



KNE | Kompetenzzentrum
Naturschutz und Energiewende

GPS-SYSTEME



RADAR-SYSTEME



KAMERA-SYSTEME



AKUSTISCHE
ERFASSUNGSSYSTEME



SENSOR-SYSTEME



SYNOPSIS

Technische Systeme zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel und Fledermäuse durch die Windenergienutzung

Impressum:

© KNE gGmbH, Stand 31. Januar 2018

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

Newsletter:

www.naturschutz-energiewende.de/newsletter

Twitter:

@KNE_tweet

Zitervorschlag:

KNE (2018): Synopse der technischen Ansätze zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel und Fledermäuse durch die Windenergienutzung.

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: fotolia.de – Mattoff



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Einleitung | 4 |
| Kamera-Systeme | |
| DTBird | 6 |
| IdentiFlight | 6 |
| BirdSentinel/SafeWind | 8 |
| TADS..... | 8 |
| VARs..... | 10 |
| ATOM..... | 10 |
| Radar-Systeme | |
| verschiedene Anbieter | 12 |
| GPS-Systeme | |
| Virtuelle Grenzzäune „Geofences“ | 14 |
| Telemetrierung..... | 14 |
| Sensor-Systeme | |
| B-finder | 16 |
| WT-Bird | 16 |
| Akustische Erfassungssysteme | |
| Akustische Detektoren..... | 18 |
| ID-Stat | 18 |
| Access-Tool ProBat | 18 |
| Quellen | 20 |



Einleitung

Technische Systeme stellen eine Möglichkeit dar, um ein signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko windenergiesensibler Arten zu vermeiden. Ihr Einsatz kommt insbesondere dann in Betracht, wenn angesichts der Flächenknappheit und des fortschreitenden Windenergieausbaus kaum mehr ausreichend konfliktarme Standorte zur Verfügung stehen. Auch erlauben sie es, den aufgrund raum-zeitlicher Dynamiken auftretenden Prognoseunsicherheiten über das Eintreten von Tötungsrisiken während des Anlagen-Betriebs besser gerecht zu werden. Sie stellen eine bedarfsgerechte und somit effiziente Alternative dar, zu den meist auf Erfahrungswerten bzw. Langzeitbeobachtungen basierenden, pauschalen Abschaltzeiten.

Insbesondere in Bundesländern mit begrenztem oder konfliktreichem Standortangebot können technische Systeme künftig eine wichtige Rolle für die Genehmigungsfähigkeit von Windenergieanlagen spielen. Die vorhandenen Systeme basieren auf unterschiedlichen Technologien (Kamera-, Radar-, GPS-, Sensor-, Mikrofon-Systeme). Je nach Eigenschaften können sie:

- ➔ zur vorbereitenden Standortbewertung,
- ➔ zur Vergrämung kollisionsgefährdeter Individuen während des Anlagenbetriebs,
- ➔ zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung oder
- ➔ zum Monitoring der Flugaktivität oder von Kollisionsereignissen dienen.

Diese technischen Ansätze weisen unterschiedliche Entwicklungsstände auf – von der Entwicklung im Rahmen von Forschungsprojekten über die Erprobung bis hin zur „marktreifen“ Anwendung. Während es im internationalen Ausland bereits mehrere Anwendungsfälle gibt, sind diese in Deutschland noch auf Einzelfälle beschränkt.

Die Technologien weisen jeweils unterschiedliche Funktionsweisen und Limitierungen auf. Für einige erscheint es denkbar, dass sie künftig, nach einer Phase der Weiterentwicklung und Erprobung, als geeignete und nachweislich wirksame Vermeidungsmaßnahme anerkannt werden. Eine Kombination von Technologien bzw. Systemkomponenten kann dazu beitragen, die Wirksamkeit zu verbessern und die Einsatzgebiete zu erweitern.

Jedoch ist explizit darauf hinzuweisen, dass die technischen Systeme eine sorgfältige Standortwahl nicht ersetzen können. Trotz technischer Lösungen können sich Standorte also als für die Windenergienutzung ungeeignet bzw. nicht genehmigungsfähig erweisen.

Voraussetzung für die Anwendung technischer Systeme zur Vermeidung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos in der Praxis ist deren nachweisliche Wirksamkeit. Die Einschätzung, ob dies der Fall ist, obliegt der zuständigen Naturschutzbehörde, welche sich an dem aktuellen Stand fachwissenschaftlicher Erkenntnisse zu orientieren hat.

Die Eignung bzw. die Wirksamkeit der Systeme zur Vermeidung des Eintritts eines Verbotstatbestandes nach § 44 BNatSchG ist von ihrer technischen Leistungsfähigkeit sowie von ihrer Zuverlässigkeit abhängig. Andererseits spielen auch immer standort- sowie zielartspezifische Eigenschaften eine wichtige Rolle. Generell gilt: Ob eine als wirksam erachtete Maßnahme im

speziellen Vorhaben hinreichend geeignet ist, um die Beeinträchtigungen unter die Signifikanzschwelle zu senken, muss im Einzelfall entschieden werden.

Der Wissensstand über die Anwendbarkeit und Wirksamkeit existierender Technologien wurde bereits zusammengetragen (vgl. BirdLife international 2015; Dirksen 2017; Gartman et al. 2016; KNE 2016a; May et al. 2015; TU Berlin, FA Wind und WWU 2015). Die nachfolgende Synopse baut darauf auf und ergänzt die vorliegenden Informationen um den aktuellen Kenntnisstand, wie er sich auf Basis deutsch- und englischsprachiger Literatur darstellt. Die Informationen entstammen teils aus Herstellerdaten, teils aus Studien und fachwissenschaftlichen Veröffentlichungen.

