



**KNE | Kompetenzzentrum**  
Naturschutz und Energiewende



**DOKUMENTATION**

# Fachgespräch „Antikollisionssysteme für Vögel“

Ein Blick auf den Entwicklungs- und Erprobungsstand

**Impressum:**

© KNE gGmbH, Stand 4. Oktober 2021

**Herausgeber:**

Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende

Kochstraße 6–7, 10969 Berlin

+49 30 7673738-0

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

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

Twitter: @KNE\_tweet

YouTube: Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende

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

HRB: 178532 B

**Bearbeitung:** Julia Streiffeler, Dr. Elke Bruns.

**Zitiervorschlag:**

KNE (2021): Dokumentation Fachgespräch „Antikollisionssysteme für Vögel“ - Ein Blick auf den Entwicklungs- und Erprobungsstand. 17 S.

**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 werden 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: Rotmilan im Flug, Pixabay.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einführung .....	4
2. Empfehlungen zu Mindestanforderungen an Antikollisionssysteme.....	4
3. Entwicklungs- und Erprobungsstand verschiedener Systeme .....	5
4. Erprobungsergebnisse von IdentiFlight® .....	10
5. Entwicklung und Validierung von Vogelschutzsystemen.....	12
6. Geplante und laufende Erprobungen.....	14
7. Fazit und Ausblick.....	15
Quellenverzeichnis .....	17

# 1. Einführung

Welche Fortschritte gibt es bei Weiterentwicklung und Erprobung von Antikollisionssystemen? Erlaubt der gegenwärtige Stand ausgewählter Systeme den Einsatz in der Praxis? Wenn ja, unter welchen Bedingungen und für welche Vogelarten? Wie können Antikollisionssysteme technisch zertifiziert werden? Diesen und weiteren Fragen ging das [KNE-Fachgespräch „Antikollisionssysteme für Vögel – ready to take off?“](#) mit 160 Teilnehmenden am 7. Juli 2021 nach.

Bereits 2019 fand in Kassel eine [KNE-Fachkonferenz](#) zum Thema „Vogelschutz an Windenergieanlagen“ (KNE 2019b) statt. Dort wurden unter anderem verschiedene Kamera- und Radarsysteme sowie laufende Erprobungsvorhaben vorgestellt. Das diesjährige Fachgespräch diente dazu, den Kenntnisstand über die Systementwicklung aufzufrischen und erste umfassende Erprobungsergebnisse zur Diskussion zu stellen. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Inhalte der Veranstaltung wiedergegeben und durch das KNE ergänzt.

Antikollisionssysteme haben das Potenzial, signifikant erhöhte Tötungsrisiken von windenergiesensiblen Vogelarten so weit zu verringern, dass der artenschutzrechtliche Verbotstatbestand nicht erfüllt wird. Sie können eine Alternative zu einer längerfristigen „pauschalen“ Tagabschaltung während der Brut- und Fortpflanzungszeit (sogenannte phänologiebedingte Abschaltung) darstellen. Eine automatische bedarfsgerechte Abschaltung mittels Antikollisionssystemen könnte die Einbußen in der Stromproduktion im Vergleich zu einer pauschalen Abschaltung deutlich verringern. Die Wirksamkeitswahrscheinlichkeit von Antikollisionssystemen hängt maßgeblich von ihrer Leistungsfähigkeit ab. Diese muss durch eine systematische Erprobung im Gelände nachgewiesen werden. Die Erprobungsergebnisse sollten veröffentlicht und durch unabhängige Dritte geprüft werden. Das KNE hat ein [„Anforderungsprofil“](#) (KNE 2019a) für eine fachwissenschaftliche Durchführung und Dokumentation von Erprobungsvorhaben formuliert. Dieses bietet eine Orientierungshilfe für Erprobungsvorhaben.

## 2. Empfehlungen zu Mindestanforderungen an Antikollisionssysteme

Im Rahmen eines FuE-Vorhabens hat das KNE gemeinsam mit Fachexpertinnen und -experten Empfehlungen für Mindestanforderungen an die Wirksamkeit technischer Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen entwickelt (Bruns et al. 2021). Die Wirksamkeit eines Überwachungs- und Abschaltsystems wird an Leistungskriterien für die Detektion, die Signalübertragung und die Reaktion (Abschaltvorgang) bestimmt.

Der Fokus des Fachgesprächs lag auf den Leistungskriterien von Detektionssystemen. Dazu gehören **Erfassungsreichweite, Erfassungsrate, Erkennungsrate** und die **räumliche Abdeckung am Standort**. Letztere ist standortabhängig und wird davon beeinflusst, ob Faktoren wie Topografie oder Vegetation die Einsehbarkeit des Erfassungsraumes vermindern. Die Erfassungsreichweite sollte mindestens die artspezifische Reaktionsdistanz<sup>1</sup> und einen Sicherheitspuffer umfassen. Als Orientierungswert für die Erfassungsreichweite wird eine Mindestreichweite von 500 Metern empfohlen (ebd., S. 44). Die Erfassungsrate sollte im Reaktionsbereich und im Bereich des Sicherheitspuffers, sprich im Überwachungsbereich, mindestens 75 Prozent betragen. Unter dem Aspekt der Wirksamkeit ist eine Arterkennung aber nicht zwingend erforderlich. Die Erkennung von Arten, Artgruppen oder Größenklassen ermöglicht es, Abschaltvorgänge selektiv zu steuern. Sie ermöglicht es, die Zahl der Abschaltereignisse zu reduzieren. Damit das Tötungsverbot auch bei selektiver Abschaltung zuverlässig eingehalten wird, ist eine hohe Erkennungsrate erforderlich. Im Überwachungsbereich sollte sie mindestens 75 Prozent betragen (ebd., S. 25 ff.). Die räumliche Abdeckungsrate, die durch das System am Standort erreicht wird, sollte bezogen auf den Überwachungsbereich radial mindestens 75 Prozent betragen (ebd., S. 30). Je weiter die einzelnen Leistungskennwerte über den genannten Mindestanforderungen liegen, desto verlässlicher können die Vermeidungswirksamkeit erreicht und das einzuhaltende Schutzniveau gewährleistet werden.

