

# Informationsveranstaltung

Grundlagen und Beispiele für die Anwendung der Probabilistik zur Ermittlung und Bewertung des Kollisionsrisikos

B.Eng. Tobias Männel

Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH

12.02.2020

# Gliederung

- Vorstellung
- Grundsätzliches und Begriffserklärungen
- Beispiele von Risikobetrachtungen
- Vorstellung der Methode
- Mögliche Bewertung des Tötungsrisikos
- Beispielrechnung
- Zusammenfassung

# Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH



## **Engineering, Bewertung, Beratung**

Hochdruckleitungen, Stromtrassen,  
Querungen, Windenergieanlagen

- gegründet 1981
- Standorte Hannover und Leipzig
- SCC\* zertifiziert
- Referenzen namhafter Betreiber

# Team



- Mehr als 20 Spezialisten
- Fachingenieure für Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Geologie und Bohrtechnik
- Konstrukteure, Vermessungstechniker und Schweißtechniker
- öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige

# Begriffe

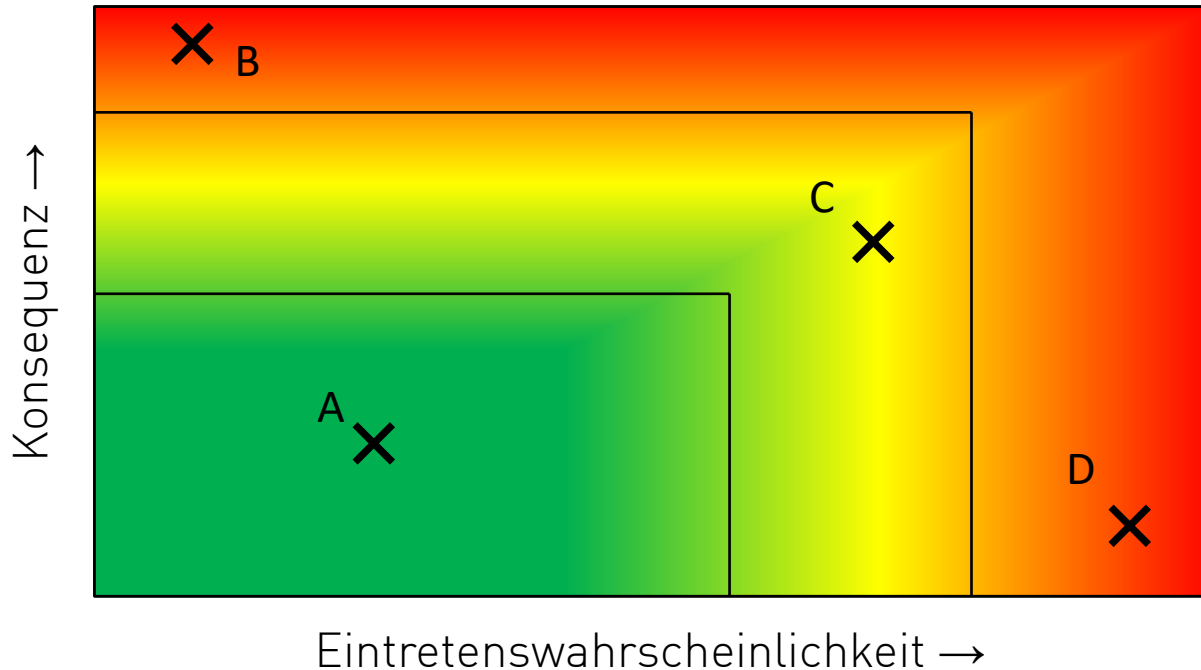
- Gefahr:
  - Eine Gefahr besteht, wenn eine Sachlage eine schädliche Wirkung haben kann
  - Ohne Bezug und Konkretisierung
  - Beispielsweise eine Unebenheit in der Straße, eine unbeaufsichtigte Maschine, ein Feuer
- Gefährdung:
  - Konkretisierung der Gefahr auf ein Schutzobjekt

# Begriffe

- Wahrscheinlichkeit:
  - Verhältnis günstiger\* Ereignisse zur Gesamtzahl der Ereignisse (\*: günstig im mathematischen Sinne)
- Relative Häufigkeit:
  - Anzahl des Auftretens eines Ereignisses über einen bestimmten Zeitraum/über endlich viele Wiederholungen
  - relative Häufigkeit nähert sich der Wahrscheinlichkeit mit steigender Zahl der Wiederholungen an
  - Daher oft vereinfacht Wahrscheinlichkeit genannt

