

Elke Bruns, Eva Schuster und Julia Streiffeler

Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen



Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen

**Abschlussbericht der Workshopreihe
„Technische Systeme“**

**Elke Bruns
Eva Schuster
Julia Streiffeler**

Titelbild: Grafik „Technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen und Prozess ihrer fachlichen Anerkennung“ (© KNE)

Adressen der Autorinnen:

Dr. Elke Bruns (Projektleitung)
Eva Schuster
Julia Streiffeler

Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende KNE gGmbH
Cuvrystraße 53, 10997 Berlin
E-Mail: elke.bruns@naturschutz-energiewende.de
eva.schuster@naturschutz-energiewende.de
julia.streiffeler@naturschutz-energiewende.de

Unter Mitarbeit von:

Dr. Silke Christiansen
Dr. Mathis Danelzik

Fachbetreuung im BfN:

Kathrin Ammermann
Jens Ponitka

Fachgebiet II 4.3 „Erneuerbare Energien und Naturschutz“

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (FKZ: 3519 86 1200).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).
BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter <http://www.bfn.de/skripten.html> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU).

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-371-3

DOI 10.19217/skr610

Bonn - Bad Godesberg 2021

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 6 |
| 1 Einleitung | 11 |
| 1.1 Ziel- und Fragestellung des FuE-Vorhabens..... | 12 |
| 1.2 Vorgehensweise..... | 12 |
| 1.3 Hinweise auf Begriffsverwendungen..... | 14 |
| 2 Fachliche Anerkennung von AKS | 14 |
| 2.1 Voraussetzungen der fachlichen Anerkennung von Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen..... | 15 |
| 2.2 Technische Ausstattung und Leistungsfähigkeit..... | 17 |
| 2.2.1 Erfassungsreichweite..... | 17 |
| 2.2.2 Entfernungsmessung und Positionsbestimmung..... | 18 |
| 2.2.3 Zeitliche Verfügbarkeit..... | 19 |
| 2.2.4 Impulsübertragung..... | 21 |
| 2.2.5 Zusammenfassende Einordnung..... | 21 |
| 2.3 Reaktionsbereich (Reaktionsdistanz)..... | 21 |
| 2.3.1 Ermittlung des Reaktionsbereichs..... | 21 |
| 2.3.2 Faktor Fluggeschwindigkeit..... | 22 |
| 2.3.3 Zusammenfassende Einordnung zum Faktor Fluggeschwindigkeit..... | 24 |
| 2.4 Detektionsleistung..... | 25 |
| 2.4.1 Erfassungsrates..... | 25 |
| 2.4.2 Arterkennung..... | 25 |
| 2.4.3 Diskussion und zusammenfassende Einordnung..... | 26 |
| 2.5 Zeitgerechte Reaktion..... | 28 |
| 2.6 Räumliche Abdeckungsrate..... | 30 |
| 2.7 Anforderungen an die Gesamtwirksamkeit..... | 31 |
| 2.7.1 Einhaltung des Schutzniveaus..... | 31 |
| 2.7.2 Ansatz zur Bestimmung des anzustrebenden Schutzniveaus..... | 31 |
| 3 Einsatzbereiche und Zielarten | 31 |
| 4 Genehmigungsrechtliche Handhabung, Vollzug und Kontrolle | 33 |
| 4.1 Entscheidung über den Einsatz von AKS..... | 33 |
| 4.2 Nebenbestimmungen..... | 34 |
| 4.2.1 Form der Nebenbestimmung..... | 34 |
| 4.2.2 Rückfall auf Tagabschaltung..... | 35 |
| 4.3 Betriebsbegleitendes Monitoring..... | 36 |
| 4.4 Dokumentation und Kontrolle..... | 38 |
| 5 Technisch-wirtschaftliche Aspekte der automatisierten Abschaltung | 40 |
| 5.1 Rotmilan-Flugaktivität..... | 40 |
| 5.2 Wirtschaftliche Auswirkungen..... | 42 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick | 43 |
| 6.1 | Mindestanforderungen | 43 |
| 6.2 | Erprobung und Übertragbarkeit der Ergebnisse..... | 44 |
| 6.3 | Weitergehende Anforderungsnachweise | 45 |
| 6.4 | Untersuchungen und Nachweise im Genehmigungsfall..... | 45 |
| 6.5 | Festlegungen auf Landesebene | 46 |
| 7 | Anhang | 47 |
| 7.1 | Teilnehmende der Expertenworkshops..... | 47 |
| 7.2 | Checkliste für eine qualifizierte Entscheidung über die Anwendbarkeit von Antikollisionssystemen (AKS)..... | 48 |
| 8 | Literatur..... | 56 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1: | Das FuE-Projekt als Baustein der schrittweisen Entwicklung und Implementationsbegleitung | 12 |
| Abbildung 2: | Inhalte und Ablauf des FuE-Vorhabens | 13 |
| Abbildung 3: | Mögliche Festlegungen bei Störungen der Systemfunktionalität | 36 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Übersicht über die Möglichkeiten der Festlegung des Reaktionsbereichs | 24 |
| Tabelle 2: | Daten zu den Rotmilanflügen im Nahbereich sowie den Abschaltungen an den „IdentiFlight“-Standorten (Reichenbach et al. 2020, S. 33) | 41 |
| Tabelle 3: | Definition der Flugaktivitätsszenarien (Reichenbach et al. 2020, S. 40) | 41 |
| Tabelle 4: | Ergebnisse der Auswertungen zu Ertragseinbußen für sechs Standorte und vier Szenarien (Reichenbach et al. 2020, S. 44) | 42 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|--|
| AKS | Antikollisionssystem |
| BNatSchG | Bundesnaturschutzgesetz |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| FuE | Forschung und Entwicklung |
| GIS | Geoinformationssystem |
| GW | Gigawatt |
| KSG | (Bundes-)Klimaschutzgesetz |
| kWh | Kilowattstunde |
| UMK | Konferenz der Umweltminister des Bundes und der Länder – Umweltministerkonferenz |
| WEA | Windenergieanlage |

Zusammenfassung

Technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen haben das Potenzial, signifikant erhöhte Tötungsrisiken von windenergiesensiblen Vogelarten zu senken und das Eintreten des artenschutzrechtlichen Verbotstatbestandes zu verhindern. Für die Anwendung in der Praxis ist zu klären, unter welchen Voraussetzungen diese Systeme als fachlich geeignet und mit – ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit – als wirksam gelten können. Bisher gibt es zwar ein Anforderungsprofil, wie Erprobungen nach fachwissenschaftlichen Maßstäben durchzuführen sind (KNE 2019). Es fehlen jedoch Maßstäbe, wie die Erprobungsergebnisse zu beurteilen sind. Im Vorfeld einer möglichen fachlichen Anerkennung von Antikollisionssystemen (AKS) in den Leitfäden der Bundesländer zu Windenergie und Artenschutz sollte das vorliegende FuE-Vorhaben diesbezüglich Mindestanforderungen benennen und Fragen einer potenziellen Anwendung in Genehmigungen klären. Das FuE-Vorhaben war als Workshopreihe konzipiert. In mehreren Terminen befasste sich ein Kreis von Fachexpertinnen und Fachexperten aus Wissenschaft und Praxis mit den für eine Anerkennung relevanten Parametern und Anforderungsschwellen. Im Folgenden sind Erkenntnisse und Empfehlungen thematisch zusammengefasst, sie überschneiden sich zum Teil mit den in Kapitel 6 formulierten Empfehlungen:

Anforderungen an die fachliche Eignung, Anerkennung

- Die *fachliche Eignung* einer Maßnahme ist gegeben, wenn das angestrebte Maßnahmenziel erreicht werden kann. Zur Beurteilung der fachlichen Eignung genügt eine Plausibilitätskontrolle (kausaler Zusammenhang). Von einer fachlichen Eignung ist auszugehen, wenn die Maßnahme mindernd auf die Ursache oder auf einen Indikator, der ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko anzeigt, einwirkt.
- Der Einsatz von Antikollisionssystemen zielt darauf ab, die vom Anlagenbetrieb (Rotor-drehung) ausgehenden Kollisionsrisiken zu senken. Die kollisionsmindernde Wirkung wird durch die Abschaltung (Versetzen in den Trudelbetrieb) erreicht. Die Wirksamkeit einer Abschaltmaßnahme als solcher dürfte unstrittig sein.
- Für die *fachliche Anerkennung* einer Maßnahme genügt es, wenn diese eine (hohe) *Wirksamkeitswahrscheinlichkeit* besitzt. Weist ein System eine ausreichende Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit auf, und sind diese durch eine unabhängige Prüfung attestiert, kann von einer hohen Wirksamkeitswahrscheinlichkeit ausgegangen werden.
- Die *tatsächliche Wirksamkeit (Wirkintensität)* der Maßnahme kann in der Regel nur im Einzelfall bzw. auf Basis von aus Einzelfällen abgeleiteten Erkenntnissen beurteilt werden. Je höher der Evidenzgrad des empirischen Nachweises über die Wirksamkeit, desto eher können verallgemeinernde Annahmen getroffen werden.
- Einzelne Länderleitfäden haben AKS als Maßnahmenoption aufgeführt, diese aber unter den Vorbehalt der weiteren Erprobung gestellt. Für den Fall, dass bereits systemspezifische Erprobungsergebnisse vorliegen, sollte klargestellt werden, unter welchen Voraussetzungen diese übertragbar sind, und welche Untersuchungen im Einzelfall noch notwendig werden.

Übertragbarkeit von Erprobungsergebnissen

- Leistungsmerkmale¹ wie Reichweite, Erfassungsrate und Erkennungsrate sind systemspezifisch. Herstellerangaben allein reichen als Nachweis der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit eines AKS nicht aus. Vielmehr ist eine Erprobung (Feldversuch) nach fachwissenschaftlichen Maßstäben und Transparenz hinsichtlich der Ergebnisse erforderlich. Die Erprobung muss für jeden einzelnen Systemtyp (systemtypenspezifisch) erfolgen. Eine Übertragung der Ergebnisse von einem System auf andere ist nicht zulässig.
- Der Feldversuch ist nachvollziehbar zu dokumentieren (insbesondere Einsehbarkeit bzw. Abdeckungsrate). Die ermittelten systemspezifischen Leistungsfähigkeitskennwerte gelten für diese Bedingungen und sind in der Regel auf Standorte mit vergleichbarer Einsehbarkeit und Abdeckungsrate übertragbar. Sollen sie an Standorten mit veränderter Einsehbarkeit bzw. Abdeckungsrate oder veränderten Sichtverhältnissen zum Einsatz kommen, ist ein erneuter standortspezifischer Nachweis über die Erreichbarkeit ausreichend hoher Leistungskennwerte zu erbringen.
- Die Validität der Erprobungsergebnisse kann durch eine Überprüfung durch unabhängige Dritte sowie durch eine Veröffentlichung der Ergebnisse (möglichst peer-reviewed) erhöht werden.
- Die fachliche Anerkennung (Eignung, Wirksamkeitswahrscheinlichkeit) gilt immer für den Systemtyp, jeweils unter den spezifischen Erprobungsbedingungen (hier: Einsehbarkeit, Abdeckungsrate, Zielart). Es ist möglich, dass in offenen, weiträumigen Landschaften erprobte Systeme in kleinteiligen, topgrafisch bewegten Landschaftsräumen nicht dieselben Leistungskennwerte erreichen und Mindestanforderungen nicht erfüllt werden, obwohl das System hohe zielartenspezifische Leistungskennwerte hat.

Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Detektion (hier: Kamerasystem)

- Abdeckung, Auflösung, Reichweite und zeitliche Verfügbarkeit sind technische Voraussetzungen für eine sichere Erfassung und ggf. Erkennung. „Erfassungsrate“ und ggf. „Erkennungsrate“ sind die zentralen Leistungskennwerte. Letztere müssen, um aussagekräftig zu sein, immer mit einer Reichweitenangabe verbunden sein.
- Die Erfassungsreichweite muss mindestens die *artspezifische Reaktionsdistanz* einer Zielart abdecken (BfN, KNE, FA Wind 2020, S. 9). Hinzu kommt der für die Erkennungs- bzw. Klassifizierungszeit zusätzlich benötigte Abstand. Somit muss die Erfassungsreichweite über den artspezifischen Reaktionsbereich hinausgehen.
- Ein wesentlicher Faktor für die Reaktionsdistanz ist die Fluggeschwindigkeit. Sie sollte in der Regel auf Basis der mittleren Fluggeschwindigkeit der jeweiligen Art (siehe z. B. Bruderer und Boldt 2001) ermittelt werden. Extremes, seltenes Flugverhalten (Sturzflüge, Flüge mit Maximalgeschwindigkeit) bleibt bei der Ermittlung der mittleren Fluggeschwindigkeit unberücksichtigt und wird als Restrisiko eingestuft.
- AKS müssen über eine genaue (zweidimensionale) Entfernungsmessung verfügen (maximal 5 Prozent Abweichungstoleranz), damit die Abschaltung rechtzeitig ausgelöst werden kann und unnötige Abschaltungen minimiert werden können. Eine dreidimensionale Positionsbestimmung und die Richtungsbestimmung dienen jeweils der Optimierung einer zeitgerechten Reaktion. Sie sind für eine rechtzeitige Abschaltung nicht zwingend erforderlich.

¹ Sie werden im Einzelfall von den vorherrschenden Standortbedingungen beeinflusst.

Erfassungs- und Erkennungsrate

- Ob hohe Erfassungs- oder Erkennungsrate erreicht werden, ist von der technischen Ausstattung, der Zielart, der am Standort erreichbaren Abdeckungsrate und den vorherrschenden Bedingungen abhängig.
- Je höher die Erfassungsrate, desto eher ist sichergestellt, dass ein ausreichendes Schutzniveau für die Art erreicht wird. Eine Erfassungsrate von 75 Prozent könne laut der Expertenrunde² eine Untergrenze bilden. Bei einer geringen Distanz von WEA und Brutstandort oder wenn es um seltene kollisionsgefährdete Arten geht, können höhere Erfassungsrate (von bis zu 90 Prozent) erforderlich werden, um das erforderliche Schutzniveau zu erreichen.
- Eine hohe Erkennungsrate der Zielart(en) ermöglicht eine selektive Abschaltung. Sie kann die Zahl der Abschaltereignisse reduzieren und gleichzeitig dafür sorgen, dass das gebotene Schutzniveau eingehalten wird. Eine zuverlässige hohe Arterkennung verschafft den Systemen Marktvorteile. Aus fachlicher Sicht und unter dem Aspekt der Wirksamkeit ist eine Arterkennung (Selektivität) nicht zwingend erforderlich.

Anforderungen an die (Abschalt-)Reaktion

- Zuverlässigkeit und Schnelligkeit von Signalübertragung des Systems und Abschaltprozess der WEA sind Voraussetzungen für eine rechtzeitige Reaktion. Das Abschalt-signal leitet den Übergang in den Trudelmodus ein. Der Trudelmodus wird nicht durch einen aktiven Bremsvorgang (Notstopp), sondern durch das Pitchen der Rotorblätter erreicht. Der durch die zusätzlichen Abschaltungen verursachte Verschleiß diverser Anlagenkomponenten kann derzeit nicht beziffert werden.
- Bisher ist der Abschaltzustand „Trudelmodus“ weder über eine maximale Drehzahl noch über die Rotorblattspitzengeschwindigkeit definiert. Je größer der Rotordurchmesser, desto schwieriger wird es, eine kritische Blattspitzengeschwindigkeit (zwischen 30 und 50 Kilometer pro Stunde) einzuhalten.
- Der Übergang in den Trudelmodus („Abregelzeit“) sollte nicht länger als 30 Sekunden betragen (Orientierungswert). Je länger die Abregelzeit, desto größer wird der zu überwachende Reaktionsbereich und desto höher sind die Anforderungen an die Reichweite des Detektionssystems.
- Die Ermittlung von übertragbaren, anlagenspezifischen Abregelzeiten und Wiederanfahrmodi steht noch aus.

Abdeckungsrate

- Nach derzeitigen Diskussionsstand liegt die Untergrenze für die notwendige Raumabdeckung im Erfassungsbereich bei mindestens 75 Prozent. Wird diese nicht erreicht, ist fraglich, ob es überhaupt möglich ist, eine ausreichende Erfassungsrate im Überwachungsbereich zu erreichen.

Anforderungen an die Gesamtwirksamkeit

- Im Hinblick auf die Anforderungen an Wirksamkeitswahrscheinlichkeit (fachliche Anerkennung) und Wirksamkeit (genehmigungsrechtliche Beurteilung) ist anzumerken, dass ein „Nullrisiko“ rechtlich nicht gefordert ist (BVerwG Urteil 9 A9.15 vom 28.04.2016, Rn. 141).

² Nachfolgend wird aus Gründen der Lesbarkeit die männliche Form verwendet. Es sind stets Personen beider Geschlechter gemeint.

- Die Gesamtwirksamkeit ergibt sich aus dem Zusammenspiel der entfernungsabhängigen Leistungskennwerte (Erfassungs-, Erkennungsrate), die von der Ausstattung abhängig sind, und den die Erfassung möglicherweise einschränkenden Detektionsbedingungen (Sichtverschattung und -einschränkungen, Vegetationsdecke, Relief, Witterungs- und Lichtverhältnisse).
- Die Expertenrunde befürwortete eine verbale, gutachtlich gestützte Einschätzung und Zusammenführung dieser Faktoren. Eine „Berechnung aus den einzelnen Prozentangaben zur Kennzeichnung von Wirksamkeitsanforderungen schätzten sie als nicht zielführend ein. Gleichwohl kann es im Kontext der untergesetzlichen Maßstabbildung bei der Signifikanzprüfung erforderlich werden, die „Anrechnung“ der Vermeidungswirksamkeit auf ein vorliegendes signifikant erhöhtes Tötungsrisiko zu systematisieren und ggf. auch zu quantifizieren. Bisher liegen dazu noch keine konsensfähigen Ansätze vor.
- Das Schutzniveau des AKS muss ausreichend sein, um das signifikant erhöhte Tötungsrisiko am Standort unter die Signifikanzschwelle zu senken. Ein „Nullrisiko“ für die geschützte Art ist nicht zu fordern (ebd.). Ein gewisses Maß an ungeschützter Flugaktivität am Standort ist zulässig. Um eine Aussage über die Wirkungswahrscheinlichkeit von AKS treffen zu können, muss das anzustrebende Schutzniveau bekannt sein. Leitfäden zu Windenergie und Artenschutz können hier als Vergleich herangezogen werden.
- Ob die Wirksamkeit ausreicht, um ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko unter ein bestimmtes Maß zu senken, kann nicht abstrakt beurteilt werden. Dies ist im Einzelfall von den länderspezifischen Festlegungen zur Prüfung und Bewertung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos abhängig.
- Ausgangspunkt für die Beurteilung der Wirksamkeit im Hinblick auf die Unterschreitung eines vorliegenden signifikant erhöhten Tötungsrisikos muss der länderspezifische Ansatz der Signifikanzprüfung und -bewertung sein. Orientiert sich dieser Ansatz an der Bestimmung der Flugaktivität (Häufigkeit von Überflügen; Häufigkeit der Frequentierung von Nahrungsgebieten), bietet es sich an, die Wirksamkeitsbeurteilung eines AKS ebenfalls auf die Flugaktivität zu beziehen. So könnte die Anforderung lauten, dass das System einen Mindestanteil der Flugaktivität am Standort abdecken muss, um ein ausreichendes Schutzniveau der Zielart zu gewährleisten (Reichenbach 2020b, mdl.).
- Sofern bereits Erprobungen durchgeführt und Leistungskennwerte eines Systems vorliegen, ist deren Übertragbarkeit zu prüfen. So ist mindestens zu prüfen, ob die nachgewiesene Reichweite sowie die Erfassungs- und ggf. Erkennungsrate auch unter den gegebenen Bedingungen (Abdeckungsrate, Vegetationsdecke, Relief, betrachtete Vogelart, Witterungs- und Lichtverhältnisse) erreicht werden.
- Zudem ist zu klären, ob bereits ein übertragbarer anlagenspezifischer Nachweis der Abregelzeit vorliegt.

Genehmigung und Vollzug

- Die *Entscheidung über die Anwendung* eines AKS liegt beim Projektierer. Es ist ratsam, hierüber eine Abstimmung mit der zuständigen Naturschutzbehörde herbeizuführen. Die Genehmigungsbehörde muss begründen können, warum die Maßnahme erforderlich ist und die Genehmigungsfähigkeit nicht mit anderen (milderen) Mitteln hergestellt werden kann.

- Unsicherheiten über die Vermeidungswirksamkeit und den Einsatz des Systems am Genehmigungsstandort sollten grundsätzlich im Vorfeld der Genehmigung geklärt sein. Eine Verlagerung des Wirksamkeitsnachweises in das Genehmigungsverfahren birgt hohe Risiken für den Projektierer. Die Möglichkeiten einer nachträglichen Justierung oder Optimierung eines installierten Systems sind begrenzt.
- Aus rechtlicher Sicht ist die Festlegung von AKS als Nebenbestimmung in einer Genehmigung unkritisch. Für die Umsetzung in der Genehmigungspraxis könnten Muster-Nebenbestimmungen für AKS eine wertvolle Hilfestellung sein.
- Die Naturschutzbehörden sehen sich mit hohen Anforderungen, vor allem bei der Kontrolle der bestimmungsgemäßen Durchführung der Nebenbestimmung konfrontiert. Erfahrungen zur Handhabung der Kontrolle von Abschaltungen für den Fledermausschutz sollten berücksichtigt werden.
- Detektions- und Abschaltvorgänge sollten durch die Betreiber möglichst einheitlich aufbereitet werden und einen einfachen „Soll-Ist-Vergleich“ ermöglichen. Zudem wünschen sich die Naturschutzbehörden die Möglichkeit, stichprobenartig auf die dokumentierte Flugaktivität zugreifen zu können. Ein Fortbildungsangebot für die Behörden könnte Unsicherheiten reduzieren, ob die Maßnahme bestimmungsgemäß umgesetzt wird.
- Zur Absicherung ist bei Systemausfall oder Funktionseinschränkung ein Rückfall auf eine pauschale Abschaltung vorzusehen. Allerdings sind gewisse Ausfallzeiten tolerierbar. Sie sollten in Abhängigkeit von der Aktivitätszeit der Zielart im Einzelfall bestimmt werden. Damit eine entsprechende Festlegung in der Genehmigung handhabbar bleibt, sollte sie nicht zu kleinteilig ausfallen. Je kleinteiliger die Regelungen sind, desto engmaschiger muss die Kontrolle sein und desto höher ist der Aufwand für die Behörde – auch im Hinblick auf die Ahndung von Verstößen.
- Für den Vollzug ist es wesentlich, dass die Detektionsleistung und die daran gekoppelte Abschaltung nicht unbemerkt manipuliert werden können. Hierfür bedarf es ggf. weiterer technischer Kontrollmechanismen.
- Wenn im Zuge der Systemfortentwicklung nachträgliche Anpassungen vorgenommen und neue Softwareversionen zum Einsatz kommen sollen, muss überprüft werden, welchen Einfluss sie auf die Leistungskennwerte haben. Ist dieser Einfluss bedeutsam und wirkt nicht eindeutig auf eine Verbesserung der Leistungskennwerte hin, ist ein neuer Wirksamkeitsnachweis durch Erprobung zu erbringen.
- Für eine Erleichterung der Entscheidung, ob ein AKS zur Senkung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos an einem konkreten Standort in Frage kommt, wurde im Rahmen des FuE-Vorhabens eine Checkliste erarbeitet (s. Anhang 7.2). Insbesondere für Behörden dient sie als Orientierungs- und Strukturierungshilfe. Sie ermöglicht eine erste Einschätzung der Anwendbarkeit von AKS in einem konkreten Anwendungsfall.

1 Einleitung

Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen, ist es unabdingbar, den naturverträglichen Ausbau der Windenergie voranzutreiben. Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um mindestens 65 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 gesenkt werden (§ 3 Abs. 1 KSG-E 2021). Der Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch soll bis 2030 auf 65 Prozent steigen (§ 1 Abs. 2 EEG 2021). Die installierte Leistung der Windenergieanlagen an Land soll von derzeit 54 GW (AGEE-Stat 2021, S. 15) bis 2030 auf 71 GW steigen (§ 4 EEG 2021).

