das System AVES wurde für den Rotmilan erprobt (Erprobungsgutachten: Bionum 2023; Bioplan 2024). Nach Angabe des Anbieters kann das System als Schutzmaßnahme in Genehmigungen beauftragt werden. Es erfüllt die für die Vermeidungswirksamkeit nach MEKUN u. LfU SH (2024) geforderte Gesamtrate Erfassung (> 70 % Konfidenzintervall).

Technische Ausstattung/Komponenten

- Ein Detektionseinheit besteht aus mehreren Kameramodulen. Die für eine 360°-Abdeckung erforderliche Anzahl ist standortspezifisch zu ermitteln. Ein Modul besteht aus zwei schwenk- und neigbaren Zoomkamas (PTZ-Kamas). Der Öffnungswinkel beträgt 17° vertikal und 30° horizontal.
- Die Trackingsoftware stammt aus dem Defence-Bereich der Luftabwehr (Rheinmetall).
- Die Klassifizierungssoftware wurde vom Anbieter selbst entwickelt.
- Jedes Kameramodul ist mit einem Rechner verbunden.

Flugobjektdetektion, Klassifizierung und Abschaltung

- Das System erfasst, verfolgt und klassifiziert Zielobjekte in Echtzeit. Durch ein Infrarot-Modul (Scheinwerfer) ist eine Erfassung auch bei abnehmendem Tageslicht möglich. Jedoch ist die Erfassungreichweite dann reduziert.
- Die Flugobjekte werden zunächst anhand der Flügelschlagfrequenz in Zielobjekte bzw. Zielart (Vögel) und Nicht-Zielobjekte (Flugzeuge, Drohnen, Insekten, Wolken) bzw. Nicht-Zielart unterschieden. Anschließend werden die detektierten Vögel getrackt. Ab zirka 1.000 m Entfernung erfolgt die (KI-basierte) Identifizierung auf Artenebene.
- Die Erfassungreichweite für Rotmilane beträgt über 1.000 m, Seeadler werden in Entfernungen bis 1.500 m und weiter erfasst.
- Das System „berechnet“ die Entfernung und löst bei Unterschreiten einer bestimmten Distanz eine Abschaltung aus.

Montage

- Die Montage der Module erfolgt am WEA-Turm, entweder mit starken Magneten (Stahl-Turm) oder mit Spezialkleber (Beton-Turm). Die Installationshöhe kann projektspezifisch angepasst werden.

Erprobungsergebnisse

- Erprobung und Datenauswertung wurden nach den Vorgaben des MEKUN und LfU (2024) durchgeführt. Im Ergebnis wurde für den Rotmilan eine Gesamtrate nachgewiesen, deren unteres Konfidenzintervall den geforderten Wert von mindestens 70 % überschreitet. Die Ergebnisse sind nach jeweils 200 m breiten ringförmigen Erfassungsbereichen differenziert:
- Gesamtrate:
 - 380–580 m: unteres Konfidenzintervall 75 %, Mittelwert 85 %,
 - 390–590 m: unteres Konfidenzintervall 79 %, Mittelwert 88 %,
 - 400–600 m: unteres Konfidenzintervall 78 %, Mittelwert 87 %.
- Erfassungsrate: 380–580 m: 95 %, 390–590 m: 97 %, 400–600 m: 97 %.
- Erkennungsrate: 380–580 m: 87 %, 390–590 m: 97 %, 400–600 m: 98 %.
- Falsch-Positiv/Negativ-Rate: Die Angabe der Falsch-Positiv-Rate liegt noch nicht vor.
- Relativer örtlicher Messfehler für den Rotmilan im Mittel ca. 20 % (statistisch nach MEKUN u. LfU SH 2024 berücksichtigt).

Weiterentwicklung/Optimierung

- Eine Erprobung nach den oben genannten Anforderungen wurde auch für den Seeadler durchgeführt. Die Datenauswertung wird in Kürze abgeschlossen. Laut Anbieter ist absehbar, dass die Anforderungen erfüllt werden.
- Das System könnte perspektivisch durch eine optische und akustische Erfassung von Fledermäusen ergänzt werden. Ziel ist eine bedarfsgerechte Abschaltung in Echtzeit. Entsprechende Tests sind gestartet.

Quellen

- [Bionum GmbH \(2023\)](#)
- [Bioplan PartG \(2024\)](#)



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

BPS – Long range

www.bioseco.com

Entwicklungsstand

- Die Onshore-Systemversion ist kommerziell nutzbar. Eine Offshore-Variante befindet sich in der Entwicklungsphase.
- Das System Bioseco wurde nach dem Anforderungsprofil Erprobung (KNE 2019) erprobt. Der Bericht (BioConsult 2023) wurde veröffentlicht.

Anwendungsbereich

- Das System ermöglicht eine Erfassung der Flugaktivität im Umfeld der WEA und eine Reduzierung Kollisionsrisiken durch Vergrämung und/oder Abschaltung. Es kann die Entfernung zwischen WEA und Vogel mit Hilfe stereometrischer Messung ermitteln und Flugwege darstellen.
- Das System erkennt die Größenklasse von Flugobjekten anhand definierter Kategorien und löst die Abschaltung/Vergrämung in Abhängigkeit von der Größe (Spannweite), Entfernung zur WEA und Flughöhe aus.

Anerkennung

- Das System wurde in einem Genehmigungsverfahren in Schleswig-Holstein als Schutzmaßnahme eingesetzt; eine grundsätzliche Anerkennung der Vermeidungswirksamkeit wird angestrebt.

Technische Ausstattung/Komponenten

- Das AKS besteht aus 8 Modulen mit je 4 Kameras, die ringförmig an der WEA angebracht werden und einem Server-Modul zur Verarbeitung der erfassten Daten.

Hinweise zu Spezifika der Detektion

- Das System detektiert, verfolgt und klassifiziert automatisiert Flugobjekte in Echtzeit bei Tageslicht (über 50 Lux). Erfasst werden Anzahl, Größe, Entfernung, Höhe und Flugrichtung der Flugobjekte (KI-basiert).
- Die Leistungsfähigkeit ist von den Sicht- und Lichtverhältnissen abhängig: Bei Nebel oder Regen ist die Funktionalität nicht gewährleistet (Bioseco 2022a).

Reichweite/Erfassungsbereich

- Der Öffnungswinkel beträgt 66° (vertikal) und 45° (horizontal) ($8 \times 45 = 360^\circ$).
- Die maximale Reichweite wird mit 1000 m angegeben. Die effektive Reichweite hängt von der Größe des Zielobjekts ab:
Größenklasse „mittel“ (Rotmilan): 78 % Erfassungsrate in 500 m;
Größenklasse „groß“ (Seeadler): 80 % in 700 m.

Montage

- Die Montage erfolgt außen am Turm mit Edelstahl-Klemmen oder Magneten.

Erprobungsergebnisse

- Die Erfassungsrate hängt von der Größe und der Entfernung des Zielobjektes ab.
- Es werden drei Größenklassen unterschieden:
Klein: Vögel mit einer Spannweite von 0,7 m bis 1,2 m,
Mittel: Vögel mit einer Spannweite von 1,2 m bis 1,6 m,
Groß: Vögel mit einer Spannweite über 1,6 m.
- Erfassungsraten:
Rotmilan: 87 % in einer Entfernung von 387 m und 78 % in 500 m,
Seeadler: 98 % in einer Entfernung von 530 m und 80 % in 700 m,
Weißstorch: 92 % in einer Entfernung von 530 m und 90 % in 700 m.
- Klassifizierungsrate:
Rotmilan und Seeadler: jeweils 95 %,
Weißstorch: 100 %.
- Falsch-Positiv-Rate: Angaben zur Falsch-Positiv-Rate liegen nicht vor.
- Messunsicherheit: bei Distanzen unter 500 Metern beträgt die Abweichung 10 %. Dies wird bei der Berechnung der Reaktionsdistanz berücksichtigt.

Weiterentwicklung/Optimierung

- Ziel ist es, die Abschalthäufigkeit zu reduzieren. Es soll ein SMART-System entwickelt werden, das die Fluggeschwindigkeit des Vogels, die Ausrichtung der Gondel, die Rotordrehzahl und die Windgeschwindigkeit in die Abschaltentscheidung einbezieht.