Informationen zu weiteren Wirksamkeitskriterien sowie zur Beurteilung der Wirksamkeit im Einzelfall finden sich in Bruns et al. (2021).

### 3. Entwicklungs- und Erprobungsstand verschiedener Systeme

Für das Fachgespräch wurden ausgewählte Systemhersteller und -entwickler nach den Leistungskennwerten ihrer Systeme gefragt (siehe Tabelle 1 und 2). Hierzu gehören in erster Linie die nachweislich erzielte Erfassungsreichweite und -rate. Darüber hinaus wurde – soweit vorhanden – die Erkennungsrate der Systeme abgefragt.

---

<sup>1</sup>  $r_{\text{Reaktion}} [\text{m}] = v_{\text{Art}} [\text{m/s}] \times t_{\text{Trudel}} [\text{sek}] + r_{\text{Rotor}} [\text{m}]$ , wobei  $r_{\text{Reaktion}}$  gleich dem Radius ist, der für eine rechtzeitige Abschaltung erforderlich ist,  $v_{\text{Art}}$  gleich der artspezifischen Fluggeschwindigkeit (Bruderer u. Boldt u. 2001),  $t_{\text{Trudel}}$  gleich der Zeit bis zum Austrudeln/bis zur Abregelung des Rotors und  $r_{\text{Rotor}}$  gleich der Rotorblattlänge. Die Dauer für Signalübermittlung und -verarbeitung sowie zur Flugobjektklassifizierung sollte – insofern sie nicht im Millisekunden-Bereich liegt – mit  $t_{\text{Trudel}}$  addiert werden.

### 3.1 Radarsysteme

Das Radarsystem **BirdScan®** wird vom FEFA Ingenieurbüro für regenerative Energien in Zusammenarbeit mit Swiss Birdradar entwickelt. BirdScan® wurde seit 2019 an zwei Standorten in Sachsen-Anhalt weiter erprobt (Osterburg mit Windenergieanlage, Hohenberg-Krusemark ohne Windenergieanlage). Die Referenzdaten wurden durch Beobachtung unter Einsatz eines Laser-Range-Finders erhoben. TNL Umweltplanung und BIOME – Technisches Büro für Biologie und Ökologie nehmen die statistische Auswertung vor. Ein offizieller Erprobungsbericht steht noch aus. Gegenüber dem Stand von 2019 konnten konkrete Werte für Erfassungs- und Erkennungsraten benannt werden. Jonas Hellmig (FEFA Ingenieurbüro für regenerative Energien) gab diese mit 75 bzw. 88 Prozent an (siehe Tabelle 1). Ein Problem sei, dass das Radarsignal bei den Erprobungen durch die Windenergieanlage teilweise gestört werde. Dies hoffe man zukünftig beheben zu können.

Auch für das Radarsystem **RobinRadar MAX®** kann inzwischen eine Erfassungsrate für einzelne Großvögel angegeben werden (80 Prozent). Die Erfassungsreichweite für Großvögel liegt bei acht Kilometern. Das System wurde in einer ersten Version 2019 in Brandenburg und in einer weiterentwickelten Version 2020 in den Niederlanden erprobt. Ein Erprobungsbericht wurde noch nicht veröffentlicht. Frau Claasen (Robin Radar Systems) lenkte den Blick auf die Weiterentwicklungen, wie die Unterscheidung zwischen verschiedenen Größenklassen von Vögeln und eine Radar-Kamerakombination, aber auch auf die Restriktionen, denen das Radarsystem unterliegt. So sei eine Arterkennung auch mit dem weiterentwickelten System weiterhin nicht möglich (siehe Tabelle 1).

Soweit verfügbar werden in Tabelle 1 und 2 Quellen für die Leistungskennwerte angegeben. Es konnten jedoch nicht alle im Fachgespräch getätigten Aussagen entsprechend belegt werden. Mehrere Veröffentlichungen wurden für 2021 angekündigt. Es sei darauf hingewiesen, dass Erhebungsmethode und Stichprobenzahl die Leistungskennwerte beeinflussen können.

Tabelle 1: Leistungskennwerte Radarsysteme.

Radarsystem	Leistungskennwerte
<b>BirdScan®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erfassungsreichweite: 1.200 m für Rotmilan/Großvögel,</li> <li>▪ Erfassungsrate: 72 % für Großvögel, 75 % für Rotmilane,</li> <li>▪ Erkennungsrate (in Bezug auf den Rotmilan): richtig als Vogel erkannt) 68 %, davon richtig als Großvögel erkannt 88 %.</li> </ul>
<b>RobinRadar MAX®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erfassungsreichweite: bis 8 km für einzelne Vögel,</li> <li>▪ Erfassungsrate: 80 % für Großvögel,</li> <li>▪ Klassifizierung: Differenzierung nach Größenklassen möglich, Arterkennung nicht möglich.</li> </ul>