Mittlerweile sind konfliktarme Flächen für Windenergieanlagen an Land jedoch knapp geworden. Nach Aussage von Projektierern liegt in der überwiegenden Zahl der Projektplanungen ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vor, das es zu widerlegen gilt oder welches man durch geeignete Schutzmaßnahmen unter die Signifikanzschwelle senken müsste.

Das Spektrum der bisher in den Länderleitfäden für die Genehmigungsebene aufgeführten und damit „anerkannten“ Vermeidungs- und Schutzmaßnahmen umfasst im Wesentlichen Lenkungsmaßnahmen im WEA-nahen und WEA-fernen Bereich sowie Abschaltungen. Abschaltungen bzw. die Verlangsamung der Rotordrehzahl bis in den so genannten Trudelmodus gelten als wirksam, wenn es darum geht, Kollisionsrisiken zu senken. Jedoch führen Abschaltungen über längere Zeiträume – zum Beispiel während der gesamten Brut- und Fortpflanzungszeit – zu starken Einschränkungen der Anlageneffizienz.

Ereignisbezogene Abschaltungen auf Basis technischer kamera- oder radarbasierter Überwachungssysteme hingegen könnten Abschaltzeiten reduzieren. Voraussetzung ist, dass sie ebenso zuverlässig signifikant erhöhte Tötungsrisiken für kollisionsgefährdete Vogelarten unter die Signifikanzschwelle senken. Inzwischen gibt es eine Reihe von marktverfügbaren Systemen (KNE 2020).

Aufgrund der hohen Anforderungen an die individuenbezogene Prüfung der Signifikanz – unter Einbezug der Vermeidungs- und Schutzmaßnahmen – stellt sich die Frage, welche Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von AKS zu stellen sind. Der Nachweis über die Erfüllung bestimmter Anforderungen kann durch eine Erprobung erbracht werden (KNE 2019). Das Anforderungsprofil soll sicherstellen, dass die Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme nach einheitlichen Kriterien erfolgt und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gegeben ist.

Im Anschluss an die Erprobung stellen sich im Rahmen der Implementierung der Systeme weitere Fragen: So ist zu beurteilen, ob die Systeme tatsächlich hinreichend leistungsfähig und zuverlässig sind, so dass sie eine rechtzeitige ereignisbezogene Abschaltung sicherstellen können. Fraglich ist, welche Anforderungen hier mindestens zu erfüllen sind, wenn die Systeme zum Einsatz kommen sollen. Inzwischen sind AKS in einzelnen Länderleitfäden zwar bereits als eine mögliche Schutzmaßnahme genannt. Allerdings steht die Maßnahme unter dem Vorbehalt weiterer Erprobung. Wie die Erprobungsergebnisse zu bewerten wären, und unter welchen Voraussetzungen eine Anerkennung erfolgen könnte, ist hingegen nicht geklärt.

Ziel des FuE-Vorhabens ist es daher, sich mit Fachexperten darüber zu verständigen, welchen Wirksamkeitsanforderungen AKS genügen sollten, und welche Fragen sich hinsichtlich des Einsatzbereichs und im Vollzug stellen. Diese Fragestellungen satteln auf die Vorarbeiten des KNE (Synopsis, Fachkonferenz, Anforderungsprofil) und die Zusammenfassung des Erkenntnisstandes (BfN, KNE und FA Wind 2020) auf.

1.1 Ziel- und Fragestellung des FuE-Vorhabens

Fachexperten und Anwender sind sich einig, dass die automatisierte Detektion mit Hilfe von Kamera- und/oder Radarsystemen eine neue Entwicklung darstellt, und dass über deren Funktionsweise und Anwendung zunächst Erfahrungen gesammelt werden müssen, bevor sie als eine Maßnahme zur Abwendung von artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen in Betracht kommen.

Ziel des FuE-Vorhabens war es,

- Maßstäbe und Orientierungswerte für Wirksamkeitsanforderungen und -schwellen zu diskutieren,
- neue Erkenntnisse über mögliche Hemmnisse der fachlichen Anerkennung und Implementation von Antikollisionssystemen zu gewinnen,
- die Diskussion zu verbreitern und einen Wissenstransfer hin zu den Anwendern und Entscheidern zu leisten.

Die ersten beiden Ziele sollen in erster Linie durch eine Reihe von Expertenworkshops, das letztgenannte Ziel durch eine breitenwirksame Abschlussveranstaltung erreicht werden.

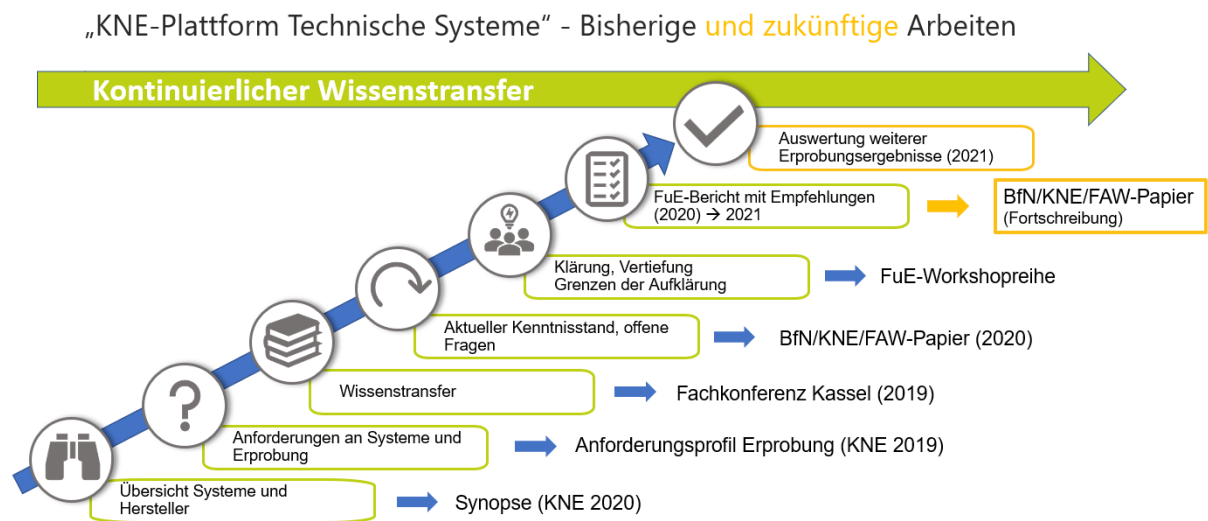


Abbildung 1: Das FuE-Projekt als Baustein der schrittweisen Entwicklung und Implementationsbegleitung

Das FuE-Vorhaben bildet damit einen weiteren Baustein in der schrittweisen Begleitung und Klärung der Anwendungsvoraussetzungen von Antikollisionssystemen (s. Abbildung 1).

1.2 Vorgehensweise

Das FuE-Projekt umfasste eine Aufbereitung des Wissensstandes und die Durchführung einer Workshopreihe mit 25 Fachexperten aus Wissenschaft und Verwaltungspraxis³ (s. Anhang 7.1), sowie eine Abschlussveranstaltung mit 180 Teilnehmenden, die dem Wissenstransfer und dem Austausch diente. Die Workshops und die Abschlussveranstaltung wurden als Online-Format durchgeführt, da Präsenzveranstaltungen im Jahr 2020 nicht durchgeführt werden konnten.

³ Die Gruppe umfasste Vertreter von Landesministerien, Landesumweltämtern, Fach- und Genehmigungsbehörden, Kanzleien, staatlichen Vogelschutzwarten sowie Gutachterbüros.

Die Workshopreihe sah vier Termine vor, in denen jeweils ein Thema im Fokus stand. Es gab folgende thematische Blöcke (siehe Abbildung 2):

- Anforderungen an die Wirksamkeit der Systeme,
- mögliche Einsatzbereiche (z. B. Zielarten, Landschaftsräume, Fallkonstellationen),
- genehmigungsrechtliche Handhabung und Vollzugsfragen,
- Diskussion und Zusammenführung der Inhalte.

In diesen stellten die Forschungsnehmerinnen zunächst den Wissens- und Diskussionsstand zu den wirksamkeitsrelevanten Parametern vor und erläuterten die sich aus ihrer Sicht stellenden Vollzugsfragen. Auf dieser Basis diskutierten die Teilnehmenden dann anhand von „Leitfragen“ weiter. Die Leitfragen sollten die Diskussion auf die noch offenen Punkte lenken.

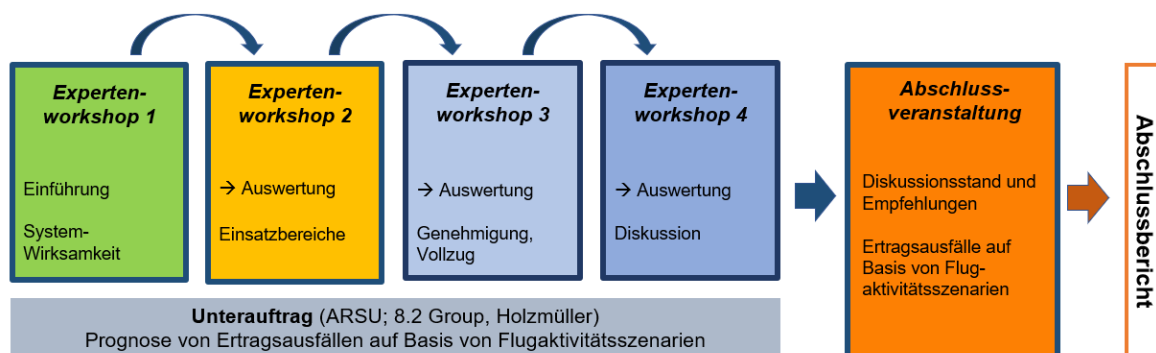


Abbildung 2: Inhalte und Ablauf des FuE-Vorhabens

Die Teilnehmenden wurden gebeten, die Leitfragen jeweils im Nachgang des Workshops schriftlich zu beantworten. Die Antworten und Diskussionsbeiträge wurden tabellarisch erfasst und qualitativ ausgewertet. Auszüge aus dem Rücklauf werden im FuE-Bericht wiedergegeben. Sie werden vor allem dort genannt, wo es darum geht, das Spektrum der Einschätzungen und die jeweiligen Argumente sichtbar zu machen.

Ergänzend wurden Aspekte, die in der bisherigen Diskussion noch keine Rolle gespielt hatten, aufgegriffen. Jeweils zu Beginn des Folgeworkshops erhielten die Teilnehmenden einen Überblick über die Auswertungsergebnisse der schriftlichen Antworten, so dass auch an dieser Stelle noch einmal eine Rückkopplungsmöglichkeit bestand.

Im Rahmen des FuE-Projektes wurde überdies ein Unterauftrag vergeben, in dem die technischen und wirtschaftlichen Aspekte der ereignisbezogenen Abschaltung beleuchtet werden sollten. Bei den technischen Aspekten ging es um die Frage, wie sich wiederholtes An- und Abschalten auf die Lebensdauer der Windenergieanlage auswirkt. Bei den wirtschaftlichen Aspekten ging es um die Frage, wie und auf welcher Basis Ertragseinbußen in Abhängigkeit von der Flugaktivität an verschiedenen Standorten überschlägig ermittelt werden könnten (s. Kap. 5).

Die Abschlussveranstaltung umfasste einen Präsentationsteil (Wissenstransfer) und vier Diskussionsforen mit jeweils 20 externen Teilnehmenden. Im Präsentationsteil wurden der Kenntnisstand, ergänzt um Ergebnisse der Expertenworkshops und Vorschläge zur Vorgehensweise bei der Implementation, vorgestellt. Die Unterauftragnehmer stellten die Ergebnisse der technischen und wirtschaftlichen Betrachtungen vor.

In den Diskussionsforen wurde wiederum anhand der Präsentation und der bereits in den Workshops gewählten thematischen Blöcke diskutiert. Die Teilnehmenden konnten zu Beginn des Forums thematische Schwerpunkte für die Diskussion wählen.

Um die Ergebnisse zusammenzuführen und Überschneidungen zu reduzieren, fasst der Endbericht die Diskussion in der Expertenrunde (Workshopreihe) und in den Diskussionsforen der Abschlussveranstaltung zusammen. Die Autorinnen bitten um Verständnis, dass die Diskussionsbeiträge nicht namentlich gekennzeichnet sind. In den Kapiteln wird nach einer kurzen Einführung jeweils zusammengefasst, welche neuen Erkenntnisse gewonnen werden konnten, und ob die Teilnehmenden in der Frage der Herangehensweise oder der Mindestanforderungen an den Nachweis fachlicher Eignung übereinstimmen.

1.3 Hinweise auf Begriffsverwendungen

Der vorliegende Bericht lehnt sich in der Begriffsverwendung an das Anforderungsprofil (KNE 2019) und das Gemeinsame Papier „Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen – Entwicklungsstand und Fragestellungen“ von BfN, KNE und FA Wind (2020) an.

Da sich der Terminus „ereignisbezogene oder bedarfsgerechte Abschaltung auf Basis automatisierter Detektion“ als sperrig erweist, haben sich die Autorinnen für die Verwendung des Begriffs „*Antikollisionssystem*“ entschieden, da dieser zudem spezifischer ist als der Kurzbezug „Technische Systeme“. Sie schlagen vor, den Begriff auch in zukünftigen Veröffentlichungen zu verwenden.

Der Begriff „Reaktionsbereich“ bezeichnet in erster Linie einen Radius bzw. eine Fläche. Der Begriff „*Reaktionsdistanz*“ bezeichnet den Abstand oder die Entfernung zwischen dem äußeren Gefahrenbereich und dem Punkt, an dem eine Abschaltreaktion ausgelöst werden soll. In die Höhe projiziert müsste man von einem Reaktionsraum sprechen.

2 Fachliche Anerkennung von AKS

Die Workshopreihe begann mit dem Oberthema Systemwirksamkeit. Die für die Systemwirksamkeit wichtigen Parameter für „Detektion“ und „Reaktion“ (analog zum Anforderungsprofil) wurden besprochen, und es wurde erörtert, welche Rolle diese Parameter für die Anerkennung von Antikollisionssystemen als Vermeidungsmaßnahme besitzen (s. Kap. 2.1).

Die Kapitel 2.2 bis 2.7 beginnen jeweils mit einer Darstellung des Sachstandes bzw. der Informationen zum Hintergrund einer Fragestellung. Anschließend haben die Autorinnen die Diskussionsbeiträge der Experten und Diskutanten zusammengefasst wiedergegeben. Abschließend haben die Projektbearbeiterinnen eine Einordnung des Diskussionsstandes vorgenommen. Dabei spielten folgende Überlegungen eine Rolle: Welche Hinweise zum Wirksamkeitsnachweis und zu den Anforderungen an die Wirksamkeitsschwelle sind fachlich begründet? Welche sind zugleich auch rechtlich geboten („erforderlich“)? Welcher Detaillierungsgrad der Festlegungen erweist sich im Vollzug als praktikabel? Voranzustellen ist, dass die hier formulierten Anforderungen an AKS bzw. für ihren Einsatz immer mit den in den Ländern etablierten, zum Teil unterschiedlichen Regelungen abzugleichen sind. Die aus rechtlicher Sicht zu erfüllenden Anforderungen an die Vermeidungswirksamkeit sind eng mit der Prüfung und Bewertung der Signifikanz erhöhter Tötungsrisiken verknüpft. Dafür, wie die Vermeidungswirksamkeit von Maßnahmen in diese Prüfung einzubeziehen ist, gibt es noch keine einheitlichen Vorgaben. Hier sehen die Forschungsnehmerinnen und Experten weiteren Entwicklungsbedarf.

2.1 Voraussetzungen der fachlichen Anerkennung von Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen

Bevor auf Wirksamkeitsanforderungen sowie Maßstäbe und mögliche Schwellenwerte für die Anwendung von Antikollisionssystemen eingegangen wird, werden im Folgenden einige Überlegungen im Hinblick auf das Anforderungsniveau vorangestellt.

Vermeidungs- und Schutzmaßnahmen können eingesetzt werden, um ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko unter die Signifikanzschwelle zu senken. Dazu müssen diese Maßnahmen fachlich geeignet sein. Von einer fachlichen Eignung ist auszugehen, wenn die Maßnahme mindestens auf die Ursache oder einen Indikator, der ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko anzeigt, einwirkt. Zur Beurteilung der fachlichen Eignung dürfte eine Plausibilitätskontrolle (kausaler Zusammenhang) genügen. Als zur Verminderung von Kollisionsrisiken fachlich geeignet gelten Maßnahmen, die

- die vom Anlagenbetrieb (Rotordrehung) ausgehenden Kollisionsrisiken senken. Dies kann durch eine Abschaltung bzw. ein Versetzen in den Trudelbetrieb erreicht werden.
Die Maßnahme wirkt „direkt“. Je geringer die Geschwindigkeit der Rotorblätter, von denen die Schlagfährdung ausgeht, desto unwahrscheinlicher ist es, dass die Signifikanz von Tötungsrisiken erhöht ist.
- die Flugaktivität innerhalb bestimmter Radien (sog. „Regelabständen“) herabsetzen. Dies kann mit Hilfe so genannter Lenkungsmaßnahmen erfolgen. Sie steigern die Attraktivität entfernt liegender Standorte und senken die Flugaktivität im relevanten Raum durch Weglockung. Maßnahmen können auch darauf abzielen, die Flugaktivität durch unattraktive Gestaltung im Mastfußbereich, oder im Ausnahmefall im vom Rotor überstrichenen Bereich (= Gefahrenbereich) zu senken. Die Maßnahme wirkt „indirekt“ über die Beeinflussung der räumlichen Konzentration der Flugaktivität. Je geringer die Flugaktivität, desto geringer ist das Risiko einer Kollision und desto unwahrscheinlicher ist es, dass die Signifikanzschwelle für Tötungen erhöht ist.

Damit das mit der Maßnahme angestrebte Ziel sicher erreicht wird, sollte eine möglichst hohe *Wirksamkeit* gegeben sein. Für die *fachliche Anerkennung* einer Maßnahme genügt es, wenn dieser eine *Wirksamkeitswahrscheinlichkeit* attestiert werden kann. Die Wirksamkeitswahrscheinlichkeit kann durch die Rahmenbedingungen der Umsetzung (Flächenverfügbarkeit, Kontrollierbarkeit des Abschaltregimes, Ausführung der Maßnahme) beeinflusst werden. Die tatsächliche *Wirksamkeit* (*Wirkintensität*) der Maßnahmen kann daher in der Regel nur im Einzelfall bzw. auf Basis von aus Einzelfällen abgeleiteten Erkenntnissen beurteilt werden. Je höher der Evidenzgrad des empirischen Nachweises über die Wirksamkeit, desto eher können verallgemeinernde Annahmen getroffen werden.

Im Genehmigungsfall genügt zum Zeitpunkt der Festlegung einer Maßnahme als Nebenbestimmung eine *Prognoseeinschätzung* über das Erreichen des Maßnahmenziels. Eine als wirksam geltende Maßnahme muss Beeinträchtigungen nicht mit „Gewissheit“ ausschließen können (BVerwG Urteil 9 A8.17 vom 27.11.2018, Rn. 123). Der Eintritt der Wirksamkeit mit hoher Prognosesicherheit genügt. Anders als zum Beispiel bei vorgezogenen Ausgleichsmaßnahmen (CEF-Maßnahmen) ist das Erreichen des Maßnahmenziels keine Genehmigungsvoraussetzung.

Der Einsatz von Antikollisionssystemen zielt darauf ab, die vom Anlagenbetrieb (Rotordrehung) ausgehenden Kollisionsrisiken zu senken. Die kollisionsmindernde Wirkung wird durch die Abschaltung (Versetzen in den Trudelbetrieb) erreicht. Die Wirksamkeit einer Abschaltmaßnahme als solche dürfte unstrittig sein: Sie ist in den Maßnahmenkatalogen der

Länderleitfäden genannt. In vielen Genehmigungen wird sie – zum Beispiel zur Reduzierung bewirtschaftungsabhängiger Kollisionsrisiken – beauftragt.

Antikollisionssysteme zielen ebenfalls auf die Abschaltung ab. Die fachliche Eignung steht daher nicht in Frage. Für die Anerkennung als Schutzmaßnahme steht vielmehr in Frage, ob die automatisierte Abschaltung mit hinreichender Wahrscheinlichkeit so zuverlässig und zeitgerecht erfolgt, dass ein großer Teil der Flugaktivitäten einer Zielart geschützt ist.

Im Hinblick auf die Anforderungen an Wirksamkeitswahrscheinlichkeit (fachliche Anerkennung) und Wirksamkeit (genehmigungsrechtliche Beurteilung) ist anzumerken, dass ein „Nullrisiko“ rechtlich nicht gefordert ist (BVerwG Urteil 9 A9.15 vom 28.04.2016, Rn. 141). Der große Vorteil von AKS gegenüber einer einmaligen gutachterlichen bzw. behördlichen Prognose der Wirksamkeit einer Vermeidungsmaßnahme für die nächsten 20 Jahre ist die tatsächliche, situationsspezifische und überprüfbare Vermeidung von Kollisionen.

Diskussion

Die Expertengruppe wurde gefragt, welche *Erwartungen* sie an die Wirksamkeit stellen würden, und welches Niveau fachlich und rechtlich gerechtfertigt sei. Es zeigte sich bereits hier eine beträchtliche Spanne, mit der Tendenz zu hohen Erwartungen.

Ein Teil der Diskussion drehte sich um die Frage, welchen Wirkungsnachweis es bei anderen Maßnahmentypen gebe. Unter Verweis auf Blew et al. (2018) wurde konstatiert, dass der Evidenzgrad, also der empirisch belastbare Wirksamkeitsnachweis für Vermeidungsmaßnahmen gering sei. So habe zwar gezeigt werden können, dass die Staffelmahd eine hohe Attraktionswirkung und damit auch einen Vermeidungseffekt habe (Mammen et al. 2013, S. 74ff.). Die Vermeidungswirksamkeit als solche kann aber häufig nicht beziffert werden. Ihre Wirksamkeit hängt unter anderem vom Nutzungsmuster im Umfeld ab und ist nicht immer sicher zu prognostizieren (KIFL 2014, S. 6ff.).

Des Weiteren wurde die Frage aufgeworfen, inwieweit es zu rechtfertigen sei, an den Nachweis der Eignung und Wirksamkeit von Antikollisionssystemen (als Voraussetzung für deren „Anerkennung“) höhere Anforderungen zu stellen, als dies bei anderen Maßnahmen der Fall gewesen sei. So lägen zum Beispiel für die in nahezu allen Leitfäden aufgeführten Lenkungsmaßnahmen und deren Ausgestaltung bis dato keine empirischen Belege über eine „hohe Wirksamkeit“ vor. Fraglich sei daher, ob in diesem Fall nun der Nachweis einer „hohen Wirksamkeit“ gefordert werden könne.

Man müsse sich – schon aus Gründen der Gleichbehandlung – am Nachweis- und Plausibilitätsniveau anderer Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen orientieren. Genüge es nicht, wenn die Systeme eine hohe Wirksamkeitswahrscheinlichkeit hätten, um als „geeignet“ gelten zu können?

Andere Teilnehmer sahen es hingegen als gerechtfertigt an, hohe Anforderungen an den Wirksamkeitsnachweis zu stellen. Dafür sprächen folgende Argumente:

- Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme, die sehr unterschiedlich sein können, können von Anwendern nicht ohne Weiteres durch Augenschein überprüft und verifiziert werden. Insofern sei wegen Skepsis/Unsicherheit der Bedarf nach Absicherung mit Hilfe einer „Anerkennungsschwelle“ höher.
- Ein „anspruchsvoller Wirksamkeitsnachweis“ als Voraussetzung für die Anerkennung würde die Behörden entlasten.
- Mithilfe der Antikollisionssysteme könnten Genehmigungen in Bereichen erteilt werden, die kritisch sind und eigentlich freizuhalten wären. Wenn AKS angewendet

werden sollen, müssen sie auch in diesen Bereichen ein hohes Schutzniveau garantieren können. Daher müssen die Anforderungen streng sein.

