

ABSCHLIEßENDER PRÜFBERICHT

zur Validierung des AVES-AKS gemäß Prüfrahen für Antikollisionsysteme (Schleswig-Holstein)



TÜV NORD Referenznr.: 2024-WND-RB-742a-R0

Datum: 28.05.2026

Gegenstand der Prüfung	Abschließender Prüfbericht zur Validierung des AKS AVES gemäß Prüfrahen für Antikollisionssysteme (Schleswig-Holstein)
Kunde	ProTecBird GmbH Brinckmannstraße 31 25813 Husum

Die Ausarbeitung der gutachtlichen Stellungnahme erfolgte durch:

Verfasser	 Dr. J. Hauschild Sachverständiger Hamburg, 28.05.2026
Geprüft durch	 M.Sc. N. Cromm Sachverständiger Hamburg, 28.05.2026

Änderungshistorie

Rev.	Datum	Änderung
0	28.05.2026	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

1	Aufgabenstellung	5
2	Projektbeschreibung	6
2.1	<i>Funktionsweise AVES</i>	6
2.2	<i>Untersuchungszeitraum und Versuchsstandorte</i>	10
2.3	<i>Beteiligte Akteure</i>	10
3	Systemprüfung	11
3.1	<i>Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement.....</i>	11
3.1.1	Dokumentation.....	11
3.1.2	Qualitätsmanagement.....	13
3.2	<i>Prüfung der entwicklungsbegleitenden Dokumentation</i>	15
3.2.1	Schnittstelle AKS-WEA	15
3.2.2	System und Hardware.....	16
3.2.3	Software und KI-Systeme	17
3.2.4	Einfluss- und Auswirkungsanalyse / FMECA.....	18
3.2.5	Datenschutz und Datensicherheit	19
3.2.6	Betriebsrelevante Dokumentation: wiederkehrende Prüfungen, Wartungen, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb.....	20
3.3	<i>Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte.....</i>	21
3.3.1	Naturschutzfachliche Einflussanalyse	21
3.3.2	Versuchsplan und Versuchsdurchführung.....	22
3.3.3	Unabhängige Datenerhebung und -auswertung	24
3.3.4	Auswertungsmethodik und Versuchsergebnisse	25
4	Zusammenfassung und Bewertung	26
4.1	<i>Dokumentation und Qualitätsmanagement.....</i>	26
4.2	<i>Entwicklungsbegleitende Dokumentation</i>	27
4.3	<i>Naturschutzfachliche Aspekte</i>	28
4.4	<i>Abschließende Bewertung.....</i>	29
5	Prüfanmerkungen	29
5.1	<i>Liste der offenen Punkte.....</i>	29
5.2	<i>Liste der kritischen Abweichungen</i>	29
5.3	<i>Liste der relevanten Abweichungen.....</i>	30
5.4	<i>Liste der geringfügigen Abweichungen.....</i>	30

6	Formelzeichen und Abkürzungen.....	31
7	Rechtsbelehrung	32
8	Literatur- und Quellenangaben.....	33
8.1	<i>Regelwerk</i>	33
8.2	<i>Unterlagen zum Qualitätsmanagement</i>	33
8.3	<i>Unterlagen zu entwicklungsbegleitenden Themen.....</i>	33
8.4	<i>Unterlagen zu naturschutzfachlichen Themen.....</i>	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	AVES PTZ-Kamerasystem /E-6/	7
Abbildung 2	Beispielhafte Illustration für zwei montierte PTZ-Kameras an einer Onshore-WEA /E-6/	7
Abbildung 3	Theoretischer Erfassungsbereich einer PTZ-Kamera /E-6/	8
Abbildung 4	Überblick über ein minimales AVES WIND System /E-9/	8
Abbildung 5	Positionsbestimmung über Triangulation von mind. 2 AVES-AKS	9
Abbildung 6	Beispiel ellipsoider Erfassungsbereich (grün), der einen Reaktionsbereich (blau) umfasst mit stärkerer vertikaler Differenz zwischen Rotormittelpunkt der WEA (schwarz) und AKS (rot) /R-1/	9

1 Aufgabenstellung

Die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TÜV NORD) ist von der ProTecBird GmbH mit Schreiben vom 21.10.2024 mit einer unabhängigen Begleitung der Validierung des Antikollisionssystems (AKS) AVES WIND ONSHORE (AVES) gemäß Prüfrahmen Schleswig-Holstein (SH) /R-1/ für den Rotmilan beauftragt worden.

Der Prüfrahmen 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 Prüfrahmen alle relevanten Phasen im Lebenszyklus eines AKS. Den Herstellern gibt der Prüfrahmen 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 Funktionsfähigkeit des AKS-Systems und die Erfüllung der Vorgaben des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ zur „Systemprüfung“ zu erbringen, sind gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ mindestens die folgenden Punkte auf Richtigkeit, Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit zu überprüfen und zu bewerten:

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

Im Rahmen der unabhängigen Begleitung der Validierung des AVES-AKS wurden die folgenden Punkte gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ bearbeitet:

- Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement: Die Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement dient der Bewertung, inwieweit die grundsätzlichen Anforderungen des Prüfrahmens 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 der entwicklungsbegleitenden Dokumentation: Die Prüfung der entwicklungsbegleitenden Dokumentation dient der Bewertung, inwieweit die Anforderungen des Prüfrahmens gemäß Kapitel 3.2 und 3.4 /R-1/ umgesetzt wurden. Die Prüfung erfolgte durch Dokumentationsprüfung sowie durch Audits, die entweder vor Ort oder online durchgeführt wurden. Die folgenden Punkte waren Bestandteil der Prüfung:
 - System, Schnittstelle AKS-WEA, Hardware, Software.
 - Einfluss- und Auswirkungsanalyse/FMECA.
 - Datenschutz und Datensicherheit.
 - Betriebsrelevante Dokumentation: wiederkehrende Prüfungen, Wartungen, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb.
- Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte: Die Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte dient der Bewertung, inwieweit die Anforderungen des Prüfrahmens gemäß Kapitel 3.3 /R-1/ umgesetzt wurden. Die Prüfung erfolgte durch Dokumentationsprüfung und stichprobenhafte

Nachberechnung von Kenngrößen sowie durch Audits, die entweder vor Ort oder online durchgeführt wurden. Die folgenden Punkte waren Bestandteil der Prüfung:

- Naturschutzfachliche Einflussanalyse.
- Versuchsplan.
- Versuchsdurchführung.
- Unabhängige Datenerhebung und -auswertung.
- Auswertungsmethodik.
- Versuchsergebnisse.
- Abschließender Prüfbericht: Die Ergebnisse werden inklusive der identifizierten Auffälligkeiten und Abweichungen in diesem Prüfbericht dokumentiert (siehe Prüfrahen Kapitel 3.4.6 /R-1/).

Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen werden im vorliegenden Bericht dargestellt.

2 Projektbeschreibung

2.1 Funktionsweise AVES

Grundlage dieses Prüfberichts sind die folgenden, seitens der ProTecBird GmbH mitgeteilten Hardware- und Software-Stände /E-1/, welche nach Aussage der ProTecBird GmbH /E-1/ Gegenstand der „Artenschutzfachlichen Bewertung“ der Bioplan PartG waren /N-1/:

- Hardware:
 - Kamera: AXIS PTZ Q6225 mit PoE Netzteil.
 - PC: Bressner/ Neousys Nuovo-8108GC.
 - Schaltschrank mit Netzteil, Absicherung etc.: PTB mit Komponenten von Weidmüller.
- Software:
 - AVES Version 1.7.483.
- KI-Modell:
 - AI1 version train_37_weight_Timmaspe_Gnutz_ts08_indu_onAI1_offshore_v61.
 - AI2 version train_39_weight_Timmaspe_Gnutz_ts39_v61.
 - AI1 und AI2 sind keine Alternativen, sondern werden gemeinsam verwendet.

Die folgende Beschreibung der Funktionsweise des AVES-AKS wurde den seitens der ProTecBird GmbH vorgelegten entwicklungsbegleitenden Dokumenten /E-6/ bis /E-9/ 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.

Die Hochleistungskamera ermöglicht die 360-Grad-Erfassung und Verfolgung von Einzelvögeln und Vogelschwärmen. Dabei wird beim Rotmilan eine Erfassungs-Reichweite von bis zu 1.000 Metern 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 Metern. Damit kann das System bei Bedarf auch auf nachtaktive Vogelarten ausgeweitet werden /E-6/ (siehe Abbildung 1).

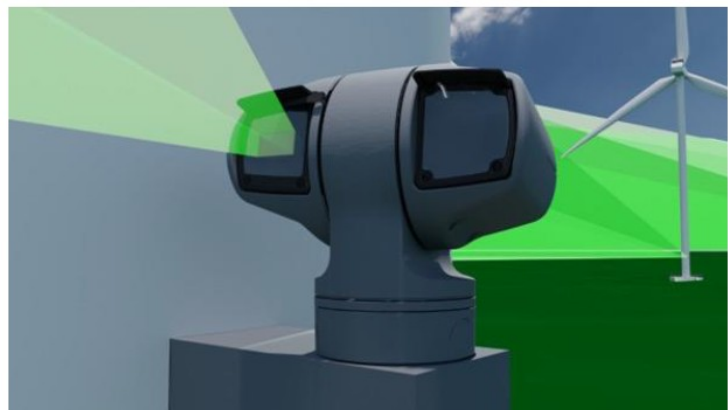
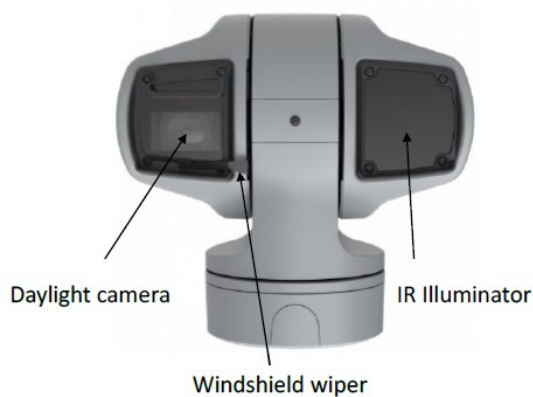