Mit dieser Synopse möchten wir einen Beitrag zur Verbreitung, Bereitstellung und zum Transfer des Kenntnisstandes über die Technologieentwicklung leisten. Eine Empfehlung, ob und wenn ja, welchen Technologien der Vorzug gegeben werden sollte, ist nicht beabsichtigt.

Die Übersicht über die Systeme wurde gegenüber dem Stand vom 24. Juli 2017 aktualisiert und erweitert. Sie erhebt weiterhin keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weitere Systeme befinden sich bereits auf dem Markt (ReBat/TIMR) oder sind in der Entwicklung (bspw. ACAMS, B²-Monitor). Informationen über diese Systeme werden im Zuge weiterer Fortschreibungen (halbjährlich) eingepflegt. Zur Vertiefung kann den weiterführenden Links gefolgt werden.



Kamera-Systeme

Funktionsweise

DTBird

Geschätzte Kosten

Abhängig von Ausstattung
(Dirksen 2017)

Artgruppe

Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase

Betriebsregulierung;
Vergrämung;
Monitoring Flugaktivität;
Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand

Validierung/Studie;
in Betrieb international;
in Betrieb in Deutschland;
in Betrieb in Deutschland (Einsatz offshore);
kommerzielle Verwendung

- Automatisierte Flugobjekterkennung in Echtzeit,
- Monitoring und Dokumentation des Flugverhaltens im Anlagenumfeld,
- optische und akustische Erfassung in Abhängigkeit von Sichtverhältnissen/ Kamerasystemen,
- Tag- und Nachtaufnahmen möglich bei Tag (> 50 Lux) und Nacht (< 50 Lux, Wärmebildkamera),
- Sichtfeld von 360° um WEA möglich in Abhängigkeit von Kameraanzahl (4–8 HD-Kameras),
- Kopplung an Module zur akustischen Warnung/Vergrämung und Betriebsregulierung (bedarfsgerecht) sowie zum Kollisionsmonitoring möglich,
- Lautstärke und Art des Signaltons anpassbar und variierbar,
- Reduzierung der Verweildauer von Greifvögeln und Kranichen im Risikobereich (bis 100 m von WEA) durch akustische Vergrämung um insgesamt > 60 %; insgesamt lag das Ausweichverhalten bei Vögeln im Risikobereich um 42 % höher im Vergleich zu Beobachtungen ohne Vergrämung (Litsgård et al. 2016).
- Erfassungsrate der automatisierten Erkennung (hier: Vorgängermodell) bei großen Vögeln, hier Seeadler (May et al. 2012):
86–96 % auf 150 m Entfernung,
76–92 % auf 300 m Entfernung.

IdentiFlight

Artgruppe

Vögel

Ansatz/Projektphase

Vorbereitende Standortbewertung;
Betriebsregulierung;
Monitoring Flugaktivität

Entwicklungsstand

in Betrieb international;
kommerzielle Verwendung

- Optische Erfassung mittels kombiniertem Kamerasystem im Radius von 1 km,
- halbkugelförmiges Sichtfeld (360°) um Kamerasystem,
- automatisierte Ermittlung der Position (3D), des Flugwegs, der Fluggeschwindigkeit und der Art des Flugobjektes („Species of interest“) in Echtzeit (~5 Sek. nach optischer Erfassung) durch den Einsatz einer Stereokamera,
- Monitoring und Dokumentation des Flugverhaltens möglich,
- bedarfsgerechte Betriebsregulierung für Einzelanlagen bei akutem Kollisionsrisiko unter Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeit und des Flugweges,
- stationärer wie auch mobiler Einsatz möglich.

Einschränkungen

- Keine automatisierte Identifikation von vogelartigen Flugobjekten,
- keine automatisierte Arterkennung/-Unterscheidung (manuelle Auswertung von Videomaterial),
- Abhängigkeit von Sichtverhältnissen,
- akustische Vergrämung stellt ggf. Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG dar (Einzelfallprüfung),
- abnehmende Wirksamkeit der akustischen Vergrämung durch Gewöhnung nicht ausgeschlossen,
- hohe Anzahl falsch-positiver Meldungen (69,5 % vgl. Aschwanden et al. 2015),
- optische Erfassung auf geringe Entfernung; abhängig von Flugobjektgröße, Position und Entfernung zur Kamera (aktuelles Modell DTBird V8 am Tag):

| Flügelspannweite | Erfassungsentfernung |
|------------------|----------------------|
| > 150 cm | 350–600 m |
| 75–150 cm | 175–350 m |
| < 75 cm | 25–175 m |

Quelle: DTBird 2017.

- Fluggeschwindigkeit und Richtung sowie die Dauer zwischen Abschaltungsbeefehl (ggf. Signalverarbeitung) und Austrudeln (zirka 30–45 Sek.) entscheidend für Kollisionsvermeidung.

Weiterführende Literatur

- Aschwanden et al. 2015;
- BirdLife International 2015;
- Dirksen 2017;
- DTBird 2016a;
- DTBird 2016b;
- DTBird 2017;
- KNE 2016a;
- KNE 2016b;
- Litsgård et al. 2016;
- May et al. 2012;
- TU Berlin et al. 2015;
- VGH München Urteil vom 29.03.2016, AZ: 22 B 14.1875, 22 B 14.1876.

- Ergebnisse zur System-Validierung noch ausstehend (u. a. Erfassungsrate, falsch-positiv Meldung, Reichweite, Funktionalität bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen),
- automatisierte Erkennung in Echtzeit bislang auf Adlerarten beschränkt,
- Abhängigkeit von Sichtverhältnissen,
- voraussichtlich erst 2019 auf dem europäischen Markt (Gottlieb 2017).

- Gottlieb 2017;
- IdentiFlight o. J.;
- IdentiFlight 2017.