- Die Wirksamkeit müsse sich an der Wirksamkeit einer pauschalen Abschaltung orientieren. Lenkungsmaßnahmen seien der falsche Bezug.
- Auch zur Vermeidungswirksamkeit von bewirtschaftungsabhängigen Abschaltmaßnahmen lägen bisher keine empirischen Nachweise vor. Es wird im Sinne einer fachlichen Konvention angenommen, dass durch eine solche Abschaltung ein hoher Anteil der temporär erhöhten Flugaktivität geschützt ist.
- Antikollisionssysteme unterlägen hohen Anforderungen – auch im Hinblick auf die Quantifizierung der Wirksamkeit. Sie böten nun einmal die Möglichkeit, die Parameter, anhand derer die Systemwirksamkeit bestimmt werden kann, zu quantifizieren. Davon solle dann auch Gebrauch gemacht werden. Was messbar sei, solle gemessen werden. Die Quantifizierbarkeit an sich müsse aber nicht zwingend dazu führen, dass die Schwellenwerte möglichst hoch angesetzt würden. Dieser Effekt sei aber schwer zu vermeiden.

Einordnung

Für das Anlegen hoher Maßstäbe an den Wirksamkeitsnachweis spricht, dass AKS zur Erlangung einer Genehmigung in Bereichen eingesetzt werden sollen, in denen ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko nachgewiesen ist. Es liegt im Interesse der Wahrung eines hohen Schutzniveaus, eine hohe Wirksamkeit zu verlangen (fachliche Begründung). Die Anforderung an die Wirksamkeit von AKS bei vorliegendem signifikant erhöhten Tötungsrisiko sollte sich an der Wirksamkeit anderer Betriebsregulierungsmaßnahmen (z. B. Tagabschaltung) orientieren.

2.2 Technische Ausstattung und Leistungsfähigkeit

Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Detektion können durch Messungen überprüft werden. Die technische Ausstattung erlaubt eine Einschätzung (Prognose) der systemspezifischen Wirkungswahrscheinlichkeit. Im Falle von Kamerasystemen hängt es in starkem Maße von der Qualität der Kameras (Auflösung, Brennweite und Lichtstärke) ab, welche Bildqualität und damit Erfassungsgenauigkeit erwartet werden kann. Reine Weitwinkelkameras decken den radialen Überwachungsbereich oder einen Ausschnitt davon möglicherweise gut ab, erlauben aber auf größere Entfernungen (> 300 Meter) möglicherweise keine ausreichende Auflösung, die es erlaubt, ein Flugobjekt („Pixelwolke“) hinreichend genau zu bestimmen. Für Erkennungsreichweiten über 300 Meter wird es nach Einschätzung der Experten darauf ankommen, dass die technische Ausstattung zusätzlich zu Weitwinkelkameras weitreichendere Sensoren wie etwa eine Kamera mit Zoom- oder Teleobjektiv umfasst.

2.2.1 Erfassungsreichweite

Die Erfassungsreichweite muss mindestens die *artspezifische Reaktionsdistanz* einer Zielart abdecken (BfN, KNE, FA Wind 2020, S. 9). Hinzu kommt der für die Erkennungs- bzw. Klassifizierungszeit zusätzlich benötigte Abstand. Somit muss die Erfassungsreichweite über den artspezifischen Reaktionsbereich hinausgehen. Nur wenn sie darüber hinausgeht, ist gewährleistet, dass genügend Zeit für die Erkennung und Klassifizierung des Flugobjektes vorhanden ist. Die Ermittlung der Reaktionsdistanz und daraus erwachsenden Anforderungen an die Erfassungsreichweite werden in Kapitel 2.3 beschrieben.

Die verfügbaren Systeme unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer Erfassungsreichweite. Sie beträgt bei Radarsystemen 3000 bis ca. 7000 Meter, bei Kamerasystemen betragen

nachgewiesene Erfassungsreichweiten zwischen 200 und 1000 Meter abhängig von vorherrschenden Bedingungen und der Zielart (KNE 2020, S. 6 ff).

Diskussion

In der Expertengruppe wurde konstatiert, dass man für die Erfassungsreichweite keine feste „Meter-Angabe“ formulieren könne. Zentrale Anforderung sei vielmehr, dass sie mindestens das Einfache der artspezifischen Reaktionsdistanz der Zielart beträgt. Je mehr sie die Reaktionsdistanz überschreitet, desto höher ist der Puffer für eine rechtzeitige Reaktion (siehe unten).

Bei einer geringen Reaktionsdistanz⁴ könne auch eine Erfassungsreichweite von 300 Metern ausreichend sein. Nach Auffassung der Experten sei es aber naheliegend, dass Systeme, deren Erfassungsreichweite deutlich über die Reaktionsdistanz hinausgeht, Vorteile im Hinblick auf Rechtzeitigkeit und Optimierung (Abstufung der Reaktion, Vergrämung⁵) bieten.⁶

Je weiter die Erfassungsreichweite über die für die rechtzeitige Abschaltung benötigte Reaktionsdistanz hinausgeht, desto „früher“ können ggf. Maßnahmen eingeleitet oder zusätzliche Optionen zur Minderung des Kollisionsrisikos (z. B. Vergrämung) eingesetzt werden. Wird zum Beispiel ein Rotmilan bereits in einer Distanz von ca. 1000 Metern erfasst, könnte zunächst eine Vergrämungsmaßnahme ausgelöst werden oder die Anlage könnte in einem ersten Schritt gedrosselt werden, bevor bei weiterer Annäherung die Abschaltung ausgelöst wird. Voraussetzung für ein gestuftes Antikollisionskonzept ist allerdings, dass die Position des Vogels bestimmt und die Flugrichtung verfolgt werden kann (s. Kap. 2.2.2).

Eine gedrosselte WEA würde weniger Abregelzeit benötigen. Dies wiederum würde sich auf die benötigte Reaktionsdistanz auswirken. Eine Drosselung als erste Stufe der Reaktion kann in Fällen, in denen Brutstandorte und WEA in einer kritischen Distanz (> 500 bis 750 Meter) zueinander liegen, die Wirksamkeitswahrscheinlichkeit verbessern.

Einordnung

Die *Erfassungsreichweite* ist ein zentraler Parameter der technischen Leistungsfähigkeit. In Verbindung mit der Erfassungsrate oder der Erkennungsrate stellt sie die zentralen Leistungskennwerte eines Detektionssystems dar. Bei großen Erfassungsreichweiten ist zu prüfen, ob ggf. Kombinationen aus mehreren Kamerasystemen oder aus Radar- und Kamerasystemen eingesetzt werden müssen, um die nötige Abdeckung und die nötigen Reaktionszeiträume zu gewährleisten. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen in Deutschland jedoch noch keine Erprobungsergebnisse zu kombinierten Systemen bei WEA an Land vor.

2.2.2 Entfernungsmessung und Positionsbestimmung

Im Zuge der Erfassung sollte die Entfernung des Vogels zum Rotorbereich möglichst zuverlässig bestimmt werden können. Die zweidimensionale *Entfernungsmessung* ist eine Mindestanforderung. Sie ist eine zentrale Voraussetzung für eine rechtzeitige Systemreaktion. Anhand

⁴ Eine geringe Reaktionsdistanz setzt voraus, dass die Abregelzeit der WEA sehr kurz ist (z. B. 20 Sekunden) und die Zielart eine niedrige mittlere Fluggeschwindigkeit hat.

⁵ Bisher werden in Deutschland keine Vergrämungsmaßnahmen eingesetzt, um das Kollisionsrisiko von Vögeln an WEA zu senken.

⁶ In der Diskussion, um wie viel die Erfassungsreichweite über die Reaktionsdistanz hinausgehen müsse, wurden exemplarische Werte genannt. Wird für eine Zielart zum Beispiel eine Reaktionsdistanz von 350 Metern zugrunde gelegt, solle der Erfassungsbereich unter Einrechnung gewisser Puffer (Fluggeschwindigkeit, Flugverhalten und Reaktionszeit der Anlage) bei mindestens 500 Metern liegen.

der Entfernungsmessung kann die Flugbewegung eines Vogels aufgezeichnet werden (Tracking⁷).

Im Rahmen der Systemerprobung sollte die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der automatisierten Entfernungsmessung bzw. Positionsbestimmung durch ein Zweitsystem, d. h. mit Hilfe von Laser-Range-Finder-Messungen oder GPS-besenderten Flugdrohnen kontrolliert werden (s. KNE 2019, S. 12). Durch das Zweitsystem lässt sich die Messgenauigkeit ermitteln und „eichen“. Ziel ist es, nachzuweisen, dass die Abweichungsrate tolerabel ist. Die Erprobungsergebnisse über die Messgenauigkeit sind in der Regel übertragbar.

Mit Hilfe einer *Richtungsbestimmung*⁸ kann prognostiziert werden, ob und wie schnell sich der Vogel einer Anlage nähert. Bei enger Taktung der Messungen kann man so einen Kollisionskurs von einem Vorbeiflug außerhalb der Reaktionsdistanz unterscheiden. Eine Richtungsbestimmung, die über die Reaktionsdistanz hinausreicht, schafft die Voraussetzung dafür, die Reaktion abzustufen: Bewegt sich der Vogel in größerer Entfernung bzw. unterbleibt die weitere Annäherung, könnte die Anlage zunächst nur gedrosselt werden. Erfolgt hingegen ein Direktflug auf die Anlage zu, würde ein Abschaltsignal spätestens ausgelöst werden, wenn der Vogel die Reaktionsdistanz unterschreitet.

Systeme mit dreidimensionaler *Positionsbestimmung* sind zudem in der Lage, die Flughöhe zu bestimmen. Überflüge und niedrige Flughöhen könnten als zusätzlicher Parameter als „unkritisch“ ausgeklammert werden. Dadurch ließe sich die Anzahl an Abschaltungen reduzieren.

Radarsysteme leisten eine zuverlässige Positionsbestimmung über große Distanzen und können die Flugbewegung/-richtung eines Vogels über längere Strecken verfolgen bzw. prognostizieren (Tracking/Richtungsbestimmung). Von den Kamerasystemen sind es nur die Stereokamerasysteme, die sowohl eine Entfernungsmessung als auch eine Positionsbestimmung vornehmen können.

Diskussion und Einordnung

Im Rahmen der Diskussion erfolgte der klarstellende Hinweis, dass AKS mindestens über eine genaue Entfernungsmessung verfügen müssen, nicht zwingend aber zugleich auch über die Möglichkeit zur dreidimensionalen Positions- und Richtungsbestimmung.

Je ungenauer die Entfernungsmessung bzw. Positionsbestimmung, desto größer muss der „Puffer“ sein, der auf die Reaktionsdistanz aufzuschlagen ist, um eine rechtzeitige Abschaltung sicherstellen zu können.

Konkrete Anforderungen an die Messgenauigkeit der Entfernungsmessung bzw. Positionsbestimmung (einschließlich tolerierbarer Messfehler) können noch nicht formuliert werden. Auf Grundlage erster Erprobungsergebnisse, könnten Fehler von fünf Prozent bei der Entfernungsmessung durch Kamerasysteme toleriert werden. Konkrete Aussagen zu Radarsystemen liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor.

2.2.3 Zeitliche Verfügbarkeit

Während der Brut- und Fortpflanzungszeit kollisionssensibler Vogelarten soll das System zuverlässig funktionieren, d. h. eine möglichst hohe zeitliche Verfügbarkeit aufweisen. Einschränkungen können durch Wartungsarbeiten entstehen, allerdings sind diese planbar, so dass Ausfallzeiten während der Tagesstunden minimiert werden können.

⁷ Ein Tracking kann zwei- oder dreidimensional erfolgen.

⁸ Die Richtungsbestimmung als Prognose der Flugbewegung kann zwei- oder dreidimensional erfolgen.

Darüber hinaus können unvorhergesehene Ausfälle eintreten, ausgelöst durch Stromausfall oder technische Defekte. Bei derartigen Ausfällen ist die Erfassung einer Zielart unterbrochen, das Kollisionsrisiko würde in diesem Zeitraum nicht vermindert werden können.

Weitere Einschränkungen der Funktionalität können durch widrige Witterungsbedingungen wie Starkregen oder auch Blendung durch ungünstigen Sonnenstand verursacht werden.⁹ Das Kollisionsrisiko kann unter solchen Umständen nicht sicher vermindert werden.

Eine 100-prozentige zeitliche Verfügbarkeit wäre nur erreichbar, wenn man mit einem redundanten „Zweitsystem“ arbeiten würde, welches dann bei Ausfall „einspringt“. Dies dürfte in der Praxis aber nicht realistisch sein. Ausfallzeiten und Funktionseinschränkungen sind unvorhersehbar und nur schwer prognostizierbar. Erfahrungswerte fehlen noch.

Diskussion und Einordnung

In der Expertengruppe wurde daher diskutiert,

- a) ob die zeitliche Verfügbarkeit überhaupt eine Systemeigenschaft ist,
- b) welche Obergrenze von Systemausfallzeiten tolerierbar ist und
- c) wie man bei einem Systemausfall dafür sorgen kann, dass das Schutzniveau erhalten bleibt.

Zu a) Die zeitliche Verfügbarkeit ist keine Systemeigenschaft. Ausfälle seien schwer vorhersehbar, insbesondere witterungsbedingte Funktionseinschränkungen seien eher standort- als systemabhängig. Konkrete Witterungsparameter können an dieser Stelle nicht angegeben werden.

Zu b): Zeitliche Obergrenzen festzulegen bietet sich an, wenn es um Funktionseinschränkungen geht. Es kann sinnvoll sein, eine solche Obergrenze (z. B. Minuten/Tag) in der Genehmigung festzulegen. Der Umfang der tolerierbaren Funktionseinschränkung müsse aus der Aktivitätszeit der Zielarten abgeleitet sein. Er ist im Einzelfall je nach Flugaktivität und Nähe zum Brutstandort zu bestimmen. Die Vorschläge der Experten beliefen sich auf zwei bis fünf Prozent der Aktivitätszeit.¹⁰

Zu c): Sobald der Systemausfall eine bestimmte ununterbrochene Zeitspanne (z. B. mehr als 10 Minuten) beträgt, solle eine pauschale Abschaltung veranlasst werden. Das System würde dann erst wieder gestartet werden, wenn die Störung (nachweislich) behoben und das System wieder voll funktionsfähig ist. Dauer und Zeitpunkt eines Ausfalls müssen dokumentiert werden (s. Kap. 4.2 und 4.4). Offen blieb, ob bzw. in welchen Fällen die Wiederinbetriebnahme von der Behörde freizugeben ist. Die Genehmigungsbehörde müsste dann kurzfristig reagieren können. Die Notwendigkeit einer Freigabe könnte daran geknüpft sein, wie lange der Systemausfall dauerte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Zuverlässigkeit eines Systems sich voraussichtlich erst in der Anwendung erweisen wird und dann entsprechend belegbar ist. Zur Absicherung ist bei Systemausfall oder Funktionseinschränkung ein Rückfall auf eine pauschale Abschaltung vorzusehen. Allerdings sind gewisse Ausfallzeiten auch tolerierbar. Sie sollten in Abhängigkeit von der Aktivitätszeit der Zielart im Einzelfall (gutachtliche Einschätzung) bestimmt werden. Damit eine entsprechende Festlegung in der Genehmigung handhabbar bleibt, sollte sie nicht zu kleinteilig ausfallen.

⁹ Schneefall würde ebenfalls die Funktion einschränken. Während der Brut- und Fortpflanzungszeit dürfte Schneefall aber eher ein „Extremereignis“ sein.

¹⁰ Zu konkretisieren wäre, ob es die potenzielle Aktivitätszeit oder die im Rahmen von Voruntersuchungen „gemessene“ Aktivitätszeit zugrunde gelegt wird.

2.2.4 Impulsübertragung

Das Signal zum Übergang der WEA in den Trudelmodus muss vom Detektionssystem sicher und möglichst ohne Zeitverzögerung – im Millisekunden-Bereich – an die Steuerung der WEA übertragen werden. Die Zuverlässigkeit dieser Schnittstelle sollte technisch zertifiziert werden. In der Expertenrunde wurde berichtet, dass es zur Zertifizierung der Signalübertragung bereits Gespräche zwischen einem Radarsystemhersteller (hier: Swiss Bird Radar) und dem TÜV gebe. Zum Punkt Impulsübertragung gab es keinen weiteren Diskussionsbedarf.

2.2.5 Zusammenfassende Einordnung

Die Leistungsfähigkeit und die Zuverlässigkeit der in den Kapiteln 2.2.1 bis 2.2.4 genannten technischen Ausstattungsmerkmale sind Ausgangspunkt für die fachliche Eignung eines Systems. Weist ein System eine ausreichende Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit auf, und ist diese durch eine unabhängige Prüfung attestiert, kann von einer hohen Wirksamkeitswahrscheinlichkeit ausgegangen werden.

Die technischen Merkmale der Leistungsfähigkeit und der Zuverlässigkeit eines AKS können durch eine technische Prüfung „zertifiziert“ werden. Mit der Zertifizierung durch eine unabhängige Prüfstelle (z. B. TÜV) geht eine Validierung einher, deren Belastbarkeit über reine Herstellerangaben hinausgeht.

2.3 Reaktionsbereich (Reaktionsdistanz)

Der Reaktionsbereich muss jeweils für den Einzelfall in Abhängigkeit von der betroffenen Zielart und dem Anlagentyp (Abregelzeit und Rotorblattlänge) festgelegt werden. Für die Ermittlung des Reaktionsbereichs wurde im „Anforderungsprofil Erprobung“ eine Formel vorgeschlagen (KNE 2019, S. 16). Damit lassen sich Orientierungswerte für Reaktionsdistanzen ermitteln. Diese Orientierungswerte können zur Plausibilisierung der Annahmen über die Wirksamkeit bei der Senkung eines konkreten signifikant erhöhten Tötungsrisikos herangezogen werden.

2.3.1 Ermittlung des Reaktionsbereichs

In der Expertenrunde lagen bereits Erfahrungen zur Ermittlung von Reaktionsbereichen im Rahmen von Erprobungen vor. In bisherigen Erprobungen wurde jeweils mit einer „festen“, vorab festgelegten Reaktionsdistanz gearbeitet. Die Formel zur Ermittlung des (horizontalen) Reaktionsbereiches (KNE 2019, S. 16) sei für die Ermittlung pauschaler Reaktionsbereiche gut geeignet. Ergänzend wies ein Experte darauf hin, dass der Reaktionsbereich auch „dynamisch“, das heißt auf Grundlage der Messung der tatsächlichen Fluggeschwindigkeit in Echtzeit, bestimmt werden könne. Der Punkt, an dem das Abschaltsignal ausgelöst wird, würde dann (in Abhängigkeit von der Fluggeschwindigkeit) entweder in größerer oder in geringerer Entfernung zum Gefahrenbereich der WEA liegen. Hierzu liegen jedoch noch keine Erfahrungen vor.

Horizontaler Reaktionsbereich

Für die Ermittlung der Reaktionsdistanz ist auf die *Fluggeschwindigkeit*, mit der sich ein Vogel der Anlage nähert (v_{Art}), und die *Zeit, die für den Übergang in den Trudelmodus* benötigt wird (t_{Trudel}) abzustellen. Die Dauer bis zur Signalübermittlung und -verarbeitung kann – insofern sie im Millisekunden-Bereich liegt – bei der Ermittlung der Reaktionsdistanz vernachlässigt werden. Sieht ein AKS jedoch eine Flugobjektklassifizierung vor, muss dessen Dauer auch in die Berechnung der Reaktionsdistanz einfließen.

Für die überschlägige Ermittlung der „kritischen Reaktionsdistanz“ (r_{Reaktion}) [in Metern] könnte auch eine gegenüber dem Anforderungsprofil (KNE 2019, S. 16) vereinfachte Formel angewendet werden:

$$r_{\text{Reaktion}} [\text{m}] = v_{\text{Art}} [\text{m/s}] \times t_{\text{Trudel}} [\text{sek}] + r_{\text{Rotor}} [\text{m}]$$

- r_{Reaktion} = Distanz bzw. Radius, der für eine rechtzeitige Abschaltung erforderlich ist,
 v_{Art} = Artspezifische Fluggeschwindigkeit (Bruderer u. Boldt 2001),
 t_{Trudel} = Zeit bis zum Austrudeln/bis zur Abregelung des Rotors,
 r_{Rotor} = Rotorblattlänge.

Für die Parameter (v_{Art} und t_{Trudel}) müssen Werte eingesetzt werden, die auf (zu begründenden) Annahmen oder Schätzungen beruhen. Dies ist bei der Einordnung der fachwissenschaftlichen Belastbarkeit zu berücksichtigen. Die Expertenrunde sah dazu aber vorerst keine Alternative.

Die Experten sprachen sich überwiegend dafür aus, für die Bestimmung des (horizontalen) Reaktionsbereichs die artspezifische mittlere Fluggeschwindigkeit heranzuziehen (s. Kap. 2.3.2). Die Werte der mittleren artspezifischen Fluggeschwindigkeit sollten regelmäßig dem Erkenntnisfortschritt (z. B. Auswertung aus der Radarerfassung, von Daten aus der visuellen Detektion und der Telemetrie) angepasst werden.

Vertikaler Reaktionsbereich

Ein vertikaler Reaktionsbereich könnte dazu beitragen, die Reaktion (Abschaltung) in Abhängigkeit von der Flughöhe zu differenzieren. Es würde bei der Erfassung unterschieden, ob sich eine Zielart in Höhe des Rotorbereichs nähert oder den Rotorbereich über- oder unterfliegt¹¹. Voraussetzung (Systemanforderung) für die Prognose von Über- und Unterflügen des Rotorbereichs ist eine präzise Flughöhenbestimmung (Positionsbestimmung im Raum; s. Kap. 2.2.2).

Um Abschaltungen bei Über- oder Unterflügen reduzieren zu können, muss ein vertikaler Mindestabstand zwischen Vogel und Rotorblattspitzen festgelegt werden. Es wurde diskutiert, ob ein Abstand von 30 Metern ausreichen würde. Gegen eine solche Distanz wurde angeführt, dass bei Unterfliegen des Rotors ein schnelles, vertikales Aufsteigen nicht auszuschließen sei. Der Abstand müsse also größer sein. Einzelne Teilnehmende votierten hingegen dafür, das in dieser Situation auftretende Risiko nicht zu überbewerten. Für niedrig fliegende Arten (z. B. Weihen, Uhu) sei der genannte Abstand ausreichend.

2.3.2 Faktor Fluggeschwindigkeit

Die Expertengruppe diskutierte ausführlich über die Frage, welche Fluggeschwindigkeit bei der Ermittlung der Reaktionsdistanz¹² zugrunde zu legen sei:

¹¹ Das System „IdentiFlight“ arbeitet mit einem virtuellen Schutzzyylinder um die WEA. Der Zylinder kann „angehoben“ werden, sodass Flüge in Bodennähe kein Abschaltsignal auslösen (Reichenbach 2020a, mdl.).

¹² Der Faktor „Abregelzeit“ (benötigte Zeit zum Austrudeln) wird in Kap. 2.5 (Zeitgerechte Reaktion) diskutiert.

Mittlere Fluggeschwindigkeit

In der Formel des KNE-Anforderungsprofils (KNE 2019) zur Berechnung der Reaktionsdistanz wird die artspezifische *mittlere* Fluggeschwindigkeit des gemischten Flugverhaltens (Gleitflug und aktiver Flug) zugrunde gelegt. Unter Verweis auf Bruderer u. Boldt (2001, S. 186 f.) können „pauschale Orientierungswerte“ für ausgewählte Arten benannt werden¹³. Die mittlere Fluggeschwindigkeit bildet einen Querschnitt der „normalen“ Flugaktivitäten ab. Inwieweit Extremsituationen oder Worst-Case-Fälle zu berücksichtigen sind, wird in den folgenden Abschnitten diskutiert.

Maximale Fluggeschwindigkeit (im Sinne einer Worst-Case-Annahme)

Die maximale Fluggeschwindigkeit würde das Flugverhalten in Extrem-Situationen abdecken. Für bestimmte Arten, z.B. Schreiadler, seien Sturzflüge mit Maximalgeschwindigkeiten als art-spezifische Besonderheit zu berücksichtigen. Sonst könne das Kollisionsrisiko für eine Zielart, die sich mit *Maximalgeschwindigkeit* auf die Anlage zubewegt, nicht rechtzeitig gemindert werden. Um die Risikominderung sicherzustellen, müsse aber auch der Worst-Case abgedeckt sein. Dies werde durch das Heranziehen der maximalen Fluggeschwindigkeit erreicht.

