

Berlin, 1. November 2021

BDEW Bundesverband  
der Energie- und  
Wasserwirtschaft e.V.

Reinhardtstraße 32  
10117 Berlin

[www.bdeu.de](http://www.bdeu.de)

## Anwendungshilfe

# zur Bestimmung der signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos von Brut- vögeln an Windenergie- anlagen gem. § 44 BNatSchG

**Bewertungsmethode unter Heranziehung  
probabilistischer Ansätze**

Version: 1.1

Autorinnen und Autoren der zur Gremienabstimmung übermittelten Fassung der Anwendungshilfe:<sup>1</sup>

Johannes Gal, Katharina Graf, Dr. Michael Herr, Annemarie Krieger, Claudia Niedersen, Carla Ortmann, Annette Reisch, Henrike Schröter, Dr. Jan Thorbecke, Dr. Bettina Wilkening, Kolja Wolanska

Zitiervorschlag:

BDEW (2021): Signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos von Brutvögeln an Windenergieanlagen, Anwendungshilfe, Bewertungsmethode unter Heranziehung probabilistischer Ansätze

---

<sup>1</sup> Vorliegend in redaktionell bereinigter Fassung der am 1. November 2021 veröffentlichten Version 1.1.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Anwendungsbereich .....	4
2.	Begriffsbestimmungen .....	5
3.	Rechtliche Grundlagen .....	6
4.	Bestimmung der prüfungsrelevanten Exemplare betroffener Arten .....	7
5.	Ermittlung der Risikoerhöhung .....	7
5.1.	Bestimmung des vorhabenunabhängigen Grundrisikos .....	7
5.2.	Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos .....	9
5.2.1.	Berechnungsablauf.....	9
5.2.2.	Eingangsdaten .....	11
5.2.3.	Umgang mit mehreren Windenergieanlagen .....	11
5.2.4.	Umgang mit mehreren Brutpaaren.....	11
5.3.	Abgleich zwischen vorhabenunabhängigem Grundrisiko und vorhabenbezogenem Tötungsrisiko .....	12
6.	Beurteilung der Signifikanz der Risikoerhöhung .....	12
6.1.	Rechtsprechung zum Signifikanzansatz .....	12
6.2.	Signifikanzeinordnung .....	13
7.	Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen .....	18
8.	Literaturverzeichnis.....	19
	Anlage 1 Berechnung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos.....	21
	Stufe 1 – Durchflüge durch den Risikobereich .....	21
	( $P_{a1}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet .....	21
	( $P_{a2}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil an Flugzeit .....	21
	( $P_{a3}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (horizontale Ebene) .....	21
	( $P_{a4}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene).....	25
	( $t_{DF}$ ) Zeit pro Durchflug durch Risikobereich .....	25
	Stufe 2 – Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen .....	28
	( $P_{CR}$ ) Kollisionswahrscheinlichkeit .....	28
	Stufe 3 – Korrekturfaktoren .....	30
	( $k_{Ausw}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: der Vogel weicht der Windenergieanlage aus .....	30
	( $k_{WEABetrieb}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: Anlagenbetrieb während Vogelaktivität .....	31
	Anlage 2 Modifizierung der Berechnung unter Einbeziehung von Raumnutzungserfassungen .....	32
	Anlage 3 Übersicht Eingangsdaten.....	35
	Anlage 4 Berechnungsbeispiele .....	36
	Anlage 5 Python Script für die Berechnung von $t_{DF}$ .....	46

## 1. Anwendungsbereich

Ziel der Anwendungshilfe ist die Schaffung einer artenschutzfachlich anerkannten standardisierten Methode für eine transparente und nachvollziehbare Prüfung von Windenergievorhaben in Bezug auf ein möglicherweise signifikant erhöhtes Tötungsrisiko für am Standort erfasste Exemplare kollisionsgefährdeter Brutvogelarten. Die Anwendungshilfe dient damit der Vereinfachung und Vereinheitlichung des Vollzugs des Artenschutzrechts insbesondere in Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen nach dem BImSchG.<sup>2</sup> Mit der Anwendungshilfe wird der gesetzlich in § 44 Abs. 1 Nr. 1 i.V.m. Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG normierte **Signifikanzansatz** konkretisiert, indem bestehende Konzepte zur Bewertung des Tötungsrisikos kollisionsgefährdeter Brutvogelarten<sup>3</sup> praxisbezogen fortentwickelt werden.<sup>4</sup>

Die Anwendungshilfe knüpft an den am 11. Dezember 2020 von der Umweltministerkonferenz (UMK) beschlossenen Signifikanzrahmen an.<sup>5</sup> Der als Vollzugshilfe bezeichnete UMK-Signifikanzrahmen ist „zu beachten, wenn bei der Prüfung der Zulässigkeit von Windenergieanlagen an Land von der Genehmigungsbehörde zu beurteilen ist, ob ein Verstoß gegen das Verbot der Tötung oder Verletzung von Exemplaren einer europarechtlich geschützten Vogelart vorliegt.“<sup>6</sup> In dem UMK-Signifikanzrahmen wird hinsichtlich der anwendbaren Erfassungs- und Bewertungsmethoden zur Beurteilung, ob das Tötungsrisiko signifikant erhöht ist, weiter ausgeführt: „Sofern hinreichend fundiert, können auch **probabilistische Ansätze** zur Berechnung des vorhabenspezifischen Tötungsrisikos herangezogen werden.“<sup>7</sup> Mit der Anwendungshilfe wird eine Anleitung zur fallbezogenen wissenschaftlich fundierten Anwendung probabilistischer Ansätze in der Praxis geschaffen. Die Anwendungshilfe beschreibt dafür eine Methode, die transparent, funktionsgerecht und schlüssig ausgestaltet ist<sup>8</sup> und den nach der Rechtsprechung<sup>9</sup> im Zusammenhang mit dem besonderen Artenschutz auszufüllenden wissenschaftlichen Anforderungen genügt.<sup>10</sup>

Die Ausführungen sind für die Prüfung nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 i.V.m. Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG in **Zulassungsverfahren** von Windenergieanlagen sowie bei der Aufstellung von **Planungen** mit standortsteuernder Wirkung für Windenergieanlagen anwendbar. Die Anwendungshilfe knüpft bei der Umsetzung des artenschutzrechtlichen Individuenbezugs an die derzeitige Praxis dahingehend an, dass sich für zahlreiche Groß- und Greifvögel das Tötungsrisiko für die ihrer Fortpflanzungsstätte zuzuordnenden Exemplare errechnen lässt. Auf andere Artengruppen wird in der Anwendungshilfe nicht näher eingegangen.

<sup>2</sup> Vgl. *Ministerpräsidentenkonferenz*, Umsetzung der Energiewende, S. 6.

<sup>3</sup> *Hötter u.a.*, Greifvögel und Windkraftanlagen; *Brand/Langeleh/Männel*, ZNER 2020, 7 ff.; Männel, Anwendung der Probabilistik; BDEW, Eckpunkte für eine Standardisierung; *Reichenbach/Aussieker*, Windenergie und der Erhalt der Vogelbestände.

<sup>4</sup> Gesetzentwurf der Bundesregierung v. 12.04.2017, BT-Drs. 18/11939, S. 17. Dort: „Die erarbeiteten Konzepte zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere sowie für die Vermeidbarkeit von Beeinträchtigungen sollten praxisbezogen weiterentwickelt werden“

<sup>5</sup> Im Folgenden wird das Dokument als UMK-Signifikanzrahmen bezeichnet.

<sup>6</sup> *UMK*, Signifikanzrahmen, S. 2.

<sup>7</sup> *UMK*, Signifikanzrahmen, S. 7.

<sup>8</sup> Vgl. zu den Anforderungen an die Entwicklung fallbezogener Methoden BVerwG, Urteil v. 06.04.2017 – 4 A 16.16, Rn. 49; BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 – 9 A 9.15, Rn. 30; BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 – 9 A 18.15, Rn. 112; BVerwG, Beschluss v. 02.10.2014 – 7 A 14.12, Rn. 6 f.

<sup>9</sup> Vgl. zum deutschen Rechtsrahmen insbesondere BVerwG, Urteil v. 09.07.2008 – 9 A 14.07, Rn. 64; BVerfG, Beschluss v. 23.10.2018 – 1 BvR 2523/13, Rn. 32.

<sup>10</sup> Instrukтив und mit weiteren Nachweisen aus der Rechtsprechung *Schmidt/Sailer*, ZNER 2021, 154, 160.

## 2. Begriffsbestimmungen

### Abstand

Soweit nicht abweichend geregelt, wird der Abstand horizontal vom jeweiligen Objektmittelpunkt gemessen.

### Exemplare

Exemplare sind die Individuen kollisionsgefährdeter Arten, die von dem zu beurteilenden Vorhaben betroffen sein können. Für die Prüfung relevante Exemplare sind die Individuen einer Art, die im Regelbereich brüten.

### Fortpflanzungsstätte

Im für die Genehmigung maßgeblichen Beurteilungszeitpunkt besetzter Brutplatz.

### Kollisionsgefährdete Art

In Bezug auf den Betrieb von Windenergieanlagen kommt ein Verstoß gegen das artenschutzrechtliche Tötungsverbot nur für solche Vogelarten in Betracht, bei denen aufgrund ihres artspezifischen Verhaltens das Kollisionsrisiko als betriebsbedingtes Tötungs- und Verletzungsrisiko über das Maß des allgemeinen Tötungsrisikos hinaus signifikant (deutlich, erheblich) erhöht sein kann. Als potenziell an Windenergieanlagen kollisionsgefährdet sind ohne weitere Prüfung diejenigen Arten anzusehen, die im UMK-Signifikanzrahmen oder – falls abweichend – in den maßgeblichen Vorgaben des jeweiligen Bundeslands benannt sind.

### Regelbereich, Regelabstand

Der Regelbereich ist die artspezifische, horizontal projizierte Kreisfläche um den Mittelpunkt des Turms einer Windenergieanlage bis zum jeweiligen Regelabstand i.S.d. UMK-Signifikanzrahmens. Sofern in einem Bundesland abweichende und/oder mehrere Abstände verbindlich festgelegt sind, ist die dem Regelbereich des UMK-Signifikanzrahmens entsprechende Abstandskategorie heranzuziehen. Brutvorkommen kollisionsgefährdeter Arten im nach UMK-Signifikanzrahmen bzw. Ländervorgaben festgelegten Regelbereich begründen für sich genommen keine Unzulässigkeit des Windenergievorhabens, vielmehr ist die Zulässigkeit der Errichtung von Windenergieanlagen im Rahmen einer vertiefenden Einzelfallprüfung zu beurteilen.

### Risikobereich

Der Risikobereich ist der unmittelbar vom Rotor durchstrichene Luftraum, in dem Exemplare der kollisionsgefährdeten Arten durch die Rotorbewegung der Windenergieanlagen verletzt oder getötet werden können.

### Risikomindernde Maßnahmen

Die risikomindernden Maßnahmen umfassen Maßnahmen i.S.v. § 44 Abs. 5 S. 2 und S. 3 BNatSchG. Dazu zählen zur Senkung des Tötungsrisikos unter die „für das Tötungsverbot relevante Gefahrenschwelle“<sup>11</sup> gebotene, fachlich anerkannte Schutzmaßnahmen sowie ggf. erforderliche vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen. Die Verwendung des Begriffs der risikomindernden Maßnahmen dient der sprachlichen Abgrenzung von Vermeidungsmaßnahmen im Sinne der Eingriffsregelung.

### Vorhabenbezogenes Tötungsrisiko

Wahrscheinlichkeit des Todes eines Exemplars durch die geplante Windenergieanlage am konkreten Standort.

### Vorhabenunabhängiges Grundrisiko

Das für Tiere artspezifisch bereits vorhabenunabhängig bestehende allgemeine Tötungsrisiko, welches sich aus dem allgemeinen Naturgeschehen und den Gefahren in einer vom Menschen gestalteten Landschaft ergibt.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 142. Begrifflich bereits „Gefahrenschwelle“ verwendend BVerwG, Urteil v. 09.07.2008 - 9 A 14.07, Rn. 91 und zuletzt Entscheidungen zu Windenergie OVG Münster, Beschluss v. 01.04.2019 - 8 B 1013/18, KommJur 2019, 434, 435; OVG Bautzen, Beschluss v. 12.04.2019 - 4 B 376/18, BeckRS 2019, 26734; OVG Greifswald, Beschluss v. 20.08.2018 - 3 M 14/16, BeckRS 2018, 29525.

<sup>12</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 - 9 A 18.15, Rn. 83; BVerwG, Urteil v. 06.04.2017 - 4 A 16.16, Rn. 74; BVerwG, Beschluss v. 08.03.2018 - 9 B 25.17, LS und Rn. 11.

### 3. Rechtliche Grundlagen

Die Regelung des § 44 Abs. 1 BNatSchG normiert verschiedene Verbote menschlichen Zugriffs auf besonders und streng geschützte Arten (sog. Zugriffsverbote). Nach dem **sog. Tötungsverbot** aus § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG ist es verboten

*„wild lebenden Tieren der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören.“*

Für die Zugriffsverbote sind im Zusammenhang mit der Zulassung von Windenergievorhaben regelmäßig die **Privilegierungen** des § 44 Abs. 5 BNatSchG relevant. Für das Tötungsverbot gelten insofern die einschränkenden Vorgaben aus § 44 Abs. 5 S. 1 bis 3 BNatSchG:

*„Für nach § 15 Abs. 1 BNatSchG unvermeidbare Beeinträchtigungen durch Eingriffe in Natur und Landschaft, die nach § 17 Abs. 1 oder Abs. 3 BNatSchG zugelassen oder von einer Behörde durchgeführt werden, sowie für Vorhaben im Sinne des § 18 Abs. 2 Satz 1 BNatSchG gelten die Zugriffs-, Besitz- und Vermarktungsverbote nach Maßgabe der Sätze 2 bis 5. Sind in Anhang IV Buchstabe a der Richtlinie 92/43/EWG aufgeführte Tierarten, europäische Vogelarten oder solche Arten betroffen, die in einer Rechtsverordnung nach § 54 Abs. 1 Nummer 2 BNatSchG aufgeführt sind, liegt ein Verstoß gegen*

1. *das Tötungs- und Verletzungsverbot nach Abs. 1 Nummer 1 nicht vor, wenn die Beeinträchtigung durch den Eingriff oder das Vorhaben das Tötungs- und Verletzungsrisiko für Exemplare der betroffenen Arten nicht signifikant erhöht und diese Beeinträchtigung bei Anwendung der gebotenen, fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen nicht vermieden werden kann,*

*(...).*

*Soweit erforderlich, können auch vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen festgelegt werden.“*

Das **Bundesverwaltungsgericht** (BVerwG) hat in zahlreichen Entscheidungen grundlegende Vorgaben zur Anwendung des von ihm entwickelten und nunmehr in § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG gesetzlich verankerten Signifikanzkriteriums herausgearbeitet. Danach sind beiläufige Tötungen lediglich dann vom Tötungsverbot erfasst, wenn bei einem Vorhaben das Risiko kollisionsbedingter Verluste von Einzelexemplaren einen Risikobereich übersteigt, der mit einem Vorhaben im Naturraum immer verbunden ist.<sup>13</sup> „Von Menschenhand gestaltete Naturräume“<sup>14</sup> weisen aufgrund ihrer Nutzung durch den Menschen von vornherein ein vorhabenunabhängiges Grundrisiko auf, das regelmäßig hinzunehmen ist.<sup>15</sup> Da Windenergieanlagen „zur Ausstattung des natürlichen Lebensraums der Tiere gehören“<sup>16</sup>, müssen besondere Umstände hinzutreten, damit von einer signifikanten Gefährdung durch die Windenergieanlagen ausgegangen werden kann. Verbleibt das vorhabenbezogene Tötungsrisiko unterhalb der „für das Tötungsverbot relevanten Gefahrenschwelle“<sup>17</sup>, ist der Tatbestand des Tötungs- und Verletzungsverbots nicht erfüllt. Andernfalls kann der Vorhabenträger risikomindernde Maßnahmen ergreifen, mit denen das Tötungsrisiko unter die Gefahrenschwelle gesenkt wird, ab der das Tötungsrisiko signifikant erhöht ist.

<sup>13</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 09.07.2008 - 9 A 14.07, Rn. 91; BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 - 9 A 19.15, Rn. 25; BVerwG, Urteil v. 09.02.2017 - 7 A 2.15, Rn. 466.

<sup>14</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141, BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn.98; BVerwG, Urteil v. 09.02.2017 - 7 A 2.15, Rn. 466.

<sup>15</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 09.02.2017 - 7 A 2.15, Rn. 466; Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141.

<sup>16</sup> In Bezug auf Verkehrswege vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141, BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn.98; BVerwG, Urteil v. 09.02.2017 - 7 A 2.15, Rn. 466.

<sup>17</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141; in Rn. 142 wird die „für das Tötungsverbot relevante Gefahrenschwelle“ in Bezug genommen. Zuletzt den Begriff „Signifikanzschwelle“ verwendend BVerwG, Urteil v. 26.09.2019 - 7 C 5.18, Rn. 41; OVG Münster, Beschluss v. 16.07.2020 - 8 B 907/20, Rn. 13.

Die wesentlichen Schritte einer wortlaut- und rechtsprechungskonformen Signifikanzprüfung sind:

- Bestimmung der prüfungsrelevanten **Exemplare betroffener Arten** (Kapitel 4)
- Ermittlung der **Risikoerhöhung** (Kapitel 5)
  - Bestimmung des vorhabenunabhängigen Grundrisikos (Kapitel 5.1)
  - Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos (Kapitel 5.2)
  - Abgleich zwischen vorhabenunabhängigem Grundrisiko und vorhabenbezogenem Tötungsrisiko (Kapitel 5.3)
- Beurteilung der Signifikanz der Risikoerhöhung (Kapitel 6)
- Berücksichtigung **risikomindernder Maßnahmen**, soweit signifikante Risikoerhöhung (Kapitel 7)

Ergibt die Signifikanzprüfung, dass der artenschutzrechtliche Verbotstatbestand infolge der Realisierung des Windenergievorhabens trotz in die Prüfung einzustellender risikomindernder Maßnahmen erfüllt ist, kann das Vorhaben dennoch zugelassen und durchgeführt werden, wenn die Anforderungen an eine **Ausnahme** nach § 45 Abs. 7 BNatSchG erfüllt sind.