Kamera-Systeme

Funktionsweise

BirdSentinel/ SafeWind

Artgruppe

Vögel; Fledermäuse

Ansatz/Projektphase

Vorbereitende Standortbewertung;
Betriebsregulierung;
Vergrämung;
Monitoring Flugaktivität;
Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand

in Betrieb international;
kommerzielle Verwendung

- Automatisierte Flugobjekterkennung in Echtzeit,
- Monitoring und Dokumentation des Flugverhaltens im Anlagenumfeld,
- optische Erfassung in Abhängigkeit von Sichtverhältnissen/Kamerasystemen,
- Aufnahme bei Tag (HD Kameras) und Nacht (Infrarot) möglich,
- Sichtfeld von 360° um WEA in Abhängigkeit von Kameraanzahl (4–8 Kameras),
- Kopplung an akustische Vergrämung und Betriebsregulierung (bedarfsgerecht),
- Lautstärke und Art des Signaltons anpassbar.

TADS

Geschätzte Kosten

100.000–200.000 €
(Dirksen 2017)

Artgruppe

Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase

Monitoring Flugaktivität;
Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand

Validierung/Studie;
in Betrieb international (Einsatz offshore)

- Monitoring des Flugverhaltens und von Kollisionsereignissen im Rotorbereich,
- Infrarot- und HD-Kamerasystem an Anlagenfuß mit optischem und digitalem Zoom,
- durch Kopplung an Radarsystem (Reichweite: 8 km) Ausrichtung der Kamera durch Übertragung von Flugobjekt-Koordinaten, wenn im Abstand von unter 1.000 m,
- Monitoring und Dokumentation des Flugverhaltens im Rotorbereich möglich (Videosequenz und Radardaten),
- Auslösung der Kamera (à 20 Sek.) durch Flugbewegung; dadurch reduzierte Datenmenge,
- ein TAD-System kann den gesamten Rotorbereich von 8 WEA (im Abstand von 500 m) abdecken (Dirksen 2017),
- Flugobjekterkennung ist auch bei schlechter Sicht und Dunkelheit möglich.

Einschränkungen

- Ergebnisse zur System-Validierung noch ausstehend,
- keine automatisierte Identifikation von vogelartigen Flugobjekten,
- keine automatisierte Arterkennung/-Unterscheidung (manuelle Auswertung von Videomaterial),
- Abhängigkeit von Sichtverhältnissen,
- akustische Vergrämung stellt ggf. Störung nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG dar (Einzelfallprüfung),
- abnehmende Wirksamkeit der akustischen Vergrämung durch Gewöhnung nicht ausgeschlossen,
- hohe Anzahl falsch-positiver Meldungen (256 von 306 ausgelösten Vergrämungssignalen (Steinmetz 2017),
- optische Erfassung eines Rotmilans wird vom Hersteller auf zirka 300 m geschätzt (Entfernung abhängig von Flugobjektgröße, Position und Entfernung zur Kamera),
- Fluggeschwindigkeit und Richtung sowie die Dauer zwischen Abschaltungsbefehl (ggf. Signalverarbeitung) und Austrudeln (zirka 30–45 Sek.) entscheidend für Kollisionsvermeidung.

Weiterführende Literatur

- Steinmetz 2017a;
- Steinmetz 2017b.

- Hohe Fehlauflöse-Quote von 1:200 (nur 0,5–1 % der Aufnahmen enthielten Vögel; vgl. Dirksen 2017); das System befindet sich in Überarbeitung,
- eingeschränkte optische Abdeckung durch schmalen Blickwinkel (20°/Kamera) bei Reichweite von 1.000 m,
- Validierung der Kollisionsereignisse muss manuell erfolgen,
- Arterkennung erfolgt ebenfalls manuell auf Art- bzw. Artgruppen-Ebene,
- aktuell keine Kopplung an Betriebsregulierung vorgesehen.

- BirdLife International 2015;
- Collier et al. 2011;
- Collier et al. 2012;
- Desholm 2005a;
- Desholm 2005b;
- Dirksen 2017;
- KNE 2016a;
- Ward et al. 2016.



Kamera-Systeme

Funktionsweise

VARs

Geschätzte Kosten
20.000 €
(Dirksen 2017)

Artgruppe
Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase
Monitoring Flugaktivität;
Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand
Validierung/Studie;
in Betrieb in Deutschland (Einsatz offshore)

- Einsatz von Infrarot-Kameras mit Bewegungsanalyse-Software; dadurch Ermittlung von Bewegungsdaten möglich,
- Echtzeiterkennung der Flugobjekte am Tag und in der Nacht,
- Flugobjekterkennung im Rotorbereich,
- Flugobjekterkennung auch bei schlechter Sicht und Dunkelheit,
- Auslösung der Kamera durch Flugbewegung; dadurch reduzierte Datenmenge,
- Dokumentation von Witterungsbedingungen während des Flugereignisses.

ATOM

Geschätzte Kosten
auf Nachfrage
(Dirksen 2017)

Artgruppe
Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase
Vorbereitende Standortbewertung;
Monitoring Flugaktivität

Entwicklungsstand
Validierung/Studie;
in Betrieb international;
in Betrieb international (Einsatz offshore);
kommerzielle Verwendung

- Einsatz von Infrarot-Kameras in Kombination mit Mikrofonen für hörbaren Bereich und nicht hörbaren Ultraschall am Anlagenfuß (visuell-akustische Überwachung),
- Langzeit-Monitoring der Vogel- und Fledermausaktivität im Rotorbereich bei Tag und Nacht möglich,
- Ermittlung der Flughöhe bis 180 m, Fluggeschwindigkeit und Richtung,
- quantitative Erfassung von Durchflügen,
- Artbestimmung über Kombination visueller und akustischer Daten,
- Software zur Flugobjekterkennung SwisTrack erforderlich,
- Kopplung an Betriebsregulierung in Zukunft angestrebt,
- Dokumentation von meteorologischen Daten (Sichtverhältnis, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftfeuchtigkeit) möglich.

