

# Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen

– Entwicklungsstand und Fragestellungen –



# **Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen**

**– Entwicklungsstand und Fragestellungen –**

**Kathrin Ammermann**

**Elke Bruns**

**Jens Ponitka**

**Eva Schuster**

**Dirk Sudhaus**

**Franziska Tucci**



**Titelbild:** Erfassung von Rotmilanen an Windenergieanlagen (J. Ponitka)

**Adressen der Autorinnen und der Autoren:**

Kathrin Ammermann Bundesamt für Naturschutz, Außenstelle Leipzig  
Jens Ponitka Alte Messe 6, 04103 Leipzig:  
E-Mail: kathrin.ammermann@bfn.de  
jens.ponitka@bfn.de

Dr. Elke Bruns Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende KNE gGmbH  
Eva Schuster Kochstraße 6-7, 10969 Berlin  
E-Mail: elke.bruns@naturschutz-energiewende.de  
eva.schuster@naturschutz-energiewende.de

Dr. Dirk Sudhaus Fachagentur zur Förderung eines natur- und umweltverträglichen  
Franziska Tucci Ausbaus der Windenergie an Land e.V.  
Fanny-Zobel-Straße 11, 12435 Berlin  
E-Mail: Sudhaus@fa-wind.de  
Tucci@fa-wind.de

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).  
Das BfN-Skript kann unter <http://www.bfn.de/skripten.html> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
URL: [www.bfn.de](http://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>).

ISBN 978-3-89624-332-4

DOI 10.19217/skr571

Bonn - Bad Godesberg 2020

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Hintergrund und Zielsetzung</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Anforderungen an die Systeme – Stand des Wissens und offene Fragen</b> .....	<b>7</b>
3.1	Überblick und Funktionsweise der Systeme .....	7
3.2	Entwicklungsstand.....	8
3.3	Detektion (Erfassung und Erkennung) .....	9
3.4	Reaktion .....	10
3.4.1	Abschaltung (Übergang in den Trudelbetrieb) .....	10
3.4.2	Vergrämung.....	11
3.5	Anforderung an die technischen Systeme und deren Erprobung.....	13
3.5.1	Positionierung.....	13
3.5.2	Gegenstand der Erfassung .....	13
3.5.3	Rahmenbedingungen der Erprobung .....	14
3.5.4	Nachweis der Wirksamkeit der bedarfsgesteuerten Vermeidungssysteme .....	15
<b>4</b>	<b>Technische, wirtschaftliche und administrative Aspekte der Umsetzung und Anwendung</b> .....	<b>17</b>
4.1	Technische Anforderungen an die Systemfunktionen .....	17
4.2	Technische und betriebswirtschaftliche Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb ....	18
4.3	Genehmigung, Nebenbestimmungen.....	20
4.4	Überprüfbarkeit und Kontrolle .....	21
4.5	Akzeptanz technischer Systeme .....	21
<b>5</b>	<b>Überlegungen zum Einsatz neuer Systeme</b> .....	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>Anhang – Glossar zum Thema Detektionssysteme</b> .....	<b>27</b>

# 1 Zusammenfassung

Aufgrund der zunehmenden Risiken der Klimakrise und der klimapolitischen Zielsetzungen im Rahmen der Energiewende ist der Umbau des Energiesystems mit einem deutlichen Ausbau erneuerbarer Energien dringlicher als je zuvor. Dies dient auch dem Schutz und der Erhaltung der biologischen Vielfalt. Beim Ausbau der Windenergie gibt es dabei Zielkonflikte, welche hinsichtlich eines naturverträglichen Ausbaus gelöst werden müssen.

Bei Vorhaben zur Erzeugung von Windenergie müssen die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege, wie die Prüfung der Betroffenheit von Schutzgebieten und der Schutz von besonders geschützten Arten, immer berücksichtigt werden. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wird geprüft, welche Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung negativer Auswirkungen sinnvoll und notwendig sind. Voraussetzung ist, dass diese Maßnahmen anerkannt und wirksam sind.

Die rasanten Entwicklungen eröffnen perspektivisch die Möglichkeit, Maßnahmen technischer Art zur wirksamen Verminderung von artenschutzrechtlichen Konflikten (hier: Kollisionsrisiken) einzusetzen. Diese Systeme basieren auf einer technikgestützten, zumeist visuellen, Vogelerkennung (insb. Kamerasysteme; aber auch Radar, GPS), die in Abhängigkeit von der Vogelart, dem Flugverhalten und der Näherungsgeschwindigkeit den Rotor der Windenergieanlage (WEA) in Trudelbetrieb bringen mit dem Ziel, das Kollisionsrisiko zu minimieren.

Es besteht derzeit von verschiedenen Seiten, wie Naturschutzvereinigungen, Betreibern und Behörden, zwar große Hoffnung, aber auch gewisse Skepsis gegenüber dem Einsatz technischer Systeme. Es ist die Frage zu klären, inwieweit sich automatisierte Vogelerfassungssysteme in Verbindung mit bedarfsgesteuerten Vermeidungsmaßnahmen dazu eignen, ein Tötungs- und Verletzungsrisiko zu reduzieren.

Die vorliegende Veröffentlichung zeigt, dass sich bei der Einführung eines derartigen neuen Systems noch viele Fragen und Herausforderungen ergeben. So sind zum Beispiel Mindestanforderungen an die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme sowie Anforderungen an die Wirksamkeit der Systeme zu formulieren. Einige Fragestellungen, etwa zum Themenkomplex Vergrämung, sind kurzfristig weniger relevant bzw. durch einen eher längerfristigen Forschungsbedarf charakterisiert. Auf andere Fragen gibt es jedoch mit Blick auf die Einführung der Systeme bereits Antworten und hinsichtlich der technischen Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit erfolgversprechende Beispiele aus Erprobungen.

Die Einführung technischer Systeme zur Erkennung und bedarfsgesteuerten Abschaltung ist absehbar und kann auch aus Naturschutzsicht vielversprechend sein. Technische Systeme können in Zweifelsfällen dazu beitragen, Untersuchungsergebnisse zu objektivieren, Prognoseunsicherheiten über die Flugaktivität zu mindern und Abschaltzeiten auf das notwendige Maß zu beschränken. Die noch offenen Anforderungen müssen dafür jedoch zeitnah festgelegt und von den Systemen nachprüfbar erfüllt werden.

Allerdings sollten und können die Systeme, insbesondere aus Gründen der Verhältnismäßigkeit, keine Standardanwendung bei allen Vorhaben sein, sondern sie werden nur bei jenen Vorhaben in Frage kommen, die sonst gegen naturschutzrechtliche Verbotsvorschriften wie insbesondere des § 44 Abs. 1 Nr. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verstoßen. Die derzeit laufenden Erprobungen und Erfahrungen aus ersten Genehmigungen werden Schritt für Schritt und im Interesse der Praktikabilität zeigen, welche Anwendungsfälle und Einsatzbereiche sich für technische Systeme anbieten, und welche nicht. Der Einsatz technischer Systeme sollte sowohl naturschutzfachlich und artenschutzrechtlich zielführend als auch aus wirtschaftlicher Sicht vertretbar sein.

Die Ausführungen im vorliegenden Papier stellen den Entwicklungsstand dar und geben sowohl einen Überblick über die bestehenden Fragen und Herausforderungen als auch erste Antworten hierzu. Über weitere fachliche Diskurse und die Integration von Ergebnissen gezielter standortbezogener, fachwissenschaftlich begleiteter Erprobungen bzw. Praxiserfahrungen sollen schrittweise die offenen Fragen beantwortet werden, um diese in die Diskussionen und Prozesse zur Einführung technischer Systeme zu integrieren.

Weitergehende Informationen rund um technische Systeme finden Sie unter folgenden Dokument- und Projektlinks.

#### **Ausgewählte Dokumente:**

- Anforderungsprofil „Anforderungen an eine fachlich valide Erprobung von technischen Systemen zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung von Windenergieanlagen“ ([Link](#))
- „Vogelschutz an Windenergieanlagen - Detektionssysteme als Chance für einen naturverträglichen Windenergieausbau?“, Tagungsdokumentation zur KNE-Fachkonferenz am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel ([Link](#))
- „Technische Systeme zur Vermeidung von Kollisionen von windenergieanlagenensensiblen Fledermaus-/Vogelarten“, Dokumentation zum FA Wind-Workshop am 30.05.2018 ([Link](#))
- Synopse „Technische Systeme zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel und Fledermäuse durch die Windenergienutzung“ ([Link](#))
- 10 Fragen und 10 Antworten zu Detektionssystemen. Fakten zur automatisierten Detektion und ereignisbezogenen Abschaltung zur Verminderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen ([Link](#))

#### **Ausgewählte Projekte:**

- Workshopreihe: „Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“ ([Link zur Projektseite](#))
- Entwicklung und Erprobung technischer Systeme im Rahmen der Naturschutzbegleitforschung am süddeutschen Windtestfeld, Projekt „NatForWinSENT“ ([Link zur Projektseite](#))
- Weiterentwicklung eines Kamerasystems zur Erfassung und zum Schutz windkraftempfindlicher Vogelarten an Windenergieanlagen („BirdVision“) ([Link zur Projektseite](#))

## 2 Hintergrund und Zielsetzung

Bei der Umsetzung der klimapolitischen Ziele, die in einem engen Zusammenhang mit den Zielen zum Schutz und der Erhaltung der biologischen Vielfalt stehen, kommt der Windenergienutzung (hier: an Land) auch zukünftig eine zentrale Bedeutung zu.

Der Ausbau der Windenergie erfordert zum einen die Verfügbarkeit geeigneter Standorte. Zum anderen kann die beständige, technische Weiterentwicklung von Windenergieanlagen (WEA) auch eine Veränderung der artenschutzrechtlichen Bewertung zur Folge haben. Um einen WEA-Betrieb im Einklang mit dem Artenschutz zu ermöglichen, werden unter anderem seitens der Behörden, aus Teilen der Windenergiebranche sowie vom verbandlichen Naturschutz zunehmend technische Möglichkeiten zur Vermeidung oder Verminderung von Konflikten mit windenergiesensiblen Vogelarten, hier vor allem dem Tötungs- und Verletzungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG), als eine Lösungsoption diskutiert. Derzeit steht unter anderem der Rotmilan wegen seiner besonderen Kollisionsgefährdung und fast flächenhaften Verbreitung, aber auch der Seeadler, im Zentrum der Entwicklung von Bilderkennungsalgorithmen zur art-spezifischen Erkennung und daran gekoppelten bedarfsgesteuerten Abschaltung.

Die Anforderungen an technische Detektionssysteme und bedarfsgesteuerte Maßnahmen zur Minderung von Vogelkollisionen müssen mit Blick auf den zukünftigen Praxiseinsatz formuliert werden. Hierbei bestehen vor dem Hintergrund verschiedener „Fallkonstellationen“ (siehe Kap. 5), standörtlicher Voraussetzungen, bestehender Regelungen und Standards noch vielfältige Herausforderungen. Auch gilt es, die rechtlichen und technisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zum Einsatz dieser Vermeidungssysteme vor deren Einführung zu klären (vgl. BWE 2019).

Die Autorinnen und Autoren haben sich bisher aus unterschiedlicher Perspektive mit Fragestellungen zur Entwicklung und Anwendung technischer Systeme befasst. Neben Veröffentlichungen und Durchführung oder Begleitung von Forschungsprojekten (siehe Kap. 1 und Kap. 7) wurde eine Vielzahl von Fachgesprächen geführt und es finden fortlaufende Beratungen von Systemherstellern und potenziellen Anwenderinnen und Anwendern in verschiedenen Bundesländern statt. Zum besseren Verständnis der Begriffe wurde ein Glossar erstellt (siehe Anhang Kap. 8)

Dieses Papier zielt darauf ab, den Kenntnisstand über die Entwicklung und Anwendung technischer Erkennungssysteme und bedarfsgesteuerter Vermeidungsmaßnahmen sichtbar zu machen. Die Systeme sind z. B. im Hinblick auf Kosten und Nutzen noch nicht abschließend diskutiert. Darüber hinaus zielt das Dokument auch darauf ab, erste Anforderungen und die noch offenen Fragen zu benennen.

