



**KNE | Kompetenzzentrum**  
Naturschutz und Energiewende



**SYNOPSIS**

# Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln

Stand: 30. Juli 2020

**Impressum:**

© KNE gGmbH, Stand 30. Juli 2020

**Herausgeber:**

Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende  
Kochstraße 6–7, 10969 Berlin  
+49 30 7673738-0  
info@naturschutz-energiewende.de  
www.naturschutz-energiewende.de  
V. i. S. d. P.: Dr. Torsten Raynal-Ehrke  
HRB: 178532 B  
Bearbeitung: Eva Schuster, Dr. Elke Bruns

**Zitiervorschlag:**

KNE (2020): Synopse – 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:**

Titel: stock.adobe.com – wkbilder

**Design:**

www.corporate-new.de



# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b> .....	4
<b>Einleitung</b> .....	5
<b>Kamerasysteme</b>	
Bioseco .....	6
BirdRecorder .....	8
BirdSentinel/SafeWind .....	8
BirdVision .....	10
DTBird .....	12
Eagle Take Minimization Project (Oregon State University) .....	14
IdentiFlight .....	16
ProBird .....	18
<b>Radarsysteme</b>	
MultiRadar .....	20
BirdScan MS1 .....	22
RobinRadar MAX .....	24
<b>Systemkombination</b>	
Laufer Wind .....	26
MUSE (Multi-Sensor Monitoring System) .....	26
<b>GPS-gestützte Systeme</b>	
Virtuelle Grenzzäune „Geofences“ .....	28
<b>Aktivitäten des KNE zu Detektionssystemen</b> .....	30
<b>Verzeichnis der Abkürzungen und spezifischer Begriffe</b> .....	31
<b>Quellen</b> .....	34



# Vorbemerkung

Das KNE ist einer naturverträglichen Energie-wende verpflichtet. Es befasst sich schon seit geraumer Zeit mit Detektionssystemen. Kontinuierlich bereiten wir neuste Wissensstände aus Forschung und Praxis auf und sind mit den relevanten Akteuren regelmäßig im Austausch (siehe „Aktivitäten und weiterführende Informationen des KNE zu Technischen Systemen“). Wir begleiten aber auch in ausgewählten Fällen betreiber-initiierte Systemerprobungen.

Mit dieser Veröffentlichung leistet das KNE einen Beitrag zur Verbreitung und zum Transfer des aktuellen Kenntnisstandes über Detektionssysteme. Neben der schnell voranschreitenden technischen Entwicklung macht die weiter zunehmende Anzahl verfügbarer Detektionssysteme eine kontinuierliche Auswertung der Wissens- und Entwicklungsstände erforderlich.

Die vorliegende Ausgabe stellt zwar eine Fortschreibung der im Januar 2018 publizierten Synopse dar, sie legt aber den Fokus auf Detektionssysteme, die dem Schutz von tagaktiven Brutvögeln dienen und eine ereignisbezogene Abschaltung vorsehen bzw. anstreben.

Technische Lösungen zu ausschließlich anderen Zwecken, wie Monitoring, Erfassung von Kollisionen oder Fledermausschutz, werden daher in dieser Publikation ausgeklammert.

Die Synopse erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weitere Systeme befinden sich bereits auf dem Markt oder sind in der Entwicklung. Informationen über diese Systeme werden im Zuge weiterer Fortschreibungen zur Verfügung gestellt werden. Eine Empfehlung, ob und wenn ja, welche Detektionssysteme den Vorzug erhalten sollten, geben wir nicht.

Das KNE freut sich über Fragen und Hinweise. Sie erreichen uns unter:

[anliegen@naturschutz-energiewende.de](mailto:anliegen@naturschutz-energiewende.de)



# Einleitung

**D**etektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung wurden entwickelt, um Vögel automatisch zu erkennen und Kollisionen mit Windenergieanlagen zu vermindern. Sollten sich diese Systeme als wirksam erweisen, können sie zum Abbau des derzeitigen Genehmigungsstaus beitragen und den naturverträglichen Ausbau der Windenergie an Land befördern (vgl. KNE 2019).

Neben dem betriebsbegleitenden Einsatz zur Umsetzung einer ereignisbezogenen Abschaltung, wird zudem der Systemeinsatz zur vorbereitenden Standortbewertung diskutiert. Durch das Erfassen der Flugaktivität und des Flugverhaltens kann so Prognoseunsicherheiten über das Eintreten eines signifikant erhöhten Kollisionsrisikos<sup>1</sup> besser begegnet werden. Für eine sachliche Debatte über mögliche und sinnvolle Anwendungsbereiche von Detektionssystemen bedarf es einer verlässlichen Datengrundlage, die durch die Erprobung von Systemen unter unterschiedlichen Standortbedingungen generiert werden kann.

Voraussetzung für die praktische Anwendung der Systeme als Schutzmaßnahme ist, dass sie grundsätzlich geeignet sein müssen, ein prognostiziertes Tötungsrisiko bis unter die Signifikanzschwelle zu senken. Feststellen lässt sich: Die Weiterentwicklung der Systeme schreitet rasch voran. Besonders bei Erfassungsreichweite und Erfassungsrate zeichnen sich große Fortschritte ab. Einzelne Systeme sind bereits in der Lage, bestimmte Zielarten (insbesondere Rotmilan und Seeadler) sicher und in ausreichender Entfernung zu identifizieren (vgl. ebd.).

Funktionsweise und Leistungsfähigkeit verfügbarer Detektionssysteme sind unterschiedlich. Welche artenschutzrechtlichen bzw. naturschutzfachlichen

Anforderungen an sie zu stellen sind, um als wirksame Schutzmaßnahme zu gelten, und unter welchen planungs- und genehmigungsrechtlichen Bedingungen sie zum Einsatz kommen sollen, bleibt zu diskutieren.<sup>2</sup>

Die Einschätzung, ob und welches System zum Einsatz kommen kann, obliegt der zuständigen Naturschutzbehörde, die sich an dem aktuellen Stand fachwissenschaftlicher Erkenntnisse zu orientieren hat. Entscheidend hierfür sind die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme. Gleichwohl spielen auch immer standort- sowie zielartenspezifische Besonderheiten eine wichtige Rolle. Ob ein System geeignet ist, kann letztlich nur im Einzelfall entschieden werden. Folgendes ist jedoch bereits gewiss: Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung stellen kein „Allheilmittel“ dar. So können nicht nur artenschutzrechtliche, sondern auch technische und wirtschaftliche Gründe gegen einen Systemeinsatz sprechen.

**Diese Synopse liefert einen Überblick über die Funktionsweise und den Erkenntnisstand zu der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Technologie, zu den bisher bekannten Einschränkungen und zu den geplanten Vorhaben zur weiteren Entwicklung und Erprobung. Bei Interesse an Detailinformationen kann den weiterführenden Links gefolgt werden.**

Bei der Erarbeitung der Synopse fanden der im Rahmen der KNE-Fachkonferenz Vogelschutz an Windenergieanlagen im Mai 2019 vorgestellte Kenntnisstand, fachwissenschaftliche Veröffentlichungen, Fachbeiträge und Herstellerdaten Verwendung. Darüber hinaus fließen weitere Ergebnisse aus in Vorbereitung befindlichen, laufenden und abgeschlossenen Erprobungsvorhaben ein.

<sup>1</sup> Nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG).

<sup>2</sup> Ein durch das BfN gefördertes und durch das KNE umgesetztes F+E-Vorhaben soll dazu beitragen, diese noch offenen Fragestellungen zu adressieren und erste Empfehlungen für die Praxis zu erarbeiten (s. F+E-Vorhaben „Anforderungen an Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“, FKZ 3519861200, Laufzeit: 1. November 2019 bis 30. November 2020).



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### Bioseco

[www.bioseco.com](http://www.bioseco.com)

#### Entwicklungsstand

- In der Erprobung (Deutschland).
- International in Betrieb (Polen).
- Die Marktverfügbarkeit ist begrenzt.

