

# **ABSCHLIEßENDER PRÜFBERICHT**

**zur digitalen Validierung des AVES-AKS für die Vogelart Rohrweihe  
gemäß Prüfrahen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein)**



**TÜV NORD Referenznr.:** 2026-WND-RB-50-R0

**Datum:** 10.06.2026

|                               |                                                                                                                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gegenstand der Prüfung</b> | Abschließender Prüfbericht zur digitalen Validierung des AVES-AKS für die Vogelart Rohrweihe gemäß Prüfrahen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein) |
| <b>Kunde</b>                  | ProTecBird GmbH<br>Gaswerkstr. 1<br>28832 Achim                                                                                                             |

### Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

|                      |                                                                                                                                                   |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Verfasser</b>     | <br>Dr. J. Hauschild<br>Sachverständiger<br>Hamburg, 10.06.2026 |
| <b>Geprüft durch</b> | <br>M.Sc. N. Cromm<br>Sachverständiger<br>Hamburg, 10.06.2026   |

### Änderungshistorie

| Rev. | Datum      | Änderung      |
|------|------------|---------------|
| 0    | 10.06.2026 | Erste Ausgabe |

#### Herausgeber

**TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG**  
Große Bahnstraße 31 • 22525 Hamburg  
Geschäftsführung: Silvio Konrad, Dr. Hans Koopman  
Amtsgericht Hamburg • HRA 100227  
USt.-IdNr.: DE 813992777 • Steuer-Nr.: 27/628/00023

#### Für weitere Auskünfte

Dr. J. Hauschild  
Telefon: +49 40 8557-1648  
E-Mail: jhauschild@tuev-nord.de

#### Urheberrechtshinweis

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                         |           |
|----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Aufgabenstellung .....</b>                           | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Projektbeschreibung .....</b>                        | <b>5</b>  |
| 2.1      | <i>Funktionsweise AVES .....</i>                        | 5         |
| 2.2      | <i>Datengrundlage .....</i>                             | 8         |
| 2.3      | <i>Beteiligte Akteure .....</i>                         | 8         |
| <b>3</b> | <b>Prüfung der Dokumentation.....</b>                   | <b>9</b>  |
| <b>4</b> | <b>Ergänzungsprüfung.....</b>                           | <b>10</b> |
| 4.1      | <i>Prüfung des Konzepts der Ergänzungsprüfung .....</i> | 10        |
| 4.2      | <i>Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte.....</i>   | 12        |
| 4.2.1    | <i>Unabhängige Datenerhebung und -auswertung .....</i>  | 12        |
| 4.2.2    | <i>Versuchsergebnisse .....</i>                         | 13        |
| 4.3      | <i>Abschließende Bewertung.....</i>                     | 15        |
| <b>5</b> | <b>Prüfanmerkungen .....</b>                            | <b>15</b> |
| 5.1      | <i>Liste der offenen Punkte.....</i>                    | 16        |
| 5.2      | <i>Liste der kritischen Abweichungen .....</i>          | 16        |
| 5.3      | <i>Liste der relevanten Abweichungen.....</i>           | 16        |
| 5.4      | <i>Liste der geringfügigen Abweichungen.....</i>        | 16        |
| <b>6</b> | <b>Formelzeichen und Abkürzungen.....</b>               | <b>17</b> |
| <b>7</b> | <b>Rechtsbelehrung .....</b>                            | <b>18</b> |
| <b>8</b> | <b>Literatur- und Quellenangaben .....</b>              | <b>19</b> |
| 8.1      | <i>Allgemeine Unterlagen .....</i>                      | 19        |
| 8.2      | <i>Regelwerk .....</i>                                  | 19        |
| 8.3      | <i>Unterlagen zur Ergänzungsprüfung.....</i>            | 19        |
| 8.4      | <i>Unterlagen zu naturschutzfachlichen Themen.....</i>  | 19        |

## Abbildungsverzeichnis

|             |                                                                                            |   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Abbildung 1 | AVES PTZ-Kamerasystem /E-4/ .....                                                          | 6 |
| Abbildung 2 | Beispielhafte Illustration für zwei montierte PTZ-Kameras an einer Onshore-WEA /E-4/ ..... | 6 |
| Abbildung 3 | Theoretischer Erfassungsbereich einer PTZ-Kamera /E-4/ .....                               | 7 |
| Abbildung 4 | Positionsbestimmung über Triangulation von mind. 2 AVES-AKS .....                          | 7 |

# 1 Aufgabenstellung

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TÜV NORD) ist von der ProTecBird GmbH mit Schreiben vom 03.03.2026 mit einer unabhängigen Begleitung einer Ergänzungsprüfung (Digitale Validierung) des Antikollisionssystems (AKS) AVES WIND ONSHORE (AVES) gemäß Prüfraumen Schleswig-Holstein (SH) /R-1/ für die Rohrweihe (Weihe im Allgemeinen) beauftragt worden.

Der Prüfraumen SH:2024 /R-1/ definiert die Anforderungen an die Entwicklung, Validierung und Prüfung von AKS für Windenergieanlagen (WEA) an Land. Außerdem sind Vorgaben für die Dokumentation und das Qualitätsmanagement sowie die Betriebsphase enthalten. In Summe umfasst der Prüfraumen alle relevanten Phasen im Lebenszyklus eines AKS. Den Herstellern gibt der Prüfraumen einen fachlichen Rahmen an die Hand, der es ihnen ermöglicht, die Leistungsfähigkeit ihres Produktes zur Darlegung der grundsätzlichen Wirksamkeit mit einer einmaligen Validierung und Systemprüfung zu belegen. Darüber hinaus ist eine Weiterentwicklung von AKS im Rahmen einer auf die maßgeblichen Änderungen fokussierten Teilvalidierung und Ergänzungsprüfung möglich.

Mit dem Ziel, einen Nachweis über die digitale Validierung und die Erfüllung der Vorgaben des Prüfraumens SH:2024 /R-1/ zu erbringen, sind, im Sinne einer Ergänzungsprüfung nach Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.2, mindestens die folgenden Punkte auf Richtigkeit, Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit zu überprüfen und zu bewerten:

- Konzept der Ergänzungsprüfung: geplante Änderungen, übertragbare Nachweise und neu zu erbringende Nachweise.
- Für die neu zu erbringenden Ergebnisse/Nachweise erfolgen die Prüfungen entsprechend den Anforderungen/Prüfvorgaben aus dem Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 „Systemprüfung“.