## 3.2 Kamerasysteme

Das Kamerasystem **BirdRecorder®** wird im Rahmen des NatForWINSET-Projektes vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) entwickelt. Das Projekt wird vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) gefördert. 2019 und 2020 fand eine erste Erprobung auf dem ebenfalls zum ZSW gehörenden Windenergie-testfeld auf der Schwäbischen Alb (Standort Geislingen) statt. Zum Abgleich der Systemdaten dienen Laser-Range-Finder-Beobachtungen und die Daten von GPS-besenderten Rotmilanen. Bei der Größenklasse Milan, beträgt die Erfassungsreichweite der ersten Systemversion mit statischen Weitwinkelkameras 400 Meter. Die Erfassungsrate kann noch nicht beziffert werden. Die Weitwinkelkameras erreichen eine Erkennungsrate von 91 Prozent für den Rotmilan. Ein Erprobungsbericht wurde noch nicht veröffentlicht. Die zweite Version mit verdoppelter Kameraauflösung und zusätzlichen schwenkbaren Stereozoomkameras soll 2021 ebenfalls auf dem Windenergie-testfeld erprobt werden. Hier werde die Erfassungsreichweite 700 bis 900 Meter betragen (siehe Tabelle 2). Die Erkennung solle zukünftig auf Arten wie Turm- und Wanderfalken ausgeweitet werden, so Anton Kaifel (ZSW).

Das System **SafeWind®** der Firma Biodiv-Wind, welches zur Detektion hochauflösende Weitwinkelkameras nutzt, wird im europäischen Ausland (z. B. Frankreich) bereits eingesetzt. Dort gelten allerdings andere Anforderungen an die Vermeidungswirksamkeit und etwaige Nachweispflichten als in Deutschland. Bei einer Erprobung im Windpark Hassel im Paderborner Land (Nordrhein-Westfalen) wurden für Rotmilan und Schwarzstorch Erfassungsreichweiten von 330 Metern bzw. 397 Metern erzielt, erläuterten Henri Pierre Roche und Fred Santolaria (beide Biodiv-Wind). Innerhalb der jeweiligen Erfassungsreichweiten beträgt die Erfassungsrate für Rotmilane 80 Prozent und 100 Prozent für Schwarzstörche. Als Referenz dienten Beobachtungen mit dem Laser-Range-Finder. Im französischen Département Bas-Rhin konnte mittels Drohnen-tests nachgewiesen werden, dass die eingesetzten höher aufgelösten Kameras eine Erfassungsreichweite von zirka 450 Metern aufweisen. Beide Erprobungsstudien von 2020 und 2021 sind unveröffentlicht. Eine Arterkennung ist bisher nicht möglich, aber noch für 2021 vorgesehen (siehe Tabelle 2). Das System ist inzwischen Bestandteil der Genehmigung eines Windparks im Paderborner Land in Nordrhein-Westfalen.

Das Kamerasystem **BirdVision®** wird seit 2019 im baden-württembergischen Weißbach an mehreren Windenergieanlagen erprobt. Demnach liegt die Erfassungsreichweite für Großvögel bei 250 bis 300 Meter, die Erfassungsrate bei 95 und 96 Prozent. Vergleichsdaten wurden mittels Laser-Range-Finder erhoben. Nach Aussage von Katharina Pohl (BirdVision) sei nach einem Systemupdate eine Reichweite von 450 Metern zu erwarten. Bisher wurden Weitwinkelkameras eingesetzt. Um die Entfernung von Vögeln messen zu können, wird eine

Stereoversion entwickelt. Sie besteht aus sechs am Turmfuß der Windenergieanlage angebrachten Stereoweitwinkel-Kamerapaaren. Die Erkennung von Milanen, Bussarden und Falken auf Artebene sei vorgesehen (siehe Tabelle 2).

BirdVision® werde in erster Linie für das Standortmonitoring entwickelt. Die bedarfsgerechte Abschaltung stehe nicht im Vordergrund. Außerdem entwickle BirdVision ein Infrarot-Kamerasystem, um auch nächtliche Flugereignisse von Fledermäusen und Zugvögeln aufzuzeichnen. Ein Erprobungsbericht liegt noch nicht vor.

Das Kamerasystem **Bioseco®** ist im europäischen Ausland in Betrieb. Es besteht aus mehreren am Turmfuß der Windenergieanlage angebrachten Stereokameras. Es wurde 2019 am Standort Geislingen ([NatForWINSENT](#)) erprobt, ein entsprechender Bericht wurde veröffentlicht (Aschwanden und Liechti 2019)<sup>2</sup>. Nach dem Einsatz höher aufgelöster Kameras konnte bei einer Erprobung in einem polnischen Windpark eine verbesserte Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden. Laut Adam Jaworski (Bioseco) beträgt die Erfassungsrate für Vögel der

- Größenklasse klein (Spannweiten von 0,5 bis 1,1 Meter) bis 200 Meter 100 Prozent,
- Größenklasse mittel (Spannweite 1,1 bis 1,5 Meter) bis 400 Meter 94 Prozent,
- Größenklasse groß (Spannweite 1,5 bis 2 Meter) bis 500 Meter 93 Prozent und
- Größenklasse sehr groß (Spannweite über 2 Meter) bis 600 Meter 100 Prozent.

Die Referenzdaten wurden durch Feldbeobachtung erhoben. Die Entfernung des Vogels zur Windenergieanlage wurde entweder geschätzt oder mit einem Laser-Range-Finder gemessen. Bioseco® ist in der Lage, zwei Größenklassen sicher zu erkennen. Die Erkennungsrate für die Größenklasse klein (Spannweite 0,5 bis 1,1 Meter) beträgt 99,6 Prozent. Für die Größenklasse mittel/groß (über 1,1 Meter Spannweite) beträgt sie 91 Prozent. Eine Erkennung auf Artebene sei geplant (siehe Tabelle 2).