Abbildung 1 AVES PTZ-Kamerasystem /E-6/

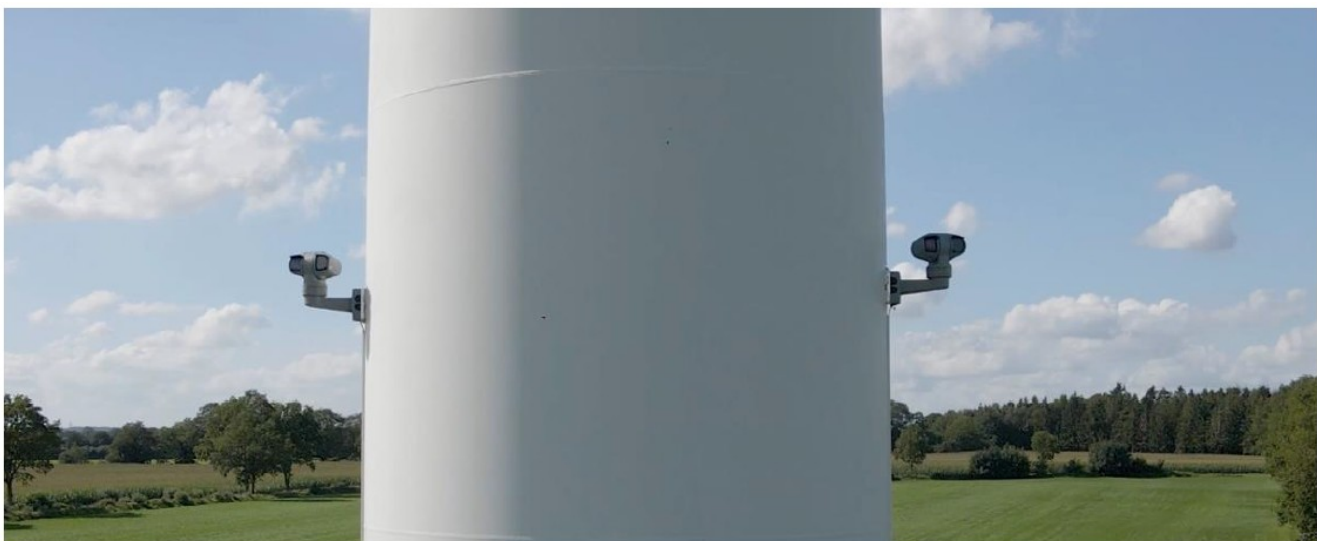


Abbildung 2 Beispielhafte Illustration für zwei montierte PTZ-Kameras an einer Onshore-WEA /E-6/

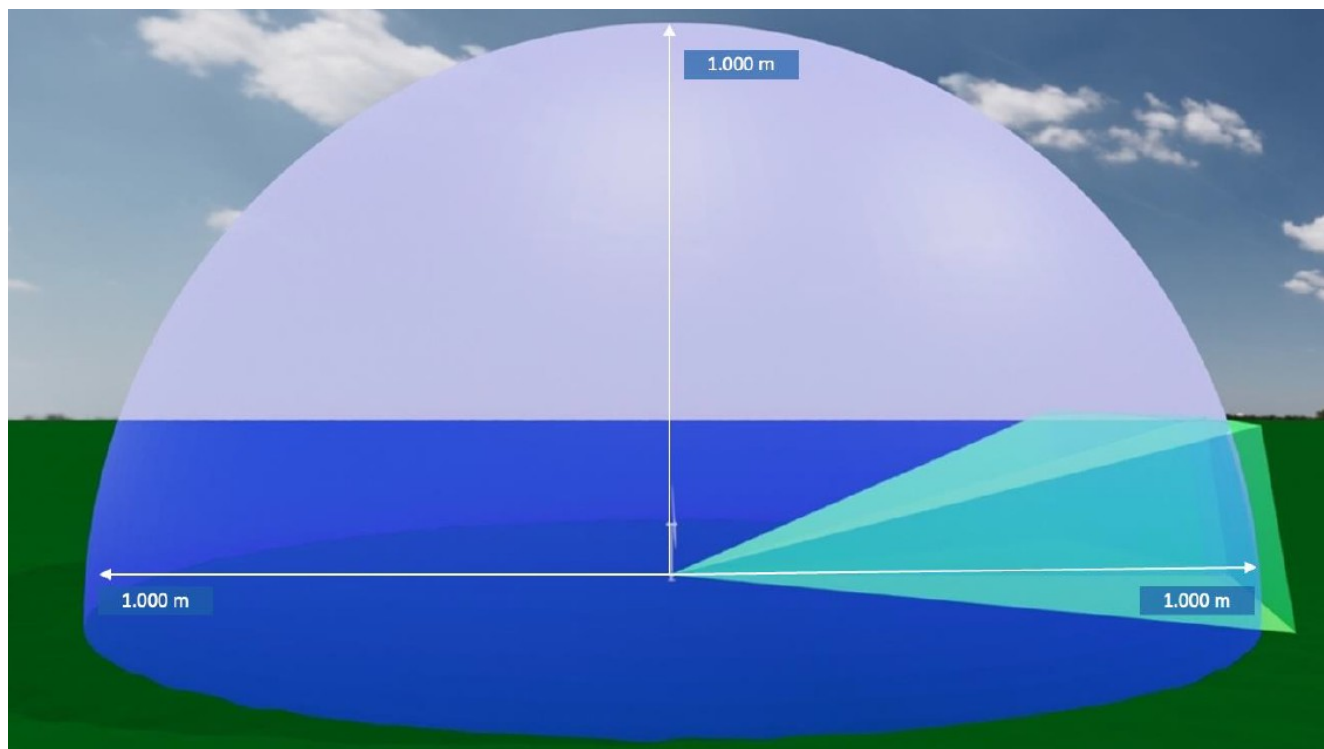


Abbildung 3 Theoretischer Erfassungsbereich einer PTZ-Kamera /E-6/

Die Steuerung der PTZ-Kamerasysteme, sowie die Kommunikation mit möglichen anderen AVES WIND Systemen erfolgt über das Basic Tracking System (BTS) (siehe Abbildung 4 /E-9/). Das ProTecBird AI Model (siehe Abbildung 4 /E-9/) wird vom BTS als Plugin geladen und wird zur Erkennung und Klassifizierung der Vögel verwendet. Die Klassifikation erfolgt in Echtzeit - identifizierte Flugobjekte werden bewertet und priorisiert.

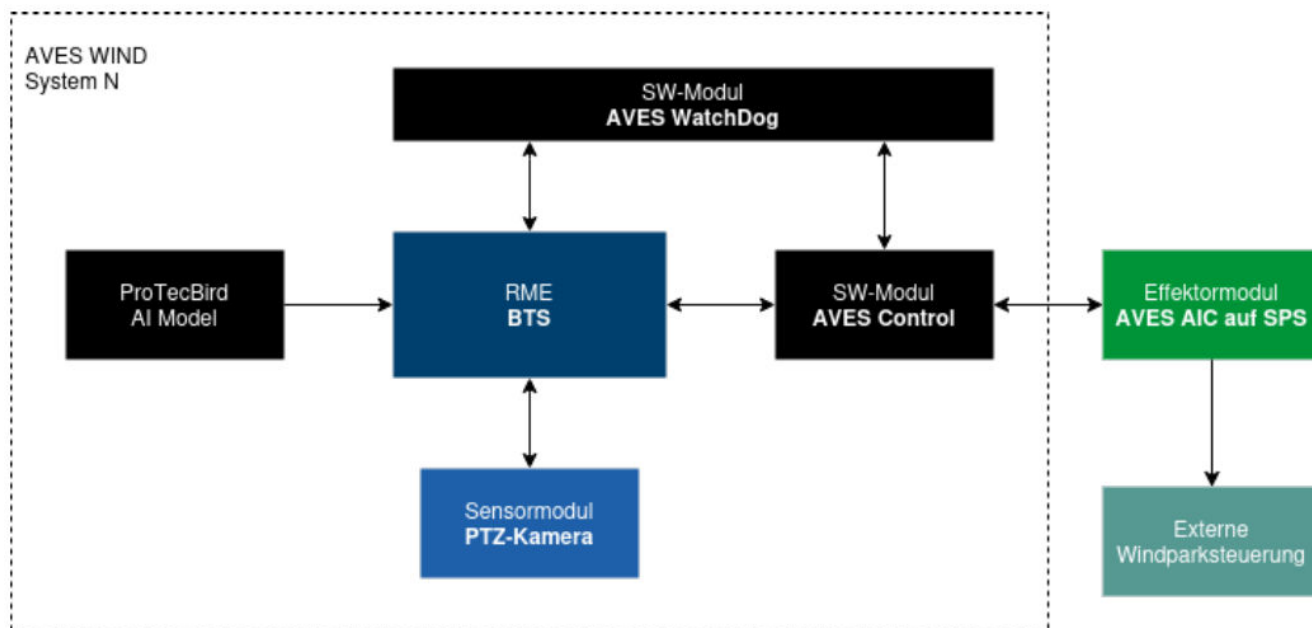


Abbildung 4 Überblick über ein minimales AVES WIND System /E-9/

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 5).