Im Rahmen der unabhängigen Begleitung der Ergänzungsprüfung wurden die folgenden Punkte gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ bearbeitet:

- Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement: Die Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement dient der Bewertung, inwieweit die grundsätzlichen Anforderungen des Prüfraumens gemäß Kapitel 3.6 /R-1/ umgesetzt wurden. Die Prüfung erfolgte durch Dokumentationsprüfung sowie durch Audits, die entweder vor Ort oder online durchgeführt wurden.
- Prüfung des Konzepts der Ergänzungsprüfung: Ist ein Einsatz eines AKS in einem nach Einflussanalyse abweichenden Szenario geplant, für das die Ergebnisse der bisher durchgeführten Validierung nicht übertragbar sind, oder wenn sich durch eine Modifikation Änderungen der Funktionsweise oder neue Einflussfaktoren ergeben, so ist, nach Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.2, eine Ergänzungsprüfung durchzuführen. Eine Ergänzungsprüfung setzt eine gültige Systemprüfung gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 voraus. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung sind die geplanten Änderungen zu beschreiben und es ist plausibel zu begründen, welche der bestehenden Ergebnisse/Nachweise übertragbar sind und welche aufgrund der geplanten Änderungen neu zu erbringen sind.
- Für die neu zu erbringenden Ergebnisse/Nachweise gelten die Anforderungen/Prüfvorgaben aus dem Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 „Systemprüfung“. Die Prüfung erfolgte durch Dokumentationsprüfung.
- Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte: Im Sinne neu zu erbringender Ergebnisse/Nachweise wurden die naturschutzfachlichen Aspekte identifiziert. Die Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte dient der Bewertung, inwieweit die Anforderungen des Prüfraumens

SH:2024 /R-1/ gemäß Kapitel 3.3 umgesetzt wurden. Gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ ist das Ziel der Untersuchung ein empirisch ausreichend fundierter Nachweis darüber, dass die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit eines AKS mit hinreichender Zuverlässigkeit erreicht werden. Bestandteil der digitalen Validierung waren die Ermittlung der Raten (Erfassungsrate, Erkennungsrate, Gesamtrate). Die Prüfung erfolgte durch Dokumentationsprüfung und stichprobenhafte Nachberechnung von Kenngrößen sowie durch Audits, die entweder vor Ort oder online durchgeführt wurden. Im Sinne neu zu erbringender Ergebnisse/Nachweise waren die folgenden Punkte Bestandteil der Prüfung:

- Unabhängige Datenerhebung und -auswertung.
- Versuchsergebnisse.
- Abschließender Prüfbericht: Die Ergebnisse werden inklusive der identifizierten Auffälligkeiten und Abweichungen in diesem Prüfbericht dokumentiert (siehe Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.6 ).

Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen werden im vorliegenden Bericht dargestellt.

## 2 Projektbeschreibung

### 2.1 Funktionsweise AVES

Die folgende Beschreibung der Funktionsweise des AVES-AKS wurde den Dokumenten /E-4/ bis /E-5/ entnommen.

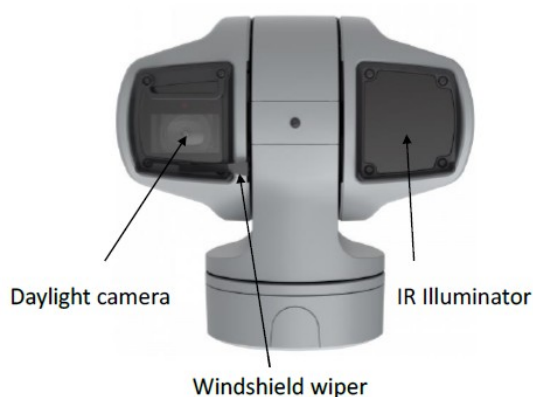
Das AVES-AKS ist ein modulares Software- und Sensorsystem zur automatisierten Vermeidung von Vogelkollisionen mit WEA. Es besteht aus mehreren physisch und funktional identisch aufgebauten AVES Wind Einzelsystemen, die jeweils aus einer PTZ-Kamera, einem Industrie-PC mit vorinstallierter Software sowie Stromversorgungskomponenten bestehen. Jedes Einzelsystem ist in der Lage, lokal Bilddaten zu erfassen, Objekte zu erkennen und zu klassifizieren sowie Tracking- und Steuerlogik auszuführen.

Alle AVES Wind Einzelsysteme sind über eine redundante Netzwerkstruktur (typischerweise als Glasfaser-Ring ausgelegt) miteinander verbunden. Im Verbund wird eines dieser Systeme als Master-System konfiguriert. Dieses übernimmt zusätzlich zu den Standardfunktionen die zentrale Koordination, Entscheidungslogik sowie die Anbindung an die externe Steuerung des Windparks. Die Kommunikation mit der Windparksteuerung erfolgt über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), die über Industriestandardschnittstellen eingebunden ist.