#### Anwendung/Eignung

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

#### Flugobjektdetektion

- Das System detektiert, verfolgt und klassifiziert automatisiert Flugobjekte in Echtzeit bei Tageslicht (über 100 Lux), erfasst werden Anzahl, Größe, Entfernung und Flugrichtung der Objekte.
- Die Erfassungsreichweite liegt laut Hersteller bei maximal 500 m.
- Die Flugobjekte werden auf der Basis der Flügelspannweite in drei Größenklassen eingeteilt.

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation der Flugaktivität erfolgen im Anlagenumfeld, die Ausgabe der Flugwege in 3D.
- 8 Kameramodule mit je 2 Stereokameras und einer Videokamera (60° vertikale und 45° horizontale Abdeckung pro Modul) decken ein Sichtfeld von 360° um die WEA ab.

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Ist möglich: 1) optische Vergrämung, 2) akustische Vergrämung, 3) ereignisbezogene Abschaltung.
- Lautstärke und Art des Signaltons können angepasst und variiert werden (0–124 dB; 2,4–6,5 Hz).

#### Montage

- Die Montage am WEA-Turm erfolgt ringförmig auf einer Höhe von 10–20 m.

#### Daten aus der Erprobung

Erste Erprobungsergebnisse liegen vor (BfN-Projekt NatForWINSSENT II; Aschwanden und Liechti 2020):

- Erfassungsreichweite des Rotmilans:  
97 % auf 200 m Entfernung, 68 % auf 200–300 m Entfernung,  
22 % auf 300–350 m Entfernung, 12,5 % auf 350–400 m Entfernung.
- Klassifizierungserfolg: Rotmilane werden zu 50 % richtig klassifiziert (groß/mittel).  
Mäusebussarde werden zu 11 % richtig klassifiziert (mittel).  
Falsch-Positiv-Rate: 7 %. Falsch-Negativ-Rate: 6 %.

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Eine automatisierte Flugobjektidentifizierung auf Artenebene ist nicht möglich.
- Die Leistungsfähigkeit ist von den Sicht- und Lichtverhältnissen abhängig: Bei Nebel oder Regen sowie unter 100 Lux ist die Funktionalität nicht gewährleistet (Bioseco 2020).
- Die gleichzeitige Erfassung mehrerer Vögel ist nur eingeschränkt möglich (Aschwanden und Liechti 2019).
- Eine Installation auf einem Container oder Turm hat eine durch Vibration reduzierte Bildqualität und Erfassungsraten sowie einen verminderten Klassifizierungserfolg zur Folge (ebd.).
- Das System deckt folgende Bereiche optisch nicht ab: Bereich über dem Boden, in einer Höhe von 10 bis 15 m und direkt über der WEA.

### Verminderungsreaktionen

- Der vergleichsweise geringe Klassifizierungserfolg führt zum Ausbleiben der Verminderungsreaktion (bspw. Abschaltung) (Aschwanden und Liechti 2019).
- Eine (dauerhafte) Wirksamkeit optischer und akustischer Vergrämung ist nicht belegt; ggf. resultiert daraus eine Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG.
- Die Erfassungsreichweite ist ggf. nicht ausreichend, um eine ereignisbezogene Abschaltung bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel rechtzeitig auszulösen.<sup>3</sup>

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Laut Hersteller wird das System aktuell hinsichtlich Erfassungsreichweite, Klassifizierung und gleichzeitiger Erfassung mehrerer Vögel überarbeitet.

## Quellen und weiterführende Literatur

- Aschwanden und Liechti (2019);
- Bioseco (2020a);
- Bioseco (2020b).

<sup>3</sup> Die naturschutzfachlichen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Detektionssystemen sind bislang nicht abschließend diskutiert (s. F+E-Vorhaben „Anforderungen an Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“, FKZ 3519861200, Laufzeit: 1. November 2019 bis 30. November 2020).



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### BirdRecorder

[www.zsw-bw.de](http://www.zsw-bw.de)

#### Entwicklungsstand

- In der Entwicklungsphase.

#### Anwendung/Eignung

- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Monitoring der Flugaktivität.
- Vorbereitende Standortbewertung.

#### Flugobjektdetektion

- Es werden statische Kameras für die Objekterkennung und zweiachsig nachgeführte Stereo-Kameras für die 3D-Verortung, das Tracking und die Arterkennung von Vögeln eingesetzt. Die Entwicklung des BirdRecorders ist ein Teilprojekt von NatForWINSSENT II<sup>4</sup> und wird vom BfN gefördert.
- Eine automatisierte Arterkennung in Echtzeit ist geplant (neuronales Netzwerk).

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Die Kopplung an eine ereignisbezogene Abschaltung für mittelgroße und große Vögel (insb. für den Rotmilan) ist vorgesehen.

### BirdSentinel/ SafeWind

[www.biodiv-wind.com/en](http://www.biodiv-wind.com/en)

#### Entwicklungsstand

- In der Erprobung (Deutschland, Frankreich).
- International in Betrieb (insb. Frankreich).
- Marktverfügbar.

#### Anwendung/Eignung

- 
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität.
- Monitoring der Kollisionsereignisse.

#### Flugobjektdetektion

- Das System erfasst und verfolgt automatisiert Flugobjekte in Echtzeit bei Tag (durch HD-Kameras) und optional bei Nacht (per Infrarot).
- Die Erfassungsreichweite liegt laut Hersteller bei zirka 300 m (für den Rotmilan) und bei zirka 600 m (für den Seeadler).

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation des Flugverhaltens im Anlagenumfeld.
- Ein Sichtfeld von 360° horizontal und 240° vertikal um die WEA in Abhängigkeit von der Kameraanzahl (8 HD-Kameras = 2 pro Himmelsrichtung) kann abgedeckt werden.

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Ist vorgesehen: 1) akustische Warnung (Lautstärke und Signalton variierbar) und 2) ereignisbezogene Abschaltung abhängig von Anzahl der Pixelpunkte und der Dauer der Erfassung.

#### Montage

- Die Montage erfolgt am WEA-Turm auf 10–50 m Höhe.

<sup>4</sup> NatForWINSSENT II, FKZ 3518 86 0100, Laufzeit: 15.11.2018 bis 31.10.2021, s. Projektsteckbrief: <https://www.natur-und-erneuerbare.de/projekt Datenbank/projekte/natforwinsent-ii/> (letzter Zugriff: 30.04.2020).



## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

## Quellen und weiterführende Literatur

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Das System befindet sich im frühen Stadium der Entwicklung, sodass bisher keine weiterführenden Informationen vorliegen.

- BfN o. J.;
- ZSW (2017).

### Flugobjektdetektion

- Es ist keine automatisierte Identifizierung von Arten oder vogelartigen Flugobjekten möglich (manuelle Auswertung von Videomaterial).
- Die tatsächliche Entfernung des Vogels zum System bzw. der WEA wird nicht ermittelt.
- Die Leistungsfähigkeit ist von den Sicht- und Lichtverhältnissen abhängig.

- Biodiv-Wind (o. J.);
- Steinmetz (2018);
- Steinmetz (2017a);
- Steinmetz (2017b).

### Verminderungsreaktionen

- Die (dauerhafte) Wirksamkeit akustischer Vergrämung ist nicht belegt; ggf. kann daraus eine Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG resultieren.
- Das System weist eine hohe Falsch-Positiv-Rate mit 256 von 306 ausgelösten Vergrämungssignalen auf.
- Die Erfassungsreichweite ist ggf. nicht ausreichend, um eine ereignisbezogene Abschaltung bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel rechtzeitig auszulösen.<sup>(s. Fußnote 3, S. 7)</sup>

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Bisher liegen kaum unabhängig erhobene Daten über die Leistungsfähigkeit vor. Erste Erprobungen von 2019 (Frankreich) sind abgeschlossen, der Bericht ist bisher nicht veröffentlicht.