#### 4. Bestimmung der prüfungsrelevanten Exemplare betroffener Arten

Grundlage für die Bestimmung der prüfungsrelevanten Exemplare ist die Liste kollisionsgefährdeter Arten des UMK-Signifikanzrahmens mit zugehörigem Regelbereich. Sofern in einem Bundesland ein abweichendes Artenspektrum oder abweichende Abstandsradien festgelegt sind, sind diese maßgeblich. Sind mehrere Abstandsradien pro Art definiert, ist die dem Regelbereich des UMK-Signifikanzrahmens entsprechende Abstandskategorie der jeweiligen Ländervorgabe heranzuziehen. Die heranzuziehende Liste dient damit der Vorprüfung. Eine vertiefende Prüfung ist nur für dort gelistete Arten und in Bezug zu auf die dort genannten Anlagenparameter vorzunehmen, da für alle anderen Arten ein Vorliegen eines betriebsbedingt signifikant erhöhten Tötungsrisikos verneint werden kann.<sup>18</sup> Prüfungsrelevante Exemplare der gelisteten Arten sind sämtliche Exemplare, die innerhalb des angegebenen Regelbereichs zu den geplanten Anlagenstandorten mit einer Fortpflanzungsstätte verortet wurden.

#### 5. Ermittlung der Risikoerhöhung

##### 5.1. Bestimmung des vorhabenunabhängigen Grundrisikos

Für die prüfungsrelevanten Exemplare muss das vorhabenunabhängige<sup>19</sup> Grundrisiko bestimmt werden. „Anhand dieses allgemeinen, nicht jedoch anhand eines im Umfeld des konkreten Vorhabens bereits anderweitig gesteigerten Tötungsrisikos bemisst sich die Signifikanz der Erhöhung.“<sup>20</sup> Die signifikante Erhöhung des Verletzungs- oder Tötungsrisikos muss sich gerade gegenüber dem allgemeinen Risiko einer Art ergeben, in einem durch den Menschen genutzten Naturraum verletzt zu werden oder zu Tode zu kommen.<sup>21</sup> Das vorhabenunabhängige Grundrisiko gibt an, welcher Anteil der Exemplare eines Bestands pro Jahr stirbt bzw. getötet wird und wird angegeben in

$$\frac{\text{Anzahl tödliche Ereignisse}}{\text{Individuum} * \text{Jahr}}$$

<sup>18</sup> Zu der Möglichkeit, in der Genehmigungspraxis bestimmte Arten keiner intensiveren Prüfung zu unterziehen, und so „die erforderlichen Prüfungen gewissermaßen im Sinne einer Regelvermutung“ vorwegzunehmen mit Nachweisen aus der Rechtsprechung des BVerwG *Schmidt/Sailer*, ZNER 2021, 154, 160 f.

<sup>19</sup> Vgl. insbesondere BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 - 9 A 18.15, Rn. 83.

<sup>20</sup> BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 18.15, Rn. 84. Weiter wird dort ausgeführt „Entgegen der klägerischen Kritik führt das Kriterium daher nicht dazu, dass gerade in einem Umfeld, in dem bereits aufgrund anderweitiger Vorbelastungen ein erhöhtes Tötungsrisiko besteht, eine umso größere Gefährdung zulässig ist.“

<sup>21</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141.

Das vorhabenunabhängige Grundrisiko setzt sich also aus der bundesweit durchschnittlichen natürlichen Sterblichkeit und der anthropogenen Mortalität der jeweiligen Art zusammen. Zur **natürlichen Sterblichkeit** gehören Sterben aufgrund von Alter oder als Opfer von Prädatoren während verschiedener Altersstufen (hier insbesondere die hohe Jungensterblichkeit im ersten Lebensjahr), des Weiteren Sterben durch inter- und intraspezifische Konkurrenz wie z. B. Revierkämpfe sowie bei Zugvögeln und Teilziehern die Verluste auf dem Weg zu Überwinterungsgebieten und zurück. Zusätzlich wird die allgemeine **anthropogene Mortalität** berücksichtigt. Diese setzt sich zusammen aus Verunglücken an Infrastrukturen wie Verkehrswegen, Trassen, Windenergieanlagen<sup>22</sup>, Siedlungen und Hochbauten, und außerdem Verlust durch Vergiftungen und Bejagung.

Eine nach einheitlichen Kriterien erhobene Datengrundlage für das vorhabenunabhängige Grundrisiko liegt für die kollisionsgefährdeten Arten bislang nicht vor. Zur Bestimmung des vorhabenunabhängigen Grundrisikos wird hilfsweise auf die von *Bernotat* und *Dierschke* zuletzt 2016 aufbereiteten Daten für die Mortalität von Alttieren zurückgegriffen.<sup>23</sup> Da bestimmte der oben genannten Komponenten des vorhabenunabhängigen Grundrisikos, darunter die hohe Jungensterblichkeit, in der Alttiermortalität nicht berücksichtigt werden,<sup>24</sup> handelt es sich um eine übergangsweise getroffene, stark konservative Annahme zugunsten des Artenschutzes. Die hilfsweise herangezogenen und fachwissenschaftlich anerkannten Werte zum vorhabenunabhängigen Grundrisiko sind für die bundesweit laut UMK-Signifikanzrahmen als kollisionsgefährdet definierten Arten in folgender Tabelle aufgelistet:

Tabelle 1 Vorhabenunabhängiges Grundrisiko der nach dem UMK-Signifikanzrahmen kollisionsgefährdeten Arten

Art (alphabetisch)	vorhabenunabhängiges Grundrisiko $\left(\frac{\text{Anzahl tödliche Ereignisse}}{\text{Individuum} * \text{Jahr}}\right)$
Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>	0,22
Fischadler <i>Pandion haliaetus</i>	0,19
Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>	0,17
Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	0,39
Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>	0,08
Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>	0,33
Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>	0,13
Steinadler <i>Aquila chrysaetos</i>	0,08
Uhu <i>Bubo bubo</i>	0,20
Wanderfalke <i>Falco peregrinus</i>	0,28
Weißstorch <i>Ciconia ciconia</i>	0,28
Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>	0,20

<sup>22</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141; BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn. 98.

<sup>23</sup> Vgl. *Bernotat/Dierschke*, Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität, Anhang 1 Spalte A, S. 213 ff unter Angabe der jeweils herangezogenen Studien. Zu den dort angegebenen Werten bezüglich der Alttiermortalität S. 21 f.

<sup>24</sup> Vgl. zur Alttiermortalität ausführlicher *Bernotat/Dierschke*, Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität, S. 21 f.



## 5.2. Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos

Für die Bewertung, ob sich durch Vorhaben das Tötungs- und Verletzungsrisiko i.S.v. § 44 Abs. 1 Nr. 1, Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG für Exemplare der betroffenen Arten nicht signifikant erhöht, muss das vorhabenbezogene Tötungsrisiko ermittelt werden.

Nach der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts und der Verwaltungsgerichte ist für die Beurteilung des Tötungsrisikos „die **Wahrscheinlichkeit** zu ermitteln (...), dass ein geschütztes Tier bei Realisierung des zur Genehmigung stehenden Vorhabens getötet wird.“<sup>25</sup> Die hier zu betrachtende Wahrscheinlichkeit ist das vom Vorhaben ausgehende Risiko von Kollisionen prüfungsrelevanter Exemplare mit dem Rotor der geplanten Windenergieanlage. Die Kollision des Exemplars wird einem konservativen Ansatz folgend mit dem Tod des Tieres gleichgesetzt.

Das vorhabenbezogene Tötungsrisiko ist für die den Fortpflanzungsstätten zuzuordnenden Exemplaren als Wahrscheinlichkeitswert zu errechnen. Dabei sind projekt-, gebiets- und artbezogene **Kriterien** sowie weitere naturschutzfachliche Parameter einzubeziehen.<sup>26</sup> Umstände, die nach der Rechtsprechung des BVerwG für die Beurteilung der Signifikanz eine Rolle spielen, sind „insbesondere artspezifische Verhaltensweisen, häufige Frequentierung des durchschnittlichen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen<sup>27</sup>, darüber hinaus (...) gegebenenfalls auch weitere Kriterien im Zusammenhang mit der Biologie der Art“.<sup>28</sup>

Das vorhabenunabhängige Grundrisiko (Kapitel 5.1) und das pro Anlage zu berechnende vorhabenbezogene Tötungsrisiko müssen in derselben **Maßeinheit** bestimmt werden, d. h.

$$\frac{\text{Anzahl tödlicher Ereignisse}}{\text{Individuum} * \text{Jahr}}$$

Nur so kann ein Abgleich zwischen vorhabenbezogenem Tötungsrisiko und vorhabenunabhängigem Grundrisiko gelingen, um die vom Wortlaut des § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG in Bezug genommene Erhöhung des Tötungsrisikos zu quantifizieren.

### 5.2.1. Berechnungsablauf

Die im Rahmen dieser Anwendungshilfe verwendete Berechnungsmethode zur quantitativen Erfassung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos basiert auf wissenschaftlichen Methoden und entwickelt diese weiter.<sup>29</sup> Die Berechnung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos erfolgt danach über ein dreistufiges Verfahren.

- Stufe 1:** Ermittlung der Anzahl an potenziellen Durchflügen durch den Risikobereich unter Einbeziehung von Daten aus Fachliteratur und aus vor Ort durchgeführten Datenerhebungen.
- Stufe 2:** Ermittlung theoretisch zu erwartender Kollisionen unter Einbeziehung von art- und anlagen-spezifischen Daten mittels eines Collision-Risk-Models (CRM).
- Stufe 3:** Berücksichtigung des Ausweichverhaltens und des Anlagenbetriebs während Vogelaktivität anhand von Korrekturfaktoren.

<sup>25</sup> So BVerfG, Beschluss v. 23.10.2018 - 1 BvR 2523/13, Rn. 32; ausdrücklich „Wahrscheinlichkeit der Tötung“ OVG Lüneburg, Urteil v. 10.01.2017 - 4 LC 197/15, Rn. 63. Das BVerwG spricht bezüglich der signifikanten Steigerung des Tötungsrisikos folgerichtig auch von einem „Wahrscheinlichkeitsmaßstab“, BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5.

<sup>26</sup> Vgl. Gesetzentwurf der Bundesregierung v. 12.04.2017, BT-Drs. 18/11939, S. 17.

<sup>27</sup> Zur Berücksichtigung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen und anderen risikomindernden Maßnahmen Kapitel 7.

<sup>28</sup> BVerwG Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5.

<sup>29</sup> Hötter u.a., Greifvögel und Windkraftanlagen, S. 302 f.; Brand/Langeleh/Männel, ZNER 2020, 7, 13 f.; Männel, Anwendung der Probabilistik; Reichenbach/Aussieker, Windenergie und der Erhalt der Vogelbestände, S. 43 f. Zur Verwendung sog. „collision risk models“ im internationalen Raum und der Einordnung verschiedener Modelle vgl. Agatz, Windenergie-Handbuch, S. 206 f.

Die folgende Abbildung 1 visualisiert den Ablauf der Bestimmung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos.

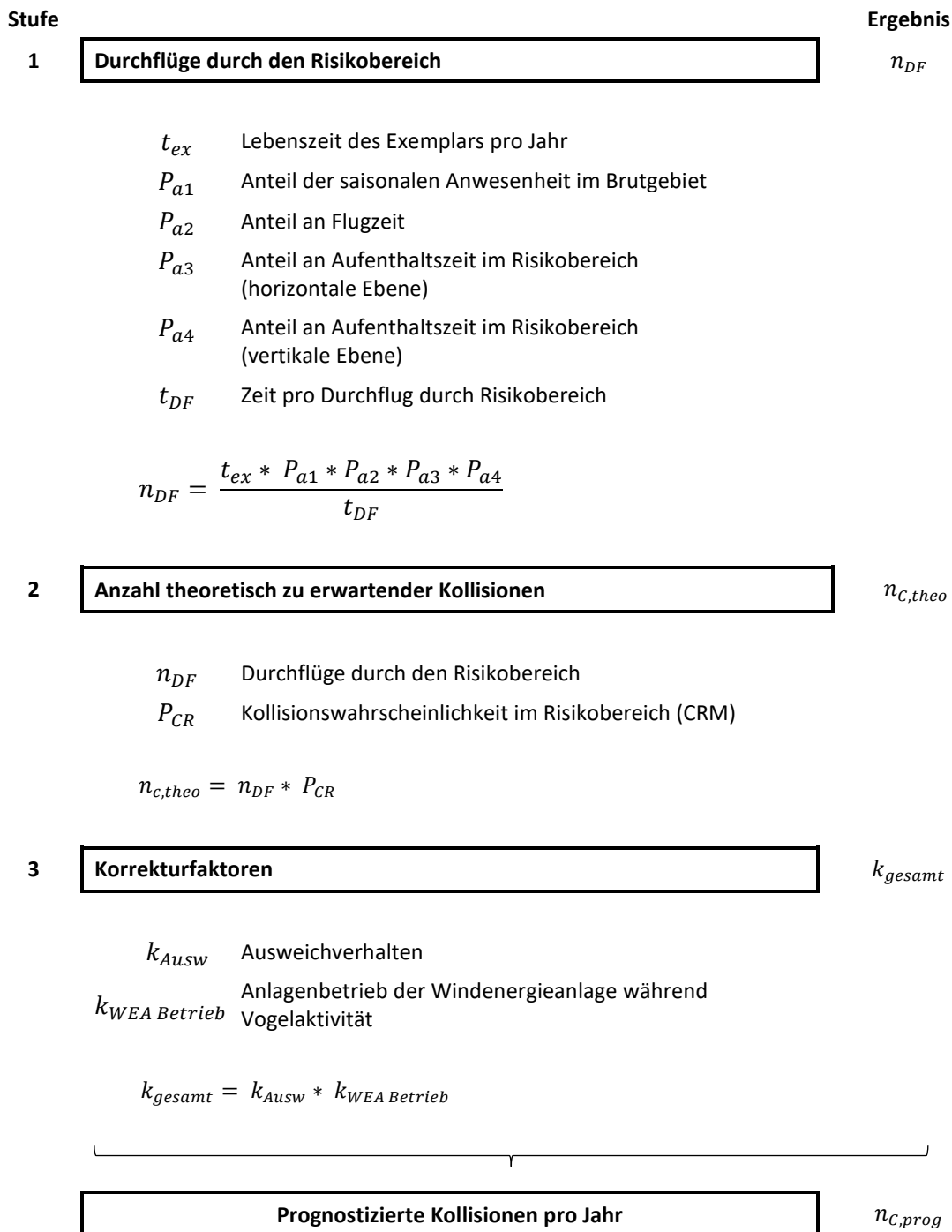


Abbildung 1: Berechnungsablauf

Die Gesamtformel zur Berechnung der Anzahl an Kollisionen pro Jahr lautet demnach:

$$n_{c,prog} = \frac{t_{ex} * P_{a1} * P_{a2} * P_{a3} * P_{a4}}{t_{DF}} * P_{CR} * k_{Ausw} * k_{WEA\ Betrieb}$$

Eine detaillierte Darstellung aller Stufen des **Berechnungsablaufs** ist in **Anlage 1** zu finden. Dabei basiert die Berechnung auf der Verwendung von veröffentlichten Flugbewegungsdaten aus Telemetriestudien. Sofern statt Daten aus Telemetriestudien Daten aus **Raumnutzungserfassungen** einfließen sollen, ist Stufe 1 der Berechnung mit den Modifikationen nach **Anlage 2** durchzuführen.

### 5.2.2. Eingangsdaten

Für die Berechnung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos werden Eingangsdaten zu den jeweiligen **art-, gebiets- und projektspezifischen Parametern** benötigt. Im Rahmen der Ausführungen zur Berechnung des Tötungsrisikos in Anlage 1 wird jeweils kurz dargestellt, welche Daten in die Berechnung einzustellen sind und wie diese gewonnen werden können. In Anlage 3 findet sich zudem eine Übersicht mit den für die Einzelberechnungen erforderlichen Daten.

Bis zu den oben genannten Parametern standardisierte Eingangsdaten vorliegen, muss auf Daten aus veröffentlichter Literatur und anderen vorhandenen Quellen sowie eigenen Erhebungen vor Ort zurückgegriffen werden, wobei die Verwendbarkeit der Daten jeweils von ihrer Validität und der Art ihres Zustandekommens abhängt. Die genutzten Daten müssen nach anerkannten fachlichen Standards erhoben worden sein und der Umgang mit ihnen muss nach wissenschaftlichen Kriterien transparent, überprüfbar und sachgerecht erfolgen.<sup>30</sup> Dies gilt insbesondere für den Umgang mit Daten aus mehreren Quellen, wenn sie gesammelt in die Bestimmung einzelner Parameter einfließen sollen. Sind in den Quellen Angaben zur Varianz enthalten, sollten diese im Sinne eines konservativen Ansatzes Berücksichtigung finden. Bei Vorliegen von Messdaten, aus denen relative Häufigkeiten bestimmt und als statistische Wahrscheinlichkeiten aufgefasst werden, sollte die Varianz der Daten ebenfalls im Sinne eines konservativen Ansatzes berücksichtigt werden.