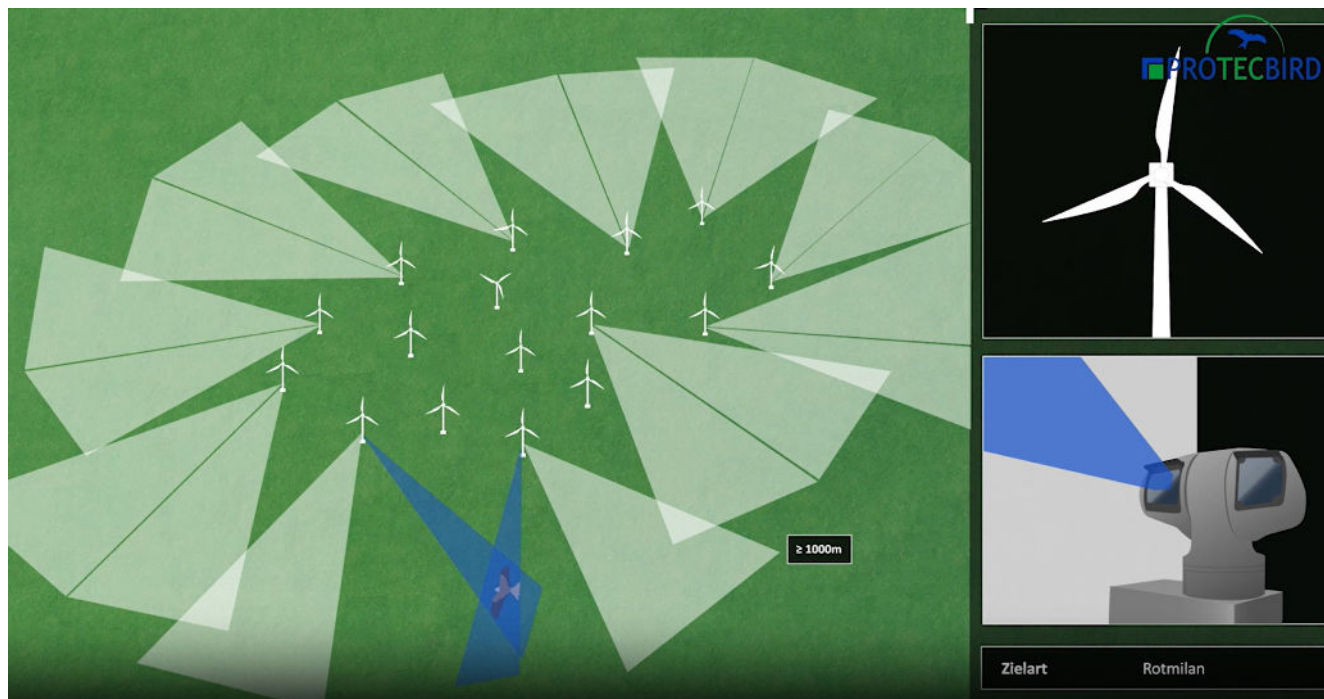


Abbildung 5 Positionsbestimmung über Triangulation von mind. 2 AVES-AKS

In Abhängigkeit eines zuvor festgelegten Reaktionsbereichs (siehe beispielhaft Abbildung 6 /R-1/) und der gemessenen Position, Flugroute und Fluggeschwindigkeit der Zielvogelart lässt sich festlegen, ob eine Abschaltung der WEA erforderlich ist oder nicht und wann die WEA wieder in Betrieb genommen werden kann.

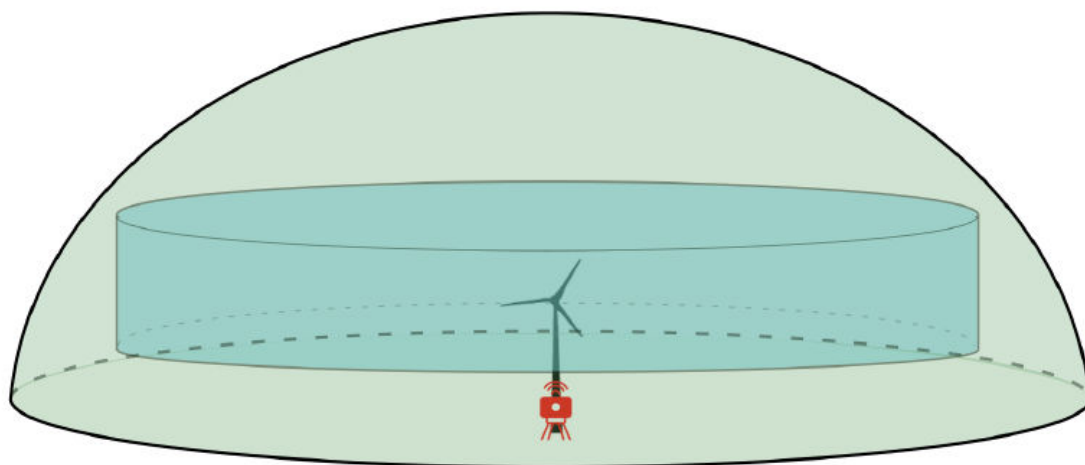


Abbildung 6 Beispiel ellipsoider Erfassungsbereich (grün), der einen Reaktionsbereich (blau) umfasst mit stärkerer vertikaler Differenz zwischen Rotormittelpunkt der WEA (schwarz) und AKS (rot) /R-1/.

2.2 Untersuchungszeitraum und Versuchsstandorte

Die folgende Beschreibung wurde dem seitens der Bioplan PartG vorgelegten naturschutzfachlichen Validierungsbericht /N-1/ entnommen.

An insgesamt 25 Erfassungstagen im Zeitraum vom 04.08.2023 bis 14.09.2023 wurden an fünf unterschiedlichen Standorten Flugsequenzen des Rotmilans erhoben:

- Standort 1: Timmaspe (Hauptstandort) – vier AVES-AKS an zwei WEA des Typs Nordex N149.
- Standort 2: Trappenkamp – zwei mobile AVES-Systeme.
- Standort 3: Groß Buchwald 1 – zwei mobile AVES-Systeme.
- Standort 4: Groß Buchwald 2 – zwei mobile AVES-Systeme.
- Standort 5: Groß Buchwald 3 – zwei mobile AVES-Systeme.

An den fünf Erfassungsorten wurden insgesamt 12.024 Rotmilan-LRF-Punkte für die Analysen erhoben /N-2/.

Standort Timmaspe

Der Testwindpark Timmaspe liegt westlich von Neumünster in Schleswig-Holstein und besteht aus insgesamt 10 Bestands-WEA. Die zwei ausgewählten Testanlagen sind innerhalb des Windparks am südlichsten ausgerichtet und ungefähr 200 m voneinander entfernt. Die zum Test mit dem AVES-AKS ausgerüsteten WEA gehören zur N149-Serie des Herstellers Nordex. Beide WEA haben jeweils eine Gesamthöhe von 200 m und einen Rotordurchmesser von 149 m. Die insgesamt vier Kameras des AVES-AKS wurden für die Tests in einer Höhe von 10 m direkt an dem Turm der WEA in östlicher Ausrichtung installiert.

Standort Trappenkamp

Der Standort Trappenkamp befindet sich in einem Kies- und Sandabbaugebiet östlich von Neumünster in der Nähe der Ortschaft Tensfeld des Kreises Segeberg in Schleswig-Holstein. Hier wurden zwei AVES-AKS mit Blickrichtung nach Norden auf die offenen Flächen gerichtet.

Standorte Buchwald

Der Standort Groß Buchwald ist ein Ackerschlag östlich von Bordesholm/Wattenbek in der Nähe einer Flussniederung der Drögen Eider in Schleswig-Holstein. Hier wurde das mobile Kamerasystem an drei verschiedenen Stellen aufgestellt, die nur wenige 100 m auseinanderliegen (Groß Buchwald 1 bis 3).

2.3 Beteiligte Akteure

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

- Projektleitung: Im Rahmen dieses Projekts obliegt die Projektleitung dem Hersteller des AVES-AKS, der ProTecBird GmbH.
- Hersteller AKS: Hersteller des AVES-AKS ist die ProTecBird GmbH.
- Experte:in Datenerhebung: Die Erhebung von Flugbewegungen von Groß- und Greifvögeln mit dem Laser-Range-Finder (LRF) erfolgte durch die Bioplan PartG.
- Experte:in Datenauswertung: Die statistische Auswertung der Versuchsdaten (LRF Daten, AVES Daten) wurde vom Büro für Biostatistik Bionum GmbH durchgeführt. Die statistische Ermittlung des relativen örtlichen Messfehlers wurde vom unabhängigen, ökologischen Forschungs- und Beratungsbüro BioConsult SH GmbH & Co. KG (BioConsult SH) durchgeführt.

- Ersteller:in Validierungsbericht: Die Erstellung des zusammenfassenden naturschutzfachlichen Validierungsberichts im Sinne Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3 erfolgte durch die Bioplan PartG.
- Unabhängige Stelle: Unabhängige Stelle im Sinne Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.8 und Kapitel 3.4.1 ist die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG (TÜV NORD), welche zudem den abschließenden Prüfbericht (dieses Dokument) nach Prüfraumen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.6 erstellt hat.

3 Systemprüfung

Im Folgenden werden auf Basis des Prüfraumens SH:2024 /R-1/ Prüfpunkte abgeleitet, welche auf die gegebene Aufgabenstellung angewendet werden.

3.1 Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement

3.1.1 Dokumentation

Prüfpunkte

Gemäß Prüfraumen 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:

- QMS – Dokumentation DIN EN ISO 9001:2015, Management – Handbuch /Q-1/.
- Zertifikat - Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001 /Q-2/.
- Auditbericht zum 1. Kurzaudit nach ISO 9001:2015 /Q-3/.
- Begleitende Dokumentation (Kapitel 8.3 und Kapitel 8.4).

Bewertung TÜV NORD

Gemäß Qualitätsmanagementhandbuch der ProTecBird GmbH /Q-1/ werden im Kapitel 7.5 Anforderungen an dokumentierte Information gestellt. Seitens der ICG Zertifizierungs GmbH wurde bescheinigt /Q-2/, /Q-3/, dass die ProTecBird GmbH ein Managementsystem in Übereinstimmung mit der DIN EN ISO 9001:2015 anwendet – dies für den Geltungsbereich zur Entwicklung, Herstellung und zum Vertrieb von KI-basierten Systemen zum Schutz und zur Vergrämung von Vögeln.

Für die vorgelegte Dokumentation (siehe Kapitel 8.3 und Kapitel 8.4) kann bestätigt werden, dass die Anforderungen des Prüfrahmes SH:2024 /R-1/ an die Dokumentation weitgehend erfüllt werden, dies betrifft insbesondere Informationen, wie eindeutiger Titel, Inhaltsverzeichnis, Revision, Versionsnummer, Informationen zur Freigabe und Prüfung, Dokumentenverantwortlichkeit. Angaben wie Unterschrift und zugehöriges Datum (z. B. der Ersteller bzw. zur Freigabe) sind trotz entsprechender Felder überwiegend nicht vorhanden [RA-1]. Das Dokument zur statistischen Begutachtung „AVES_Bionum_20240213_final“ /N-2/ erfüllt die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ an die Dokumentation weitgehend, jedoch fehlt eine Änderungshistorie; zudem ist nicht ersichtlich, inwieweit das Dokument freigegeben, geprüft oder qualitätsgesichert wurde [RA-2]. Notiz: Das Dokument /N-2/ wurde im Rahmen der Validierung (siehe Validierungsbericht /N-1/) bewertet, womit eine Prüfung des Dokuments erfolgte.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (siehe Kapitel 8.3 und Kapitel 8.4) sowie der Prüfaussagen der ICG Zertifizierungs GmbH /Q-2/, /Q-3/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die interne Dokumentation der ProTecBird GmbH im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.6 weitgehend erfüllt. Die vorgelegten Dokumente sind mit den Unterschriften und Datumsangaben zu ergänzen [RA-1]. Das vorgelegte Dokument /N-2/ ist um eine Änderungshistorie und eine Information zur Freigabe zu ergänzen [RA-2].