Quellen

- [BioConsult SH \(2023\)](#)
- [Kreutzfeldt et al. \(2023\)](#)
- [Szurlej-Kielanska et al. \(2023\)](#)



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

BirdRecorder

[Link zur Webseite](#)

Entwicklungsstand

- Der Prototyp hat den ersten Entwicklungszyklus durchlaufen (vgl. Kaifel et al. 2023) und wird hinsichtlich der KI-basierten Erkennung optimiert. Das System wird am Standort des Projektes NatForWINSENT nach den Anforderungen (KNE 2019) erprobt. Eine Markteinführung ist für 2025 geplant.
- Geplantes Hardware-Update 2025 (Optimierung der Langzeitstabilität sowie des Wartungsaufwands)
- Erprobungsberichte mit an Referenzstandorten gewonnenen Leistungskennwerten liegen noch nicht vor (geplant für 2025).

Anwendungsbereiche (geplant)

- Zielgerichtete Abschaltung.
- Standortmonitoring der Flugaktivität.

Anerkennung

- Keine Angaben.

Technische Ausstattung/Komponenten (vgl. [Webseite](#))

- Detektion: Zweimal 4 statisch montierte Kameras für die Objekterkennung (Sichtfeldabdeckung 360°).
- 2 zweiachsig nachführbare Stereo-Kamera Paare mit Teleoptik zum Tracking und für die Arterkennung.
- Die Anzahl der durch ein System abdeckbaren WEA ist vom Layout des Windparks abhängig. Die modulare 195° Abdeckung einsetzbarer Halbsysteme ermöglicht eine effiziente Windpark Ausstattung.
- Die Kopplung mit einer ereignisbezogenen Abschaltung für Rotmilan/Schwarzmilan ist in der Erprobung.

Hinweise zu Spezifika der Detektion

- Keine Angaben.

Reichweite/Erfassungsbereich

- 700–1.000 m für Milane (Herstellerangabe).
- Erkennungsrate: 91 % für Milane bis 400 m (Herstellerangabe).
- Zur Erfassungsrate liegen derzeit keine Angaben des Herstellers vor.

Montage

- Aktuell als freistehendes System konzipiert (Stand-Alone-System). Die Form der Montage an der WEA befindet sich momentan in der Erprobung.

Erprobungsergebnisse

- Bisher liegen keine an Referenzstandorten gewonnenen Erprobungsergebnisse vor.

Weiterentwicklung/Optimierung

Quellen

Detektion

- Die Fortentwicklung der KI ist bis 2026 vorgesehen. Es sollen außer dem Rotmilan 10 weitere relevante Vogelarten erkannt werden können.

Reaktion (Abschaltung)

- Untersuchungen zu den Effekten der Abschaltung sind 2025 vorgesehen.

- [Kaifel et al. \(2023\)](#)



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

BirdVision

<https://birdvision.org>

Entwicklungsstand

- Das System ist marktverfügbar.
- Anwendung zur Steuerung der Bewirtschaftungsabschaltung in einem Windpark (Baden-Württemberg).
- Anwendung im Rahmen von Pauschalabschaltungen in einem Windpark (Baden-Württemberg).

Anwendungsbereich

- Detektion der Flugaktivität in Verbindung mit Abschaltung.
- Betriebsbegleitendes Monitoring.

Anerkennung

- Bisher keine Erprobung nach KNE-Anforderungsprofil (KNE 2019).
- Erprobung nach Prüfrahen Schleswig-Holstein (MEKUN u. LfU SH 2024) in Niedersachsen (laufend).

Technische Ausstattung/Komponenten

- Zwei Global Shutter-Visionskameras im Industriestandard pro Kamerasetup.
- 6 Kamerasetups decken ein Sichtfeld von 360° ab. Je 6 Kamerasetups steht ein Bildverarbeitungsserver im Turm zur Verfügung.
- Für ein gutes Sichtfeld werden Kameras hoch am Turm installiert.
- Die Identifizierungs-Klassifizierungssoftware basiert auf Deep-Learning-Technologien. Die Software wurde im Unternehmen entwickelt und programmiert. Nicht-vogelartige Flugobjekte werden herausgefiltert. Die Klassifizierung erfolgt nach Größenklassen.
- Mit einem eigenentwickelten 3-D-Tracking-Algorithmus können die Flugbewegungen verfolgt werden. Mittels Stereomessung ist eine Entfernungsbestimmung möglich. Deren Genauigkeit wird aktuell validiert.
- Kameraübergreifende Kalibrierung.
- Zur Dokumentation können Bildmaterial und Videosequenzen gespeichert/hinterlegt werden.

Hinweise zu Spezifika der Detektion

- Das System kann die Position mehrerer Vögel innerhalb des Überwachungsbereiches gleichzeitig erfassen.
- Einschränkungen bestehen bei der Detektion vor dunklem Hintergrund.

Reichweite/Erfassungsbereich

- Rotmilan und Schwarzmilan können mit neuer Kamera-Generation in einer Entfernung von bis zu 500 m zuverlässig erfasst werden (Herstellerangabe). Ein Nachweis im Rahmen einer Erprobung (unter Einsatz eines LRF als Referenzsystem) steht noch aus.

Montage

- Die Montage erfolgt ringförmig direkt am WEA-Turm, die Höhe ist abhängig vom Standort (Offenland oder Wald).
- Die Montage der Kameras ist zerstörungsfrei sowohl am Stahl- als auch am Betonturm möglich. Die Kabeleinführung erfolgt im Bereich der Zugangstür.

Erprobungsergebnisse

- Es liegen Ergebnisse aus einem begleitenden Betriebsmonitoring vor (Tkacz & Mehrgott 2022, 2024; Tkacz, 2024, unveröffentlicht).
- Das Betriebsmonitoring ist hinsichtlich der Stichprobenzahl, dem Untersuchungsradius und dem eingesetzten Referenzsystem nicht mit einer systematischen Erprobung (nach KNE 2019; 2021; MEKUN u. LfU SH 2024) vergleichbar.
- Eine noch laufende Erprobung nach MEKUN u. LfU SH 2024 lässt belastbare Angaben erwarten.

Weiterentwicklung/Optimierung

Quellen

Detektion

- Fortlaufende Verbesserung der Deep-Learning-Technologie durch neues Datenmaterial.

Reaktion (Abschaltung)

- Effizientere Prozesse in der Stereokalibrierung.
- Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit für individuelle Abschaltbetrachtung.
- 3D Visualisierung von Flügen.

Sonstiges

- Kombination/Verschneidung der Abschaltung mit der Windgeschwindigkeit und Niederschlägen über frei definierbare Zeiträume.

- Tkacz & Mehrgott (unveröffentlicht, 2022)
- Tkacz & Mehrgott (unveröffentlicht, 2024)
- Tkacz (unveröffentlicht, 2024)



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

DTBird®

<https://dtbird.com>

Broschüre: [DTBird \(2024\)](#)

Entwicklungsstand

- Das System ist marktverfügbar und seit mehreren Jahren international (Europa, USA) im Einsatz.

Anwendungsbereich

- Monitoring,
- Aufzeichnung von Kollisionen,
- Vergrämung,
- Abschaltung.

Anerkennung

- Für das System wurden keine Erprobungen in Deutschland durchgeführt, weder nach KNE (2019) noch nach MEKUN u. LfU SH (2024).

Technische Ausstattung/Komponenten

- Leistungsfähige Weitwinkel-Kameras (4K-Auflösung – Tageslichtkameras),
- Wärmebildkameras (optional),
- Hauptschaltschrank und Datenverarbeitungsserver (innen).
- Bei Vergrämung: Lautsprecher am Turm und/oder an der Gondel.

Hinweise zu Spezifika der Detektion

- Erfassung von Einzelvögeln (sowie von Schwärmen).
- Erkennung und Identifizierung von Arten durch (lfd.) manuelle Auswertung von Videos.
- Aufzeichnung und Dokumentation des Flugverhaltens (Videodatei).