Liegen einzelne Eingangsdaten nicht, nicht vollständig oder in nicht hinreichender Qualität vor, erfolgt ein Rückgriff auf Analogieschlüsse oder konservative Ersatzwerte. Nach der Rechtsprechung des BVerwG ist „bei Kenntnislücken der **Analogieschluss** eine gängige und unbedenkliche Methode, mit der bei Einhaltung wissenschaftlicher Standards Kenntnislücken überbrückt werden können“.<sup>31</sup> Sofern ein Rückgriff auf **Ersatzwerte** erforderlich ist, sind die ersatzweise heranzuziehenden Werte sachgerecht auszuwählen und ihre Verwendung nachvollziehbar darzulegen. Ein Beispiel für eine sachgerechte und nachvollziehbare Ersatzwertbildung ist das Heranziehen von Wind- und Wetterdaten aus örtlich unmittelbar benachbarten Untersuchungsräumen. Sind weder Analogieschlüsse noch eine Ersatzwertbildung möglich und fehlen auch objektive Anhaltspunkte für eine fachlich valide Schätzung von relevanten Daten für die Bestimmung einer Einzelwahrscheinlichkeit, wird der Wert dieser Einzelwahrscheinlichkeit auf 1 gesetzt und bildet so das Worst-Case-Szenario ab. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Berechnung konservativ und im Sinne des Artenschutzes erfolgt.

### 5.2.3. Umgang mit mehreren Windenergieanlagen

Es sind nur die Anlagenstandorte eines Vorhabens prüfungsrelevant, in deren Regelbereich sich eine oder mehrere Fortpflanzungsstätten einer oder mehrerer kollisionsgefährdeter Arten befinden. Das für die Exemplare der betrachteten Fortpflanzungsstätte vom einzelnen Anlagenstandort ausgehende Tötungsrisiko wird unter Einbeziehung der Standorteigenschaften und der konkreten Eigenschaften der Windenergieanlage ermittelt. Für den Fall, dass sich die Fortpflanzungsstätte im Regelbereich mehrerer geplanter Windenergieanlagenstandorte befindet, wird für jeden einzelnen dieser Anlagenstandorte ein Risikowert ermittelt, der der Einzelbewertung im Rahmen des Zulassungsverfahrens zugrunde zu legen ist. Eine Addition von Risikowerten mehrerer Windenergieanlagen erfolgt nicht. Das gilt auch mit Blick auf die Risiken bereits vorhandener Anlagen. Im Falle des Repowerings sind die durch den Rückbau wegfallenden Vorbelastungen der ersetzten Anlagen gesondert zu berechnen, um diese dann in die nunmehr ausdrücklich gesetzlich vorgesehene Vergleichsbetrachtung einzubeziehen. Im Übrigen sind Vorbelastungen entsprechend den einschlägigen fachgesetzlichen Maßgaben zu berücksichtigen.

### 5.2.4. Umgang mit mehreren Brutpaaren

Das vorhabenbezogene Tötungsrisiko wird für alle Fortpflanzungsstätten der relevanten Exemplare im Regelbereich einer Windenergieanlage einzeln und gesondert je Art bestimmt und beziffert. Es erfolgt keine Addition

<sup>30</sup> Zum Erfordernis einer artenschutzrechtlichen Prüfung nach wissenschaftlichen Kriterien BVerwG, Urteil v. 09.07.2008 - 9 A 14.07, Rn. 59 ff. und Nachweise in Fn. 9 f. sowie zu den Anforderungen an die Entwicklung fallbezogener Methoden BVerwG, Urteil v. 06.04.2017 - 4 A 16.16, Rn. 49; BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 30; BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 - 9 A 18.15, Rn. 112; BVerwG, Beschluss v. 02.10.2014 - 7 A 14.12, Rn. 6 f.

<sup>31</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn. 133 f.

von Risikowerten. Die ermittelten Risikowerte dürfen je Fortpflanzungsstätte der relevanten Exemplare im Regelbereich nicht oberhalb des Werts für ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko (Kapitel 6) liegen. Überschreiten einer oder mehrere der ermittelten Risikowerte den Wert für ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko, wird der Umfang der risikomindernden Maßnahme an dem höchsten der ermittelten Risikowerte bemessen und an den Risikowerten der weiteren Fortpflanzungsstätten der relevanten Exemplare je Art überprüft.

### 5.3. Abgleich zwischen vorhabenunabhängigem Grundrisiko und vorhabenbezogenem Tötungsrisiko

Aus dem Verhältnis von vorhabenunabhängigem Grundrisiko und vorhabenbezogenem Tötungsrisiko lässt sich die für die artenschutzrechtliche Beurteilung relevante Risikoerhöhung rechtssicher bestimmen. Die Berechnung der Risikoerhöhung erfolgt, indem das vorhabenunabhängige Grundrisiko prozentual in das Verhältnis zum vorhabenbezogenen Tötungsrisiko gesetzt wird.

## 6. Beurteilung der Signifikanz der Risikoerhöhung

Die Erhöhung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos darf **nicht signifikant** i.S.v. § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG sein. Die Schwelle, ab der ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vorliegt, lässt sich mit der Rechtsprechung auch als „für das Tötungsverbot relevante Gefahrenschwelle“ bezeichnen.<sup>32</sup> Der Bundesgesetzgeber hat diese „Gefahrenschwelle“ bislang noch nicht quantitativ konkret festgelegt.<sup>33</sup> Solange eine quantitativ konkretisierte Festlegung als Prüfungsmaßstab fehlt, kann aus dem Gesetz und dessen Auslegung unter Berücksichtigung der höchst-richterlichen Rechtsprechung zum Signifikanzkriterium ein Wert abgeleitet werden, unterhalb dessen das Tötungsrisiko jedenfalls nicht signifikant erhöht sein kann. Im Folgenden wird dazu zunächst ein Überblick über die Rechtsprechungsvorgaben zum Signifikanzkriterium gegeben (Kapitel 6.1), um dann mit den daraus fließenden Anforderungen einen solchen Wert zu begründen (Kapitel 6.2).

### 6.1. Rechtsprechung zum Signifikanzansatz

Die folgenden Auszüge aus Entscheidungen des BVerwG veranschaulichen mit Hervorhebungen durch die Verfasserinnen und Verfasser, wie das Signifikanzkriterium nach **ständiger Rechtsprechung** des Gerichts auszufüllen ist:

*„Das anhand einer wertenden Betrachtung auszufüllende Kriterium der Signifikanz trägt dem Umstand Rechnung, dass für Tiere bereits vorhabenunabhängig ein allgemeines Tötungsrisiko besteht, welches sich nicht nur aus dem allgemeinen Naturgeschehen ergibt, sondern auch dann **sozialadäquat** (BT-Drs. 16/5100 S. 11) sein kann und deshalb hinzunehmen ist, wenn es zwar vom Menschen verursacht ist (vgl. Fellenberg, UPR 2012, 321 <326>), aber **nur einzelne Individuen** betrifft (vgl. BVerwG, Urteile vom 18. März 2009 - 9 A 39.07 - BVerwGE 133, 239 Rn. 58 und vom 13. Mai 2009 - 9 A 73.07 - Buchholz 451.91 Europ. UmweltR Nr. 39 Rn. 86). Denn tierisches Leben existiert nicht in einer unberührten, sondern in einer vom Menschen gestalteten Landschaft. Nur innerhalb dieses Rahmens greift der Schutz des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG. Dessen Voraussetzungen sind daher nicht erfüllt, solange das **Risiko einer Tötung dasjenige nicht übersteigt, das mit (...) [einer solchen Art von Vorhaben; Anm. Verf.] als gewöhnlichem Bestandteil des Naturraums immer verbunden** ist (vgl. BVerwG, Urteile vom 9. Juli 2008 - 9 A 14.07 - BVerwGE 131, 274 Rn. 91, vom 12. August 2009 - 9 A 64.07 - BVerwGE 134, 308 Rn. 56 und vom 28. April 2016 - 9 A 9.15 - NVwZ 2016, 1710 Rn. 141).“<sup>34</sup>*

<sup>32</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 142. Begrifflich bereits „Gefahrenschwelle“ verwendend BVerwG, Urteil v. 09.07.2008 - 9 A 14.07, Rn. 91 und zuletzt Entscheidungen zu Windenergie OVG Münster, Beschluss v. 01.04.2019 - 8 B 1013/18, KommJur 2019, 434, 435; OVG Bautzen, Beschluss v. 12.04.2019 - 4 B 376/18, BeckRS 2019, 26734; OVG Greifswald, Beschluss v. 20.08.2018 - 3 M 14/16, BeckRS 2018, 29525.

<sup>33</sup> Vgl. zur möglichen Übertragung der Herleitung von Grenzwerten aus anderen Bereichen der Technik *Brand/Langeleh/Männel*, ZNER 2020, 7, 13 f. Zur Herleitung eines Grenzwertes nach dem Prinzip der minimalen endogenen Mortalität auch *BDEW*, Eckpunkte für eine Standardisierung, S. 15 und ausführlich *Krebs* u.a., ETR 2000, S. 816 ff.

<sup>34</sup> BVerwG, Urteil v. 10.11.2016 - 9 A 18.15, Rn. 83. So zuletzt auch im Zusammenhang mit Windenergieanlagen BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5.

„Dies folgt aus der Überlegung, dass es sich bei den Lebensräumen der gefährdeten Tierarten nicht um ‚unberührte Natur‘ handelt, sondern um von Menschenhand gestaltete Naturräume, die aufgrund ihrer Nutzung durch den Menschen ein spezifisches Grundrisiko bergen, das nicht nur mit dem Bau neuer Verkehrswege, sondern z. B. auch mit dem Bau von Windkraftanlagen, Windparks und Hochspannungsleitungen verbunden ist. Es ist daher bei der Frage, ob sich für das einzelne Individuum das Risiko signifikant erhöht, Opfer einer Kollision durch (...) [ein neues Vorhaben; Anm. Verf.] zu werden, nicht außer Acht zu lassen, dass (...) [solche Vorhaben; Anm. Verf.] zur Ausstattung des natürlichen Lebensraums der Tiere gehören und daher besondere Umstände hinzutreten müssen, damit von einer signifikanten Gefährdung durch (...) [solch ein neu hinzukommendes Vorhaben; Anm. Verf.] gesprochen werden kann. **Ein Nullrisiko ist daher nicht zu fordern** (...)“<sup>35</sup>.

„Umstände, die für die Beurteilung der Signifikanz eine Rolle spielen, sind insbesondere artspezifische Verhaltensweisen, häufige Frequentierung des durchschnittlichen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen, darüber hinaus gegebenenfalls auch weitere Kriterien im Zusammenhang mit der Biologie der Art (vgl. Urteile vom 9. Juli 2008 - 9 A 14.07 - BVerwGE 131, 274 Rn. 91, vom 6. April 2017 - 4 A 16.16 - NuR 2018, 255 Rn. 73 ff. und vom 27. November 2018 - 9 A 8.17 - BVerwGE 163, 380 Rn. 98 f.). Eine signifikante Steigerung des Tötungsrisikos erfordert Anhaltspunkte dafür, dass sich dieses **Risiko durch den Betrieb der Anlage<sup>36</sup> deutlich steigert; dafür genügt weder, dass einzelne Exemplare etwa durch Kollisionen zu Schaden kommen, noch, dass im Eingriffsbereich überhaupt Exemplare betroffener Arten angetroffen worden sind** (vgl. BVerwG, Urteil vom 9. Juli 2009 - 4 C 12.07 - Buchholz 442.40 § 8 LuftVG Nr. 35 Rn. 42).“<sup>37</sup>

„Ohne eine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos kann nicht davon gesprochen werden, dass eine Tötung von Tieren im Sinne der unionsrechtlichen Bestimmungen bewusst in Kauf genommen wird (Lau, in: Frenz/Müggenborg, BNatSchG, 2. Aufl. 2016, § 44 Rn. 14 bei Fn. 101). Das in der Rechtsprechung konturierte Signifikanzkriterium und die gesetzgeberischen Überlegungen zur Neufassung des § 44 BNatSchG beruhen letztlich auf dem **Verhältnismäßigkeitsgrundsatz** (Schütte/Gerbig, in: Schlacke, GK-BNatSchG, 2. Aufl. 2017, § 44 Rn. 16), der auch im Unionsrecht und in der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs anerkannt ist (vgl. Brigola, EuZW 2017, 406 ff. und etwa EuGH, Urteil vom 15. November 2005 - C-320/03 [ECLI:EU:C:2005:684] - Rn. 91). In diesem Sinne heißt es im - nicht rechtsverbindlichen - Leitfaden der Europäischen Kommission zum Strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der FFH-Richtlinie 92/43/EWG (endgültige Fassung, Februar 2007, Ziff. 53), die FFH-Richtlinie ermögliche es den Mitgliedstaaten, zu ihrer Umsetzung verhältnismäßige und angemessene Maßnahmen zu treffen; dieses Konzept liege allen Bestimmungen der Richtlinie zugrunde, einschließlich der Art. 12 und 16 FFH-RL. Der **Signifikanzansatz dient so als angemessene Maßnahme zur Vermeidung unverhältnismäßiger Folgen für die Vorhabenzulassung bei der Anwendung des artenschutzrechtlichen Tötungsverbots in Art. 5 Abs. 1 Buchst. a VRL und Art. 12 Abs. 1 Buchst. a FFH-RL**. Ansonsten wären Infrastrukturprojekte nur noch unter Anwendung von Ausnahmeregelungen gemäß Art. 9 VRL bzw. Art. 16 FFH-RL durchzuführen, und die unionsrechtlich vorgesehene Ausnahme würde zur Regel (Schütte/Gerbig, in: Schlacke, GK-BNatSchG, 2. Aufl. 2017, § 44 Rn. 16).“<sup>38</sup>

## 6.2. Signifikanzeinordnung

Aufgrund des Individuenbezugs von § 44 Abs. 1 Nr. 1, Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG bezieht sich die Signifikanzprüfung auf das Tötungsrisiko einzelner Exemplare.<sup>39</sup> Der konkrete Wert für die Beurteilung, wann das Tötungsrisiko nach § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG „**signifikant erhöht**“ ist, muss nach der Rechtsprechung des BVerwG an das für die jeweilige Art maßgebliche vorhabenunabhängige Grundrisiko anknüpfen. Wie in artenschutzfachlichen

<sup>35</sup> BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 141. Siehe auch BVerwG, Urteil v. 09.02.2017 - 7 A 2.15, Rn. 466.

<sup>36</sup> Es ist in der Rechtsprechung des BVerwG anerkannt, dass auch baubedingte Risiken an dem Tötungsverbot und dem Signifikanzkriterium aus § 44 Abs. 1 Nr. 1, Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG zu messen sind: BVerwG, Urte. v. 08.01.2014 - 9 A 4.13, Rn. 99; BVerwG, Hinweisbeschluss v. 06.03.2014 - 9C6.12, Rn. 58.

<sup>37</sup> Zuletzt so BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5. Ständige Rechtsprechung seit BVerwG, Urteil v. 09.07.2009 - 4 C 12.07, Rn. 42.

<sup>38</sup> BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn. 102 m.w.N.

<sup>39</sup> Vgl. zum Individuenbezug *Schmidt/Sailer*, ZNER 2021, 154, 160 und dort die zahlreichen Nachweise in Fn. 91.

Zusammenhängen üblich, ist in zeitlicher Hinsicht die Risikoerhöhung in einem Jahr in Bezug zu nehmen. Weiterer Bezugspunkt für die Bewertung ist gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 i.V.m. Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG das Tötungsrisiko durch die einzelne neu zu errichtende Windenergieanlage.

Bei Anwendung der in dieser Anwendungshilfe beschriebenen dreistufigen Methode zur Ermittlung eines Risikowerts pro Exemplar und Windenergieanlage kann unter Berücksichtigung der Rechtsprechung des BVerwG davon ausgegangen werden, dass jedenfalls eine **Risikoerhöhung um 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos** pro Exemplar und Windenergieanlage nicht signifikant i.S.v. § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG ist. Der anhand der Rechtsprechungsvorgaben nachfolgend im Einzelnen begründete 10-Prozent-Wert bedeutet, dass eine mit der Realisierung der Windenergieanlage einhergehende Risikoerhöhung nach Kapitel 5, die pro Exemplar bei einem Wert von 10 % des artspezifischen vorhabenunabhängigen Grundrisikos verbleibt und unter Verweis auf die nachfolgende Begründung jedenfalls zulässig ist. Es handelt sich bei dem Wert keinesfalls um einen nach oben starren Schwellenwert; denn es kann auch nachgewiesen werden, dass eine im Einzelfall ermittelte Risikoerhöhung von mehr als 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos pro Exemplar und Windenergieanlage nicht signifikant ist. Der Nachweis gelingt jeweils durch die Darlegung, dass die nachfolgend aufgeführte Begründung (keine deutliche Steigerung des Tötungsrisikos, allenfalls Verlust von Einzelexemplaren, Verhältnismäßigkeit im Hinblick auf Vorhabenzulassung) auch bei der ermittelten Risikoerhöhung oberhalb des Wertes trägt.