Die Experten waren schließlich mehrheitlich der Meinung, dass *Extremsituationen* – und hierzu könnten Flüge mit maximaler Geschwindigkeit gezählt werden – vernachlässigt werden dürfen (s. unten).

Vor Ort ermittelte Fluggeschwindigkeit

Die technische Umsetzung einer Fluggeschwindigkeitsmessung in verschiedenen Flugsituationen ist schwierig, zumal wenn das System Geschwindigkeit und Entfernung nicht in Echtzeit misst. Ein Teil der Experten warnte in diesem Zusammenhang auch vor zu großen wissenschaftlichen Ansprüchen und zu großer „Detailschärfe“.

Ein Teilnehmer legte aus fachlicher Perspektive dar, welche Vorteile es bieten könne, für Jagdgebiete und Flugachsen differenzierte Betrachtungen anzustellen. Für diese Bereiche seien unterschiedliche Verhaltensweisen und Fluggeschwindigkeiten anzunehmen. Daraus wären dann unterschiedliche artspezifische Schwellenwerte für Fluggeschwindigkeiten abzuleiten. Eine Differenzierung nach den in ausgewählten Funktionsräumen (Jagdgebiet, Flugkorridor) vorherrschenden Flugverhalten und -geschwindigkeiten kann im Einzelfall sinnvoll sein. Jedoch erlaubt die empirische Datenlage derzeit noch keine Ableitung einer Fluggeschwindigkeit – weder aus der Verhaltensweise noch aus einer räumlichen Funktionsabgrenzung.¹⁴

Ein vereinfachter Ansatz könne darin bestehen, dass in Jagdgebieten der untere Wert des statistisch mittleren Spektrums der artspezifischen Fluggeschwindigkeit, und in Flugkorridoren der obere Wert gewählt wird.

Berücksichtigung von Extremsituationen

Eine Extremsituation (im Sinne von außergewöhnlich) ist auch gegeben, wenn der Vogel – innerhalb des Reaktionsbereichs – auf dem Boden landet und dort läuft. Inwieweit Systeme in der Lage sein müssen, diese Situation zu erfassen und wie ein solches Verhalten bei der Abgrenzung des Reaktionsbereichs berücksichtigt werden sollte, wurde gegenläufig beurteilt:

¹³ Für den Rotmilan sind es nach Bruderer und Boldt (2001) im Mittel 10,1 m/s. Nach Aschwanden (2021, mdl.) wurden am Standort Geislingen im Mittel 8 m/s gemessen. Bei einer Abregelzeit von 35 Sekunden und einer Rotorblattlänge von 70 Metern ergibt sich eine Reaktionsdistanz von 423,5 bzw. 350 Metern.

¹⁴ Möglicherweise könnten vorgeschaltete Raumnutzungsanalysen Informationen über das bevorzugte Verhalten, der Arten liefern und Rückschlüsse auf die jeweils anzunehmende Fluggeschwindigkeit liefern.

- Ein solcher Fall müsse nicht berücksichtigt werden, weil der Vogel in diesem Moment keinem Tötungsrisiko ausgesetzt sei.
- Ein solcher Fall müsse berücksichtigt werden, weil der Vogel vom Boden aus zu einem Flug mit Kollisionsrisiko ansetzen könnte. In der Regel würde er sich bei Flugbeginn dann aber mit unterdurchschnittlicher Geschwindigkeit bewegen. Die Reaktionsdistanz könne dann kürzer sein.

Die Experten waren schließlich mehrheitlich der Meinung, dass *Extremsituationen* – und hierzu könnten auch Flüge mit maximaler Geschwindigkeit gezählt werden – vernachlässigt werden dürfen. Extremsituationen seien per definitionem sehr selten. Bei wahrscheinkeitsbasierten Betrachtungsweisen artspezifischer Verhaltensmuster seien sie vernachlässigbar. Außerdem seien sie Teil des unvermeidbaren Restrisikos.

Pauschale oder dynamische Reaktionsdistanz

In bisherigen Erprobungen wurde jeweils mit einer „festen“, vorab festgelegten Reaktionsdistanz gearbeitet. Es wurde diskutiert, welche Alternativen zur pauschalen Festlegung bestehen, und ob diese im Rahmen von Anforderungen zur sachgerechten Abgrenzung zu berücksichtigen seien. Tabelle 1 fasst die diskutierten Optionen zur Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeit bei der Festlegung des Reaktionsbereichs zusammen und strukturiert sie im Hinblick auf die Frage, welche Vorgehensweise als Mindestanforderung anzusehen ist.

Tabelle 1: Übersicht über die Möglichkeiten der Festlegung des Reaktionsbereichs

| Art der Festlegung | Grundlage | Anforderungsniveau |
|---------------------|---|---|
| Pauschal (normativ) | anhand artspezifischer mittlerer Fluggeschwindigkeit | Mindestanforderung |
| Pauschal (normativ) | anhand der artspezifischen Fluggeschwindigkeit standorttypischer Verhaltensweisen | Erweiterte Mindestanforderung, im Einzelfall zu rechtfertigen |
| Dynamisch | auf Basis der im Annäherungsfall gemessenen Geschwindigkeit | Über Mindestanforderung hinausgehend |

Selbst wenn Systeme die Position und Fluggeschwindigkeit bestimmen können, reicht ein *pauschaler (normierter) Reaktionsbereich* aus, um in der überwiegenden Zahl der Flugereignisse eine rechtzeitige Abschaltung zu gewährleisten. Die Teilnehmer stimmten weitgehend überein, dass diese Hypothese mit fortlaufendem Kenntnisstand zu verifizieren ist.

2.3.3 Zusammenfassende Einordnung zum Faktor Fluggeschwindigkeit

Die Ermittlung der Reaktionsdistanz sollte auf Grundlage der mittleren Fluggeschwindigkeit einer Art erfolgen. Die Werte für die Reaktionsdistanz (oberer und unterer Wert) können an Funktionsbereiche (Jagd, Flugkorridor) angepasst werden.

Mögliches extremes Flugverhalten (Sturzflüge, Flüge mit Maximalgeschwindigkeit) gelten als „Restrisiko“: Diesem kann durch eine Ausdehnung der Reaktionsdistanz oder einen Sicherheitspuffer Rechnung getragen werden.

Ein Teil der Experten warnte vor Forderungen nach großer „Detailschärfe“ und Differenzierung bei der Ermittlung der Fluggeschwindigkeit. Man könne sich „verzetteln“, wenn man alle denkbaren Flugsituationen abdecken wolle. Man sollte keine Genauigkeitsanforderungen stellen oder Erwartungen aufbauen, die die empirischen Daten dann nicht hergeben würden.

Mit der Festlegung eines *vertikalen Reaktionsbereichs* kann die ereignisbezogene Abschaltung optimiert werden. Die Zahl der Abschaltungen könnte reduziert werden. Für die Anerkennung von Antikollisionssystemen ist dies jedoch keine zwingende Voraussetzung.

2.4 Detektionsleistung

Unter dieser Überschrift werden Systemleistungen subsumiert, die von der technischen Ausstattung und von der am Standort erreichbaren Abdeckungsrate abhängig sind. Sie müssen artspezifisch durch Erprobung im Abgleich mit einem Kontroll- oder Validierungssystem ermittelt werden. Die Ausführungen der Teilnehmenden der Workshopreihe bezogen sich in erster Linie auf Kamerasysteme.

2.4.1 Erfassungsrates

Die Erfassungsrates beschreibt, in wie vielen Fällen, in denen sich eine Zielart im Erfassungsbereich aufhält, auch „erfasst“ wurde. Die Erfassungsrates wird zum einen davon beeinflusst, wie leistungsfähig und zuverlässig die technische Ausstattung des Systems ist. Hierbei ist die Erfassungsratesweite (s. Kap. 2.2.1) zentral. Zum anderen kommt es auf die Umstände des Einzelfalls an. Darunter fallen die Abdeckungsrate am Standort (s. Kap. 2.6) sowie weitere möglicherweise einschränkende Detektionsbedingungen (Vegetationsdecke, Relief, Witterungs- und Lichtverhältnisse).

Die Vorschläge, die im Expertenkreis diskutiert wurden, lagen mit Angaben von 60 bis 95 Prozent Erfassungsrates weit auseinander.

Ein Teilnehmer argumentierte, dass eine niedrige Erfassungsrates (von z. B. 60 Prozent) ausreiche. Er hielt es nicht für gerechtfertigt, nur weil die Leistungsfähigkeit quantifizierbar sei, höhere Anforderungen an die einzelnen Leistungskennwerte zu stellen.

Andere argumentierten, dass Faktoren wie die zeitliche und räumliche Abdeckungsrate die Wirksamkeit von Antikollisionssystemen herabsetzten. Aus diesem Grund sollte die Erfassungsrates als erstes Glied in der Reaktionskette nicht zu niedrig angesetzt werden.

Je höher die Erfassungsrates, desto eher ist sichergestellt, dass ein ausreichendes Schutzniveau für die Art erreicht wird. Darauf käme es nach Auffassung eines Experten letztlich bei der Wirksamkeitsbeurteilung an. Die Erfassung ist Voraussetzung dafür, dass die Abschaltung das signifikant erhöhte Tötungsrisiko zuverlässig und wirksam mindert. Eine Erfassungsrates von 75 Prozent im Überwachungsbereich könne eine Untergrenze bilden. Mit deren Erfüllung sei man nach Auffassung einzelner Fachvertreter aber „noch nicht auf der sicheren Seite“. So könnten bei einer geringen Distanz von WEA und Brutstandort, oder wenn es um seltene kollisionsgefährdete Arten, z.B. Schreiadler, gehe, höhere Erfassungsrates (von bis zu 90 Prozent) erforderlich werden, um das erforderliche Schutzniveau zu erreichen.

2.4.2 Arterkennung

Je besser ein Detektionssystem nicht nur Zielobjekte erfassen, sondern auch differenzieren kann, desto zielgerichteter kann eine Reaktion – in diesem Fall eine Abschaltung – erfolgen.¹⁵ Die Zahl der Abschaltvorgänge kann durch eine artspezifische Differenzierung, ob es sich um die Zielart handelt oder nicht, reduziert werden. Dies liegt im Interesse der Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Verfügt ein System über eine nachweislich zuverlässige Arterkennung, hätte es gegenüber solchen ohne Arterkennung einen Marktvorteil.

¹⁵ Im Rahmen der Workshopreihe und der Diskussionsforen standen Kamerasysteme im Vordergrund. Nach Angaben der Entwickler eines Radarsystems (BirdScan) soll dieses nicht nur Größenklassen, sondern anhand der Flügelschlagfrequenz der Zielobjekte diese auch auf Artebene unterscheiden können.

Eine Identifizierung auf Artebene ist für die fachliche Eignung und die Wirksamkeit („rechtzeitige Reaktion“) aber keine zwingende Voraussetzung. Würde auch für Nicht-Zielarten abgeschaltet, wäre dies genehmigungsrechtlich unkritisch. Wohl aber wären dann höhere Ertragsverluste möglich.

Es besteht jedoch ein Wirksamkeitsproblem, wenn die Arterkennung fehlerhaft ist und eine zu erkennende Zielart nicht erkannt würde. Dann würde ggf. eine erforderliche Abschaltung unterbleiben und ggf. gegen das Tötungsverbot verstoßen werden. Insofern müssten die Systeme, die mit einem artspezifischen und somit selektiven Abschaltregime arbeiten, eine hohe Zuverlässigkeit bei der Arterkennung erreichen.

Wenn eine zielartenabhängige Abschaltung angewendet werden soll, ist es für deren Wirksamkeitsnachweis von zentraler Bedeutung, dass das System im Rahmen der Erprobung eine geringe Falsch-Negativ Rate nachweisen kann. Dieses gelingt nur unter Einsatz eines Zweitsystems. Je selektiver die Erkennung auf Artebene ist, desto höher sollten die Anforderungen an die Erfolgsrate der Arterkennung (Erkennungsrate) sein. Auch hier ist es – wie bei der Erfassungsrates – wichtig anzugeben, für welche Entfernung die Erkennungsrate gilt.

Im Rahmen der Expertenworkshops berichtete ein Teilnehmer von den vorläufigen Erprobungsergebnissen des kamerabasierten AKS „IdentiFlight“. Dort könnten hohe Erfassungs- und Erkennungsrate für den Rotmilan ermittelt werden (vgl. auch Reichenbach 2020b, mdl.). Die Ergebnisse warfen die Frage auf, ob diese Werte nun als Mindestanforderungen bzw. Orientierungswerte zu verstehen seien. Dies sei ausschlaggebend dafür, ob Systeme mit geringeren Erfassungs- und Erkennungsrate überhaupt Marktchancen hätten.

Die Autorinnen sind der Auffassung, dass die Frage nach den Marktchancen von der nach der fachlichen Eignung und Wirksamkeitswahrscheinlichkeit zu trennen ist.

2.4.3 Diskussion und zusammenfassende Einordnung

Mindestanforderungen an Erfassungsrate und Erkennungsrate

Erfassungsreichweite sowie Erfassungs- und Erkennungsrate bilden wichtige Leistungskennwerte. Angaben zur Erfassungs- und Erkennungsrate sind immer nur in Verbindung mit einer Reichweite aussagekräftig.

Die Erfolgsrate der artspezifischen Erfassung sollte im Überwachungsbereich – also auch über den Reaktionsbereich hinaus – mindestens 75 Prozent betragen. Liegt die Erfolgsrate unter 75 Prozent, kann in Anbetracht möglicher anderer Fehlerquellen und Sichteinschränkungen nicht sichergestellt werden, dass ein ausreichendes Gesamt-Schutzniveau erreicht wird. Die Erfolgsrate sollte im Reaktionsbereich – bzw. an dessen äußerer Grenze – 75 Prozent deutlich überschreiten und idealerweise als Orientierungswert bei mindestens 90 Prozent liegen. Ob und welche Fehlertoleranz bei der Erkennung eingeräumt werden kann, unterliegt der gutachtlichen Beurteilung im Einzelfall.

Für die artspezifische Erkennung liegen erste Ergebnisse aus Erprobungsvorhaben vor. Diese liegen durchschnittlich bei über 90 Prozent (Reichenbach 202, mdl.). Zentral für die Festlegung von Mindestanforderungen ist auch hier, dass das Schutzniveau für die betroffene Zielart nicht unterschritten wird. Eine „unsichere“ Arterkennung darf nicht zu Lasten des Schutzniveaus gehen.

Denkbar ist eine Differenzierung der Anforderungen nach Erfassungsbereich und Reaktionsbereich. Im (größeren) Erfassungsbereich könnte ein Orientierungswert von 75 Prozent Erfolgsrate der Arterkennung angenommen werden. Je näher man der äußeren Grenze des Reaktionsbereichs käme (z. B. 500 Meter), desto höher müsse die Erfolgsquote liegen (≥ 90 Prozent).

Über diese Werte konnte jedoch weder in den Expertenworkshops noch in den Diskussionsforen eine Einigung erzielt werden. Insofern bilden sie hier nur den Diskussionsstand ab, Konkrete Empfehlungen lassen sich auf dieser Grundlage nicht ableiten.

Nachweis der technischen Leistungsfähigkeit und Übertragbarkeit

Reichweite, Erfassungsrate, Erkennungsrate können lediglich durch eine systematische Erprobung nach einheitlichen Kriterien im Feldversuch bestimmt werden. Die Erprobung sollte von unabhängigen Gutachtern durchgeführt und von einer unabhängigen Prüfstelle bestätigt sein. Wichtig ist, dass jedes Modell eines Kamera- bzw. Radarsystem für sich geprüft werden muss. Es kommt auf das Zusammenwirken der Komponenten des jeweiligen Systems an.

Bis zum Abschluss des Workshops lagen noch keine veröffentlichten Ergebnisberichte über in Deutschland durchgeführte Erprobungen vor. Mittlerweile liegt ein Bericht von Aschwanden und Liechi (2020) vor. Im ersten Halbjahr 2021 seien Ergebnisse über die Erprobung einzelner Systeme zu erwarten¹⁶. Die Teilnehmenden waren sich einig, dass weitere Systeme erprobt werden sollten. Um die Entscheidung über die Anwendbarkeit voranzubringen, sollten die Ergebnisse dieser Erprobungen jeweils schnellstmöglich veröffentlicht werden.

Sobald Erprobungsergebnisse vorliegen, sei zu klären, welchen Status diese hätten, und inwieweit sie die Anwender „entlasten“. Welcher Erprobungs- und Untersuchungsaufwand kann von den Projektierern bei Anwendung im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens noch gefordert werden? Es bedürfe hier einer Festlegung, damit der Projektierer absehen kann, wie groß der jeweilige Aufwand für den zusätzlichen einzelfallbezogenen Nachweis der Wirksamkeit ist.

Die Frage, wie viele Erprobungen und Nachweise notwendig sind, damit die Ergebnisse übertragbar sind, wurde kontrovers diskutiert. Von Seiten der Naturschutzvertreterinnen und -vertreter seien jeweils mehrere Studien pro System und Vogelart erforderlich, um übertragbare Leistungskennwerte (Erfassungsrate, Erkennungsrate, Reichweite) zu bekommen. Die Zahl der notwendigen Studien blieb jedoch offen. Strittig war, ob und in wie vielen verschiedenen Landschaftsräumen das jeweilige System geprüft werden müsse. Was könne die Erprobung in verschiedenen Landschaftsräumen an neuen Erkenntnissen über die Leistungsfähigkeit des Systems bringen? Müssten – bei gegebener Systemleistung – die Ausstattung am Standort und ihre Effekte auf die Systemleistung nicht ohnehin im Einzelfall geprüft werden?

Eine Meinung bestand darin, dass wenn ein System unter kontrollierten Bedingungen nachweislich bestimmte Leistungskennwerte erzielt habe, man davon ausgehen könne, dass das System diese auch an anderer Stelle erreichen kann. Die Systemleistung als solche sei damit nachgewiesen. Durch die Wiederholung unter vergleichbaren Einsatzbedingungen ließen sich die ermittelten Leistungskennwerte erhärten. Die Erprobung an mehreren, jeweils anderen Standorten würde den Einfluss des Standortes (Einsehbarkeit, Sicht- bzw. Lichtverhältnisse) verdeutlichen. Wichtig wäre es, die Erprobungsbedingungen und die Kennwerte möglichst zu quantifizieren und „messbar“ zu machen. Dies sei wichtig, um überhaupt eine Vergleichbarkeit herstellen zu können.

Die Erprobung in verschiedenen Landschaftsräumen (unter verschiedenen Einsehbarkeitsbedingungen) würde weniger dem Nachweis der Leistungsfähigkeit, als vielmehr der Abschätzung dienen, wo – im Vergleich zu den „Optimalbedingungen“ mit weitgehend uneingeschränkter Einsehbarkeit (z. B. > 80 Prozent) – die Grenzen des Einsatzes liegen. Hieraus könnten Schlussfolgerungen für den Einsatzbereich von Systemen gezogen werden – nicht aber auf deren technische Leistungsfähigkeit. Im Verlauf der Diskussion wurde deutlich, dass es für die weitere Diskussion zielführend ist, festzuhalten, unter welchen standörtlichen

¹⁶ u.a. Reichenbach und Reers (2021, in Vorbereitung)

Bedingungen (Abdeckungsrate) eine kontrollierte Erprobung erfolgt ist, und welche technischen Leistungsmerkmale unter diesen Bedingungen nachgewiesen werden konnten. Sodann ist zu prüfen, ob vergleichbare Abdeckungsraten am fraglichen Standort ebenfalls – ggf. durch Optimierungsmaßnahmen – erreicht werden können.

Unabhängig von diesen hier aufgeworfenen Fragen würden einzelne Bundesländer ihrerseits bereits Vorhaben planen, in denen einzelne Systeme erprobt werden sollen. Die Systemhersteller fragten sich, ob es sein könne, dass es von der Durchführung einer Erprobung im eigenen Bundesland abhängt, damit ein System dort als geeignete Maßnahmen anerkannt wird. Es wird hier auch das Risiko gesehen, dass die Länder zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen gelangen.

Zertifizierung

Die Diskutanten waren sich darüber einig, dass es hilfreich sei, die Leistungsfähigkeit der Systeme nach einheitlichen Kriterien und Maßstäben zu erproben. Das Vorgehen solle fachwissenschaftlichen Anforderungen genügen. Damit die Ergebnisse eine hohe Belastbarkeit haben, seien unabhängige Dritte in die Durchführung (und Überwachung) der Erprobung einzubeziehen. Wenn die Leistungsfähigkeit der Systeme nicht in jedem Anwendungsfall neu ermittelt und belegt werden soll, wäre eine technische Zertifizierung hilfreich, die den Systemen die Erfüllung bestimmter Leistungskennwerte attestiert.

Für einen solchen Zertifizierungsprozess müssten aber zuvor die Vorgehensweise bei der Erprobung sowie bestimmte Schwellenwerte definiert werden, deren Einhaltung man dann überprüfen könne. Eine technische Zertifizierung könnte nur eine Stelle/Institution vornehmen, die für derartige Aufgaben akkreditiert sei. Offen blieb, welche Stelle diese Aufgabe übernehmen könnte.

Im Anwendungsfall könne es erforderlich werden, dass eine unabhängige Stelle die Übertragbarkeit von Erprobungsergebnissen auf einen neuen Standort prüft und getroffenen Annahmen und Konfigurationen plausibilisiert. Auch hier wurde keine abschließende Empfehlung ausgesprochen, welche Institution in den Ländern oder auf Bundesebene eine solche Rolle übernehmen könnte.

2.5 Zeitgerechte Reaktion

Für die zeitgerechte Reaktion kommt es darauf an, dass sich die Rotordrehung, in der bei der Ermittlung der Reaktionsdistanz angenommenen Zeitspanne auf ein Maß verringert, von dem keine erhöhte Kollisionsgefährdung mehr ausgeht. Die Abregelzeit ist anlagenspezifisch. Getriebe- und getriebe-lose Anlagen können unterschiedlich lange Zeitspannen benötigen. Die systematische Ermittlung von übertragbaren, anlagenspezifischen Abregelzeiten steht noch aus (s. Kap. 6.3). Eine hohe Windgeschwindigkeit und Rotordrehzahl korreliert nicht mit der Länge der Abregelzeit.

Je größer der Rotorradius, desto höher ist die Rotorblattspitzengeschwindigkeit bei gleicher Drehzahl. Die Rotorblattspitzengeschwindigkeit lässt sich aus der Rotorblattlänge und der Drehzahl errechnen. Der Übergang vom „Normalbetrieb“ bis zum Trudelmodus dauert nach Herstellerangaben zwischen 20 und 40 Sekunden. Gemessen wird die Zeit zwischen Abschalt-signal und dem Erreichen des Trudelmodus („Abregelzeit“). Sie kann je nach WEA-Typ und Signalübertragung variieren. Die Dauer bis zum Erreichen des Trudelmodus wurde bisher nur in Einzelfällen (Feldversuch mit Zeitmessung) erfasst.

Trudelmodus

Im Kontext der Wirksamkeitsbeurteilung spielt es eine Rolle, ab wann die Rotordrehzahl bzw. Rotorblattspitzengeschwindigkeit bei Abschaltung so weit reduziert ist, dass von ihr kein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko mehr ausgeht. Dahinter steht die Annahme, dass Vögel Objekte, die sich mit niedriger Geschwindigkeit im Raum bewegen, wahrnehmen und ihnen ausweichen können. Einigkeit bestand darüber, dass der Rotor nicht zum völligen Stillstand kommen muss. Eine Reduzierung der Drehzahl bzw. Blattspitzengeschwindigkeit genügt. Allerdings liegen bisher keine fachwissenschaftlichen Untersuchungen darüber vor, ab welcher Blattspitzengeschwindigkeit das Tötungsrisiko nicht mehr als erhöht gilt.¹⁷ Die Klärung dieser Frage ist allerdings auch nicht Aufgabe dieses Forschungsprojektes.