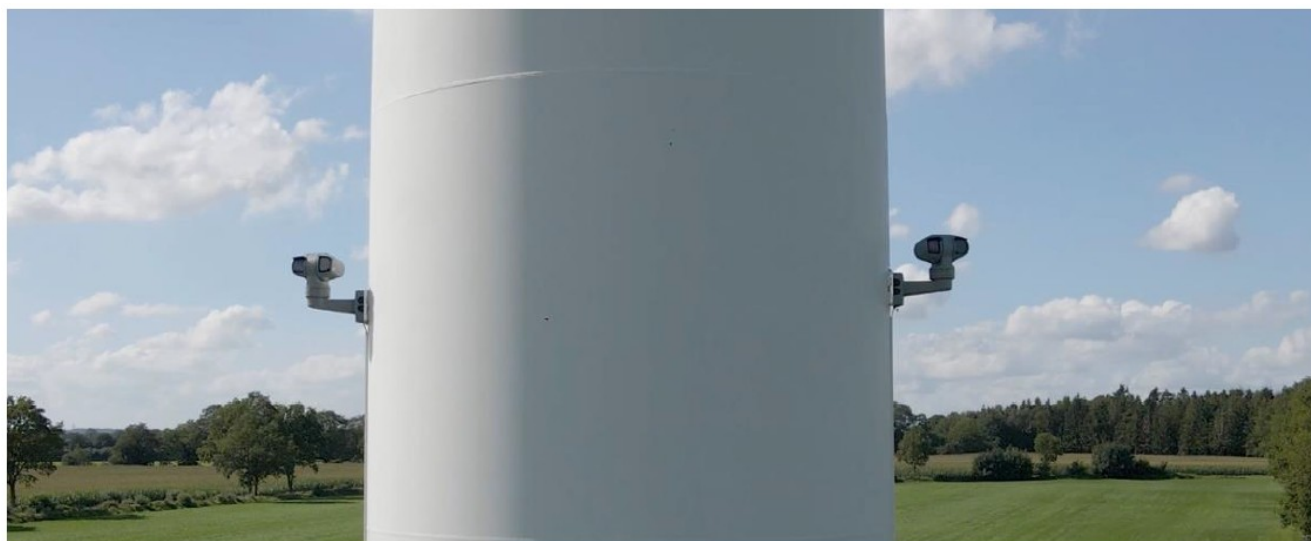
Die Überwachung des Luftraums erfolgt mit beweglichen PTZ-Kamerasystemen (siehe Abbildung 1 und beispielhafte Illustration in Abbildung 2). Diese Kamerasysteme sind so konzipiert, dass sie den interessierenden Luftraum mit Hilfe von Schwenk-, Neige- und Zoomfunktionen sorgfältig überwachen und so eine automatische Verfolgung der Vögel und eine Nahaufnahme zur Artenerkennung ermöglichen.

In Abhängigkeit eines zuvor festgelegten Reaktionsbereichs und der gemessenen Position, Flugroute und Fluggeschwindigkeit einer Zielvogelart lässt sich festlegen, ob eine Abschaltung der WEA erforderlich ist oder nicht und wann die WEA wieder in Betrieb genommen werden kann.

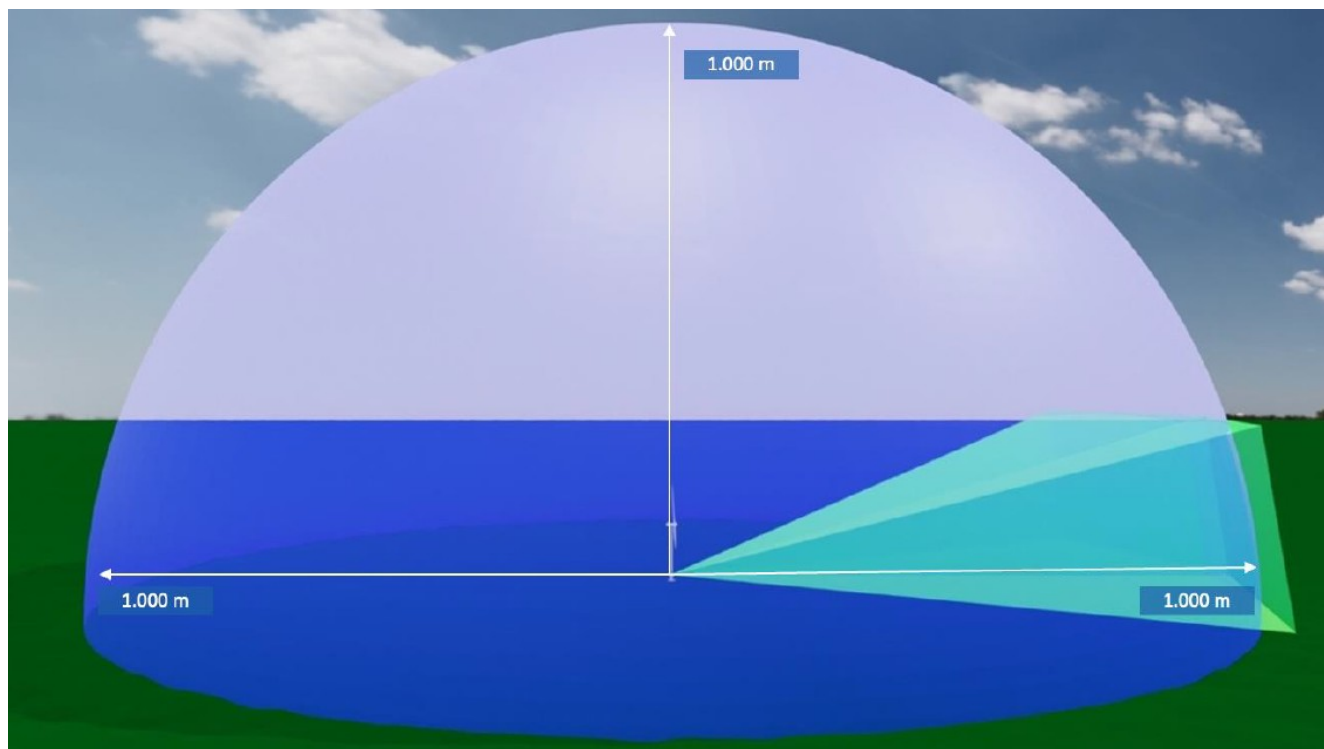
Die Hochleistungskamera ermöglicht die 360-Grad-Erfassung und Verfolgung von Einzelvögeln und Vogelschwärmen. Dabei wird z. B. beim Rotmilan eine Erfassungs-Reichweite von bis zu 1.000 m bei Tag erreicht (siehe Abbildung 3). Größere Vögel wie Seeadler können entsprechend früher detektiert werden. Die IR-Lichtquelle für den Nachtmodus hat eine Reichweite von bis zu 400 m. Damit kann das System bei Bedarf auch auf nachtaktive Vogelarten ausgeweitet werden /E-4/ (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1** AVES PTZ-Kamerasystem /E-4/



**Abbildung 2** Beispielhafte Illustration für zwei montierte PTZ-Kameras an einer Onshore-WEA /E-4/



**Abbildung 3** Theoretischer Erfassungsbereich einer PTZ-Kamera /E-4/

Sobald eine geschützte Vogelart (Zielvogelart) identifiziert wurde, wird diese von bis zu zwei unterschiedlichen Kamerasystemen kontinuierlich verfolgt. Die Entfernung und Position des Vogels können bereits monokular mit einer Kamera über die bekannte Größe der erkannten Vogelart bestimmt werden. Optional erfolgt mittels Triangulation eine präzisere dreidimensionale Positionsbestimmung (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4** Positionsbestimmung über Triangulation von mind. 2 AVES-AKS

## 2.2 Datengrundlage

Die folgende Beschreibung wurde dem seitens der Bionum GmbH vorgelegten Bericht zur digitalen Validierung für die Rohrweihe /N-1/ und dem ergänzenden Bericht zur Datengrundlage /N-5/ entnommen.