# Grundsätzliches zu Risikobetrachtungen

Risiko = Eintretenswahrscheinlichkeit · Konsequenz



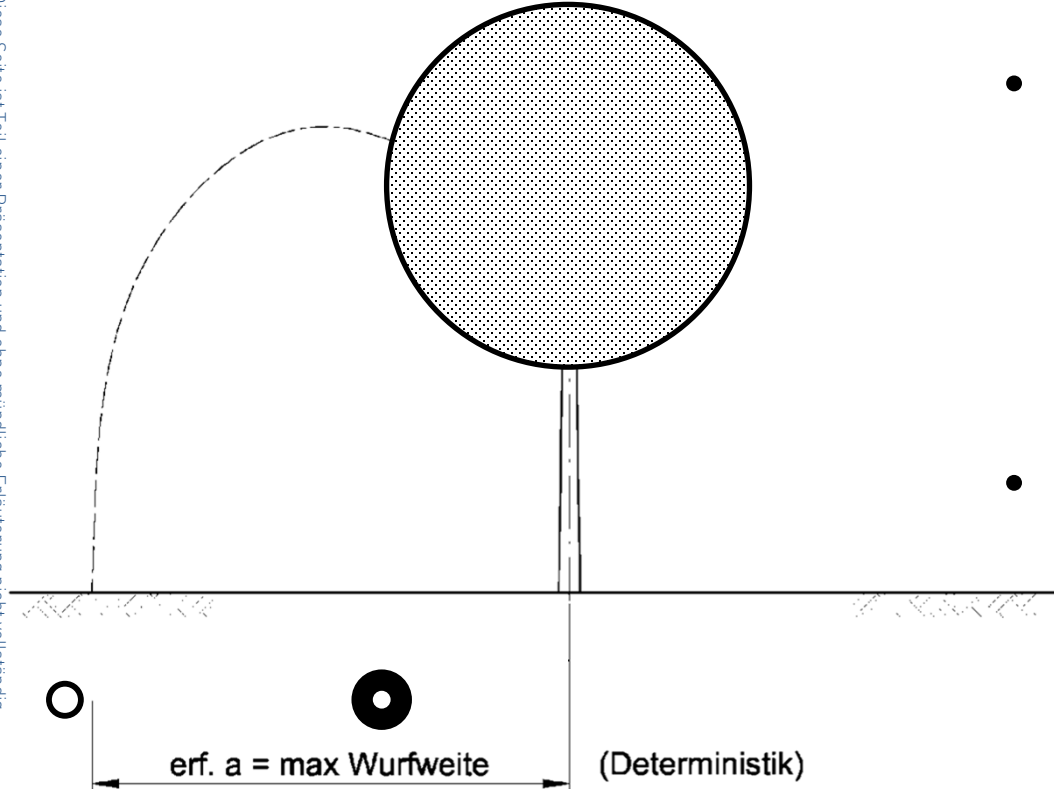
# Beispiele von Risikobetrachtungen

- Alltagsbeispiel: Straßenverkehr
  - Tote bei der Benutzung eines PKW 2019\*: 976
  - Tote auf Treppen 2019\*: 1363
  - Gesellschaftliche Akzeptanz von Verkehrstoten zugunsten der Nutzung der Technik
  - Blechschaden durch Parkrempler: nicht wünschenswert, aber akzeptiert
  - Tote beim Unfall: nahezu keine Akzeptanz
  - Maßnahmen zur Minderung des Risikos:
    - Wahrscheinlichkeit: Ampeln, Geschwindigkeitsbegrenzung etc.
    - Konsequenz: Airbags, Geschwindigkeitsbegrenzung etc.
  - Es wird dennoch kein Nullrisiko erzielt

\* Quelle: Statistisches Bundesamt, 2020, „Ergebnisse der Todesursachenstatistik für Deutschland“