Aussagen über die zulässige Rotordrehzahl¹⁸ können bis dato nur über einen Analogieschluss getroffen werden. In einem Beschluss geht das Obergerverwaltungsgericht Lüneburg (Beschluss 12ME 188/18 vom 29.04.2019, Rn. 36) davon aus, dass die Kollisionsgefahr im Trudelmodus nicht signifikant erhöht sei. Das Gericht nimmt an, dass „Vögel bewegten Objekten – etwa im Stadtverkehr auf sie zufahrenden Personenkraftwagen – in aller Regel ausweichen“ (ebd.). Im Stadtverkehr ist ein Tempo von 30 bis 50 Kilometer pro Stunde erlaubt. Analog zu diesen Annahmen aus dem Verkehrsbereich wäre eine Blattspitzengeschwindigkeit von 30 bis 50 Kilometer pro Stunde zumindest nicht risikoe erhöhend.

Diskussion und Einordnung

Um eine rechtzeitige Abschaltung gewährleisten zu können, sollte die Abregelzeit weniger als 30 Sekunden betragen. Längere Abregelzeiten können durch größere Reaktionsbereiche ausgeglichen werden.

Einzelne Windenergieanlagenhersteller wiesen darauf hin, dass es heute Anlagen mit sehr großen Rotorradien gebe. Damit könne unter Umständen eine Rotorblattspitzengeschwindigkeit von 30 Kilometern pro Stunde auch im Trudelmodus nicht eingehalten werden. Dies spreche gegen die Festlegung einer solchen Obergrenze.

Im Weiteren wurde diskutiert, dass es sinnvoll sein könnte, eine technische Lösung für eine Drosselung im Betriebsmodus zu entwickeln (s. Kap. 6.3). Man könne eine Drosselung als „gestufte Reaktion“ betrachten. Es müsse nicht jedes Mal zu einem Abschaltvorgang kommen. Eine Drosselung könnte bereits einsetzen, wenn sich die Zielart noch im Erfassungsbereich oder einem definierten „äußeren Reaktionsbereich“ befindet. Erst wenn sie die Reaktionsdistanz unterschreitet, erfolgt das Abschaltsignal für den Trudelmodus. Der Übergang ist dann weniger „hart“. Dadurch ließe sich der Verschleiß reduzieren (Reichenbach et al. 2020, S. 48). Entfernt sich der Vogel vor dem Überschreiten der Reaktionsdistanz wieder von der Anlage, kann die Drosselung aufgehoben werden. Hier stellt sich die Frage, ob es für den Betreiber wirtschaftlich sinnvoller ist, eine (potenziell häufigere) Drosselung oder die „härtere“ aber potenziell seltenere Abschaltung in Kauf zu nehmen.

Bisher ist der Trudelmodus weder über eine maximale Drehzahl noch über die Rotorblattspitzengeschwindigkeit definiert. Insofern ist die Grenze zwischen „Drosselung“ und „Trudelmodus“ unscharf. Um die Kollisionsgefährdung beurteilen zu können, wäre die Angabe der Rotorblattspitzengeschwindigkeit geeignet. Es kam jedoch die Frage auf, wie diese in der Praxis gemessen werden könne. Falls es zu einer Festlegung dazu in der Genehmigung käme, sei

¹⁷ Die Durchführung derartiger Untersuchungen würde einen vergleichenden Untersuchungsansatz unter kontrollierten Bedingungen (Drehzahlen) bedeuten und implizieren, dass man Kollisionsopfer über einen längeren Zeitraum in Kauf nimmt, bis eine aussagekräftige Stichprobenzahl erreicht ist.

¹⁸ Die Blattspitzengeschwindigkeit wird im Beschluss des OVG Lüneburg nicht weiter spezifiziert.

unklar, wie die Einhaltung kontrolliert und bei einer Überschreitung reagiert werden könne. Hier müsse man aus Praktikabilitätsgründen eine pauschale Lösung finden.

Die Frage, was eine „Abschaltung“ bedeutet, wie schnell sich der Rotor im Trudelmodus noch dreht und wie die Einhaltung gewisser Obergrenzen kontrolliert werden kann, stellt sich allerdings nicht allein im Kontext einer AKS-Anwendung.

2.6 Räumliche Abdeckungsrate

Eine möglichst hohe Einsehbarkeit ist Voraussetzung dafür, dass Detektionssysteme eine hohe Erfassungsrate und ggf. Erkennungsrate erreichen und eine rechtzeitige Reaktion auslösen. In vollständig einsehbaren Räumen dürfte die Detektionsleistung nur durch die technische Systemausstattung eingeschränkt sein. In der Realität wird aber immer mit Einschränkungen der Einsehbarkeit zu rechnen sein. Durch eine Erprobung an unterschiedlichen Standorten und unterschiedlich gut einsehbaren Landschaftsräumen kann man sich an hinsichtlich der Einsehbarkeit kritische Einsatzbedingungen herantasten.

Auch wenn das System bereits an verschiedenen Standorten erprobt wurde und einschlägige Angaben zur Erfassung- und Erkennungsrate vorliegen, ist zu überprüfen, ob diese bei der am fraglichen Standort möglichen Abdeckung auch erreicht werden können. Eine GIS-gestützte Analyse der Abdeckungsrate wird also immer erforderlich sein. Sodann ist zu prüfen, inwieweit die Einschränkungen durch die Positionierung des Detektionssystems im Gelände (z. B. zur Vermeidung von Verschattungswirkungen der WEA selbst) verringert werden können.

In topographisch bewegten, bewaldeten Gebieten dürfte die Einsehbarkeit eingeschränkt sein. Es kann erforderlich werden, das System auf einem Turm zu platzieren, um eine ausreichende Einsehbarkeit zu gewährleisten.

Wenn Bereiche von den Sichteinschränkungen betroffen sind, ist zu klären, ob diese einen Aktivitätsschwerpunkt der Zielart darstellen. Sichteinschränkungen außerhalb des Haupt-Jagdgebiets oder eines Flugkorridors bzw. der Hauptanflugrichtung dürften eher hinnehmbar sein als innerhalb dieser Bereiche.

Im Hinblick auf hinnehmbare Einschränkungen käme es darauf an, ob die Einschränkung der Einsehbarkeit durch große bzw. lange Sichthindernisse verursacht würde oder durch mehrere dispers verteilte kleine. Hinter langen Baumreihen könne die Zielart für mehrere Sekunden verschwinden, bevor sie plötzlich in größerer Nähe wiederauftaucht. Zwischen kleinen Hindernissen wäre die Zielart hingegen immer mal wieder zu sehen und könne so besser verfolgt werden. Außerdem komme es darauf an, wie die Sichthindernisse im Reaktionsraum liegen – ob quer oder senkrecht zur Anflugrichtung.

Diskussion und Einordnung

Eine ausreichende Einsehbarkeit am fraglichen Standort ist unerlässlich. Die ermittelte Abdeckungsrate lässt sich als Prozentwert ausdrücken. Allerdings sei die Zahl allein nicht aussagekräftig. Man müsse auch qualitative Aspekte (Größe der Sichthindernisse, Lage im Raum) und die Verteilung der Flugaktivität in die Beurteilung einbeziehen.

Letztendlich sei eine Untergrenze festzulegen, die so bemessen sein muss, dass eine ausreichende Erfassungsrate überhaupt möglich und plausibel ist. Eine solche Untergrenze könne bei 75 Prozent Raumabdeckung im Erfassungsbereich liegen. Bezieht sich die Abdeckungsrate auf den Reaktionsbereich, sollte sie noch höher sein. Es sei aber eine gutachtliche Einschätzung, ob die Abdeckungsrate ausreiche, und ob Einschränkungen dadurch kompensiert werden könnten, dass an anderen Stellen „geschraubt“ werde (z. B. Wahl einer größeren Reaktionsdistanz).

2.7 Anforderungen an die Gesamtwirksamkeit

Die Gesamtwirksamkeit lässt sich nach überwiegender Auffassung der Experten nicht „berechnen“. So sollten die einzelnen Erfolgsraten oder Erfüllungsgrade (Erfassungsrates, Rate der räumlichen Abdeckung usw.) nicht aufaddiert oder multipliziert werden. Zum einen sind die Parameter nicht überschneidungsfrei. Zum anderen verstärken sich rechnerisch ermittelte Fehlerraten durch Kumulation in einer Weise, die nicht mehr der tatsächlichen Situation am Standort entspricht. Alternativ zum numerischen Ansatz könnte die Gesamtwirksamkeit verbal-argumentativ bewertet werden. Dazu wird geprüft, ob der Erfüllungsgrad der einzelnen Systemparameter in Hinblick auf die Bedingungen am Vorhabenstandort ausreichend ist (s. Checkliste im Anhang 7.2).

2.7.1 Einhaltung des Schutzniveaus

Lebensräume gefährdeter Tierarten sind „von Menschenhand gestaltete Naturräume, die aufgrund ihrer Nutzung durch den Menschen ein spezifisches Grundrisiko bergen“ (BVerwG Urteil 9 A9.15 vom 28.04.2016, Rn. 141). Ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko kann nur entstehen, wenn zum Beispiel durch den Betrieb einer WEA „besondere Umstände hinzutreten“ (ebd.). Das Schutzniveau des AKS muss ausreichend sein, um das signifikant erhöhte Tötungsrisiko am Standort unter die Signifikanzschwelle zu senken. Ein „Nullrisiko“ für die geschützte Art ist nicht zu fordern (ebd.). Ein gewisses Maß an ungeschützter Flugaktivität am Standort ist zulässig. Um eine Aussage über die Wirkungswahrscheinlichkeit von AKS treffen zu können, muss das anzustrebende Schutzniveau bekannt sein.

2.7.2 Ansatz zur Bestimmung des anzustrebenden Schutzniveaus

Reichenbach (2020b, mdl.) hat einen Ansatz zur Bestimmung des anzustrebenden Schutzniveaus entwickelt, der sich an den Länderleitfäden zu Windenergie und Artenschutz orientiert. Gemäß Leitfaden zur Rotmilan-Raumnutzungsanalyse bei der Genehmigung für Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz gelten Flächen mit einer Nutzungshäufigkeit unter 20 Prozent als konfliktarm. Für Flächen mit einer Rotmilan-Aufenthaltsrate größer/gleich 30 Prozent wird ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko angenommen (Isselbacher et al. 2018, S. 18). 20 bis 30 Prozent der Flugaktivität dürfen ungeschützt bleiben, wenn es eine Horstschutzzone von 500 Metern gibt. Umgekehrt müssen 70 bis 80 Prozent der Flugaktivität geschützt werden. Gemäß LAG VSW (2020, S. 23 f.) wird ab 75 Prozent der Flugereignisse von einer deutlich erhöhten Flugaktivität ausgegangen, bei der artenschutzrechtliche Konflikte nicht ausgeschlossen werden können. Analog zu diesen Bewertungsrahmen könnte auch für AKS ein Anteil geschützter Flugaktivität bzw. ein Schutzniveau von 75 Prozent angestrebt werden (Reichenbach 2020b, mdl.). Das zu erreichende Schutzniveau muss sich jedoch auf die Signifikanzschwelle des jeweiligen Bundeslandes beziehen. Vor diesem Hintergrund ist es fraglich, ob allgemeingültige Orientierungswerte formuliert werden können.

3 Einsatzbereiche und Zielarten

In der Expertenrunde herrschte weitgehender Konsens darüber, dass AKS nur dann eingesetzt werden können, wenn ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko nachgewiesen ist, zu dessen Minderung beispielsweise pauschale Tagabschaltungen über einen längeren Zeitraum in der Brut- und Fortpflanzungszeit erforderlich wären, um das Tötungsrisiko unter die Signifikanzschwelle zu senken.

In diesen Fällen könnten AKS dazu beitragen, Abschaltzeiten zu reduzieren und einen wirtschaftlichen Betrieb der WEA zu ermöglichen. Die ereignisbezogene Abschaltung kann vor allem dann einen Vorteil bieten, wenn damit zu rechnen ist, dass die Zielart das Gebiet nur

selten frequentiert oder die Flugaktivität pro Tag nur sehr kurz ist (Überflüge zum Nahrungsgebiet).

Aber auch in Fällen, in denen eine erhöhte Flugaktivität vorliegt, können temporäre automatische Abschaltungen noch Vorteile gegenüber einer Tagesabschaltung bringen (Reichenbach et al. 2020).

Die Experten waren sich darüber einig, dass man AKS nur bis zu einer bestimmten „Mindestabstandsgrenze zu Brutplätzen einsetzen kann. Nach wie vor müsse es einen nicht unterschreitbaren „Freihaltebereich“ um die WEA geben. Dieser Freihaltebereich müsse mindestens den Reaktionsbereich (s. Kapitel 2.3) plus einen Puffer umfassen. In Anlehnung an Sprötge et al. (2018) wurde für den Rotmilan ein Abstand von 500 Metern genannt.

Generell dürfte die Einsehbarkeit bzw. die notwendige Standortabdeckung dem Einsatz von Detektionssystemen Grenzen setzen. Je kleinteiliger der Landschaftsraum, je höher der Anteil an sichtverschattenden Elementen, desto schwieriger wird der Nachweis sein, dass ein AKS eine ausreichende Vermeidungswirkung haben kann.

Hingegen wäre ein AKS-Einsatz im Falle der nachträglichen Ansiedlung einer kollisionsgefährdeten Art im Regelbereich einer Anlage denkbar. Die zuständige Behörde muss entscheiden, ob sie daraufhin eine nachträgliche Änderung der Genehmigungsaufgaben veranlasst. Ein AKS kann das Eintreten des Verbotstatbestandes verhindern und den Weiterbetrieb der Anlage ermöglichen.

Ein bevorzugter Einsatzbereich für AKS könnten Standorte mit schwer zu prognostizierenden Kollisionsrisiken sein. In Fällen, in denen die fragliche Zielart zwar nur eine geringe, zeitlich eingrenzbar Flugaktivität hat, zugleich aber ein hohes Schutzniveau einzuhalten ist, können AKS eine effiziente Alternative zu einer pauschalen Abschaltung sein. Dies gilt z. B. für Zielarten wie den Seeadler, deren Aktivität und Flugverhalten gut bekannt und weitgehend vorhersehbar ist. Die Abschaltung kann hier durch AKS auf das notwendige Maß begrenzt werden.

In einigen Bundesländern ist die Umsetzung *bewirtschaftungsabhängiger Abschaltungen* in einem bestimmten Umkreis um die WEA etwa auf Grund der Besitzverhältnisse und Kleinteiligkeit der Flurstücke bzw. der Bewirtschaftungsstruktur erschwert. Für die Betreiber ist es mit erheblichem Aufwand verbunden – zum Teil auch nicht möglich –, der Behörde alle benötigten Vereinbarungen zur Anzeige der Bewirtschaftung vorzulegen. Für die Behörde ist es mit hohem Aufwand verbunden, zu kontrollieren, ob die bewirtschaftungsabhängige Abschaltung eingehalten wird. Eine automatisierte Erfassung von Beginn und Ende von Bewirtschaftungsmaßnahmen in Verbindung mit einer Abschaltung könnte den Melde- und Kontrollaufwand für alle Seiten deutlich verringern. Ob man AKS in diesem Fall einsetzen kann, wird auch davon abhängen, ob eine solche Erfassung aus datenschutzrechtlichen Gründen zulässig ist. Diese Frage ist noch zu klären.

Diskussion und Einordnung

Der Austausch über die Einsatzbereiche ermöglichte es, sich Vorteile und Grenzen der Anwendung vor Augen zu führen. Er diente auch dazu, sich über das „Konfliktlösungspotenzial“ von AKS zu verständigen. Die bisher vorliegenden ermutigenden Erprobungsergebnisse wurden an Standorten mit hoher Abdeckungsrate erzielt. Es bleibt zu klären, ob AKS auch in weniger offenen, kleinteiligen Landschaftsräumen erfolgreich eingesetzt werden können.

Wie in Kap. 4.1 dargestellt, ist es der Projektierer, der die Entscheidung über den Einsatz eines AKS trifft. Dieser wird seine Entscheidung davon abhängig machen, ob sich aus der Anwendung wirtschaftliche Vorteile gegenüber einer Langfrist-Abschaltung ergeben. Für Projektierer und Behörden wäre es von Vorteil, wenn die fachliche Eignung im jeweiligen Bundesland anerkannt und die Anwendungsvoraussetzungen für AKS konkretisiert wären.

4 Genehmigungrechtliche Handhabung, Vollzug und Kontrolle

Die Workshopreihe hat eine Reihe von Fragen aufgegriffen, die sich im behördlichen Vollzug stellen könnten, wenn AKS zur Anwendung kämen. Neben der Entscheidungsbefugnis über die Wahl der Maßnahme (s. Kap. 4.1) ging es auch um die Form der Festlegungen als Nebenbestimmung der Genehmigung (s. Kap. 4.2). Darüber hinaus ging es um Fragen der Absicherung von Störfällen, der Durchführung eines Monitorings und Anforderungen an Dokumentation und Kontrolle (s. Kap. 4.3 und 4.4).

4.1 Entscheidung über den Einsatz von AKS

Im Vorfeld des FuE-Projekts hatten Betreiber die Befürchtung geäußert, dass – falls sie sich als wirksam erweisen würden – AKS zum Standard erhoben werden könnten. Naturschutzbehörden könnten sie regelmäßig fordern – auch um ganz grundsätzlich den Kollisionsschutz an WEA zu verbessern. Behörden hingegen äußerten die Befürchtung, von Projektierern mit dem Einsatz von AKS überrumpelt zu werden.

Vor diesem Hintergrund wurde die Frage diskutiert, wer über den Einsatz der Systeme entscheidet, unter welchen formellen Voraussetzungen ein Einsatz gerechtfertigt ist, und wie über diese Frage Einigkeit hergestellt werden kann.

Diskussion

Aus formeller Sicht (Immissionsschutzbehörde) ist unstrittig, dass der *Antragsteller* entscheidet, mit welchen Maßnahmen er das Eintreten eines Verbotstatbestands vermeiden will. Die Behörde könne nach derzeitiger Rechts- und Leitfadenslage nicht „bestimmen“, welche Maßnahme zu wählen ist. Vielmehr gehe es darum, dass die Signifikanz durch die gewählte(n) Maßnahme(n) mit hoher Wahrscheinlichkeit so weit gesenkt wird, dass kein Verbotstatbestand vorliegt. Der Projektierer werde sich sinnvollerweise mit der Behörde darüber abstimmen, welche Maßnahmen für das Erreichen der Genehmigungsfähigkeit erforderlich und fachlich angemessen sind. Solange bestimmte Maßnahmen nicht verbindlich vorgegeben sind, ist die Maßnahmenwahl jeweils eine Einzelfallentscheidung.

Aus Sicht der Immissionsschutzbehörde müsse eine Maßnahme in erster Linie „erforderlich“ sein – dies sei der Prüfmaßstab. Die Erforderlichkeit ist von der Genehmigungsbehörde zu begründen. Aus immissionsschutzrechtlicher Sicht sei die Erforderlichkeit gegeben, wenn die Maßnahme notwendig ist, um die Voraussetzungen für die Erteilung einer Genehmigung herbeizuführen. Kann der genehmigungsrechtlich gebotene Zustand auch ohne die fragliche Maßnahme bzw. auf anderem Wege – möglicherweise mit einem „milderen Mittel“ – erreicht werden, ist sie nicht „erforderlich“.¹⁹

Antikollisionssysteme seien eine besondere Form einer Abschaltmaßnahme. Die Beurteilung der Erforderlichkeit einer Maßnahme erstreckte sich auf die Verringerung der vom Anlagenbetrieb ausgehenden Risiken, nicht aber auf das „Wie“. Es müsse also dem Antragsteller überlassen bleiben, ob eine pauschale oder eine ereignisbezogene Abschaltung mittels Antikollisionssystem zum Tragen kommen solle.

Einige Teilnehmende des Diskussionsforums wünschten sich eine Klarstellung, in welchen Fällen ein AKS eingesetzt und als erforderlich angesehen werden sollten. Folgende Aspekte wurden genannt:

¹⁹ Ob eine Maßnahme immissionsschutzrechtlich geboten sei, oder ob sie vielmehr in erster Linie fachlich „wünschenswert“ sei, werde laut der Aussage einer Teilnehmenden nicht immer in der notwendigen Weise auseinandergelassen.

- Es sollten Fälle sein, in denen ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko tatsächlich nachgewiesen ist. Allein das Unterschreiten eines Regelabstandes oder die Lage des geplanten WEA-Standorts in einem Prüfbereich reichten nicht aus, um die Erforderlichkeit von AKS zu begründen. Es müsse im Einzelfall nachgewiesen werden, dass ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vorliegt. Zur Senkung der Signifikanz müssten Abschaltungen erforderlich sein. Antikollisionssysteme können in diesen Fällen als Alternative zu langfristigen Abschaltzeiten (phänologiebedingt, über mehrere Monate) beauftragt werden.
- Bestimmte Abstände zwischen Brutplatz und WEA sollen aber auch durch AKS nicht unterschritten werden können. Welche Abstände dies sind, ergibt sich aus der mindestens erforderlichen artspezifischen Reaktionsdistanz (s. Kap. 2.3.1) plus einem Puffer.
- Mit dem Einsatz von AKS solle ein effizienter und wirtschaftlicher Betrieb möglich sein.

Einordnung

In der Expertengruppe bestand Übereinstimmung, dass Antikollisionssysteme nicht gerechtfertigt seien, um ein *allgemeines* Tötungsrisiko zu senken. Auch sei es nicht gerechtfertigt, AKS präventiv einzusetzen. Die Klarstellung, dass der Antragsteller über die Maßnahmenart und damit über den Einsatz eines Antikollisionssystems entscheidet, wird von den Projektierern begrüßt. Überdies sei es aus Sicht der Behörden wichtig, dass bestimmte Mindeststandards als Voraussetzung für eine zuverlässige Wirksamkeit bei der Anwendung von AKS eingehalten werden.

Aus Sicht der Behörden ist eine fachliche Vor-Abstimmung über die anzuwendende Maßnahme sinnvoll. Es ist also nicht auszuschließen, dass die Behörde auf eine Anwendung hinwirkt, wenn sie AKS für die wirksamste Lösung hält. Aus Sicht der Teilnehmenden wäre es hilfreich, Kriterien zur Erforderlichkeit auch normativ festzulegen.

4.2 Nebenbestimmungen

Dem dritten Expertenworkshop stellte das Projektteam einen Input zu rechtlichen Fragen der Genehmigung voran. Im Einzelnen ging es um die Erläuterung von rechtlichen Grundlagen der Auflagenerteilung. Sie umfassten den Regelungsgegenstand, die Regelungsart und die Regelung im Genehmigungsbescheid.

Diese Informationen erschienen sinnvoll, um eine rechtssichere Beauftragung zu unterstützen, und mögliche offene Fragen zu antizipieren.

4.2.1 Form der Nebenbestimmung

Welche Form der Nebenbestimmung – ob Auflage, Bedingung oder Auflagenvorbehalt – für Verminderungsmaßnahmen zu wählen ist, ist nicht festgelegt. Einige Länder präferieren Auflagen, andere Bedingungen. Dabei gelte es, jeweils das Ziel, die rechtliche Reichweite und die Vor- und Nachteile der Handhabung (Möglichkeit bzw. Aufwand bei Auflösung, Änderung) zu bedenken.

Der Expertenkreis sprach keine Empfehlung aus, ob bei Antikollisionssystemen eher eine Auflage oder eine Bedingung zu bevorzugen sei. Dies zu entscheiden, sei Sache der Behörde. Der Auflagenvorbehalt hingegen werde vielfach als Mittel der Auflagensteuerung überschätzt. Er sei nur für bestimmte Fallkonstellationen gedacht und eigne sich nur begrenzt zur Anpassung/Korrektur und „Nachsteuerung“ von Maßnahmen. Wird der Auflagenvorbehalt

„regelmäßig“ (nicht nur in spezifischen, begründeten Fällen) oder „zu weitreichend“ eingesetzt, kann er die Rechtssicherheit der Genehmigung gefährden.