Prüfanmerkung

[RA-1] Überwiegend fehlen auf den uns vorgelegten Dokumenten Unterschriften und Datumsangaben (z. B. der Ersteller bzw. zur Freigabe) – diese sind zu ergänzen.

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.

[RA-2] Das Dokument zur statistischen Begutachtung „AVES_Bionum_20240213_final“ /N-2/ ist um eine Änderungshistorie und eine Information zur Freigabe zu ergänzen.

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.

3.1.2 Qualitätsmanagement

Prüfpunkte

Gemäß Prüfraahmen SH:2024 /R-1/ sollte sich das grundlegende Qualitätsmanagement an den Grundlagen der gängigen Standards wie DIN EN ISO 9001 oder DIN EN 61508 orientieren. Für das Qualitätsmanagement müssen alle Arbeitsschritte einem internen Freigabeprozess angeschlossen werden. Hierbei sollte das Vier-Augen-Prinzip angewendet werden, wobei Entwickler:innen und Prüfer:innen unabhängig voneinander sind. Die Anforderungen an das AKS müssen im Entwicklungsprozess klar definiert sein. Für alle Lebensphasen des AKS müssen klare Verantwortlichkeiten für die einzelnen Prozessschritte festgelegt werden. Die Schnittstellen zwischen den Phasen müssen definiert werden, um Verluste zwischen einzelnen Projektbeteiligten zu vermeiden. Kommt es während einer Lebensphase des AKS zu Ausfällen oder Abweichungen vom Soll-Zustand, sind diese zu dokumentieren und Maßnahmen zu ergreifen, um ein erneutes Auftreten zu verhindern.

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/.
- Zertifikat zur DIN EN ISO 9001:2015 /Q-2/.
- Auditbericht zum 1. Kurzaudit nach ISO 9001:2015 /Q-3/.
- Auftrag an TÜV NORD zur Beratung zwecks QMS-Betrieb /E-15/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Qualitätsmanagementhandbuch der ProTecBird GmbH /Q-1/ wurde ein Managementhandbuch auf Basis der DIN EN ISO 9001:2015 /R-2/ vorgelegt. Seitens der ICG Zertifizierungs GmbH wurde bescheinigt /Q-2/, /Q-3/, dass die ProTecBird GmbH ein Managementsystem in Übereinstimmung mit der DIN EN ISO 9001:2015 anwendet – dies für den Geltungsbereich zur Entwicklung, Herstellung und zum Vertrieb von KI-basierten Systemen zum Schutz und zur Vergrämung von Vögeln.

Freigabeprozess

- Die Freigabe von dokumentierter Information ist im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und gemäß "Liste der Dokumente" /Q-8/ geregelt.
- Die Freigabe im Rahmen der Entwicklung und Herstellung sind im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und gemäß Prozess "Entwicklung" /Q-5/ und Prozess „Herstellung“ /Q-7/ geregelt.
- Hinsichtlich der Freigabe von Produkten und Dienstleistungen wird im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ auf den Prozess „Inbetriebnahme, Service und Wartung“ /Q-6/ verwiesen – die Durchführung und Dokumentation einer Freigabe zur Verifizierung, dass die Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen gemäß DIN EN ISO 9001:2015 /R-2/ erfüllt worden sind, ist weder im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ noch im Prozess „Inbetriebnahme, Service und Wartung“ /Q-6/ ausreichend beschrieben [RA-3]. Notiz: Die vorgelegte Dokumentation (siehe Kapitel 8.3 und Kapitel 8.4) enthält Informationen/Felder zur Freigabe und Prüfung.

Entwicklungs- und Herstellungsprozess

- Die Entwicklung von Produkten ist im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und gemäß Prozess "Entwicklung" /Q-5/ geregelt. Hierzu gehören u.a. die Erstellung des Pflichtenhefts, die Durchführung von Maßnahmen zur Verifizierung und Validierung sowie die Festlegung der Verantwortlichkeiten.

- Die Steuerung von extern bereitgestellten Prozessen, Produkten und Dienstleistungen ist im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und gemäß Prozess „Herstellung“ /Q-7/ geregelt. Hierzu gehören u.a. die Funktions- und Leistungsbeschreibung, die Durchführung von Qualitäts- und Funktionsprüfung sowie die Festlegung der Verantwortlichkeiten.

Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen

- Die Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen ist im Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ über die Kapitel „8.5.2 Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit“, „8.5.5 Tätigkeiten nach der Lieferung“, „8.7 Steuerung nichtkonformer Ergebnisse“ und „10.2 Nichtkonformität und Korrekturmaßnahmen“ verortet. Die Durchführung und Dokumentation der Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen ist dabei jedoch nicht ausreichend beschrieben und geregelt: welche Informationen sind in Verbindung mit Ausfällen oder Abweichungen zu erheben, wie sind Ausfälle oder Abweichungen zu bewerten, wie können angemessene Korrekturmaßnahmen ermittelt werden, wie erfolgt die Dokumentation [RA-4]. Notiz: Die vorgelegte Dokumentation (siehe Kapitel 8.3 und Kapitel 8.4) enthält Informationen zur Anwendung eines Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System (FRACAS) /Q-4/.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumentation zum Qualitätsmanagement sowie der Prüfaussagen der ICG Zertifizierungs GmbH /Q-2/, /Q-3/ und dem Auftrag an TÜV NORD zur Beratung im Bereich QMS /E-15/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass das Qualitätsmanagement der ProTecBird GmbH die Anforderungen des Prüfraumens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.6 weitgehend erfüllt. Das Qualitätsmanagement ist hinsichtlich der Freigabe von Produkten und Dienstleistungen [RA-3] sowie der Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen [RA-4] anzupassen.

Prüfanmerkung

- [RA-3] Das Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und Anlagen sind um eine Beschreibung zur Durchführung und Dokumentation der Freigabe von Produkten und Dienstleistungen gemäß DIN EN ISO 9001:2015 /R-2/ zu ergänzen.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer Natur (Qualitätsmanagement / Freigabeprozesse) 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.

- [RA-4] Das Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und Anlagen sind um eine Beschreibung zur Durchführung und Dokumentation der Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen gemäß DIN EN ISO 9001:2015 /R-2/ zu ergänzen.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer Natur (Qualitätsmanagement / Umgang mit Ausfällen und Abweichungen) 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.

3.2 Prüfung der entwicklungsbegleitenden Dokumentation

Prüfpunkte

Die Entwicklung eines AKS (System, Hardware, Software) muss gemäß Prüfrahrmen SH:2024 /R-1/ einem definierten Prozess folgen, hierzu gibt es verschiedene Grundlagen aus der funktionalen Sicherheit. Die im Prüfrahrmen SH:2024 /R-1/ formulierten Anforderungen an die Entwicklung eines AKS orientieren sich an den genannten technischen Normen (DIN EN 61508, DIN EN 13849, DIN EN 62061).

Die Schnittstelle zwischen AKS und WEA muss gemäß Prüfrahrmen SH:2024 /R-1/ definiert sein. Bei der Entwicklung muss das AKS, welches im Sinne des Vogelschutzes als Sicherheitssystem zu betrachten ist, klar definiert werden /R-1/. In der Entwurfsphase soll ein Entwicklungsplan definiert werden, dabei sollen auch die Diagnose- und Fehlererkennungsfunktionen entsprechend dargestellt werden /R-1/. Im Rahmen der Einfluss- und Auswirkungsanalyse sind mögliche systembedingte Einflüsse, sowohl intern als auch extern, darzustellen und im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen /R-1/. Die Spezifikation (System, Hardware, Software) und die einzelnen Entwicklungsschritte inklusive der Ergebnisse der Tests zur Verifizierung des jeweiligen Entwicklungsschritts sind intern zu dokumentieren.

Zudem ist gemäß Prüfrahrmen SH:2024 /R-1/ sicherzustellen, dass die Anforderungen der DSGVO zum Schutz personenbezogener Daten eingehalten werden. Dies betrifft die Erhebung, Speicherung und Weiterverarbeitung entsprechender Daten. Es sind Maßnahmen zur Verhinderung von Fremdzugriff auf das AKS und die erhobenen Daten zu treffen. Auch ein Fremdzugriff auf die WEA-Steuerung über die Schnittstelle zwischen WEA und AKS ist auszuschließen.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, betriebsrelevante Aspekte bereits innerhalb der Entwicklung einzuplanen. Hierzu gehören in Anlehnung an den Prüfrahrmen SH:2024 /R-1/ die Planung von wiederkehrenden Prüfungen, Wartungen, der Installation, der Inbetriebnahme und des Betriebs.

3.2.1 Schnittstelle AKS-WEA

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Schnittstellenbeschreibung /E-2/.
- Installationsanweisung /E-3/.

Bewertung TÜV NORD

Mit der allgemeinen Beschreibung der Schnittstellen AKS-WEA /E-2/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches in einzelnen Kapiteln die folgenden Schnittstellen beschreibt:

- 1. Mechanische Schnittstelle.
- 2. Elektrische Schnittstelle.
- 3. IT-Schnittstelle.
- 4. Cybersecurity-Schnittstelle.
- 5. Schnittstelle zur SCADA.
- 6. Funktionstests.

Mit der Installationsanweisung CS_24-001 /E-3/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches standortspezifische Besonderheiten im Rahmen der Installation berücksichtigt:

- Gemäß /E-3/ erfolgt eine Baustellenbesichtigung jeder WEA sowie des Umspannwerks. Im Rahmen dieser Besichtigung wird bewertet, inwieweit der Einbauort geeignet ist und welche standort- und schnittstellenspezifischen Maßnahmen in Abstimmung mit dem Kunden/Anlagenhersteller für die Installation abzuleiten sind.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-2/, /E-3/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Beschreibung der Schnittstelle AKS-WEA im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH /R-1/ Kapitel 3.2.2 erfüllt.