Das Kamerasystem IdentiFlight® wird aufgrund des fortgeschrittenen Erprobungsstandes in Kapitel 4 ausführlich behandelt.

### 3.3 Einordnung des KNE

Um eine rechtzeitige und zuverlässige Erfassung zu gewährleisten, scheint die Entwicklung bei den Kamerasystemen dahin zu gehen, Weitwinkelkameras und nachführbare Stereo-Zoom-Kameras zu kombinieren. IdentiFlight® und Bird Recorder® setzen auf diese Technologie. Aber

---

<sup>2</sup> Für Großvögel wie Rotmilane lag die Erfassungsrate bis 200 Meter bei ungefähr 97 Prozent, zwischen 200 und 300 Meter bei ungefähr 68 Prozent, zwischen 300 und 350 Meter bei ungefähr 22 Prozent und zwischen 350 und 400 Meter bei ungefähr 12, 5 Prozent (Aschwanden und Liechti 2019, S. 5).



auch Kamerasysteme, die nur aus Weitwinkel- oder fixen Stereokameras bestehen, konnten ihre Erfassungsreichweiten sukzessive steigern.

Tabelle 2: Leistungskennwerte Kamerasysteme.

Kamerasystem	Leistungskennwerte
<b>BirdRecorder®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassungsreichweite: 1. Version za. 400 m für Größenklasse Milan, 2. Version za. 700-900 m für Größenklasse Milan,</li> <li>Erfassungsrate: noch nicht bestimmt,</li> <li>Erkennungsrate: 91 % für Rotmilane (bis 400 m).</li> </ul>
<b>SafeWind®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassungsreichweite: der 2Mp Kamera beträgt für den Rotmilan 330 m und für den Schwarzstorch 397 m, Erfassungsreichweite der 4Mp Kamera beträgt 455 m (Drohntest)<sup>3</sup>,</li> <li>Erfassungsrate: 80 % bis 330 m für Rotmilane, 100 % bis 397 m für Schwarzstörche<sup>4</sup>,</li> <li>Arterkennung ab Ende 2021.</li> </ul>
<b>BirdVision®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassungsreichweite: 250-300 m für Großvögel, Systemupdate bis 450 m derzeit in Entwicklung,</li> <li>Erfassungsrate: 95 % und 96 % für Großvögel,</li> <li>Klassifizierung: Identifizierung von Milanen, Bussarden und Falken auf Art-ebene vorgesehen.</li> </ul>
<b>Bioseco®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassungsreichweite: 200-600 m je nach Größenklasse (siehe unten),</li> <li>Erfassungsrate: 100 % bis 200 m für die Größenklasse klein (Spannweite 0,5-1,1 m), 94 % bis 400 m für die Größenklasse mittel (Spannweite 1,1-1,5 m), 93 % bis 500 m für die Größenklasse groß (Spannweite 1,5-2 m), 100 % bis 600 m für die Größenklasse sehr groß (Spannweite &gt; 2 m),</li> <li>Erkennungsrate: 99,6 % für die Größenklasse klein (0,5-1,1 m Spannweite), 91 % für die Größenklasse mittel/groß (&gt; 1,1 m Spannweite)<sup>5</sup>, Erkennung auf Artebene geplant.</li> </ul>
<b>IdentiFlight®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassungsreichweite Rotmilan: 750 m,</li> <li>Erfassungsrate: 92 % für Rotmilane,</li> <li>Erkennungsrate: bis zu 97,5 % für Rotmilane<sup>6</sup>.</li> </ul>

<sup>3</sup> Exen (2021): Test d'efficacité du système vidéo automatisé SafeWind® pour réduire les risques de collisions des rapaces, février 2021 (unveröffentlicht).

<sup>4</sup> Lackmann Phymetric GmbH (2020): Erprobung und Auswertung „SafeWind“ Vogelschutzsystem Hassel Windpark, August 2020 (unveröffentlicht).

<sup>5</sup> Gradolewski, D., Dziak, D., Kaniecki, D., Jaworski, A., Skakuj, M., Kulesza, W.J. (2021): A Runway Safety System Based on Vertically Oriented Stereovision. Sensors 2021, 21(4), 1464. Szurlej, A. (2020): Report on ornithological monitoring performed at FW Lotnisko between May 2020 and October 2020, 24.11.2020 (unveröffentlicht).

<sup>6</sup> Reichenbach und Reers (2021): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan? Überblick über die Systemwirksamkeit zur Reduzierung des Kollisionsrisikos an Windenergieanlagen, März 2021 (unveröffentlicht).

Einen Überblick über Funktionsweise und Erkenntnisstand zur Leistungsfähigkeit von Detektionssystemen des Standes von 2020 liefert die [Synopsis](#) des KNE (KNE 2020).

## 4. Erprobungsergebnisse von IdentiFlight®

Dr. Marc Reichenbach (ARSU GmbH) und Dr. Henrik Reers (Oekofoor GbR) haben das Kamerasystem **IdentiFlight®** über drei Jahre an sechs deutschen Standorten erprobt und präsentierten im KNE-Fachgespräch ihre Ergebnisse. Die ARSU GmbH hat die wissenschaftliche Projektleitung, die Oekofoor GbR die statistische Auswertung und die TÜV Nord AG die Qualitätssicherung übernommen. Die e3 GmbH hat das Projekt finanziert, koordiniert sowie die Geräte installiert und gewartet.