Eine „signifikante“ Erhöhung liegt von der Wortbedeutung her<sup>40</sup> und nach der Rechtsprechung des BVerwG erst bei einer „**deutlichen Steigerung des Tötungsrisikos**“ vor.<sup>41</sup> Eine deutliche Steigerung ist bei einer Risikoerhöhung um 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos jedenfalls ausgeschlossen. Wie die folgende Tabelle 2 veranschaulicht, bedeutet eine Erhöhung des Risikos um 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos der Art eine zusätzliche Mortalität für das Einzelexemplar, die höchstens im unteren einstelligen Prozent- oder sogar im Promillebereich liegt.<sup>42</sup> Die zusätzliche Mortalität der betrachteten Exemplare im Regelbereich verbleibt für alle Arten stets in einem Bereich von maximal 0,8 % bis 3,9 %. Bei einer Risikoerhöhung von einem Zehntel des vorhabenunabhängigen Grundrisikos ist jedenfalls sichergestellt, dass das Risiko stets „deutlich unter der Gefahrenschwelle bleibt, der die Tiere in einer anthropogen gestalteten Kulturlandschaft immer ausgesetzt sind“.<sup>43</sup>

Kommt es durch Errichtung und Betrieb der zu beurteilenden Windenergieanlage allenfalls zu **Verlusten von Einzelexemplaren**, sind diese nach dem Willen des Gesetzgebers<sup>44</sup> und der Rechtsprechung zum Signifikanzansatz als sozialadäquat hinzunehmen.<sup>45</sup> Dass selbst in Fällen, in denen der Wert von 10 % Risikoerhöhung für einen Brutplatz im Regelbereich der Windenergieanlage erreicht wird, im gesamten Zeitraum von Errichtung und voraussichtlichem Betrieb der Windenergieanlage allenfalls Verluste von einzelnen Exemplaren erwartbar sind, lässt sich ebenfalls aus Tabelle 2 entnehmen. Bei einer Risikoerhöhung um 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos wird selbst ein Vogel wie der Rotmilan als Art mit einem vergleichsweise hohen vorhabenunabhängigen Grundrisiko voraussichtlich nur alle 25 Jahre mit der Windenergieanlage kollidieren, während ein Seeadler höchstens alle 125 Jahre durch eine Kollision mit der Windenergieanlage sterben würde. Innerhalb der bei Windenergieanlagen üblichen Betriebsdauer von 20 bis 25 Jahren können damit schon rein rechnerisch allenfalls einzelne Exemplare durch die Realisierung einer Windenergieanlage betroffen sein, wenn die ermittelte Risikoerhöhung bei einem Wert von 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos liegt. Auch in Gebieten mit höherer Dichte an Exemplaren geschützter Arten stellt dieser Wert dadurch zwingend sicher, dass sich die Vogelverluste

<sup>40</sup> Zur Wortbedeutung von „signifikant“ im Sinne von „in deutlicher Weise“ Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, <<https://www.dwds.de/wb/signifikant>>, abgerufen am 06.05.2021.

<sup>41</sup> BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5; ständige Rechtsprechung seit BVerwG, Urteil v. 09.07.2009 - 4 C 12.07, Rn. 42.

<sup>42</sup> Zur Zulässigkeit einer Wasserkraftanlage bei niedrigen einstelligen Prozentwerten an zusätzlicher Mortalität OVG Koblenz, Urteil v. 08.11.2017 – 1 A 11653/16.OVG, Rn. 64 und 145.

<sup>43</sup> So OVG Münster, Urteil v. 21.06.2013 - 11 D 8/10.AK, BeckRS 2013, 53049 im Zusammenhang mit einem Wert von 10,3 % an „Drahtopfern“ in Relation zu sonstigen Todesursachen einer geschützten Vogelart (Uhu).

<sup>44</sup> Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes, Gesetzentwurf der Bundesregierung v. 25. 04. 2007, BT-Drs. 16/5100, S. 11.

<sup>45</sup> BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5; BVerwG, Urteil v. 09.07.2009 - 4 C 12.07, Rn. 42.



je Windenergieanlage stets weit unterhalb dessen bewegen, was artenschutzfachlich an Verlusten von Exemplaren in einer menschlich geprägten Umwelt für zulässig erachtet wird.<sup>46</sup>

Tabelle 2 Übersicht zur Auswirkung einer Risikoerhöhung von 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos auf Exemplare im Regelbereich

Art (alphabetisch)	Vorhaben-unabhängiges Grundrisiko	Relative Erhöhung des Grundrisikos	Vorhabenbezogenes Tötungsrisiko	Tödliche Kollision an betrachteter Windenergieanlage alle	Zusätzliche Mortalität betroffener Exemplare (absolut)
	<i>Anzahl tödliche Ereignisse Individuum*Jahr</i>		<i>Anzahl tödliche Ereignisse Individuum*Jahr</i>		
Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>	0,22	10 %	0,022	45,5 Jahre	2,2 %
Fischadler <i>Padion halieatus</i>	0,19	10 %	0,019	52,6 Jahre	1,9 %
Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>	0,17	10 %	0,017	58,8 Jahre	1,7 %
Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	0,39	10 %	0,039	25,6 Jahre	3,9 %
Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>	0,08	10 %	0,008	125 Jahre	0,8 %
Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>	0,33	10 %	0,033	30,3 Jahre	3,3 %
Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>	0,13	10 %	0,013	76,9 Jahre	1,33 %
Steinadler <i>Aquila chrysaetos</i>	0,08	10 %	0,008	125 Jahre	0,8 %
Uhu <i>Bubo bubo</i>	0,20	10 %	0,020	50 Jahre	2,0 %
Wanderfalke <i>Falco peregrinus</i>	0,28	10 %	0,028	35,7 Jahre	2,8 %
Weißstorch <i>Ciconia ciconia</i>	0,28	10 %	0,028	35,7 Jahre	2,8 %
Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>	0,20	10 %	0,020	50 Jahre	2,0 %

Mit Blick auf die der Vogelschutzrichtlinie und der umsetzenden nationalen Regelung aus § 44 BNatSchG zugrunde liegende Zielsetzung eines an der Situation der einzelnen Vogelarten ausgerichteten und verhältnismäßigen Artenschutzes<sup>47</sup> ist die Annahme, dass eine Risikoerhöhung um 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos jedenfalls zulässig ist, **artenschutzfachlich sachgerecht**. Die Tabelle 2 verdeutlicht, dass aufgrund des artspe-

<sup>46</sup> Vgl. bspw. LAG VSW, Vermeidung von Vogelverlusten an Glasscheiben 2021, S. 19, wo vorhabenbezogen ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko ab fünf toten Vögeln pro 100 m Fassade und Jahr angenommen wird.

<sup>47</sup> Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten, ABl. der Europäischen Union L 20 vom 26.01.2010, S. 7–25; hier insbesondere die Erwägungsgründe 6 ff.

zifisch unterschiedlich hohen vorhabenunabhängigen Grundrisikos im Ergebnis trotz des für alle Arten einheitlichen Prozentwertes in Höhe von 10 % artabhängig ein unterschiedlich hohes vorhabenbezogenes Tötungsrisiko i. S. v. Kapitel 5.2 zulässig ist. Das ist artenschutzfachlich deshalb sinnvoll, weil somit langlebige Arten mit einem geringen Grundrisiko und einer oftmals niedrigeren Reproduktionsrate, wie z. B. der Seeadler, in höherem Maße geschützt werden.<sup>48</sup>

Tabelle 3 zeigt, dass die Bestände aller Brutvogelarten, die laut UMK-Signifikanzrahmen kollisionsgefährdet sind, in den vergangenen Jahren dauerhaft stabil geblieben sind oder stark zugenommen haben. Beträgt die Risikoerhöhung vorhabenbezogen 10 %, ist jedenfalls davon auszugehen, dass dieser positive Trend der Populationsentwicklung insgesamt durch einen notwendigen Ausbau der Windenergie an Land weiterhin nicht gefährdet werden kann. Dabei ist mit Blick auf den Ausbau der Windenergie und den Schutz der jeweiligen Gesamtpopulation in Deutschland zu berücksichtigen, dass sich selbst bei Ausschöpfung der angestrebten 2 % der Landesflächen für die Nutzung der Windenergie nur ein Teil der Brutplätze tatsächlich in der Nähe von Windenergieanlagen befinden werden.<sup>49</sup>

Wie das BVerwG in jüngeren Entscheidungen hervorgehoben hat, beruhen das von der Rechtsprechung konturierte Signifikanzkriterium und die gesetzgeberischen Überlegungen zur Neufassung des § 44 BNatSchG<sup>50</sup> letztlich auf dem **Verhältnismäßigkeitsgrundsatz**. Der Signifikanzansatz dient nach Auffassung des Gerichts so als angemessene Maßnahme zur Vermeidung unverhältnismäßiger Folgen für die Vorhabenzulassung bei der Anwendung des artenschutzrechtlichen Tötungsverbots in Art. 5 Abs. 1 Buchst. a Vogelschutzrichtlinie.<sup>51</sup> In diesem Sinne ist die Annahme angemessen, wonach jedenfalls eine Risikoerhöhung um 10 % des jeweiligen vorhabenunabhängigen Grundrisikos zulässig sein muss, da bei dieser sozialadäquaten Risikoerhöhung weiterhin Windenergieanlagen als bevorzugt im Außenbereich anzusiedelnde Infrastrukturvorhaben realisiert werden können. Das gilt umso mehr, als dass die Zulassung von Windenergieanlagen auch dem im BNatSchG verankerte übergeordnete Ziel des **Klimaschutzes** dient. Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind nach § 1 Abs. 3 Nr. 5 BNatSchG nicht nur wild lebende Tiere zu erhalten. Gemäß § 1 Abs. 3 Nr. 4 BNatSchG sind Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen. Dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch eine zunehmende Nutzung Erneuerbarer Energien kommt dabei qua Gesetz „eine besondere Bedeutung zu“.

Schließlich wird der gesetzlich vorgegebene Signifikanzansatz durch **staatliche Verpflichtungen** zum Arterhalt aus § 38 Abs. 2 BNatSchG flankiert. Danach ergreifen die zuständigen Behörden wirksame und aufeinander abgestimmte vorbeugende Schutzmaßnahmen oder stellen Artenhilfsprogramme auf und treffen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass das unbeabsichtigte Töten keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf die streng geschützten Arten hat.

<sup>48</sup> Vgl. *Bernotat/Dierschke*, Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wild lebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen, S. 22.

<sup>49</sup> Ausführlich zur möglichen Quantifizierung der Betroffenheit der Brutbestände *Busch u.a.*, *Vogelwelt* 2017, S. 169.

<sup>50</sup> Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes, Gesetzentwurf der Bundesregierung v. 12.04.2017, BT-Drs. 18/11939, S. 17, wonach mit der Neuregelung dem Gebot der Verhältnismäßigkeit Rechnung getragen werde.

<sup>51</sup> BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn. 102 m.w.N.



Tabelle 3 Anzahl der Brutpaare der Arten des UMK-Signifikanzrahmens in Deutschland

Art (alphabetisch)	Bestand 1994 <sup>52</sup>	Bestand 2000 bis 2004 (2005) <sup>53</sup>	Bestand 2005 bis 2009 <sup>54</sup>	Bestand 2011 bis 2016 <sup>55</sup>
Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>	2.200 – 3.400	2.600 – 4.300	5.000 – 6.500	5.000 – 7.000
Fischadler <i>Padion halieatus</i>	267 – 271	501 – 502	550	700 – 750
Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>	4.100 – 5.600	5.900 – 7.900	7.500 – 10.000	6.500 – 9.000
Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	9.000 – 12.700	10.000 – 14.000	12.000 – 18.000	14.000 – 16.000
Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>	127	111	104 – 111	120
Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>	2.100 – 3.000	5.000 – 7.500	6.000 – 9.000	6.500 – 9.500
Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>	238	494 – 500	628 – 643	850
Steinadler <i>Aquila chrysaetos</i>	45 – 50	46	42 – 47	43
Uhu <i>Bubo bubo</i>	630	1.400 – 1.500	2.100 – 2.500	2.900 – 3.300
Wanderfalke <i>Falco peregrinus</i>	415 – 445	810 – 840	1.000 – 1.200	1.400
Weißstorch <i>Ciconia ciconia</i>	4.306	4.200 – 4.300	4.200 – 4.600	6.000 – 6.500
Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>	160 – 200	410 – 470	470 – 550	430 – 450

Das Signifikanzkriterium ist nach der Rechtsprechung des BVerwG anhand einer **wertenden Betrachtung** auszufüllen.<sup>56</sup> Das steht der Herleitung und Anwendung eines quantitativ konkretisierten Wertes der Risikoerhöhung, bei dem das Tötungsrisiko jedenfalls nicht signifikant erhöht ist, nicht entgegen. Denn zum einen sind alle Umstände, die nach der Rechtsprechung für die Beurteilung der Signifikanz eine Rolle spielen sollen, wie „artspezifische Verhaltensweisen, häufige Frequentierung des durchschnittlichen Raums und die Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen, darüber hinaus gegebenenfalls auch weitere Kriterien im Zusammenhang mit der Biologie der Art“,<sup>57</sup> Bausteine des vorliegenden Gesamtkonzeptes und werden bei dessen Anwendung einzelfallbezogen berücksichtigt. So werden artspezifische Verhaltensweisen (z. B. Flughöhe, Fluggeschwindigkeit), Kriterien im Zusammenhang mit der Biologie der Art (z. B. saisonale Abwesenheit) und die Frequentierung des von den Windenergieanlagen durchschnittlichen Luftraums (z. B. zum Aufsuchen von Nahrungshabitaten) bei der Ermittlung der maßgeblichen Risikoerhöhung in Kapitel 5 berücksichtigt. Die „Wirksamkeit vorgesehener Schutzmaßnahmen“ ist Gegenstand der Beurteilung der Erforderlichkeit von risikomindernden Maßnahmen in Kapitel 7. Indem das artspezifische vorhabenunabhängige Grundrisiko als Referenzpunkt für den Bewertungsmaßstab in

<sup>52</sup> Witt u.a., Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 2. Fassung.

<sup>53</sup> Südbeck u.a., Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 4. Fassung.

<sup>54</sup> Gedeon u.a., Atlas Deutscher Brutvogelarten 2014.

<sup>55</sup> Gerlach u.a., Vögel in Deutschland – Übersichten zur Bestandssituation 2019.

<sup>56</sup> So BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5; BVerwG, Beschluss v. 08.03.2018 - 9 B 25.17, Rn. 11.

<sup>57</sup> So BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5; BVerwG, Beschluss v. 08.03.2018 - 9 B 25.17, Rn. 11 m.w.N.

diesem Kapitel 6 dient, wird den artspezifischen Besonderheiten mit Blick auf die Mortalität und Reproduktion auch auf dieser Ebene hinreichend Rechnung getragen. Zum anderen bleibt ein hinreichender Wertungsspielraum auch deshalb erhalten,<sup>58</sup> weil keinesfalls eine nach oben starre Signifikanzschwelle vorgegeben wird. Es wird lediglich ein Wert bestimmt, unterhalb dessen das Tötungsrisiko *jedenfalls* nicht signifikant erhöht ist. Damit kann auch auf der Bewertungsebene dem Einzelfall weiterhin im Sinne der Rechtsprechung hinreichend Rechnung getragen werden, indem nachgewiesen werden kann, dass die konkret ermittelte Risikoerhöhung von mehr als 10 % des vorhabenunabhängigen Grundrisikos nicht signifikant ist.

Die Bestimmung eines Werts, unterhalb dessen bei Anwendung der in dieser Anwendungshilfe beschriebenen Methode auf Basis probabilistischer Ansätze jedenfalls ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko ausgeschlossen werden kann, ist wesentlicher Bestandteil einer praktikablen Operationalisierung des Signifikanzkriteriums. Es handelt sich um ein Element eines Gesamtkonzeptes, bei dessen Anwendung das Signifikanzkriterium einzelfallbezogen im Sinne einer wertenden Betrachtung ausgefüllt wird. Wie auch das BVerwG immer wieder betont, entspricht es dem ausdrücklichen Willen des Gesetzgebers, dass Konzepte zur Bewertung des Tötungsrisikos praxisbezogen weiterentwickelt werden.<sup>59</sup>

## 7. Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen

Gegenstand der Prüfung ist zunächst nur das konkrete Vorhaben ohne Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen i. S. v. § 44 Abs. 5 BNatSchG. Erst im Falle eines ohne entsprechende Maßnahmen signifikant erhöhten Tötungsrisikos sind solche Maßnahmen einzubeziehen, indem diese in die erneute Berechnung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos eingestellt werden. Auf diese Weise lässt sich auch quantitativ beurteilen, ob und in welchem Umfang risikomindernde Maßnahmen im Einzelfall **erforderlich** sind, um die vorhabenbezogene Risikoerhöhung „unter die für das Tötungsverbot maßgebliche Gefahrenschwelle“ zu senken.<sup>60</sup> Sobald die Neuberechnung ergibt, dass die Schwelle mit einer oder mehreren Maßnahmen unterschritten wird, besteht „nach dem Maßstab praktischer Vernunft keine weitergehende artenschutzrechtliche Verantwortlichkeit“ mehr.<sup>61</sup> Im Rahmen von § 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG ist die Anordnung von Maßnahmen unterhalb der Schwelle, ab der ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vorliegt, nicht erforderlich.<sup>62</sup>

<sup>58</sup> Vgl. BVerwG, Beschluss v. 07.01.2020 - 4 B 20.19, Rn. 5; BVerwG, Beschluss v. 08.03.2018 - 9 B 25.17, Rn. 11 „wertende Betrachtung. Durch die vorliegende Konstruktion wird damit ein hinreichender Wertungsspielraum auch unter Zugrundelegung der von *Lau* im Hinblick auf naturwissenschaftlich-statistische Operationalisierungsversuche vertretenen kritischen Sichtweise gewahrt. Vgl. *Lau*, in: Frenz/Müggenborg, BNatSchG, § 44 Rn. 63.

<sup>59</sup> Vgl. Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes, Gesetzentwurf der Bundesregierung v. 12.04.2017, BT-Drs. 18/11939, S. 17 und zum Mortalitäts-Gefährdungs-Index BVerwG, Urteil v. 27.11.2018 - 9 A 8.17, Rn. 100; BVerwG, Beschluss v. 08.03.2018 - 9 B 25.17, Rn. 28.

<sup>60</sup> Vgl. BVerwG, Urteil v. 28.04.2016 - 9 A 9.15, Rn. 142.

<sup>61</sup> BVerwG, Urteil v. 08.01.2014 - 9 A 4.13, Rn. 99; BVerwG, Beschluss v. 06.03.2014 - 9 C 6.12, Rn. 58.

<sup>62</sup> Vgl. *Gellermann*, in: Landmann/Rohmer, UmwR, § 44 BNatSchG Rn. 52; *Agatz*, Windenergie-Handbuch 2020, S. 207.