Diskussion und Einordnung

Offene Fragen dazu, wie Nebenbestimmungen rechtssicher formuliert werden können, stünden nicht im Zusammenhang mit der Maßnahme „Antikollisionssysteme“. Die Behördenvertreter sahen daher keinen Anlass, Fragen der rechtssicheren Festlegung von Nebenbestimmungen in dieser Workshopreihe weiter zu diskutieren.

4.2.2 Rückfall auf Tagabschaltung

Beim Einsatz von AKS lassen sich unvorhersehbare Fehlerquellen (technische Störung/technischer Ausfall, witterungsbedingte Funktionseinschränkungen) minimieren, aber nicht ausschließen. Für den Fall, dass Fehler auftreten, die zum Ausfall des Systems führen, sollen „Rückfalloptionen“ in die Nebenbestimmungen aufgenommen werden. Sie sollten vorsehen, dass bei Systemausfall oder Funktionseinschränkungen ersatzweise eine pauschale Abschaltregelung einsetzt, bis der Ausfall oder die Fehlfunktion behoben ist.

Diskussion und Einordnung

Voraussetzung dafür, dass eine derartige Rückfallregelung bestimmungsgemäß greift, ist, dass der Übergang in die pauschale Tagabschaltung automatisiert und mit hoher Zuverlässigkeit erfolgt. Die Behörde muss ggf. im Nachhinein informiert werden.

Für einen automatisierten „Rückfall auf Tagabschaltung“ sollte entschieden sein, ob der Rückfall unmittelbar bei Feststellung des Systemausfalls erfolgt, oder ob eine gewisse zeitliche Toleranz eingeräumt wird.

Sofern der Übergang in die pauschale Tagesabschaltung jeweils ein aktives „Freischalten“ der Behörde erfordern würde, müsse bedacht werden, dass dann die Toleranzzeiten nicht zu kleinteilig sein dürfen. Bei Abschaltung infolge der Unterbrechung durch Stromausfall sollte die Möglichkeit bestehen, die Anlage wieder hochzufahren, bevor eine pauschale Tagesabschaltung wirksam wird. Dies würde für eine Toleranz von mindestens 30 Minuten sprechen, bevor eine Dauerabschaltung ausgelöst wird, die dann behördlicherseits wieder aufgehoben werden muss. Auf Grundlage der Diskussion zeichnen sich zwei Fallkonstellationen ab, die sich noch einmal dadurch unterscheiden, ob sich die Behörde ein Freigabeerfordernis vorbehalten hat, bevor die WEA wieder anfährt, oder nicht (s. Abbildung 3).

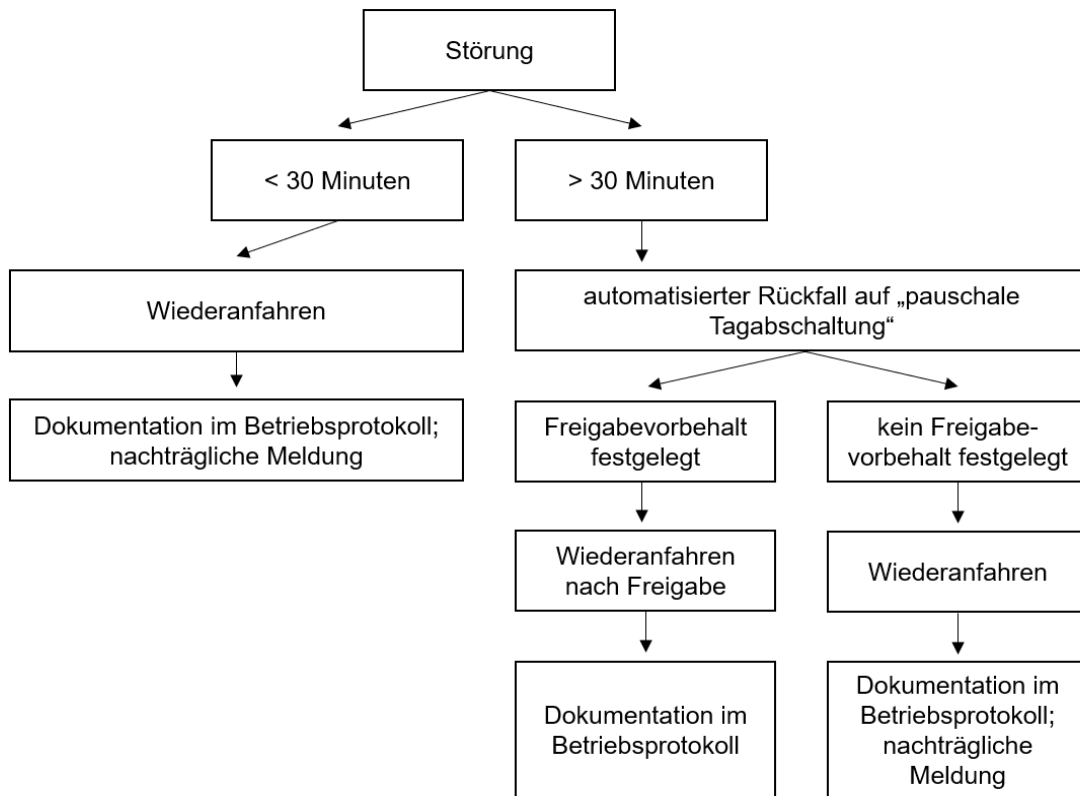


Abbildung 3: Mögliche Festlegungen bei Störungen der Systemfunktionalität

Wie die Festlegungen zur Absicherung von Systemausfällen formuliert werden, damit sie vollzugstauglich sind und der Mehraufwand in Grenzen bleibt, ist der Genehmigungsbehörde überlassen. Gleiches gilt für die Frage, ob eine Freigabe für erforderlich gehalten wird.

4.3 Betriebsbegleitendes Monitoring

Ein Monitoring kann behördlicherseits nicht veranlasst werden, um (nachträglich) genehmigungsrechtlich relevante Tatbestände zu ermitteln bzw. die Sachverhaltsermittlung zu vervollständigen. Allerdings kann ein betriebsbegleitendes Monitoring vereinbart werden, um Unsicherheiten über den Erfolg (Wirksamkeit) einer Minderungsmaßnahme auszuräumen. Eine rechtliche Verpflichtung für ein derartiges Monitoring besteht nicht. Vielmehr handelt es sich um eine freiwillige Vereinbarung zwischen Behörde und Antragsteller. Sie dient der Nachjustierung von Maßnahmen (z. B. hinsichtlich des Umfangs, der Art und der Zeitpunkte der Durchführung) mit dem Ziel, die für die Genehmigung zugrunde gelegte Maßnahmenwirksamkeit zu erreichen.

Aus der Sicht der Behörden werden technische Systeme, die über Algorithmen gesteuert sind als wenig transparent („Black Box“) empfunden. Je weniger die Funktionsweise und die Algorithmen nachvollzogen werden können, desto höher ist die Unsicherheit, ob die Wirksamkeit am Standort tatsächlich gegeben ist. Hieraus entsteht das Bedürfnis, die Unsicherheiten durch ein begleitendes Monitoring abzusichern.

Diskussion

Die Teilnehmenden am Expertenkreis wie auch in den Diskussionsforen äußerten unterschiedliche Vorstellungen darüber, mit welchem Aufwand und über welche Zeiträume welche Fragestellungen durch ein betriebsbegleitendes Monitoring für ein AKS geklärt werden sollten.

- Nachweis der „zeitgerecht vermiedenen Kollisionen“:
Es sei ein zentrales Anliegen der Behörde, einen Nachweis der zeitgerechten Abschaltung bei Annäherung der Zielart zu erhalten. Es wurde diskutiert, ob hierfür ein gesondertes Monitoring erforderlich sei, oder ob dies nicht auch durch die Auswertung des Videomaterials und der betriebsbegleitenden Abschaltprotokolle im Rahmen der Dokumentation und Vollzugskontrolle (s. Kap. 4.4) geleistet werden kann.
- Überprüfung der Abdeckungsrate:
Im Laufe des Betriebszeitraums sollte überprüft werden, ob sich die Abdeckungsrate verändert. Dies habe Einfluss auf die Erfassungsrate. Es könne Gegenstand des Monitorings sein, die Abdeckungsrate neu zu ermitteln, wenn bauliche Eingriffe im Erfassungsbereich erfolgen oder zu befürchten ist, dass die Einsehbarkeit durch das Wachstum der Vegetation verringert wird. Es wäre dann festzulegen, ob und wie dann „nachgebessert“ werden kann.
- Fortlaufende Überprüfung der Erfassung- und Erkennungsrate:
Wenn sich das Monitoring auf die (fortlaufende) Überprüfung der Erfassungs- und Erkennungsrate ausrichtet, wäre eine hohe Sicherheit über die Wirksamkeit erreicht. Allerdings wäre hierfür ein Untersuchungsdesign wie bei einer Systemerprobung erforderlich (Zweitsystem zur Validierung; Gutachter). Es ist fraglich, ob dieser Aufwand zu rechtfertigen ist. Selbst eine zeitweilige Überprüfung sei (zumal bei einem bereits erprobten System) nur bei großer Unsicherheit über die Wirksamkeit am Standort zu rechtfertigen.

Ein Standortmonitoring der vorkommenden Arten und Individuenzahlen, etwa durch die Auswertung des Videomaterials, würde über ein betriebsbegleitendes Monitoring zur Klärung der Maßnahmenwirksamkeit hinausgehen. Es wäre fraglich, ob ein solches Monitoring zu rechtfertigen ist.

Wenn im Rahmen eines solchen Standortmonitorings festgestellt würde, dass sich das Zielartenspektrum verändert (andere Arten, andere Individuenzahlen), könnte dies Konsequenzen haben. Aus den Erkenntnissen könne Handlungsbedarf für eine nachträgliche Änderung der Genehmigung abgeleitet werden: Sind Zielarten nicht mehr regelmäßig im Überwachungsbereich anzutreffen, könnten Abschaltauflagen aufgehoben oder reduziert werden. Unter Umständen wäre das AKS verzichtbar. Kämen hingegen weitere Arten und/oder Individuen hinzu, könnte dies die Wirksamkeit des Systems²⁰ in Frage stellen.

Ob und in welchen Fällen angesichts neuer Erkenntnisse behördlicherseits eine nachträgliche Änderung der Genehmigung möglich ist, wurde im Rahmen dieses FuE-Vorhabens nicht explizit diskutiert. Aus rechtlicher Sicht erfolgte lediglich der Hinweis, dass die Möglichkeiten der *nachträglichen Änderung* zur Verschärfung von Auflagen begrenzt sind. Die Bestandskraft einer Genehmigung hat nach geltendem Recht einen hohen Stellenwert. Auch ein Teil-Widerruf der Genehmigung, der mit einer Änderung der Nebenbestimmungen einhergeht, ist entschädigungspflichtig. Im Einzelfall könne unter Bezugnahme auf § 3 Abs. 2 BNatSchG (Gefahrenabwehr) eine – temporäre – Änderung in Betracht gezogen werden. Insgesamt seien die Hürden für nachträgliche Änderungen aber hoch.

Einordnung

Im Zuge der Überlegungen zum Ziel und zum Gegenstand eines Monitorings stellte sich heraus, dass ein mit dem Monitoring verfolgtes Erkenntnisinteresse nicht immer klar von den Dokumentationspflichten im Rahmen der Vollzugskontrolle (s. Kap. 4.4) abzugrenzen ist. Im

²⁰ Die Systeme können bis dato nur eine begrenzte Zahl von Vögeln zeitgleich erfassen und verfolgen.

Rahmen der Formulierung von Nebenbestimmungen sollte darauf geachtet werden, dass das Erkenntnisinteresse begründet wird und Überschneidungen vermieden werden.

Der Bedarf für ein Monitoring wurde vor allem bei „unsicherer“ Maßnahmenwirksamkeit gesehen. Hier müsse es Interventionsmöglichkeiten für eine Nachsteuerung geben. Ein Monitoring zur „nachträglichen Überprüfung“ der Leistungskennwerte (Erfassungs- und Erkennungsrate) erfordert einen Untersuchungsaufwand wie bei einer Erprobung (einschließlich Validierung durch Beobachter als „Zweitsystem“). Nur durch ein solches Untersuchungsdesign könnten im Rahmen des Monitorings Unzulänglichkeiten erkannt werden. Ein solcher Aufwand wäre aber (zumal bei Systemen mit validen Erprobungsnachweisen) nur beim Vorliegen besonderer Umstände zu begründen.

Aus Sicht der Autorinnen sollte größter Wert daraufgelegt werden, dass die Nachweise über Leistungskennwerte und Einsatzbedingungen bereits vor der Genehmigung belastbar dargelegt sind. Die Überprüfung der Abdeckungsrate im Überwachungsbereich im Rahmen eines Monitorings könnte dazu beitragen, dass die Voraussetzungen für eine hohe Vermeidungswirksamkeit erhalten bleiben.

4.4 Dokumentation und Kontrolle

Die Behörden müssen prüfen, ob Nebenbestimmungen in einer Genehmigung eingehalten werden. Überprüft die Behörde dies nicht regelmäßig und ahndet eventuelle Verstöße, drohen Nebenbestimmungen zum Papiertiger zu werden. Der Aufwand für die Vollzugskontrolle muss allerdings schon aus Gründen der Praktikabilität überschaubar bleiben.

Die Workshopreihe zielte darauf ab, zu erfragen, welche Anforderungen die Fachbehörden an die Dokumentation stellen. Einige von ihnen haben bereits Erfahrungen mit der Überprüfung von Fledermausabschaltungen gemacht und hierfür Kontroll- und Dokumentationspflichten festgelegt. Einzelne Vertreter der Fachbehörden wurden gebeten, hierzu ein Statement in die Expertengruppe einzuspeisen.

Anforderungen und Einordnung

Grundsätzlich bestehe die Herausforderung, die Informationen auch für die hardware- und softwaretechnisch nicht versierten Behördenmitarbeiter nachvollziehbar und verständlich zu machen. Der Behörde sei mindestens einmal im Jahr ein Kurzbericht durch den Betreiber vorzulegen.

Der Aufbau und die Struktur der Berichte sollte landesweit einheitlich sein (z. B. mit Hilfe einer Mustergliederung). Dieser Bericht solle nicht nur Einzeldaten oder Datentabellen enthalten. Darüber hinaus sei eine gutachtliche Auswertung wünschenswert. Aus diesem solle hervorgehen, ob das System bestimmungsgemäß funktioniert habe, und welche Abschaltungen vorgenommen wurden. Alle Abweichungen und Fehlfunktionen seien aufzulisten. Eine Zusammenfassung, inwieweit die Genehmigungsbestimmungen eingehalten werden konnten, sei hilfreich.

Die Betreiber seien zu verpflichten, alle *Veränderungen an der Systemkonfiguration* zu dokumentieren. Damit soll der Manipulation von Systemeinstellungen vorgebeugt werden.

Aus Sicht der Behörden sei es wünschenswert, dass die Betreiber Rohdaten inkl. Bilddateien vorhalten, auf die die Behörde darüber hinaus für eine stichprobenartige Kontrolle zugreifen kann. Das Land sollte zuvor Regelungen zur Datenbevorratung und zur Zugänglichkeit der Daten für die Behörde mit den Betreibern abgestimmt haben.

Neben diesen allgemeinen Anforderungen solle eine Dokumentation über die genehmigungskonforme Umsetzung der AKS-Maßnahme folgende Angaben enthalten:

Angaben zur Hard- und Software des Systems

- Leistungskennndaten sowie leistungsrelevante Parameter aus der wissenschaftlichen Erprobung (als Maßstab zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit im konkreten Anwendungsfall).
- Informationen zur Zuverlässigkeit und Dauer der Signalübertragung (Kommunikation zwischen Detektion und Betriebssteuerung).
- Systemkonfiguration am Standort und Einstellungsparameter der Software; Wartungsintervalle und Kalibrierungen.

Erfassungsdaten:

- Nachweise der Einzeldetektionen, Position, Zeit der Erfassung, Art-ID.
- Shapefiles zur visuellen Überprüfung der Flugtracks und Reaktionsbereiche.
- Die Erfassungsdaten sollten mit den Betriebsdaten verschnitten werden können.

Angaben zur Einhaltung von Auflagen:

- Detektionsereignisse im Reaktionsbereich und erfolgte Abschaltung (Positiv-Kriterium).
- Detektionsereignisse im Reaktionsbereich und nicht erfolgte Abschaltung (Negativ-Kriterium; Verstoß).

Ausfälle und Störungen der Signalübertragung („Kommunikation“)

- Störungen der Kommunikation zwischen Detektionssystem und Betriebssteuerung der WEA (Signalübertragung).
- Ausfälle – etwa im Rahmen von Wartungsarbeiten.
- Zeitpunkt und Zeitraum der Sendung eines abschaltauslösenden Signals; Reaktion der WEA.

Eine browserbasierte Lösung, hinterlegt mit einer Datenbank und zusätzlichen Auswertetools könnte eine geeignete Möglichkeit zur Kontrolle darstellen und angesichts der Datenmengen dafür sorgen, dass der Kontrollaufwand überschaubar bleibt.

Einige der Diskutierenden sahen angesichts der technischen Möglichkeiten jedoch auch ein gewisses Risiko einer „Überregulierung“. Die Anforderungen sollten mit Augenmaß formuliert werden, damit die Dokumentation nicht am Bedarf und den tatsächlichen Handlungsmöglichkeiten der Behörde vorbeigeht. Je kleinteiliger die Anforderung, desto häufiger müsse die Behörde entscheiden, ob und wie sie reagiert und gegen etwaige Verstöße vorgeht. Sie waren sich allerdings einig, dass Schulungen und das Angebot einer neutralen Beratung für Behörden nicht nur die Anwendung, sondern auch die Kontrollaufgaben erleichtern würden.

5 Technisch-wirtschaftliche Aspekte der automatisierten Abschaltung

Im Rahmen des FuE-Vorhabens wurde ein Unterauftrag zur Abschätzung von Ertragsverlusten aufgrund ereignisbezogener Abschaltung vergeben.

Nachfolgend werden die zentralen Ergebnisse zusammengefasst. Der vollständige Bericht (Reichenbach et al. 2020) ist auf der Internetseite des KNE veröffentlicht.

5.1 Rotmilan-Flugaktivität

Ausgangspunkt der Berechnungen sind

- Daten zur Rotmilan-Flugaktivität und ereignisbezogenen Abschaltung aus der Erprobung des Kamerasystems „IdentiFlight“ an sechs deutschen Standorten,
- Telemetriedaten zur saisonalen und diurnalen (tageszeitlichen) Verteilung der Flugaktivität von Rotmilanen sowie
- Raumnutzungsanalysen von Rotmilanen von 17 Windparkprojekten mit potenziell 73 WEA-Standorten.

Ziel ist die „Ableitung beispielhafter Szenarien anhand von Brutplatzzahlen und -entfernungen, der Wald-Offenlandverteilung, erwartbarer Flugaktivitäten und resultierenden Abschaltungen mit entsprechenden Ertragseinbußen“ (ebd., S. 7).

Für die Szenarien der Flugaktivität werden nur Flüge im Nahbereich der WEA, d.h. in einem 350-Meter-Radius²¹ um die WEA betrachtet. Es wird angenommen, dass Flüge außerhalb dieses Radius in Hinblick auf das Kollisionsrisiko irrelevant sind. Das durch „IdentiFlight“-Erprobungen bekannte Verhältnis zwischen Flügen im 350-Meter-Radius und Abschaltungen wird auf die Szenariostandorte übertragen.

Die „IdentiFlight“-Daten umfassen jeweils nicht die *gesamte* Brutdauer (Brutdauer 01.03.-30.09.). Um die gesamte Brutdauer abbilden zu können, werden die „IdentiFlight“-Daten anhand von Flugaktivitätsverteilungen über die verschiedenen Brutzeitphasen sowie die Stunden eines Tages aus der Fachliteratur extrapoliert. So kann für jeden „IdentiFlight“-Standort die mittlere Anzahl an Abschaltungen pro Stunde sowie das Verhältnis von Flügen zu Abschaltungen über die gesamte Brutdauer berechnet werden. Tabelle 2 zeigt die erfassten und extrapolierten Flüge und Abschaltungen an allen sechs Standorten. Von den untersuchten Standorten wies Standort F eine sehr hohe Flugaktivität auf.

²¹ Der Radius umfasst „denjenigen Bereich, der von verschiedenen Kamerasystemen überwacht werden kann bzw. überwacht werden muss, um rechtzeitig noch Abschaltensignale auslösen zu können“ (ebd., S. 14). Er geht über die Abschaltedistanz (Rotorradius + 200 m Sicherheitsabstand) hinaus.

Tabelle 2: Daten zu den Rotmilanflügen im Nahbereich (350m Radius) sowie den Abschaltungen an den „IdentiFlight“-Standorten (Reichenbach et al. 2020, S. 33)

| Standort | Erfasst | | Extrapoliert | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------|-------------|
| | Flüge im 350m Radius | Abschaltung | Gesamtbrutdauer | | Pro Tag | |
| | | | Flüge im 350m Radius | Abschaltung | Flüge im 350m Radius | Abschaltung |
| B1 ¹ | 325 | 123 | 967 | 366 | 5,6 | 2,1 |
| B2 | 477 | 180 | 1.419 | 535 | 8,2 | 3,1 |
| C | 1.262 | 392 | 6.022 | 1.829 | 31,4 | 9,4 |
| D | 641 | 344 | 3.246 | 1.741 | 18,7 | 10,0 |
| E | 409 | 193 | 967 | 366 | 5,6 | 2,1 |
| F | 3.903 | 1.775 | 9.776 | 4.937 | 54,7 | 27,4 |
| F Ü40 ² | 2.731 | 975 | 6.866 | 2.457 | 38,5 | 13,7 |
| Durchschnitt³ | 1.385 | 536 | 3.733 | 1.629 | 20,7 | 9,0 |

¹ Standort A steht stellvertretend für einen Vergleichsstandort mit besonders hoher mittlerer Windgeschwindigkeit (Nordseeküste). Dort fand keine „IdentiFlight“-Testreihe statt, weshalb er hier nicht aufgeführt wird.

² In dieser gesonderten Betrachtung des Standort F sind keine Flugbewegungen eingegangen, die dauerhaft unterhalb einer Höhe von 40 Metern NHN stattgefunden haben.

³ Die Mittelwerte für alle Standorte werden ohne die Ergebnisse der gesonderten Betrachtung am Standort F gebildet.

Am Standort FÜ40 (s. Tabelle 2) wird exemplarisch aufgezeigt, wie sich die Anzahl der Abschaltungen reduziert, wenn niedrige Flüge (unterhalb des Rotorbereichs) ausgenommen werden. Die Anzahl der Abschaltungen des Standorts F nimmt um die Hälfte ab, wenn alle Flugbewegungen, die durchgehend unterhalb von 40 Meter über NHN stattfanden, nicht berücksichtigt werden (ebd., S. 14, 32).

Um von der Brutplatzverteilung im Anlagenumfeld Rückschlüsse auf das Ausmaß der Abschaltungen ziehen zu können, werden Raumnutzungsanalysen des Rotmilans ausgewertet. Die Flugaktivität wird in Klassen eingeteilt. Zu den „IdentiFlight“-Standorten selbst liegen keine systematischen Informationen über die Brutplatzsituation vor (ebd., S. 7, 17).