IdentiFlight® besteht aus acht Weitwinkelkameras, deren Ausrichtung fixiert ist, sowie einer hochauflösenden beweglichen Stereokamera. Das System wird an einem separaten Turm in einer Entfernung von 100 bis 150 Metern von der zu überwachenden Windenergieanlage angebracht. Es arbeitet mit zwei variabel programmierbaren, dreidimensionalen virtuellen Schutzzyklindern um die Windenergieanlage. Im äußeren Zylinder werden Objekte erkannt und verfolgt. Bei direktem Kurs mit hoher Geschwindigkeit einer Zielart auf die Windenergieanlage wird bereits im äußeren Schutzzyklinder ein Abschaltsignal ausgelöst, ansonsten bei Eintritt in den inneren Schutzzyklinder. Das heißt der Radius dieses Zylinders entspricht der Mindestabschaltdistanz. Bei Windenergieanlagen mit hoher Rotorunterkante muss der innere Zylinder nicht bis auf den Boden reichen. Vielmehr kann die Unterseite des Zylinders angehoben werden (siehe Abbildung 1, Seite 11). Dadurch können die im Hinblick auf das Kollisionsrisiko unkritischen Flüge in 30 bis 40 Meter Höhe ausgeklammert und die Abschalthäufigkeit gegebenenfalls verringert werden. Dr. Reichenbach erläuterte, dass je nach Abstand und Lage der Windenergieanlagen zueinander, ein IdentiFlight®-System maximal zwei bis drei Anlagen abdecken könne.

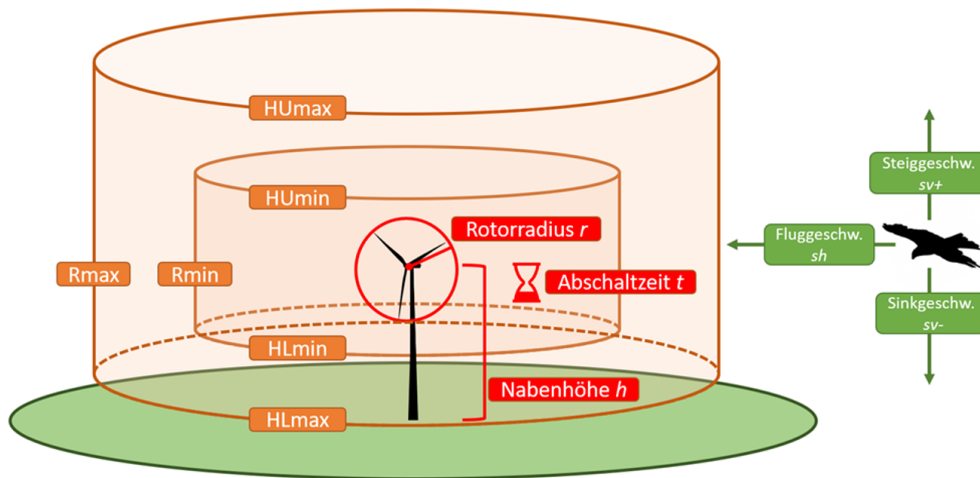


Abbildung 1: Schematische Darstellung des inneren angehobenen und des äußeren Abstandszyllinders des Identiflight®-Systems.  $Rmin$  und  $Rmax$  stehen für den Radius des inneren bzw. äußeren Abstandszyllinders.  $HUmin$  und  $HUmax$  stehen für die obere Begrenzung des inneren bzw. äußeren Abstandszyllinders (height upper bzw. lower boundary).  $HLmin$  und  $HLmax$  stehen für die untere Begrenzung des inneren bzw. äußeren Abstandszyllinders (height lower boundary) (Reichenbach und Reers 2021).

Die Erprobungen, die 2018 in Plate (Mecklenburg-Vorpommern) und Helfta (Sachsen-Anhalt), 2019 in Lübesse (Mecklenburg-Vorpommern) und Gerbstedt (Sachsen-Anhalt) und 2020 in Bütow (Mecklenburg-Vorpommern) und Geislingen (Baden-Württemberg) mit realen oder virtuellen Windenergieanlagen stattfanden, orientierten sich am KNE-Anforderungsprofil.

Drohnen- und Laser-Range-Finder-Daten sowie GPS-Daten eines besenderten Rotmilans dienten als Referenz für die Validierung der mit Identiflight® erhobenen Daten. Die Auswertung ergab, dass die Erfassungsreichweite für den Rotmilan bei 750 Metern liegt. Für den Seeadler liegt sie bei zirka 1000 Metern. Rund 76.000 Messungen der Rotmilan-Fluggeschwindigkeit (in unter 200 Metern Flughöhe) ergaben im Median eine Fluggeschwindigkeit von 8,4 Meter pro Sekunde. Um alle zu diesem Zweck aufgezeichneten Flugereignisse vollständig abzudecken, mussten maximale Fluggeschwindigkeiten von bis zu 20 Meter pro Sekunde berücksichtigt werden. Multipliziert man die Fluggeschwindigkeit von 20 Meter pro Sekunde mit einer angenommenen Abschaltdauer der Windenergieanlage von 30 Sekunden, ergibt sich eine erforderliche Erfassungsreichweite von 600 Metern.

Bei der Ermittlung der Erfassungsrate wurden nur diejenigen Flüge berücksichtigt, die innerhalb eines 750 Meter-Radius und nicht direkt vor einem Hintergrund, wie z. B. Wald, stattfanden. Der Abgleich der Systemdaten mit den Referenzdaten der Laser-Range-Finder und des GPS ergab eine Erfassungsrate zwischen 92 und 96 Prozent. Nur am Standort Bütow war sie mit 85 Prozent niedriger. Dies sei zum einen darauf zurückzuführen, dass teilweise schwer zu beurteilen war, ob ein Vogel für Identiflight® hätte sichtbar sein müssen. Zum anderen herrschte eine sehr hohe Flugaktivität am Standort. Gleichzeitig fliegende Vögel konnten nicht erfasst werden.