Prüfanmerkung

keine

3.2.2 System und Hardware

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Betriebshandbuch /E-4/.
- Systembeschreibung /E-6/.
- Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ mit den Prozessdarstellungen zur Entwicklung /Q-5/ und zur Herstellung /Q-7/.
- Hardware-Entwicklungsplan /E-5/.
- Schnittstellenbeschreibung /E-2/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/, dem Hardware-Entwicklungsplan /E-5/ sowie den zu /Q-1/ zugehörigen Darstellungen zur Entwicklung /Q-5/ und zur Herstellung /Q-7/ wurden Dokumente vorgelegt, welche den Hardware-Entwicklungsprozess und den Prozess der Herstellung beschreiben.

Mit dem Betriebshandbuch /E-4/ und einer beispielhaft vorgelegten projektspezifischen Systembeschreibung /E-6/ wurden Dokumente vorgelegt, welche das System AKS beschreiben.

Mit dem Hardware-Entwicklungsplan /E-5/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches die Hardwareanforderung, die Schnittstelle zur WEA und die durchzuführenden Tests sowie Abnahmen und Validierungen beschreibt.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-2/, /Q-1/, /Q-5/, /Q-7/, /E-4/, /E-5/, /E-6/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegte Beschreibung (Hardware-Entwicklungsprozess, AKS Systembeschreibung, Hardware-Spezifikation, Hardware-Validierung) im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2, Kapitel 3.2.2 erfüllt.

Prüfanmerkung

keine

3.2.3 Software und KI-Systeme

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Betriebshandbuch /E-4/.
- Systembeschreibung /E-6/.
- Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ inkl. Prozessdarstellung zur Entwicklung /Q-5/.
- Software-Projektmanagementplan /E-7/.
- Software-Anforderungsspezifikation /E-8/.
- Software-Entwurfsbeschreibung /E-9/.
- Software-Testanweisung /E-10/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/, dem Software-Projektmanagementplan /E-7/ sowie der zu /Q-1/ zugehörigen Darstellung zur Entwicklung /Q-5/ wurden Dokumente vorgelegt, welche den Software Entwicklungsprozess beschreiben.

Mit dem Betriebshandbuch /E-4/ und einer beispielhaft vorgelegten projektspezifischen Systembeschreibung /E-6/ wurden Dokumente vorgelegt, welche das System AKS sowie die via Software zu realisierenden Systemfunktionen beschreiben.

Mit den Dokumenten zur Softwareentwicklung (Anforderungsspezifikation /E-8/, Entwurfsbeschreibung /E-9/, Testanweisung /E-10/) wurden Dokumente vorgelegt, welche die Software-Anforderungen, die Software-Realisierung und die durchzuführenden Tests und Validierungen beschreiben.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-4/, /Q-1/, /Q-5/, /E-6/, /E-7/, /E-8/, /E-9/, /E-10/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegte Beschreibung (Software-Entwicklungsprozess, AKS Systembeschreibung, Software-Spezifikation, Software-Validierung) im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2, Kapitel 3.2.1 erfüllt.

Prüfanmerkung

[GA-1] Das Dokument PTB-500-0001_SDD wurde mit Stand vom 30.01.2026 in der Version 003 vorgelegt. Der Änderungshistorie ist zu entnehmen, dass dieses Dokument mittlerweile in der Version 004 vorliegt – scheinbar wurden Deckblatt und Fußzeile des Dokuments nicht entsprechend angepasst.

3.2.4 Einfluss- und Auswirkungsanalyse / FMECA

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Software-FMECA /E-11/.
- Hardware-Entwicklungsplan /E-5/.
- Hardware-FMECA „Produktion-Wareneingang und Lagerung“ /E-12/
- Hardware-FMECA „Produktion-Vormontagen Schaltschrank“ /E-13/
- Installationsanweisung /E-3/.

Bewertung TÜV NORD

Software-FMECA

Mit der Unterlage /E-11/ wurde der finale Stand einer Software-FMECA vorgelegt. Im Rahmen der prozessualen Dokumentation zur Software (insb. Software-Projektmanagementplan /E-7/) fiel auf, dass das Thema Software-FMECA nicht adressiert wurde [RA-5].

Hardware-FMECA

Mit dem Hardware-Entwicklungsplan /E-5/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches im Kapitel zum Risikomanagement den Bedarf zur Erstellung einer FMECA beschreibt. Mit den Unterlagen /E-12/, /E-13/ wurden Arbeitsstände [RA-6] von FMECAs vorgelegt, welche mögliche Fehler, Ursachen und Auswirkungen für die Bereiche Wareneingang und Vormontage behandeln. Eine FMECA zur Durchführung der Installationsarbeiten wurde nicht vorgelegt [RA-7], [RA-8]. Anhand der Installationsanweisung /E-3/ ist jedoch zu erkennen, dass mögliche Abweichungen beachtet wurden und Kontrollpunkte zur Minimierung von Funktionsstörungen oder Nacharbeiten gesetzt wurden.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-3/, /E-5/, /E-11/, /E-12/, /E-13/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Einfluss- und Auswirkungsanalysen (FMECA) im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2.5 weitgehend erfüllen. Die Prozesse sind hinsichtlich des Bedarfs zur Erstellung einer Software-FMECA zu ergänzen [RA-5], die vorgelegten Hardware-FMECAs sind zu finalisieren [RA-6] und für den Bereich der Installationsarbeiten ist eine FMECA nachzuführen [RA-7], [RA-8].

Prüfanmerkung

[RA-5] Der Software-Projektmanagementplan /E-7/ ist um Aussagen zur Durchführung einer Software-FMECA zu ergänzen.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer Natur (Softwareentwicklung / Risikobewertung mittels FMECA) 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.

[RA-6] Die vorgelegten Hardware-FMECAs /E-12/, /E-13/ sind zu finalisieren und entsprechend den Anforderungen gemäß Prüfrahmen SH:2024 Kapitel 3.6 /R-1/ zu dokumentieren.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer und formeller Natur (Hardwareentwicklung / Risikobewertung mittels FMECA) 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.

[RA-7] Die erforderlichen Installationsarbeiten sind über eine FMECA gemäß DIN EN 60812 /R-3/ zu untersuchen.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer und formeller Natur (Hardwareentwicklung / Risikobewertung mittels FMECA) 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.

[RA-8] Der Hardware-Entwicklungsplan /E-5/ ist um eine Liste der zu erstellenden Hardware-FMECAs zu ergänzen.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer Natur (Hardwareentwicklung / Risikobewertung mittels FMECA) 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.

3.2.5 Datenschutz und Datensicherheit

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/.
- Unterlage zur Bedrohungsanalyse /E-14/.
- Auftrag an TÜV NORD zur Beratung zwecks ISMS-Implementierung /E-15/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches die Einhaltung zum Datenschutz und zur Datensicherheit vorschreibt. Auf die Belange der DSGVO finden sich im vorgelegten Dokument /Q-1/ keine Angaben [RA-9].

Mit der Unterlage zur Bedrohungsanalyse /E-14/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches zum Ziel hat, mögliche Szenarien wie Fremdzugriff zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen abzuleiten.

Im Juli 2025 wurde die TÜV NORD TÜVIT damit beauftragt, die ProTecBird GmbH zur Implementierung eines Informationssicherheitsmanagementsystems (ISMS) zu beraten – Ziel sei eine Zertifizierung in Q1/2026 (Angebot und Auftrag /E-15/).

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/Q-1/, /E-14/) und des laufenden Auftrags zur Implementierung eines ISMS /E-15/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Unterlagen zu den Themen Datenschutz und Datensicherheit die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2.4 weitgehend erfüllen. Die Prozesse sind hinsichtlich des Bedarfs zur Einhaltung der DSGVO und zur Erstellung eines Datenschutzkonzepts zu ergänzen [RA-9].

Prüfanmerkung

[RA-9] Das Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ ist um Aussagen zur Einhaltung der Anforderungen der DSGVO und zur Erstellung eines Datenschutzkonzepts zu ergänzen.

Hinweis: Diese Prüfanmerkung ist prozessualer Natur (Qualitätsmanagement / DSGVO) 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.

3.2.6 Betriebsrelevante Dokumentation: wiederkehrende Prüfungen, Wartungen, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/.
- Wartungshandbuch /E-16/.
- Installationsanweisung /E-3/.
- Betriebshandbuch /E-4/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und der Prozessdarstellung /Q-6/ wurden Dokumente vorgelegt, welche die Prozesse zur Inbetriebnahme, zum Service und zur Wartung darstellen.

Mit dem Wartungshandbuch /E-16/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches die Themen wiederkehrende Prüfungen und Wartungen beschreibt und regelt.

Mit der Installationsanweisung /E-3/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches die Installationsarbeiten (Montage, Einrichtung, Inbetriebnahme) beschreibt und regelt.

Mit dem Betriebshandbuch /E-4/ wurde ein Dokument vorgelegt, welches den Betrieb (Konfiguration, Betrieb, Sicherheitsanweisungen, Fehlererkennung und -behebung) beschreibt und regelt.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/Q-1/, /E-3/, /E-4/, /E-16/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Beschreibungen der Themen wiederkehrende Prüfungen und Wartungen, Installation und Inbetriebnahme sowie Betrieb im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.4, Kapitel 3.4.5, Kapitel 3.5.1, Kapitel 3.5.2, Kapitel 3.5.3 erfüllen.

Prüfanmerkung

Keine

3.3 Prüfung der naturschutzfachlichen Aspekte

Prüfpunkte

Die Validierung hat gemäß Prüfraahmen 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.

Bestandteil der geforderten empirischen Untersuchungen sind:

- Ermittlung der Raten (Erfassungsrate, Erkennungsrate und Gesamtrate), sowie
- Ermittlung des relativen örtlichen Messfehlers.

Zudem definiert der Prüfraahmen SH:2024 /3/ Anforderungen an die naturschutzfachliche Einflussanalyse, den Versuchsplan und die Versuchsdurchführung, die Unabhängigkeit der Datenerhebung und -auswertung, die Datenaufbereitung und die statistischen Analysen. Im Einzelfall können sich weitere empirisch zu untersuchende Parameter aus der AKS-spezifischen Einflussanalyse ergeben.