Reichweite/Erfassungsbereich

- Maximale Erfassungsreichweiten verschiedener Kamertypen und -konstellationen für Objekte unterschiedlicher Flügelspannweiten (2 m; 1,5 m; 0,5 m):

DTBird V90 (4 Kameras 4K – 360°x58°)	400 m; 300 m; 100 m.
DTBird V60 (6 Kameras 4K – 360°x33°)	1.000 m; 750 m; 250 m.
DTBird V45 (8 Kameras 4K – 360°x26°)	1.400 m; 1.000 m; 350 m.
DTBird V60 + V90 (10 Kameras 4K – 360°x90°)	1.000 m; 750 m; 250 m.
DTBird V45 + V90 (12 Kameras 4K – 360°x84°)	1.400 m; 1.000 m; 350 m.

- Die Daten wurden durch den Einsatz von vogelähnlichen Drohnen mit einer Spannweite von 1,8 m erfasst. Die Erfassungsreichweite wurde auf die jeweilige Flügelspannweite der Art extrapoliert (76 % Empfindlichkeit + 10 % abhängig von Konfiguration, Filtern und Software-Upgrades).

Montage

- In 6–10 m Höhe mit Magneten an Stahltürmen oder mit Bohrungen auf Metallplatten an Betontürmen.

Erprobungsergebnisse

- Eine Erprobung der neuen Modellversionen in Deutschland ist beabsichtigt.
- Die Erfassungsrate bei großen Vögeln, hier Seeadler (Vorgängermodell; May et al. 2012): 86–96 % auf 150 m Entfernung, 76–92 % auf 300 m Entfernung.
- Erfassungsrate von 51 % in einer Entfernung von über 230 m von der WEA, mehr als 85 % in einer Entfernung von 80–140 m (Drohne, Steinadler; vgl. Harvey et al. 2018).
- Das System hat eine Falsch-Positiv-Rate von 32 % (Sprötge 2019), 36 % (Harvey et al. 2018) und 69,5 % (Aschwanden et al. 2015).
- Vergrämung:
Vergrämungsreaktion bei 52–83 % der Steinadler und bei 39–78 % für alle Greifvögel (vgl. Harvey et al. 2018). Vergrämungsreaktion bei 88 % der detektierten Vögel (vgl. Litsgård et al. 2016).

Weiterentwicklung/Optimierung

Quellen

Detektion

- Die Kameramodelle „FALCO“ und „ALBATROSS“ wurden neu entwickelt und erscheinen 2024.
- Ein stereoskopisches Kameramodell für die automatische Identifizierung von Vogelarten und ein autonomes Vogeldetektionssystem für die Bauvorbereitungsphase ist nach Angaben des Herstellers in Entwicklung.
- Die neue DTBird-Kamera-Hardware „FALCO“ wird in Spanien mit Drohnenversuchen und der neuen Vogeldetektionssoftware „LARUS“ getestet (voraussichtlich bis Ende 2024). Wie die Tests begleitet und dokumentiert werden, ist unklar.
- Die neue Vogeldetektionssoftware „LARUS“ wird bereits eingesetzt. Vorteil laut Systemanbieter ist die verbesserte Arterkennung, die Reduzierung der Falsch-Positiv-Rate und eine genauere Entfernungsschätzung.
- Generell soll eine kontinuierliche Verbesserung der Erfassung und Erkennung durch Einsatz neuronaler Netze und KI-Tracking erreicht werden.

Reaktion (Abschaltung)

- Es sind keine Verbesserungen/Weiterentwicklungen geplant.

- [Aschwanden et al. \(2015\)](#)
- [Harvey et al. \(2018\)](#)
- Litsgård et al. (unveröffentlicht, 2016)
- [May et al. \(2012\)](#)
- [Sprötge \(2019\)](#)



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

IdentiFlight®

www.e3-identiflight.de

Entwicklungsstand

- Uneingeschränkte Marktverfügbarkeit in Deutschland, Österreich und Frankreich; Betriebserfahrungen aus dem Einsatz von weltweit mehr als 340 Systemen.
- Aktuelle Systemversion wurde nach KNE (2019) erprobt, die Vermeidungswirksamkeit für Rotmilan und Seeadler ist durch Erprobung nachgewiesen (Berichte siehe unten).
- Ab Q2/2025 soll eine neue Hardware-Version (V5) mit erhöhter Erfassungsreichweite verfügbar sein und nach MEKUN u. LfU (2024) erprobt werden.

Anwendungsbereich

- Ereignisbezogene Abschaltung von WEA bei Unterschreitung der Reaktionsdistanz für genehmigungsrelevante Zielarten.
- Projekte im Offenland, perspektivisch an Waldstandorten. Das System ist lt. Anbieter aktuell in mehr als 15 Fällen in verschiedenen Bundesländern als Schutzmaßnahme vorgesehen.

Anerkennung

- Die Erprobung durch unabhängige Dritte für Rotmilan und Seeadler erfolgte nach KNE (2019). Leistungskennwerte wurden durch Gutachten nachgewiesen (ARSU u. OekoFor 2021; 2023). Die Vermeidungswirksamkeit wurde durch KNE eingeordnet.
- Nach Anlage 1 Abschnitt 2 § 45b BNatSchG ist das System für den Schutz des Rotmilans bundesweit anerkannt.
- Das System kann nach Angaben des Systemanbieters in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein für den Schutz des Seeadlers eingesetzt werden.

Technische Ausstattung/Komponenten

- Ein Kamerakopf (8 Weitwinkelkameras, 1 schwenkbare hochauflösende Stereokamera) ist an freistehendem Mast/Turm installiert. Es deckt ein Sichtfeld von 360° ab.
- Mit einem IdentiFlight-Turm können bis zu 5 WEA abgedeckt werden; die Zahl ist abhängig von Windpark-Layout und Zielartgröße. Für größere Windparks werden Systeme miteinander gekoppelt.

Hinweise zu Spezifika der Detektion

- Automatisierte Erfassung, Verfolgung, Positionsbestimmung, Identifizierung und Klassifizierung von Vögeln, bei Tageslicht (> 50 Lux), in Echtzeit (KI-basiert).
- Die Erfassungsreichweite für den Rotmilan beträgt im radialen Abstand um den IdentiFlight-Turm 750 m, für den Seeadler 1.200 m.
- Sekündliche Dokumentation von Art, Position (3D), Flugrichtung sowie genaue Positionsbestimmung zum Reaktionsbereich.
- Verbesserung der Klassifizierungsrate (Ausschluss) durch Identifikation weiterer Nicht-Zielarten (bspw. Kranich).

Abschaltung

- Eine Abschaltempfehlung wird nur im Falle eines bestehenden Kollisionsrisikos (Eintritt der Zielart in den Reaktionsbereich) gesendet.
- Zweiter Reaktionszylinder (äußeren Reaktionsbereich) zum Schutz von Individuen bei Hochrisikoflügen (bspw. hohe Fluggeschwindigkeit, abrupte Richtungsänderung).

Montage

- Die Montage der Kameras erfolgt auf einem separaten Turm im Windpark, die Höhe ist bedarfsgerecht (Offenland- oder Waldstandorte) anpassbar.
- Die Hardware kann sowohl am Standort des Turms in einem Container installiert werden als auch in der vorhandenen Infrastruktur des Windparks.

Erprobungsergebnisse

- Die automatisierte Arterkennung ist lt. Systemanbieter für 8 der 13 tagaktiven kollisionsgefährdeten Brutvogelarten möglich. Zudem verfügbar für Österreich und Frankreich: Schwarzstorch und Kaiseradler. Erprobungsergebnisse im Einzelnen für Rotmilan und Seeadler:
- Erprobungsergebnisse von 6 Standorten (Rotmilan, RM); vgl. ARSU u. OekoFor (2021): Erfassungsreichweite Rotmilan: 750 m, Erfassungsrate: 93–96 %, Klassifizierungserfolg: 96–98 %, Falsch-Negativ-Rate: 2,5–4 %, Falsch-Positiv-Rate: 2–16 %.
- Erprobungsergebnisse von 4 Standorten (Seeadler, SE); vgl. ARSU u. OekoFor (2023): Erfassungsreichweite Seeadler bis zu 1.200 m, Erfassungsrate: 86–88 %, Klassifizierungsrate: 97–99 %, Falsch-Negativ-Rate: 2,2–2,5 %, Falsch-Positiv-Rate: 8–17,9 %.
- Erprobungsergebnisse aus einem Forschungsprojekt an 2 Offenland-Standorten (Milane, Seeadler); vgl. Reichenbach et al. (2023a): Erfassungsreichweite: 750 m (RM); 1.200 m (SE), Erfassungsrate: 90,5 % bzw. 92,7 % (RM); 96 % bzw. 91,6 % (SE), Klassifizierungsrate: 97 % (RM) und 99 % (SE), Falsch-Negativ-Rate: 2,6–3,3 % (RM); 0,7–1,0 % (SE), Falsch-Positiv-Rate (RM & SE für 2 Standorte): 14,8 % und 21,6 %.
- Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt (Trägerschaft: LfU Bayern) für die Erprobung an einem Waldstandort (Rotmilan, Wespenbussard): voraussichtlich Ende 2024.