### AKS-Kameradaten für die Bestimmung der Erkennungsrate der Rohrweihe

Von beliebig ausgewählten AVES-AKS-Kameras wurden an beliebig ausgewählten Tagen alle Videos von getrackten Objekten manuell durchsucht. Videos, auf denen ein oder mehrere Rohrweihen zu sehen waren, wurden für die digitale Validierung abgespeichert. So wurden für 17 verschiedene Tage zwischen dem 23.05.2025 und dem 05.09.2025 von 10 verschiedenen Kameras Videos von Rohrweihen heruntergeladen [RA-1]. Insgesamt umfasste der Datensatz 35 Tracks zwischen 0 und 1.000 m Distanz.

### Prüfanmerkung

[RA-1] Zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Vorgehens sollte der zusammengestellte Datensatz zur digitalen Validierung (AKS-Kameradaten) zum Zwecke einer repräsentativen Auswertung im Rahmen des naturschutzfachlichen Validierungsberichts bewertet werden.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist formeller Natur und hat im vorliegenden Fall keinen erkennbaren direkten Einfluss auf die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS sowie die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (siehe Bewertung TÜV NORD). Die Abweichung ist im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

## 2.3 Beteiligte Akteure

Im Folgenden werden die an dieser Ergänzungsprüfung beteiligten Rollen/Akteure kurz vorgestellt:

- Projektleitung: Im Rahmen dieses Projekts obliegt die Projektleitung dem Hersteller des AVES-AKS und Auftraggeber der Validierung, der ProTecBird GmbH.
- Hersteller AKS: Hersteller des AVES-AKS ist die ProTecBird GmbH.
- Datenerhebung: Datenerhebung und -selektion erfolgte durch die ProTecBird GmbH.
- Datenbereitstellung: Downloads und technische Bereitstellung von Videodatenmaterial erfolgte durch die BioConsult SH GmbH & Co. KG.
- Experte:in Datenauswertung: Die Auswertung der Daten erfolgte durch die Bionum GmbH.
- Ersteller:in Validierungsbericht: Die Erstellung des zusammenfassenden naturschutzfachlichen Validierungsberichts im Sinne Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3 erfolgte durch die Bionum GmbH.
- Unabhängige Stelle: Unabhängige Stelle im Sinne Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.8 und Kapitel 3.4.2 ist die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TÜV NORD), welche zudem den abschließenden Prüfbericht (dieses Dokument) nach Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.6 erstellt hat.

### 3 Prüfung der Dokumentation

#### Prüfpunkte

Gemäß Prüfrahen SH:2024 /R-1/ sollte sich die interne Dokumentation an den Grundzügen der gängigen Standards wie DIN EN ISO 9001 oder DIN EN 61508 orientieren. Die Dokumentation muss eindeutig, übersichtlich, nachvollziehbar und leicht verständlich sein. Alle relevanten Lebensphasen von der Entwicklung über die Verifizierung, Validierung und Betrieb müssen dokumentiert werden. Es sollte ein gut pflegbares und verständliches Dokumentenmanagementsystem intern eingerichtet werden. Die Struktur muss dem Zweck dienen und prüfbar sein. Die einzelnen Dokumente sollten mindestens die folgenden Punkte enthalten:

- Eindeutiger Titel und Bezeichnung des Dokumentes.
- Anwendungsbereich (Zweck des Dokumentes).
- Register und Inhaltsverzeichnis.
- Revision, Versionsnummer, Datum.
- Dokumentenlenkungsinformationen.
- Informationen zur Freigabe und Prüfung.
- Dokumentenverantwortlichkeit.

#### Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Bericht zur digitalen Validierung für die Rohrweihe /N-1/.
- Ergänzender Bericht zur Datengrundlage /N-5/.
- Erklärung ProTecBird GmbH zur Datengrundlage /N-7/.
- Erklärung Bionum GmbH zur Datenauswertung /N-8/.

#### Bewertung TÜV NORD

Für die vorgelegte Dokumentation (siehe Kapitel 4.1 und Kapitel 4.2) kann bestätigt werden, dass die Anforderungen des Prüfrahes SH:2024 /R-1/ an die Dokumentation erfüllt werden.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (siehe Kapitel 4.1 und Kapitel 4.2) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Dokumente die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.6 erfüllen.

#### Prüfanmerkung

keine

## 4 Ergänzungsprüfung

Unter Berücksichtigung bereits vorliegender Prüfberichte wird geprüft, welche der bestehenden Ergebnisse/Nachweise übertragbar sind und welche der Ergebnisse/Nachweise aufgrund der geplanten Änderungen neu zu erbringen sind. Für die neu zu erbringenden Ergebnisse/Nachweise erfolgen die Prüfungen entsprechend den Anforderungen/Prüfvorgaben aus dem Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 „Systemprüfung“.

Folgende Nachweisdokumente liegen vor und werden im Rahmen dieser Ergänzungsprüfung berücksichtigt:

- /E-1/: TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Abschließender Prüfbericht zur Validierung des AVES-AKS gemäß Prüfrahen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein).
- /E-2/: TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Abschließender Prüfbericht zur digitalen Validierung des AVES-AKS für die Vogelart Weißstorch gemäß Prüfrahen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein).