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### BirdVision

<https://birdvision.org>

#### Entwicklungsstand

- In der Weiterentwicklungs- und Optimierungsphase.
- In der Erprobung (Deutschland).

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Monitoring der Flugaktivität.

#### Flugobjektdetektion

- Das System kann in Echtzeit bei Tageslicht Flugobjekte automatisiert erfassen, verfolgen und identifizieren.
- Identifizierung der Flugobjekte auf Gattungsebene für Milane, Bussarde und Falken (neuronales Deep-Learning-Netzwerk); nicht-vogelartige Flugobjekte werden ausgeschlossen.

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation der Flugaktivität im Anlagenumfeld: Ausgabe der Flugwege ohne genaue Positionsbestimmung; eine Implementierung von Stereomodulen (3D) erfolgt aktuell.
- 6 Industrie-Kameras decken ein Sichtfeld von 360° um die WEA (6 und 20 MP) ab.

#### Kopplung an Verminderungsreaktion

- Die Kopplung an eine ereignisbezogene Abschaltung ist vorgesehen.

#### Montage

- Die Montage erfolgt ringförmig am WEA-Turm auf 6-8 m Höhe.

#### Daten aus der Erprobung

Erste vorläufige Erprobungsergebnisse von 2 Standorten:

- Erfassungsbereich: 95 % und 96 % der Großvogelflüge bei 250 m (vgl. PM vom 18.10.2019, Pubantz schriftl. v. 23.01.2020),
- Falsch-Positiv-Rate: 12 % (n = 740).

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Die Leistungsfähigkeit ist abhängig von den Sicht- und Lichtverhältnissen, bei Sprühregen ist diese eingeschränkt (Wasserfilm auf Kameralinse) (Mehrgott 2019).
- Bis zirka 15 m über Grund ist die Erfassungsrate durch fehlenden Kontrast zum Boden begrenzt (ebd.).

### Verminderungsreaktion

- Die Erfassungsreichweite von 250-300 m ist ggf. nicht ausreichend, um bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel eine ereignisbezogene Abschaltung rechtzeitig auszulösen. (s. Fußnote 3, S. 7)

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Bisher ist wenig über die Leistungsfähigkeit bekannt. Erste Erprobungen aus 2019 sind abgeschlossen, der Bericht ist bisher nicht veröffentlicht.
- Bis 2021 ist eine umfassende Optimierung des Systems vorgesehen (gefördert durch das BMWi): insb. eine Ausweitung auf weitere Vogelarten, eine Erhöhung der Erfassungsreichweite, eine Reduktion von Fehlauflösungen, eine weiterführende Automatisierung und eine kontinuierliche Erprobung auf 8 Standorten (BW, SL). (vgl. PM vom 18.10.2019).

## Quellen und weiterführende Literatur

- BirdVision (2020);
- BirdVision (2019a);
- BirdVision (2019b);
- KNE (2019), S. 38 ff;
- Mehrgott (2019);
- Pubantz (schriftl. v. 23.01.2020).



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### DTBird

<https://dtbird.com>

#### Entwicklungsstand

- In der Weiterentwicklungs- und Optimierungsphase.
- In der Erprobung (u.a. Deutschland).
- International in Betrieb.
- Marktverfügbar.

#### Anwendung/Eignung

- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität.
- Monitoring der Kollisionsereignisse.

#### Flugobjektdetektion

- Automatisierte Flugobjekterkennung und Verfolgung in Echtzeit bei Tag (größer 50 Lux) und optional bei Nacht (Wärmebildkamera).
- Maximale Erfassungsreichweite in Abhängigkeit zur Flügelspannweite laut Hersteller (DTBird V8 Modell):  
130–180 m bei Flügelspannweite von 47–63 cm.  
400–480 m bei Flügelspannweite von 140–165 cm.  
550–650 m bei Flügelspannweite von 190–225 cm.

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation des Flugverhaltens im Anlagenumfeld.
- Sichtfeld von 360° um WEA möglich in Abhängigkeit von Kameraanzahl (4–8 HD-Kameras, Halbkugel).

#### Kopplung an Verminderungsreaktion

- Kopplung an unterschiedliche Verminderungsreaktionen möglich:  
1) akustische Warnung, 2) akustische Vergrämung,  
3) ereignisbezogene Abschaltung abhängig von Anzahl der Pixelpunkte.
- Lautstärke und Art des Signaltons anpassbar und variierbar. Das Signal deckt den Rotorbereich ab.

#### Montage

- Die Montage erfolgt am WEA-Turm auf 10–50 m Höhe.

#### Daten aus der Erprobung

- Die Erfassungsrate der automatisierten Erkennung (hier: Vorgängermodell) bei großen Vögeln, hier Seeadler (May et al. 2012): 86–96 % auf 15 m Entfernung, 76–92 % auf 300 m Entfernung.
- Erfassungsrate von 51 % auf eine Entfernung von über 230 m von der WEA (Drohne, Steinadler; vgl. Harvey & Associates 2018).
- Vergrämungsreaktion bei 52–83 % der Steinadler und bei 60–70 % der Greifvögel (vgl. ebd.).
- Vergrämungsreaktion: 42 % der detektierten Vögel zeigten Ausweichverhalten (vgl. Litsgård et al. 2016).
- Reduzierung des errechneten Kollisionsrisikos für den Steinadler von 33–53 % durch Vergrämung (vgl. Harvey & Associates 2018).

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Eine automatisierte Identifizierung von Arten oder vogelartigen Flugobjekten ist nicht vorgesehen (manuelle Auswertung von Videomaterial).
- Die tatsächliche Entfernung des Vogels zum System bzw. der WEA wird nicht ermittelt.
- Die Leistungsfähigkeit ist abhängig von Sicht- und Lichtverhältnissen, insbesondere vom Sonnenstand.
- Das System weist eine Falsch-Positiv-Rate von 69,5 % (vgl. Aschwanden et al. 2015) bzw. 36 % (vgl. Harvey & Associates 2018) bzw. 32 % (vgl. Sprötge 2019) auf.

### Verminderungsreaktion

- Eine (dauerhafte) Wirksamkeit akustischer Vergrämung ist nicht belegt; ggf. kann daraus eine Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG resultieren.
- Die Erfassungsreichweite ist ggf. nicht ausreichend, um bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel eine ereignisbezogene Abschaltung rechtzeitig auszulösen. (s. Fußnote 3, S. 7)

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Das System wird aktuell in Deutschland erprobt (vgl. Sprötge 2019). Der Endbericht wurde bislang nicht publiziert.
- Darüber hinaus wurde das System bereits mehrfach erprobt und anschließend weiterentwickelt (s. weiterführende Literatur).

## Quellen und weiterführende Literatur

- Sprötge 2019;
- KNE 2019, S. 27ff;
- Aschwanden et al. 2015;
- DTBird 2019;
- Harvey & Associates 2018;
- Litsgård et al. 2016;
- May et al. 2012;
- VGH München Urteil vom 29.03.2016, AZ: 22 B 14.1875, 22 B 14.1876.



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### Eagle Take Minimization Project (Oregon State University)

Link derzeit nicht vorhanden.

#### Entwicklungsstatus

- In der Entwicklungsphase.
- In der Erprobung (USA).

#### Anwendung/Eignung

- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität.

#### Flugobjektdetektion

- Das System kann in Echtzeit Großvogelarten automatisiert erfassen, verfolgen und identifizieren (insb. Adlerarten mittels neuronalen Netzwerks).
- Kollisionen von Flugobjekten werden mittels Beschleunigungssensoren, akustischen Sensoren und weiteren Kameras auf jedem Rotorblatt erfasst. Es erfolgt eine automatisierte Aufnahme einer Videosequenz des Kollisionsereignisses.

#### Erfassungsbereich

- Eine Smart-Kamera ermöglicht eine räumliche Abdeckung von 360° horizontal und 180° vertikal im direkten Anlagenumfeld.