Weiterentwicklung/Optimierung

Detektion, Klassifizierung, Erprobung

- Erhöhung der Reichweite in Abhängigkeit zur Flugobjektgröße (für Systemversion V5).
- Stetige Verbesserung der Klassifizierungsraten und Ergänzung weiterer Arten (insb. Weißstorch): für Q1/2025 vorgesehen.
- Fortlaufender digitaler Validierungsprozess (durch Systemanbieter) für Schwarzmilan, Schreiadler, Kaiseradler, Fischadler, Rohrweihe, Wespenbussard, Schwarzstorch, Kranich: Ergebnisse werden in Q3/2024 veröffentlicht.
- Validierung zum Schutz des Schreiadlers in MV; begleitet durch das Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt (laufend).
- Teilvalidierungen und Feldtests gemäß der Anforderungen nach „Prüfrahmen AKS“ (MEKUN u. LfU SH 2024) in 2025 und 2026 geplant.

Ertragsverlust-Prognosen

- Reichenbach et al. (2023a) geben den berechneten Ertragsverlust („virtuelle Abschaltung“) an zwei viel frequentierten Offenlandstandorten mit 1,95 % bzw. 2,48 % für den Rotmilan und 1 % bzw. 1,23 % für den Seeadler an.
- Eine unabhängige Studie zur Ermittlung von Ertragsverlusten durch IdentiFlight soll in Q4/2024 veröffentlicht werden.

Sonstiges

- Dashboard (Echtzeit); automatisierte Ausgabe von Kontrollberichten.
- 24/7 Servicedienstleistung (Remote Systemüberwachung und Fehlerbehebung);
Wartung und Reparaturen vor Ort.
- Erstellung standardisierter Standortanalysen auf Anfrage innerhalb von 8 Wochen.

Quellen

Studien:

- [ARSU u. OekoFor \(2021\)](#); entspricht Reichenbach et al. (2021)
- [ARSU u. OekoFor \(2023\)](#); entspricht Reichenbach et al. (2023)
- [Reichenbach et al. \(2023a\)](#)

Weitere:

- [Aschwanden und Liechti \(2020\)](#)
- [Boulder Imaging \(2024\)](#)



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

ProBird

www.sensoflife.com

Hinweis: Die Angaben haben sich zum Stand der Systemübersicht 2022 nicht verändert.

Entwicklungsstand

- In der Optimierungsphase.
- In der Erprobung (Frankreich, abgeschlossen: Deutschland).
- International in Betrieb (insb. Frankreich sowie Spanien, Belgien, Deutschland).
- Marktverfügbar.

Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität an WEA.
- Monitoring von Kollisionsereignissen.

Flugobjektdetektion

- Das Kamerasystem erfasst und verfolgt vogelartige Flugobjekte bei Tageslicht und Dämmerung (0,001 Lux) in Echtzeit.
- Optional: Infrarot-Kameras zur Detektion während der Nacht und zu Zeiten mit erschwerten Sichtverhältnissen (bspw. Nebel).
- Die maximale Erfassungsreichweite liegt laut Hersteller bei 1.200 m für Großvögel (bspw. Störche, Adlerarten) und bei 800 m für mittelgroße Vögel (insb. Milane, Bussarde).
- Automatisierte Flugobjekterkennung durch Abgleich von Größe, Fluggeschwindigkeit, Silhouette und Gefederfarbe. Es erfolgt eine Zuordnung zu 4 unterschiedlichen Gruppen: (1) Adlerarten/Geier, (2) Milane/Bussarde, (3) Sperber, Falkenarten, Möwen, (4) Singvögel. Nicht-vogelartige Flugobjekte werden herausgefiltert (KI-basiert).

Aufbau und Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation des Flugverhaltens und der Kollisionsereignisse; Ausgabe als Bilddatei oder Videosequenzen.
- Eine räumliche Abdeckung von 90° horizontal und 120° vertikal pro Weitwinkel-Kamera ist gewährleistet. Eine 360°-Abdeckung wird durch eine Erhöhung der Kameraanzahl möglich (8 Megapixel [MP] HD-Kameras: 350–950 Nanometer [nm]).

Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Ist möglich: 1) akustische Warnung und 2) ereignisbezogene Abschaltung. Der erforderliche Reaktionsbereich kann im Einzelfall in Abhängigkeit zu der Rotordrehzahl automatisch ermittelt werden.

Montage

- Die Montage erfolgt am WEA-Turm in 5–20 m Höhe (geklebt oder magnetisch); Überwachung der benachbarten WEA in zirka 400–500 m Entfernung durch die horizontale Ausrichtung der Kameras. Dadurch ergibt sich ein Reaktionsbereich von etwa 300 m.

Daten aus der Erprobung

Erprobungsergebnisse (unabhängige Drohnentests) bei guten Sichtverhältnissen; extrapoliert [n = 428]. Vgl. [Lagrange und Rico \(2019\)](#):

- Erfassungsreichweite in Abhängigkeit vom Anflugwinkel: 272–883 m (Rotmilan); 0–702 m (Schwarzmilan), 181–634 m (Mäusebussard),
- Erfassungsrate: Hersteller garantiert eine Falsch-Negativ-Rate von maximal 10 % und eine Falsch-Positiv-Rate von maximal 14 % der Flüge im Erfassungsbereich.

Weiterentwicklung/Optimierung

Flugobjektdetektion

- Eine automatisierte Identifizierung auf Artenebene ist nicht möglich.
- Die Leistungsfähigkeit ist abhängig von den Sichtverhältnissen und der Objektgröße (vgl. Lagrange und Rico 2019; S. 10). Das System meldet, wenn Funktionalität aufgrund schlechter Sichtverhältnisse nicht mehr gegeben ist.
- Die tatsächliche Entfernung des Vogels zum System bzw. der WEA wird nicht direkt gemessen. Es erfolgt eine Entfernungsabschätzung auf der Basis der Flughöhe, -geschwindigkeit und der Flugobjektgröße. Laut Hersteller liegt die Genauigkeit der ermittelten Position bei etwa 50 % (vgl. Rico und Lagrange 2022).
- Falsch-Positiv-Rate wird insbesondere durch dunkle Wolken beeinflusst (vgl. Lagrange und Rico 2019).

Verminderungsreaktion

- Die akustische Vergrämung zählt in Deutschland aktuell nicht zu den anerkannten Schutzmaßnahmen. Eine (dauerhafte) Wirksamkeit akustischer Vergrämung ist bisher nicht belegt; ggf. kann daraus eine Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG resultieren.⁶
- ⁶ vgl. KNE 2021 (Abschlussbericht zum. F+E-Vorhaben „Anforderungen an Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“, FKZ 3519861200, Laufzeit: 01.11.2019 bis 30.11. 2020), [Link zum Dokument](#).
- Die durch Drohmentests ermittelte und extrapolierte artspezifische Erfassungsreichweite ist sehr variabel. Bei weiteren Abständen zwischen den WEA (System deckt benachbarte WEA optisch ab) und bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel ist der dadurch mögliche Reaktionsbereich ggf. nicht ausreichend, um eine ereignisbezogene Abschaltung rechtzeitig auszulösen. Der Hersteller strebt einen Reaktionsbereich von 300 m für den Rotmilan an.

Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Empirische Nachweise über die Leistungsfähigkeit sind bisher begrenzt. Eine erste unabhängige Erprobung in Deutschland ist abgeschlossen (2017–2019), der Bericht ist bisher unveröffentlicht.
 - Das System wird aktuell in Frankreich (MAPE-Projekt)¹ erprobt.
- ¹ Link zur Internetseite des Forschungsprojektes: <https://mape.cnrs.fr/>. Projektlaufzeit bis 2023.
- Eine kontinuierliche Optimierung des Systems ist laut Hersteller vorgesehen (insb. Reduzierung der Falsch-Positiv-Rate).

Quellen

- Lagrange (schriftlich v. 01.07.2022);
- [Lagrange und Rico \(2019\)](#);
- Rico und Lagrange (2022);
- [Sens of Life \(2019\)](#).



Kamerasystem zur Detektion der Flugaktivität

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

SafeWind

www.biodiv-wind.com

Hinweis: Die Angaben haben sich zum Stand der Systemübersicht 2022 nicht verändert.

Entwicklungsstand

- In der Erprobung (Spanien; abgeschlossen: Deutschland, Frankreich).
- International in Betrieb (insb. Frankreich, Spanien, Deutschland).
- Teil einer Genehmigung (NW).
- Marktverfügbar.

Anwendung/Eignung

- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität an WEA.

Flugobjektdetektion

- Das System erfasst und verfolgt automatisiert Flugobjekte in Echtzeit bei Tag (> 0,1 Lux) und optional bei Nacht per Infrarot (< 0,1 Lux).
- Die maximale Erfassungsreichweite für das Modell 4K der 2. Version liegt laut Hersteller bei zirka 950 m (für mittelgroße Greifvögel, bspw. Rotmilan; extrapolierte Werte).
- Herausfiltern von nicht-vogelartigen Flugobjekten (KI-basiert). Laut Hersteller ist eine automatisierte Identifizierung von Artengruppen möglich (2. Version).

Aufbau und Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation des Flugverhaltens im Anlagenumfeld; Ausgabe von Videosequenzen und Statistiken.
- Eine Sichtfeldabdeckung von 360° um die WEA in Abhängigkeit von der Kameraanzahl ist möglich (Halbkugel: 8 HD-Weitwinkelkameras, 2K oder 4K; Öffnungswinkel von Konfiguration abhängig, bspw. horizontal: 110°, vertikal: 58°).

Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Ist vorgesehen: 1) ereignisbezogene Abschaltung und 2) akustische Warnung (optional, max. 120 dB; Lautstärke und Signalton variierbar). Reaktionsbereich standortspezifisch anpassbar.

Montage

- Die Montage erfolgt am WEA-Turm auf 5–15 m Höhe. Abhängig von den Abständen zwischen den WEA, können auch benachbarte WEA durch das System optisch abgedeckt werden. Dadurch kann die Anzahl der für einen Windpark benötigten Systeme reduziert werden.

Daten aus der Erprobung

Erprobungsergebnisse (vgl. Exen 2021; Lackmann 2020):

- Erfassungsrate (Rotmilan): 84 bis 93 % auf eine Entfernung von 270 m (auf Rotorhöhe). Erfassungsrate (Schwarzstorch): 100 % auf eine Entfernung von 337 m (auf Rotorhöhe). 1K-Kameras: 330 m (Rotmilan) und 397 m (Schwarzstorch). 2K Kameras: 455 m (Drohnenstest, Spannweite: 1,15 m).
- Erfassungsrate: Falsch-Positiv-Rate von 5 % (2. Version; Jahresdurchschnitt).

Weiterentwicklung/Optimierung

Quellen

Flugobjektdetektion

- Die tatsächliche Entfernung des Vogels zum System bzw. der WEA wird nicht gemessen. Es erfolgt eine Abschätzung auf der Basis der Flugobjektgröße.
- Die Leistungsfähigkeit ist von den Sicht-/Lichtverhältnissen abhängig. Das System sieht eine kontinuierliche Ermittlung der Sichtverhältnisse vor (Visibilimeter).
- Bei fehlendem Kontrast zum Hintergrund vermindert sich die Leistungsfähigkeit (vgl. Lackmann 2020). Laut Hersteller wird eine Verbesserung durch die Installation der Kameras am unteren Teil der WEA erreicht.

- Biodiv-Wind (2022);
- Exen (2021);
- KNE ([2021a](#), [2021b](#));
- Lackmann (2020).

Verminderungsreaktionen

- Die akustische Vergrämung zählt in Deutschland aktuell nicht zu den anerkannten Schutzmaßnahmen. Eine (dauerhafte) Wirksamkeit akustischer Vergrämung ist bisher nicht belegt; ggf. kann daraus eine Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG resultieren.
- Eine Erfassungsreichweite von zirka 400 m wäre knapp ausreichend, um eine rechtzeitige Abschaltung auszulösen, sofern für die betroffene Vogelart (bei einer Trudelzeit von 20 Sekunden) eine mittlere Fluggeschwindigkeit von < 20 m/Sek. anzunehmen ist. Die Erfassungsreichweite der bisher erprobten Systemversionen (1K und 2K) sind ggf. nicht ausreichend, um eine ereignisbezogene Abschaltung bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel rechtzeitig auszulösen.²

² vgl. KNE 2021 (Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Anforderungen an Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“, FKZ 3519861200, Laufzeit: 01.11.2019 bis 30.11.2020), [Link zum Dokument](#).

Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Vorgängermodelle des Systems wurden in den letzten Jahren an zwei Standorten erprobt (Deutschland und Frankreich). Die Berichte liegen vor (vgl. Exen 2021; Lackmann 2020). Das neuere Modell (2. Version) wird aktuell in Spanien erprobt. Eine weitere Erprobung ist in Frankreich im Zuge des MAPE-Projektes³ vorgesehen.

³ Link zur Internetseite des Forschungsprojektes: <https://mape.cnrs.fr/>. Projektlaufzeit bis 2023.

- Laut Hersteller ist eine weitere Systemgeneration (3. Version) in der Entwicklung und sieht die automatische Identifikation von Vogelarten vor (KI-basiert).



Kamerasystem zur Detektion der Bewirtschaftung

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

AgriOculus

www.est-mahd.de

Entwicklungsstand

- Das System (Kameras, Soft- und Hardware) befindet sich in der Entwicklungs- und Testphase. Das System soll voraussichtlich im Jahr 2025 marktverfügbar sein.

Anwendungsbereich

- Bewirtschaftungsabhängige Steuerung der Abschaltung.

Anerkennung

- Eine systematische Erprobung (Nachweis der Rate für Erfassung und Klassifizierung) durch externe unabhängige Gutachter hat noch nicht stattgefunden.

Technische Ausstattung/Komponenten

- Das System nutzt hochauflösende 4K-CMOS-Kameras. Sie erfassen kontinuierlich Bilder im 360°-Winkel mit variablem Gesichtsfeld (60–90°).
- Die Erfassungsreichweite ist durch verschiedene Objektive spezifisch abstimbar. Eine Positionsbestimmung (Entfernung zur WEA) ist möglich.
- Geofencing ermöglicht es, relevante Flurstücke im zu überwachenden Radius festzulegen. Aus Datenschutzgründen sensible Bereiche werden ausgeschlossen.
- Die aufgezeichneten Bilder werden in Echtzeit durch eine KI-basierte Software analysiert. Das System nutzt Convolutional Neural Networks (CNN).

Entscheidungsfindung (Klassifizierung)

- Klassifizierung und Position des Ereignisses lösen eine Systemreaktion (Meldung an Betriebsführung) aus. Alternativ soll zukünftig eine automatisierte Abregelung über eine Schnittstelle erfolgen.

Erprobung/Testbetrieb

- Das System wird in der Uckermark an verschiedenen Standorten getestet (mobiles Konzept).
- Zusätzlich zu den 6 × 60° Kameras ist dort eine PTZ-Kamera, 4K, mit Zoomfunktion installiert. An einem Mast in 4,5 m Höhe angebracht nimmt sie Bilder zum Training der Auswertungs-Software auf.
- Bis dato wird die Entwicklung durch Fachabteilungen des Unternehmens ENERTRAG gutachterlich begleitet.