Mithilfe einer Regressionsanalyse kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen den WEA-Standortparametern „Entfernung zum nächstgelegenen Rotmilanhorst“ sowie „Anteil Offenland (bzw. Wald) im 350-Meter-Radius“ und der Flugaktivität des Rotmilans nachgewiesen werden. Die Flugaktivitätsklassen werden verschiedenen Standortverhältnissen zugeordnet, so dass sich drei Szenarien (S08, S20 und S35) ergeben (ebd., S. 39) (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Definition der Flugaktivitätsszenarien (Reichenbach et al. 2020, S. 40)

| Szenario | Flugaktivitätsklasse | Flüge pro Tag | Abschaltungen pro Tag | Definition (Ausprägung der Standortparameter) |
|----------|----------------------|---------------|-----------------------|---|
| S08 | Mittel | 8 | 3,4 | 1 RM-Horst in ca. 1.500 m Entfernung oder Standort in geschlossenem Wald |
| S20 | Hoch | 20 | 8,6 | - Mehrere RM-Horste in ca. 1.500 m Entfernung oder 1 RM-Horst in 500 - 1.000 m Entfernung - Hoher Anteil Offenland |
| S35 | Sehr hoch | 35 | 15,0 | 1 RM-Horst in < 500 m Entfernung Sehr hoher Anteil Offenland |

5.2 Wirtschaftliche Auswirkungen

Anschließend werden die durch die Abschaltungen zu erwartenden wirtschaftlichen Einbußen für die drei Flugaktivitätsszenarien (S08, S20 und S35) und für eine pauschale Abschaltung (01.03. bis 30.09. von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang) berechnet. Dafür werden die Windpotenziale der „IdentiFlight“-Standorte B-F (alle Windzone 2) aus dem Jahr 2019 zugrunde gelegt. Standort B1 und B2 liegen räumlich nah beieinander, es wird daher dasselbe Windpotenzial angenommen. Deswegen wird nachfolgend nur der Standort B aufgeführt. Es wird eine 9-minütige Abschaltdauer angenommen. Sie enthält die Dauer des eigentlichen Abschaltsignals sowie die anlagenspezifische Startzeit. In Anlehnung an die Zuschlagshöhe aus den letzten Ausschreibungsverfahren wird eine Vergütung von 6,14 Cent pro Kilowattstunde angenommen (ebd., S. 29, 41).

Die Verlustszenarien sollen Projektierern ermöglichen, anhand von Offenland- bzw. Waldanteil, Brutplatzsituation und Flugaktivität die Einbußen in der Stromproduktion durch den Einsatz eines AKS abzuschätzen (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Ergebnisse der Auswertungen zu Ertragseinbußen für sechs Standorte und vier Szenarien (Reichenbach et al. 2020, S. 44)

| 2019 Standorte | Nabenhöhe | Vergütung in Euro bei 6,14 ct/kWh | Szenarien und deren Verluste | | | |
|---------------------|-----------|---|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | Pauschal | S08 | S20 | S35 |
| B | 165 | 1.182.124 | 29,4 % | 0,4 % | 1,3 % | 2,4 % |
| C | 165 | 1.152.479 | 28,8 % | 0,4 % | 1,2 % | 2,3 % |
| D | 165 | 977.046 | 27,8 % | 0,4 % | 1,2 % | 2,4 % |
| E | 165 | 1.063.061 | 27,1 % | 0,4 % | 1,2 % | 2,3 % |
| F | 165 | 840.844 | 25,5 % | 0,4 % | 1,1 % | 2,1 % |
| Durchschnitt | | 1.089.405 | 28,6 % | 0,4 % | 1,3 % | 2,3 % |

Die Ertragseinbußen einer pauschalen Abschaltung sind mit durchschnittlich 28,6 Prozent sehr hoch. Erfolgt die Abschaltung auf Basis der ermittelten Flugaktivitäts-Szenarien, also ereignisbezogen, treten deutlich geringere bis sehr geringe (2,3 bis 0,4 Prozent) Ertragseinbußen auf.

Anhand von ausgewählten WEA-Typen wird untersucht, welchen Einfluss die Anlagentechnik auf die prozentuale Stromertragsminderung hat. Es zeigen sich aber keine oder nur marginale Unterschiede in der Ertragsminderung. Der Einfluss der Anlagentechnik kann daher vernachlässigt werden (ebd., S. 45 f.).

Durch ereignisbezogene Abschaltungen verursachte Stopp- und Startvorgänge führen zu einer verstärkten Abnutzung diverser Anlagenkomponenten. Bei Stopp- und Startvorgängen eingesetzte Anlagenkomponenten mit Materialkontakt wie die Pitchverzahnung verschleifen zunehmend. Die resultierenden höheren Instandhaltungskosten können derzeit jedoch noch nicht beziffert werden. Korrosion und Erosion sowie Materialermüdung spielen in diesem Kontext keine Rolle (ebd., S. 48).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Workshopreihe und die Abschlussveranstaltung haben gezeigt, dass weiterhin ein großes Interesse an einem Austausch über die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit, die Anwendungsbedingungen und den Untersuchungsbedarf am Standort zum Nachweis der Vermeidungswirksamkeit von AKS besteht.

Eine Reihe der im „Gemeinsamen Papier“ (BfN, KNE, FA Wind 2020) aufgeworfenen Fragen konnte geklärt bzw. konnten diese in Bezug auf ihre Relevanz für die Frage der Anwendung technischer Systeme in der Praxis besser eingeordnet werden.

Allerdings hat das FuE-Vorhaben auch gezeigt, dass der Formulierung von Mindestanforderungen oder Schwellenwerten für die Vermeidungswirksamkeit von AKS Grenzen gesetzt sind. Es gibt allenfalls erste Erprobungsergebnisse mit Angaben zur Erfassungs- und Erkennungsraten bei bestimmten Reichweiten, an denen man sich orientieren kann. Außerdem mangelt es weiterhin an konkreten Maßstäben für die Signifikanzprüfung und -bewertung und somit an Bezugspunkten für die Ableitung von Anforderungen für die Vermeidungswirksamkeit. Zwar haben Reichenbach et al. (2020) eine plausible Ableitung entwickelt, welcher Anteil der Flüge mindestens erfasst sein sollte, damit – unter Einrechnung zulässiger Restrisiken – ein ausreichendes Schutzniveau erreicht wird. Kriterien und Maßstäbe für die Signifikanzprüfung sollen – unter Berücksichtigung der Maßnahmenwirksamkeit – präzisiert und weiterentwickelt werden (UMK-Beschluss vom 15. Mai 2020). Da die Entwicklung von Anforderungen an die Vermeidungswirksamkeit von Maßnahmen in einem engen Bezug zur Methodik der Signifikanzprüfung stehen, werden die hier genannten Anforderungen ggf. nachzuschärfen sein.

Um den Entwicklungsprozess der Systeme nicht abreißen zu lassen, sollte überlegt werden, wie man das Potenzial der Systeme dennoch nutzbar machen kann. Dazu sollten die Genehmigungsbehörden und die Naturschutzverwaltungen der Länder „Mut“ beweisen und ein „ermöglichendes“, lösungsorientiertes Denken an den Tag legen. Ob sich derartige politische Setzungen als Grundlage von Verwaltungshandeln als tragfähig erweisen würden, kann hier nicht beurteilt werden.

6.1 Mindestanforderungen

Gegenwärtig konnten auf Grundlage der Diskussion im Rahmen dieses FuE-Vorhabens folgende *Mindestanforderungen* benannt werden:

- Die Abdeckungsrate im Erfassungsbereich sollte mindestens 75 Prozent betragen. Dies ist eine Grenze, bei deren Unterschreitung das Erreichen einer ausreichenden Vermeidungswirksamkeit fraglich wird. Eine Abdeckung von mindestens 80 Prozent sollte angestrebt werden. Im Reaktionsbereich muss die Abdeckungsrate bei mindestens 80 Prozent liegen. Für Hauptflugkorridore und andere Schwerpunkte der Flugaktivität, insofern sie vorhanden sind, sollte die Abdeckungsrate bei 90 Prozent liegen.
- Die Erfassungsrate im Bereich der Mindestreichweite (siehe unten) sollte ebenfalls bei mindestens 75 Prozent liegen. Die Anforderungen steigen, je näher der geplante Standort an einem Brutplatz liegt. Bei einem Anlagenstandort im Abstand von 500 bis 1000 Meter vom Brutplatz sollte die Erfassungsrate größer/gleich 90 Prozent sein. Im Reaktionsbereich um die Anlage muss sie ebenfalls größer/gleich 90 Prozent sein.
- Die Arterkennung ermöglicht eine selektive Abschaltung und damit eine Reduktion von Abschaltereignissen. Damit das Tötungsverbot auch bei selektiver Abschaltung zuverlässig eingehalten wird, ist eine hohe Arterkennungsrate (≥ 90 Prozent) erforderlich.

- Die genannten Erfassungs- und Erkennungsraten sollten in einer Reichweite erzielt werden, die über den Reaktionsbereich (plus Puffer) hinausgeht. Als Mindestreichweite wird ein Orientierungswert von 500 Metern empfohlen.
- Um eine rechtzeitige Abschaltung gewährleisten zu können, sollte die Abregelzeit weniger als 30 Sekunden betragen. Längere Abregelzeiten können durch größere Reaktionsbereiche ausgeglichen werden.
- Je besser die einzelnen Anforderungen erfüllt werden, desto sicherer können die Vermeidungswirksamkeit erreicht und das erforderliche Schutzniveau gewährleistet werden. Minderleistungen in einzelnen Bereichen können nur bedingt durch „Übererfüllung“ in anderen Bereichen kompensiert werden.
- Die Beurteilung der Gesamtwirksamkeit am fraglichen Standort für die jeweilige Zielart sollte Ergebnis einer gutachterlichen Zusammenführung der Teilergebnisse sein.
- Eine verminderte Abdeckungsrate kann durch eine hohe Leistungsfähigkeit an anderer Stelle ggf. kompensiert werden. So kann eine sehr hohe sichere Erfassungsrate im Reaktionsbereich und darüber hinaus sowie eine kurze Austrudelzeit dazu beitragen, dass Einschränkungen der Abdeckung nicht zu einer starken Senkung der Systemwirksamkeit führen.

6.2 Erprobung und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Es ist unzweifelhaft, dass Herstellerangaben allein nicht ausreichen, um die Validität von Leistungskennwerten zu belegen. Diese Leistungskennwerte sollten vielmehr durch unabhängige Dritte bestätigt sein. Wenn sie übertragbar sein sollen, ist eine solche Prüfung – etwa im Rahmen einer systematischen Erprobung – unabdingbar, um zu übertragbaren Ergebnissen zu gelangen.

Einigkeit besteht darüber, dass jedes System separat erprobt werden müsse, und die Übertragung von Erprobungsergebnissen eines Systems auf ein anderes nicht zulässig sei. Die Leistungskennzahlen der einzelnen Systeme seien immer in Verbindung mit der Reichweite und der jeweiligen Abdeckungsrate anzugeben.

Des Weiteren lassen sich folgende Empfehlungen zusammenfassen:

- Die Leistungsfähigkeit sollte durch mindestens eine systematische Erprobung pro System nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sollen erkennbar machen, welche räumliche Abdeckung und Sichteinschränkungen vorlagen. Die Ergebnisse sollten öffentlich zugänglich sein.²² Die Validität ist erhöht, wenn die Ergebnisse durch unabhängige Dritte geprüft und/oder peer-reviewed in einer Fachzeitschrift veröffentlicht sind.
- Es besteht seitens aller Akteure ein großes Interesse daran, Studien mit Erprobungsergebnissen auszuwerten und damit den Wissensstand über die Systeme zu verbreitern.
- Je mehr Erprobungen pro System (bezogen auf verschiedene Zielarten an verschiedenen Standorten) vorliegen, desto höher ist die Validität der Ergebnisse (Erfassungsrate, Erkennungsrate). Es könne jedoch nicht verlangt werden, dass jedes System in jedem Bundesland einmal erprobt werden müsse, bevor es als fachlich

²² Zum Kamerasystem „IdentiFlight“ liegt ein Erprobungsbericht von Aschwanden und Liechti (2020) vor. Nach Auskunft einzelner Gutachter sollen im ersten Halbjahr 2021 ein weiterer Bericht zu „IdentiFlight“ sowie ein Bericht zum Radarsystem „BirdScan“ veröffentlicht werden.

geeignet gelten kann. Vielmehr sei eine Übertragbarkeit auch länderübergreifend möglich, solange die Art und die Standortmerkmale vergleichbar seien.

- Die Übertragbarkeit sei in erster Linie davon abhängig, ob an einem anderen Standort Abdeckungsrate und Standortbeschaffenheit mit dem Erprobungsstandort vergleichbar sind. Ist das nicht der Fall, können die Leistungskennzahlen nicht übertragen werden. Es seien dann ggf. weitere Untersuchungen erforderlich, um den Nachweis einer ausreichenden Vermeidungswirkung zu erbringen.

Von der Durchführung systematischer Erprobungen eines Systems erhoffen sich die Anwender, dass valide und übertragbare Erkenntnisse entstehen, die den Projektierer im Einzelfall von einer Nachweispflicht durch Erprobung entbinden. Allenfalls sollten dann noch Untersuchungen für die Systemeinrichtung und -konfiguration am Standort geleistet werden müssen.

6.3 Weitergehende Anforderungsnachweise

Das FuE-Projekt hat sich in erster Linie mit Anforderungen an Detektionssysteme befasst. Anforderungen an die technische Ausstattung bezüglich Sicherheit und Geschwindigkeit der Datenübertragung und Anforderungen an die Auswertung der Erfassungsdaten wurden nicht im Einzelnen thematisiert. Ebenso steht die systematische Ermittlung von übertragbaren, anlagenspezifischen Abregelzeiten noch aus. In Kooperation mit den Anlagenherstellern sollte geklärt werden, anhand welcher Parameter hier Festlegungen getroffen werden können und wie diese dann überprüfbar sind.

Klärungsbedürftig ist auch, bis zu welchem Rotordurchmesser davon auszugehen ist, dass die Blattspitzengeschwindigkeit im Trudelmodus im Bereich von 30 bis max. 50 Kilometer pro Stunde liegt. Könnten diese Geschwindigkeiten nicht eingehalten werden, müsste man sich darüber verständigen, ob dann WEA-seits noch eine wirksame Verminderung des Kollisionsrisikos erreicht werden kann. Weiterhin sollte untersucht werden, ob eine Drosselung der Drehzahl als Vorstufe der Abschaltung technisch machbar ist. Dies hätte den Vorteil, dass im Falle des Umfliegens die WEA weiterlaufen könnte, ohne dass ein Neustart erforderlich würde.

6.4 Untersuchungen und Nachweise im Genehmigungsfall

Um einschätzen zu können, ob das AKS eine ausreichende Vermeidungswirkung erreicht, könne es hilfreich sein, das System vorlaufend zur Genehmigung – also z. B. in der Phase der Bestandserfassung – für eine technische Raumnutzungsanalyse oder für ein Standortmonitoring einzusetzen. Durch eine solche Dauerbeobachtung könne eine zuverlässigere Datenbasis geschaffen werden als durch Beobachtungsstichproben. Die konsolidierte Datenbasis erleichtere es außerdem einzuschätzen, welche Vorteile angesichts der ermittelten Flugaktivität am Standort durch das System erwartet werden können. Weitere Mindestanforderungen an die Erbringung von Nachweisen im Einzelfall sind:

- Ermittlung der Abdeckungsrate (GIS-basiert, 3D-Geländemodell); Einschätzung, durch welche Maßnahmen sie ggf. verbessert werden kann.
- Beschreibung der Leistungsdaten sowie leistungsrelevanter Parameter aus der wissenschaftlichen Erprobung (als Maßstab zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit im konkreten Anwendungsfall).
- Beschreibung der Systemkonfiguration am Standort und der Einstellungsparameter der Software; Wartungsintervalle und Kalibrierungen.
- Nachweis über Art, Zuverlässigkeit und Dauer der Signalübertragung (Kommunikation zwischen Detektion und Betriebssteuerung).
- Nachweis der Abregelzeit des fraglichen Anlagentyps.

6.5 Festlegungen auf Landesebene

Die unteren Fachbehörden, Genehmigungsbehörden und Projektierer wünschen sich, dass Regelungen auf Landesebene getroffen werden, die eine rechtssichere Anwendung der Systeme ermöglichen. Die Komplexität der Maßnahme würden die unteren Behörden überfordern. Es würden Regeln oder zumindest Leitplanken benötigt, die eine Entscheidung über das „Ob und Wie“ des Einsatzes erleichtern. Die im Rahmen dieses FuE-Vorhabens daraufhin entwickelte Checkliste (s. Anhang 7.2) soll – solange keine landesweiten Regelungen vorliegen – eine erste Orientierung für Behörden bieten, ob der Einsatz eines Systems angesichts der ihnen vorliegenden Informationen überhaupt in Frage kommt.

Im Rahmen der Leitfaden- und Erlassfortschreibung zum Artenschutz bei Windenergievorhaben sollten die Bundesländer die Weichen für die Anwendung in ihrem Zuständigkeitsbereich stellen. Über die Nennung als fachlich geeignete Maßnahme hinaus sollten die Anwendungsvoraussetzungen präzisiert werden. Der Bericht enthält hierzu eine Reihe von Empfehlungen. Die Nicht-Unterschreibbarkeit des artspezifischen Reaktionsdistanz, das Erreichen einer Mindestabdeckungsrate, der Nachweis einer ausreichenden, über die Reaktionsdistanz hinausgehenden Erfassungsreichweite sowie eine auf diese Reichweite bezogene Erfassungsraten und – bei selektiver Abschaltung – Erkennungsraten dürften die wichtigsten Parameter sein. Durch derartige Festlegungen dürfte auch erkennbar werden, in welchen Bereichen AKS keine ausreichende Vermeidungswirksamkeit erreichen können.

Außerdem bedarf es einer Klarstellung der Übertragbarkeit von bereits vorliegenden art- und systemspezifischen Erprobungsergebnissen gemäß Studienlage.

Damit ein AKS – ohne den Vorbehalt weiterer Erprobungen – als fachlich anerkannte Maßnahme in einen Länderleitfaden aufgenommen werden kann, müsste eine systemspezifische Erprobung durchgeführt worden sein. Die Erprobungsergebnisse und der damit erbrachte Wirksamkeitsnachweis sollte von unabhängigen Dritten qualitätsgeprüft sein. Wenn die Leistungsfähigkeit des Detektionssystems durch Erprobung nachgewiesen ist, muss im Anwendungsfall überprüft werden, ob das System diese Werte auch unter den Einsatzbedingungen vor Ort erbringen kann. Die ist in jedem Einsatzfall vor Ort durch geeignete gutachterliche Untersuchungen nachzuweisen. Eine erneute Erprobung zur Überprüfung der systemspezifischen Leistung ist nicht geboten.

In einem Leitfaden sei grundsätzlich zu klären, welche Untersuchungen am Standort vom Betreiber verlangt werden können, a) wenn bereits Erprobungsergebnisse vorliegen und b) wenn keine Erprobungsergebnisse vorliegen, und auf welche Art und Weise die Erprobungsergebnisse abgesichert (zertifiziert) sein sollten.

7 Anhang

7.1 Teilnehmende der Expertenworkshops

| | Teilnehmende | Institution |
|----|-----------------------|---|
| 1 | Monika Agatz | Kreis Borken, Immissionsschutzbehörde |
| 2 | Uta Bergner | Stadtverwaltung Gera, Untere Naturschutzbehörde |
| 3 | Jan Blew | BioConsult SH GmbH |
| 4 | Karl-Heinz Busch | Kreis Lippe, Untere Naturschutzbehörde |
| 5 | Dr. Stefan Jaehne | Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz |
| 6 | Sandra Jentsch | Regierungspräsidium Freiburg |
| 7 | Stefan Kluth | Bayrisches Landesamt für Umwelt |
| 8 | Lars Lachmann | NABU - Naturschutzbund Deutschland e. V. |
| 9 | Ubbo Mammen | Ökotox - Büro für angewandte Landschaftsökologie GbR |
| 10 | Dr. Frank Musiol | Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg |
| 11 | Christopher Paton | LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg |
| 12 | Dr. Hendrik Reers | OekoFor GbR |
| 13 | Dr. Marc Reichenbach | Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH |
| 14 | Johannes Schreiber | Regierung Oberbayern |
| 15 | Alexander Schröder | Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern |
| 16 | Franziska Streich | Landkreis Mittelsachsen |
| 17 | Henning Volmer | Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein |
| 18 | Wolfgang Weber | Regierungspräsidium Kassel |
| 19 | Dr. Andreas Weiss | Fachanwalt für Verwaltungsrecht, Ohms Rechtsanwälte |
| 20 | Tobias Wienert | Kreis Lippe, Untere Naturschutzbehörde |
| | Kathrin Ammermann | Bundesamt für Naturschutz |
| | Jens Ponitka | Bundesamt für Naturschutz |
| | Tina Bär | Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende |
| | Dr. Elke Bruns | Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende |
| | D. Silke Christiansen | Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende |
| | Dr. Mathis Danelzik | Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende |
| | Eva Schuster | Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende |
| | Julia Streiffeler | Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende |

7.2 Checkliste für eine qualifizierte Entscheidung über die Anwendbarkeit von Antikollisionssystemen (AKS)

Die Checkliste soll Behörden dabei unterstützen, zu beurteilen, ob ein AKS zur Senkung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos als fachlich geeignete Maßnahme *in Frage kommt*. Die Checkliste ist keine Bewertungsvorschrift zur Beurteilung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos. Ziel ist es, anhand der entscheidungsrelevanten Kriterien eine strukturierte und begründete Beurteilung der Maßnahme vornehmen zu können.

Den für die Genehmigung zuständigen Behörden stellen sich zur Klärung der Einsatzmöglichkeit eines AKS folgende Fragen:

- A Klärung der Eingangsvoraussetzungen – Erforderlichkeit
- B Technische Leistungsfähigkeit der Detektion
 - B1 Klärung von Erfassungsreichweite und Reaktionsdistanz
 - B2 Klärung der zeitlichen Verfügbarkeit (Zuverlässigkeit)
 - B3 Klärung der Erfassungsrate
 - B4 Klärung der Differenzierung der Vogelerkennung
- C Rechtzeitige Reaktion
- D Räumliche Abdeckung am Standort

Erläuterungen

Die Zeichen hinter den Antwortmöglichkeiten sollen eine Orientierung ermöglichen, ob die vorgenommene Einschätzung eine unterdurchschnittliche (-/--), eine durchschnittliche (o) oder eine überdurchschnittliche (+/++) Erfüllung der Anforderungen bedeutet. Bei durchschnittlicher oder unterdurchschnittlicher Erfüllung steht der Einsatz in Frage oder es können weitere Informationen/Untersuchungen erforderlich sein. Zutreffende Aussagen sind anzukreuzen.

Alle Prozentangaben sind „Setzungen“ auf der Grundlage der bisherigen Erkenntnisse. Mit Vorliegen weiterer Erprobungsergebnisse und bei Anwendung von Modellen zur Beurteilung des signifikant erhöhten Tötungsrisikos unter Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen können sie fortgeschrieben werden.

Die Kriterien in **roter Schriftfarbe** stellen **Mindestanforderungen** dar und sollten erfüllt sein. Sie fungieren als Eingangsvoraussetzungen (s. A 1) oder Ausschlusskriterien (s. weitere Anforderungen unter B). Ist eine oder mehrere der rot markierten Anforderungen nicht erfüllt, ist eine Anwendung nicht zu empfehlen.

A Klärung der Eingangsvoraussetzungen – Erforderlichkeit

A1 Ist der Einsatz eines Antikollisionssystems als Schutz- oder Verminderungsmaßnahme *erforderlich*?

Die beiden Kriterien stellen Eingangsvoraussetzungen für die Systemanwendung dar und müssen jeweils bejaht werden können. Sind die hier genannten Voraussetzungen nicht erfüllt, sollte von einer Anwendung abgesehen werden.

- Ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko wurde nachgewiesen.²³
- Das erhöhte Tötungsrisiko kann nicht mit „milderen Mitteln“ als einer Abschaltung unter die Signifikanzschwelle gesenkt werden.

A2 Kann die ereignisbezogene Abschaltung die Anlageneffizienz verbessern? (optionale Eingangsvoraussetzung)

- Ja.
- Nein.
- Es liegen keine Angaben zur Abschätzung vor.

Eine ereignisbezogene Abschaltung kann die Anlageneffizienz deutlich verbessern (insbesondere im Vergleich zu einer ansonsten erforderlichen pauschalen Abschaltung über die Brutzeit) und/oder den Umsetzungsaufwand für andere Verminderungsmaßnahmen reduzieren.

B Technische Leistungsfähigkeit der Detektion

Die folgenden Fragen sollen eine Hilfestellung für Behörden bieten, die Einsatzmöglichkeiten und Erfolgchancen eines Antikollisionssystems zu beurteilen.

B1 Klärung von Erfassungseichweite und Reaktionsdistanz

B1.1 Welche Angaben liegen über die Erfassungsreichweite des Systems vor?