Einschränkungen

- Keine automatische Erfassung von Kollisionen,
- eingeschränkte Reichweite und Abdeckung durch schmalen Blickwinkel (22°/Kamera; vgl. Schulz et al. 2014),
- hohe Fehlauflöserate des Kamera-Systems aufgrund anderer Bewegungen (z. B. Rotorblatt, Regen); dadurch hohe Datenmengen,
- keine automatisierte Arterkennung/-Unterscheidung,
- Bestimmung manuell meist nur auf Artgruppen-Ebene möglich,
- keine Kopplung an Betriebsregulierung vorgesehen.

Weiterführende Literatur

- Collier et al. 2011;
- Collier et al. 2012;
- Coppack et al. 2011;
- Dirksen 2017;
- IfAÖ o. J.;
- Schulz et al. 2014.

- Zuverlässigkeit des akustischen Monitorings ist abhängig von Geräuschpegel in Umgebung,
- Arterkennung/-Unterscheidung ist nur bei akustischer und visueller Erfassung eines Individuums möglich,
- Kollisionen wurden bislang nicht erfasst,
- Identifikation von Flugobjekten von Qualität der formulierten Interpretationskriterien abhängig.

- BirdLife International 2015;
- Collier et al. 2011;
- Collier et al. 2012;
- Dirksen 2017;
- Normandeau Associates Inc. 2018;
- Robinson Willmott et al. 2015;
- Robinson Willmott & Forcey 2014.



Radar-Systeme

Funktionsweise

Radar-Systeme

verschiedener Anbieter

Übersicht (vgl. Snoek 2016, S. 35f)

Geschätzte Kosten

500.000–1.000.000 \$
(Merlin Radar, vgl. Dirksen 2017)

Artgruppe

Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase

Vorbereitende Standortbewertung;
Betriebsregulierung;
Monitoring Flugaktivität

Entwicklungsstand

Validierung/Studie; Prototyp;
in Betrieb in Deutschland (Einsatz offshore);
in Betrieb international;
in Betrieb international (Einsatz offshore);
kommerzielle Verwendung

- Erfassung durch Radartechnologie; fester Standort oder mobil,
- Echtzeiterfassung der Position von Flugobjekten mit Höherfassung, Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit (abhängig von Radarsystemen),
- Ableitung von Flugrouten aus den erfassten Daten möglich,
- Langzeiterfassung tagsüber und bei Nacht,
- 360°-Abdeckung theoretisch möglich,
- großräumige Flugobjekterfassung über mehrere Kilometer (abhängig von System); z. B.: Großvögel = 1,5-2 km, Singvögel = 0,5-1 km (May et al. 2017); Schwäne = 10 km; Rotmilane = 6-7 km (Hamminga mdl. 21. April 2016),
- auch kleine Flugobjekte (bspw. Singvögel und Fledermäuse auf 1.000 m Distanz) können erfasst werden (X-Band Radar, vgl. BirdScan MR1),
- Software zur Datenbereinigung (Clutter) und zielgerichteter Daten-Interpretation (vogelartige bzw. fledermausartige Flugobjekte),
- Datenverarbeitung/Analyse automatisierbar,
- automatisierte Identifikation von Größenklassen (groß, mittel, klein) und teilweise Artgruppen möglich,
- Prototyp: automatisierte Identifikation auf Art-Ebene in Echtzeit mittels Flügelschlagfrequenz,
- Flugaktivität quantifizierbar (Einzelvögel identifizierbar), Unterscheidung von Individuen lokaler Population und ziehender Arten durch Flughöhe,
- Kopplung an Betriebsregulierung möglich,
- Kopplung an Vergrämungstechnologie möglich.

Einschränkungen

- Eingeschränkte Funktionsfähigkeit in reliefiertem Gelände und in der direkten Umgebung der WEA (Radarschatten),
- in Abhängigkeit des verwendeten Systems kann Erfassung ggf. nur in einem begrenzten Bereich (Sichtfeld oder Höhenbereich) erfolgen,
- eingeschränkte Funktionsfähigkeit bei Witterungsverhältnissen mit hoher Luftfeuchtigkeit (Regen),
- Experten erforderlich, die eine zielgerichtete automatisierte Daten-Interpretation ermöglichen,
- vergleichsweise hohe Kosten.

Weiterführende Literatur

- BirdLife International 2015;
- Dahl et al. 2015;
- Dirksen 2017;
- Hamminga mdl. 21.04.2016;
- KNE 2016a;
- May et al. 2017;
- Robin Radar BV 2017;
- Schulz et al. 2014;
- Snoek 2016, S. 35f;
- Wasserzier 2016.



GPS-Systeme

Funktionsweise

Virtuelle Grenzzäune „Geofences“

Artgruppe
Vögel

Ansatz/Projektphase
Vorbereitende Standortbewertung;
Betriebsregulierung;
Monitoring Flugaktivität

Entwicklungsstand
Validierung/Studie;
in Betrieb international;
in Betrieb in Deutschland*;
kommerzielle Verwendung

- Alle planungsrelevanten Individuen werden mit Sendern ausgestattet (GPS-Besenderung); Sendergröße und Modell abhängig von der Körpergröße des Individuums (Kosten),
- Erfassung der Position während des Tages (Solarzellen) oder auch nachts (Batterie) kontinuierlich bzw. in Intervallen möglich; punktgenaue Ortung,
- Einrichten virtueller Grenzzäune bzw. -linien konzentrisch zur WEA; Radius abhängig von Fluggeschwindigkeit und Übertragungsintervall,
- automatisches Auslösen der kollisionsvermeidenden Maßnahme (bspw. Vergrämung und/oder Betriebsregulierung) bei Überflug der Grenzlinien in Echtzeit zzgl. Dauer/Intervall der Datenübertragung.