Die erste Version des neuronalen Netzes<sup>7</sup>, die 2018 und 2019 angewendet wurde, lieferte in Hinblick auf den Rotmilan eine Klassifizierungsrate von 79,4 Prozent bis 750 Meter. Nachdem das neuronale Netz mit weiteren Bildern von Rotmilanen trainiert wurde, lag sie 2020 bei über 95 Prozent. Weiterhin liegt die Rate der rechtzeitigen Abschaltungen bei 77 bis 91 Prozent. Um diese zu bestimmen, ist untersucht worden, ob die Systemreaktion, bzw. das Abschaltensignal, rechtzeitig, das heißt bei Eintritt des Vogels in den inneren Zylinder, erfolgte. Bei hoher Flugaktivität wurden Vögel teilweise erst innerhalb des inneren Zylinders und damit zu spät erkannt. Dr. Reers wies darauf hin, dass die Flugaktivität im inneren Zylinder und die Zahl der Abschaltungen zwangsläufig hoch wären, wenn eine Windenergieanlage zu nah an einem Horst läge. Er empfahl deswegen, IdentiFlight® mit einer hohen Rotorunterkante und 400 bis 500 Metern Horstabstand zu kombinieren. Dies seien einschränkende Randbedingungen, die es zu berücksichtigen gelte.

Dr. Reichenbach resümierte, dass IdentiFlight® ein sehr hohes Schutzniveau für den Rotmilan erreiche, und dass dieses über den vom KNE empfohlenen Mindestanforderungen liege. Das System sei für den Rotmilan artenschutzrechtlich wirksam und praxisreif. Er empfahl, im Anwendungsfall jeweils eine kurze Validierungsphase am Einsatzort durchzuführen. Das System werde für die Anwendung bei See- und Schreiadler weiterentwickelt.

## 5. Entwicklung und Validierung von Vogelschutzsystemen

Andreas Schneider, TÜV Nord, begleitete die Erprobung von IdentiFlight®. Er ging in seinem Beitrag auf die Rolle des TÜV in Bezug auf einen Validierungsprozess von Vogelschutzsystemen<sup>8</sup> ein. Darüber hinaus erläuterte er, welchen Validierungsbedarf er im Hinblick auf das Systemverhalten unter der Berücksichtigung äußerer Einflüsse sehe.

Eingangs stellte Schneider fest, dass einheitliche technische Standards für die Validierung der Leistungsfähigkeit von Vogelschutzsystemen notwendig seien, um die Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen sicherzustellen. Eine besondere Herausforderung bestehe darin, dass

---

<sup>7</sup> (Künstliche) neuronale Netze sind Algorithmen, die zur Lösung komplexer Probleme wie der Mustererkennung (hier: automatisierte Bildauswertung) eingesetzt werden (Spektrum 2021).

<sup>8</sup> Synonym für Antikollisionssysteme.

KI-gestützte Systeme, die eine Arterkennung ermöglichen, weitgehend eine Black Box<sup>9</sup> darstellen. Eine Validierung müsse sich auf diese Black Box beziehen. Auch sei die grundsätzliche Frage zu beantworten, wie mit zukünftigen Modifikationen (Weiterentwicklungen, Updates) der Hard- und Software validierter Systeme umzugehen sei. Modifikationen könnten dazu führen, dass die Validierung des Ausgangssystems überholt ist. Auch für die Schnittstellen der Systeme zur Windenergieanlage (Betriebssteuerung) bedürfe es einheitlicher Anforderungen und Standards.

Für die funktionale **elektronische Sicherheit** von Vogelschutzsystemen wäre eine spezifische Norm zu entwickeln. Solange keine Typ C-Norm<sup>10</sup> für diese Systeme existiert, könnte die Typ A-Norm<sup>11</sup> der funktionalen Sicherheit IEC (Internationale Elektrotechnische Kommission) 61508 herangezogen werden. Diese Norm bezieht sich auf die funktionale Sicherheit elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Systeme zum Schutz von Personen und Umwelt. Die Anforderungen der Norm sind fortlaufend über den gesamten Lebenszyklus eines Vogelschutzsystems zu erfüllen.

Bei Vogelschutzsystemen ist zwischen der Validierung äußerer Einflüsse und der Validierung des Systemverhaltens zu unterscheiden. Zur **Validierung äußerer Einflüsse** müssen zunächst die Einflussfaktoren auf die Funktionsfähigkeit des Systems ermittelt werden. Bei Kamerasystemen gehören beispielsweise Niederschlag, eine zu geringe Helligkeit oder Gegenlicht dazu. Diese Einflüsse werden hinsichtlich ihrer Intensität bewertet, um die relevanten Einflussfaktoren zu identifizieren. Relevante Einflussfaktoren können gegebenenfalls mittels gezielter Versuche analysiert werden. Abschließend sollten die Versuche ausgewertet und die Eintrittswahrscheinlichkeit der Einflussfaktoren quantifiziert werden. Schneider zeigte die Einflussanalyse bei der Erprobung von IdentiFlight® auf.

Zur **Validierung des Systemverhaltens** müssen im Feld Vergleichsdaten erhoben werden. Für eine realitätstreue Analyse müssen dabei die ermittelten Einflussfaktoren nach Möglichkeit eingeschlossen sein. Bei der IdentiFlight®-Erprobung haben Beobachter Vergleichsdaten mittels Laser-Range-Finder erhoben, die – ebenso wie die Systemdaten – mit Hashwerten versehen fälschungssicher auf einem TÜV-Server abgelegt wurden. Gemäß dem Neutralitätskonzept hatten die auswertenden Parteien nur Leserechte für die genannten Daten. Herr Schneider bestätigte die manipulationsfreie Auswertung der IdentiFlight®-Daten. Er wies darauf hin, dass

---

<sup>9</sup> „Als Black Box bezeichnet man [...] ein (möglicherweise sehr komplexes) System, von welchem im gegebenen Zusammenhang nur das äußere Verhalten betrachtet werden soll [...]. Man beschränkt sich bei der Untersuchung und Beschreibung auf die Messung der Input-Output-Beziehungen“ (Wikipedia 2021).