Es können jedoch derzeit weder Aussagen zur generellen Wirksamkeit gemacht, noch kann eine Entscheidung darüber getroffen werden, in welchen konkreten Fällen derartige Systeme zielführend eingesetzt werden könnten. Hierzu laufen bereits weitergehende Erprobungen, deren Ergebnisse Ende 2020 und 2021 auszuwerten sein werden. Inzwischen zeigen erste Erprobungsergebnisse, deren Veröffentlichung noch in 2020 geplant ist, dass die Leistungsfähigkeit einzelner Systeme durchaus so sein könnte, dass sie den Anforderungen an eine wirksame Vermeidung gerecht werden könnten. Auf dieser Basis erscheint es gerechtfertigt, weitere Überlegungen anzustellen, in welcher Form die Anwendung technischer Systeme als Schutzmaßnahme i. S. v. § 44 Absatz 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG zum Beispiel als potenziell mögliche Alternative zu pauschalierten Abschaltungen zur Minderung des Vogelkollisionsrisikos eingesetzt werden können. 2020 werden Fachexpertinnen und Fachexperten im Rahmen

eines BfN-Forschungsprojektes<sup>1</sup> über Mindestanforderungen sowie über Maßstäbe zur Beurteilung der Eignung und Wirksamkeit diskutieren.

Die neuen Erkenntnisse aus Erprobungen und Fachgesprächen werden genutzt, um die Debatte der Praxiseinführung voranzubringen und dieses Dokument im Sinne einer schrittweisen Beantwortung der noch offenen Fragen (thematisch in **Textboxen** in den jeweiligen Kapiteln zusammengefasst) und Festlegung von Anforderungen fortzuschreiben.

### **3 Anforderungen an die Systeme – Stand des Wissens und offene Fragen**

#### **3.1 Überblick und Funktionsweise der Systeme**

Die in der wissenschaftlichen Literatur erwähnten und teilweise bereits in der Praxis getesteten Detektionssysteme basieren auf unterschiedlichen Technologien (siehe Kap. 3.3). Für die Vogelerkennung kommen zumeist Kamera-, aber auch Radar- oder vereinzelt GPS-Systeme zum Einsatz. Radar und Kamera können auch kombiniert werden. Die Funktionsweise von Radar- und Kamerasystemen ist in KNE (2020a) erläutert. Eine Übersicht über bereits marktverfügbare Systeme bietet die KNE-Synopse (KNE 2020b).

Die Detektion bildet – verbunden mit der Erkennung und Klassifizierung von Flugobjekten – eine Daten- und Entscheidungsgrundlage für eine das Kollisionsrisiko mindernde Reaktion (siehe Kap. 3.4). Als Reaktion kommt primär eine ereignisbezogene Betriebsregulierung (Abschaltung der WEA in den sog. Trudelbetrieb<sup>2</sup>, ggf. Verlangsamung<sup>3</sup> der Drehgeschwindigkeit des Rotors) in Frage. Die Wirksamkeit einer Abschaltung ist belegt für Vogelarten, welche mit den Rotoren kollidieren können (Blew et al. 2018). Bei der ereignisbezogenen Vergrämung (akustisch, elektromagnetisch, visuell) als denkbare Reaktion fehlen allerdings Nachweise zur Wirksamkeit, und es bestehen weitere Restriktionen, wie möglicherweise mangelnde Akzeptanz der örtlichen Bevölkerung sowie zusätzliche, artenschutzrechtlich zu prüfende Störwirkungen (Blew et al. 2018). Unklar ist zudem, ob eine alleinige Vergrämung eine ausreichende Wirkung erzielt, oder ob ein zweistufiges Reaktionsverfahren möglich wäre. Bei Letzterem würde sich erst im Fall der Nichtreaktion des Vogels eine Abschaltung anschließen.

In Abbildung 1 sind die Schritte der technischen Detektion (Erfassung, Erkennung), Signalübertragung und Reaktion (Betriebsregulierung) und die Bereiche, in denen sie stattfinden, dargestellt. Relevante Begriffe sind im **Glossar** (s. Anhang Kap. 8) aufgeführt.

Neben der Abschaltung zur Reduzierung von Kollisionsrisiken sind die automatisierten Detektionssysteme darüber hinaus für weitere Zwecke einsetzbar. Sie können beispielsweise verwendet werden, um Erfassungslücken und -unsicherheiten im Rahmen der Erfassung und Standortbewertung zu reduzieren. Mit ihrer Hilfe könnten prinzipiell auch die Flugaktivität und das Flugverhalten von Vögeln an Standorten erfasst werden (Monitoring). Um aus einem solchen Monitoring Schlussfolgerungen auf die Signifikanz erhöhter Tötungsrisiken ziehen zu können, ist es nicht erforderlich, dass dort tatsächlich WEA stehen.

---

<sup>1</sup> Workshopreihe: „Anforderungen an technische Überwachungs- und Abschaltssysteme an Windenergieanlagen“ (Link zur Projektseite), Durchführung KNE, Laufzeit 11/2019 – 11/2020.

<sup>2</sup> Siehe Glossar zu Abschaltung

<sup>3</sup> Zwar ist nicht bekannt, welches die maximale Blattspitzengeschwindigkeit ist, unterhalb derer unter der Annahme, dass der Vogel ausweichen kann, kein Kollisionsrisiko mehr besteht. Vereinfachend wird mindestens der Übergang in den Trudelbetrieb als erforderlich angesehen.



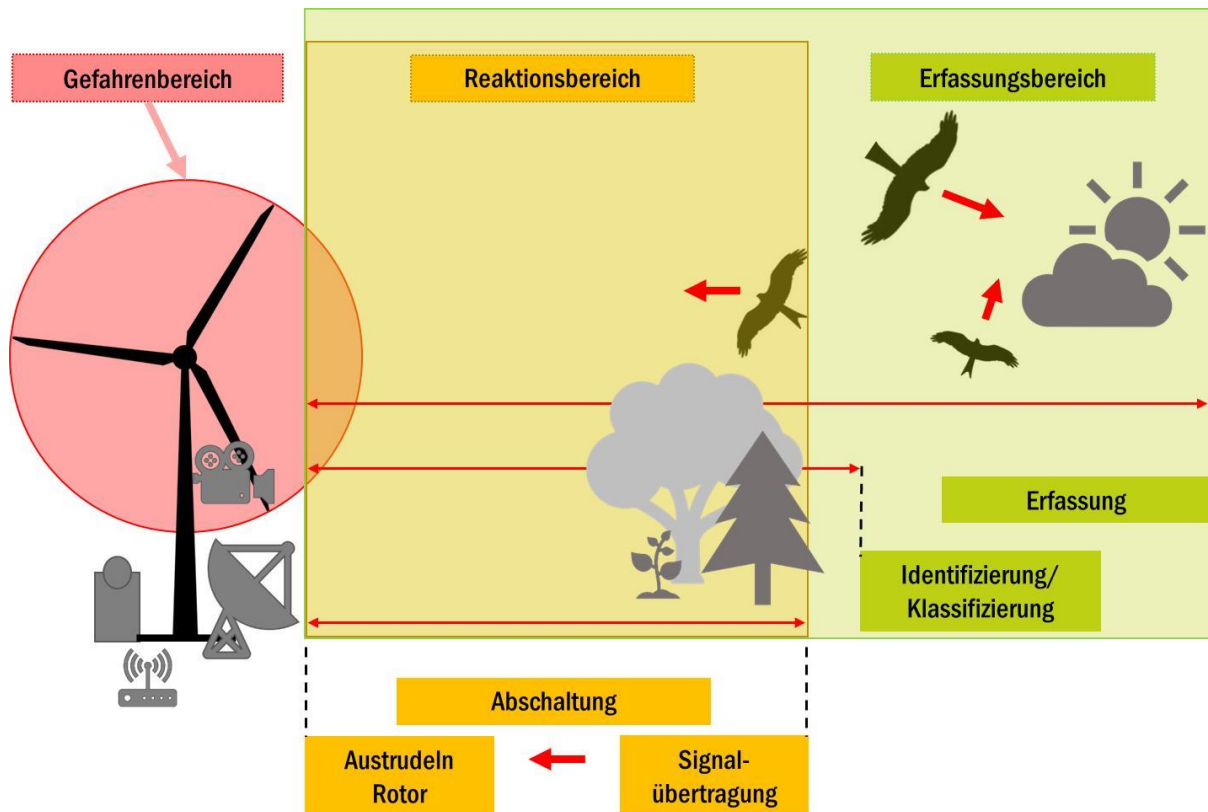


Abbildung 1: Schritte der technischen Detektion und Betriebsregulierung einer Windenergieanlage (schematisch; Quelle: KNE, verändert)

### 3.2 Entwicklungsstand

Die Detektionssysteme weisen jeweils unterschiedliche Technologie-Reifegrade, Kosten und potenzielle Einsatzbereiche auf (vgl. KNE 2018, 2019b). Dies ermöglicht bereits einen Vergleich potenziell aussichtsreicher Systeme auf Basis ihres heutigen Entwicklungsstandes. Bei den Radarsystemen kommt es bei der Weiterentwicklung vor allem darauf an, dass nicht nur Vogelschwärme, sondern auch Einzelindividuen sicher erfasst werden. Mit Hilfe weiterer Analysesoftware soll es ermöglicht werden, zumindest Artgruppen und auch einzelne Arten zu differenzieren. Bei Kamerasystemen geht es vor allem darum, eine möglichst hohe Reichweite und Auflösung zu erzielen, damit Vögel in ausreichendem Abstand zur WEA erfasst werden können. Die Arterkennung erfolgt automatisiert mit Hilfe softwarebasierter Bilderkennung.

Für die Beurteilung der Systeme hinsichtlich des Entwicklungsstandes, aber auch der fachlichen Anforderungen, sind folgende Parameter relevant:

- Automatisierungsgrad der Detektion bzw. Erkennung/Klassifizierung; Echtzeiterfassung; Erfassungsrate,
- Entfernungsmessung, minimale erfassbare Flugobjektgröße (max. Erfassungsdistanz/Reichweite, Auflösung usw.), Erfassung von Flugwegen,
- artspezifische Erkennung bzw. nur Erfassung vogelartiger Flugobjekte,
- Abhängigkeit von Sicht- bzw. Lichtverhältnissen; Sichtfeld; Tag-/Nachterfassung,
- Kopplung an Reaktion (Vergrämung, WEA-Steuerung),
- Fehlauflösungen (Falsch-Positiv-Rate, Falsch-Negativ-Rate – s. Glossar Kap. 8) und
- Überprüfbarkeit.

Anwendungsfälle einzelner Systeme sind derzeit auf F+E-Vorhaben bzw. auf von Betreibern in Zusammenarbeit mit Systemherstellern initiierte Erprobungen beschränkt. Die aktualisierte Systemübersicht (KNE 2020b) kennzeichnet die Systeme, welche in Deutschland bereits erprobt werden.

Hierüber und auf Basis weiterer Workshops in 2020 und Fachkonferenzen (im Frühjahr 2021) soll aufgezeigt werden, welche der Systeme die Anforderungen an Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erfüllen.

### 3.3 Detektion (Erfassung und Erkennung)

Die Detektion im Sinne einer Erfassung, Erkennung und Verfolgung eines oder mehrerer Vögel im Luftraum um eine WEA oder einen Windpark stellt hohe technische Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Systeme.

Auf die **Erfassung** von Flugobjekten im Umfeld der WEA folgt – innerhalb von Sekunden – eine automatisierte Klassifizierung („Erkennung“). Dies ist ein wichtiger Schritt, denn nur wenn es möglich ist, die Zielobjekte von den „sonstigen Flugobjekten“ zu unterscheiden, kann auch eine bedarfsgesteuerte Reaktion erfolgen.

Die **Klassifizierung** kann bis hin zur Erkennung von Größenklassen, Vogelartengruppen und einzelnen Vogelarten (artspezifische Erkennung) gehen. Die Kamera-Systeme können nach Angaben der Systemhersteller Zielobjekte auf eine Entfernung von 350 bis 750 Metern erkennen. Bei Radarsystemen liegt die Reichweite zwischen drei und fünf Kilometern. Bei Kamerasystemen ist die sichere Unterscheidung von Vögeln auf Art-Ebene unterschiedlich weit fortgeschritten. Einzelne Systeme weisen hier bereits eine ausreichende Zuverlässigkeit auf. So konnte in einem Erprobungsvorhaben eine sichere Arterkennung auf eine Entfernung von 700 Metern belegt werden (Reichenbach, 05.02.2020). Bei den Radarsystemen wird an der art- bzw. artgruppenspezifischen Erkennung noch gearbeitet (KNE 2020b).