## 8. Literaturverzeichnis

- Agatz, Windenergie-Handbuch, 17. Aufl. 2020.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Eckpunkte für eine Standardisierung zur Bestimmung des „signifikant erhöhten Tötungsrisikos“ i.S.d. § 44 BNatSchG 2020.
- Bernotat/Dierschke, Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen 2016.
- Blew, Anforderungen an technische Systeme zum Schutz von Greifvögeln 2018.
- Bowgen/Cook, Bird Collision Avoidance: Empirical evidence and impact assessments. JNCC Report No. 614, Peterborough 2018.
- Brand/Langeleh/Männel, »Die Signifikanzschwelle nach § 44 (5) Nr. 1 BNatSchG - ein Verfahren zur Bewertung des Tötungsrisikos geschützter Arten im Gefahrenbereich von Windenergieanlagen«, in: ZNER, H. 1 (2020), S. 7-14.
- Busch/Trautmann/Gerlach, »Overlap between breeding season distribution and wind farm risks: a spatial approach«, in: Vogelwelt, H. 137 (2017), S. 169-180.
- Christie/Urquhart, »A refinement of the Band spreadsheet for wind turbine collision risk allowing for oblique entry«, in: New Zealand Journal of Zoology, Jg. 42, H. 4 (2015), S. 290-297.
- Cook/Humphreys/Masden/Burton, »The Avoidance Rates of Collision Between Birds and Offshore Turbines«, in: Scottish Marine and Freshwater Science 2014.
- Everaert, »Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders«, in: Bird Study, Jg. 61, H. 2 (2014), S. 220-230.
- Fielding/Anderson/Benn/Dennis/Geary/Weston/Whitfield, »Non-territorial GPS-tagged golden eagles *Aquila chrysaetos* at two Scottish wind farms: Avoidance influenced by preferred habitat distribution, wind speed and blade motion status«, in: PLOS ONE, Jg. 16, H. 8 (2021).
- Gedeon/Grüneberg/Mitschke, Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German breeding birds, Münster 2014.
- Gellermann, in: Beckmann (Hg.), Landmann/Rohmer Umweltrecht: UmweltR. Kommentar, 95. Erg.-Lfg., Stand: Mai 2021, München 2021.
- Gerlach/Dröschmeister/Langgemach/Borkenhagen/Busch/Hauswirth/Heinicke/Kamp/Karthäuser/König/Markones/Prior/Trautmann/Wahl/Sudfeldt, Vögel in Deutschland – Übersichten zur Bestandssituation, Münster 2019.
- Grünkorn/Blew/Coppack/Krüger/Nehls/Potiek/Reichenbach/von Rönn/Timmermann/Weitekamp, Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D 2016.
- Hötker/Krone/Nehls, Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. FKZ: 0327684/0327684A/0327684B 2013.
- Krebs/Le Trung/El Kursi/Pierluigi, »Minimale Endogene Mortalität - ein universelles Sicherheitskriterium«, in: Eisenbahntechnische Rundschau (ETR), Jg. 49, H. 12 (2020), S. 816-821.
- Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW), Vermeidung von Vogelverlusten an Glasscheiben - Bewertung des Vogelschlagsrisikos an Glas 2021, [http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/LAG%20VSW%2021-01\\_Bewertungsverfahren%20Vogelschlag%20Glas.pdf](http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/LAG%20VSW%2021-01_Bewertungsverfahren%20Vogelschlag%20Glas.pdf).
- Lau, in: Frenz/Müggenborg (Hg.), BNatSchG. Bundesnaturschutzgesetz Kommentar, 3. Auflage, Berlin 2020.
- Männel, Grundlagen und Beispiele für die Anwendung der Probabilistik zur Ermittlung und Bewertung des Kollisionsrisikos. Vortrag im Rahmen des Webinars: Anwendung von Probabilistik zur Bewertung des Kollisionsrisikos windenergiesensibler Vogelarten (Fachagentur Windenergie an Land) 2021.

- May, »A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines«, in: Biological Conservation, Jg. 190 (2015), S. 179-187.
- Ministerpräsidentenkonferenz (MPK), Beschluss „Umsetzung der Energiewende“ 2020, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/1761550/f83f0a3b5aba7ecfe3a4b41e06fa5a2c/2020-06-17-energie-wende-data.pdf?download=1>.
- NatureScot, Wind farm impacts on birds - Calculating the probability of collision, in: Scottish Natural Heritage, 05.2021, <https://www.nature.scot/wind-farm-impacts-birds-calculating-probability-collision>.
- Reichenbach/Aussieker, Windenergie und der Erhalt der Vogelbestände. Regelungsvorschläge im Kontext einer gesetzlichen Pauschalausnahme 2021.
- Schaub/Klaassen/Bouten/Schlaich/Koks, »Collision risk of Montagu’s Harriers Circus pygargus with wind turbines derived from high-resolution GPS tracking«, in: Ibis, Jg. 162, H. 2 (2020), S. 520-534.
- Schmidt/Sailer, »Doch keine Erleichterungen im Artenschutzrecht? Anmerkung zu EuGH, Urt. v. 04.03.2021 - C-473/19, C-474/19«, in: ZNER, H. 2 (2021), S. 154-161.
- Scottish Natural Heritage (SNH), Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model 2018.
- Skov/Heinänen/Norman/Ward/Méndez-Roldán/Ellis, ORJIP Bird Collision Avoidance Study, United Kingdom 2018.
- Sprötge/Sellmann/Reichenbach, Windkraft Vögel Artenschutz. Ein Beitrag zu den rechtlichen und fachlichen Anforderungen in der Genehmigungspraxis, Norderstedt 2018.
- Südbeck/Bauer/Boschert/Boye, »Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 4. Fassung, 30.11.2007«. (fehlerkorrigierter Text vom 06.11.2008), in: Berichte zum Vogelschutz, H. 44 (2007), S. 23-81.
- Therkildsen/Balsby/Kjeldsen/Nielsen/Bladt/Fox, »Changes in flight paths of large-bodied birds after construction of large terrestrial wind turbines«, in: Journal of Environmental Management, Jg. 290 (2021), S. 112-647.
- Umweltministerkonferenz (UMK), Standardisierter Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten an Windenergieanlagen (WEA) an Land – Signifikanzrahmen 2020, [https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/vollzugshilfe\\_signifikanzrahmen\\_11-12-2020\\_1608198177.pdf](https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/vollzugshilfe_signifikanzrahmen_11-12-2020_1608198177.pdf).
- Urquhart, Use of Avoidance Rates in the SNH Wind Farm Collision Risk Model. SNH Avoidance Rate Information & Guidance Note 2010.
- Witt/Bauer/Berthold/Boye/Knief, »Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 2. Fassung, 1.6.1996«, in: Berichte zum Vogelschutz, H. 34 (1996), S. 11-35.

## Anlage 1 Berechnung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos

Die Gesamtformel zur Berechnung der Anzahl an Kollisionen pro Jahr lautet (vgl. Kapitel 5.2.1):

$$n_{c,prog} = \frac{t_{ex} * P_{a1} * P_{a2} * P_{a3} * P_{a4}}{t_{DF}} * P_{CR} * k_{Ausw} * k_{WEA\ Betrieb}$$

### Stufe 1 – Durchflüge durch den Risikobereich

Zur Bestimmung der maximalen Anzahl an Kollisionen pro Exemplar und Jahr, wird in Stufe 1 der Berechnung die durchschnittlich zu erwartende Anzahl an Durchflügen pro Jahr ermittelt, die das zu betrachtende Exemplar durch den Risikobereich unternimmt. Dies geschieht über:

$$n_{DF} = \frac{t_{ex} * P_{a1} * P_{a2} * P_{a3} * P_{a4}}{t_{DF}}$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$n_{DF}$	Anzahl Durchflüge durch Risikobereich pro Jahr	Durchflüge
$t_{ex}$	Lebenszeit des Exemplars pro Jahr (entspricht bei Arten mit Lebensdauern über einem Jahr und Berechnung für ein gesamtes Jahr der Anzahl Sekunden in einem Jahr)	s
$P_{a1}$	Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet	Jahre/Jahr
$P_{a2}$	Anteil an Flugzeit	Jahre/Jahr
$P_{a3}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (horizontale Ebene)	Jahre/Jahr
$P_{a4}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene)	Jahre/Jahr
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	s

#### (P<sub>a1</sub>) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet

Die Jahresphänologie der heimischen Zugvögel ist weitestgehend bekannt und gut erforscht. Für P<sub>a1</sub> kann ein Rückgriff auf Literaturangaben erfolgen. Anzugeben ist, wieviel Prozent der Zeit sich das Exemplar im Brutgebiet befindet (bezogen auf das Gemeinjahr). Bei ganzjährig anwesenden Arten wie dem Seeadler ist der prozentuale Anteil der Brutzeit im Jahr anzugeben, da außerhalb der Brutzeit keine spezifische Bindung an den Brutplatz besteht.

#### (P<sub>a2</sub>) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil an Flugzeit

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Exemplar im Flug befindet, hängt von Umweltbedingungen (z. B. Tageslichtverfügbarkeit, Niederschlag, Windgeschwindigkeit) sowie der artspezifischen Lebensweise ab. Detaillierte Untersuchungen zur Flugzeit können Literatur und Telemetriestudien entnommen werden. Während der Brutzeit ist die Flugaktivität in der Regel am höchsten und sollte, einem konservativen Ansatz folgend, als Grundlage für die Bestimmung des Anteils an Flugzeit P<sub>a2</sub> herangezogen werden.

#### (P<sub>a3</sub>) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (horizontale Ebene)

Die Einzelwahrscheinlichkeit P<sub>a3</sub> bildet die Wahrscheinlichkeit ab, mit welcher ein Vogel auf der horizontalen Ebene im Risikobereich der Windenergieanlage angetroffen werden kann.

Erster maßgeblicher Parameter bei der Bestimmung von  $P_{a3}$  ist die Entfernung zwischen Fortpflanzungsstätte und geplanter Windenergieanlage. Der Anteil an der Aufenthaltszeit eines Vogels nimmt während der Brutzeit mit der Entfernung zur Fortpflanzungsstätte ab<sup>63</sup>. Je nach Artzugehörigkeit entfällt ein Großteil an Aufenthaltszeit auf einen mehr oder weniger engen Bereich um den Horst, welcher vereinfacht als Kreisfläche um diesen angenommen werden kann.

Um eine differenzierte Aussage über den Anteil an der Aufenthaltszeit eines Exemplars an einem konkreten Anlagenstandort zu treffen, wird die gesamte Kreisfläche in Kreisringe zerteilt, um so den Anteil in Abhängigkeit von der Distanz zum Horst zu klassifizieren (Distanzklassen). Dabei wird zunächst vereinfachend angenommen, dass der zugeordnete Anteil an der Aufenthaltszeit auf der gesamten Fläche des jeweiligen Kreisrings gleich ist.

Der Anteil des Aufenthalts in einzelnen Distanzklassen ( $P_{\text{Aufenthalt, Kreisring}}$ ) kann durch Herleitung einer entfernungsabhängigen Funktion aus veröffentlichten Telemetriestudien bestimmt werden. Für die Distanzklassen wird dabei eine Schrittweite von 100 m empfohlen. Mittelfristig werden durch steigende Datenverfügbarkeit auch naturraumspezifische Aufenthaltswahrscheinlichkeiten zur Verfügung stehen, die dann vorrangig zu nutzen sind.

Zweiter maßgeblicher Parameter bei der Bestimmung von  $P_{a3}$  ist die räumliche Verortung geeigneter Nahrungshabitate. Gut geeignete Nahrungshabitate werden möglicherweise trotz größerer Entfernung aufgesucht. Eine Nutzung ungeeigneter Flächen wird andererseits trotz guter Erreichbarkeit voraussichtlich ausbleiben. Eine Klassifizierung von Nahrungshabitaten erfolgt mittels Habitatpotenzialerfassung. Zur Analyse von Habitatpotenzialerfassungen kann auf eine Rastereinteilung zurückgegriffen werden. Die Raster sind in Qualitätsstufen unterteilt. Die Schrittweite ist grundsätzlich frei wählbar, muss jedoch unterhalb der zu bewertenden Kreisringbreite liegen. Auch der Bewertungsmaßstab für die Qualitäten einzelner Raster ist in dem hier skizzierten Ansatz frei wählbar und orientiert sich an der Anzahl unterschiedlicher Habitattypen/-qualitäten vor Ort. Den Habitaten wird ein positiver numerischer Wert entsprechend ihrer Qualität zugeordnet. Dem Habitat mit der höchsten Eignung wird dabei der größte numerische Wert zugeordnet.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft, wie Kreisringe und Raster miteinander verschnitten werden, wobei die Fortpflanzungsstätte der zu betrachtenden Exemplare im Mittelpunkt liegt. Eine gutachterliche Bewertung der artspezifischen Habitatpotenziale muss mindestens in dem Kreisring erfolgen, in dem der Anlagenstandort verortet wird. Liegt der Anlagenstandort im Übergangsbereich zweier Kreisringe, müssen beide zusammengeführt werden.

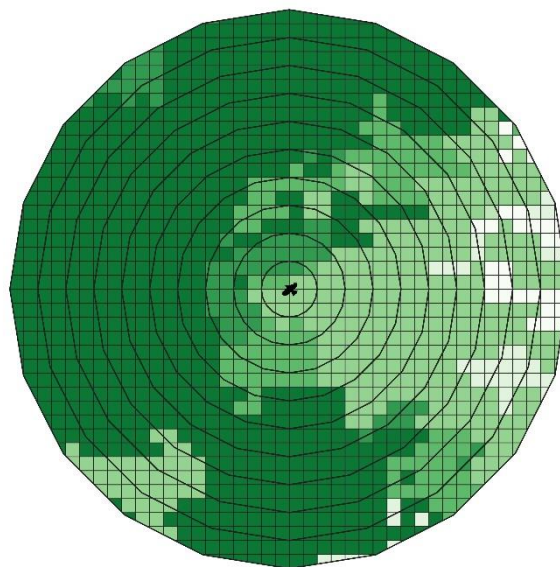


Abbildung 2: Rasterbasierte Habitatpotenzialanalyse mit verschnittenen Kreisringen

<sup>63</sup> Sprötge u.a., Windkraft Vögel Artenschutz, Abb. 6.

Um  $P_{a3}$  zu bestimmen, ist es notwendig, die Anzahl aller Rasterzellen auf dem zu betrachtenden Kreisring zu bestimmen. Es sollten mindestens die zu einem Drittel angeschnittenen Rasterzellen miterfasst werden. Durch Aufsummierung ihrer Habitatpotenzialwerte erhält man den Gesamt-Habitatpotenzialwert des Kreisringes ( $HPW_{Kreisring}$ ). Analog ist mit den Rasterzellen zu verfahren, auf denen die Windkraftanlage verortet ist. Hierbei dient die potenziell vom Rotor überstrichene Kreisfläche als Selektionskriterium und es sollten (abhängig von der gewählten Rasterzellengröße) alle Rasterzellen berücksichtigt werden, die zu mindestens einem Drittel überstrichen werden. Durch Aufsummierung ihrer Habitatpotenzialwerte erhält man den standortbezogenen Habitatpotenzialwert ( $HPW_{Standort}$ ). Das Verhältnis beider Werte zueinander ergibt den Gewichtungsfaktor ( $F_{HP}$ ), mit dem sich der Anteil an standortbezogener Aufenthaltszeit an der Aufenthaltszeit im Kreisring bestimmen lässt:

$$F_{HP} = \frac{HPW_{Standort}}{HPW_{Kreisring}}$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$F_{HP}$	Gewichtungsfaktor für das Habitatpotenzial	-
$HPW_{Kreisring}$	Summe aller Habitatpotenzialwerte im Kreisring	-
$HPW_{Standort}$	Summe aller Habitatpotenzialwerte am Anlagenstandort	-

Neben der artspezifischen Flugaktivität auf der horizontalen Ebene ist das geometrische Verhältnis von Risikofläche zur gesamten, vom Vogel nutzbaren Fläche maßgeblich. Im Folgenden wird der durch *Hötker*<sup>64</sup> entwickelte und durch *Reichenbach*<sup>65</sup> präzierte Ansatz dargestellt und im Weiteren um die Berücksichtigung des Habitatpotenzials erweitert. Der Risikobereich berechnet sich über:

$$A_{RB} = D_{WEA} * BT_{WEA,max} * \sin(\alpha_{Pitch,max})$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$A_{RB}$	Fläche des Risikobereichs (horizontale Ebene)	m <sup>2</sup>
$D_{WEA}$	Rotordurchmesser der WEA	m
$BT_{WEA,max}$	maximale Blatttiefe der WEA	m
$\alpha_{Pitch,max}$	maximaler Pitchwinkel der WEA während Leistungsbetrieb	°

<sup>64</sup> *Hötker u.a.*, Greifvögel und Windkraftanlagen – Anhang, S. 88 ff.

<sup>65</sup> *Reichenbach/Aussieker*, Windenergie und der Erhalt der Vogelbestände, S. 47 ff.

Die dem Vogel zur Verfügung stehende Fläche im Kreisring berechnet sich über:

$$A_{\text{Kreisring}} = (\pi * r_{\text{Kreis,außen}}^2) - (\pi * r_{\text{Kreis,innen}}^2)$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$A_{\text{Kreisring}}$	Fläche des Kreisrings	m <sup>2</sup>
$r_{\text{Kreis,außen}}$	Außenradius des Kreisrings	m
$r_{\text{Kreis,innen}}$	Innenradius des Kreisrings	m

Somit lässt sich die Wahrscheinlichkeit für den Aufenthalt im Risikobereich, bei gleichverteilter Aufenthaltszeit **ohne Berücksichtigung des Habitatpotenzials**, wie folgt berechnen:

$$P_{a3} = \frac{A_{RB}}{A_{\text{Kreisring}}} * P_{\text{Aufenthalt Kreisring}}$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$P_{a3}$	Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im Risikobereich	Jahre/Jahr
$A_{RB}$	Fläche des Risikobereichs (horizontale Ebene)	m <sup>2</sup>
$A_{\text{Kreisring}}$	Fläche des Kreisrings	m <sup>2</sup>
$P_{\text{Aufenthalt Kreisring}}$	Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im Kreisring	Jahre/Jahr

**Bei Berücksichtigung des Habitatpotenzials** muss dieser Ansatz modifiziert werden, da die Bezugsfläche nicht mehr der gesamte Kreisring ist, sondern die Fläche aller Rasterzellen, die für den Standort berücksichtigt wurden. Die Wahrscheinlichkeit für den Aufenthalt im Risikobereich berechnet sich demnach über:

$$P_{a3} = \frac{A_{RB}}{A_{\text{Standort}}} * P_{\text{Aufenthalt Kreisring}} * F_{HP}$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$P_{a3}$	Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im Risikobereich	Jahre/Jahr
$A_{RB}$	Fläche des Risikobereichs (horizontale Ebene)	m <sup>2</sup>
$A_{\text{Standort}}$	Gesamtfläche aller Rasterzellen, die für das standortbezogene Habitatpotenzial berücksichtigt wurden	m <sup>2</sup>
$P_{\text{Aufenthalt Kreisring}}$	Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im Kreisring	Jahre/Jahr
$F_{HP}$	Gewichtungsfaktor für das Habitatpotenzial	-



#### **(P<sub>a4</sub>) Einzelwahrscheinlichkeit: Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene)**

P<sub>a4</sub> beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der Flüge des Exemplars in der Höhe des Rotorbereichs stattfinden. Die bevorzugten Flughöhen ergeben sich aus der artspezifischen Lebensweise bzw. den anatomischen Besonderheiten einer Art. Empirische Erkenntnisse zu den spezifischen Flughöhen sollten aus Literaturangaben oder Telemetriestudien entnommen werden. Um daraus den Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich zu ermitteln, sind die Werte zu entnehmen, die dem gesamten Höhenbereich der Rotorblätter entsprechen (von „Nabenhöhe - Rotorradius“ bis „Nabenhöhe + Rotorradius“).