<sup>10</sup> Norm für bestimmte Maschinen oder Maschinengruppen.

<sup>11</sup> Sicherheitsgrundnormen.

mangels einer speziellen Norm derzeit die akkreditierte Zertifizierung von Vogelschutzsystemen noch nicht möglich sei.

Grundsätzlich sei darauf zu achten, dass der Begriff ‚Zertifikat‘ nicht geschützt sei. Nur Zertifikate einer von der DAKKS (Deutsche Akkreditierungsstelle) für eine bestimmte Norm akkreditierten Zertifizierungsstelle seien aussagekräftig. Er habe bei der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik) einen Antrag zur Bildung einer Norm für Vogelschutzsysteme gestellt.

## 6. Geplante und laufende Erprobungen

In Deutschland und Österreich sind weitere Systemerprobungen geplant. Robert Sing (Ingenieurbüro Sing GmbH) stellte das **Forschungsprojekt in Fuchstal (Bayern)** vor, das vom bayrischen Wirtschaftsministerium gefördert wird. Die Ingenieurbüro Sing GmbH plant gemeinsam mit der Gemeinde Fuchstal drei neue Windenergieanlagen im Wald. Mittels zweier kamerabasierter Detektionssysteme<sup>12</sup>, die auf einem die Baumkronen überragenden Mast angebracht werden, wird 2022 und 2023 zunächst ein Vogelmonitoring ohne Windenergieanlagen durchgeführt. Dabei stehe der Rotmilan im Mittelpunkt. Das Monitoring soll Aufschluss über die Aktivität und Raumnutzung der Vögel am unbeeinflussten Standort geben. Anschließend werden die drei Windenergieanlagen errichtet und in Betrieb genommen. Bis 2026 wird erneut ein Vogelmonitoring durchgeführt. Es soll untersuchen, ob sich das Flugverhalten verändert. Gleichzeitig steht die technische Leistungsfähigkeit und somit Vermeidungswirksamkeit der Systeme an diesem Waldstandort im Fokus.

Henrike Schröter (Wpd AG) berichtete über ein **Validierungsvorhaben der Wpd AG in Baden-Württemberg**. An einem Waldstandort bei Laichingen soll das Kamerasystem IdentiFlight® zum Einsatz kommen. Wegen eines Rotmilan-Vorkommens waren zwei geplante Windenergieanlagen zunächst nicht ohne Weiteres genehmigungsfähig. Das Kamerasystem wird auf bzw. an einem Mast installiert, der über die Baumwipfel ragt. Es soll untersucht werden, ob die bisher ermittelte Detektionsleistung (siehe S. 10 ff.) auch unter diesen besonderen Bedingungen (Waldstandort) erbracht werden kann. Die Erprobung soll 2022 zunächst ohne Windenergieanlagen beginnen und im darauffolgenden Jahr mit Windenergieanlagen fortgesetzt werden.

---

<sup>12</sup> Nachträgliche Information: Hier wird es sich um das Kamerasystem IdentiFlight® handeln.

Dr. Frank Musiol (ZSW) berichtete, dass die Systeme Bioseco® und IdentiFlight® bereits auf dem **Windenergie-testfeld Geislingen in Baden-Württemberg** (NatForWINSSENT) erprobt worden seien. Die Schweizerische Vogelwarte leitete jeweils die Vogelforschung. Er bot weiteren Systemherstellern an, ihre Systeme dort zu testen. Die hohe Rotmilandichte am Standort und das Vorhandensein besonderer Exemplare böten gute Ausgangsvoraussetzungen.

Eva Schuster (Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde/HNEE) gab Einblicke in ein **Forschungsprojekt zur Erprobung von AKS in Brandenburg**. Es wird durch das brandenburgische Wirtschaftsministerium gefördert. In zwei für Brandenburg repräsentativen Landschaftsräumen sollen 2022 je ein Kamera- und ein Radarsystem erprobt werden. Ziel sei es, die Einsatzmöglichkeiten in komplexem Gelände zu ermitteln, Wissenslücken zu schließen und den Weiterentwicklungsbedarf herauszuarbeiten. Rotmilan und Seeadler stünden im Fokus des Projektes.

Alwin Bubendorfer (Windsfeld GmbH) berichtete über die Entwicklung eines Windparks im **komplexen alpinen Gelände im Salzburger Land in Österreich**. Hiervon ist unter anderem der am Standort vorkommende Bartgeier betroffen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes sollen verschiedene Vogeldetektions- und Monitoringsysteme getestet werden. Verschiedene Systemhersteller hätten bereits Interesse bekundet. Das Konzept ähnele demjenigen von NatForWINSSENT. Um ausreichend hohe Stichprobenzahlen erreichen zu können, sollen auch Greifvögel einer Falknerei eingesetzt werden. Noch hätten die Erprobungen aber nicht begonnen.

**Diese Übersicht** (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) zeigt, dass zukünftig weitere Erkenntnisse über die Wirksamkeit von Antikollisionssystemen, deren Anwendbarkeit unter besonderen Einsatzbedingungen und für weitere Vogelarten zu erwarten sind.