### 4.1 Prüfung des Konzepts der Ergänzungsprüfung

#### Prüfpunkte

Gemäß Prüfrahen SH:2024 /R-1/ ist im Rahmen einer Ergänzungsprüfung nachzuweisen, dass alle Anforderungen analog zur Systemprüfung auch für das neue Szenario erfüllt werden. Dabei kann gemäß Prüfrahen SH:2024 /R-1/ auf die Ergebnisse der Systemprüfung oder weiterer vorangegangener Ergänzungsprüfungen verwiesen werden, sofern eine Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser Prüfungen auf das neu zu bewertende Szenario plausibel begründet werden kann. In diesem Kapitel wird bewertet, welche der bisher erbrachten Nachweise „übertragbar“ sind und welche der Nachweise „neu“ zu erbringen sind. Die Bewertung erfolgt dabei anhand der Nachweise, welche gemäß Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 im Rahmen einer Systemprüfung vorzulegen sind:

- Systembeschreibung (Hardware und Software).
- Naturschutzfachliche Einflussanalyse.
- Versuchsplan.
- Versuchsdurchführung (Vor-Ort-Überprüfung).
- Unabhängige Datenerhebung und -auswertung.
- Auswertungsmethodik.
- Versuchsergebnisse.

#### Durchführung

Seitens der Bionum GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Bericht zur digitalen Validierung für die Rohrweihe /N-1/.
- Ergänzender Bericht zur Datengrundlage /N-5/.

Ein Konzept zur Ergänzungsprüfung (zur digitalen Validierung für die Rohrweihe) wurde nicht vorgelegt [RA-2]. Notiz: Die Vorgehensweise zur Ergänzungsprüfung wurde im Rahmen der Erstellung dieses Prüfberichts bewertet (dieses Kapitel).

## Bewertung TÜV NORD

Systembeschreibung (Hardware und Software): Unter Berücksichtigung des durch TÜV NORD geprüften Validierungsberichts /N-1/ sowie ergänzenden Gesprächen mit der ProTecBird GmbH zu den Konfigurationen im Rahmen der Projekte zur Systemprüfung Rotmilan /U-1/ und digitalen Validierung Rohrweihe /U-2/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse der Systemprüfung Rotmilan hinsichtlich der technischen Aspekte zur Hardware und Software übertragbar sind (Kapitel 3.1.2 und 3.2 aus dem TÜV NORD Prüfbericht /E-1/).

Naturschutzfachliche Einflussanalyse: Dem ergänzenden Bericht zur Datengrundlage /N-5/ ist zu entnehmen, dass Parameter der im Rahmen der Systemprüfung erstellten naturschutzfachlichen Einflussanalyse /E-3/ übernommen wurden. Um eine repräsentative Auswertung zu ermöglichen, sei es notwendig, dass die Videos die Verhältnisse des Live-Betriebs (Lichtverhältnisse, Größe des Vogels im Bild, Auflösung, Flugverhalten, usw.) möglichst genau nachbilden. Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur Validierung /N-1/, /N-5/ sowie der ergänzenden Aussagen der Bionum GmbH zur Übertragbarkeit der naturschutzfachlichen Einflussanalyse aus /E-3/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse der Systemprüfung Rotmilan hinsichtlich der naturschutzfachlichen Einflussanalyse übertragbar sind (Kapitel 3.3.1 aus dem TÜV NORD Prüfbericht /E-1/).

Versuchsplan und Versuchsdurchführung: Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Erfassungsrate, der bedingten Erkennungsrate und der Gesamtrate entsprechen der im Validierungsbericht zur digitalen Validierung für den Weißstorch vorgestellten Vorgehensweise /N-3/. Der Validierungsbericht zur digitalen Validierung für den Weißstorch /N-3/ wurde von TÜV NORD geprüft /E-2/. Unter Berücksichtigung des durch TÜV NORD geprüften Validierungsberichts /N-3/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse des Prüfberichts zur digitalen Validierung für den Weißstorch hinsichtlich der Versuchsplanung und Versuchsdurchführung übertragbar sind (Kapitel 4.2.1 aus dem TÜV NORD Prüfbericht /E-2/).

Unabhängige Datenerhebung und -auswertung: Da die Datengrundlage von der Datengrundlage im Rahmen der digitalen Validierung für den Weißstorch /N-3/ deutlich abweicht (Untersuchung Rohrweihe vs. Weißstorch), sind die Ergebnisse aus dem TÜV NORD Prüfbericht /E-2/ zur unabhängigen Datenerhebung und -auswertung nicht übertragbar. Die Einhaltung der Anforderungen aus dem Prüfraum SH:2024 /R-1/ an die unabhängige Datenerhebung und -auswertung ist neu nachzuweisen und im Rahmen dieses Prüfberichts zu bewerten (siehe Kapitel 4.2.1).

Auswertungsmethodik und Versuchsergebnisse: Die Auswertungsmethoden zur Ermittlung der Erfassungsrate, der bedingten Erkennungsrate und der Gesamtrate entsprechen den im Validierungsbericht zur digitalen Validierung für den Weißstorch vorgestellten Methoden /N-3/. Der Validierungsbericht zur digitalen Validierung für den Weißstorch /N-3/ wurde von TÜV NORD geprüft /E-2/. Unter Berücksichtigung des durch TÜV NORD geprüften Validierungsberichts /N-3/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse des Prüfberichts zur digitalen Validierung für den Weißstorch hinsichtlich der Auswertungsmethodik übertragbar sind (Kapitel 4.2.3 aus dem TÜV NORD Prüfbericht /E-2/). Da die Datengrundlage von der Datengrundlage im Rahmen der digitalen Validierung für den Weißstorch /N-3/ deutlich abweicht (Untersuchung Rohrweihe vs. Weißstorch), sind die Versuchsergebnisse aus dem TÜV NORD Prüfbericht /E-2/ nicht übertragbar. Die Einhaltung der Anforderungen aus dem Prüfraum SH:2024 /R-1/ an die Gesamtrate ist über die Dokumentation der Versuchsergebnisse neu nachzuweisen und im Rahmen dieses Prüfberichts zu bewerten (siehe Kapitel 4.2.2).

### Prüfanmerkung

[RA-2] Zukünftig ist im Rahmen einer Ergänzungsprüfung ein Konzept (kurze Beschreibung) gemäß Prüfraum SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.2 vorzulegen, in dem die geplanten Änderungen beschrieben werden. Auf dieser Grundlage ist gemäß Prüfraum SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 darzulegen, welche bereits vorliegenden Ergebnisse und Nachweise übertragbar sind und welche infolge der Änderungen neu zu erbringen sind.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist formeller Natur und hat im vorliegenden Fall keinen erkennbaren direkten Einfluss auf die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS sowie die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (siehe Bewertung TÜV NORD).