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Eine Kopplung an ereignisbezogene optische Vergrämung ist vorgesehen (bei Detektion einer Zielart und Annäherung an WEA).<sup>5</sup>

#### Montage

- Die Montage erfolgt auf der Gondel der WEA.

#### Daten aus der Erprobung

Erste vorläufige Erprobungsergebnisse (vgl. Albertani et al. 2018a und 2018b):

- Erfassungsreichweite: 9–46 m,
- Falsch-Positiv-Rate: 21 %,
- Falsch-Negativ-Rate: 5 %.

<sup>5</sup> Die aktuell laufende System-Weiterentwicklung orientiert sich an den in den USA geltenden artenschutzrechtlichen Vorgaben, die sich von denen in Deutschland unterscheiden. Demnach werden Detektionssysteme fast ausschließlich zum Zweck eines betriebsbegleitenden Monitorings zur Abschätzung der tatsächlichen Auswirkungen auf insbesondere Adlerarten vorgesehen bzw. beauftragt. Eine ereignisbezogene Abschaltung wird bislang in der Regel nicht gefordert, was den Einsatz eines Systems für diesen Zweck jedoch nicht per se ausschließt.

---

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Bei fehlendem Kontrast zum Hintergrund vermindert sich die Erfassungsrate.
- Das System weist eine hohe Falsch-Positiv-Rate auf.
- Die Leistungsfähigkeit des Systems ist abhängig von den Sicht- und Lichtverhältnissen.

### Verminderungsreaktionen

- Die Erfassungsreichweite ist nicht ausreichend, um eine ereignisbezogene Abschaltung rechtzeitig auszulösen.
- Lediglich einer von 11 Vögeln, die eine optische Vergrämung auslösten, zeigte eine Änderung der Flugrichtung.
- Eine (dauerhafte) Wirksamkeit optischer Vergrämung ist nicht belegt; ggf. kann daraus eine Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG resultieren.

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Das System befindet sich in einer frühen Entwicklungsphase; erste Erprobungsergebnisse basieren auf einer unzureichenden Datengrundlage.

## Quellen und weiterführende Literatur

- Albertani et al. (2018a);
- Albertani et al. (2018b);
- NREL (2019);
- Oregon State University (2018);
- Oregon State University o. J.



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### IdentiFlight

[www.identiflight.com](http://www.identiflight.com)

#### Entwicklungsstand

- In der Optimierungsphase.
- In der Erprobung (mehrere Standorte in Deutschland: MV, BW, ST).
- International in Betrieb (insb. USA).
- Die Marktverfügbarkeit ist begrenzt.

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Monitoring der Flugaktivität.

#### Flugobjektdetektion

- Das Kamerasystem leistet bei Tageslicht eine automatisierte Erfassung, Verfolgung und Identifizierung von Vögeln in Echtzeit.
- Die Erfassungsreichweite von Groß- und Greifvögeln ist in Abhängigkeit der Flugobjektgröße im Radius von bis zu 1 km möglich.
- Position (3D), Flugweg und -muster sowie Fluggeschwindigkeit, Flügelspannweite, Silhouette und Färbung des Flugobjektes werden automatisiert in Echtzeit ermittelt.
- Die automatisierte Arterkennung, insbesondere für den Rotmilan und den Seeadler, erfolgt nach zirka 5 Sekunden.
- Nicht-vogelartige Flugobjekte werden ausgeschlossen (neuronales Netzwerk).

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation des Flugverhaltens im weiteren Anlagenumfeld sind möglich.
- Ein kombiniertes Kamerasystem (8 Weitwinkelkameras, 1 schwenkbare Stereokamera) decken Sichtfeld von 360° um das Kamerasystem ab. Im Bereich über dem System ergibt sich eine Erfassungslücke („Cone of darkness“).

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Eine Kopplung an eine ereignisbezogene Abschaltung unter Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeit und des Flugweges ist für Zielart(en) vorgesehen.

#### Montage

- Das System kann stationär (bspw. auf Turmkonstruktionen) und mobil (bspw. auf Containern) abseits der WEA eingesetzt werden.

#### Daten aus der Erprobung

Erste vorläufige Erprobungsergebnisse von 2 Standorten (vgl. Reichenbach und Reers 2019):

- Erfassungsreichweite: 750 m für Rotmilane (n = 3.274),
- Erfassungsrate: 96 % und 77 % für Rotmilane (gesamt: 90 %),
- Klassifizierungserfolg bei 700–800 m: 90 %,
- Falsch-Negativ-Rate: 10 %,
- Falsch-Positiv-Rate: 2 %.



---

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Die Leistungsfähigkeit ist abhängig von den Sicht- und Lichtverhältnissen.
- Bei fehlendem Kontrast zum Hintergrund vermindert sich die Erfassungsrate.
- Die zeitgleiche Positionsbestimmung mehrerer Vögel ist nicht möglich.
- Bei Installation des Systems auf einem speziell dafür entwickelten Mast (bspw. Bei Einsatz über Wald) können Einschränkungen der Bildqualität – und damit einhergehend der Erfassungsrate und dem Identifizierungserfolg) vermieden werden.

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Die Ergebnisse aus bisherigen Erprobungen werden in der 2. Jahreshälfte 2020 erwartet.
- Weitere kollisionsgefährdete Arten sollen in das bestehende Spektrum der automatisierten Arterkennung aufgenommen werden.

## Quellen und weiterführende Literatur

- IdentiFlight o. J.;
- IdentiFlight (2018);
- KNE (2019), S. 32 ff;
- McClure et al. (2018);
- Reichenbach und Reers (2019).



# Kamerasysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### ProBird

[www.sensoflife.com](http://www.sensoflife.com)

#### Entwicklungsstand

- In der Optimierungsphase.
- In der Erprobung (Deutschland, Frankreich).
- International in Betrieb (insb. Frankreich).
- Marktverfügbar.

#### Anwendung/Eignung

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

#### Flugobjektdetektion

- Das Kamerasystem erfasst und verfolgt vogelartige Flugobjekte bei Tageslicht und Dämmerung (0,0001 Lux) in Echtzeit.
- Infrarot-Kameras stehen optional zur Verfügung.
- „Zu große“ bzw. „zu kleine“ Flugobjekte in großer Nähe zur Kamera, Rotorblätter und nicht-vogelartige Flugobjekte werden durch Abgleich (u. a. der Silhouette/ Shape oder Fluggeschwindigkeit) herausgefiltert; dadurch werden nicht relevante Systemreaktionen durch bspw. Insekten oder Reflexionen (neuronales Netzwerk) minimiert.

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation des Flugverhaltens (u. a. Geschwindigkeit, Flugrichtung) und der Kollisionsereignisse sind möglich.
- Eine räumliche Abdeckung von 30° horizontal und 20° vertikal pro Kamera ist gewährleistet. Eine 360°-Abdeckung wird durch eine Erhöhung der Kameraanzahl möglich (3-4 IP-Kameras: 350-980 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 an WEA-Turm (geklebt oder magnetisch); Überwachung der benachbarten WEA in zirka 400-500 m Entfernung durch die horizontale Ausrichtung der Kameras.

#### Daten aus der Erprobung

Erste vorläufige Erprobungsergebnisse (vgl. Lagrange und Rico 2019a und 2019b; n = 428):

- Erfassungsbereich (Drohnenstest, extrapoliert): 272–883 m (Rotmilan); 0–702 m (Schwarzmilan), 181–634 m (Mäusebussard),
- Falsch-Negativ-Rate: 2,4 %,
- Falsch-Positiv-Rate: 16 %.

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Eine automatisierte Identifizierung von Arten ist nicht vorgesehen (manuelle Auswertung von Videomaterial).
- Die Leistungsfähigkeit ist abhängig von den Sichtverhältnissen und der Objektgröße (vgl. Lagrange und Rico 2019; S. 10).
- Die tatsächliche Entfernung des Vogels zum System bzw. der WEA wird nicht ermittelt.
- Die Falsch-Positiv-Rate wird insbesondere durch dunkle Wolken beeinflusst.