Eine projektspezifische Bestimmung der Flughöhe ist nur dann erforderlich, wenn für die betrachtete Art keine allgemeingültigen Daten aus der Literatur oder Studien verfügbar sind und kein Analogieschluss gem. Kapitel 5.2.2 infrage kommt.

#### **(t<sub>DF</sub>) Zeit pro Durchflug durch Risikobereich**

Die Zeit pro Durchflug durch den Risikobereich einer Windenergieanlage wird berechnet mit:

$$t_{DF} = \frac{\bar{S}_{\text{Risikobereich}}}{v}$$

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	s
$\bar{S}_{\text{Risikobereich}}$	mittlere Strecke durch den Risikobereich	m
$v$	mittlere Fluggeschwindigkeit des Exemplars	m/s

Unter der Annahme eines horizontalen Durchflugs stellt sich der zu durchfliegende Risikobereich einer Windkraftanlage vereinfacht als eine horizontale Rechteckfläche dar, welche auf Höhe der Rotornabe ihr Maximum hat. Die Länge des Rechtecks entspricht dem Rotordurchmesser und die Breite entspricht der maximalen Rotorblatttiefe, welche um den maximalen Anstellwinkel im Leistungsbetrieb gekippt ist. Damit das Exemplar in der Folge als reiner Punkt mit einer Fluggeschwindigkeit aufgefasst werden darf, muss seine Körpergröße dem Risikobereich aufaddiert werden. Die beiden Seiten des erweiterten Risikobereichs berechnen sich demnach über:

$$l_{\text{Risikobereich}} = D_{\text{WEA}} + \frac{l_{\text{Exemplar}} + \sqrt{l_{\text{Exemplar}}^2 + b_{\text{Exemplar}}^2}}{2}$$

$$b_{\text{Risikobereich}} = BT_{\text{WEA,max}} * \sin(\alpha_{\text{Pitch,max}}) + \frac{l_{\text{Exemplar}} + \sqrt{l_{\text{Exemplar}}^2 + b_{\text{Exemplar}}^2}}{2}$$

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$l_{\text{Risikobereich}}$	Länge des erweiterten Risikobereichs	m
$D_{\text{WEA}}$	Rotordurchmesser der WEA	m
$l_{\text{Exemplar}}$	Körperlänge des Exemplars	m
$b_{\text{Exemplar}}$	Flügelspanweite des Exemplars	m
$BT_{\text{WEA,max}}$	maximale Blatttiefe der WEA	m
$\alpha_{\text{Pitch,max}}$	maximaler Pitchwinkel der WEA während Leistungsbetrieb	°

Die Wahrscheinlichkeit, an welchem Punkt das Exemplar den Durchflug durch den Risikobereich beginnt, sowie die Wahrscheinlichkeit, in welchem Winkel der Risikobereich durchquert wird, wird für jeden Punkt und jeden Winkel gleich angenommen. Um die mittlere Strecke durch den erweiterten Risikobereich zu bestimmen, wird er in einem zweidimensionalen Koordinatensystem beschrieben, wodurch jeder beliebige Punkt für einen Eintritt in den erweiterten Risikobereich und jeder beliebige Punkt für den Austritt aus dem erweiterten Risikobereich, durch seine x- und y-Koordinaten definierbar ist. Dies ermöglicht es über die Gleichung

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

mit

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$d$	Strecke von Eintritt zu Austritt	m
$x_1, y_1$	x- und y-Koordinate des Eintrittspunktes	-
$x_2, y_2$	x- und y-Koordinate des Austrittspunktes	-

alle Strecken  $d_n$  durch den erweiterten Risikobereich zu berechnen. Die mittlere Strecke durch den erweiterten Risikobereich ergibt sich anschließend als:

$$\bar{s}_{\text{Risikobereich}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

Als Schrittweite zwischen den Punkten wird ein Wert von 10 cm empfohlen. Eine geringere Genauigkeit führt zu einer Unterschätzung der mittleren Strecke. Bei der Berechnung ist darauf zu achten, dass alle Strecken mit identischem Eintritts- und Austrittspunkt, sowie alle Strecken, die keinen echten Durchflug darstellen, ignoriert werden. Da für alle Strecken  $d$  mehrere Millionen Varianten berechnet werden müssen, empfiehlt sich hierfür ein automatisiertes Script. Eine beispielhafte Umsetzung eines solchen Scripts befindet sich in Anlage 5.

Exemplarisch sind im Folgenden die Berechnungsergebnisse für fünf große WEA, fünf mittlere WEA und drei kollisionsgefährdete Arten dargestellt:

Tabelle 4 Mittlere Strecke durch den Risikobereich

Hersteller	Typ	Rotordurchmesser	max. Blatttiefe	Mittlere Strecke durch Risikobereich in m		
				Rotmilan	Seeadler	Schreiadler
Enercon	E-160 EP5 E2	160,0	4,13	56,07	56,49	55,96
GE	GE 6.0-164	164,0	4,00	57,33	57,75	57,22
Nordex	N163/5.X	163,0	4,15	57,07	57,49	56,96
Siemens Gamesa	SG 6.0-170	170,0	4,50	59,54	59,90	59,44
Vestas	V162-5.6/6.0	162,0	4,30	56,81	57,16	56,70
Enercon	E-82 E2	82,0	3,58	29,89	30,32	29,78
GE	GE 2.5xl	100,0	3,54	35,88	36,31	35,77
Nordex	N90	90,0	3,17	32,41	32,83	32,30
Siemens	SWT-2.3-82 VS	82,4	3,10	29,88	30,23	29,77
Vestas	V80-2.0	80,0	3,52	29,23	29,65	29,12

Bei einer angenommenen mittleren Fluggeschwindigkeit von 30 km/h<sup>66</sup> für alle drei Arten, ergeben sich folgende mittlere Durchflugzeiten:

Tabelle 5 Mittlere Durchflugzeit durch den Risikobereich

Hersteller	Typ	Rotordurchmesser	max. Blatttiefe	Mittlere Durchflugzeit durch Risikobereich in s		
				Rotmilan	Seeadler	Schreiadler
Enercon	E-160 EP5 E2	160,0	4,13	6,73	6,78	6,72
GE	GE 6.0-164	164,0	4,00	6,88	6,93	6,87
Nordex	N163/5.X	163,0	4,15	6,85	6,90	6,84
Siemens Gamesa	SG 6.0-170	170,0	4,50	7,15	7,19	7,14
Vestas	V162-5.6/6.0	162,0	4,30	6,82	6,86	6,81
Enercon	E-82 E2	82,0	3,58	3,59	3,64	3,58
GE	GE 2.5xl	100,0	3,54	4,31	4,36	4,29
Nordex	N90	90,0	3,17	3,89	3,94	3,88
Siemens	SWT-2.3-82 VS	82,4	3,10	3,59	3,63	3,57
Vestas	V80-2.0	80,0	3,52	3,51	3,56	3,50

## Stufe 2 – Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen

In Stufe 2 wird die Kollisionswahrscheinlichkeit pro Durchflug für das zu betrachtende Exemplar und die Windenergieanlage ermittelt und mit der in Stufe 1 ermittelten Anzahl theoretisch zu erwartender Durchflüge multipliziert:

$$n_{C,theo} = n_{DF} * P_{CR}$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$n_{C,theo}$	Anzahl theoretischer zu erwartender Kollisionen pro Jahr	Kollisionen
$n_{DF}$	Anzahl Durchflüge pro Jahr durch Risikobereich	Durchflüge
$P_{CR}$	Kollisionswahrscheinlichkeit aus Collision-Risk-Model <sup>67</sup>	Kollisionen /Durchflug

## (P<sub>CR</sub>) Kollisionswahrscheinlichkeit

In der Realität führt nicht jeder Durchflug eines Exemplars durch den Risikobereich unweigerlich zu einer Kollision. Um die Eintrittswahrscheinlichkeit der Kollision zu bestimmen, wird auf das Collision-Risk-Model von Christie und Urquhart<sup>68</sup> zurückgegriffen, welches auf Arbeiten der Umweltbehörde NatureScot<sup>69</sup> (ehemals Scottish Natural Heritage) basiert.

<sup>66</sup> Blew, Anforderungen an technische Systeme, Folie 7.

<sup>67</sup> Christie/Urquhart, Band-CRM-Model Update.

<sup>68</sup> Christie/Urquhart, Band-CRM-Model Update.

<sup>69</sup> NatureScot, Calculating the probability of collision. In: nature.scot, 05.2021.

Für die Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit wird das von Christie und Urquhart veröffentlichte Excel-Tool<sup>70</sup> verwendet. Die relevanten Eingangsparameter sind (in Klammern die Bezeichnung im Tool):

- Rotorradius (Radius)
- Anstellwinkel der Rotorblätter (Pitch)
- Rotorblatttiefe der Windenergieanlage (Maximum chord width)
- Rotationsperiode (Period)
- Länge des Vogels (Length)
- Flügelspannweite des Vogels (Wingspan)
- Fluggeschwindigkeit des Vogels (Speed relative to air)
- Flugverhalten des Vogels: Flügel schlagend oder gleitend (Flapping or gliding)
- Windgeschwindigkeit (Wind speed)

Die Rotationsperiode berechnet sich aus  $1/\text{Drehzahl}$  (in Sekunden) und sollte einem konservativen Ansatz folgend auf Basis der anlagenspezifischen Nenn Drehzahl eingestellt werden.

Liegt für den Anlagenstandort eine Verteilung der Windgeschwindigkeit und damit der zu erwartenden mittleren Drehzahl vor, kann auch diese berücksichtigt werden (ein adaptierbares Vorgehen hierzu findet sich in der PROGRESS-Studie<sup>71</sup>). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass vollständige Abschaltungen bei ausbleibendem Windangebot bereits im anlagenspezifischen Korrekturfaktor (siehe im nachfolgenden Kapitel  $k_{WEABetrieb}$ ) enthalten sein können und diese dann hier nicht mehr zur Verringerung des Mittelwerts einfließen dürfen.

Das Excel-Tool ermöglicht die Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit für alle Durchflüge in Abhängigkeit des Durchflugwinkels durch den Risikobereich. Unter der Annahme einer Gleichverteilung hinsichtlich der zu erwartenden Durchflugwinkel muss in dem Excel-Tool in Zelle H2 der Wert 0 und in Zelle H3 entsprechend 360 eingetragen werden. Das Tool berechnet dann für jeden Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $360^\circ$  eine Kollisionswahrscheinlichkeit, deren ausgewiesener Mittelwert hier als  $P_{CR}$  eingestellt wird.

Exemplarisch sind im Folgenden die Berechnungsergebnisse für fünf große WEA, fünf mittlere WEA und drei kollisionsgefährdete Arten dargestellt:

Tabelle 6 Kollisionsrisiko pro Durchflug durch den Risikobereich

Hersteller	Typ	Rotordurchmesser	max. Blatttiefe	Kollisionsrisiko pro Durchflug durch Risikobereich		
				Rotmilan	Seeadler	Schreiadler
Enercon	E-160 EP5 E2	160,0	4,13	0,159	0,178	0,153
GE	GE 6.0-164	164,0	4,00	0,161	0,180	0,155
Nordex	N163/5.X	163,0	4,15	0,179	0,168	0,173
Siemens Gamesa	SG 6.0-170	170,0	4,50	0,156	0,174	0,151
Vestas	V162-5.6/6.0	162,0	4,30	0,204	0,227	0,197
Enercon	E-82 E2	82,0	3,58	0,270	0,302	0,260
GE	GE 2.5xl	100,0	3,54	0,214	0,241	0,206
Nordex	N90	90,0	3,17	0,241	0,272	0,231
Siemens	SWT-2.3-82 VS	82,4	3,10	0,253	0,286	0,243
Vestas	V80-2.0	80,0	3,52	0,252	0,282	0,242

<sup>70</sup> <https://www.natural-research.org/ecological-consultancy-company/ornithology/collision-risk-modelling>.

<sup>71</sup> Grünkorn u.a., PROGRESS Studie, Kapitel 5.4.2.13.

### Stufe 3 – Korrekturfaktoren

In Stufe 3 wird auf Basis empirisch ermittelter artspezifischer Korrekturfaktoren sowie Korrekturen aus dem Betriebsverhalten der Windenergieanlage ein Gesamtkorrekturfaktor ermittelt:

$$k_{gesamt} = k_{Ausw} * k_{WEA\ Betrieb}$$

mit:

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$k_{gesamt}$	Gesamtkorrekturfaktor	-
$k_{Ausw}$	Korrektur durch Ausweichverhalten	-
$k_{WEA\ Betrieb}$	Anlagenbetrieb während Vogelaktivität	-

#### ( $k_{Ausw}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: der Vogel weicht der Windenergieanlage aus

Die in Stufe 1 ermittelte Anzahl an theoretischen Durchflügen gibt die Anzahl an Durchflügen durch den Risikobereich vor Errichtung der Windenergieanlage an. Nach dem Bau der Windenergieanlage ist der Risikobereich durch die Rotoren für den Vogel jedoch wahrnehmbar, sodass nicht jeder theoretische Durchflug erfolgen wird. Vielmehr wird bei einem gewissen Prozentsatz der Anflüge die Windenergieanlage als Gefahr erkannt und ausgewichen (Ausweichrate). Entsprechend sind die theoretisch ermittelten Kollisionen um diesen Wert zu korrigieren.

Das NatureScot veröffentlicht artspezifische Ausweichraten für einige Vogelarten, welche in vergleichbaren Ansätzen<sup>72</sup> Anwendung finden. Bei noch unbekannter Ausweichrate empfehlen sie, einen Wert von 98 % anzunehmen.<sup>73</sup> Der Bestimmung dieses Werts liegt nach Aussage der Autoren das Vorsorgeprinzip zugrunde.<sup>74</sup> Die realen Ausweichraten sind bei einigen Arten also möglicherweise noch höher.

Der Korrekturfaktor  $k_{Ausw}$  wird berechnet mit:

$$k_{Ausw} = 1 - \text{Ausweichrate}$$

wobei die Ausweichrate im Wertebereich zwischen 0 und 1 liegt.

Neben der auf Kollisionsopfersuche basierenden Ableitung<sup>75</sup> der Ausweichrate existieren zahlreiche Untersuchungen zur Ausweichrate basierend auf Radarerfassung<sup>76</sup>, Telemetrie<sup>77</sup> oder Range-Finder<sup>78</sup> Erfassungen.<sup>79</sup> Deren Verwendung, vor allem hinsichtlich etwaiger Analogieschlüsse, setzt voraus, sie im Kontext des Konzepts<sup>80</sup> von Macro-, Meso- und Micro-Avoidance richtig zu interpretieren. Hierbei handelt es sich nicht um ein einheitliches Konzept, in seinen Grundzügen geht es jedoch davon aus, dass Macro-Avoidance in einer Entfernung von 500-3000 m, Meso-Avoidance in einer Entfernung von 10-500 m und Micro-Avoidance in einer Entfernung unterhalb von 10 m stattfinden. Zusammen ergeben sie die Total-Avoidance:

$$\text{Ausweichrate} = \text{Avoidance}_{Total} = 1 - (1 - \text{Avoidance}_{Macro} * 1 - \text{Avoidance}_{Meso} * 1 - \text{Avoidance}_{Micro})$$

<sup>72</sup> Reichenbach/Aussieker, Windenergie und der Erhalt der Vogelbestände, S. 43 ff.; Männel, Anwendung der Probabilistik, Folie 33; Hötker u.a., Greifvögel und Windkraftanlagen.

<sup>73</sup> Scottish Natural Heritage (SNH), Avoidance Rates onshore, S. 2.

<sup>74</sup> Urquhart, Avoidance Rates in the SNH CRM, S. 7.

<sup>75</sup> Urquhart, Avoidance Rates in the SNH CRM; Everaert, Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders.

<sup>76</sup> Skov u.a., Bird Collision Avoidance Study.

<sup>77</sup> Fielding u.a., GPS-tagged golden eagles; Schaub u.a., Collision risk of Montagu's Harriers.

<sup>78</sup> Therkildsen u.a., Changes in flight paths.

<sup>79</sup> Zur Diskussion der Vergleichbarkeit, siehe: Bowgen/Cook, Bird Collision Avoidance: Empirical evidence and impact assessments.

<sup>80</sup> Cook u.a., The Avoidance Rates of Collision Between Birds and Offshore Turbines; May, A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines.