Die **Erfassungsreichweite** muss mindestens den artspezifischen **Reaktionsbereich** einer Zielart abdecken, zzgl. des Abstandes der für die Erkennung/Klassifizierung benötigten Zeit. Wie groß der Erfassungsbereich – und damit die Reichweite – sein muss, hängt von der Fluggeschwindigkeit der Zielart in Richtung Anlage und der „technischen Reaktionszeit“ ab. Wenn beispielsweise als Reaktionszeit einer automatisierten Erkennung bis hin zum Erreichen des Trudelbetriebs 40 Sekunden<sup>4</sup> zugrunde gelegt werden, müsste das System im Hinblick auf einen Vogel, der mit einer mittleren Geschwindigkeit von 40 km/h direkt auf die WEA zufliegt, eine Erfassungsreichweite von mindestens etwa 450 Metern<sup>5</sup> haben. Das System ist am Standort so zu installieren, dass der zu überwachende Bereich einsehbar und vom System erfasst ist.

Um Abschaltungen (hier: Übergang in einen Trudelbetrieb mit deutlich reduzierter Blattspitzengeschwindigkeit) auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken und Ertragseinbußen zu minimieren, sollte das System auch eine möglichst geringe Falsch-Positiv-Rate (Fehlabschaltung) haben. Hierfür ist es erforderlich, dass die Systeme eine hohe Klassifizierungsgenauigkeit (artspezifische Erkennung) erreichen.

Wie hoch die Erfassungsrate (Falsch-Positiv-Rate, Falsch-Negativ-Rate) der einzelnen Systeme ist, kann beantwortet werden, sobald Erprobungsergebnisse der Systeme – möglichst an unterschiedlichen Standorten – vorliegen und ausgewertet sind. Dies ist bis Ende 2020 bzw. Frühjahr 2021 zu erwarten. Prinzipiell sollten die Systeme eine möglichst niedrige

---

<sup>4</sup> Demonstrationen an einer Vielzahl von WEA verschiedener Hersteller haben gezeigt, dass der Zeitraum mit 30 Sekunden auch deutlich kürzer sein kann (FEFA, siehe FA Wind 2018, S. 14)

<sup>5</sup> Der Vogel würde bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h innerhalb eines Erfassungs- und Reaktionszeitraums von 40 Sekunden ca. 440 Meter Flugstrecke zurücklegen. Bei 60 km/h wären es in diesem Zeitraum ca. 670 Meter.

Fehlerrate, d. h. eine noch festzulegende möglichst geringe Anzahl an nicht erkannten, geschützten Tierarten (Falsch-Negativ-Rate) aufweisen. Die Anforderung, niedrige Fehlerraten zu erreichen, erscheint nach derzeitigem Kenntnisstand erfüllbar.

Wird eine Zielart erkannt, würde – falls eine Reaktion der WEA vorgesehen ist – ein Signal an die Anlagensteuerung der WEA ausgelöst (siehe Kap. 3.4). Die dafür benötigte Software, die notwendige Rechnerkapazität und die Schnittstelle zur Steuerung ist anlagen- und systemspezifisch.

Die Kriterien, die im Rahmen einer Erprobung angewendet werden sollten, um die Erprobung fachwissenschaftlich belastbar durchzuführen (vgl. KNE 2019a), stellen zugleich auch den Anforderungsrahmen für die Ermittlung der Detektionsleistung dar. Für die Festlegung, welche Mindestanforderungen dabei jeweils erfüllt sein müssen, bedarf es einer weitergehenden fachlichen und fachpolitischen Diskussion unter Berücksichtigung von praktischen Erprobungsergebnissen.

Die vordergründigen, derzeit vielfach diskutierten, aber zum Teil noch offenen Fragestellungen und festzulegenden Anforderungen für den Bereich der Detektion sind in **Box 1** aufgeführt.

#### **Box 1: Fragestellungen „Detektion“**

- technische Leistungsfähigkeit: Welche Mindestanforderungen sind an die Reichweite, Objektlokalisierung und Erfassungsrate zu stellen?
- Festlegung des Risikobereichs: Auf welche Distanz zur WEA muss die Objekterkennung möglich sein? Soll der Risikobereich auf Grundlage der mittleren Fluggeschwindigkeiten art- bzw. verhaltensspezifisch bestimmt werden? Welche Bereiche (Abdeckung) sind zu detektieren?
- Abdeckungsrate am Standort: Wieviel Prozent des Umfeldes der WEA bzw. Erfassungsbereiches des Systems müssen abgedeckt und überwacht werden können?
- Fehlerraten: In welcher Höhe sind Falsch-Negativ-Raten statistisch und fachlich vertretbar? Welche Falsch-Positiv-Raten sind (betriebswirtschaftlich) tolerierbar? Sollen für letztere Schwellenwerte festgelegt werden, um die Wirtschaftlichkeit nicht zu gefährden?

### **3.4 Reaktion**

Um eine mögliche Kollision zu vermeiden, kommen rein technisch gesehen eine Betriebsregulierung (Abschaltung in den Trudelbetrieb) und die Auslösung von Vergrämungssignalen in Frage.

#### **3.4.1 Abschaltung (Übergang in den Trudelbetrieb)**

Von der Erfassung eines Flugobjektes über die Klassifizierung als Zielart bis zur Abschaltung (hier verstanden als Auslösen des Trudelbetriebs) können zwischen 20 und 40 Sekunden vergehen. Die Zeitspanne hängt sowohl vom Anlagentyp und der Windgeschwindigkeit (Rotorumdrehung) als auch von der Geschwindigkeit der Signalübertragung und der Möglichkeit, direkt in die Betriebsregulierung der Anlage einzugreifen, ab. Der Wert von 40 Sekunden entspricht einer „worst-case-Annahme“. Es gibt Demonstrationen, bei denen Anlagen verschiedener aktueller WEA-Typen innerhalb von 20 bis 30 Sekunden in den Trudelbetrieb gelangen (FEFA, siehe FA Wind 2018: 14). Denkbar ist auch eine gestufte Drosselung der Anlage, in Abhängigkeit davon, ob und wie schnell sich der Vogel tatsächlich der Anlage weiter nähert.

Hat die Zielart den Risikobereich verlassen, benötigt der Neustart und das Wiederanfahren der Anlage eine gewisse Zeit. In einem Erprobungsvorhaben werden ca. zehn Minuten pro erfolgter Betriebsregulierung veranschlagt (Reichenbach, 05.02.2020). Hieraus und aus der Anzahl täglicher Auslösungen lassen sich – unter Annahme einer bestimmten Flugaktivität im Gefahrenbereich bzw. Reaktionsbereich – Abschaltzeiten überschlägig ermitteln.

Die zum Teil noch offenen Fragestellungen und die entweder auf Basis von fachlichen Kriterien, Erprobungen oder durch naturschutz- oder verbandspolitische Entscheidungen festzulegenden Anforderungen für den Bereich der Reaktion sind in **Box 2** aufgeführt.

#### **Box 2: Fragestellungen „Reaktion“**

- Welche Dauer für Erkennung, Klassifizierung und Signalübertragung bis zur eigentlichen Reaktion der Anlage bzw. welche minimale Erkennungsreichweite sollen als Grundlage für die Bestimmung von Mindest-Erfassungsreichweiten angenommen werden?
- Wie ist sichergestellt, dass ein System bestimmte Kombinationen von Faktoren (Position des Vogels, Bewegungsrichtung und Fluggeschwindigkeit, erhöhte Anzahl von Individuen) bewältigt?
- Ist anstelle eines Trudelbetriebs auch eine Verlangsamung der Rotorblätter auf eine zu definierende Rotorblattspitzengeschwindigkeit ausreichend, um das Kollisionsrisiko unter die Signifikanzschwelle zu reduzieren?
- Zumutbarkeit: Um das Ziel einer kostengünstigen Energieerzeugung nicht zu konterkarieren, ist zu prüfen, welcher wirtschaftliche Mehraufwand für die Betreiber zumutbar ist, und ob sich daraus die Notwendigkeit ergibt, Obergrenzen für die Zahl oder Dauer von Abschaltungen pro Tag/Monat festzulegen. Wenn ja, ist dies naturschutzfachlich darzulegen (Maßstäbe) und aus naturschutzrechtlicher Sicht zu überprüfen.

### **3.4.2 Vergrämung**

Für die Vermeidung von Kollisionen kommt technisch gesehen auch die Vergrämung von sich der WEA nähernden Vögeln durch zum Beispiel akustische oder optische Signale in Betracht. Jedoch ist für diese Form der Reaktion eine Vielzahl an Problemen zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der generellen Wirksamkeit von Vergrämungen, insbesondere akustischer, aber auch visueller<sup>6</sup>, liegen bislang lediglich Studien aus anderen Bereichen, wie beispielsweise der Flugsicherheit und der Landwirtschaft vor (u. a. Harris und Davis 1998). Daraus geht hervor, dass sich für das gesamte Spektrum der Vergrämungssignale bereits nach kurzer Zeit Gewöhnungseffekte einstellen. Diese Effekte können durch einen bedarfsgesteuerten Einsatz wie auch eine Variation verwendeter Signale zwar gegebenenfalls verzögert, jedoch die Nicht-Wirksamkeit nicht ausgeschlossen werden. Diese Erkenntnisse könnten begrenzt durchaus auf die Anwendung an Windenergieanlagen übertragbar sein, jedoch existieren für diesen Bereich bislang noch keine langfristig angelegten Untersuchungen mit geeigneten Methoden.

Ein weiterer Aspekt, der den Einsatz von Vergrämung als Reaktionsmöglichkeit zusätzlich erschweren könnte, ist die Akzeptanz der Bevölkerung hinsichtlich der eventuell als störend empfundenen Signale (vgl. Kap. 4.5).

---

<sup>6</sup> Davon zu unterscheiden sind Maßnahmen zur Erhöhung der Sichtbarkeit (bspw. Einfärbung von Rotorblättern), deren Wirksamkeit in ersten Studien für bestimmte Arten durchaus beobachtet werden konnte (May 2017).

Allerdings ist neben dem noch ausstehenden Nachweis der Wirksamkeit eines technischen, bedarfsgesteuerten Vergrämungssystems (fehlende Belege aus der Forschung), also der Senkung des Tötungsrisikos eines Individuums unter die Signifikanzschwelle (§ 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG), jedoch auch der Einklang der Vergrämung von Tieren mit dem Artenschutzrecht zu beachten. Festgelegt ist in § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG, beruhend auf der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Art. 12 Abs. 1b FFH-RL), dass eine Störung einer geschützten Art während sensibler Zeiten unzulässig ist. Dies kann beispielsweise während der Aufzuchtzeit auf essentielle Nahrungshabitate zutreffen. Eine Störung durch eine Vergrämungsmaßnahme ist nicht grundsätzlich verboten, vielmehr müsste diese erheblich sein. Dies ist der Fall, wenn sich der Erhaltungszustand der lokalen Population einer Art verschlechtert. Zudem ist bei Überlegungen zum Einsatz von Vergrämungsmaßnahmen zu beachten, dass das Vergrämungssignal potenziell auf mehr Arten als auf die Zielart wirken kann. Es müsste demnach, zum Beispiel über artenschutzfachliche Voruntersuchungen, sichergestellt werden, dass durch die Signalauslösung nicht andere geschützte Arten in unzulässiger Weise erheblich gestört werden.

Eine wirksame Vergrämung läge zum Beispiel dann vor, wenn der sich im Anflug auf die WEA befindliche Vogel wenige (Milli-)Sekunden nachdem das Signal ausgelöst wurde, eine Reaktion (Änderung der Flugrichtung, Flughöhe oder Fluggeschwindigkeit) zeigt und sich aus dem artspezifischen Reaktionsbereich entfernt (KNE 2019: 22). Die Vergrämungsmaßnahme könnte für den Fall, dass sie nicht funktioniert und der Vogel seine Flugbahn nicht ändert, an eine Abschaltung gekoppelt werden.