## 7. Fazit und Ausblick

Die vorgestellten Antikollisionssysteme weisen unterschiedliche Entwicklungsstände auf: Einige Systeme oder Systemversionen befinden sich in der Entwicklungs- und Optimierungsphase, andere haben bereits Erprobungen an verschiedenen Standorten durchlaufen und vielversprechende Ergebnisse geliefert. IdentiFlight® ist bisher das einzige System, das eine systematische Erprobung zum Nachweis der Leistungsfähigkeit an sechs Standorten durchlaufen hat. Noch ist der Erprobungsbericht nicht veröffentlicht. Es ist nach den Darstellungen der Gutachter davon auszugehen, dass IdentiFlight® seine Praxisreife an Standorten mit ausreichender Einsehbarkeit empirisch belastbar nachgewiesen hat. Die Erfassungs- und Klassifizierungsleistung vor Hintergrund (Wald, Bäume) und bei hoher Flugdichte ist noch zu

verbessern und durch Erprobungen abzusichern. Weitere Nachweise für den Einsatz in komplexem Gelände, insbesondere an Waldstandorten, sind geplant.

Für den Einsatz von Antikollisionssystemen in der regelmäßigen Genehmigungspraxis ist es aus Sicht der Genehmigungsbehörden wichtig, dass Antikollisionssysteme als eine fachlich geeignete Maßnahme anerkannt sind. Eine solche Anerkennung kann derzeit nur durch die Länder erfolgen, etwa indem Antikollisionssysteme dort als fachlich geeignete und wirksame Schutzmaßnahmen in die artenschutzrechtlichen Leitfäden aufgenommen werden.

Dr. Ulrich Bangert, Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL), erläuterte exemplarisch, wie dies im sächsischen Leitfadentwurf (SMEKUL 2021) vorgesehen sei. Danach sei der Nachweis der technischen Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Systeme Voraussetzung für den Praxiseinsatz (ebd., S. 27 f.).<sup>13</sup>

Die durch Erprobungen ermittelten Leistungskennwerte (Reichweite, Erfassungsrate, Erkennungsrate) sind systemspezifisch. Das System als solches muss zum Nachweis dieser Kennwerte nicht vielfach erprobt werden – wohl aber muss seine Anwendung in verschiedenen Standort- und Einsehbarkeitsbedingungen überprüft werden. Denn für eine hohe Vermeidungswirksamkeit kommt es darauf an, dass die Systeme unter vergleichbaren Bedingungen, das heißt bei vergleichbarer Einsehbarkeit und Abdeckungsrate zur Anwendung kommen. Vor Anwendung eines Antikollisionssystems an einem anderen Standort sollte immer geprüft werden, ob das System seine Leistung auch unter den Einsatzbedingungen vor Ort erbringen kann. Nach zahlreichen Erprobungen an gut einsehbaren Offenlandstandorten gilt es, auch die Grenzen der Anwendbarkeit von Antikollisionssystemen, beispielsweise in bewegtem Gelände und über Wald, zu erforschen.

Neben einer zuverlässigen Detektion ist auch die zuverlässige anlagenseitige Reaktion für die Wirksamkeit von Antikollisionssystemen bedeutsam. Letztere stand bisher weniger im Fokus der Diskussionen. Auch hier muss für den Anwendungsfall nachgewiesen werden können, dass die Signalübertragung vom System zur Windenergieanlage zuverlässig und in möglichst kurzer Zeit erfolgt. Die systematische Ermittlung von übertragbaren, anlagenspezifischen Abregelzeiten (Zeit bis zum Erreichen des Trudelbetriebs) steht noch aus. Weiterhin sollte untersucht werden, ob eine Drosselung der Drehzahl als Vorstufe der Abschaltung technisch machbar ist und zur Vermeidung unnötiger Abschaltungen beiträgt.

Das KNE wird weiterhin die Entwicklungen um Antikollisionssysteme zusammentragen, bei Fragen zu Einsatzmöglichkeiten beraten und den Fachaustausch über offene Fragen ermöglichen.

---

<sup>13</sup> Neben Sachsen arbeiten auch Thüringen, Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein aktuell daran, eine Regelung zu Antikollisionssystemen in ihre Leitfäden aufzunehmen bzw. diese zu ändern. Der hessische Leitfaden enthält bereits eine entsprechende Regelung.



# Quellenverzeichnis

Aschwanden, J. & F. Liechti (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.

Bruns, E., Schuster, E., Streiffeler, J. (2021): Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen. Abschlussbericht der Workshopreihe „Technische Systeme. BfN-Skript 610. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 28.09.2021).

KNE (2019a): Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.08.2021).

KNE (2019b): KNE-Fachkonferenz Vogelschutz an Windenergieanlagen – Detektionssysteme als Chance für einen naturverträglichen Windenergieausbau? Dokumentation zur KNE-Fachkonferenz am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.08.2021).

KNE (2020): Synopse – Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 03.08.2021).

Reichenbach, M. und Reers, H. (2021): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan? Ergebnisse aus 3 Jahren an 6 Standorten. Vortrag auf dem KNE-Fachgespräch „Antikollisionssysteme für Vögel – ready to take off? Ein Blick auf den Entwicklungs- und Erprobungsstand“ am 07. Juli 2021. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 18.08.2021).

SMEKUL – Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (2021): Leitfaden Vogelschutz an Windenergieanlagen im Freistaat Sachsen, Entwurf zur Anhörung, Stand 28.05.2021. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 19.08.2021).

Spektrum (2021): Neuronale Netze. Lexikon der Neurowissenschaft. [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 28.09.2021).

Wikipedia (2021): Black Box (Systemtheorie). [Link zum Dokument](#) (letzter Zugriff: 28.09.2021).