**( $k_{WEABetrieb}$ ) Einzelwahrscheinlichkeit: Anlagenbetrieb während Vogelaktivität**

Artenschutzrechtlich relevante Kollisionen können sich nur während des Betriebs der Anlage und gleichzeitiger Aktivität der betroffenen Exemplare ereignen. Aus einer Vielzahl an Gründen kommt es jedoch zu Betriebsunterbrechungen; etwa bei Wartungen, zu hohen oder zu niedrigen Windgeschwindigkeiten, technischen Ausfällen, Netzüberlastung oder auch aufgrund von Abschaltauflagen bezüglich Schattenemissionen. Angaben zum Anlagenbetrieb können z. B. aus standortbezogenen Ertragsgutachten entnommen werden und sind mit den Aktivitätszeiten der betroffenen Exemplare im Brutgebiet abzugleichen.

Sollte ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko vorliegen, so kann in diesem Korrekturfaktor die Wirkung von Abschaltungen während der Brutzeit als risikomindernde Maßnahme berücksichtigt werden (siehe Kapitel 7).

## Anlage 2 Modifizierung der Berechnung unter Einbeziehung von Raumnutzungserfassungen

Während die brutplatzbezogene Raumnutzungserfassung auf die Erfassung der Flugbewegungen von Exemplaren mit Bezug zu einer bestimmten Fortpflanzungsstätte abzielt, werden bei der standortbezogenen Raumnutzungserfassung die Flugbewegungen sämtlicher gesichteter Exemplare im Vorhabengebiet erfasst. Grundsätzlich muss bei der brutplatzbezogenen Raumnutzungserfassung zum Teil ebenfalls davon ausgegangen werden, dass auch nicht der Fortpflanzungsstätte zuzuordnende Exemplare miterfasst werden, da im Gelände eine sichere optische Unterscheidbarkeit einzelner Exemplare nicht gegeben ist. Die Erfassung erfolgt bei der brutplatzbezogenen Raumnutzungserfassung rund um die Fortpflanzungsstätte, schließt aber auch das Vorhabengebiet mit ein. Die standortbezogene Raumnutzungserfassung erfolgt ausschließlich im Bereich des geplanten Vorhabens und hat durch diese räumliche Fokussierung dort entsprechend regelmäßig eine hohe Erfassungstiefe.

Sowohl brutplatzbezogene als auch standortbezogene Raumnutzungserfassungen, wie sie in den verschiedenen Vorgaben der Bundesländer vorgegeben werden, können fakultativ in die Berechnung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos eingestellt werden, indem Stufe 1 der Berechnung nach untenstehenden Vorgaben modifiziert wird. Hier ist bei der standortbezogenen Raumnutzungserfassung bei Vorliegen mehrerer Fortpflanzungsstätten im Regelbereich zu beachten, dass der im Rahmen der Berechnung ermittelte Wert für die Anzahl der Durchflüge durch den Risikobereich den einzelnen Fortpflanzungsstätten wie am Ende dieser Anlage 2 beschrieben anteilig zugeordnet wird.

Die Erfassungsergebnisse beider Formen der Raumnutzungserfassung beinhalten sowohl die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Vogel im Flug befindet ( $P_{a2}$ ), als auch die Wahrscheinlichkeit seines Aufenthalts im Risikobereich auf der horizontalen Ebene ( $P_{a3}$ ). Eine gesonderte Einstellung des Habitatpotenzials ist ebenfalls nicht erforderlich, da dieses in den Erfassungsergebnissen der Raumnutzung bereits enthalten ist.

Die Ergebnisse einer Raumnutzungserfassung liegen im Regelfall für den gesamten Untersuchungsraum in Form zahlreicher Linien (Flugstrecken) vor. Für die Berechnung der Anzahl der Durchflüge durch den Risikobereich werden zunächst die Flugstrecken im Bereich der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche (Kreisfläche Rotorradius) betrachtet. Die Längen sämtlicher innerhalb dieses Bereichs erfassten Flugstrecken sind zu addieren und anschließend durch die Fluggeschwindigkeit der zu betrachtenden Art zu dividieren (Durchschnittswert; Rückgriff auf Expertenwissen und/oder Literaturangaben).

$$t_{pRF} = \frac{S_{pRF}}{v}$$

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$t_{pRF}$	Aufenthaltsdauer in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche (Kreisfläche)	s
$S_{pRF}$	Flugstrecke in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche	m
$v$	Durchschnittliche Fluggeschwindigkeit	m/s

Anschließend wird die ermittelte Aufenthaltsdauer in der potenziell vom Rotor überstrichenen Kreisfläche auf die Fläche des Risikobereichs umgerechnet.

$$t_{RB,RNA} = \frac{F_{KB} * t_{pRF}}{F_{pRF}}$$



Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$t_{RB,RNA}$	Aufenthaltsdauer im Risikobereich während Raumnutzungsuntersuchung	s
$F_{KB}$	Fläche des Risikobereichs (horizontale Ebene)	m <sup>2</sup>
$t_{pRF}$	Aufenthaltsdauer in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche (Kreisfläche)	s
$F_{pRF}$	Fläche des potenziell vom Rotor überstrichenen Bereichs (Kreisfläche)	m <sup>2</sup>

Im letzten Schritt wird zunächst die während der Erfassung ermittelte Flugzeit der Exemplare im horizontalen Risikobereich auf das Gemeinjahr hochgerechnet. Die somit bestimmte theoretische Flugzeit im horizontalen Risikobereich pro Gemeinjahr wird anschließend mit dem Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet ( $P_{a1}$ ) und dem Anteil an der Aufenthaltszeit im Risikobereich auf der vertikalen Ebene ( $P_{a4}$ ) multipliziert und ergibt die Gesamtaufenthaltszeit im Risikobereich. Durch Division mit der Durchflugszeit ( $t_{DF}$ ) wird schließlich die Anzahl der Durchflüge durch den Risikobereich pro Jahr ermittelt.

$$n_{DF} = \frac{t_{ex} * P_{a1} * t_{RB,RNA} * P_{a4}}{t_{RNA} * t_{DF}}$$

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$n_{DF}$	Anzahl Durchflüge durch Risikobereich pro Jahr	Durchflüge
$t_{ex}$	Lebenszeit des Exemplars pro Jahr (entspricht bei Arten mit Lebensdauern über einem Jahr und Berechnung für ein gesamtes Jahr der Anzahl Sekunden in einem Jahr)	s
$P_{a1}$	Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet	Jahre/Jahr
$t_{RB,RNA}$	Aufenthaltsdauer im Risikobereich während Raumnutzungsuntersuchung	s
$P_{a4}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene)	Jahre/Jahr
$t_{RNA}$	Gesamtbeobachtungszeit der Raumnutzungsuntersuchung	s
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	s

Bei der brutplatzbezogenen Raumnutzungserfassung sind die erfassten Flugbewegungen und damit auch die errechnete Anzahl von Durchflügen durch den Risikobereich von vornherein bestimmten Fortpflanzungsstätten zugeordnet. Die Berechnung der Stufe 1 ist bei Nutzung von Ergebnissen aus einer brutplatzbezogenen Raumnutzungserfassung abgeschlossen.

Bei Einbeziehung von Erfassungsergebnissen aus der standortbezogenen Raumnutzungserfassung liegt dagegen zunächst eine Anzahl von Flugbewegungen für den Risikobereich vor, die noch keinen Bezug zu den Fortpflanzungsstätten der relevanten Exemplare im Regelbereich haben. Existiert lediglich eine Fortpflanzungsstätte im

Regelbereich, lässt sich der errechnete Wert für den Risikobereich den Exemplaren dieser Fortpflanzungsstätte zuordnen; die Berechnung der Stufe 1 ist dann ebenfalls abgeschlossen. Existieren jedoch mehrere Fortpflanzungsstätten im Regelbereich, ist der errechnete Wert für den Risikobereich den Exemplaren dieser Fortpflanzungsstätten anteilig zuzuordnen. Dies geschieht mittels Berechnung von  $P_{a3}$  gemäß Anlage 1 für jede Fortpflanzungsstätte der betreffenden Art im Regelbereich.  $P_{a3}$  ermittelt in Abhängigkeit von der Entfernung der Fortpflanzungsstätte den Anteil an der Aufenthaltszeit im Risikobereich auf der horizontalen Ebene unter Zuhilfenahme von artspezifischen entfernungsabhängigen Aufenthaltsfunktionen, die aus Telemetriestudien abgeleitet werden. Grundsätzlich kann in  $P_{a3}$  auch das Habitatpotenzial berücksichtigt werden; da dieses intraspezifisch jedoch nicht als Distinktionskriterium nutzbar ist, ist es für diesen Zweck nicht mit in die Berechnung einzustellen ( $F_{HP} = 1$ ).

Für die Berechnung von  $P_{a3}$  wird auf Anlage 1 verwiesen. Die Berechnung des Anteils der Durchflüge durch den Risikobereich ist für die einzelnen Fortpflanzungsstätten anschließend wie folgt zu berechnen:

$$A_{Fx} = \frac{P_{a3,Fx}}{P_{a3,F1} + P_{a3,F2} + \dots + P_{a3,Fn}}$$

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$A_{Fx}$	Anteil der Durchflüge durch Risikobereich pro Jahr für eine (x) von mehreren (n) im Regelbereich vorhandenen Fortpflanzungsstätten (F) einer Art	-
$P_{a3,Fx}$	Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im Risikobereich für eine (x) von mehreren (n) im Regelbereich vorhandenen Fortpflanzungsstätten (F) einer Art	Jahre/Jahr

Der jeweils für die einzelnen Fortpflanzungsstätten errechnete Anteil der Durchflüge durch den Risikobereich ist anschließend mit der Gesamtzahl der Durchflüge zu verrechnen:

$$n_{DF,Fx} = n_{DF} * A_{Fx}$$

Formelzeichen	Kriterium	Einheit
$n_{DF,Fx}$	Anzahl Durchflüge durch Risikobereich pro Jahr für eine von mehreren im Regelbereich vorhandenen Fortpflanzungsstätten einer Art	Durchflüge
$n_{DF}$	Anzahl Durchflüge durch Risikobereich pro Jahr	Durchflüge
$A_{Fx}$	Anteil der Durchflüge durch Risikobereich pro Jahr für eine von mehreren im Regelbereich vorhandenen Fortpflanzungsstätten einer Art	-

Bei Einbeziehung von Ergebnissen aus der standortbezogenen Raumnutzungserfassung ist nach anteiliger Zuordnung der Flüge im Risikobereich zu den einzelnen Fortpflanzungsstätten im Regelbereich die Stufe 1 der Berechnung abgeschlossen.

### Anlage 3 Übersicht Eingangsdaten

Formelzeichen	Kriterium	Art der Eingangsdaten	Datenquelle
$t_{ex}$	Lebenszeit des Exemplars pro Jahr	- Konstante	- entspricht bei Arten mit Lebensdauer über einem Jahr und Berechnung für ein gesamtes Jahr der Dauer eines (Gemein-)Jahres
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	- Artsspezifische Kenntnisse zur Fluggeschwindigkeit - Länge und Flügelspannweite des Vogels - Anlagenspezifikation	- Literaturangaben - Technische Unterlagen zum Anlagentyp
$P_{a1}$	Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet	- Artsspezifische Kenntnisse zur Jahresphänologie	- Literaturangaben
$P_{a2}$	Anteil an Flugzeit	- Artsspezifische Kenntnisse zur Flugaktivität	- Literaturangaben
$P_{a3}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (horizontale Ebene)	- Artsspezifische Kenntnisse zum Flugverhalten	- Literaturangaben (insbes. Telemetriestudien)
$P_{a4}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene)	- Artsspezifische Kenntnisse zum Flugverhalten - Anlagenspezifikationen (Nabenhöhe, Rotordurchmesser)	- Literaturangaben - Technische Unterlagen zum Anlagentyp
$P_{CR}$	Kollisionswahrscheinlichkeit im Risikobereich (CRM)	- Anlagenspezifikationen (Rotordurchmesser, Anzahl Rotorblätter) - Länge und Flügelspannweite des Vogels - Mittlere Windgeschwindigkeit - Artsspezifische Kenntnisse zur Fluggeschwindigkeit	- Technische Unterlagen zum Anlagentyp - Literaturangaben - Windverteilung
$k_{Ausw}$	Korrektur durch Ausweichverhalten	- Artsspezifische Kenntnisse zum Verhalten	- Literaturangaben
$k_{WEA\text{ Betrieb}}$	Anlagenbetrieb während Vogelaktivität	- Betriebsspezifikationen	- Technische Unterlagen zum Anlagentyp
$D_{WEA}$	Rotordurchmesser der WEA	- Anlagenspezifikationen	- Technische Unterlagen zum Anlagentyp
$BT_{WEA,max}$	maximale Blatttiefe der WEA	- Anlagenspezifikationen	- Technische Unterlagen zum Anlagentyp
$\alpha_{Pitch,max}$	maximaler Pitchwinkel	- Anlagenspezifikationen	- Technische Unterlagen zum Anlagentyp

Hinweis: Eine Herleitung einzelner Eingangsparameter ist ebenfalls möglich (bspw. die Herleitung des Anteils an Flugzeit aus der Tageslichtverfügbarkeit sowie dem Flugverhalten bei Niederschlag und Windgeschwindigkeit).

## Anlage 4 Berechnungsbeispiele

Nachstehend erfolgen beispielhafte Ermittlungen und Bewertungen des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos für Exemplare einer kollisionsgefährdeten Art bei Vorhandensein einer einzigen Fortpflanzungsstätte dieser Art im Regelbereich (basierend auf einem Anlagentyp mit einem Rotordurchmesser von 158 m und einer Nabenhöhe von 161 m). Dabei werden drei Fälle unterschieden:

- Fall A – Berechnung unter Verwendung von Telemetriedaten und einer Habitatpotenzialerfassung
- Fall B – Berechnung unter Verwendung einer standortbezogenen Raumnutzungserfassung
- Fall C – Berechnung unter Verwendung einer brutplatzbezogenen Raumnutzungserfassung

### Fall A – Verwendung von Telemetriedaten und einer Habitatpotenzialerfassung

Die Berechnung zu Fall A ist nach nachstehendem Ablauf gegliedert.

#### Eingangsdaten

Eingangsdaten zur Ermittlung von  $P_{a3}$   
 Beispielhafte Eingangsdaten einer Telemetrie  
 Beispielhafte Eingangsdaten einer Habitatpotenzialerfassung  
**Ermittlung von  $P_{a3}$**

#### Abschließende Ermittlung und Bewertung

Stufe 1 - Durchflüge durch den Risikobereich  
 Stufe 2 - Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen  
 Stufe 3 - Korrekturfaktoren  
 Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos  
**Bewertung**

#### Eingangsdaten

Formelzeichen	Kriterium	Wert	Einheit	Datenquelle
$t_{ex}$	Lebenszeit des Exemplars pro Jahr	31.536.000	s	Konstante (entspricht bei Arten mit Lebensdauer über einem Jahr und Berechnung für ein gesamtes Jahr der Dauer eines (Gemein-) Jahres)
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	6,64	s	Berechnung (s. $t_{DF}$ in Anlage 1)
$P_{a1}$	Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet	0,58	Jahre/Jahr	Literatur
$P_{a2}$	Anteil an Flugzeit	0,24	Jahre/Jahr	Literatur
$P_{a3}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (horizontale Ebene)	7,16E-06	Jahre/Jahr	s. unten
$P_{a4}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene)	0,2192	Jahre/Jahr	Literatur

Formelzeichen	Kriterium	Wert	Einheit	Datenquelle
$P_{CR}$	Kollisionswahrscheinlichkeit im Risikobereich (CRM)	0,161	Kollisionen/ Durchflug	Bestimmung mittels CRM
$k_{Ausw}$	Korrektur durch Ausweichverhalten	0,01	-	Literatur
$k_{WEA\ Betrieb}$	Anlagenbetrieb während Vogelaktivität	1	-	technische Unterlagen zum Anlagentyp, ggf. risikomindernde Maßnahmen
$VG$	vorhabenunabhängiges Grundrisiko	0,39	Anzahl tödlicher Ereignisse/ Exemplar und Jahr	Literatur

Eingangsdaten zur Ermittlung von  $P_{a3}$ 

Formelzeichen	Kriterium	Wert	Einheit	Datenquelle
$P_{Aufenthalt, Kreisring}$	Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im Kreisring (hier 900 bis 1.000m)	0,0242	Jahre/Jahr	s. unten
$F_{HP}$	Gewichtungsfaktor für das Habitatpotenzial (HP) am Anlagenstandort	0,02108	-	s. unten
$D_{WEA}$	Rotordurchmesser der WEA	158	m	Anlagenspezifikationen
$BT_{WEA, max}$	maximale Blatttiefe der WEA	4,0	Meter	Anlagenspezifikationen
$\alpha_{Pitch, max}$	maximaler Pitchwinkel	30	°	Anlagenspezifikationen
$r_{Kreis, außen}$	Außenradius des Kreisrings	1.000	m	-
$r_{Kreis, innen}$	Innenradius des Kreisrings	900	m	-

Beispielhafte Eingangsdaten einer Telemetrie für die Ermittlung von  $P_{Aufenthalt, Kreisring}$  (Vorhabenstandort liegt im Kreisring 900-1.000 m)

Durchmesser Kreisring Innen – Außen (m)	%-Anteil an Ortungen
0-100	24,24
100-200	15,96
200-300	9,33
300-400	6,62
400-500	5,13
500-600	4,19
600-700	3,55
700-800	3,07
800-900	2,71
<b>900-1.000</b>	<b>2,42</b>
1.000-1.100	2,19
1.100-1.200	2,00

1.200-1.300	1,84
1.300-1.400	1,70
1.400-1.500	1,57
Summe	86,59

**Beispielhafte Eingangsdaten einer Habitatpotenzialerfassung zur Ermittlung von  $F_{HP}$**

Summe aller Habitatpotenzialwerte im Kreisring (HPW <sub>Kreisring</sub> )	2.989
Summe aller Habitatpotenzialwerte am Anlagenstandort (HPW <sub>Standort</sub> )	63
Gewichtungsfaktor ( $F_{HP}$ )	0,02108
Habitatpotenziale: 1 = sehr ungünstig, 2 = ungünstig, 3 = eher ungünstig, 4 = durchschnittlich, 5 = eher günstig, 6 = günstig, 7 = sehr günstig <sup>81</sup> , Rasterzellengröße 50 x 50 m	

**Ermittlung von  $P_{a3}$**

<b>Fläche des Risikobereichs einer WEA</b>
$A_{RB} = D_{WEA} * BT_{WEA,max} * \sin(\alpha_{Pitch,max}) = 158 \text{ m} * 4,0 \text{ m} * \sin(30^\circ) = 316 \text{ m}^2$
<b>Fläche der berücksichtigten Rasterzellen am Standort</b>
$A_{Standort} = n_{RZ} * F_{RZ} = 9 * 2500 \text{ m}^2 = 22.500 \text{ m}^2$
<b><math>P_{a3}</math> Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (horizontale Achse)</b>
$P_{a3} = \frac{A_{RB}}{A_{Standort}} * P_{Aufenthalt \text{ Kreisring}} * F_{HP} = \frac{316 \text{ m}^2}{22.500 \text{ m}^2} * 0,0242 \frac{\text{Jahre}}{\text{Jahr}} * 0,02108 = 7,16 * 10^{-6}$

<sup>81</sup> Farbliche Abstufung in der Abbildung erfolgt von weiß (sehr ungünstig) bis dunkelgrün (sehr günstig).