### Verminderungsreaktion

- Die Erfassungsreichweite ist sehr variabel und bei höheren Fluggeschwindigkeiten der Vögel ggf. nicht ausreichend, um eine ereignisbezogene Abschaltung rechtzeitig auszulösen. (s. Fußnote 3, S. 7)

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Die Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit sind bisher gering. Eine erste unabhängige Erprobung in Deutschland (2017–2019) ist abgeschlossen, der Bericht ist noch nicht veröffentlicht.
- Eine Optimierung des Systems ist vorgesehen (insb. Reduzierung der Falsch-Positiv-Rate).

## Quellen und weiterführende Literatur

- Lagrange und Rico (2019a);
- Lagrange und Rico (2019b);
- Schierloh (schr. v. 21. April 2020);
- Sens of Life (2019).



# Radarsysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### MultiRadar

Link derzeit nicht vorhanden.

#### Entwicklungsstand

- In der Entwicklungsphase.
- In der Erprobung (Deutschland).

#### Anwendung/Eignung

- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Monitoring der Flugaktivität.

### Flugobjektdetektion

- Das radarbasierte System soll die Detektion, die Verfolgung und die Identifizierung auf der Basis des Flugverhaltens von Greifvögeln in Echtzeit ermöglichen (3D-Tracks).
- Das hybride Sensornetzwerk umfasst ein aktives Millimeterwellen-Mehrkanal-Radarsystem (36 GHz) und ein passives Millimeterwellen-Radiometer (90 GHz).

### Erfassungsbereich

- Vorgesehen ist die Erfassung und Dokumentation der Flugaktivität im Nahbereich der WEA bis auf 400 m Entfernung.
- Zur Abdeckung des gesamten Umfeldes der WEA sind mehrere Sensoren erforderlich.

### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Eine Kopplung an eine ereignisbezogene Abschaltung ist vorgesehen.

### Montage

- Die Montage des Systems erfolgt am WEA-Turm.

---

### **Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung**

### **Quellen und weiterführende Literatur**

#### **Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung**

- Das System befindet sich im frühen Stadium der Entwicklung; bisher liegen keine weiterführenden Informationen vor (Gefördert durch das BMWi; FKZ 0324323A-D, Laufzeit: 01.11.2018 bis 31.10.2021).
- Die Erprobung des Systems ist in Deutschland für 2020 und 2021 geplant.

- Ptj o. J.



# Radarsysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### BirdScan MS1

[www.swiss-birdradar.com/home.html](http://www.swiss-birdradar.com/home.html)

#### Entwicklungsstand

- In der Optimierungsphase.
- In Deutschland in Betrieb (überwiegend Erprobung).
- In der Erprobung (Deutschland, Schweiz).
- Bestandteil einer Genehmigung (ST).

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Monitoring der Flugaktivität.

#### Flugobjektdetektion

- Flugobjekte werden kontinuierlich bei Tag und bei Nacht erfasst, verfolgt und klassifiziert.
- In Echtzeit werden die Position, die Höhe und die Flugrichtung und -geschwindigkeit (3D-Tracks) erfasst.
- Eine Erfassung und Verfolgung von mehr als 500 Flugobjekten gleichzeitig ist möglich.
- Es werden große Datenmengen generiert. Verarbeitung durch Software zur automatisierten Datenbereinigung (Clutter) und zielgerichteten Daten-Interpretation (der Fokus liegt dabei auf den Zielarten).
- Die Erfassungsreichweite liegt laut Hersteller bei maximal 1.200 m (bspw. für den Rotmilan) und ist abhängig von der Größe des Objektes und dessen Anflugwinkel.
- Die Flugobjekte werden automatisiert auf der Basis einer Reihe von Parametern (insb. Größe, Flügelschlagfrequenz, Flugverhalten) differenziert. Das Ziel ist die automatisierte Identifizierung auf Artenebene in Echtzeit.

#### Erfassungsbereich

- Pro Antenne ist eine räumliche Abdeckung von 90° horizontal und 40° vertikal (FMCW-Radar, X-Band 9,4 GHz, Auflösung: 1,7 m) gegeben; eine Steigerung auf 360° kann durch eine Erhöhung der Antennenanzahl erreicht werden.
- Die Überwachung eines (Teil-)Bereichs im weiteren WEA-Umfeld ist möglich, jedoch ist die Abdeckung der WEA selbst nicht vorgesehen.

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Eine Kopplung an ereignisbezogene Abschaltungen für mittelgroße und große Vögel ist vorgesehen.

#### Montage

- Die Montage erfolgt am WEA-Turm oder freistehend.

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Zur 360°-Abdeckung sind 4 oder mehr Antennen erforderlich; die räumliche Abdeckung des unmittelbaren Anlagenumfeldes ist nicht vorgesehen (Erfassungslücke).
- Der Erfassungsbereich verschmälert sich nahe dem System (40° vertikale Antennenabdeckung).
- In reliefiertem Gelände ist die räumliche Abdeckung durch Radarschatten eingeschränkt; eine Optimierung der Systemposition ist daher essenziell.
- Die Einschränkung der räumlichen Abdeckung durch die Existenz einer Grenzschicht über Boden oder Wald kann zu einer Reduktion der Erfassungsrate führen.
- Starker Regen und Schneefall schränken die Funktionsfähigkeit ein.
- Eine umfangreiche standort-spezifische Systemkonfiguration und Anpassung des verwendeten Algorithmus sind erforderlich.

### Verminderungsreaktion

- Die Erfassungsrate und der Klassifizierungserfolg sind von der Qualität des Algorithmus zur Datenanalyse abhängig; bei einer falschen Klassifizierung eines Zielobjektes wird keine Abschaltung ausgelöst; eine falsche Klassifizierung eines nicht relevanten Flugobjektes führt zu einer unnötigen Abschaltung.

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Bisher liegen kaum empirische Daten über die Leistungsfähigkeit vor; Ergebnisse werden nach Abschluss einer Erprobung im Jahr 2020 erwartet.

## Quellen und weiterführende Literatur

- Früh (2019);
- KNE (2019), S. 14 ff;
- Swiss BirdRadar (2019);
- Swiss BirdRadar o. J.



# Radarsysteme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### RobinRadar MAX

[www.robinradar.com](http://www.robinradar.com)

#### Entwicklungsstand

- In der Erprobung (Deutschland, Niederlande).
- International in Betrieb.
- Auf dem Markt verfügbar.

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Monitoring der Flugaktivität.

#### Flugobjektdetektion

- Die Flugobjekte werden kontinuierlich bei Tag und bei Nacht erfasst, verfolgt und klassifiziert.
- Die Erfassung der Position inklusive der Höhe und der Flugrichtung und -geschwindigkeit (3D-Tracks) erfolgt in Echtzeit.
- Es werden große Datenmengen generiert: Verarbeitung durch Software zur automatisierten Datenbereinigung (sog. Clutter) und zielgerichteten Daten-Interpretation (der Fokus liegt dabei auf Flugobjekten mit Eigenschaften der Zielarten).
- Die Erfassungsreichweite ist von der Flugobjektgröße und dem Anflugwinkel abhängig und reicht von 3–7 km; eine vertikale Erfassung ist bis zu 500 m möglich (vgl. Kleyheeg-Hartman 2019).
- Die Flugobjekte werden auf der Basis einer Reihe von Parametern (insb. Größe) automatisiert klassifiziert. Ziel ist die Präzisierung der Klassifizierung, um Flugobjekte mit den gleichen Eigenschaften der Zielart herauszufiltern.

#### Erfassungsbereich

- Erfassung und Dokumentation von Flugereignissen im weiteren Umfeld mehrerer WEA.
- Eine 360° horizontale und vertikale Abdeckung um das Radarsystem ist mit einer Antenne möglich (Halbkugel mit 30°-Erfassungslücke direkt über System, ein vollständiger Scan/Umdrehung pro Sekunde); X-Band FMCW-Radar (9,6 GHz).

#### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Eine Kopplung an ereignisbezogene Abschaltungen ist möglich.

#### Montage

- Die Montage erfolgt freistehend in ausreichender Entfernung zur WEA, bspw. an einer Turmkonstruktion oder auf einem Container (Minimierung von Schatten).



## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Auf Artenebene ist keine automatisierte Flugobjektidentifizierung möglich.
- In reliefiertem Gelände und in der direkten Umgebung der WEA ist die räumliche Abdeckung eingeschränkt (sog. Radarschatten); eine Optimierung der Systemposition ist daher essenziell.
- Die Einschränkung der räumlichen Abdeckung durch die Existenz einer Grenzschicht über Boden oder Wald kann zu einer Reduktion der Erfassungsrate führen.
- Starker Regen und Schneefall schränken die Funktionsfähigkeit ein.
- Eine umfangreiche standort-spezifische Systemkonfiguration und Anpassung des verwendeten Algorithmus sind erforderlich.

### Verminderungsreaktion

- Die Erfassungsrate und der Klassifizierungserfolg sind von der Qualität des Algorithmus zur Datenanalyse abhängig; bei einer falschen Klassifizierung eines Zielobjektes wird keine Abschaltung ausgelöst; eine falsche Klassifizierung eines nicht relevanten Flugobjektes führt zu einer unnötigen Abschaltung.

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Bisher liegen kaum empirische Daten über die Leistungsfähigkeit des Systems bei der Erfassung von Einzelvögeln zur ereignisbezogenen Abschaltung vor; Ergebnisse aus einer 2019 in Deutschland (BB) durchgeführten Erprobung wurden bislang nicht publiziert.

## Quellen und weiterführende Literatur

- Kleyheeg-Hartman (2019);
- KNE (2019), S. 20 ff;
- Prinsen (2018);
- Robin Radar Systems o. J.



# Systemkombinationen

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### Laufer Wind

Link derzeit nicht vorhanden.

#### Entwicklungsstand

- In der Weiterentwicklungsphase.
- International in Betrieb (USA).

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität.

### Flugobjektdetektion

- Die Erfassung, Verfolgung und automatisierte Identifizierung von Vogelarten (insbesondere bei Adlerarten) erfolgt in Echtzeit.
- Das System kombiniert Dopplerradarsysteme (x-Band, 9,41 GHz) zur weiträumigen Detektion mit 2 Pan-Tilt-Zoom-Kameras (PTZ) zur Verfolgung und Identifizierung der Flugobjekte (neuronales Netzwerk).

### Erfassungsbereich

- Die notwendige Anzahl an Kamera- und Radarsystemen ist von den Standortgegebenheiten abhängig.

### Kopplung an Verminderungsreaktionen

- Ist möglich: 1) Vergrämung und 2) ereignisbezogene Abschaltung.

### Daten aus der Erprobung

Erste vorläufige Ergebnisse von Drohmentests (vgl. Laufer Wind Group 2018, Tisch 2019):

- Maximale Erfassungsbereich: über 3 km (Adlerarten),
- Erfassungsbereich: 1 km (Adlerarten),
- Reichweite der Identifizierung: 500 m (Adlerarten).

### MUSE (Multi-Sensor Monitoring System)

Link derzeit nicht vorhanden.

#### Entwicklungsstand

- In der Entwicklungsphase.
- International in Betrieb.
- Ein Prototyp existiert.

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität

### Flugobjektdetektion

- Artengruppen werden in Echtzeit bei Tag und Nacht erfasst, verfolgt und automatisiert identifiziert.
- Das System kombiniert ein Radarsystem (vertikale und horizontale Antenne) zur weiträumigen Detektion und Positionsermittlung in 3D mit 2 Pan-Tilt-Zoom-Kameras (FLIR-Kamera und NIR-Kamera) zur gezielten Verfolgung des Flugobjektes.
- Die Flugobjekte werden auf der Basis von Flügelschlagfrequenz und Flugverhalten identifiziert.

### Erfassungsbereich

- Die notwendige Anzahl an Kameras ist von den Standortgegebenheiten abhängig.

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Bisher gibt es kaum empirische Daten über die Leistungsfähigkeit, insbesondere unabhängige Untersuchungen zur Erfassungsrate von Vögeln/Zielarten.

## Quellen und weiterführende Literatur

- Laufer (2017);
- Petr et al. (2018);
- Tisch (2019).

### Flugobjektdetektion

- Das bisherige „erlernte“ Artspektrum umfasst insbesondere Vogelarten der Küstenregionen.

### Erprobungsstand und vorgesehene Weiterentwicklung

- Bisher gibt es kaum empirische Nachweise über die Leistungsfähigkeit.
- Das System soll umfassend weiterentwickelt werden. Als Entwicklungsziele werden eine Erfassungs- und Identifizierungsbereichweite von 1–5 km und die Kopplung an unterschiedliche Verminderungsreaktionen genannt:
  - 1) optische Vergrämung mit UV-Blitzlicht (nicht sichtbar für Menschen) und
  - 2) ereignisbezogene Abschaltung. (vgl. Skov et al. 2016a, Projektlaufzeit: 2017–2021).

- DHI (2019);
- DHI o. J.;
- Skov et al. (2016a);
- Skov et al. (2016b);
- Skov et al. (2015).



# GPS-gestützte Systeme

## Funktionsweise und Leistungsfähigkeit

### Virtuelle Grenzzäune „Geofences“

<https://d55q5o4783kr1.cloudfront.net/pdf/recon.pdf>

#### Unterschiedliche Anbieter

- Beispiel: ReCON

#### Entwicklungsstand

- International in Betrieb<sup>6</sup>.
- Marktverfügbar.

#### Anwendung/Eignung

- Vorbereitende Standortbewertung.
- Ereignisbezogene Abschaltung.
- Ereignisbezogene Vergrämung.
- Monitoring der Flugaktivität.

### Flugobjektdetektion

- Alle planungsrelevanten Individuen werden mit Sendern ausgestattet (bspw. planungsrelevantes Brutpaar); Sendergröße und Modell sind abhängig von der Körpergröße des Individuums.
- Die Sender ermöglichen eine kontinuierliche Erfassung der Position während des Tages (Solarzellen) und der Nacht (Batterie); dabei erfolgt die Datenübertragung in Intervallen.
- Eine nahezu punktgenaue Ortung ist möglich; bei der Höhenerfassung gibt es Abweichungen.
- Die virtuellen Grenzzäune bzw. -linien (Geofences) werden konzentrisch um die WEA bzw. um den Windpark positioniert; welcher Radius dabei erforderlich ist, hängt von Fluggeschwindigkeit und Übertragungsintervall ab.
- Die Intensität der Datenerfassung und Übertragung kann je nach Zone bzw. Risikograd (Nähe zu WEA) angepasst werden.

### Kopplung an Verminderungsreaktion

- Bei Überfliegen der Grenzlinien in Echtzeit (Echtzeit zzgl. Dauer/Intervall der Datenübertragung), wird die kollisionsvermeidende Maßnahme (bspw. Vergrämung und/oder ereignisbezogene Abschaltung) automatisch ausgelöst.

<sup>6</sup> Nach verbreiteter Auffassung (vgl. Langgemach und Meyburg 2011) ist die Besenderung von gefährdeten Arten kein geeignetes Instrument für die Praxis (ereignisbezogene Abschaltung), da Spezialkenntnisse erforderlich sind, um eine Verletzung und ggf. Tötung der Tiere zu vermeiden. Eine Besenderung sollte demnach ausschließlich zur Grundlagenforschung (Monitoring) eingesetzt werden.

## Einschränkungen und vorgesehene Weiterentwicklung

### Flugobjektdetektion

- Die Funktionsfähigkeit (Dichte des Erfassungs- und Übertragungsintervalls) ist von der Batterieleistung und/oder vom verfügbaren Sonnenlicht abhängig.
- Eine Besenderung ist nur bei lokalen Individuen und bei geringer Individuenzahl (z. B. beim Kondor, vgl. Sheppard 2015) möglich.
- Für das Individuum besteht durch Fang und Besenderung die Gefahr einer Beeinträchtigung und Verletzung.
- Für eine Besenderung ist eine Genehmigung erforderlich. Sie ist nur innerhalb eines begrenzten Zeitfensters in Abhängigkeit der Brutzeit zulässig.