Telemetrierung

(GPS-Sender,
verschiedene Anbieter)

Artgruppe
Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase
Vorbereitende Standortbewertung;
Monitoring Flugaktivität

Entwicklungsstand
Validierung/Studie;
in Betrieb international;
in Betrieb in Deutschland*;
kommerzielle Verwendung

- Einsatz zur Erfassung der Flugbewegungen über begrenzten Zeitraum (max. Sender-Lebensdauer),
- GPS-Besenderung einzelner Individuen; Sendergröße und Modell abhängig von der Körpergröße des Individuums (Kosten),
- Erfassung der Position während des Tages (Solarzellen) oder auch nachts (Batterie) kontinuierlich bzw. in Intervallen; punktgenaue Ortung.

* Nach verbreiteter Auffassung (e. g. Langgemach und Meyburg 2011) ist die Besenderung von gefährdeten Arten kein geeignetes Instrument für die Praxis, da Spezialkenntnisse erforderlich sind, um eine Verletzung und ggf. Tötung der Tiere zu vermeiden.

Einschränkungen

- Hoher Aufwand der Besenderung, daher nur bei lokalen Individuen und bei geringer Individuenzahl (z. B. Kondor, Sheppard 2015) möglich,
- Beeinträchtigungs- und Verletzungsgefahr durch Fang und Besenderung,
- Besenderung erfordert Genehmigung und ist nur innerhalb eines begrenzten Zeitfensters in Abhängigkeit der Brutzeit möglich,
- Neubesenderung bei Senderverlust, Beschädigung oder Ende der Laufzeit (zirka 5–7 Jahre, abhängig von Modell) erforderlich,
- ggf. Neubesenderung von nachträglich angesiedelten Brutpaaren und Jungvögeln notwendig (abhängig von länderspezifischen Regelungen),
- Betriebsregulierung bei Ausfall kann bspw. durch Beobachter überbrückt bzw. weitergeführt werden; Mehraufwand erforderlich durch Personal,
- Funktionsfähigkeit (Erfassungs- und Übertragungsintervall) abhängig von der Batterieleistung und/oder verfügbarem Sonnenlicht (bspw. Aktivitätszeit, Beschattung durch Gefieder oder Bewaldung, Witterung).

Weiterführende Literatur

- Sheppard et al. 2015;
- Sheppard et al. 2014.

- Nur für wenige Individuen (Stichproben) möglich,
- Beeinträchtigungs- und Verletzungsgefahr durch Fang und Besenderung,
- Besenderung erfordert Genehmigung und ist nur innerhalb eines begrenzten Zeitfensters in Abhängigkeit der Brutzeit möglich,
- ggf. Neubesenderung bei Senderverlust, Beschädigung oder Ende der Laufzeit (zirka 5-7 Jahre, abhängig von Modell) erforderlich,
- Funktionsfähigkeit (Erfassungs- und Übertragungsintervall) abhängig von der Batterieleistung und/oder verfügbarem Sonnenlicht (bspw. Aktivitätszeit, Beschattung durch Gefieder oder Bewaldung, Witterung),
- Kombination mit visueller Verhaltensbeobachtung ggf. erforderlich.

- Hötker et al. 2013;
- Meyburg o.J.;
- NABU o.J.;
- Roeleke et al. 2016.



Sensor-Systeme

Funktionsweise

B-finder

Artgruppe

Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase

Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand

Prototyp

- Anbringen von drei Sensoren auf unterschiedlicher Höhe des WEA-Mastes,
- automatisierte Erfassung von Schlagopfern im Fall,
- Erfassung im Anlagenumfeld auf 150 % der Rotorblattlänge,
- generiert und meldet GPS-Daten der Fundorte,
- kontinuierliche Erfassung am Tag und während der Nacht,
- Erfassung unabhängig von Sichtverhältnissen,
- Erfassung unabhängig von Abtragate durch Prädatoren.

WT-Bird

Geschätzte Kosten

50.000–100.000 €
(Dirksen 2017)

Artgruppe

Vögel

Ansatz/Projektphase

Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand

Validierung/Studie;
in Betrieb international (Einsatz offshore)

- Beschleunigungssensoren und akustische Sensoren am Anlagenturm und an Rotorblättern zur Erfassung des Kollisionsereignisses,
- Infrarotkamera und Infrarotbeleuchtung (LED) zum visuellen Monitoring im Rotorbereich tagsüber und bei Nacht,
- Erfassung des Kollisionsereignisses über Mikrofone, dadurch Speicherung der Infrarotkamera-Sequenz 30 Sekunden vor und nach Kollisionsereignis zur visuellen Erfassung der Kollision,
- Dokumentation der meteorologischen und anlagenspezifischen Parameter zu Zeiten der Kollision möglich.

Einschränkungen

- Keine automatisierte Identifikation von Schlagopfern,
- keine automatisierte Arterkennung/-Unterscheidung,
- Erfassung von subletalen Individuen fraglich (zum Beispiel Barotrauma),
- derzeit keine empirischen Daten bzw. Erprobung bekannt.

Weiterführende Literatur

- B-finder 2018;
- EMPEKO S.A. 2016.

-
- Die experimentell ermittelte Erfassungsrate liegt bei 50 % (Wiggelinkhuizen et al. 2007),
 - keine automatisierte Arterkennung/-Unterscheidung,
 - Validierung des Kollisionseignisses erfolgt manuell,
 - Identifikation aufgrund geringer Bildqualität und bei Nacht nicht immer möglich,
 - Kollision von kleineren Vögeln wird häufig nicht erfasst,
 - auch die Kollision von größeren Vögeln wird bei nur „leichtem“ Kontakt mit Rotorblatt häufig nicht erfasst.