**Abschließende Ermittlung und Bewertung**

<b>Stufe 1 - Durchflüge durch den Risikobereich pro Exemplar und Jahr</b>
$n_{DF} = \frac{t_{ex} * P_{a1} * P_{a2} * P_{a3} * P_{a4}}{t_{DF}} = \frac{31.536.000 \text{ s} * 0,58 * 0,24 * 7,16 * 10^{-6} * 0,2192}{6,64 \text{ s}} = 1,04 \frac{1}{a}$
<b>Stufe 2 - Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen pro Exemplar und Jahr</b>
$n_{C,theo} = n_{DF} * P_{CR} = 1,04 \frac{1}{a} * 0,161 = 0,17 \frac{1}{a}$
<b>Stufe 3 - Korrekturfaktoren</b>
$k_{gesamt} = k_{Ausw} * k_{WEA \text{ Betrieb}} = 0,01 * 1 = 0,01$
<b>Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos (prognostizierte Kollisionen pro Exemplar und Jahr)</b>
$n_{C,prog} = n_{C,theo} * k_{gesamt} = 0,17 \frac{1}{a} * 0,01 = 0,0017 \frac{1}{a}$
<b>Bewertung</b>
$n_{C,prog} < VG * 0,1$

## Fall B – Verwendung einer standortbezogenen Raumnutzungserfassung

Die Berechnung zu Fall B ist nach nachstehendem Ablauf gegliedert.

### Eingangsdaten

Eingangsdaten zur Ermittlung von  $t_{RB}$   
 Beispielhafte Eingangsdaten einer standortbezogenen Raumnutzungsuntersuchung  
**Ermittlung von  $t_{RB}$**

### Abschließende Ermittlung und Bewertung

Stufe 1 - Durchflüge durch den Risikobereich  
 Stufe 2 - Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen  
 Stufe 3 - Korrekturfaktoren  
 Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos  
**Bewertung**

### Eingangsdaten

Formelzeichen	Kriterium	Wert	Einheit	Datenquelle
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	6,64	s	Berechnung (s. $t_{DF}$ in Anlage 1)
$t_{RB}$	Zeit im Risikobereich pro Gemeinjahr	167,73	s	s. unten
$P_{a1}$	Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet	0,58	Jahre/Jahr	Literatur
$P_{a4}$	Anteil an Aufenthaltszeit im Risikobereich (vertikale Ebene)	0,2192	Jahre/Jahr	Literatur
$P_{CR}$	Kollisionswahrscheinlichkeit im Risikobereich (CRM)	0,161	Kollisionen/Durchflug	Bestimmung mittels CRM
$k_{Ausw}$	Korrektur durch Ausweichverhalten	0,01	-	Literatur
$k_{WEA\ Betrieb}$	Anlagenbetrieb während Vogelaktivität	1	-	technische Unterlagen zum Anlagentyp, ggf. risikomindernde Maßnahmen
$VG$	vorhabenunabhängiges Grundrisiko	0,39	Anzahl tödlicher Ereignisse/Exemplar und Jahr	Literatur



**Eingangsdaten zur Ermittlung von  $t_{RB}$** 

Formelzeichen	Kriterium	Wert	Einheit	Datenquelle
$R_{WEA}$	Rotorradius der WEA	79	m	Anlagenspezifikationen
$BT_{WEA,max}$	maximale Blatttiefe der WEA	4,0	m	Anlagenspezifikationen
$\alpha_{pitch,max}$	maximaler Pitchwinkel	30	°	Anlagenspezifikationen
$v$	mittlere Fluggeschwindigkeit des Exemplars	8,4	m/s	Literatur
$t_{RNA}$	Gesamtbeobachtungszeit der Raumnutzungserfassung	907.200	s	Avifaunistische Gutachten
$t_{Jahr}$	Zeit Gemeinjahr	31.536.000	s	Konstante
$S_{pRF}$	Flugstrecke in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche	2.395	m	s. unten

**Beispielhafte Eingangsdaten einer standortbezogenen Raumnutzungserfassung zur Ermittlung von  $S_{pRF}$** 

Flug ID (Flüge in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche)	Länge in Meter
1	177
2	217
3	145
4	319
5	356
6	353
7	170
8	658
<b>Summe</b>	<b>2.395</b>

**Ermittlung von  $t_{RB}$** 

<b>Fläche des Risikobereichs einer WEA</b>
$A_{RB} = D_{WEA} * BT_{WEA,max} * \sin(\alpha_{Pitch,max}) = 158 \text{ m} * 4,0 \text{ m} * \sin(30^\circ) = 316 \text{ m}^2$
<b>Fläche des potenziell vom Rotor überstrichenen Bereichs (Kreisfläche)</b>
$A_{pRF} = \pi * R_{WEA}^2 = \pi * (79 \text{ m})^2 = 19.606,67 \text{ m}^2$
<b>Aufenthaltsdauer in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche (Kreisfläche)</b>
$t_{pRF} = \frac{s_{pRF}}{v} = \frac{2.395 \text{ m}}{8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 285,11 \text{ s}$
<b>Aufenthaltsdauer im Risikobereich (während Raumnutzung)</b>
$t_{RB,RNA} = \frac{A_{RB}}{A_{pRF}} * t_{pRF} = \frac{316 \text{ m}^2}{19.606,67 \text{ m}^2} * 285,11 \text{ s} = 4,60 \text{ s}$
<b>Aufenthalt im Risikobereich (während Gemeinjahr)</b>
$t_{RB} = \frac{t_{Jahr}}{t_{RNA}} * t_{RB,RNA} = \frac{3.153.6000 \text{ s}}{90.7200 \text{ s}} * 4,82 \text{ s} = 159,74 \text{ s}$

**Abschließende Ermittlung und Bewertung**

<b>Stufe 1 - Durchflüge durch den Risikobereich pro Exemplar und Jahr</b>
$n_{DF} = \frac{t_{RB} * P_{a1} * P_{a4}}{t_{DF}} = \frac{159,74 \text{ s} * 0,58 * 0,2192}{6,64 \text{ s}} = 3,08 \frac{1}{a}$
<b>Stufe 2 - Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen pro Exemplar und Jahr</b>
$n_{C,theo} = n_{DF} * P_{CR} = 3,08 \frac{1}{a} * 0,161 = 0,49529 \frac{1}{a}$
<b>Stufe 3 . Korrekturfaktoren</b>
$k_{gesamt} = k_{Ausw} * k_{WEA \text{ Betrieb}} = 0,01 * 1 = 0,01$
<b>Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos (prognostizierte Kollisionen pro Exemplar und Jahr)</b>
$n_{C,prog} = n_{C,theo} * k_{gesamt} = 0,49529 \frac{1}{a} * 0,01 = 0,00495 \frac{1}{a}$
<b>Bewertung</b>
$n_{C,prog} < VG * 0,1$

## Fall C - Verwendung einer brutplatzbezogenen Raumnutzungserfassung

Die Berechnung zu Fall C ist nach nachstehendem Ablauf gegliedert.

### Eingangsdaten

Eingangsdaten zur Ermittlung von  $t_{RB}$   
 Beispielhafte Eingangsdaten einer brutplatzbezogenen Raumnutzungsuntersuchung  
**Ermittlung von  $t_{RB}$**

### Abschließende Ermittlung und Bewertung

Stufe 1 - Durchflüge durch den Risikobereich  
 Stufe 2 - Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen  
 Stufe 3 - Korrekturfaktoren  
 Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos  
**Bewertung**

### Eingangsdaten

Formelzeichen	Kriterium	Wert	Einheit	Datenquelle
$t_{DF}$	Zeit pro Durchflug durch Risikobereich	6,64	s	Berechnung (s. $t_{DF}$ in Anlage 1)
$t_{RB}$	Zeit im Risikobereich pro Gemeinjahr	22,62	s	s. unten
$P_{a1}$	Anteil der saisonalen Anwesenheit im Brutgebiet	0,58	Jahre/Jahr-	Literatur
$P_{a4}$	Aufenthalt im Risikobereich (vertikale Ebene)	0,2192	Jahre/Jahr-	Literatur
$P_{CR}$	Kollisionswahrscheinlichkeit im Risikobereich (CRM)	0,161	-	Bestimmung mittels CRM
$k_{Ausw}$	Korrektur durch Ausweichverhalten	0,01	-	Literatur
$k_{WEA\ Betrieb}$	Anlagenbetrieb während Vogelaktivität	1	-	technische Unterlagen zum Anlagentyp, ggf. risikomindernde Maßnahmen
$VG$	vorhabenunabhängiges Grundrisiko	0,39	Anzahl tödlicher Ereignisse/Exemplar und Jahr	Literatur

**Eingangsdaten zur Ermittlung von  $t_{RB}$** 

Formelzeichen	Parameter	Wert	Einheit	Anmerkung
$R_{WEA}$	Rotorradius der WEA	79	m	Anlagenspezifikationen
$BT_{WEA,max}$	maximale Blatttiefe der WEA	4,0	m	Anlagenspezifikationen
$\alpha_{Pitch,max}$	maximaler Pitchwinkel	30	°	Anlagenspezifikationen
$v$	mittlere Fluggeschwindigkeit des Exemplars	8,4	m/s	Literatur
$t_{RNA}$	Gesamtbeobachtungszeit der Raumnutzungserfassung	907.200	s	Avifaunistische Gutachten
$t_{Jahr}$	Zeit Gemeinjahr	31.536.000	s	Konstante
$S_{pRF}$	Flugstrecke in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche	323	m	s. unten

**Beispielhafte Eingangsdaten einer standortbezogenen Raumnutzungserfassung zur Ermittlung von  $S_{pRF}$** 

Flug ID (Flüge in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche)	Länge in Meter
1	282
2	41
<b>Summe</b>	<b>323</b>

**Ermittlung von  $t_{RB}$** 

<b>Fläche des Risikobereichs einer WEA</b>
$A_{RB} = D_{WEA} * BT_{WEA,max} * \sin(\alpha_{Pitch,max}) = 158 \text{ m} * 4,0 \text{ m} * \sin(30^\circ) = 316 \text{ m}^2$
<b>Fläche des potenziell vom Rotor überstrichenen Bereichs (Kreisfläche)</b>
$A_{pRF} = \pi * R_{WEA}^2 = \pi * (79 \text{ m})^2 = 19.606,67 \text{ m}^2$
<b>Aufenthaltsdauer in der potenziell vom Rotor überstrichenen Fläche (Kreisfläche)</b>
$t_{pRF} = \frac{S_{pRF}}{v} = \frac{323 \text{ m}}{8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 38,45 \text{ s}$
<b>Aufenthaltsdauer im Risikobereich (während der Raumnutzungserfassung)</b>
$t_{RB,RNA} = \frac{A_{RB}}{A_{pRF}} * t_{pRF} = \frac{316 \text{ m}^2}{19.606,67 \text{ m}^2} * 38,45 \text{ s} = 0,62 \text{ s}$
<b>Aufenthalt im Risikobereich (während Gemeinjahr)</b>
$t_{RB} = \frac{t_{Jahr}}{t_{RNA}} * t_{RB,RNA} = \frac{31.536.000 \text{ s}}{90.7200 \text{ s}} * 0,62 \text{ s} = 21,54 \text{ s}$

**Abschließende Ermittlung und Bewertung**

<b>Stufe 1 - Durchflüge durch den Risikobereich pro Exemplar und Jahr</b>
$n_{DF} = \frac{t_{RB} * P_{a1} * P_{a4}}{t_{DF}} = \frac{21,54 \text{ s} * 0,58 * 0,2192}{6,64 \text{ s}} = 0,41 \frac{1}{a}$
<b>Stufe 2 - Anzahl theoretisch zu erwartender Kollisionen pro Exemplar und Jahr</b>
$n_{C,theo} = n_{DF} * P_{CR} = 0,41 \frac{1}{a} * 0,161 = 0,0668 \frac{1}{a}$
<b>Stufe 3 – Korrekturfaktoren</b>
$k_{gesamt} = k_{Ausw} * k_{WEA \text{ Betrieb}} = 0,01 * 1 = 0,01$
<b>Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos (prognostizierte Kollisionen pro Exemplar und Jahr)</b>
$n_{C,prog} = n_{C,theo} * k_{gesamt} = 0,0668 \frac{1}{a} * 0,01 = 0,00067 \frac{1}{a}$
<b>Bewertung</b>
$n_{C,prog} < VG * 0,1$

## Anlage 5 Python Script für die Berechnung von $t_{DF}$

Die folgende Abbildung zeigt das Script zur Berechnung der Durchflugzeit und wird anschließend in Fließtext zur praktischen Verwendung nochmals dargestellt.

```

This Python 3.8.6 script calculates the mean distance through a rectangle risk area

Version 1: Hardcoded Inputs, Risk area only on hub high

Autor: Johannes Gal (Johannes.Gal@enertrag.com)

Date: 15.09.2021

Info: This script ist part of BDEW Anwendungshilfe "Signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos von Brutvögeln an Windenergieanlagen"

In [1]: import math as m
import statistics

In [2]: # Inputs
# WKA
dWKA = 160
tWKA = 4.13
alphaWKA = 30

# Bird
lBird = 0.67
bBird = 1.7

In [3]: # Settings
step = 0.1

In [4]: # Define Risk Area
# please check if value for step above and rounding now will contain all cases (maybe there is a rest)
meanlBird = statistics.mean([m.sqrt(lBird**2+bBird**2),lBird])

lRisk = round(dWKA + meanlBird, 1)
bRisk = round(m.sin(m.radians(alphaWKA))*tWKA+meanlBird,1)

In [5]: # Generate point list (go around rectangle)
points = []

i=0
while i <= lRisk:
    points.append([0,round(i,1)])
    i += step

i=step
while i <= bRisk:
    points.append([round(i,1),lRisk])
    i += step

i=lRisk
while i >= 0:
    points.append([bRisk,round(i,1)])
    i -= step

i=bRisk-step
while i >= 0:
    points.append([round(i,1),0])
    i -= step

In [6]: # Test
len(points) == round((2*lRisk+2*bRisk)/step, 0)

Out[6]: True

In [7]: # Generate corner list
corners = [[0,0],[0,lRisk],[bRisk,lRisk],[bRisk,0]]

In [8]: # Calculate Distances
distances = []

for p1 in points:
    for p2 in points:
        # except if p2 is ending on same axis like p1 without corner to corner
        if (p2[0] == p1[0] or p2[1] == p1[1]) and (p2 not in corners or p1 not in corners):
            continue
        else:
            d = m.dist(p1,p2)
            if d == 0:
                continue
            else:
                distances.append(round(d,6))

In [9]: # Mean Distance through Risk Area
round(statistics.mean(distances),2)

Out[9]: 56.07

```

Abbildung 3: Python Script für die Berechnung von  $t_{DF}$

```
# This Python 3.8.6 script calculates the mean distance through a rectangle risk area
# Version 1: Hardcoded Inputs, Risk area only on hub high
# Autor: Johannes Gal (Johannes.Gal@enertrag.com)
# Date: 15.09.2021
# Info: This script ist part of BDEW Anwendungshilfe "Signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos von Brutvögeln an Windenergieanlagen"
```

```
import math as m
import statistics

# Inputs - WKA
dWKA = 160
tWKA = 4.13
alphaWKA = 30

# Inputs - Bird
lBird = 0.67
bBird = 1.7

# Settings
step = 0.1

# Define Risk Area
meanlBird = statistics.mean([m.sqrt(lBird**2+bBird**2),lBird])

lRisk = round(dWKA + meanlBird, 1)
bRisk = round(m.sin(m.radians(alphaWKA))*tWKA+meanlBird,1)

# Generate point list (go around rectangle)
points = []

i=0

while i <= lRisk:
    points.append([0,round(i,1)])
    i += step
i=step

while i <= bRisk:
    points.append([round(i,1),lRisk])
    i += step
i=lRisk

while i >= 0:
    points.append([bRisk,round(i,1)])
    i -= step
i=bRisk-step

while i >= 0:
    points.append([round(i,1),0])
    i -= step

# Generate corner list
corners = [[0,0],[0,lRisk],[bRisk,lRisk],[bRisk,0]]

# Calculate Distances
distances = []
for p1 in points:
    for p2 in points:
        # except if p2 is ending on same axis like p1 without corner to corner
        if (p2[0] == p1[0] or p2[1] == p1[1]) and (p2 not in corners or p1 not in corners):
            continue
        else:
            d = m.dist(p1,p2)
            if d == 0:
                continue
            else:
                distances.append(round(d,6))

# Mean Distance through Risk Area
round(statistics.mean(distances),2)
```

**Ansprechpartnerin:**

Katharina Graf

Abteilung Recht

Telefon: 030 300 199 1525

[katharina.graf@bdew.de](mailto:katharina.graf@bdew.de)