### Verminderungsreaktion

- Fällt ein Sender aus oder geht er verloren, erfolgt keine Detektion und somit keine Auslösung der Verminderungsreaktion. Eine Neubesenderung ist erforderlich.
- Eine Neubesenderung kann durch Senderverlust, Beschädigung oder Ende der Laufzeit (zirka 5–7 Jahre, abhängig vom Modell) erforderlich werden; eine Herausforderung dabei kann es sein, die planungsrelevanten Individuen zu identifizieren.
- Eine Neubesenderung von nachträglich angesiedelten Brutpaaren und Jungvögeln kann ggf. – abhängig von länderspezifischen Regelungen – notwendig sein.

## Quellen und weiterführende Literatur

- Normandeau Associates o. J.;
- Schuster (2019);
- Sheppard et al. (2015);
- Sheppard et al. (2014).



# Aktivitäten des KNE zu Detektionssystemen

## 🔗 **Dokumentation der KNE-Fachkonferenz**

### „Vogelschutz an Windenergieanlagen“

Auf dieser Konferenz im Mai 2019 wurden die ersten Ergebnisse von in Deutschland laufenden Systemerprobungen vorgestellt, Hersteller präsentierten den aktuellen Entwicklungsstand ihrer Systeme. Die Dokumentation fasst zudem die Ergebnisse einer Podiumsdiskussion mit Akteuren aus Politik und Praxis zusammen.

## 🔗 **Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben**

### **Workshopreihe** „Anforderungen an Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“

Im Rahmen des Projektes sollen erste Empfehlungen für die naturschutzfachlichen und artenschutzrechtlichen Anforderungen an Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung formuliert werden. Das Projekt wird durch das Bundesamt für Naturschutz gefördert (FKZ 3519861200, Laufzeit: 1. November 2019 bis 30. November 2020).

## 🔗 **Dossier** „10 Fragen – 10 Antworten zu Detektionssystemen“

Die Publikation greift häufig gestellte Fragen auf, um eine gemeinsame Wissensbasis für die sachliche Diskussion über Mindestanforderungen, Eignungsbedingungen und Wirksamkeitsschwellen zu bieten.

## 🔗 **Publikation** „Anforderungen an eine fachlich

### valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen“

Die Publikation bietet eine Orientierung für die Durchführung von betreiber-initiierten Systemerprobungen, um Neutralität und Qualität der Ergebnisse zu sichern.

## 🔗 **Video** „Detektionssysteme zur Verminderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen“

Der Kurzfilm veranschaulicht die Möglichkeiten und Grenzen von Detektionssystemen zur Vogelkennung und greift dabei relevante Fragestellungen auf.



# Verzeichnis der Abkürzungen und spezifischer Begriffe

**3D**

Die Dreidimensionalität. Radarsysteme und Stereo-Kamerasysteme leisten eine genaue Ermittlung der Position des Flugobjektes im Raum. Dies umfasst die Erfassung der Flughöhe und der Entfernung zum System bzw. der Windenergieanlage.

**BB**

Brandenburg.

**BfN**

Das Bundesamt für Naturschutz.

**BMWi**

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

**BW**

Baden-Württemberg.

**dB**

Das Dezibel, eine Maßeinheit für den Geräuschpegel.

**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.

**FKZ**

Das Förderkennzeichen.

**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: Vögeln), 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.

**GHz**

Das Giga-Hertz; Einheit für die Frequenz; sie gibt die Anzahl sich wiederholender Vorgänge pro Sekunde in einem periodischen Signal an.

**HD-Kamera**

Die High Definition-Kamera; eine hochauflösende Kamera.

**IP-Kamera**

Die Internet Protocol Camera (Netzwerkamera) ist eine Kamera, die in Form eines Videostreams Bild-daten bereitstellt, die von einem Computernetzwerk per Internet-Protokoll (IP) weiterverarbeitet werden können.

**Lux**

Die Einheit der Beleuchtungsstärke.

**m**

Der Meter.

**nm**

Der Nanometer; entspricht einem Milliardstel Meter.

**MP**

Das Megapixel; eine Million Bildpunkte (Pixel); die gebräuchliche Einheit zur Angabe der Sensor- und Bildauflösung.

**MV**

Mecklenburg-Vorpommern.

**n**

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

**NatForWINSENT II**

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

**NIR-Kamera**

Die Nahinfrarot-Kamera; die Erfassung im Nahinfrarotbereich umfasst Wellenlängen von 760 bis 2500 nm.

**o. J.**

Ohne Jahresangabe.

**Pixel**

Die Pixel sind Bildpunkte, die einzelne Farbwerte einer digitalen Rastergrafik bezeichnen sowie die zur Erfassung oder Darstellung eines Farbwerts nötigen Flächenelemente.

**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.

**PM**

Die Pressemitteilung.

**SL**

Saarland.



**Smart-Kamera**

Eine intelligente Kamera; ein Kameratyp für die industrielle Bildverarbeitung, der über einen internen Prozessor verfügt, auf dem Bildverarbeitungsoperationen durchgeführt werden; in der Regel wird von einer Smart-Kamera nicht das Rohbild ausgegeben, sondern nur verarbeitete Informationen.

**ST**

Sachsen-Anhalt.

**VGH**

Der Verwaltungsgerichtshof.

**WEA**

Die 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

- ➔ Albertani, R., Clocker, K., Hu, C., Johnston, M., Maurer, W., Peng, L., Todorovic, S., Huso, M., Katzner, T. (2018a): Eagle detection, identification and deterrent, with blade collision detection for wind turbines. Präsentation. NWCC Wind Wildlife Research Meeting XII am 27.–30.11.2018, St. Paul, Minnesota. S. 23.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Albertani, R., Clocker, K., Hu, C., Johnston, M., Maurer, W., Peng, L., Todorovic, S., Huso, M., Katzner, T. (2018b): Eagle detection, identification and deterrent, with blade collision detection for wind turbines. Abstract. NWCC Wind Wildlife Research Meeting XII am 28.–30.11.2018, St. Paul, Minnesota. S. 90 ff.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Aschwanden, J. und Liechti, F. (2019): Test of the automatic bird detection system BPS on the test field of WindForS in the context of nature conservation research (NatForWINSSENT). Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Bericht. 38 S.
- ➔ Aschwanden, J., Wanner, S., Liechti, 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).
- ➔ BfN (o. J.): NatForWINSSENT II - Umsetzung der Naturschutzforschung am Windtestfeld an Land. FKZ 3518 86 0100. Projektstreckbrief.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Biodiv-Wind (o. J.): SafeWind.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 19.06.2020).
- ➔ Bioseco (2020a): Technical specification of Bioseco Bird Protection System, Version 2.0 (Stand: Februar 2020). Broschüre. 4 S.
- ➔ Bioseco (2020b): Solution for Wind Farms.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 01.04.2020).
- ➔ BirdVision GmbH & Co. KG (2020): BirdVision Pressespiegel.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ BirdVision GmbH & Co. KG (2019a): Kamera-system zum Schutz windkraftempfindlicher Vogelarten an Windenergieanlagen. Flyer (Stand: 30.08.2019). 2 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ BirdVision GmbH & Co. KG (2019b): Factsheet BirdVision (Stand: 30.01.2019). 1 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ DHI (2019): Automated bird monitoring in off-shore wind farms.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ DHI (o. J.): Solution – Automated monitoring of bird movements in wind farms. Flyer.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).