## **4.2 Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte**

Die Validierung hat gemäß Prüfraum SH:2024 /R-1/ zum Ziel, einen empirisch ausreichend fundierten Nachweis darüber zu erbringen, dass die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit eines AKS mit hinreichender Zuverlässigkeit erreicht werden.

Im Sinne der vorliegenden digitalen Validierung sind die Ermittlung der Raten (Erfassungsrate, Erkennungsrate und Gesamtrate) Bestandteil der geforderten Untersuchungen. Eine Ermittlung des örtlichen Messfehlers ist im Rahmen der vorliegenden digitalen Validierung nicht erforderlich – der örtliche Messfehler ist gemäß Prüfraum SH:2024 /R-1/ über gezielte Feldexperimente im Erfassungsbereich entlang der unterschiedlichen existierenden Distanzen zum AKS zu ermitteln. Die Ermittlung des örtlichen Messfehlers war bereits Bestandteil der Systemprüfung für den Rotmilan /N-4/, /E-1/.

### **4.2.1 Unabhängige Datenerhebung und -auswertung**

#### Prüfpunkte

Gemäß Prüfraum SH:2024 /R-1/ ist sicherzustellen, dass die Datenerhebung und Auswertung ohne gegenseitige Einflussnahme erfolgt. Ein beiderseitiger Datenabgleich oder Austausch darf während der Versuchsdurchführung und vor der Auswertung nicht stattfinden. Aus den Anforderungen des Prüfraums SH:2024 /R-1/ lässt sich für eine digitale Validierung folgendes ableiten.

- Es ist sicherzustellen, dass die Datensätze nicht bereits als Trainingsmaterial für das KI-Modell verwendet wurden. Die Validierung muss sicherstellen, dass solche Daten von der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen werden, da ansonsten eine Überschätzung der Klassifizierungsleistung resultiert.
- Es ist sicherzustellen, dass keine Daten manipuliert wurden. Die Validierung muss sicherstellen, dass die Prozesse ausreichend unabhängig voneinander sind und seitens der beteiligten Akteure entsprechende Selbstverpflichtungserklärungen vorliegen.

#### Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH und der Bionum GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Bericht zur digitalen Validierung für die Rohrweihe /N-1/.
- Ergänzender Bericht zur Datengrundlage /N-5/.
- Zusammenstellung verwendeter Videos /N-6/.
- Erklärung ProTecBird GmbH /N-7/.
- Erklärung Bionum GmbH /N-8/.

### Bewertung TÜV NORD

Für die digitale Validierung wurden folgende Datensätze verwendet:

- AKS-Kameradaten für die Bestimmung der Erkennungsrate der Rohrweihe.

Dem ergänzenden Bericht zur Datengrundlage /N-5/ ist zu entnehmen, dass das Bildmaterial von denjenigen Tagen, aus denen die Validierungs-Videos stammten, kategorisch aus dem Training ausgeschlossen wurde. Die verwendeten Datensätze (Validierungsdaten vs. Trainingsdaten) wurden mit /N-6/ zur Verfügung gestellt (inklusive eines Prüfergebnisses zum Abgleich der Datensätze). Seitens der beteiligten Rollen wurden Erklärungen eingereicht /N-7/, /N-8/, in denen bestätigt wird, dass die Datenerhebungen (AVES-AKS-Daten, KI Validierungs-Videos und Trainings-Videos) unabhängig verliefen und Daten zudem nachträglich nicht verändert wurden.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur unabhängigen Datenerhebung und -auswertung /N-1/, /N-5/, /N-7/, /N-8/ sowie einer stichprobenhaften Prüfung der Datensätze /N-6/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Datenerhebungen und -auswertungen im Kontext der digitalen Validierung Rohrweihe gemäß Anforderungen des Prüfraums SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.8 unabhängig verliefen.

### Prüfmerkung

keine

## **4.2.2 Versuchsergebnisse**

### Prüfpunkte

Es ist sicherzustellen, dass die Ergebnisse plausibel im Hinblick auf die digitale Validierung für die Rohrweihe und den Prüfraum SH:2024 /R-1/ sind.

### Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Bericht zur digitalen Validierung für die Rohrweihe /N-1/.
- Erläuterungen und Ergänzungen zum Validierungsbericht /N-2/

### Bewertung TÜV NORD

Mit dem Validierungsbericht /N-1/ sowie den Erläuterungen und Ergänzungen zum Validierungsbericht /N-2/ wurden Dokumente vorgelegt, welche die Versuchsergebnisse beschreiben:

Erfassungsbereich: Hinsichtlich der Erfassungsrate wurde der ringförmige Erfassungsbereich gemäß Validierungsbericht /N-1/ mit 400 bis 650 m Distanz zum AKS betrachtet. Der Distanzbereich wurde so gewählt, dass er möglichst groß ist und damit eine hohe Bandbreite potenzieller Reaktionsbereiche abdeckt. Hinsichtlich der Erkennungsrate wurde ein kreisförmiger Erfassungsbereich gemäß Validierungsbericht /N-1/ mit 0 bis jenseits 1.000 m Distanz zum AKS betrachtet. Gemäß /N-1/, /N-2/ stellt die Betrachtung eines kreisförmigen statt eines ringförmigen Erfassungsbereichs hinsichtlich der Erkennungsrate eine aus naturschutzfachlicher Sicht konservative Vorgehensweise in Bezug auf das AVES-AKS dar.

Erfassungsrates: Gemäß Validierungsbericht /N-1/ wurde für einen Erfassungsbereich von 400 bis 650 m eine Erfassungsrates nebst 95%-Konfidenzintervalle von 91% [88% – 93%] prognostiziert.

Erkennungsrates: Gemäß Validierungsbericht /N-1/ wurde für einen Erfassungsbereich von 0 bis jenseits 1.000 m eine Erkennungsrates nebst 95%-Konfidenzintervalle von 94% [87% - 98%] ermittelt.

Gesamtrates: Gemäß Validierungsbericht /N-1/ wurde für einen Erfassungsbereich von 400 bis 650 m eine Gesamtrates nebst 95%-Konfidenzintervalle von 81% [71% - 88%] ermittelt.