3.3.1 Naturschutzfachliche Einflussanalyse

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Validierungsbericht /N-1/.
- Software-FMECA /E-11/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Validierungsbericht /N-1/ und der funktionalen Software-FMECA wurden Dokumente vorgelegt, welche mögliche Auswirkungen äußerer Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des AVES-AKS diskutieren und Maßnahmen aufzeigen. Folgende Einflüsse wurden im Rahmen der naturschutzfachlichen Einflussanalyse /N-1/ betrachtet: allgemeine Strahlungsintensität (Helligkeit, Dämmerung, Dunkelheit), Nebel, Niederschlag (Regen, Schnee, Hagel etc.), Temperatur, Reflexionen, starke Verschmutzung der Linsen (Staub, Vogelkot, Kalkflecken, Partikel etc.), mehrere bewegte Objekte gleichzeitig, Landschaftselemente/ Veränderungen Vegetation, starkes Verkehrsaufkommen, Bewirtschaftung mit schweren Maschinen, starker Wind, Nähe zu Umspannwerk, Transformator, Hochspannungsleitung, Richtfunktrasse, Stromausfall.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften naturschutzfachlichen Einflussanalyse /N-1/ und der vorgelegten funktionalen Software-FMECA /E-11/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Dokumente im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfraumens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2.5 an eine Einfluss- und Wirkungsanalyse (insb. naturschutzfachliche Einflussfaktoren) erfüllen.

Prüfanmerkung

keine

3.3.2 Versuchsplan und Versuchsdurchführung

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Validierungsbericht /N-1/.
- Statistische Begutachtung /N-2/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Validierungsbericht /N-1/ und der statistischen Begutachtung /N-2/ wurden Dokumente vorgelegt, welche den Versuchsaufbau und die -planung an den Standorten beschreiben:

- Versuchsstandort: Insgesamt wurden für die Analysen 12.024 Rotmilan-LRF-Punkte von fünf verschiedenen Standorten verwendet /N-2/.
- Zeitliche Abdeckung: Die 12.024 Rotmilan-LRF-Punkte wurden an insgesamt 25 Untersuchungstagen (04.08.2023 - 14.09.2024) erhoben /N-2/.
- Räumliche Abdeckung: Für den Testablauf wurden in einem Windpark an zwei Nordex N149 WEA insgesamt vier Kameras installiert. Exemplarisch wurde hier nur ein Teil des Windparks so ausgestattet, als wären diese beiden WEA am östlichen Rand eines größeren Windparks gelegen. Die Positionierung der vier Kameras wurde so gewählt, dass im Bereich der Sichtkegel der vier installierten AVES-Systeme keine nennenswerten Sichtbarrieren lagen. Die Knickstrukturen im Gelände lagen unterhalb der Höhe der angebrachten Kameras und die Wälder lagen in einem ausreichend großen Abstand, so dass die Kameras über diese Strukturen hinweg ausgerichtet waren /N-2/.
- Reaktionsbereich: Zur Ermittlung des Reaktionsbereichs erfolgte in einem ersten Schritt die art- und WEA-spezifische Berechnung des Reaktionsradius. Hierzu wurden gemäß /N-1/, /N-2/ die folgenden Parameter und Werte herangezogen: $v_{\text{Vogel}} = 8,54 \text{ m/s}$, $t_{\text{Trudel}} = 30 \text{ s}$, $t_{\text{Latenz}} = 2 \text{ s}$, $c_{\text{Rotorblatt}}$: das 0,637-Fache des Rotorradius, $c_{\text{Messfehler}} = 20\%$, $v_{\text{Vertikal}} = 1 \text{ m/s}$.
- Erfassungsbereich: Untersucht wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m). Die Höhe des Erfassungsbereichs wurde nicht nach oben und unten begrenzt, sondern enthielt gemäß /N-1/, /N-2/ sämtliche LRF-Punkte, die sich in der Luftsäule über dem definierten Torus befanden.
- Erfassungsrate: Das Konzept zur Untersuchung der Erfassungsrate beruht auf dem Vergleich von Vögeln, die im Feld (örtlich und zeitlich verortet) durch unabhängige Ornithologen (Bioplan PartG) erfasst wurden mit dem, was durch das AVES-Wind System erfasst wurde. Die Ornithologen wurden im Vorfeld durch eine Schulung mit der Handhabung des LRF vertraut gemacht /N-1/. Die Position der Ornithologen wurde so gewählt, dass das Gelände um die WEA bzw. um den Windpark gut überblickt werden konnte. Voraussetzung war, dass zumindest der zielartenspezifische Reaktionsbereich und darüber hinaus der gesamte Erfassungsbereich des zu erprobenden Systems einsehbar war, insbesondere auch um die Detektionsreichweite zu ermitteln /N-1/. Mit dem Schwenkbereich einer Kamera ergibt sich zusätzlich ein „dynamischer“ Sichtbereich einer Kamera, der durch Zoom auf unter 30° Breite beschränkt sein kann. Ein LRF-Punkt, dessen Winkel innerhalb dieses dynamischen Sichtbereichs lag, galt als erfassbar, wenn er innerhalb des inneren und äußeren Torus-Randes lag /N-2/.

- Erkennungsrate: Zur Ermittlung der Erkennungsrate wurde um jeden LRF-Zeitpunkt ein Zeitintervall gelegt, welches bis zur Hälfte der Zeitspanne bis zum nächsten LRF-Punkt desselben Tracks ging. Für LRF-Punkte am Anfang oder Ende einer LRF-Track-ID wurden 3s vor bzw. hinter den LRF-Zeitpunkt angefügt. Die KI-Klassen waren gegeben durch die Klassen „target“ (Rotmilan), „non-target“ (alle anderen Vogelarten) oder „bird“ (unbestimmter Vogel). Falls ein LRF-Punkt mit den System-Daten ein erfolgreiches Winkel-Matching produzierte und die KI-Klassifizierung mit der tatsächlichen Vogelart übereinstimmte (Nachbestimmung der Fotos), galt der Vogel als korrekt erfasst und erkannt /N-2/.
Prinzipiell sollte jeder Rotmilan, der als „erfassbar“ deklariert wurde, in die Statistik eingehen. Tracks mit zu wenig erfassbaren Punkten (kleiner-gleich 3) wurden exkludiert, da sie im Kontext der Regressionsanalyse bei oft sehr geringem Anteil an den Gesamtdaten zu einem unverhältnismäßig starken Anstieg der Varianz und/oder zu verzerrten Ergebnissen führen können. Zudem handelte es sich bei LRF-Tracks mit nur wenigen Punkten i. d. R. um nicht kollisionsgefährdete Flüge, bei denen der Vogel nur kurzzeitig im Erfassungsbereich auftauchte /N-2/.
- Gesamtrate: Die Gesamtrate, definiert sich als artspezifische kombinierte Erfassungs- und Erkennungsrate, mit der das AKS eine Zielvogelart erfasst und hinsichtlich der Art korrekt zuordnet. Zur Ermittlung der Gesamtrate wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 Meter Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m) untersucht. Zudem wurden für die Daten aller untersuchten Erfassungsbereiche mittels logistischen GLMM-Regressionsmethoden untersucht, ob es signifikante Unterschiede in den Gesamtraten zwischen den unterschiedlichen untersuchten Gebieten gab /N-1/.
- Örtlicher Messfehler: Zur Ermittlung des örtlichen Messfehlers wurden von BioConsult SH die Rotmilan-LRF-Punkte von 5 Erfassungstagen vs. den vom AKS zugeordneten Punkten analysiert. Hier gingen nur LRF-Punkte in die Statistik ein, wenn der Punkt korrekt vom AKS erfasst und erkannt wurde. In Summe wurden 548 LRF-Punkte mit unterschiedlichen Abständen zwischen AKS und Ziel analysiert /N-2/.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur Versuchsplanung und Versuchsdurchführung /N-1/, /N-2/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Dokumente im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.3 an eine Versuchsplanung und -durchführung im Hinblick auf die zu ermittelnden Raten und den örtlichen Messfehler erfüllen. Hierbei schließen wir uns der Prüfaussage aus dem Validierungsbericht /N-1/ an, wonach das AVES-AKS die geforderten Vorgaben für den Nachweis der Wirksamkeit für den Rotmilan gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ erreicht.

Prüfanmerkung

[GA-2] Im Dokument zur statistischen Begutachtung „AVES_Bionum_20240213_final“ /N-2/ wurden die Unterkapitel zweiter Ordnung falsch/nicht durchlaufend nummeriert.

3.3.3 Unabhängige Datenerhebung und -auswertung

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Validierungsbericht /N-1/.
- Erklärung ProTecBird GmbH /N-3/.
- Erklärung Bionum GmbH /N-4/.
- Erklärung Bioplan PartG /N-5/.
- Erklärung BioConsult /N-6/.

Bewertung TÜV NORD

Gemäß Prüfrahen SH:2024 /R-1/ ist sicherzustellen, dass die Datenerhebung und Auswertung ohne gegenseitige Einflussnahme erfolgt. Darüber hinaus muss die Datenerhebung durch das AKS und mittels LRF strikt voneinander getrennt werden. Ein beiderseitiger Datenabgleich oder Austausch darf während der Versuchsdurchführung und vor der Auswertung nicht stattfinden.

Gemäß Validierungsbericht /N-1/ wurden die aus der Kamera automatisch erstellten Logfiles mit den LRF-Daten von unabhängigen Biologen (Bioplan PartG) aus dem Feld getrennt voneinander zu einem Statistikbüro (Bionum) zum Abgleich und zur Auswertung übermittelt (am Folgetag). Seitens der beteiligten Rollen wurden Erklärungen eingereicht /N-3/, /N-4/, /N-5/, /N-6/, in denen bestätigt wird, dass die Datenerhebung (AVES-AKS-Daten und LRF-Daten) unabhängig verlief und Daten zudem nachträglich nicht verändert wurden (lediglich eine Selektion hinsichtlich der Mindest-LRF-Punktzahl pro Track im Erfassungsbereich).

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur unabhängigen Datenerhebung und -auswertung /N-1/, /N-3/, /N-4/, /N-5/, /N-6/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Datenerhebung und -auswertung im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) gemäß Anforderungen des Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.8 unabhängig verlief.

Prüfanmerkung

keine

3.3.4 Auswertungsmethodik und Versuchsergebnisse

Durchführung

Seitens der ProTecBird GmbH wurden die folgenden Dokumente vorgelegt:

- Validierungsbericht /N-1/.
- Statistische Begutachtung /N-2/.