- ➔ DTBird (2019): DTBird System – Bird Monitoring and Reduction of Collision Risk with Wind Turbines. 8 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 26.06.2020).
- ➔ Früh, D. (2019): Raumüberwachung und Schutz von Großvögeln mittels Radar. Präsentation. KNE-Fachkonferenz „Vogelschutz an Windenergieanlagen“ am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. 17 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Harvey & Associates (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: 26.06.2020).
- ➔ Kleyheeg-Hartman, J. (2019): Using full 3D bird radar to assess bird flight behaviour in and around wind farms. Präsentation vom 15.05.2020. KNE-Fachkonferenz Vogelschutz an Windenergieanlagen am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. S. 20–25.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 23.04.2020).
- ➔ IdentiFlight (2018): IdentiFlight Aerial Detection System Expands to Europe – Adding New Species to Classification Capabilities. Pressemitteilung vom 04.09.2018. 2 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ KNE (Hrsg.) (2019): KNE-Fachkonferenz Vogelschutz an Windenergieanlagen – Detektionssysteme als Chance für einen naturverträglichen Windenergieausbau? Dokumentation zur KNE-Fachkonferenz am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. 58 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Lagrange, H. und Rico, P. (2019a): 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: 21.04.2020).
- ➔ Lagrange, H. und Rico, P. (2019b): Evaluation of bird detection efficiency of ProBird. Tracking missed detection and false positives. In: Book of Abstracts. Conference on Wind energy and Wildlife impacts am 27.–30.08.2019 (CWW 2019). Stirling, Schottland. S.: 45.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 21.04.2020).
- ➔ Laufer, E. (2017): Radar based eagle take minimization system. Präsentation vom 19.05.2017. 9 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 21.04.2020).
- ➔ Litsgård, F., Eriksson, A., Wizelius, T., Säfström, T. (2016): Pilotinstallation av DTBird-systemet i Sverige. 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: 26.06.2020).
- ➔ McClure, C.J.W., Martinson, L., Allison, T.D. (2018): Automated monitoring for birds in flight: Proof of concept with eagles at a wind power facility. In: Biological Conservation 224 (2018): S. 26–33.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Mehrgott, H. (2019): Vom pauschalen Abschaltalgorithmus zum Einsatz eines Kamerasystems (BirdVision) – Erste Erkenntnisse aus einem betriebsbegleitenden Monitoring im Windpark Weißbach. Präsentation. KNE-Fachkonferenz „Vogelschutz an Windenergieanlagen“ am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. 25 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Meyburg B.-U. (o. J.): Satellite-Telemetry.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ NABU (o. J.): Karte: Schreiadler fliegen nach Afrika.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Normandeau Associates (o. J.): Remote Condor Observation Network (ReCON). Broschüre. 2 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 07.04.2020).
- ➔ NREL (2019): Oregon State University partners with NREL to improve wildlife impact minimization system. Pressemitteilung vom 23.08.2019.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Oregon State University (2018): Detection, deterrent system will help eagles, wind turbines coexist better. Pressemitteilung vom 19.03.2018.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Oregon State University (o. J.): Wind turbine sensor array for monitoring wildlife and blades collisions.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Petr, R., Knag, J., Laufer, E. (2018): Eagle take minimization system. Final technical report (Stand: 08.03.2018). Gefördert durch das U.S. Department of Energy. Projektnr. DE-EE0007884.0000. 20 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 21.04.2020).
- ➔ Przybycin, P., Przybycin, M., Przybycin, J., Makowski, M. (2019): B-Finder System – 24 Month test report for T-series. Bericht (Stand: November 2019). 28 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 07.04.2020).
- ➔ Przybycin, M. (2017) Counting instead of stopping. The 3 % annual productivity battle. Poster. Wind Europe – Conference & Exhibition am 28.–30. November 2017, Amsterdam.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 07.04.2020).

- ➔ Prinsen, H. (2018): Using dedicated full 3D bird radar to assess bird flight behavior and collision risk in the Netherlands. Präsentation. NWCC Research Meeting XII am 27.-30.11.2018, St. Paul, Minnesota. 16.S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff 23.04.2020).
- ➔ Ptj – Projektträger Jülich (o. J.): Verbundvorhaben: MultiRadar – Vogelschutzzonen im Nahbereich von Windenergieanlagen durch Multi-Radartechnologie. FKZ 0324323A-D. Projektbeschreibung.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 23.04.2020).
- ➔ Pubantz, M. schriftliche Mitteilung vom 23.01.2020 zum Entwicklungsstand von BirdVision.
- ➔ Reichenbach, M. und Reers, H. (2019): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan? Vorläufige Ergebnisse aus laufenden Untersuchungen. Präsentation. KNE-Fachkonferenz „Vogelschutz an Windenergieanlagen“ am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. 30 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Robin Radar Systems (o. J.): Max.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 23.04.2020).
- ➔ Roeleke, M., Blohm, T., Kramer-Schadt, S., Yovel, Y., Voigt, C.C. (2016): Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. In: Scientific Reports 6, Nr. 289961. 9 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Schierloh, S. schriftliche Mitteilung vom 21.4.2020 zum Entwicklungsstand von ProBird.
- ➔ Schuster, E. (2019): Die Forschung der Anderen – Ansätze für eine Vermeidung von Vogelkollisionen. In: KNE (2019): Jahrbuch für eine naturverträgliche Energiewende. K19 – Naturschutz in der Energiewende. S.: 132–149.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Sens of Life (2019): Bats and birds protection solutions for the wind power industry. ProBird – Wind regulation and monitoring.  
[Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 21.04.2020).
- ➔ Sheppard, J.K., McGann, A., Lanzone, M., Swaisgoo, R.R. (2015): An autonomous GPS geofence alert system to curtail avian fatalities at wind farms. In: Animal Biotelemetry 3(43). 8 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2018).
- ➔ Sheppard, J., McGann, A., Lanzone, M., Walsh, A., Wallace, M., Swaisgoo, R. (2014): Curtailing Avian Impacts with Wind Turbines using GSM/GPS Tracking Telemetry that Incorporates Autonomous Geofence Alerts. Präsentation. NWCC Research Meeting X. Broomfield, Colorado, USA. 45 S.  
[Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).

- ➔ Skov, H., Jensen, N.E., Prangsmå, J. (2016a): Multi-sensor monitoring system for determination of bird behaviour in marine wind farms. Poster. NWCC Wind Wildlife Research Meeting XI am 29.11.–02.12.2016, USA.
- ➔ Skov, H., Prangsmå, J., Taarnhøj, F., Jensen, N.E., (2016b): Multi-sensor monitoring system for determination of bird behaviour in marine wind farms. Abstract. NWCC Wind Wildlife Research Meeting XI am 29.11.–02.12.2016, USA. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff:).
- ➔ Skov, H. (2015): Multi-sensor bird detection system. Präsentation. 26 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ 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: 03.04.2020).
- ➔ Steinmetz, J. (2018): SafeWind – Der aktuelle Stand der Dinge. Präsentation. 27. Windenergietage am 6.–8.11.2018, Linstow. 29 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Steinmetz, J. (2017a): SafeWind: Artenschutz mit smarterer Windenergie. Präsentation. 26. Windenergietage am 7.–9.11.2017 in Warnemünde. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Steinmetz, J. (2017b): BirdSentinel – Vogelmonitoring mit Videodetektion. Broschüre. 2 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 29.04.2020).
- ➔ Swiss BirdRadar Solutions AG (2019): Aerial surveillance radar – BirdScan MS1. Factsheet (Stand: 15.03.2019). 4 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Swiss BirdRadar Solutions AG (o. J.): BirdScan MV1. [Link zur Internetseite](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).
- ➔ Tisch, R. (2019): Eagle take minimization system. Project ID # M25. Präsentation. 14 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 21.04.2020).
- ➔ VGH München, Urteil vom 20.03.2016 zu DTBird – AZ: 22 B 14.1875, 22 B 14.1876. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 26.06.2020).
- ➔ ZSW (2017): Ergebnisse 2017. 49 S. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.04.2020).



[www.naturschutz-energiewende.de](http://www.naturschutz-energiewende.de)