Testdesign

- Geplant ist, die Kameras an einem Teleskopmast auf einem mobilen Anhänger zu installieren. Dieser wird zwischen den WEA platziert und kann im Idealfall die Bewirtschaftungsereignisse im Erfassungsradius mehrerer WEA überwachen.
- Der Mast kann genehmigungsfrei bis zu einer Höhe von 7,50 Metern ausgefahren werden. In komplexem Gelände kann es alternativ an einem bis zu 10 m hohen Abspannmast angebracht werden.
- Die Klassifizierung (Zuordnung relevante/nicht relevante Bewirtschaftungsart) erfolgt durch KI-gestützte Bildauswertung. Diese basiert auf neuronalen Netzen (hier: Convolutional Neural Network), Geofencing und Image Segmentation. Letzteres ist ein Verfahren, um Farbveränderungen des Bodens (z. B. grün zu braun) zu erfassen.
- Die Prozessierung der Ergebnisse erfolgt lokal vor Ort (DSGVO Berücksichtigung).
- Es liegen noch keine Angaben zur Erfassungs- oder Klassifizierungsrate vor.

Abregelung

- Die Abregelung erfolgt zunächst manuell, nach Erhalt der Meldung einer relevanten Bewirtschaftung.
- Eine Weiterentwicklung zu automatisierter Abregelung über eine Programmierschnittstelle (API-Schnittstelle) ist vorgesehen.
- Kriterien können frei definiert werden, so dass sie dem BNatSchG bzw. den (landesspezifischen) Abschaltvorgaben entsprechen.

Kontrolle/Nachweis

- Schnittstellen zu Betriebsführungssystemen zeigen alle gemeldeten Ereignisse (georeferenziert, mit Zeitstempel) an.
- Alle Events/Logdateien werden im System gespeichert. Auf der Weboberfläche werden ebenfalls Statistiken abgespeichert.

Weiterentwicklung/Optimierung

- Die Software für die KI-basierte Erkennung und Zuordnung wird mit Unterstützung KI-erfahrener Experten laufend weiterentwickelt.
- Perspektivisch wird eine Erweiterung des Funktionsumfangs angestrebt: die mit den Kameras erfassten Daten sollen auch für andere Zwecke nutzbar gemacht werden (z. B. Wuchsdokumentation landwirtschaftlicher Kulturen, Sicherheitsaufgaben).

Kontakt

- info@enertrag.net



Kamerasystem zur Detektion der Bewirtschaftung

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

FlexiBird

<https://www.fleximaus.de/loesungen/flexibird>

Entwicklungsstand

- FlexiBird ist für die Erfassung (Überwachung) von Bewirtschaftungsvorgängen und manuelle Abschaltung marktverfügbar. Das Kamerasystem wird bereits eingesetzt. Bis Ende 2024 sollen ca. 30 WEA in 8 Windparks damit (nachträglich) ausgestattet sein.
- Die Software für die KI-basierte Bildauswertung zur Erkennung (Klassifizierung) relevanter Bewirtschaftungsarten befindet sich in der Entwicklung.

Technische Daten

- Detektion: Weitwinkel-Industriekameras (deutscher Hersteller), angeordnet in zwei Kuppeln mit je vier Kameras. Auflösung 7 Megapixel. 360-Grad-Abdeckung im Radius von 300 m um den WEA-Turm gewährleistet. Keine technisch bedingte Sichteinschränkung durch den Kameraöffnung/-winkel.
- Klassifizierung: Die automatisierte Bewirtschaftungserkennung (hier: anhand von Traktoren) erfolgt KI-basiert. Entwicklung der Software erfolgt durch die Fleximaus GmbH in Zusammenarbeit mit der Hochschule Ansbach (Prof. Geißelsöder, Künstliche Intelligenz und Deep Learning).

Erprobung und Anwendung

- Ein Nachweis der angegebenen Erfassungsrate von 99 % der Bewirtschaftungsvorgänge durch unabhängige fachkundige Dritte und die Veröffentlichung eines Erprobungsberichts steht noch aus.
- Die KI-basierte Zuordnung (Klassifizierung) ist in der Entwicklung, eine Erprobung der autonomen Abschaltung steht noch aus.
- Die Anwendung erfolgt derzeit unter Berufung auf bereits genehmigte Fälle.

Detektion

- Die Kameras nehmen in frei definierbaren Zeitabständen (z. B. alle zwei Minuten) ein Foto von den definierten Flurstücken auf. Unter Umständen sind mehrere Aufnahmen erforderlich, um ein sich bewegendes Fahrzeug auf dem Flurstück anzutreffen.
- Eine relevante Bewirtschaftung ist in der Regel innerhalb von 4 bis 8 Minuten, spätestens nach 15 Minuten erfasst.

Montage

- Die Montage erfolgt mit Magneten am WEA-Turm. Die Montagehöhe kann je nach Anlagentyp variieren. Sie sollte zwischen 80 m und 120 m liegen.
- Räumliche Selektivität Erfassung auf definierten Flurstücken: Die Überwachung beschränkt sich auf die im Anlagenumfeld relevanten und entsprechend gekennzeichneten Flurstücke im zu überwachenden Radius (hier 30–350 m). Nicht relevante Zonen und datenschutzrechtlich sensible Bereiche werden durch eine „Maske“ verdeckt (verpixelt). Sie sind von der Überwachung ausgenommen.
- Klassifizierung relevanter Bewirtschaftungsarten: Klassifizierung von Mahd, Ernte, Umbruch anhand des Maschinentyps.
- Erfassungs-/Erkennungsrate: Die Erfassungsrate für ein landwirtschaftliches Fahrzeug (hier: Traktor) beträgt 99 Prozent.
- Signalübertragung/Schnittstelle: Für die automatische Signalübertragung zur Anlagensteuerung bietet das Unternehmen eine eigene Schnittstelle (sog. „Greenbox“) an.

Abregelung

- Die Abregelung kann manuell, teil-autonom oder automatisch erfolgen.
- Bei manueller oder teil-autonomer Abregelung (vorherrschendes Konzept) wird die detektierte Bewirtschaftung an die Betriebsführung gemeldet. Diese nimmt die Abregelung (nach Verifizierung) vor.
- Eine Weiterentwicklung zu autonomer Abschaltung ist vorgesehen. Sie soll jeweils nach einer standortspezifischen Trainingszeit im Windpark (meist 1 Jahr) möglich sein.
- Auslöser für die automatische Abregelung ist die Erfassung der Bewirtschaftung (Traktoren, Maschinen) und deren Zuordnung als „relevant“ nach Ablauf von in der Regel 4 bis 8, max. 15 Minuten.

Kontrolle/Nachweis

- Die Erfassung und Klassifizierung wird im Kundenportal flurstücksgenau mit Zeitstempel dokumentiert. Täglich werden zwei Kontrollbilder auf einem Server gespeichert. Damit ist ein Nachweis auch nachträglich möglich.

Weiterentwicklung/Optimierung

Quellen

- Erhöhung der standortspezifisch Erfassungsreichweite des Systems auf 500 m.
- Steigerung der Erfassungsrate für Traktorererkennung von 99,0 auf 99,9 Prozent.
- Weiterentwicklung: Erfassung und Klassifizierung der Bewirtschaftungsvorgänge bei Dunkelheit oder temporären Sichteinschränkungen (z. B. durch Nebel) anhand der Weiterentwicklung der KI-gestützten Klassifizierung; Reduzierung der False-Positive Meldungen.
- Die Kennzahlen für Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Systems soll (ab 2025) durch eine systematische Erprobung nachgewiesen werden.