Die Vielzahl der genannten Probleme und Herausforderungen sind bei Überlegungen zum Einsatz der Vergrämung gegenüber der Abschaltung, als anerkannt wirksame Reaktion, zu berücksichtigen. Die Erforschung etwa der Gewöhnungseffekte oder der Störung lokaler Populationen ließe in kurzen Zeiträumen zudem keine belastbaren Ergebnisse erwarten. Somit sind auch die Fragestellungen in **Box 3** als grundsätzliche Sammlung der Herausforderungen zum Themenkomplex Vergrämung zu verstehen, die jedoch für die kurzfristige Einführung der Systeme (mit Abschaltung als Reaktion) derzeit nicht relevant sind.

### **Box 3: Fragestellungen „Vergrämung“**

- Wirksamkeit, Gewöhnungseffekte: Welche Signale (z. B. akustisch, optisch) sind für die betroffenen Arten im Rahmen des Anlagenbetriebes dauerhaft vergrämend wirksam? Können die Erfahrungen bezüglich des Gewöhnungseffektes aus anderen Anwendungsbereichen übertragen werden oder können Gewöhnungseffekte durch die bedarfsgesteuerte Auslösung ausgeschlossen werden? Ist eine mögliche Gewöhnung von der Häufigkeit der Vergrämungssignale abhängig?
- Wie lässt sich der Eintritt des Störungsverbotes bei bedarfsgesteuerter Vergrämung feststellen?
- Ist die Vergrämung aufgrund der potenziellen Beeinträchtigung von Wohn-/Erholungsfunktion (s. Kap. 4.5) und der daraus erwachsenden Zielkonflikte eine verfolgenswerte Option?
- Ist eine Vergrämung eine für sich allein ausreichende Reaktion oder ist zwingend eine Kombination mit einer Abschaltung, als zweitem Reaktionsschritt, wenn die Vergrämung nicht erfolgreich ist, erforderlich?

### 3.5 Anforderung an die technischen Systeme und deren Erprobung

Eine Voraussetzung für die adäquate Reaktion eines Systems ist die valide und praxistauglich überprüfbare Einhaltung von technischen und fachlichen (Mindest-)Anforderungen an die Systeme. Diese sind möglichst vorab zu definieren oder beispielsweise über eine (wissenschaftlich) vergleichbare Methodik zu erproben.

Das KNE hat in Zusammenarbeit mit Fachexperten ein „Anforderungsprofil Erprobung“ entwickelt (KNE 2019a). Es soll eine möglichst einheitliche, fachlich belastbare Vorgehensweise bei der Durchführung von Erprobungen ermöglichen. Ziel ist es, mit Hilfe der vorgeschlagenen Kriterien und Methoden, die Grundlagen für einen Eignungs- und Wirksamkeitsnachweis zu schaffen. Das Anforderungsprofil wird inzwischen nicht nur im BfN-Forschungsprojekt NatForWINSENT berücksichtigt, sondern darüber hinaus auch bei den laufenden, Betreiber-initiierten Erprobungen angewendet.

Neben methodischen Empfehlungen werden im Anforderungsprofil bereits wichtige Eckpunkte definiert (Abgrenzung des Reaktionsbereichs, Annahmen zur Fluggeschwindigkeit usw.), so dass einheitliche Erprobungsansätze gewählt werden können. Anhand erster Erkenntnisse wird das Anforderungsprofil fortgeschrieben (KNE 2020a).

Zum Themenfeld der Erprobung ergeben sich perspektivisch Anpassungsbedarfe hinsichtlich der finalen Festlegung auf Anforderungen an die technische Leistungsfähigkeit (siehe **Box 1**) bzw. an die Reaktion (siehe **Box 2**). Auch die Übertragbarkeit der Erprobungsergebnisse auf verschiedene Naturräume ist diskussionswürdig. Der Nachweis darüber, ob das System so installiert ist, dass es die bestimmungsgemäße Wirkung erzielt, ist jeweils im Einzelfall zu erbringen. An jedem Standort wird es somit eine Phase geben, in der das System eingerichtet und seine Funktionsfähigkeit als Grundlage für den Nachweis der sachgemäßen Durchführung einer Vermeidungsmaßnahme nachgewiesen werden muss.

#### 3.5.1 Positionierung

Für die Installation bzw. Positionierung der technischen Detektionssysteme sind zwei Varianten denkbar:

- unabhängig von der WEA an einem Standort, der den bestmöglichen Überblick über den Erfassungsbereich ermöglicht und eine hohe Abdeckungsrate erreicht (Bei Sichtfeldeinschränkungen muss das Detektionssystem ggf. erhöht an einem freistehenden Mast oder auf einem Turm installiert werden.),
- an der WEA selber in einer Höhe, aus der der Erfassungsbereich ausreichend überblickt werden kann.

Eine sichere Stromversorgung sowie eine direkte Übertragung der Steuerungssignale an die Anlagensteuerung müssen in jedem Falle gegeben sein. Ebenso ist die dauerhafte, die Standfestigkeit der Anlage und die Funktionsfähigkeit des Detektionssystems nicht beeinträchtigende Befestigung oder Installation vorauszusetzen.

Wie hoch die Abdeckungsrate sein muss bzw. welcher Grad an Sichtfeldeinschränkungen hinnehmbar ist, bedarf einer weiteren Diskussion und kann von den lokalen Gegebenheiten oder der Zielart abhängig sein.

#### 3.5.2 Gegenstand der Erfassung

Gegenstand der Erfassung sind die am Standort für die Genehmigungserteilung relevanten Zielarten. Dies sind jeweils die in den Leitfäden der Länder oder anderen untergesetzlichen Regelungen als windenergiesensibel aufgeführten Arten. Für diese Arten gilt derzeit die Regelvermutung, dass bei einer erhöhten Aktivität im Vorhabengebiet ein signifikant erhöhtes

Tötungsrisiko vorliegt. Vertiefend zu überprüfen ist dies insbesondere bei Unterschreitung bestimmter Abstandsradien zu den Niststätten dieser Arten. Demzufolge geht es bei der Prüfung, ob das Tötungsverbot erfüllt wird, in erster Linie um das Brutpaar oder um die die Niststätte nutzenden Brutvögel. Ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko kann darüber hinaus per Definition auch dann vorliegen, wenn eine windenergiesensible Art auf dem Weg zur Nahrungsfläche eine oder mehrere Anlagen durchfliegt oder die angesteuerte Nahrungsfläche oder andere essenzielle Funktionsräume der betreffenden Art von dem Vorhaben betroffen sind. Dies gilt auch für temporär erhöhte Risiken zum Beispiel bei Mahd oder Ernte, wenn diese Ereignisse zu einer erheblichen Nutzung der Fläche beispielsweise durch Greifvögel führen.

Das Detektionssystem muss diese Vogelarten sicher erkennen. Auch wenn das System eine zuverlässige artspezifische Detektion leisten kann, ist davon auszugehen, dass es neben den derzeit üblicherweise bei der Signifikanzbetrachtung relevanten Brutvögeln viele weitere Individuen der Zielart (insb. Nichtbrüter) erfasst und für diese einen Abschaltimpuls auslöst. Es wird zu diskutieren sein, zu wieviel mehr Abschaltungen diese standort- und ereignisbezogenen Systeme führen würden, und ob dies im Einzelfall vertretbar ist. Systeme mit zuverlässiger, artspezifischer Detektion werden aber andererseits in der Lage sein, zwischen Zielarten und anderen Arten zu differenzieren und dadurch die Zahl der Abschaltungen zu reduzieren.

Die automatisierten Detektionssysteme werden zukünftig in der Lage sein, die Flugaktivitäten an einem Standort wesentlich umfassender und genauer zu erfassen, als es etwa durch auf Beobachtung gestützte Raumnutzungsanalysen (Stichproben an einzelnen Beobachtungstagen) möglich ist. Automatisierte Raumnutzungsanalysen können allein schon durch die hohe Stichprobenzahl einer „Dauerbeobachtung“ an Zuverlässigkeit gewinnen. Die Prognoseunsicherheiten zukünftiger, etwa durch Landnutzungsänderungen ausgelöste, Verschiebungen von Brutstandorten und Raumnutzungen lassen sich allein durch eine verbesserte Detektion jedoch nicht verringern.

### **3.5.3 Rahmenbedingungen der Erprobung**

Gegenwärtig finden erste systematische Erprobungen im Forschungskontext (etwa „NatFor-WINSENT“) sowie im Rahmen von Genehmigungsvorhaben statt (vgl. KNE 2019b).

Eine Erprobung insbesondere der Funktionsfähigkeit kann sowohl an Standorten mit Bestandsanlagen als auch an Standorten, an denen noch keine WEA stehen, vorgenommen werden. Ein möglicher „Radarschatten“ bzw. mögliche Sichteinschränkungen durch vorhandene WEA können modelliert werden. Der Eignungsnachweis für das Detektionssystem ist somit nicht zwingend auf Bestandsanlagen angewiesen. Ebenso ist es nicht zwingend erforderlich, dass sich zum Nachweis der rechtzeitigen Reaktion WEA am Standort befinden. Die rechtzeitige Abschaltung kann mit Hilfe der Daten über den Erfassungsbereich (Abstand zur WEA) und mit der Annahme der mittleren Fluggeschwindigkeit der Zielart (ggf. mit Sicherheitsaufschlag) simuliert werden. Es sollte unter Verwendung der technischen Daten des geplanten Anlagentyps gezeigt werden können, dass es möglich ist, innerhalb der Reaktionszeit eine ausreichend geringe, ggf. festzulegende Rotorblattspitzengeschwindigkeit bzw. Umdrehungszahl zu erreichen. Bei Unterschreiten dieser Schwelle kann davon ausgegangen werden, dass auch unter ungünstigen Bedingungen kein erhöhtes Tötungsrisiko mehr vorliegt.

Gleichwohl wäre es von großem Interesse, die Detektionssysteme auch an Standorten mit Bestandsanlagen einzusetzen, um auch das Verhalten der Vögel gegenüber den WEA (etwaiges Meide- oder Ausweichverhalten) abbilden zu können. Daraus könnten wiederum Rückschlüsse für die Arbeitsweise der Systeme getroffen werden.

Gegenwärtig befürchten Betreiber, dass die Erkenntnisse über die Flugaktivität, die an Bestandsanlagen gewonnen würden, zu ihrem Nachteil wären. So könnten Vorkommen von

Arten, die zum Zeitpunkt der Genehmigung nicht bekannt waren, nachträgliche einschränkende Auflagen oder (zeitweilige) Maßnahmen der Gefahrenabwehr zur Folge haben. Nach Berichten von Betreibern sei es noch nicht gelungen, von den Behörden eine „Freistellung“ zu erhalten, so dass die Ergebnisse keinen Einfluss auf den Weiterbetrieb hätten.

Die artenschutzrechtlichen Bestimmungen sind in der Tat auch bei einer Erprobung im Bestand zu beachten. Allerdings kommt die Erteilung einer Ausnahme nach § 45 Abs. 7 BNatSchG in Betracht, wenn die Voraussetzungen hierfür im Einzelfall erfüllt sind.

#### **Box 4: Fragestellungen „Rahmenbedingungen der Erprobung“**

- Wie können Erprobungen an Bestandsanlagen durchgeführt werden, so dass sie keine Nachteile für einen Betreiber, der seine WEA für eine Erprobung zur Verfügung stellt, zur Folge haben?
- Wie können Erprobungen in Genehmigungsverfahren integriert werden, welche standortspezifischen Erprobungsanforderungen bzw. Nachweise sollten vor Antragstellung abgeklärt sein, welche können noch während der Antragstellung bearbeitet werden?

#### **3.5.4 Nachweis der Wirksamkeit der bedarfsgesteuerten Vermeidungssysteme**

Der Nachweis der Wirksamkeit einer automatisierten und bedarfsgesteuerten Betriebsregulierung ist jeweils standort- und zielartbezogen zu erbringen. Die Wirksamkeit für die Zielart wird bei den meisten Systemen (außer GPS-Besenderung von Einzeltieren mit „Geofencing“) auf Individuen derselben Artengruppe übertragbar sein.