- Collier et al. 2011;
 - Collier et al. 2012;
 - Dirksen 2017;
 - Krijgsveld et al. 2015;
 - Wiggelinkhuizen et al. 2007.
-



Akustische Erfassungssysteme

Funktionsweise

Akustische Detektoren

Anabat, Batcorder, BATmode, AvisoftUSG

Artgruppe
Fledermäuse

Ansatz/Projektphase
Monitoring Flugaktivität; (Betriebsregulierung)

Entwicklungsstand
Validierung/Studie; in Betrieb international;
in Betrieb in Deutschland; kommerzielle
Verwendung

- Installation der Detektoren zur akustischen Erfassung von Fledermausrufen auf Gondelhöhe,
- Grundlage zur Entwicklung/Anpassung eines Algorithmus zur Betriebsregulierung; siehe hierzu ProBat,
- Höhe der Fledermausaktivität wird als Ruf-Aufnahmen pro 10-Minuten-Intervall erfasst (Behr et al. 2015).

ID-Stat

Artgruppe
Fledermäuse; Vögel

Ansatz/Projektphase
Monitoring Kollisionsereignisse

Entwicklungsstand
Validierung/Studie

- Akustische Erfassung von Kollisionen durch Mikrofone im Rotorbereich,
- Monitoring und Dokumentation von Kollisionsereignissen,
- Erfassung von Flugobjekten ab 2,5 g möglich,
- Herausfiltern von Störgeräuschen (zum Beispiel Regen) durch Software,
- Dokumentation weiterer Daten (Datum, Zeit, WEA, Sensor ID) während Kollisionsereignis,
- automatische Benachrichtigung des Betreibers.

Access-Tool ProBat

Artgruppe
Fledermäuse

Ansatz/Projektphase
Monitoring Flugaktivität;
Betriebsregulierung

Entwicklungsstand
Validierung/Studie;
in Betrieb in Deutschland;
kommerzielle Verwendung

- Dient der Vorhersage und Vermeidung von Fledermausschlagopfern und der Verbesserung/Spezifizierung der Betriebsregulierung mittels pauschaler Schwellenwerte,
- generiert anlagenspezifische Abschaltalgorithmen unter Berücksichtigung der Windgeschwindigkeit und Fledermausaktivität,
- basiert auf Daten der akustischen Erfassung der Fledermausaktivität mittels Detektoren im Gondelbereich,
- Schlagrisiko kann auf einen bestimmten Schwellenwert „programmiert“ werden,
- Technologie ermöglicht eine Abschätzung von Ertragsausfällen durch Abschaltung,
- potenziell können die Algorithmen bspw. mit „Fleximaus“ (Kaminsky et al. 2016) durch Kombination mit weiteren Parametern (z. B. Niederschlag, Temperatur) differenziert werden.

Einschränkungen

- Keine Erfassung der Individuenanzahl möglich,
- Arterkennung nicht für alle Arten möglich,
- begrenzte Erfassungsreichweite,
- Systeme zeigen Unterschiede bei der Erfassungsreichweite, der Anzahl von Störungsaufnahmen, der Dauer von Ausfallzeiten und der Anzahl von Aufnahmen,
- Messungen werden durch Installation, Konfiguration und Kalibrierung der Detektoren beeinflusst; uneinheitliche Ergebnisse dadurch möglich,
- regelmäßige Software-Updates und Kontrollen (Mikrofonempfindlichkeit, Speicherkapazität) erforderlich,
- Störgeräusche können zu Fehlerfassungen führen.

- Aktualisierte Ergebnisse zur System-Validierung noch ausstehend,
- keine Validierung durch visuelle Erfassung möglich,
- keine automatisierte Arterkennung,
- für Schlagopfersuche und Artbestimmung ist Fachpersonal erforderlich.

- Effektive Betriebsregulierung abhängig von Qualität und Umfang der Detektordaten.

Weiterführende Literatur

- Behr et al. 2015;
- Brinkmann et al. 2011;
- WindBat 2016.

- Collier et al. 2011;
- Collier et al. 2012;
- Dirksen 2017.

- Behr et al. 2015;
- Brinkmann et al. 2011;
- Kaminsky et al. 2016;
- WindBat 2016.



Quellen

- 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. – http://www.dtbird.com/images/Downloads/FinalReport_DTBird_VoWa_with_DTBird_notes.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- Behr, O., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F., Nagy, M., Niermann, I., Reich, M., Simon, R. (Hrsg.) (2015): Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). Umwelt und Raum Bd. 7, 368 S., Institut für Umweltplanung, Hannover. – http://www.repo.uni-hannover.de/bitstream/handle/123456789/285/UuRBd7_gesamt.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- B-finder (2018): B-finder. Internetseite. <http://www.batfinder.eu/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- Birdlife International (2015): Review and guidance on use of “shutdown-on-demand” for wind turbines to conserve migrating soaring birds in the Rift Valley/Red Sea Flyway. – http://migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org/sites/default/files/msb_guidance_shutdown_on_demand.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- Brinkmann R., Behr, O., Niermann I., Reich M. (Hrsg.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum Bd. 4, 457 S. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Collier, M.P., Dirksen, S., Krijgsveld, K.L. (2012): A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines: Part 2: Feasibility study of systems to monitor collisions. 25 S. – <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Collier%20et%20al%202012.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- Collier, M.P., Dirksen, S., Krijgsveld, K.L. (2011): A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines. Part 1: Review. 30 S. – https://www.bto.org/sites/default/files/u28/downloads/Projects/Final_Report_SOSS03A_Part1.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- Coppack, T., Kulemeyer, C., Schulz, A., Steuri, T., Liechti, F. (2011): Automated in situ monitoring of migratory birds at Germany’s first offshore wind farm. S. 20. In: May, R., Bevanger, K. (Hrsg.): Proceedings. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway. NINA Report 693. 140 S. – <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rappport/2011/693.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- Dahl, E.L., May, R., Nygård, T., Åstrøm, J., Diserud, O. (2015): Repowering Smøla wind-power plant. An assessment of avian conflicts. NINA Report 1135. 41 S. – <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rappport%5C2015%5C1135.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).