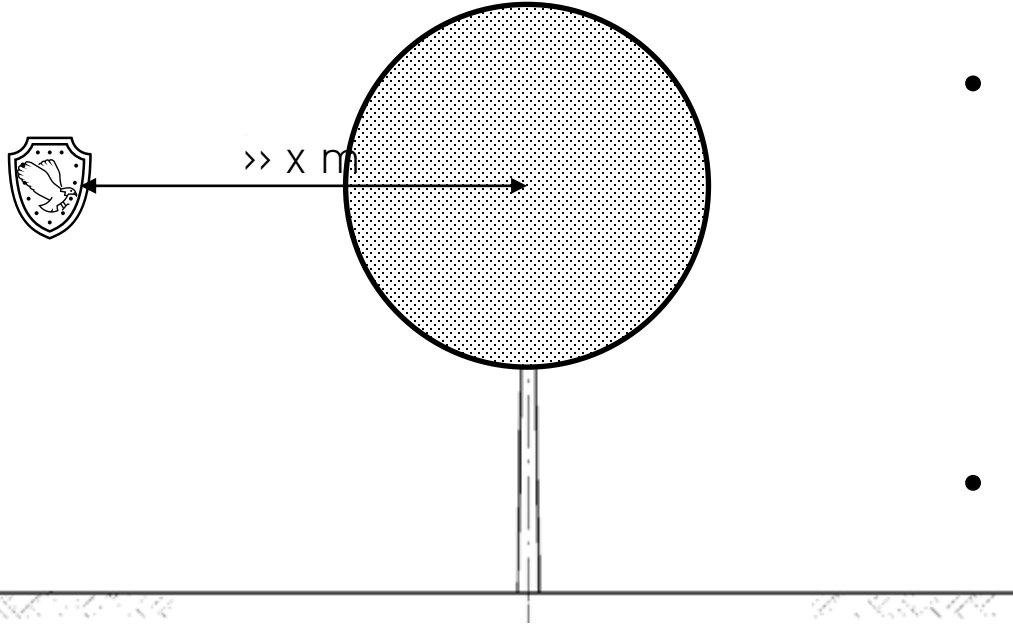


# Risikobetrachtung bei WEA und Pipelines



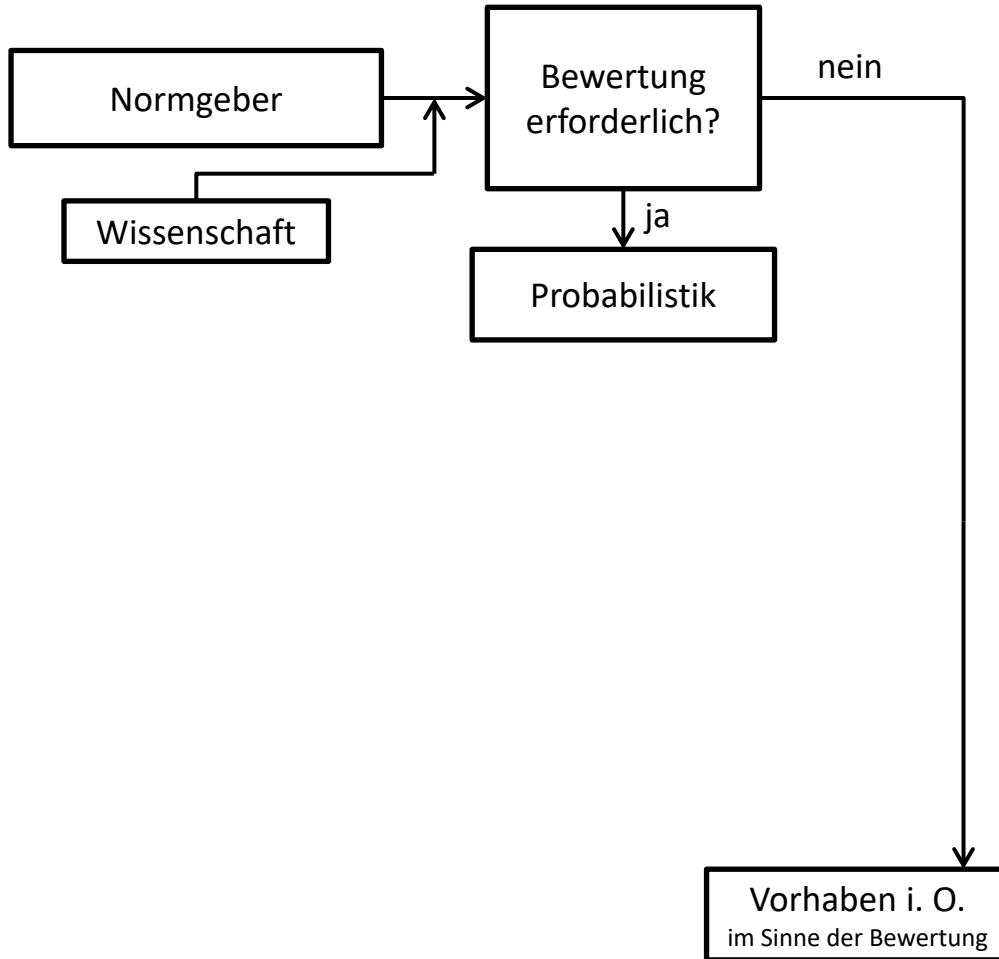
- Treffervermeidung:
  - Abstand
  - Schutz des Objektes
  - Abschirmung
- Andere Möglichkeit:
  - Nachweis, dass Treffer hinreichend selten geschehen

# Risikobetrachtung bei WEA und Artenschutz



- Treffervermeidung:
  - Abstand
  - Schutz des Objektes
  - Abschirmung
- Andere Möglichkeit:
  - Nachweis, dass Treffer hinreichend selten geschehen