- www.fleximaus.de/loesungen/flexibird

Systemübersicht

	Erfassungreichweite von > 300 m	Erfassungreichweite von > 500 m	Automatisierte Arterkennung	Automatisierte Vogelerkennung	Einteilung in Grössenklassen	Undefiniertes Flugobjekt	Positionsmessung	Positionsabschätzung	Entwicklungsstand	in Deutschland unabhängig erprobt
Kamerasysteme zur Detektion der Flugaktivität										
AVES Wind Onshore	X	X	X	X			X	X	MO	X
Bioseco	X	X		X	X		X		M	X
BirdRecorder	X	(X)	X	X			X		E	-
BirdVision	X	(X)	X	X	X		X		MO	-
DTBird	X	(X)		X	X	X		X	M	X
IdentiFlight	X	X	X	X	X		X		MO	X
ProBird	(X)	(X)			X	X	?	X	M	(X)
SafeWind	X	(X)	(X)	X	X	X		X	M	(X)
Kamerasysteme zur Detektion der Bewirtschaftung										
AgriOculus	X						X		E	-
FlexiBird	X						X		MO	-

X wird erfüllt

(X) basiert auf Herstellerangaben. Teils laufende Erprobung/ausstehende Erprobungsergebnisse

? es liegen keine Informationen vor

E Entwicklungsphase

O Optimierungsphase

M Marktverfügbar

MO Marktverfügbar, in Optimierung



Zusammenfassung und Einordnung

Die Systemanbieter der Systeme IdentiFlight, AVES und Bioseco haben in den vergangenen zwei Jahren systematische Erprobung weitergeführt. Das System IdentiFlight ist nach den Maßstäben der vom KNE formulierten Anforderungen vermeidungswirksam für den Rotmilan und den Seeadler. Weitere Arten, wie Weißstorch und Schreiadler, sollen folgen. Ebenso werden Ergebnisse über die Leistungsfähigkeit der Detektion an Waldstandorten in absehbarer Zeit vorliegen. Ein neuer Systemtyp soll ab 2025 nach den Anforderungen und Standards des „Prüfrahmen AKS“ Schleswig-Holstein erprobt werden. Durch die zahlreichen Erprobungen und Klärung der Anwendungsvoraussetzungen für eine Beauftragung in Genehmigungsfällen hat IdentiFlight einen gewissen Erfahrungsvorsprung.

Das System AVES hat erste Erprobungen durchlaufen und konnte ebenfalls eine nach den Maßgaben des Prüfrahmens Schleswig-Holstein hinreichende Leistungsfähigkeit bei der Erfassung von Rotmilan und Seeadler nachweisen. Angaben zur Falsch-Positiv-Rate sowie ein Prüfbericht, der den Erprobungsbericht validiert, soll bis zum Jahresende vorliegen. Auf dieser Grundlage kann das System dann als vermeidungswirksam eingestuft werden.

Bioseco, eines der Systeme, das die Vögel nach Größenklassen unterscheidet, hat einen Erprobungsbericht für einen Standort in Schleswig-Holstein vorgelegt. Weitere Schritte zur Erklärung der Vermeidungswirksamkeit (Angaben zur Falsch-Positiv-Rate sowie ein Prüfbericht) stehen noch aus.

BirdVision, ebenfalls ein System, das nach Größenklassen unterscheidet, wird in einem anderen Kontext (Bewirtschaftungsabschaltung) in Einzelfällen bereits angewandt. Im Jahr 2024 wurde eine systematische Erprobung an zwei Standorten in Niedersachsen initiiert. Für die Durchführung

und Datenauswertung werden die Anforderungen des Prüfrahmens Schleswig-Holstein zugrunde gelegt. Ein Erprobungsbericht, Angaben zur Gesamt- oder Schutzrate sowie zur Falsch-Positiv-Rate und ein Prüfbericht zur Validierung der Ergebnisse stehen noch aus.

Für andere Systeme wie BirdRecorder werden Erprobungen im kommenden Jahr starten.

Die Zahl der in Deutschland marktverfügbaren und erprobten oder in Erprobung befindlichen Systeme ist überschaubar. Es bleibt abzuwarten, ob sich weitere Systemanbieter für den deutschen Markt interessieren und die erforderlichen Schritte unternehmen.

Die Detektion von Bewirtschaftungsereignissen kann ein weiteres Anwendungsfeld für die kamerabasierte Überwachung und selektive Erkennung sein und den Maßnahmenvollzug erleichtern. Ein Anforderungsprofil (oder Prüfrahmen) für den Nachweis der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme existiert noch nicht. Hier besteht Klärungsbedarf, wie und wodurch entsprechende Nachweise erbracht werden sollen.



Verzeichnis der Abkürzungen und spezifischer Begriffe

BB

Brandenburg.

BfN

Bundesamt für Naturschutz.

BMWK

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

BW

Baden-Württemberg.

BY

Bayern.

Falsch-Negativ-Rate

Das Maß für die relative Erfassung der Flugereignisse von Individuen der Zielart, die durch das Detektionssystem nicht erfasst oder nicht erkannt werden (fälschliche Erkennung eines Vogels als Nicht-Vogel oder Zuordnung eines Individuums der Zielart zu einer nicht planungsrelevanten Art bzw. Klasse); es drückt aus, wie oft die erforderliche Reaktion (Vergrämung oder Abschaltung) prozentual nicht ausgelöst wird.

Falsch-Positiv-Rate

Das Maß für (Flug-) Objekte, die nicht existieren oder kein Vogel bzw. kein Individuum der Zielart sind, die jedoch durch das Detektionssystem fälschlicherweise als relevant registriert werden und eine nicht erforderliche Reaktion (Vergrämung oder Abschaltung) der WEA auslösen.

FLIR-Kamera

Das Forward Looking Infrared ist ein bildgebendes Verfahren, das Infrarotstrahlung in Richtung der Flugkörperachse wahrnehmen, auswerten und aufbereiten kann. Bei einer FLIR-Kamera handelt es sich um eine Wärmebildkamera für Luftaufnahmen; Wärmebildsysteme detektieren die Infrarotenergie (Wärme), die von Lebewesen (hier: Vögel), Objekten und Materialien abgestrahlt wird.

FMCW-Radar

Das Frequency Modulated Continuous Wave Radar ist ein moduliertes Dauerstrich-Radarsystem, bei dem der Sender während der Dauer des Messvorganges ununterbrochen arbeitet, wodurch es sich von einem Impulsradar unterscheidet.

HD-Kamera

Die High Definition-Kamera; eine hochauflösende Kamera.

HE

Hessen.

MV

Mecklenburg-Vorpommern.

MWVATT SH

Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie und Tourismus Schleswig-Holstein.

n

Die im Rahmen einer Untersuchung erreichte Stichprobenanzahl (hier: erfasste Anzahl von Flugereignissen einer Zielart bzw. Klasse), die bei der Systemerprobung als Datengrundlage dient.

NW

Nordrhein-Westfalen.

NatForWINSENT II

Naturschutzforschung im Windenergieforschungscluster Süd; ein vom BfN gefördertes Forschungsprojekt (FKZ 3518 86 0100, Laufzeit: 15.11.2018 bis 31.10.2021) auf der Schwäbischen Alb mit dem Projekttitle: Umsetzung der Naturschutzforschung am Windtestfeld an Land; es ist das erste Windenergiefeld im komplexen Gelände im Binnenland; im Mittelpunkt stehen ab 2020 Untersuchungen zu Vögeln und Fledermäusen.

PTZ-Kamera

Die Pan-Tilt-Zoom-Kamera; eine bewegliche Netzwerkkamera mit Zoomobjektiv, die sich schwenken und neigen lässt; die Datenübertragung der Kamera findet digital nach Internet Protocol (IP)-Standard statt.

SH

Schleswig-Holstein.

SL

Saarland.

ST

Sachsen-Anhalt.

WEA

Windenergieanlage.

X-Band

Der Frequenzbereich zwischen 8 GHz und 12 GHz; der Bereich der Zentimeterwellen mit Wellenlängen zwischen 3,75 und 2,5 Zentimeter; innerhalb des X-Bandes gibt es das Xc-Band zwischen 7,25 und 8,4 GHz, das für militärische Anwendungen reserviert ist.