- ➔ Desholm, M. (2005a): TADS investigations of avian collision risk at Nysted offshore wind farm, autumn 2004. 27 S. – https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Desholm_TADS.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Desholm, M. (2005b): Preliminary investigations of bird-turbine collisions at Nysted offshore wind farm and final quality control of Thermal Animal Detection System (TADS). 30 S. – https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Desholm_TADS_2003-2004.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Dirksen, S. (2017): Review of methods and techniques for field validation of collision rates and avoidance amongst birds and bats at offshore wind turbines. Final report. 46 S. – <https://www.noordzeeloket.nl/functies-en-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch/documenten-wozep/@166999/review-methods/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ DTBird (2017): DTBird System – Specifications for Wind Turbines. 8 S. – http://www.dtbird.com/images/Downloads/DTBird_System_-_Specifications_for_Wind_Turbines_February_2017.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ DTBird (2016a): DTBird System Evolution. 4 S. – http://www.dtbird.com/images/Downloads/DTBird_System_Evolution.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ DTBird (2016b): DTBird System - Pilot Installation in Sweden. Possibilities for bird monitoring systems around wind farms. Experiences from Sweden's first DTBird installation. Ecomcom AB. 3 S. – http://www.dtbird.com/images/Downloads/Experiences_from_Swedens_first_DTBird_installation.Ecomcom_AB.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ EMPEKO S.A. (2016): B-finder – automatisches Monitoring der Sterblichkeit von Fledermäusen und Vögeln. 4 S. – http://www.b-finder.eu/publication/B-finder_DE.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geißler, G., Köppel, J. (2016): Mitigation Measures for Wildlife in Wind Energy Development, Consolidating the State of Knowledge — Part 2: Operation, Decommissioning. In: Journal of Environmental Assessment Policy Management. Vol. 8(3). 31 S. – <http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S1464333216500149> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Hamminga, S. (mdl.): Geschäftsführer der Firma Robin Radar Systems. Mündliche Mitteilung vom 21.04.2016.
- ➔ Gottlieb, I. (2017): Evaluating the effectiveness of a camera-based detection system to support informed curtailment and minimize eagle fatalities at wind energy facilities. Präsentation. NWCC DOE Eagle Impact Minimization Technologies Webinar am 19.05.2017. – https://www.nationalwind.org/wp-content/uploads/2017/05/NWCC-Eagles-Webinar_IdentiFlight-PDF-5-19-17.pdf (letzter Zugriff: 16.01.2018).

- ➔ Hötker, H., Krone, O., Nehls, G. (2013): Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht. 337 S. – <https://www.nabu.de/downloads/Endbericht-Greifvogelprojekt.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ IfAÖ – Institut für Angewandte Ökosystemforschung (o. J.): VARS (Visual Automatic Recording System). Internetseite. – <http://www.ifaeo.de/leistungen/technische-ausstattung/vars.html> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ IdentiFlight (2017): Two Mobile IdentiFlight Units Head to Washington State. Pressemitteilung vom 30.05.2017. – <https://static1.squarespace.com/static/58ac8021f5e231a73e319513/t/592d93a729687f6c05f65c76/1496159145260/Mobile+IdentiFlight+Units+Press+Release+5.30.17.pdf> (letzter Zugriff: 16.01.2018).
- ➔ IdentiFlight (o. J.): Protecting nature in a renewable world. Internetseite. – <https://www.identiflight.com/> (letzter Zugriff: 16.01.2018).
- ➔ Kaminsky, S., Tospann, M., Feltl, J. (2016): Gutachten über die Funktionsweise und den Nutzen von „Fleximaus“ - Intelligenter Fledermausschutz für Windräder. 16 S. – <http://www.fleximaus.de/files/download/Gutachten%20Fleximaus.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ KNE (2016a): Fragen und Antworten. Übersicht über unterschiedliche Technologien im Bereich der automatisierten Vogelerkennung an Windenergieanlagen. Stand 30.11.2016. Internetseite. – <https://www.naturschutz-energiewende.de/fragenundantworten/67-2/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ KNE (2016b): Fragen und Antworten. Akustische Vergrämung von Vögeln an Windenergieanlagen. Stand 30.11.2016. Internetseite. – <https://www.naturschutz-energiewende.de/fragenundantworten/44-2/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Krijgsveld, K., Fijn, R., Collier, M., Verhoef, H. (2015): Bird collisions at OWEZ offshore wind farm measured with WT-Bird. S. 41. In: Köppel, J., Schuster, E. (Hrsg.) (2015): Book of Abstracts. Conference on Wind energy and Wildlife impacts (CWW2015), March 10-12, 2015. Berlin, Germany. 140 S. – http://app.eera-set.eu/ecm/content/showcases/2082/files/wt_bird_buwa_ecn.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Langgemach, T., Meyburg, B.-U. (2011): Funktionsraumanalysen – ein Zauberwort der Landschaftsplanung mit Auswirkungen auf den Schutz von Schreiadlern (*Aquila pomarina*) und anderen Großvögeln. In: Berichte zum Vogelschutz 47/48: 167-181. – http://www.raptor-research.de/pdfs/a_sp100p/a_sp155_Langgemach_BerVogelschutz_2011_Landschaftsplanung.pdf (letzter Zugriff: 22.01.2018).