Um eine abstrakte Aussage über die Wirksamkeit von technischen Systemen treffen zu können, sind Erprobungen für eine bestimmte Zielart möglichst in verschiedenen naturräumlichen Situationen durchzuführen. Wie viele Erprobungen bundesweit durchgeführt werden müssen, um zu repräsentativen Aussagen zu kommen, ist noch nicht festgelegt. Die Erprobung der Systeme und deren Ergebnisse sollten möglichst veröffentlicht werden. Zum Beispiel sollen sich die im Rahmen des NatForWINSSENT-Projektes und die im Rahmen von Praxisanwendungen vom KNE betreuten Fälle ergänzen.

Am Erprobungsstandort selbst hängt die Wirksamkeit von mehreren Faktoren ab: von zentraler Bedeutung ist die Abdeckung des Risikobereichs durch das Radar- oder Kamerasystem. Durch das Relief, Bauwerke und Bäume kann es zu Einschränkungen kommen. Befinden sich bereits WEA am Standort, können auch diese ein Sichthindernis darstellen. Über rauem Gelände oder oberhalb der Baumwipfel können bei Radarsystemen sog. „Clutter“ auftreten, in denen die Radarsignale durch Fehlechos gestört sind. Diese Bereiche können mehrere Meter betragen, in denen die Zielart nicht sicher detektiert werden kann. Die Abdeckung von Kamerasystemen kann durch starre Aufnahmewinkel, einen ungünstigen Sonnenstand oder schlechte Witterung eingeschränkt sein. Im Rahmen der Erprobung müssen jeweils Entscheidungen getroffen werden, ab wann an einem Standort die Detektionsgenauigkeit derart eingeschränkt ist, dass dies auch für die Wirksamkeit anzunehmen ist. Als Maßstab sind ggf. Unschärfen heranzuziehen, die auch bei einer Beobachtung von ausgewählten Standpunkten aus in Kauf genommen werden.



Es wird festzulegen sein, welche Unschärfen im Rahmen der Signifikanzbewertung tolerabel sind, denn auch durch den Einsatz der Systeme kann kein vollständiger Schutz vor Schlagopfern<sup>7</sup> erwartet werden.

Für den Eignungsnachweis sind die im „Anforderungsprofil Erprobung“ (KNE 2019a) genannten Kriterien abzuprüfen. Hierzu gehören:

- die Erfassungsreichweite,
- die Erfassungsrate,
- die Klassifizierungsgenauigkeit des Flugobjektes und
- die „Rechtzeitigkeit“ der Reaktion (Vergrämung, Trudelbetrieb).

Wie die einzelnen Kriterien zu ermitteln sind, ist im o. a. Anforderungsprofil beschrieben.

Die Zuverlässigkeit der Detektion wird in der Erprobungsphase jeweils durch ein „Zweitsystem“, in der Regel Beobachter vor Ort, validiert. Im Falle einer Telemetrierung der Zielarten erfolgt die Validierung durch Abgleich mit den GPS-Daten des Senders und den vom System in Echtzeit gespeicherten Ortsbestimmungs- bzw. Ortsveränderungsdaten. Wichtig zu erwähnen ist, dass es für die Belastbarkeit der Erprobung darauf ankommt, eine ausreichend hohe Stichprobenzahl der Flugaktivität der Zielart am Standort zu erreichen. Bei einer Validierung durch einen oder mehrere Beobachter vor Ort sollten diese Laser Rangefinder (Laser-Ferngläser mit Entfernungs- und Winkelbestimmung) einsetzen, um die Tracking-Genauigkeit des Detektionssystems zu validieren. Bei einer Reichweite von max. 750 Metern können mehrere solcher Geräte erforderlich sein, um ebenfalls eine vollständige Abdeckung zu ermöglichen. Eine Mindest-Stichprobenzahl kann mit einer sog. „Power-Analyse“ statistisch ermittelt werden. Weitere Hinweise zur Validierung finden sich im „Anforderungsprofil“ (KNE 2019a).

Die zum Thema Nachweis der Wirksamkeit zusammengetragenen Fragestellungen sind in **Box 5** aufgeführt.

---

<sup>7</sup> Die Klärung der Frage, ob eine Risikoerhöhung im Einzelfall als „signifikant“ anzusehen ist, setzt eine wertende Betrachtung voraus (BVerwG, Beschluss vom 8. März 2018 – 9 B 25/17, juris, Rn. 11). Hierbei sind artspezifische Verhaltensweisen, die häufige Frequentierung des durchschnittlichen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen zur Abwendung von Verbotseintritten zu berücksichtigen (BVerwG, Urteil vom 14. Juli 2011 – 9 A 12/10, juris, Rn. 99; vgl. BVerwG, Beschluss vom 8. März 2018 – 9 B 25/17, Rn. 11, juris). Ein Nullrisiko ist dabei nicht zu fordern, weshalb auch Schutzmaßnahmen nicht mit nahezu 100 %-iger Sicherheit jegliche Kollisionen vermeiden müssen (vgl. BVerwG, Urteil vom 28. April 2016 – 9 A 9/15, juris, Rn. 141). Wenn die Signifikanzschwelle nicht überschritten wird und dennoch der unvermeidliche Verlust einzelner Exemplare eintritt, ist dementsprechend kein Verstoß gegen das Tötungsverbot gegeben (Bundestag Drucksache 18/11939, 12. April 2017, S. 17; so bereits BVerwG, Urteil vom 9. Juli 2008 – 9 A 14/07, juris, Rn. 91).

### **Box 5: Fragestellungen „Nachweis der Wirksamkeit“**

- Welche Stichprobenzahl ist im Rahmen der Erprobung für den Nachweis einer ausreichenden Wirksamkeit eines Systems erforderlich?
- Wie können die rechtlichen Anforderungen der artspezifischen Wirksamkeit bzw. Wirksamkeitshöhe bereits bei der Erprobung erfüllt/berücksichtigt werden?
- Welche Mindestanforderungen sind an die Erfüllung zentraler Parameter (z. B. Sicherstellung artspezifischer Erkennung, minimale Auflösung/Reichweite, vertretbarer Anteil der Fehlauflösungen/Nichtererkennung) zu stellen?
- Werden Schwellenwerte benötigt, um die Wirksamkeit quantifizieren zu können?
- Kann bzw. muss die tatsächliche Reduktion des Kollisionsrisikos, vor dem Hintergrund von Kollisionen als sehr seltenem Ereignis, empirisch nachgewiesen werden, oder ist eine hohe Wirksamkeitsprognose ausreichend?
- Welche Anforderungen sind an die Dokumentation der Systemdaten (z. B. für die Kontrolle) zu stellen?
- Unter welchen Voraussetzungen sind Erprobungsergebnisse zum Nachweis a) der Funktionsfähigkeit und b) der Wirksamkeit eines Systems perspektivisch verallgemeinerbar?
- Ab wann ist an einem Standort die Detektionsgenauigkeit derart eingeschränkt, dass dies auch für die Wirksamkeit anzunehmen ist?
- Wann erfolgt die Erprobung (Übergangsphase) im Verfahrensablauf?

## **4 Technische, wirtschaftliche und administrative Aspekte der Umsetzung und Anwendung**

Hinsichtlich der technischen Umsetzung bzw. Anwendung in der Praxis ist für eine Anerkennung der Systeme sowohl seitens der Behörden oder Gerichte als auch seitens der Hersteller und Betreiber die Erfüllung der (in Teilen noch auszuarbeitenden) Anforderungen an die Systemfunktion und Wirksamkeit durch zum Beispiel Zertifizierungen notwendig bzw. hilfreich.

Neben der Annahme als anerkannte Vermeidungsmaßnahme sind hinsichtlich der Umsetzbarkeit auch Fragen der Akzeptanz (Anwohner), Kosten und Auswirkungen auf den WEA-Betrieb entscheidende Aspekte.

### **4.1 Technische Anforderungen an die Systemfunktionen**

Die einzelnen Systemfunktionen – Erfassung durch Radar/Kamera, Informationsverarbeitung und rechnergestützte Klassifizierung, Weiterleitung von Schaltimpulsen und „Aufschaltung“ auf die Anlage durch eine passende Schnittstelle – müssen gegeben und jeweils möglichst ausfallsicher ausgelegt sein. Ausfallzeiten reduzieren die Wirksamkeit vor Ort. Zugleich sollte sichergestellt sein, dass Wartung und Reparatur sowie die Lieferung und Installation von Ersatzteilen kurzfristig möglich sind. Im Interesse der Minimierung von Ausfallzeiten, die mit einer Betriebsregulierung der WEA einhergehen könnten, sollten Betreiber auf entsprechende Serviceverträge achten.

Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Systems vor Ort ist eine störungsfreie Stromversorgung sowie die Bereitstellung von ausreichenden Rechnerkapazitäten. Sowohl bei

Radarsystemen (sekundengenaueres Tracking) als auch bei Kamerasystemen (Bildverarbeitung und -abgleich) sind große Übertragungs- und Rechnerkapazitäten erforderlich.

Der Nachweis der generellen Wirksamkeit bzw. insbesondere die generelle Funktionstüchtigkeit eines Systems (für bestimmte Arten oder Artgruppen) gegenüber den Genehmigungsbehörden könnte erleichtert werden, wenn dieses zertifiziert ist. Eine Zertifizierung erfolgt i. d. R. anhand einer Güterichtlinie, die von einem Sachverständigenrat, der sich aus Mitgliedern aller betroffenen Parteien zusammensetzt, erstellt wird. Die Prüfung erfolgt durch eine anerkannte Kontrollstelle. Alternativ zu einem Zertifikat könnte ein Nachweis über ein durchgeführtes Prüfverfahren vorgelegt werden, den die Behörde dann selbsttätig zu prüfen hätte.

**Box 6: Fragestellungen „Technische Anforderungen an die Systemfunktion“**

- Sind Erfahrungen aus der Anerkennung der bedarfsgerechten Nachtkennzeichnung übertragbar? Wo gibt es Gemeinsamkeiten oder Unterschiede?
- Wann sollten Systeme zertifiziert werden, und wie (z. B. über eine Güterichtlinie; Absicherung der Funktionsfähigkeit bei Ausfall einzelner Komponenten [Redundanz], Haftung, Wartung, Bereitstellung von Ersatzteilen)?

#### **4.2 Technische und betriebswirtschaftliche Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb**

Es ist bei der Erschließung von Standorten durch WEA und dortigem Einsatz von technischen Systemen mit bedarfsgesteuert ausgelöster Betriebsregulierung zu berücksichtigen, dass sehr häufige Abschaltungen aufgrund hoher Flugaktivität sowohl aus technischer (Verschleiß, Wartungsbedarf) als auch betriebswirtschaftlicher (Ertragsausfall) und Klimaschutzpolitischer Sicht Herausforderungen darstellen. Je konflikträchtiger ein Standort ist, desto eher kommt man auch mit notwendigen, ereignisbezogenen Abschaltungen zu als kritisch einzuschätzende Zeiträume von Betriebseinschränkungen.

Für die Reduzierung der Rotordrehzahl wird über eine Schnittstelle in die Betriebsführung der WEA eingegriffen. Die Verringerung der Drehzahl möglicherweise bis zum Trudelbetrieb der Anlage wird durch ein Verstellen der Blattwinkel erreicht. Diese Eingriffe in den Betrieb können, insbesondere bei größeren Windgeschwindigkeiten, bei denen die Anlagen auf Nennleistung fahren, zu großen Lastwechseln führen. Dies stellt einen Unterschied zu den bisherigen in der Praxis angewandten Abschaltungen aus Artenschutzgründen dar, die vor allem für Fledermäuse erfolgen. Da die Fledermäuse bei geringeren Windgeschwindigkeiten fliegen (i. d. R. unter 6 m/s), sind die Lastwechsel bei diesen Steuerungen geringer. Langfristig könnten vermehrt durch die Eingriffe in den Betrieb der Anlagen möglicherweise auftretenden starken Lastwechsel die Lebensdauer einer WEA reduzieren, da diese auf typische Betriebslasten ausgelegt werden (FA Wind 2018).

**Box 7: Fragestellungen „technische Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb“**

- Wie sind die Auswirkungen häufiger Stopps auf die Bauteile/Lebensdauer der WEA (z. B. Haftungsfragen)?
- Wie werden Detektions-/Abschaltsysteme in den Anlagenbetrieb integriert (Schnittstellen, Zugriffsrechte, Befugnisse usw.)?

Die folgenden Ausführungen betreffen weniger den wirksamen Schutz von Vögeln durch technische Systeme, sondern stellen Überlegungen dar, die darüber hinaus für Projektierer und Betreiber relevant sein können.

Bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Auswirkung der Nutzung eines technischen Vermeidungssystems sind neben den Investitions- und Betriebskosten vor allem die von der Abschaltung abhängigen Ertragseinbußen zu betrachten.

Da die Investitionskosten mit der Installation der Windenergieanlage anfallen, erhöhen sie auf der einen Seite die Kosten der Gesamtanlage. Auf der anderen Seite sind sie in die Kalkulation einzustellen, und ihr Einfluss auf die Stromgestehungskosten der WEA kann bei der Ausschreibungsteilnahme berücksichtigt werden.

Schwieriger stellt sich die Kalkulation der Kosten (exemplarische Berechnung siehe **Exkurs** zur Berechnung möglicher Einnahmeverluste) der Systemreaktionen beim Anlagenbetrieb dar, da die Menge der Flugbewegungen, die zur Abschaltung<sup>8</sup> führt, im Vorhinein nicht bestimmbar und nur schwer abzuschätzen ist. Bisherige Methoden zur Raumnutzungsanalyse dürften nicht ausreichend valide Erkenntnisse bringen. Abhilfe könnte hier die Untersuchung der Raumnutzung der Zielart am geplanten Standort mit dem bzw. einem technischen Detektionssystem im Vorfeld des Einsatzes des Systems an der WEA bzw. im Windpark schaffen.

### **Exkurs: Berechnung möglicher Einnahmeverluste**

Eine belastbare Berechnung der möglichen Einnahmeverluste durch Abschaltungen ist zum derzeitigen Zeitpunkt nicht abschließend möglich. Die Standorte unterscheiden sich zum Beispiel stark hinsichtlich der Windhöffigkeit und der Greifvogeldichte. An dieser Stelle kann nur aufgezeigt werden, wie sich diese annäherungsweise bei einer modernen Anlage in Relation darstellen.

Als Beispiel wird eine Anlage gewählt, die als Referenz 15 Millionen Kilowattstunden pro Jahr produziert. Gerechnet wird mit einem 70 Prozent-Standort, da mehr als die Hälfte der heutigen WEA eine Standortgüte von 70 Prozent oder darunter aufweisen (WindGuard 2015). Somit ergibt sich eine Jahresstromproduktion von 10,5 Millionen Kilowattstunden (10.500 Megawattstunden). Die Verringerung der Produktion einer solchen Anlage durch Betriebsregulierungen um z. B. angenommen ein Prozent – dies kann in Abhängigkeit von den Windverhältnissen unter Vollast einen bis mehr als 10 volle Tage unter Teillastbetrieb bedeuten – würde bei den mittleren Ausschreibungsergebnissen (2018 - Anfang 2020) von ca. 6 Cent/Kilowattstunde über 8.000 Euro Einnahmeverlust pro Jahr ausmachen. Die nicht produzierte Strommenge von einem Prozent entspräche dann je nach Standort etwa 105 bis 150 Megawattstunden und damit rechnerisch dem Jahresbedarf von 30 bis 43 Haushalten.

Allerdings kann die Nutzungsintensität eines Raumes beispielsweise durch Landnutzungsveränderungen – auch der Bau einer WEA stellt bereits eine solche dar –, durch die Witterung oder durch eine Veränderung der lokalen Population beeinflusst werden. Führen diese Änderungen zu einer erhöhten oder verringerten Nutzungsintensität der Zielart im Gefahrenbereich, gibt auch eine Voruntersuchung mit der gleichen Technik zwar keine Sicherheit hinsichtlich der zu erwartenden Abschaltungen, aber immerhin eine Prognosegrundlage. Vielfach wird sich schon nach einem mehrwöchigen Monitoring zeigen, ob die Flugaktivität der Zielart und anderer möglicherweise Betriebsregulierungen auslösender Arten so stark erhöht

---

<sup>8</sup> Für die Vergrämung als alleinige Reaktion (Wirksamkeitsnachweis ausstehend) sind diese Betrachtungen obsolet. Insofern beschränken sich die Ausführungen auf die durch das System hervorgerufenen Betriebsregulierungen mit erweiterten Stillstandzeiten.

ist, so dass der Einsatz des Systems gegenüber pauschalen Abschaltzeiten keinen Vorteil bringt.

Alternativ wäre vorstellbar, dass das technische Vermeidungssystem an einem Standort mit bereits auferlegten pauschalen Abschaltvorgaben (z. B. tagsüber über mehrere Wochen während der Brut- und Fortpflanzungszeit) die Möglichkeit eröffnet, die Wirtschaftlichkeit der WEA durch den Einsatz technischer Systeme zu verbessern bzw. deren wirtschaftlichen Betrieb überhaupt zu ermöglichen.

Weitere Kosten können entstehen, da für die nicht eingespeiste, jedoch aufgrund der Prognosen zuvor an der Börse verkaufte Strommenge Ausgleichsenergie beschafft werden muss, deren Preis über dem regulären Börsenstrompreis liegt. Bei längerfristigen Abschaltungen könnten auch für den Ersatz des nicht erzeugten Stroms Strommengen auf dem Intraday-Markt geordert werden. Ein Ausgleich der ausfallenden Energie durch einen Pufferspeicher wäre eine Option, der jedoch zum einen eine zusätzliche Investition bedeutet und zum anderen unter den derzeitigen ökonomischen Rahmenbedingungen nicht attraktiv ist.

Bei einer Anwendung von technischen Vermeidungssystemen in Einzelfällen ist im Onshore-Bereich derzeit nicht von einem Einfluss auf die Netzstabilität auszugehen. Gingen allerdings mehrere größere Parks gleichzeitig vom Netz, könnten netzstabilisierende Maßnahmen notwendig werden.

#### **Box 8: Fragestellungen „betriebswirtschaftliche Auswirkungen“**

- Wie sind die Kosten der Systeme im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit (Ausschreibungen, Kostendruck, Verteuerung im Einzelfall) einzuordnen?
- Welchen Einfluss hat der Einsatz technischer Systeme auf die Finanzierung (Prognose)?
- Mit welchen Verlusten ist bei der Stromerzeugung zu rechnen bzw. wie stark können pauschale Abschaltzeiten reduziert werden?
- Wie bzw. auf welcher Basis kann eine Prognose der Abschalthäufigkeit und -dauer erstellt werden? Sind szenariobasierte Modellierungen eine geeignete Methode?
- Begrenzbarkeit wirtschaftlicher Einbußen: Welcher wirtschaftliche Mehraufwand ist für die Betreiber zumutbar, und ergibt sich daraus die Notwendigkeit, Obergrenzen für die Zahl oder Dauer von Abschaltungen pro Tag oder Monat festzulegen?

### **4.3 Genehmigung, Nebenbestimmungen**

Die Erteilung einer Auflage zur Durchführung von Schutzmaßnahmen zur Minderung von Kollisionsrisiken setzt voraus, dass ein Verstoß gegen naturschutzrechtliche Verbotsvorschriften wie insbesondere des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG vorliegt. In diesen Fällen kommen technische Systeme als Alternative zu zum Beispiel länger andauernden Abschaltauflagen etwa während der Brut- und Fortpflanzungszeit in Frage. Sie sind aus Sicht des Betreibers auch faktisch eine Alternative, wenn Ertragseinbußen durch längerfristige Abschaltungen verringert werden können.

Der Antragsteller schlägt geeignete Maßnahmen vor. Seitens der Behörde gilt es, dabei einen verhältnismäßigen Ausgleich zwischen dem Interesse an wirksamen Schutzmaßnahmen und dem Interesse des Betreibers an einer Minimierung von Einschränkungen des Anlagenbetriebs herzustellen. Es ist somit auch davon auszugehen, dass es zur Vermeidung von

Wettbewerbsverzerrungen keine Festlegung auf ein bestimmtes System oder einen bestimmten Hersteller geben kann.

#### 4.4 Überprüfbarkeit und Kontrolle

Auch wenn ein genereller Leistungs- bzw. Wirksamkeitsnachweis für ein System vorliegt, kann es unter Umständen sein, dass die korrekte Einrichtung (Positionierung) und der Nachweis der Funktionsfähigkeit am konkreten Standort notwendig werden. Die Behörde muss die korrekte Umsetzung der Schutzmaßnahme – also das Einrichten vor Ort – überprüfen können. Dazu kann sie eigenes (geschultes) Personal, aber auch unabhängige Zweitgutachter einsetzen.

Die Abschaltvorgänge und Stillstandzeiten der Windenergieanlage können über Betriebsprotokolle festgehalten werden. In der Betriebssoftware der Anlage kann zur Nachvollziehbarkeit ein Code für die Auslösung des Anhaltens durch ein Vermeidungssystem vergeben werden. Die Daten sollten in einem bestimmten Format erfasst und gespeichert werden, damit sie der Fachbehörde zur Kontrolle vorgelegt werden können.

#### **Box 9: Fragestellungen „Überprüfbarkeit und Kontrolle“**

- In welchen Einzelfällen (Prognoseunsicherheiten) sollte die zuständige Behörde das System (etwa hinsichtlich der Funktion der Detektion im Zusammenwirken mit automatisierter Abschaltung als Reaktion) im laufenden Betrieb bzw. nachträglich überprüfen?
- Welche Anforderungen sind an die Speicherung und Übermittlung der Daten (Format, Auswertbarkeit) zu stellen?

#### 4.5 Akzeptanz technischer Systeme

Die Auswirkungen der Windenergienutzung auf die Fauna spielen auch für die Akzeptanz der Anlagen in der Bevölkerung eine Rolle (vgl. etwa FA Wind 2016, Hübner et al. 2019). Insofern könnten technische Maßnahmen zum Schutz von Vögeln oder Fledermäusen auch in der Akzeptabilität der Windenergie eine positive Wirkung entfalten. Das „Stillstehen“ von WEA kann allerdings auch zu Nachfragen und Unverständnis seitens der Bevölkerung führen und einen Informationsbedarf auslösen.

Zwei Aspekte, die potenziell die Akzeptanz der Bevölkerung (vor Ort) negativ beeinflussen könnten, sind gegebenenfalls zusätzliche Emissionen (z. B. Geräusche bei Vergrämung<sup>9</sup>, Ängste vor Gesundheitsbelastungen bei Radar) und möglicherweise Bedenken gegen bildgebende, dauerhafte Überwachungstechnologien in der freien Landschaft<sup>10</sup>.

Letztlich gilt es, auch bei der Umsetzung dieser Maßnahmen für eine größtmögliche Akzeptanz zu sorgen und der Bevölkerung zum Beispiel eine informelle Beteiligung zu ermöglichen, damit

---

<sup>9</sup> Falls der Einsatz akustischer Vergrämung überhaupt zur Anwendung kommen sollte, ist diese mit Geräuschemissionen verbunden, die eine Lärmbelastung für Anwohner bedeuten könnten, auch wenn Grenzwerte nach TA Lärm dabei einzuhalten sind. Die Maßnahme müsste in die Lärmprognose der WEA aufgenommen und im Rahmen der Genehmigung nach Bundesimmissionsschutzgesetz geprüft werden. Da es sich um kurzfristige Geräuschspitzen handelt, für die nach TA Lärm Nr. 6.1 Überschreitungen der Immissionspegel der Immissionsorte zulässig sind, ist im Allgemeinen von einer Genehmigungsfähigkeit auszugehen.

<sup>10</sup> In Analogie zur kritischen Haltung (u. a. Datenschutz) gegenüber einer Kameraüberwachung (z. B. bei öffentlichen Plätzen oder mit Wildtierkameras) könnte durch derartige Technologien in der freien Landschaft diese Haltung im Einzelfall negativ verstärkt werden.

diese sich über die Systeme und deren Unbedenklichkeit<sup>11</sup> ihr eigenes Bild machen kann (FA Wind 2017).

## 5 Überlegungen zum Einsatz neuer Systeme

Die Meinungsbildung über Vor- und Nachteile des Einsatzes automatisierter Abschaltssysteme ist noch nicht abgeschlossen. Dies zeigt sich auch dadurch, dass derzeit von verschiedenen Seiten (Naturschutzvereinigungen, Betreiber, Behörden) sowohl große Hoffnung, aber auch Skepsis gegenüber einer Einführung bestehen.