Bewertung TÜV NORD

Mit dem Validierungsbericht /N-1/ und der statistischen Begutachtung /N-2/ wurden Dokumente vorgelegt, welche die Methodik und die Ergebnisse der statistischen Begutachtung beschreiben:

- Reaktionsbereich: Der Reaktionsradius wurde gemäß Prüfrahen SH:2024 /R-1/ zu 385 m ermittelt. Die Höhe des Reaktionsbereichs wurde in /N-1/, /N-2/ nicht ausgewiesen - es wurde erläutert, dass die Höhe des Erfassungsbereichs nicht nach oben und unten begrenzt wurde, sondern sämtliche LRF-Punkte enthielt, die sich in der Luftsäule über dem definierten Torus befanden.
- Erfassungsbereich: Untersucht wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m). Die Höhe des Erfassungsbereichs wurde nicht nach oben und unten begrenzt, sondern enthielt sämtliche LRF-Punkte, die sich in der Luftsäule über dem definierten Torus befanden /N-1/, /N-2/.
- Erfassungsrate: Zur Ermittlung der Erfassungsrate wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m) untersucht /N-2/. In den drei untersuchten Erfassungsbereichen lagen die Mittelwerte bei 95-97 %.
- Erkennungsrate: Zur Ermittlung der Erkennungsrate wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m) untersucht /N-2/. In den drei untersuchten Erfassungsbereichen lagen die Mittelwerte bei 87-98 %.
- Gesamtrate: Zur Ermittlung der Gesamtrate wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m) untersucht. In den drei untersuchten Erfassungsbereichen lagen die Mittelwerte bei 85-87 % und die unteren Grenzen der Konfidenzintervalle bei 75-79 % und letztere somit über den im Prüfrahen SH:2024 /R-1/ geforderten 70 %. Zudem wurden für die Daten aller untersuchten Erfassungsbereiche mittels logistischen GLMM-Regressionen untersucht, ob es signifikante Unterschiede in den Gesamtraten zwischen den unterschiedlichen untersuchten Gebieten gab. Dies war nicht der Fall, alle p-Werte waren größer-gleich 0,2 und somit in hohem Maße nicht-signifikant /N-2/.
- Örtlicher Messfehler: Im Mittel lag die Abweichung beim Rotmilan bei 20 %.

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur Auswertungsmethodik und zu den Versuchsergebnissen /N-1/, /N-2/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Auswertungsmethodik und die Versuchsergebnisse im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.1.2, Kapitel 3.3.3, Kapitel 3.3.4 an die Methodik und den Mindestwert der unteren Grenze des Konfidenzintervalls der Gesamtrate von 70% erfüllen – diese Aussage gilt für folgende ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite: 380 bis 580 m, 390 bis 590 m sowie 400 bis 600 m. Hierbei schließen wir uns der Prüfaussage aus dem Validierungsbericht /N-1/ an, wonach das AVES-AKS die geforderten Vorgaben für den Nachweis der Wirksamkeit für den Rotmilan gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ erreicht.

Prüfanmerkung

keine

4 Zusammenfassung und Bewertung

In diesem Kapitel erfolgt gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ eine kurze Zusammenfassung, in welcher eindeutig darlegt wird, ob und wie die Anforderungen des Prüfrahmens erfüllt werden. Im Falle von Auffälligkeiten und/oder Abweichungen werden diese kurz benannt und referenziert (siehe die Liste der Prüfanmerkungen in Kapitel 5 und die entsprechenden Fachkapitel 3.1 bis 3.3).

4.1 Dokumentation und Qualitätsmanagement

Dokumentation

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (siehe Kapitel 8.3 und Kapitel 8.4) sowie der Prüfaussagen der ICG Zertifizierungs GmbH /Q-2/, /Q-3/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die interne Dokumentation der ProTecBird GmbH im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.6 weitgehend erfüllt. Die vorgelegten Dokumente sind mit den Unterschriften und Datumsangaben zu ergänzen [RA-1]. Das vorgelegte Dokument /N-2/ ist um eine Änderungshistorie und eine Information zur Freigabe zu ergänzen [RA-2]. Die Prüfanmerkungen [RA-1], [RA-2] haben in den vorliegenden Fällen keinen erkennbaren direkten Einfluss auf die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS sowie die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (siehe Bewertung TÜV NORD in Kapitel 3.1.1). Die Abweichungen sind im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

Qualitätsmanagement

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumentation zum Qualitätsmanagement sowie der Prüfaussagen der ICG Zertifizierungs GmbH /Q-2/, /Q-3/ und dem Auftrag an TÜV NORD zur Beratung im Bereich QMS /E-15/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass das Qualitätsmanagement der ProTecBird GmbH die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.6 weitgehend erfüllt. Das Qualitätsmanagement ist hinsichtlich der Freigabe von Produkten und Dienstleistungen [RA-3] sowie der Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen [RA-4] anzupassen. Die Prüfanmerkungen [RA-3], [RA-4] haben in den vorliegenden Fällen keinen erkennbaren direkten Einfluss auf die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS sowie die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (siehe Bewertung TÜV NORD in Kapitel 3.1.2). Die Abweichungen sind im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

4.2 Entwicklungsbegleitende Dokumentation

Schnittstelle AKS-WEA

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-2/, /E-3/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Beschreibung der Schnittstelle AKS-WEA im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH /R-1/ Kapitel 3.2.2 erfüllt.

System und Hardware

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-2/, /Q-1/, /Q-5/, /Q-7/, /E-4/, /E-5/, /E-6/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegte Beschreibung (Hardware-Entwicklungsprozess, AKS Systembeschreibung, Hardware-Spezifikation, Hardware-Validierung) im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2, Kapitel 3.2.2 erfüllt.

Software und KI-Systeme

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-4/, /Q-1/, /Q-5/, /E-6/, /E-7/, /E-8/, /E-9/, /E-10/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegte Beschreibung (Software-Entwicklungsprozess, AKS Systembeschreibung, Software-Spezifikation, Software-Validierung) im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2, Kapitel 3.2.1 erfüllt.

Einfluss- und Auswirkungsanalyse / FMECA

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/E-3/, /E-5/, /E-11/, /E-12/, /E-13/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Einfluss- und Auswirkungsanalysen (FMECA) im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2.5 weitgehend erfüllen. Die Prozesse sind hinsichtlich des Bedarfs zur Erstellung einer Software-FMECA zu ergänzen [RA-5], die vorgelegten Hardware-FMECAs sind zu finalisieren [RA-6] und für den Bereich der Installationsarbeiten ist eine FMECA nachzuführen [RA-7], [RA-8]. Die Prüfanmerkungen [RA-6], [RA-7], [RA-8] haben in den vorliegenden Fällen keinen erkennbaren direkten Einfluss auf die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS sowie die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (siehe Bewertung TÜV NORD in Kapitel 3.2.4). Die Abweichungen sind im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

Datenschutz und Datensicherheit

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/Q-1/, /E-14/) und des laufenden Auftrags zur Implementierung eines ISMS /E-15/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Unterlagen zu den Themen Datenschutz und Datensicherheit die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2.4 weitgehend erfüllen. Die Prozesse sind hinsichtlich des Bedarfs zur Einhaltung der DSGVO und zur Erstellung eines Datenschutzkonzepts zu ergänzen [RA-9]. Die Prüfanmerkung [RA-9] hat in dem vorliegenden Fall keinen erkennbaren direkten Einfluss auf die grundsätzliche Wirksamkeit des AKS sowie die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (siehe Bewertung TÜV NORD in Kapitel 3.2.5). Die Abweichung ist im weiteren Betrieb zeitnah zu adressieren und zu beheben.

Betriebsrelevante Dokumentation: wiederkehrende Prüfungen, Wartungen, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Dokumente (/Q-1/, /E-3/, /E-4/, /E-16/) kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Beschreibungen der Themen wiederkehrende Prüfungen und Wartungen, Installation und Inbetriebnahme und Betrieb im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.4, Kapitel 3.4.5, Kapitel 3.5.1, Kapitel 3.5.2, Kapitel 3.5.3 erfüllen.

4.3 Naturschutzfachliche Aspekte

Naturschutzfachliche Einflussanalyse

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften naturschutzfachlichen Einflussanalyse /N-1/ und der vorgelegten funktionalen Software-FMECA /E-11/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Dokumente im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.2.5 an eine Einfluss- und Auswirkungsanalyse (insb. naturschutzfachliche Einflussfaktoren) erfüllen.

Versuchsplan und Versuchsdurchführung

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur Versuchsplanung und Versuchsdurchführung /N-1/, /N-2/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die vorgelegten Dokumente im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.3 an eine Versuchsplanung und -durchführung im Hinblick auf die zu ermittelnden Raten und den örtlichen Messfehler erfüllen. Hierbei schließen wir uns der Prüfaussage aus dem Validierungsbericht /N-1/ an, wonach das AVES-AKS die geforderten Vorgaben für den Nachweis der Wirksamkeit für den Rotmilan gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ erreicht.

Unabhängige Datenerhebung und -auswertung

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur unabhängigen Datenerhebung und -auswertung /N-1/, /N-3/, /N-4/, /N-5/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Datenerhebung und -auswertung im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) gemäß Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.3.8 unabhängig verlief.

Auswertungsmethodik und Versuchsergebnisse

Unter Berücksichtigung der durch TÜV NORD geprüften Unterlagen zur Auswertungsmethodik und zu den Versuchsergebnissen /N-1/, /N-2/ kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Auswertungsmethodik und die Versuchsergebnisse im Kontext des geprüften AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Anforderungen des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.1.2, Kapitel 3.3.3, Kapitel 3.3.4 an die Methodik und den Mindestwert der unteren Grenze des Konfidenzintervalls der Gesamtrate von 70% erfüllen – betrachtet wurden drei leicht unterschiedliche, ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite (380 bis 580 m, 390 bis 590 m, 400 bis 600 m). Hierbei schließen wir uns der Prüfaussage aus dem Validierungsbericht /N-1/ an, wonach das AVES-AKS die geforderten Vorgaben für den Nachweis der Wirksamkeit für den Rotmilan gemäß Prüfrahmen SH:2024 /R-1/ erreicht.