- ➔ Litsgård, F., Eriksson, A., Wizelius, T., Säfström, T. (2016): Pilotinstallation av DTBird-systemet i Sverige. 43 S. – <http://ecocom.se/wp-content/uploads/2017/03/Pilotinstallation-av-DT-Bird-Slutrapport.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ May, R., Steinheim, Y., Kvaløy, P., Vang, R., Hanssen, F. (2017): Performance test and verification of an off-the-shelf automated avian radar tracking system. In: Ecology and Evolution 2017: S. 1–9.
- ➔ May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S.-H., Nygård, T. (2015): Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 42: S. 170–181.
- ➔ 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. – <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport%5C2012%5C910.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Meyburg B.-U. (o. J.): Satellite-Telemetry. Internetseite. – <https://satellite-telemetry.jimdo.com/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ NABU (o. J.): Karte: Schreiadler fliegen nach Afrika. Internetseite. – <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/aktionen-und-projekte/schreiadler/16208.html> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Normandeau Associates Inc. (2018): Technology ATOM. Internetseite. – <http://www.normandeau.com/pages/technology/atom.asp> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Robin Radar Systems BV (2017): Environmental References. Internetseite. – <https://www.robin-radar.com/environmental-references/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Robinson Willmott, J., Forcey, G.M., Hooton, L.A. (2015): Developing an automated risk management tool to minimize bird and bat mortality at wind facilities. In: Ambio, Vol. 44(4): S. 557-571. – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4623866/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Robinson Willmott, J., Forcey G. (2014): Acoustic Monitoring of Temporal and Spatial Abundance of Birds Near Outer Continental Shelf Structures. Synthesis Report. 170 S. – <https://www.boem.gov/ESPIS/5/5349.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ 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. – <http://www.nature.com/articles/srep28961.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).

- ➔ Schulz, A., Dittmann, T., Coppack, T. (2014): Erfassung von Ausweichbewegungen von Zugvögeln mittels Pencil Beam Radar und Erfassung von Vogelkollisionen mit Hilfe des Systems VARS. Schlussbericht (StUKplus). IfAÖ, Neu Broderstorf. 89 S. – http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/Windparks/Projekte/Oekologische_Begleitforschung_alpha_ventus/Abschlussberichte_StUKplus/Schlussbericht_Vogelzug_Erfassung_von_Ausweichbewegungen_von_Zugvoegeln_mittels_Pencil_Beam_Radar.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ 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. – <https://animalbiotelemetry.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s40317-015-0087-y?site=animalbiotelemetry.biomedcentral.com> (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ 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. – https://www.nationalwind.org/wp-content/uploads/2014/04/40_Sheppard.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Snoek, R.C. (2016): Technisch overzicht radar-systemen offshore windparken. Rijkswaterstaat Zee en Delta. 49 S. – http://waterproofbv.com/wp-content/uploads/2016/12/WP2016_1023_Radarsystemen_OWF_R1r1.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).
- ➔ Steinmetz, J. (2017a): SafeWind: Artenschutz mit smarterer Windenergie. Präsentation. 26. Windenergietage am 7.-9.11.2017 in Warnemünde. – http://windenergietage.de/wp-content/uploads/sites/2/2018/01/26WT0911_F9_1050_Fokus_Oekologie.pdf (letzter Zugriff: 16.01.2018).
- ➔ Steinmetz, J. (2017b): BirdSentinel – Vogelmonitoring mit Videodetektion. 2 S. – http://fokus-oekologie.de/wp-content/uploads/2017/11/Flyer_BirdSentinel_dt_Web.pdf (letzter Zugriff: 16.01.2018).
- ➔ TU Berlin; FA Wind, WWU Münster (2015): Vermeidungsmaßnahmen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen – Bundesweiter Katalog von Maßnahmen zur Verhinderung des Eintritts von artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen nach § 44 BNatSchG. 119 S. – https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA-Wind_Studie_Vermeidungsmassnahmen_10-2015.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).

- ➔ VGH München, Urteil vom 20.03.2016 zu DTBird – AZ: 22 B 14.1875, 22 B 14.1876. – <http://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/Y-300-Z-BECKRS-B-2016-N-47819?hl=true&AspxAutoDetectCookieSupport=1> (letzter Zugriff: 12.01.2018).

- ➔ Ward, R.M., Skov, H., Desholm, M., Ellis, I. (2016): The Offshore Renewables Joint Industry Programme (ORJIP) Bird collision avoidance study. Posterpräsentation. Proceedings of the BOU's 2015 Annual Conference. – <https://www.bou.org.uk/bouproc-net/avian-tracking/talking-poster-ward-et-al.pdf> (letzter Zugriff: 18.01.2018).

- ➔ Wasserzier, C. (2016): Automatisierte Abschaltung von Windenergieanlagen – Kollisionsvermeidung von Vögeln an WEA. Präsentation. 2. Runder Tisch Vermeidungsmaßnahmen der FA Wind am 23.11.2016 in Kassel. 10 S. – https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder_Tisch_Vermeidungsmaßnahmen/2._Runder_Tisch_23.11.2016/FHR_Colors_Wasserzier.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2018).

- ➔ Wiggelinkhuizen, E.J., Barhorst, S.A., Rademakers, L.W., den Boon, H.J., Dirksen, S. (2007): WT-Bird: Bird collision monitoring system for multi-megawatt wind turbines. ECN, Bureau Waardenburg, Petten, Niederlande. 4 S. – <ftp://ftp.ecn.nl/pub/www/library/report/2007/m07048.pdf> (letzter Zugriff: 12.01.2018).

- ➔ WindBat (2016): Tools. ProBat. Internetseite. – <http://www.windbat.techfak.fau.de/tools/> (letzter Zugriff: 12.01.2018).

Bleiben Sie auf dem Laufenden:

 www.naturschutz-energiewende.de/newsletter

Immer aktuell informiert sein:

 @KNE_tweet