Abschließend wurde im Validierungsbericht /N-1/ darauf hingewiesen, dass es verschiedenste Anhaltspunkte dafür gäbe, dass sowohl die Schätzung beider Einzelraten als auch die k-Delta-Methode zur Berechnung der Gesamtrates Unterschätzungen der Raten und/oder Überschätzungen der Konfidenzintervalle liefern, sodass in Summe von einer naturschutzfachlich vorsorglichen Vorgehensweise ausgegangen werden könne. Diese Tendenzen wurden im Rahmen der zur Methodik durchgeführten Validierung über die Daten des Rotmilans und des Schreiadlers beobachtet /N-3/.

Fazit: Unter Berücksichtigung des durch TÜV NORD geprüften Validierungsberichts /N-1/ und der ergänzenden Unterlage /N-2/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die erzielten Versuchsergebnisse plausibel sind und die Anforderungen des Prüfraums SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.1.1 an die einzuhaltende Gesamtrates erfüllt werden.

Den gewählten Erfassungsbereich mit 400 bis 650 m Distanz zum AKS sehen wir für spätere Anwendungen im Hinblick auf zukünftige/reale Reaktionsbereiche als geeignet an. Hinsichtlich der Erkennungsrates wurde ein Erfassungsbereich von 0 bis jenseits 1.000 m Distanz betrachtet. Die Ausführungen, wonach auf Basis von Videodaten keine exakten Positionsbestimmungen der Vögel möglich sind und ein kreisförmiger Erfassungsbereich für die Ermittlung der Erkennungsrates eine konservative Annahme darstellt, können wir auf Grundlage unserer Erfahrungen für das AVES-AKS als plausibel bestätigen: die Performance des AVES-AKS nimmt im Nah- und im Fernbereich ab.

Die für die Rohrweihe für einen Erfassungsbereich von 400 bis 650 m ermittelten Ergebnisse der prognostizierten Erfassungsrates sind auf Basis unserer Erfahrungen plausibel.

Die für die Rohrweihe für einen Erfassungsbereich bis 1000 m ermittelten Ergebnisse der Erkennungsrates sind auf Basis unserer Erfahrungen plausibel.

Die für die Rohrweihe für einen Erfassungsbereich von 400 bis 650 m ermittelte Gesamtrates ist auf Basis unserer Erfahrungen plausibel. Zudem weisen die beobachteten Ergebnisse aus /N-3/ darauf hin, dass die Ergebnisse tendenziell konservativ sind (Unterschätzung der Gesamtrates).

#### Prüfanmerkung

keine

### 4.3 Abschließende Bewertung

Nach Prüfung des Konzepts der Ergänzungsprüfung (siehe Kapitel 4.1) kommen wir zu dem Ergebnis, dass im Kontext der vorliegenden digitalen Validierung für die Rohrweihe folgende naturschutzfachliche Nachweise gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 neu zu erbringen waren:

- unabhängige Datenerhebung und -auswertung sowie
- Versuchsergebnisse.

Mit dem Validierungsbericht /N-1/, den Erläuterungen und Ergänzungen zum Validierungsbericht /N-2/ sowie dem ergänzenden Bericht zur Datengrundlage /N-5/ wurden Dokumente vorgelegt, welche von TÜV NORD im Kapitel 4.2 bewertet wurden.

Die Datenerhebung und -auswertung erfolgte entsprechend der Vorgaben des Prüfraumens SH:2024 /R-1/ unabhängig. Die im Rahmen der digitalen Validierung für die Rohrweihe nachgewiesene Gesamtrate gilt für Erfassungsbereiche von 400 bis 650 m sowie unter der Voraussetzung, dass die für die Rohrweihe angepasste KI in einem validierten AVES-AKS eingesetzt wird (siehe dazu das im Rahmen der Systemprüfung /E-1/ für den Rotmilan von TÜV NORD geprüfte AVES-AKS).

Im Rahmen der Prüfung wurden die Prüfanmerkungen [RA-1] bis [RA-2] identifiziert. Die damit verbundenen Auffälligkeiten und Abweichungen stellen keine unmittelbare Gefahr für den Schutz der kollisionsgefährdeten Vogelart „Rohrweihe“ dar und führen zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der Vorgehensweise und der Ergebnisse der digitalen Validierung für die Rohrweihe. Die geforderte grundsätzliche Wirksamkeit (Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.1) des AKS und die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1) werden auf Grundlage der vorgelegten Nachweise zur digitalen Validierung für die Rohrweihe bestätigt. Die identifizierte Prüfanmerkung [RA-1] ist im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

## 5 Prüfanmerkungen

Die folgende Liste stellt eine Zusammenfassung der in diesem Prüfbericht identifizierten Auffälligkeiten und Abweichungen gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ dar. Zudem wird jede identifizierte Auffälligkeit und Abweichung, wie im Folgenden beschrieben, klassifiziert.

Offener Punkt: Ein offener Punkt beschreibt ein Defizit in der Dokumentation mit potenzieller Bedeutung für den Schutz von kollisionsgefährdeten Vogelarten. Ohne erfolgte Prüfung der fehlenden Dokumentation kann keine Prüfaussage zur grundsätzlichen Wirksamkeit des AKS und zur Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus getätigt werden.

Kritische Abweichung: Diese Kategorie umfasst Abweichungen, die eine direkte und ernsthafte Gefahr für den Schutz von kollisionsgefährdeten Vogelarten darstellen oder die die Funktionalität des AKS so beeinträchtigen, dass es nicht mehr seinen grundlegenden oder gesetzlich vorgeschriebenen Zweck erfüllen kann. Ohne Beseitigung dieser Abweichungen können die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS und die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus nicht bestätigt werden.

Relevante Abweichung: Diese Kategorie umfasst Abweichungen, die die Qualität der Nachweisführung betreffen, ohne dass Hinweise auf eine Unterschreitung des erforderlichen Schutzniveaus vorliegen. Die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS und die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus können bestätigt werden. Die Abweichungen sind im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

Geringfügige Abweichung: Diese Kategorie beinhaltet Auffälligkeiten und Abweichungen, die eine untergeordnete Auswirkung auf die Qualität der Nachweisführung haben. Die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS und die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus können bestätigt werden.