- Es liegen Angaben des Systemherstellers vor. (o)
- Die Angaben beruhen auf Messungen/Validierung in mehreren Fallstudien²⁴. (++)

Erläuterung:

Liegen keine von Dritten bestätigten Angaben zur Erfassungsreichweite vor, muss eine Validierung am fraglichen Standort, etwa im Rahmen einer systematischen Erprobung vorgenommen werden. Die Erfassungsreichweite allein sagt noch nichts über die Wirksamkeit aus, ermöglicht aber eine erste Einschätzung über die Eignung eines Systems für den geplanten Einsatzbereich. Hierzu sollten unabhängig geprüfte Informationen vorliegen. Je höher die mittlere Fluggeschwindigkeit der relevanten Art und je länger die Abregelzeit der konkreten Windenergieanlage ist, desto größer ist die erforderliche Reaktionsdistanz. Die Erfassungsreichweite hängt unmittelbar davon ab.

²³ Die Unterschreitung eines bestimmten Regelabstands zwischen WEA und Brutplatz reicht als Nachweis nicht aus.

²⁴ Derartige Fallstudien sollten durch unabhängige Dritte geprüft und/oder veröffentlicht sein.

B1.2 Deckt die Erfassungsreichweite mindestens den Reaktionsbereich (Radius) bzw. die Reaktionsdistanz ab?

Reaktionsdistanz und Erfassungsreichweite sind miteinander abzugleichen.

- Die Erfassungsreichweite deckt die ermittelte Reaktionsdistanz nicht ab. (-)²⁵
- Die Erfassungsreichweite deckt die ermittelte Reaktionsdistanz ab. (+)
- Die Erfassungsreichweite überschreitet die ermittelte Reaktionsdistanz. (++)

Erläuterung:

Wenn die Erfassungsreichweite die ermittelte Reaktionsdistanz nicht abdeckt, ist es für den Einsatzbereich nicht geeignet. Je weiter die Erfassungsreichweite eines Systems über den Reaktionsbereich hinausgeht (und dabei eine hohe Erfassungsrate aufweist), desto geeigneter ist es. Als Orientierungswert für die Mindestreichweite wird eine Entfernung von 500 Metern empfohlen.

B1.3 Unterschreitet die Entfernung zwischen WEA-Standort und Brutplatz bzw. Aktivitätsbereich den anzunehmenden Reaktionsbereich?

Die Entfernung zwischen WEA und Brutplatz spielt eine zentrale Rolle für die Beurteilung, ob ein AKS eine ereignisbezogene rechtzeitige Abschaltung gewährleisten kann. Die Entfernung zwischen Brutplatz und WEA beträgt im vorliegenden Fall:

- weniger als die Reaktionsdistanz. (-)²⁶
- mehr als die Reaktionsdistanz, aber weniger als die doppelte Reaktionsdistanz. (o)
- mehr als die doppelte Reaktionsdistanz. (+)

Erläuterung:

Unterschreitet die Entfernung zwischen WEA-Standort und Brutplatz die Reaktionsdistanz, ist dies ein Indiz dafür, dass eine *rechtzeitige Abschaltung* für die meisten kollisionsgefährdeten Arten *unwahrscheinlich* ist.

B2 Klärung der zeitlichen Verfügbarkeit (Zuverlässigkeit)

Je geringer die Systemausfallzeiten sind und je zuverlässiger das System läuft, desto wirksamer kann das System in Einsatzfall sein.²⁷ Ist ein Systemausfall unvermeidbar, sind weitere Festlegungen zu treffen. Wichtig ist es, zu klären, ob Angaben zur technischen Zuverlässigkeit vorliegen, und wie belastbar diese sind.

B2.1 Liegen Angaben vor, die eine hohe zeitliche Verfügbarkeit belegen?

- Es liegen keine Angaben vor. (--)
- Es liegen Angaben des Systemherstellers vor. (o)
- Es liegen Angaben einer unabhängigen Stelle (z. B. TÜV) vor. (++)

Erläuterung:

²⁵ Deckt die Erfassungsreichweite die ermittelte Reaktionsdistanz nicht ab, ist dies in der Regel ein Ausschlusskriterium.

²⁶ Beträgt die Entfernung zwischen WEA-Standort und Brutplatz weniger als 300 Meter, ist dies in der Regel ein Ausschlusskriterium.

²⁷ Eine 100-prozentige technische Verfügbarkeit kann nicht erwartet werden.

Für den Fall, dass keine oder nur Angaben des Systemherstellers vorliegen, sollte in der Kontrolle der Auflagenerfüllung ein besonderes Augenmerk auf den Nachweis einer hohen zeitlichen Verfügbarkeit gelegt werden.

Ist eine 100-prozentige zeitliche Verfügbarkeit nicht sichergestellt, sollten im Anwendungsfall Festlegungen getroffen werden, wie bei Systemausfällen vorzugehen ist. So kann zum Beispiel bei einem Ausfall von über 2 oder über 5 Prozent eine Abschaltung vorgesehen werden. Wie groß die Spielräume sind, hängt davon ab, wann davon ausgegangen wird, dass das Gesamtschutzniveau nicht mehr erreicht werden könnte.

B3 Klärung der Erfassungsrate

B3.1 Liegen auf Entfernungen bezogene artspezifisch oder zumindest größenklassenspezifisch differenzierte Angaben zur Erfassungsrate vor?

- Es liegen keine Angaben zur (artspezifischen) Erfassungsrate vor. (--)²⁸
- Die Angaben beruhen auf ersten Untersuchungsergebnissen. (o)
- Die Angaben beruhen auf belastbaren Untersuchungsergebnissen. (++)

Erläuterung:

Liegen keine Angaben zur Erfassungsrate vor, muss diese am fraglichen Standort durch eine systematische Erprobung²⁹ ermittelt und nachgewiesen werden. Beruhen die Angaben nur auf einer einzelnen Fallstudie für das System, muss die Übertragbarkeit geprüft und ein Nachweis vor Ort erbracht werden. Die Erfassungsrate hängt insbesondere von der Größe des Flugobjektes (hier: des Vogels) und der Entfernung ab. Grundsätzlich nimmt die Erfassungsrate mit der Entfernung ab. Daher sollte die Erfassungsrate immer in Kombination mit der Erfassungreichweite angegeben werden.

Die Erfassungsrate sollte darüber hinaus artspezifisch oder zumindest größenklassenspezifisch angegeben werden können.³⁰

B3.2 Wie hoch ist die angegebene art- oder größenklassenspezifische Erfassungsrate im Erfassungsbereich?

- Die Erfassungsrate (im Reaktionsbereichs plus Puffer) ist kleiner 75 Prozent. (-)
- Die Erfassungsrate (im Reaktionsbereichs plus Puffer) ist größer/gleich 75 Prozent. (+)
- Die Erfassungsrate (im Reaktionsbereichs plus Puffer) ist größer/gleich 85 Prozent. (++)

Liegt die Erfassungsrate unter 75 Prozent, kann in Anbetracht möglicher anderer Fehlerquellen und Sichteinschränkungen nicht sichergestellt werden, dass ein ausreichendes Gesamtschutzniveau erreicht wird.

Die Angaben beruhen auf

- ersten Untersuchungsergebnissen. (o)
- belastbaren Untersuchungsergebnissen. (++)

Erläuterung:

²⁸ Liegen keine Angaben zur (artspezifischen) Erfassungsrate vor, ist dies in der Regel ein Ausschlusskriterium.

²⁹ Siehe KNE (2019): Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen.

³⁰ Je größer der Vogel ist, desto sicherer können diese in ausreichender Entfernung erfasst werden.

Je höher die Erfassungsrate, desto eher ist sichergestellt, dass die Abschaltung das signifikant erhöhte Tötungsrisiko zuverlässig und wirksam mindert. Eine 75-Prozent-Erfassungsrate bildet eine Untergrenze, deren Erfüllung aber noch nicht bedeutet, dass man „auf der sicheren Seite“ ist. Im Einzelfall können Erfassungsraten von 90 Prozent erforderlich werden, um eine ausreichende Wirksamkeitswahrscheinlichkeit zu erreichen. Liegen keine oder lediglich erste Untersuchungsergebnisse über die Erfassungsrate vor, muss sie am Standort durch eine (mehrmonatige, vorlaufende) Systemerprobung ermittelt werden. Liegen belastbare Untersuchungsergebnisse vor, ist deren Übertragbarkeit sorgfältig zu prüfen. Weichen die Standortverhältnisse der Fallstudien stark vom Anwendungsfall ab, ist eine Verifizierung der Erfassungsrate anzuraten.

B4 Klärung der Differenzierung der Vogelerkennung

Das Vermögen, Flugobjekte durch Detektion nicht nur zu „erfassen“, sondern auch zu „erkennen“, ist keine Voraussetzung für die Eignung bzw. Wirksamkeit von AKS. Es ermöglicht vielmehr eine selektive Abschaltung für die erkannten „Zielarten“ oder für Flugobjekte, die einer bestimmten Größenklasse angehören. Durch eine zuverlässige Selektion der Zielobjekte, für die abzuschalten ist, kann die Zahl der Abschaltvorgänge reduziert und damit die Anlageneffizienz gesteigert werden. Wenn ein selektives System eingesetzt werden soll, sind daran besondere Anforderungen geknüpft (s. B4.2).

B4.1 Welche Differenzierung der Vogelerkennung leistet das System?

- Es leistet eine Differenzierung nach Größenklassen.
- Es leistet eine Differenzierung nach Artgruppen.
- Es leistet eine Differenzierung nach Arten.

Erläuterung:

Hier handelt es sich um eine rein informative Abfrage. Die Erkennung kann sich auf die Größe des Objektes (z. B. Spannweite) beziehen. Ein anderer Ansatz ist die Differenzierung nach Artgruppen. Die Erkennung kann auch zur Identifizierung einzelner Arten führen und somit eine noch stärkere Selektion bzw. Konzentration auf eine Zielart ermöglichen.

B4.2 Wie hoch ist die Erfolgsrate (Richtig-Positiv-Rate) der Erkennung³¹, differenziert nach Erfassungs- und/oder Reaktionsbereich?

- Es liegen keine Angaben über die Erfolgsrate der Erkennung vor. (-)
- Die Erfolgsrate der Erkennung im gesamten Erfassungsbereich ist größer/gleich 75 Prozent. (+)
- Die Erfolgsrate der Erkennung im Reaktionsbereich ist größer/gleich 90 Prozent. (++)

Erläuterung:

Liegen keine Angaben über die Erfolgsrate der Erkennung (Richtig-Positiv-Rate) vor, muss diese im Rahmen einer systematischen Erprobung unter Einsatz eines Zweitsystems ermittelt werden. Die Erfolgsrate sollte im Erfassungsbereich – also auch über den Reaktionsbereich hinaus – mindestens 75 Prozent betragen. Liegt die Erfolgsrate unter 75 Prozent, kann in Betracht möglicher anderer Fehlerquellen und Sichteinschränkungen nicht sichergestellt werden, dass ein ausreichendes Gesamt-Schutzniveau erreicht wird.

³¹ Die Erkennung kann sich auf Arten oder Größenklassen beziehen, je nachdem, welcher Zweck verfolgt wird.

Die Erfolgsrate sollte im Reaktionsbereich – bzw. an dessen äußerer Grenze – 75 Prozent deutlich überschreiten und idealerweise bei mindestens 90 Prozent liegen.

Je höher die Erfolgsrate, desto eher ist sichergestellt, dass die Abschaltung zielgerichtet und im Sinne der Auflagen erfolgt. Im Einzelfall kann es erforderlich sein, dass Erfassungsraten von 90 Prozent erforderlich werden. Ob und welche Fehlertoleranz bei der Erkennung eingeräumt werden kann, unterliegt der gutachtlichen Beurteilung im Einzelfall.

C Rechtzeitige Reaktion

Von den technischen Reaktions-Parametern hängt es ab, ob eine Abschaltung rechtzeitig und zuverlässig erfolgen kann. Die Zeit bis zum Eintreten in den Trudelmodus ist zugleich eine wichtige Eingangsgröße für die Ermittlung der Reaktionsdistanz.

C1 Welche Abregelzeit (Zeit zum Erreichen des Trudelmodus) benötigt der WEA-Typ?

- größer/gleich 40 Sekunden. (-)
- 30-39 Sekunden. (o)
- 20-29 Sekunden. (+)
- weniger als 20 Sekunden. (++)

Erläuterung:

Je länger die Abregelzeit, desto größer wird der Reaktionsbereich³². Die Reduzierung der Abregelzeit ist eine wichtige Stellschraube dafür, die Leistungsfähigkeit des Systems (hier: Reichweite) zu verbessern.

C2 Wie wurde die Abregelzeit ermittelt bzw. nachgewiesen?

- Es liegen keine WEA-typenspezifischen Angaben vor. (--)
- Die Angaben beruhen auf (plausibilisierten) Angaben der WEA-Hersteller. (o)
- Die Angaben beruhen auf gutachtlichen Angaben oder Fallstudien. (+)
- Die Angaben beruhen auf zertifizierten Messungen (z. B. durch TÜV). (++)

Liegen keine oder keine von Dritten geprüften Angaben über die Abregelzeit des fraglichen Anlagentyps vor, sollten diese im Rahmen von Tests an vergleichbaren Anlagen ermittelt werden. Unabhängig geprüfte technische Informationen, z. B. vom TÜV, haben vor Gericht Bestand.

C3 Liegen Angaben über Dauer und Zuverlässigkeit der Signalübertragung zwischen Detektionssystem und Anlagensteuerung vor?

- Es liegen keine Angaben vor. (--)
- Die Angaben beruhen auf (plausibilisierten) Angaben der Systemhersteller. (o)
- Die Angaben beruhen auf zertifizierten Messungen (z. B. TÜV). (++)

Liegen keine oder keine von Dritten geprüften Angaben über die Signalübertragung beim fraglichen Anlagentyp vor, sollten diese im Rahmen von Tests an vergleichbaren Anlagen ermittelt

³² Pro 10 Sekunden würde die Reaktionsdistanz für den Rotmilan bei einer angenommenen mittleren Fluggeschwindigkeit von 10,1 Meter/Sekunde (s. Bruderer und Boldt 2001) beispielsweise um 101 Meter zunehmen.

werden. Die Zeit für die zuverlässige Signalübertragung sollte möglichst im Bereich unter einer Sekunde („Millisekunden-Bereich“) liegen, damit die rechtzeitige Abschaltung gewährleistet werden kann. Beträgt die Zeit für die zuverlässige Signalübertragung mehr als eine Sekunde, sollte der Reaktionsbereich entsprechend vergrößert werden.

D Räumliche Abdeckung am Standort

Im letzten Abschnitt geht es um standortabhängige Parameter, die jeweils abhängig von den Voraussetzungen im Einzelfall zu beurteilen sind. Unter Umständen sind zur Klärung standortspezifische Untersuchungen erforderlich.

D1 Welche Abdeckung kann am fraglichen Standort erreicht werden?

Die Abdeckungsrate im Überwachungsbereich kann beispielsweise durch eine GIS-gestützte 3-D-Sichtbarkeits-Analyse ermittelt werden. Die Ermittlung sollte sich in der Vertikalen auf den Bereich beziehen, der der vornehmlichen Flughöhe der relevanten Art entspricht. Abdeckungslücken in bodennahen, hinsichtlich des Kollisionsrisikos unkritischen Bereichen, können hingenommen werden. In der Horizontalen sollte sich die Ermittlung mindestens auf den Reaktionsbereich und darüberhinausgehend auf den Erfassungsbereich beziehen.

Bezugsraum Erfassungsbereich

- Im Erfassungsbereich beträgt die Abdeckungsrate weniger als 75 Prozent. (-)
- Im Erfassungsbereich beträgt die Abdeckungsrate 75 bis 79 Prozent. (+)
- Im Erfassungsbereich beträgt die Abdeckungsrate mindestens 80 Prozent. (++)

Bezugsraum Reaktionsbereich

- Im Reaktionsbereich kann eine Abdeckung von 80 Prozent erreicht werden. (o)
- Eine Abdeckung im Reaktionsbereich von 90 Prozent kann erreicht werden (++)
- Eine Abdeckung des Hauptflugkorridors im Reaktionsbereich von 90 Prozent kann erreicht werden. (++)

Erläuterung:

Eine bestimmte Erfassungsrate kann nur erreicht werden, wenn eine ausreichende Einsehbarkeit des zu überwachenden Raumes besteht. Die Erfassungsrate darf nicht zu sehr durch Sichthindernisse (Topografie, Bäume und Sträucher, bauliche Anlagen einschließlich der WEA) eingeschränkt werden.

Bezogen auf den Erfassungsbereich sollte die mögliche Abdeckung radial mindestens 75 Prozent betragen. Liegt die Abdeckung unter 75 Prozent und ist die Erfassungsrate ebenfalls eingeschränkt, ist nicht gesichert, dass ein ausreichendes Gesamtschutzniveau erreicht wird. Die Einsetzbarkeit eines AKS steht dann in Frage.

Bezogen auf den Reaktionsbereich sind die Anforderungen an möglichst uneingeschränkte Einsehbarkeit höher: Hier sollte generell eine Abdeckung von mindestens 80 Prozent erreicht werden. Gibt es eine Hauptanflugrichtung (Flugkorridor), sollte die mögliche Abdeckungsrate in diesem Bereich möglichst noch darüber hinausgehen – ein Zielwert wäre hier 90 Prozent.

Hinweis: Neben der Abdeckungsrate (Zahl) spielt die räumliche Ausdehnung der Hindernisse, ihre Verteilung im Raum und ihre Lage (Nähe) zur WEA eine wichtige Rolle für die Beurteilung, ob angesichts der Abdeckung eine ausreichende Erfassungsrate erreicht werden kann. Mehrere „kleine Sichthindernisse“ sind weniger problematisch als größere zusammenhängende.

D2 Kann die Abdeckungsrate durch die Positionierung³³ des Systems verbessert werden?

Aus Basis einer GIS-Analyse können verschiedene Szenarien der Positionierung (Lage, Höhe) durchgespielt werden.

- Nein. (--)
- Zum Teil. (o)
- Ja. (++)

Bei eingeschränkter räumlicher Abdeckung ist zu prüfen, ob die Abdeckung beispielsweise durch eine erhöhte Positionierung verbessert werden kann. Zeichnen sich vor Ort keine Möglichkeit der Optimierung einer eingeschränkten Einsehbarkeit (weniger als 75 Prozent) ab, sollte vom Einsatz eines AKS abgesehen werden. Sofern Optimierungsmaßnahmen möglich sind, sollte ihre Durchführung im Genehmigungsantrag aufgeführt werden.

Eine verminderte Abdeckungsrate kann durch eine hohe Leistungsfähigkeit an anderer Stelle ggf. kompensiert werden. So kann eine sehr hohe sichere Erfassungsrate im Reaktionsbereich und darüber hinaus sowie eine kurze Abregelzeit dazu beitragen, dass Einschränkungen der Abdeckung nicht zu einer starken Senkung der Systemwirksamkeit führen.

³³ Beispiele: Verbesserung der Einsehbarkeit durch Nutzung eines Turms (erhöhte Position). Variation der Positionierung im Gelände zur Reduzierung des WEA-Schattens.

8 Literatur

- AGEE-Stat (Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik) (2021): Monatsbericht zur Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung und Leistung in Deutschland. Stand 11.01.2021.
- Aschwanden, J. (2021): Arbeitspaket AP2 Vögel: Zwischenstand Ergebnisse und Ausblick. Vortrag in der projektbegleitenden Arbeitsgruppe zum NatForWINSENT-Projekt am 22.03.2021.
- Aschwanden, J., Liechti, F. (2020): Erprobung des automatischen Vogeldetektionssystems Identiflight auf dem Testfeld des WindForS im Rahmen der Naturschutzbegleitforschung (NatForWINSENT). Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- BfN, KNE, FA Wind (2020): Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen – Entwicklungsstand und Fragestellungen. BfN-Skript 571. (<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript571.pdf>).
- Blew, J., Grünkorn, T., Reichenbach, M., Menke, K., Middeke, O., Albrecht, K., Bußler, S. (2018): Wirksamkeit von Maßnahmen gegen Vogelkollisionen an Windenergieanlagen - Methodenentwicklung für artenschutzrechtliche Untersuchungen zur Wirksamkeit von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen von Windenergieanlagen auf die Avifauna. BfN-Skripten 518 (<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript518.pdf>).
- Bruderer, B., Boldt, A. (2001): Flight characteristics of birds: I. Radar measurements of speeds. *Ibis*. 143. 178 – 204.
- BVerwG, Urteil vom 28. April 2016 – 9 A9.15.
- BVerwG, Urteil vom 27. November 2018 – 9 A8.17.
- Gesetz über Naturschutz und Landespflege (BNatschG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Art. 290 VO vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328, 1362) geändert worden ist.
- Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und weiterer energierechtlicher Vorschriften vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3138) geändert worden ist.
- Gesetzesentwurf, Bundes-Klimaschutzgesetz, Bundestagsdrucksache 19/30230, 02.06.2021.
- Isselbacher, T., Gelpke, C., Grunwald, T., Korn, M., Kreuziger, J., Sommerfeld, J., Stübing, S. (2018): Leitfaden zur visuellen Rotmilan-Raumnutzungsanalyse. Untersuchungs- und Bewertungsrahmen zur Behandlung von Rotmilanen (*Milvus milvus*) bei der Genehmigung für Windenergieanlagen. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten. Mainz, Linden, Bingen.
- KIFL (Kieler Institut für Landschaftsökologie) (2014): Grundsätzliche Eignung von Maßnahmentypen zur Vermeidung von erheblichen Beeinträchtigungen windkraftsensibler Arten in Vogelschutzgebieten mit Schwerpunkt bei den Arten Rotmilan und Schwarzstorch. Gutachterliche Stellungnahme im Auftrag des HMWVL.
- KNE (2019): Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen. (https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE-Anforderungsprofil_an_eine_valide_Erprobung_von_technischen_Systemen_2019.pdf).

- KNE (2020): Synopse – Detektionssysteme zur ereignisbezogenen Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz von tagaktiven Brutvögeln. (<https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE-Synopse-Detektionssysteme-zur-ereignisbezogenen-von-Windenergieanlagen.pdf>).
- LAG VSW (Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten) (2020): Fachliche Empfehlungen für avifaunistische Erfassung und Bewertung bei Windenergieanlagen-Genehmigungsverfahren – Brutvögel.
- Mammen, K., Mammen, U., Resetariz, A. (2013): Rotmilan. In: Hötker, H., Krone, O., Nehls, G.: Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Michael-Otto-Institut im NABU, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, BioConsult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum.
- OVG Lüneburg, Beschluss vom 29. April 2019 – 12ME 188/18.
- Reichenbach, M. (2020a, mdl.): Diskussionsforum der KNE-Abschlussveranstaltung der Workshopreihe „Technische Systeme“ am 14./15.10.2021.
- Reichenbach, M. (2020b, mdl.): Wie hoch liegt die Messlatte für die rechtliche und fachliche Anerkennung von Antikollisionssystemen? Vortrag beim „Runden Tisch Windenergie vs. Artenschutz im Amtsbereich Röbel-Müritz“. Videokonferenz am 16.09.2020.
- Reichenbach, M., Aussieker, T., Holzmüller, J. (2020): Wirtschaftliche Aspekte ereignisbezogener Abschaltung zum Vogelschutz an Windenergieanlagen. Brutplatzszenarien – Ertragseinbußen – Einfluss auf die Anlagentechnik. Gutachten im Auftrag des KNE. Stand 10. Dezember 2020. (https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/20201210_Studie_Wirtschaftliche-Aspekte-ereignisbezogener-Abschaltung-zum-Vogelschutz-an-WEA_Abschlussbericht_ARSU.pdf).
- Reichenbach, M., Reers, H. (2021, in Vorbereitung): Wie gut schützt IdentiFlight den Rotmilan? Überblick über die Systemwirksamkeit zur Reduzierung des Kollisionsrisikos an Windenergieanlagen.
- Sprötge, M., Sellmann, E., Reichenbach, M. (2018): Windkraft Vögel Artenschutz. Ein Beitrag zu den rechtlichen und fachlichen Anforderungen in der Genehmigungspraxis. Books on Demand.
- UMK (2020): Ergebnisprotokoll der 94. Umweltministerkonferenz am 15. Mai 2020. (https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges-ergebnisprotokoll-94_umk_1591103085.pdf)