Im Zuge der Genehmigung von Windenergieanlagen ist unter anderem die Vereinbarkeit mit den sog. Zugriffsverboten nach § 44 Abs. 1 BNatSchG zu prüfen, hier insbesondere das Tötungs- und Verletzungsverbot nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG.

Für „nach § 15 Abs. 1 BNatSchG unvermeidbare Beeinträchtigungen“ durch Eingriffe in Natur und Landschaft, die nach § 17 Abs. 1 BNatSchG zugelassen werden, gelten die Zugriffsverbote nach der Maßgabe des § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG: Bei der Betroffenheit von in Anhang IV Buchst. a FFH-RL aufgeführte Tierarten und europäische Vogelarten liegt ein Verstoß gegen das Tötungs- und Verletzungsverbot nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG nicht vor, wenn „... die Beeinträchtigung durch den Eingriff oder das Vorhaben das Tötungs- und Verletzungsrisiko für Exemplare der betroffenen Arten nicht signifikant erhöht und diese Beeinträchtigung bei Anwendung der gebotenen, fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen nicht vermieden werden kann“. Genehmigungsfähig ist ein Vorhaben somit, wenn kein Verstoß gegen diese Regelung vorliegt. Die Beurteilung, ob ein Tötungsrisiko signifikant erhöht ist, ist eine Bewertungsentscheidung, die im Einzelfall zu treffen ist.

Der Einsatz technischer Systeme sollte Fällen vorbehalten sein, bei denen sonst gegen naturschutzrechtliche Verbotsvorschriften wie insbesondere des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG verstoßen wird und lediglich etwa eine Abschaltung als Maßnahme in Betracht kommt. Diese Situation kann eintreten, wenn beispielsweise die bisher etablierten Abstandsempfehlungen und Prüfradien zu Brutplätzen oder bedeutsamen Vogellebensräumen unterschritten werden oder wenn ein Windpark auf dem Weg zwischen Brutplatz und Nahrungsgebiet regelmäßig durchfliegen wird. Derzeit steht vor allem der Rotmilan wegen seiner besonderen Kollisionsgefährdung und fast flächenhaften Verbreitung im Zentrum der Entwicklung von Bilderkennungs-Algorithmen zur artspezifischen Erkennung und daran gekoppelter bedarfsgesteuerter Abschaltung. Für andere Arten gibt es ebenso bereits erste Erprobungsfälle (z. B. Seeadler/Schwarzstorch).

Die Erteilung einer Abschaltauflage muss zumutbar und verhältnismäßig sein. Ihre Dauer sollte den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage nicht in Frage stellen. Eine wirksame, automatisierte bedarfsgesteuerte Abschaltung kann gegenüber pauschalen Abschaltungen („tagsüber“; „während der Brut- und Fortpflanzungszeit“) vorteilhaft sein, da die Abschaltzeiten damit auf das notwendige Maß verringert werden können. Die genaue Detektion einzelner Flugereignisse mit bedarfsgesteuerter Abschaltung ersetzt hier die vorsorgliche Abschaltung über längere Zeiträume. Dies kann aus wirtschaftlicher Sicht vorteilhaft sein und die Nutzung von Standorten, die mit einer pauschalen Abschaltung nicht wirtschaftlich zu betreiben wären, ermöglichen.

Grundsätzlich sind im Genehmigungsprozess unter Berücksichtigung der i) einzelfallspezifischen naturräumlichen und standörtlichen Situationen, ii) der jeweiligen Betroffenheit

---

<sup>11</sup> Um Gesundheitsgefahren auszuschließen, ist unter anderem die elektromagnetische Umweltverträglichkeit zu bescheinigen (EMVU-Bescheinigung), in deren Zuge auch das Festlegen eines Sicherheitsabstandes durch die Bundesnetzagentur erfolgt (FA Wind 2019: 36).

windenergiesensibler Arten und deren Frequentierung des Raumes, und iii) der Lage der zu überwachenden WEA im oder zum Schutz- und Prüfbereich verschiedene Fallkonstellationen und damit Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen zur Senkung des Tötungsrisikos denkbar. Die möglichen Anwendungsfälle<sup>12</sup> von technischen Systemen decken potenziell einen sehr weiten Bereich ab.

Eine Aussage darüber, welche Anwendungsfälle bzw. Fallkonstellationen grundsätzlich für den Einsatz technischer Systeme in Frage kommen, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Zum einen unterscheiden sich die denkbaren Einsatzmöglichkeiten sehr stark hinsichtlich der artenschutzrechtlichen Risikobewertung und damit auch der jeweils möglichen Einschätzung hinsichtlich einer vorhabenbezogenen Anwendbarkeit eines Systems mit Blick auf die artspezifische Vermeidungswirkung. Hier spielen neben genehmigungsseitigen Aspekten insbesondere die technische Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit aber auch die (wirtschaftliche) Zumutbarkeit<sup>13</sup> eine Rolle.

Der derzeitige Kenntnisstand erlaubt nur eine vorläufige Bewertung der Vorzüglichkeit einzelner Systeme. Eine abschließende Behandlung der Thematik oder eine absolute Bewertung einzelner Systeme bzw. möglicher Fallkonstellationen ist noch nicht möglich. Diese hängen auch von den zum Teil noch zu formulierenden Anforderungen an Detektion und Reaktion ab.

Es scheint aus heutiger Sicht jedoch zeitnah möglich, dass die Zuverlässigkeit und die Leistungsfähigkeit der Systeme so gut sind, dass sie die Kollisionsrisiken wirksam und nachweislich vermindern können. Jedoch wird es Standorte oder Projekte geben, an denen auch mit Einsatz dieser Systeme eine Genehmigungsfähigkeit nicht hergestellt werden kann (etwa bei Unterschreitung des artspezifischen Reaktionsbereichs) bzw. bei denen sich der Einsatz – zum Beispiel aufgrund beständig hoher Flugaktivitäten und somit einer hohen Anzahl von Abschaltvorgängen der Anlagen – schlichtweg wirtschaftlich nicht darstellbar ist. Deshalb darf die technikbasierte Erfassung samt bedarfsgesteuerter Vermeidung nicht zu einer Standardanwendung bei allen Vorhaben werden, sondern sollte nur in den oben beschriebenen Fällen als Maßnahme in Betracht gezogen werden.

Die Ausführungen in vorliegendem Papier stellen einen Diskussionsbeitrag zum Entwicklungsstand und zu den offenen Fragen dar. Über weitere fachliche Diskurse und die Integration von Ergebnissen gezielter Erprobung bzw. Praxiserfahrungen sollen schrittweise die hier gestellten Fragen beantwortet werden.

---

<sup>12</sup> Zum Beispiel: Ersatz von pauschalen Abschaltzeiten oder wenn andere Maßnahmen (z. B. Lenkungsmaßnahmen) nicht erfolgversprechend sind, als Maßnahme in Bereichen mit nur begrenzt prognostizierbarer Flugaktivität (Nahrungshabitate, Flugkorridore), Ermöglichung des Weiterbetriebes bei nachträglicher Ansiedlung einer windenergiesensiblen Art oder Genehmigung/Betrieb bei Unsicherheiten/Grenzfällen (z. B. Wechselhorste).

<sup>13</sup> Die Zumutbarkeit von Maßnahmen hängt auch von Art und Umfang des Vorhabens und von dem Tötungsrisiko im Einzelfall ab (vgl. u. a. Bernotat 2018, OVG NRW, Beschl. v. 27.04.2018 – 8 B 418/18 – juris, Rn. 9 = NuR 2018, 499-501).



## 6 Ausblick

Der Einsatz von Detektionssystemen zum Schutz von windenergieanlagen sensiblen Vogelarten sollte durch eine geeignete Standortwahl möglichst ganz vermieden werden. Die derzeitig bestehenden artenschutzfachlichen Konflikte bei der Planung und Genehmigung neuer Windenergieanlagen zeigen allerdings, dass diese Standorte in Deutschland mit fast 30.000 WEA immer knapper werden.

Einzelne Detektionssysteme für Vögel haben einen Entwicklungsstand erreicht, der eine automatisierte, rechtzeitige Abschaltung (Versetzen in den Trudelbetrieb) zur Verminderung von Kollisionsrisiken ermöglicht, unter der Voraussetzung der Erforderlichkeit<sup>14</sup> von Schutzmaßnahmen im konkreten Einzelfall.

Im Weiteren geht es darum, die aufgeworfenen Fragen zu priorisieren, um die Einführung der Systeme durch deren schrittweise Beantwortung bestmöglich zu unterstützen.

Hierfür sind zum einen Erprobungen der Systeme systematisch in verschiedenen Landschaftsräumen und für verschiedene Zielarten durchzuführen. Von der standortbezogenen, fachwissenschaftlich begleiteten Erprobung der Systeme sowie im Rahmen von länderinitiierten Forschungsvorhaben sind weitere Erkenntnisse zu erwarten, die sowohl eine standort- oder art-spezifische Eingrenzung der Einsatzbereiche als auch perspektivisch eine Verallgemeinerbarkeit der Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Systeme zulassen. Die Erprobungsergebnisse sind zugänglich zu machen, um diese anhand einer möglichst großen Zahl von Ergebnissen in laufende Diskussionsprozesse (Workshops mit Expertinnen und Experten, Diskurse mit den Anwenderinnen und Anwendern bzw. den Zuständigen in den Genehmigungsbehörden, Standardisierung im Bereich Windenergie und Artenschutz) integrieren zu können. In Kenntnis der Erprobungsergebnisse können dann zum Beispiel Mindestanforderungen an die Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit der Systeme, wie etwa Erfassungsraten, formuliert oder angepasst werden. Zum anderen sind Fragen der wirtschaftlichen Zumutbarkeit und Verhältnismäßigkeit des Einsatzes technischer Systeme fachlich und rechtlich zu klären und durch Modellierungen von Abschaltvorgängen bzw. Auswirkungen auf den Ertrag zu unterstützen. Zu einem späteren Zeitpunkt könnten potenziell auch längerfristige Forschungsfragen (wie Gewöhnungs- oder Störungseffekte bei Vergrämung) aufgegriffen werden.

Nicht zuletzt bieten die automatisierten Detektionssysteme perspektivisch auch einen Mehrwert für den Artenschutz: Sie verbessern die wissenschaftlichen Erkenntnisse über das Flugverhalten und die Flugaktivität von Zielarten, und sie werden bei systematischer Auswertung der Daten neben deren Vervollständigung und Objektivierung auch zur Minderung von Erfassungs- und Prognoseunsicherheiten (Flugaktivität) beitragen und so Aufschlüsse über die Kollisionsgefährdung verschiedener Vogelarten erbringen.

---

<sup>14</sup> Dies ist – in der Regel nach derzeitigem Vorgehen der Berücksichtigung von Abständen – der Fall, wenn diese Abstände unterschritten werden oder wenn ein signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko durch eine erhöhte Raumnutzung gegeben ist.