Quellen

- ➔ ARSU u. OekoFor GbR (2021): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan (*Milvus milvus*)? Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Kamerasystems zum Schutz vor Kollisionen an Windenergieanlagen. Endbericht. 147 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 18.07.2024).
- ➔ ARSU u. OekoFor (2023): IdentiFlight als Schutzmaßnahme für den Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) – Untersuchungen zur Wirksamkeit sowie artenschutzrechtliche Einordnung. ARSU – Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH. Im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität, OekoFor – Ökologische Datenerfassung und Forschung GbR, Freiburg, Oldenburg. 121 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.08.2024).
- ➔ Aschwanden, J., Wanner, S., Liechi, F. (2015): Investigation on the effectivity of bat and bird detection at a wind turbine: Final Report Bird Detection. 35 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 26.06.2020).
- ➔ Aschwanden, J., Liechi, F. (2020): Erprobung des automatischen Vogeldetektionssystems IdentiFlight® auf dem Testfeld des WindForS im Rahmen der Naturschutzbegleitforschung (NatForWINSENT). Projekt AP 2. E1 Test Detektionssysteme, Auftrag 149707/00111. Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach. 38 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 09.07.2024).
- ➔ Biodiv-Wind (2022): SafeWind – Products and service description. Broschüre (Stand: 20.06.2022, zugänglich auf Nachfrage). 13 S.
- ➔ Bionum GmbH (2023): Statistische Begutachtung des Antikollisionssystems „AVES-Wind Onshore“ vor dem Hintergrund des LfU-AKS Prüfrahmens und in Anlehnung an die „KNE-Checkliste“. 15 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 30.09.2024).
- ➔ Bioplan PartG (2024): AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystem zum Schutz des Rotmilans (*Milvus milvus*) Artenschutzfachliche Bewertung. 46 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 30.09.2024).
- ➔ BioConsult SH (2023): Ergebnisbericht – Pilotstudie Bioseco Kamerabasiertes Antikollisionssystem – Artenschutzfachliche Bewertung. 56 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ Boulder Imaging (2024): Pressemitteilung – IdentiFlight Debuts V5 Technology: Elevating Wind Farm Wildlife Protection.
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ 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.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 24.11.2021).
- ➔ DTBird (2024): DTBird System – Bird Monitoring and Reduction of Collision Risk with Wind Turbines. 8 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 18.09.2024).

- ➔ e3 IDF GmbH (2023): Effizienter Vogelschutz in einer erneuerbaren Welt Antikollisionssystem zur Verminderung von Groß- und Greifvogelkollisionen an Windenergieanlagen.
[Link zum Dokument](#) (Letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ Exen (2021): Test d'efficacité du système vidéo automatisé SafeWind® pour réduire les risques de collisions des rapaces (Stand: Februar 2021, zugänglich auf Nachfrage). S. 40.
- ➔ Harvey et al. (2018): AWWI Technical Report: Evaluating a Commercial-Ready Technology for Raptor Detection and Deterrence at a Wind Energy Facility in California. American Wind Wildlife Institute, Washington, DC, 86 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 18.09.2024).
- ➔ Kaifel et al. (2023): BirdRecorder – Entwicklung und Erprobung eines Systems zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel durch die Windenergienutzung. 51 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 16.09.2024).
- ➔ KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2019): Anforderungsprofil „Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen“. 33 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 25.09.2024).
- ➔ KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2021a): Dokumentation Fachgespräch „Antikollisionssysteme für Vögel – Ein Blick auf den Entwicklungs- und Erprobungsstand“. 17 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2021b): Berichte zum Entwicklungs- und Erprobungsstand verschiedener Systeme. Fachgespräch „Antikollisionssysteme für Vögel – Ein Blick auf den Entwicklungs- und Erprobungsstand“. Präsentation.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2021c): Pressemitteilung – Erstes Kamerasystem zur Vermeidung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen reif für die Praxis.
[Link zur Internetseite](#) (Letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2021d): Anforderungen an Antikollisionssysteme zum Schutz von Vögeln an Windenergieanlagen – Checkliste für eine qualifizierte Entscheidung über die Anwendbarkeit von Antikollisionssystemen. 14 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 25.09.2024).
- ➔ Kreuzfeldt J., Gradolewski D., Mercker M, BioConsult SH, Do K., Dziak D., Brandt J. (2023): Pilot Study of an Automated Bird Protection System in a German Wind Farm, 7th Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts – CWW 2023.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 19.09.2024).
- ➔ Lackmann Phymetric GmbH (2020): Erprobung und Auswertung „SafeWind“ Vogelschutzsystem Hassel Windpark (Stand: August 2020, zugänglich auf Nachfrage). S. 39.
- ➔ Lagrange, H. schriftliche Mitteilung vom 01.07.2022 zum Entwicklungsstand von ProBird.

- Lagrange, H. und Rico, P. (2019): Evaluation of bird detection efficiency of ProBird. Tracking missed detection and false positives. Präsentation vom 29.08.2019. Conference on Wind energy and Wildlife impacts am 27.–30.08.2019 (CWW 2019). Stirling, Schottland. 19 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 02.07.2022).
- Litsgård, F., Eriksson, A., Wizelius, T., Säfström, T. (2016): Pilotinstallation av DTBird-systemet i Sverige. Unveröffentlicht. 43 S.
- May, R., Hamre, Ø., Vang, R., Nygård, T. (2012): Evaluation of the DTBird video-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. NINA Report 910. 27 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 18.09.2024).
- Reichenbach, M., Steinkamp, T., Aschwanden, J., Reers, H., Greule, S., Grimm, J. (2023a): Durchführung von Leistungsnachweisen für Detektionssysteme zur Verminderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen in Brandenburg Kamera- und Radar-Datenauswertung und gutachterliche Einordnung. ARSU – Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH, Oldenburg. 1–150 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 01.07.2024).
- Rico, P., Lagrange, H. (2022): Sens of Life: ProBat ProBird. Broschüre (Stand: Februar 2022; zugänglich auf Nachfrage). 48 S.
- Sens of Life (2019): Bats and birds protection solutions for the wind power industry. ProBird – Wind regulation and monitoring.
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 01.07.2022).
- Sprötge, M. (2019): Erprobung von DTBird als technisches System zum Schutz brütender Greifvögel – Erfahrungen aus der ersten Testphase. Präsentation. KNE-Fachkonferenz „Vogelschutz an Windenergieanlagen“ am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. 29 S.
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 18.09.2024).
- Szurlej-Kielanska A, Gradolewski D., Kreutzfeldt, J. (2023): Efficient Solution for Bird Protection at wind farms, Wind Europe Annual Meeting 2023, Copenhagen.
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 19.09.2024).
- Tkacz & Mehrgott (2022): Windpark Weißbach – Auswertung des Monitorings für eine kamerabasierte Abschaltung von Windenergieanlagen mit BirdVision im Jahr 2022. unveröffentlicht. S. 23.
- Tkacz & Mehrgott (2024): Windpark Weißbach – Auswertung des Monitorings für eine kamerabasierte Abschaltung von Windenergieanlagen mit BirdVision im Jahr 2023. unveröffentlicht. S. 17.
- Tkacz (2024): Windpark Weißbach – Auswertung des Monitorings für eine kamerabasierte Abschaltung von Windenergieanlagen mit BirdVision im Jahr 2024. unveröffentlicht. S. 13.

Impressum:

© KNE gGmbH, Stand 15. Oktober 2024

Herausgeber:

Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende
Neue Grünstraße 18, 10179 Berlin
+49 30 7673738-0

info@naturschutz-energiewende.de

www.naturschutz-energiewende.de

Auf dem Laufenden bleiben mit dem [KNE-Newsletter](#).

Folgen Sie uns auf X (Twitter) [@KNE_tweet](#).

Folgen Sie uns auf [LinkedIn](#).

Hören Sie mal rein in den [KNE-Podcast](#).

Abonnieren Sie unseren [YouTube-Kanal](#).

V. i. S. d. P.: Dr. Torsten Raynal-Ehrke

HRB: 178532 B

Bearbeitung: Elke Bruns, Maik Pommeranz, Stina Lüders.

Zitiervorschlag:

KNE – Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2024): Systemübersicht – Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln.

Haftungsausschluss:

Die Inhalte dieses Dokumentes wurden nach bestem Wissen geprüft, ausgewertet und zusammengestellt. Eine Haftung für die Richtigkeit sowie die Vollständigkeit der hier enthaltenen Angaben wird ausgeschlossen. Dies betrifft insbesondere die Haftung für eventuelle Schäden, die durch die direkte oder indirekte Nutzung der Inhalte entstehen. Sämtliche Inhalte dieses Dokumentes dienen der allgemeinen Information. Sie können eine Beratung oder Rechtsberatung im Einzelfall nicht ersetzen.

Bildnachweis:

stock.adobe.com – engel.ac (Titel)

Design:

www.corporate-new.de

www.naturschutz-energiewende.de