## **5.1 Liste der offenen Punkte**

keine

## **5.2 Liste der kritischen Abweichungen**

keine

## **5.3 Liste der relevanten Abweichungen**

- [RA-1] Zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Vorgehens sollte der zusammengestellte Datensatz zur digitalen Validierung (AKS-Kameradaten) zum Zwecke einer repräsentativen Auswertung im Rahmen des naturschutzfachlichen Validierungsberichts bewertet werden.
- [RA-2] Zukünftig ist im Rahmen einer Ergänzungsprüfung ein Konzept (kurze Beschreibung) gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.2 vorzulegen, in dem die geplanten Änderungen beschrieben werden. Auf dieser Grundlage ist gemäß Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1 darzulegen, welche bereits vorliegenden Ergebnisse und Nachweise übertragbar sind und welche infolge der Änderungen neu zu erbringen sind.

## **5.4 Liste der geringfügigen Abweichungen**

keine

## 6 Formelzeichen und Abkürzungen

|      |                                                     |
|------|-----------------------------------------------------|
| AKS  | Antikollisionssystem                                |
| AVES | AVES WIND ONSHORE                                   |
| KI   | Künstliche Intelligenz                              |
| LFU  | Landesamts für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein |
| m    | Meter                                               |
| PTZ  | Pan-Tilt-Zoom                                       |
| SH   | Schleswig-Holstein                                  |
| SPS  | speicherprogrammierbare Steuerung                   |
| WEA  | Windenergieanlage                                   |

## 7 Rechtsbelehrung

Die vorliegende Prüfung ist nur in ihrer Gesamtheit gültig. Die darin getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden übermittelten Dokumente.

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG leistet keine Gewähr für die Erfüllung von Vorhersagen. Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der eingereichten Unterlagen und Angaben und für durch unrichtige Angaben bedingte falsche Aussagen oder abgeleitete Empfehlungen.

Die von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG erbrachten Leistungen (z.B. Gutachten-, Prüf- und Beratungsleistungen) dürfen nur im Rahmen des vertraglich vereinbarten Zwecks verwendet werden. Vorbehaltlich abweichender Vereinbarungen im Einzelfall, räumt TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG der ProTecBird GmbH an seinen urheberrechtsfähigen Leistungen jeweils ein einfaches, nicht übertragbares sowie zeitlich und räumlich auf den Vertragszweck beschränktes Nutzungsrecht ein. Weitere Rechte werden ausdrücklich nicht eingeräumt, insbesondere ist die ProTecBird GmbH nicht berechtigt, die Leistungen des Auftragnehmers zu bearbeiten, zu verändern oder nur auszugsweise zu nutzen.

Eine Veröffentlichung der Leistungen über den Rahmen des vertraglich vereinbarten Zwecks hinaus, auch auszugsweise, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Eine Bezugnahme auf TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG ist nur bei Verwendung der Leistung in Gänze und unverändert zulässig.

Bei einem Verstoß gegen die vorstehenden Bedingungen ist TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG jederzeit berechtigt, der ProTecBird GmbH die weitere Nutzung der Leistungen zu untersagen.

## 8 Literatur- und Quellenangaben

### 8.1 Allgemeine Unterlagen

- /U-1/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Angebot 2024-ERS-742a. Gutachtliche Stellungnahme zur Validierung. Schreiben vom 17.10.2024.
- /U-2/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Angebot 2026-ERS-089. Gutachtliche Stellungnahme zur Ergänzungsprüfung - digitale Validierung. Schreiben vom 16.02.2026.

### 8.2 Regelwerk

- /R-1/ Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU). Fachkonventionsvorschlag „Prüfraumen für Antikollisionssysteme“ (Prüfraumen AKS). Stand: 01.07.2024.

### 8.3 Unterlagen zur Ergänzungsprüfung

- /E-1/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Abschließender Prüfbericht zur Validierung des AVES-AKS gemäß Prüfraumen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein). Revision 0 mit Stand vom 27.05.2026.
- /E-2/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG. Abschließender Prüfbericht zur digitalen Validierung des AVES-AKS für die Vogelart Weißstorch gemäß Prüfraumen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein). Revision 0 mit Stand vom 09.06.2026.
- /E-3/ Bioplan - Hammerich, Hinsch und Partner PartG. AVES WIND ONSHORE Antikollisionssystem zum Schutz des Rotmilans (Milvus milvus) - Nachweis der Wirksamkeit und Beschreibung der Datenerhebung. Version 1.0 vom 10.12.2025.
- /E-4/ ProTecBird GmbH. ANNEX I - Technical Description of the AI-based anti-collision system AVES Wind ACS. Project: Ignitis WF Kelme. Document Nr.: 24-005-KV-ANNEX-I. Husum, 30.10.2024.
- /E-5/ ProTecBird GmbH. ProTecBird - AVES Onshore - Software Design Description. PTB-500-0001\_SDD. Version: 003 vom 30.01.2026.

### 8.4 Unterlagen zu naturschutzfachlichen Themen

- /N-1/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Statistische Begutachtung des Antikollisionssystems „AVES-Wind Onshore“ gemäß LfU-AKS Prüfraumen – Eine digitale Ergänzungsprüfung für die Rohrweihe (Circus aeruginosus). Stand: 12.03.2026.
- /N-2/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Erläuterungen und ergänzende Angaben zum Validierungsbericht (digitale Validierung Rohrweihe). E-Mail Bionum GmbH vom 05.06.2026.
- /N-3/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Statistische Begutachtung des Antikollisionssystems „AVES-Wind Onshore“ gemäß LfU-AKS Prüfraumen – Ein Methodenvorschlag zur digitalen Ergänzungsprüfung am Beispiel des Weißstorchs. Stand: 17.12.2025.
- /N-4/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Statistische Begutachtung des Antikollisionssystems „AVES-Wind Onshore“ vor dem Hintergrund des LfU-AKS Prüfraumens und in Anlehnung an die „KNE-Checkliste“. Stand: 14.02.2024.
- /N-5/ ProTecBird GmbH. Digitale Validierung Rohrweihe – Datengrundlage. Version 1.1 vom 05.06.2026.

- /N-6/ ProTecBird GmbH. 26-003-INT-RohrW\_RohrweiheValidierung.xlsx. Zusammenstellung verwendeter Videos. Version 1.0 vom 04.06.2026.
- /N-7/ ProTecBird GmbH. Erklärung zur Datengrundlage für die Vogelart Rohrweihe. Schreiben vom 01.06.2026.
- /N-8/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Erklärung zur Datenauswertung für die Vogelart Rohrweihe. Schreiben vom 29.05.2026.