## 7 Literatur

- Bernotat, D. (2018): Naturschutzfachliche Bewertung eingriffsbedingter Individuenverluste – Hinweise zur Operationalisierung des Signifikanzansatzes im Rahmen des artenschutzrechtlichen Tötungsverbots. In: Zeitschrift für Umweltrecht ZUR, Heft 11/2018
- 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>)
- Bulling, L. Sudhaus, D.; Schnittker, D., Schuster, E., Biehl, J. Tucci, F. (2015): Vermeidungsmaßnahmen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen. Bundesweiter Katalog von Maßnahmen zur Verhinderung des Eintritts von artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen nach § 44 BNatSchG. ([https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA-Wind\\_Studie\\_Vermeidungsmassnahmen\\_10-2015.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA-Wind_Studie_Vermeidungsmassnahmen_10-2015.pdf))
- BWE (2019): Diskussionspapier: Technische Systeme zur Vogelerkennung mit der Möglichkeit zur Betriebsregulierung von Windenergieanlagen, unveröffentlicht
- FA Wind (2016): Umfrage zur Akzeptanz der Windenergie an Land – Frühjahr 2016. ([https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_Umfrageergebnisse\\_Fruhjahr\\_2016.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Umfrageergebnisse_Fruhjahr_2016.pdf))
- FA Wind (2017): Frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung im Kontext der Windenergie. Von der Theorie in die Praxis. ([https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_fruehzeitige\\_Oeffentlichkeitsbeteiligung\\_Theorie\\_Praxis\\_2017-12.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_fruehzeitige_Oeffentlichkeitsbeteiligung_Theorie_Praxis_2017-12.pdf))
- FA Wind (2018): Technische Systeme zur Vermeidung von Kollisionen von windenergieanlagen-sensiblen Fledermaus-/Vogelarten. Dokumentation des Workshops am 30.05.2018. ([https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Workshop\\_Wissenschaftlicher\\_Austausch\\_techn.\\_Vermeidung\\_30-05-2018/FA\\_Wind\\_Dokumentation\\_Techn.\\_Kollisionsvermeidung\\_10-2018.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Workshop_Wissenschaftlicher_Austausch_techn._Vermeidung_30-05-2018/FA_Wind_Dokumentation_Techn._Kollisionsvermeidung_10-2018.pdf))
- FA Wind (2019): BNK - Genehmigt! ([https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_Hintergrund\\_BNK\\_Genehmigt\\_02-2019.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Hintergrund_BNK_Genehmigt_02-2019.pdf))
- Hübner, G, Pohl, J., Warode, J., Gotchev, B., Ohlhorst, D., Krug, M., Salecki, S., Peters, W. (2019): Akzeptanzfördernde Faktoren erneuerbarer Energien. BfN-Skripten 551 (<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript551.pdf>)
- KNE (Hrsg.) (2018): Technische Systeme zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel und Fledermäuse durch die Windenergienutzung (Synopsis). Stand 31. Januar 2018. (<https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/2018/02/KNE-Synopse-Technische-Vermeidungsma%c3%9fnahmen-02-2018.pdf>)
- KNE (2019a): 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](https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE-Anforderungsprofil_an_eine_valide_Erprobung_von_technischen_Systemen_2019.pdf))

- KNE (2019b): Vogelschutz an Windenergieanlagen - Detektionssysteme als Chance für einen naturverträglichen Windenergieausbau? Tagungsdokumentation der KNE-Fachkonferenz am 15. und 16. Mai 2019 in Kassel. ([https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Dokumentation\\_zur\\_KNE-Fachkonferenz\\_Vogelschutz\\_an\\_Windenergieanlagen.pdf](https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/Dokumentation_zur_KNE-Fachkonferenz_Vogelschutz_an_Windenergieanlagen.pdf))
- KNE (2020a): 10 Fragen und 10 Antworten zu Detektionssystemen. Fakten zur automatisierten Detektion und ereignisbezogene Abschaltung zur Verminderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen. (<https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/veroeffentlichungen/10-fragen-10-antworten-zu-detektionssystemen/>)
- KNE (2020b): Technische Systeme zur Vermeidung von potenziellen Auswirkungen auf Vögel durch die Windenergienutzung. Synopse. In Vorbereitung
- LAG VSW (Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten) (2015): Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogel Lebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten (Stand April 2015). ([http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/lagvsw2015\\_abstand.pdf](http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/lagvsw2015_abstand.pdf))
- May, R. (2017): Mitigation for birds. In: Perrow, M.R. (Eds.) Wildlife and Wind Farms - Conflicts and Solutions, Volume 2. Onshore: Monitoring and Mitigation, Chapter: 6, Publisher: Pelagic Publishing, pp.124-145
- Reichenbach (05.02.2020): Vortrag, Aspekte der Bewertung des einzelfallbezogenen Kollisionsrisikos, Dr. Marc Reichenbach, ARSU & Martin Sprötge, planungsgruppe grün, FA Wind Runder Tisch Vermeidungsmaßnahmen, Kassel ([https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder\\_Tisch\\_Vermeidungsmaßnahmen/6\\_Runder\\_Tisch\\_05-02-2020/Signifikant\\_erhoehtes\\_Toetungsrisiko\\_Reichenbach-Sproetge\\_2020-02-05.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder_Tisch_Vermeidungsmaßnahmen/6_Runder_Tisch_05-02-2020/Signifikant_erhoehtes_Toetungsrisiko_Reichenbach-Sproetge_2020-02-05.pdf))
- TLUG (2017): Avifaunistischer Fachbeitrag zur Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Thüringen (Fachbeitrag) ([https://www.thueringen.de/mam/th8/tlug/content/abt\\_1/download/fachbeitrag\\_wea\\_g.pdf](https://www.thueringen.de/mam/th8/tlug/content/abt_1/download/fachbeitrag_wea_g.pdf))
- UM B-W (2015): Hinweise zu artenschutzrechtlichen Ausnahmen vom Tötungsverbot bei windenergieempfindlichen Vogelarten bei der Bauleitplanung und Genehmigung von Windenergieanlagen. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg ([https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Daten/Dokumente/5\\_Energie/Erneuerbare\\_Energien/Windenergie/MLR\\_Hinweise\\_artenschutzrechtliche\\_Ausnahme\\_WEA.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Daten/Dokumente/5_Energie/Erneuerbare_Energien/Windenergie/MLR_Hinweise_artenschutzrechtliche_Ausnahme_WEA.pdf))
- WindGuard (2015): Kostensituation der Windenergie an Land – Update. ([https://www.wind-guard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto\\_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2015/Kostensituation%20der%20Windenergie%20an%20Land%20in%20Deutschland%20-%20Update.pdf](https://www.wind-guard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2015/Kostensituation%20der%20Windenergie%20an%20Land%20in%20Deutschland%20-%20Update.pdf))

## 8 Anhang – Glossar zum Thema Detektionssysteme

Um Missverständnissen vorzubeugen und künftig eine konstruktive, Akteursgruppen-übergreifende Debatte zu erleichtern, werden folgende Begriffsdefinitionen vorgeschlagen. Sie sind ebenfalls Gegenstand der gegenwärtigen fachlichen Debatte und sollen in weiteren Überarbeitungsschritten ergänzt und weiter präzisiert werden.

Fachbegriffe	Bedeutung und Definition
<b>Abschaltung</b>	Technischer Vorgang: durch das Pitchen (Winkelverstellung) der Rotorblätter verursachte Verringerung der Rotorblattspitzengeschwindigkeit auf ein Maß, von dem keine Kollisionsgefahr mehr für die Vogelart ausgeht. Bei dieser Form der Abschaltung der WEA wird die WEA durch die Verlangsamung der Rotorgeschwindigkeit in den Trudelbetrieb versetzt (anders als bei einer Notabschaltung, wo eine Feststellung des Rotors durch eine mechanische Bremse erfolgt).
<b>artspezifischer Reaktionsbereich</b> (Syn: artspezif. Risikobereich)	Bereich um eine WEA, der durch das Detektionssystem abgedeckt sein muss, und in dem für erfasste und erkannte/klassifizierte Zielarten unter bestimmten Umständen (erhöhte Wahrscheinlichkeit einer Kollision bei Durchflug durch und weitere Annäherung eines Vogels an den Gefahrenbereich der WEA) eine rechtzeitige Reaktion (Vergrämung oder Abschaltung) ausgelöst wird. Dieser bemisst sich anhand der Fluggeschwindigkeit der Art und der Reaktionsgeschwindigkeit der WEA.
<b>bedarfsgesteuerte Abschaltung</b> (Syn: ereignisbezogene Abschaltung)	Eine das Kollisionsrisiko vermindernde Schutzmaßnahme: Automatisierte oder manuelle Abschaltung einer WEA bei akutem Kollisionsrisiko einer windenergiesensiblen Vogelart
<b>Eignung einer Schutzmaßnahme</b>	Eine Schutzmaßnahme, die grundsätzlich als wirksam anerkannt ist und zudem im Einzelfall, unter Berücksichtigung der vorherrschenden Standorteigenschaften (insb. Zielart und Einsehbarkeit), eine ausreichende und andauernde Verminderungswirkung entfaltet.
<b>Erfassung eines Flugobjektes</b>	Ein der Flugobjekterkennung vorgelagerter automatisierter Prozessschritt, bei dem ein (vorerst) nicht-identifiziertes Flugobjekt durch das Detektionssystem registriert und im Weiteren getrackt wird.
<b>Erfassungsbereich</b>	Bereich, in dem das Detektionssystem ein Flugobjekt erfasst und erkennt (klassifiziert). Das System verfolgt die Flugbewegungen und bereitet ggf. eine Reaktion vor. Der Erfassungsbereich geht über den artspezifischen Reaktionsbereich bzw. Risikobereich hinaus.
<b>Erkennung eines Flugobjektes</b>	Ein der Flugobjekterfassung nachgelagerter automatisierter Prozessschritt bei dem, in Abhängigkeit von den technischen Fähigkeiten des Detektionssystems (Klassifizierung, Identifizierung), das Flugobjekt für relevant oder nicht-relevant erklärt wird.

Fachbegriffe	Bedeutung und Definition
<b>Falsch-Positiv-Rate</b>	(Flug-)Objekte, die nicht existieren oder kein Vogel bzw. kein Individuum der Zielart sind, die jedoch durch das Detektionssystem fälschlicherweise als relevant registriert werden und eine nicht erforderliche Reaktion (Vergrämung oder Abschaltung) der WEA auslösen (Erkennung eines Nicht-Vogels als Vogel).
<b>Falsch-Negativ-Rate</b>	Flugereignisse von Individuen der Zielart, die durch das Detektionssystem übersehen bzw. nicht erfasst oder erkannt werden, so dass die erforderliche Reaktion (Vergrämung oder Abschaltung) nicht ausgelöst werden kann (Erkennung eines Vogels als Nicht-Vogel).
<b>Gefahrenbereich</b>	Der vom Rotor überstrichene und alle horizontal möglichen Rotorstellungen berücksichtigende (kugelförmige) Bereich, in dem es theoretisch zu Kollisionen mit dem Rotorblatt kommen kann.
<b>Identifizierung eines Flugobjektes</b>	Ein der Flugobjekterkennung nachgelagerter automatisierter Prozessschritt, bei dem ein registriertes Flugobjekt durch die Systemsoftware einer bestimmten Vogelart zugeordnet wird. Die Identifizierung (artgenaue Erkennung) geht über eine reine Klassifizierung hinaus.
<b>Klassifizierung eines Flugobjektes</b>	Ein der Flugobjekterkennung nachgelagerter automatisierter Prozessschritt, bei dem ein registriertes Flugobjekt durch die Systemsoftware einer definierten Klasse (bspw. Größenklasse) zugeordnet wird und die abhängig vom Artvorkommen im Einzelfall neben der/den Zielart(en) weitere Arten einschließen kann.
<b>Leistungsfähigkeit eines Detektionssystems</b>	Beschreibt lediglich den Vorgang der Detektion und beinhaltet keine Bewertung der Wirksamkeit. Sie umfasst die Kriterien Erfassungsreichweite, Erfassungsrate, Flugobjektidentifizierung bzw. Klassifizierung, ohne zunächst standortbedingte Einschränkungen (bspw. begrenzte Einsehbarkeit, Systemausfälle) oder die nachfolgende Reaktion (Vergrämung oder Abschaltung) mit zu berücksichtigen.
<b>Wirksamkeit</b>	Ein Detektionssystem ist wirksam, wenn das signifikant erhöhte Tötungsrisiko durch den Systemeinsatz (hinreichende Detektion mit anschließender Vergrämung oder Abschaltung) mit hoher Prognosesicherheit für die betrachtete Zielart vermieden wird.
<b>Wirkungsgrad technischer Detektion</b>	Prozentualer Anteil der korrekt erfassten und erkannten, relevanten Flugereignisse, an den tatsächlich vorgekommenen relevanten Flugereignissen an der Grenze zum artspezifischen Reaktionsbereich.
<b>Zielart</b>	Eine am Standort vorkommende planungsrelevante und als kollisionsgefährdet eingestufte Vogelart, für die ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko besteht und für die eine bedarfsgesteuerte Betriebsregulierung eine geeignete Schutzmaßnahme darstellt und die

Fachbegriffe	Bedeutung und Definition
	daher durch das Detektionssystem sicher erfasst bzw. erkannt werden muss.
<b>Zuverlässigkeit</b>	Den Wirkungsgrad eines grundsätzlich wirksamen sowie geeigneten Detektionssystems beeinflussende Umstände, welche durch die Infrastruktur und Gegebenheiten am Standort beeinflusst werden können (bspw. witterungsbedingte Systemausfälle, instabile bzw. unzureichende Stromversorgung).