4.4 Abschließende Bewertung

Nach Prüfung von Dokumentation und Qualitätsmanagement (siehe Kapitel 3.1), der entwicklungsbeleitenden Dokumentation (siehe Kapitel 3.2) sowie der naturschutzfachlichen Aspekte (siehe Kapitel 3.3) kommen wir zu dem Ergebnis, dass das AVES-AKS (Version siehe Kapitel 2.1) die Vorgaben des Prüfrahmens SH:2024 /R-1/ weitgehend erfüllt. Die nachgewiesene Gesamtrate gilt dabei für folgende ringförmige Erfassungsbereiche mit einem Torus von 200 m Breite: 380 bis 580 m, 390 bis 590 m sowie 400 bis 600 m. Im Rahmen der Prüfung wurden die Prüfanmerkungen [RA-1] bis [RA-9] sowie [GA-1], [GA-2] identifiziert. Die damit verbundenen Auffälligkeiten und Abweichungen stellen keine unmittelbare Gefahr für den Schutz der kollisionsgefährdeten Vogelart „Rotmilan“ dar. Die geforderte grundsätzliche Wirksamkeit (Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.1) des AKS und die Einhaltung des erforderlichen Schutzniveaus (Prüfrahen SH:2024 /R-1/ Kapitel 3.4.1) werden auf Grundlage der vorgelegten Nachweise bestätigt. Die identifizierten Prüfanmerkungen sind 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 Prüfrahen 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] Überwiegend fehlen auf den uns vorgelegten Dokumenten Unterschriften und Datumsangaben (z. B. der Ersteller bzw. zur Freigabe) – diese sind zu ergänzen.
- [RA-2] Das Dokument zur statistischen Begutachtung „AVES_Bionum_20240213_final“ /N-2/ ist um eine Änderungshistorie und eine Information zur Freigabe zu ergänzen.
- [RA-3] Das Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und Anlagen sind um eine Beschreibung zur Durchführung und Dokumentation der Freigabe von Produkten und Dienstleistungen gemäß DIN EN ISO 9001:2015 /R-2/ zu ergänzen.
- [RA-4] Das Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ und Anlagen sind um eine Beschreibung zur Durchführung und Dokumentation der Behandlung von Ausfällen oder Abweichungen gemäß DIN EN ISO 9001:2015 /R-2/ zu ergänzen.
- [RA-5] Der Software-Projektmanagementplan /E-7/ ist um Aussagen zur Durchführung einer Software-FMECA zu ergänzen.
- [RA-6] Die vorgelegten Hardware-FMECAs /E-12/, /E-13/ sind zu finalisieren und entsprechend den Anforderungen gemäß Prüfrahen SH:2024 Kapitel 3.6 /R-1/ zu dokumentieren.
- [RA-7] Die erforderlichen Installationsarbeiten sind über eine FMECA gemäß DIN EN 60812 /R-3/ zu untersuchen.
- [RA-8] Der Hardware-Entwicklungsplan /E-5/ ist um eine Liste der zu erstellenden Hardware-FMECAs zu ergänzen.
- [RA-9] Das Qualitätsmanagementhandbuch /Q-1/ ist um Aussagen zur Einhaltung der Anforderungen der DSGVO und zur Erstellung eines Datenschutzkonzepts zu ergänzen.

5.4 Liste der geringfügigen Abweichungen

- [GA-1] Das Dokument PTB-500-0001_SDD wurde mit Stand vom 30.01.2026 in der Version 003 vorgelegt. Der Änderungshistorie ist zu entnehmen, dass dieses Dokument mittlerweile in der Version 004 vorliegt – scheinbar wurden Deckblatt und Fußzeile des Dokuments nicht entsprechend angepasst.
- [GA-2] Im Dokument zur statistischen Begutachtung „AVES_Bionum_20240213_final“ /N-2/ wurden die Unterkapitel zweiter Ordnung falsch/nicht durchlaufend nummeriert.

6 Formelzeichen und Abkürzungen

AKS	Antikollisionssystem
BTS	Basic Tracking System
$C_{\text{Messfehler}}$	definiert den mittleren relativen örtlichen Messfehler des AKS
$C_{\text{Rotorblatt}}$	ein Maß für den mittleren dem Vogel präsentierten Rotorradius unter der Annahme beliebiger Winkel zwischen Vogelflugrichtung und Rotorblattebene
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
FMECA	Ausfallbedeutungsanalyse
GLMM	Generalised Linear Mixed Models
HW	Hardware
ISMS	Informationssicherheits-Managementsystem
KI	Künstliche Intelligenz
LFU	Landesamts für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein
LRF	Laser Range Finder
m	Meter
PTZ	Pan-Tilt-Zoom
QMS	Qualitätsmanagementsystem
SH	Schleswig-Holstein
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SPS	speicherprogrammierbare Steuerung
SW	Software
t_{Latenz}	die zeitliche Latenz, die den Zeitabstand zwischen dem AKS-induzierten Abschalt-signal und dem Zeitpunkt misst, an dem das Abschaltsignal an der betreffenden WEA ankommt
t_{Trudel}	die Zeit, welche die Anlage im Mittel benötigt, um vom regulären Betrieb in den Trudelbetrieb zu kommen
V_{Vertikal}	die mittlere artspezifische vertikale Fluggeschwindigkeit des Vogels
V_{Vogel}	die mittlere artspezifische horizontale Fluggeschwindigkeit des Vogels
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 Regelwerk

- /R-1/ Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU). Fachkonventionsvorschlag „Prüfraahmen für Antikollisionssysteme“ (Prüfraahmen AKS). Stand: 01.07.2024.
- /R-2/ DIN EN ISO 9001. Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2015). November 2015.
- /R-3/ DIN EN 60812. Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA). November 2006.

8.2 Unterlagen zum Qualitätsmanagement

- /Q-1/ ProTecBird GmbH. QMS – Dokumentation DIN EN ISO 9001:2015, Management – Handbuch. Version 1.1 - Ausgabe März 2023.
- /Q-2/ ICG Zertifizierung GmbH. ProTecBird GmbH: Zertifikat - Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001:2015. Stand 15.04.2024 – gültig bis 23.05.2026.
- /Q-3/ ICG Zertifizierung GmbH. ProTecBird GmbH: Auditbericht zum 1. Kurzaudit nach ISO 9001:2015. Stand 15.04.2024.
- /Q-4/ ProTecBird GmbH. FRACAS für AKS. Version: 1.0 vom 15.04.2025.
- /Q-5/ ProTecBird GmbH. Prozess Entwicklung. Version: 2.0 vom 07.03.2023.
- /Q-6/ ProTecBird GmbH. Prozess Inbetriebnahme, Service und Wartung. Version: 2.0 vom 07.03.2023.
- /Q-7/ ProTecBird GmbH. Prozess Herstellung. Version: 2.0 vom 07.03.2023.
- /Q-8/ ProTecBird GmbH. Liste der Dokumente. Version: 2.0 vom 13.03.2023.

8.3 Unterlagen zu entwicklungsbegleitenden Themen

- /E-1/ ProTecBird GmbH. Auskunft zu den AVES Versionen der Hardware und Software. Übermittelt mit E-Mail vom 24.07.2025.
- /E-2/ ProTecBird GmbH. AVES Wind® Schnittstellen AKS -WEA - Allgemeine Beschreibung. Version 1.0 vom 20.02.2026.
- /E-3/ ProTecBird GmbH. CS-24-001. ANLEITUNG FÜR INSTALLATIONSARBEITEN AN ON-SHORE ANLAGEN. Version 0.1 vom 22.01.2026.
- /E-4/ ProTecBird GmbH. AVES Wind® Operating Manual. Version 1.0 vom 15.02.2025.
- /E-5/ ProTecBird GmbH. AVES Wind® Hardwareentwicklungsplan. Version 1.0 vom 09.02.2026.
- /E-6/ 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-7/ ProTecBird GmbH. ProTecBird - AVES Onshore - Software Project Management Plan. PTB-500-0001_SPMP. Version 004 vom 02.02.2026.
- /E-8/ ProTecBird GmbH. ProTecBird - AVES Onshore - Software Requirements Specifications. PTB-500-0001_SRS. Version: 003 vom 30.01.2026.

- /E-9/ ProTecBird GmbH. ProTecBird - AVES Onshore - Software Design Description. PTB-500-0001_SDD. Version: 003 vom 30.01.2026.
- /E-10/ ProTecBird GmbH. ProTecBird - AVES Onshore - Software Test Instruction. PTB-500-0001_TI. Version: 002 vom 04.02.2026.
- /E-11/ ProTecBird GmbH. FMECA_PTBAVES-SW-17483_final. Version 18 vom 05.01.2026.
- /E-12/ ProTecBird GmbH. FMECA_PTB-Produktion-Wareneingang und Lagerung. Arbeitsstand vom 07.10.2025.
- /E-13/ ProTecBird GmbH. FMECA_PTB-Produktion-Vormontagen_Schaltschrank und PC. Arbeitsstand vom 15.12.2025.
- /E-14/ ProTecBird GmbH. AVES Wind® Cybersecurity - Bedrohungsanalyse IT. Arbeitsstand Version: 1.0 vom 15.04.2025.
- /E-15/ ProTecBird GmbH. Auftrag an TÜV NORD zur Beratung zwecks ISMS-Implementierung und QMS-Betrieb – im Hinblick auf eine mögliche Zertifizierung in Q1/2026. Schreiben vom 29.07.2025.
- /E-16/ ProTecBird GmbH. AVES Wind® Service Manual. PTB-500-0000200-01-WH. Version: 1.0 vom 15.04.2025.

8.4 Unterlagen zu naturschutzfachlichen Themen

- /N-1/ 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.
- /N-2/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Statistische Begutachtung des Antikollisionssystems „AVES-Wind Onshore“ vor dem Hintergrund des LfU-AKS Prüfrahmens und in Anlehnung an die „KNE-Checkliste“. Stand: 14.02.2024.
- /N-3/ ProTecBird GmbH. 20251218 Erklärung PTB zu AKS-Daten. Schreiben vom 18.12.2025.
- /N-4/ Bionum GmbH – Büro für Biostatistik. Datenmanagement_AVES_Mercker. Schreiben vom 17.12.2025.
- /N-5/ Bioplan - Hammerich, Hinsch und Partner PartG. Erklärung_LRF-Daten_2022_BioplanPartG_2025-12-30. Schreiben vom 30.12.2025.
- /N-6/ BioConsult SH GmbH & Co. KG. Erklärung zur Ermittlung des örtlichen Messfehlers. Schreiben vom 27.05.2026.