# Vorstellung der Methode zur Ermittlung der Tötungswahrscheinlichkeit



## Probabilistik

- Betrachtung von Wahrscheinlichkeiten
- Ein Ereignis muss nicht zu 100 % ausgeschlossen sein
- Es genügt eine hinreichend kleine Eintretenswahrscheinlichkeit

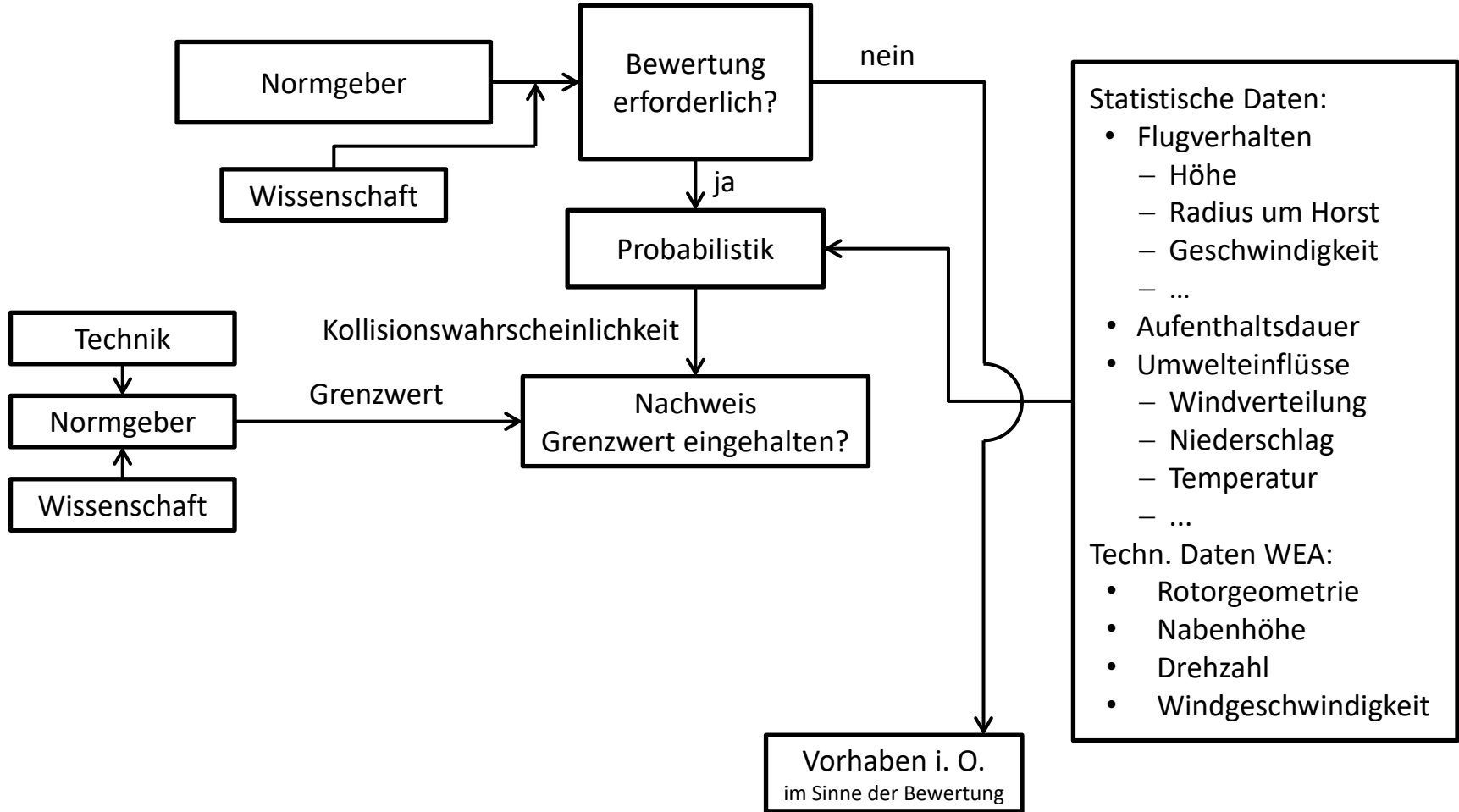
Probabilistik beschreibt die Methode – nicht die Daten.  
Biologen/Ornithologen müssen Grundlegendaten liefern.

### Statistische Daten:

- Flugverhalten
  - Höhe
  - Radius um Horst
  - Geschwindigkeit
  - ...
- Aufenthaltsdauer
- Umwelteinflüsse
  - Windverteilung
  - Niederschlag
  - Temperatur
  - ...

### Techn. Daten WEA:

- Rotorgeometrie
- Nabenhöhe
- Drehzahl
- Windgeschwindigkeit



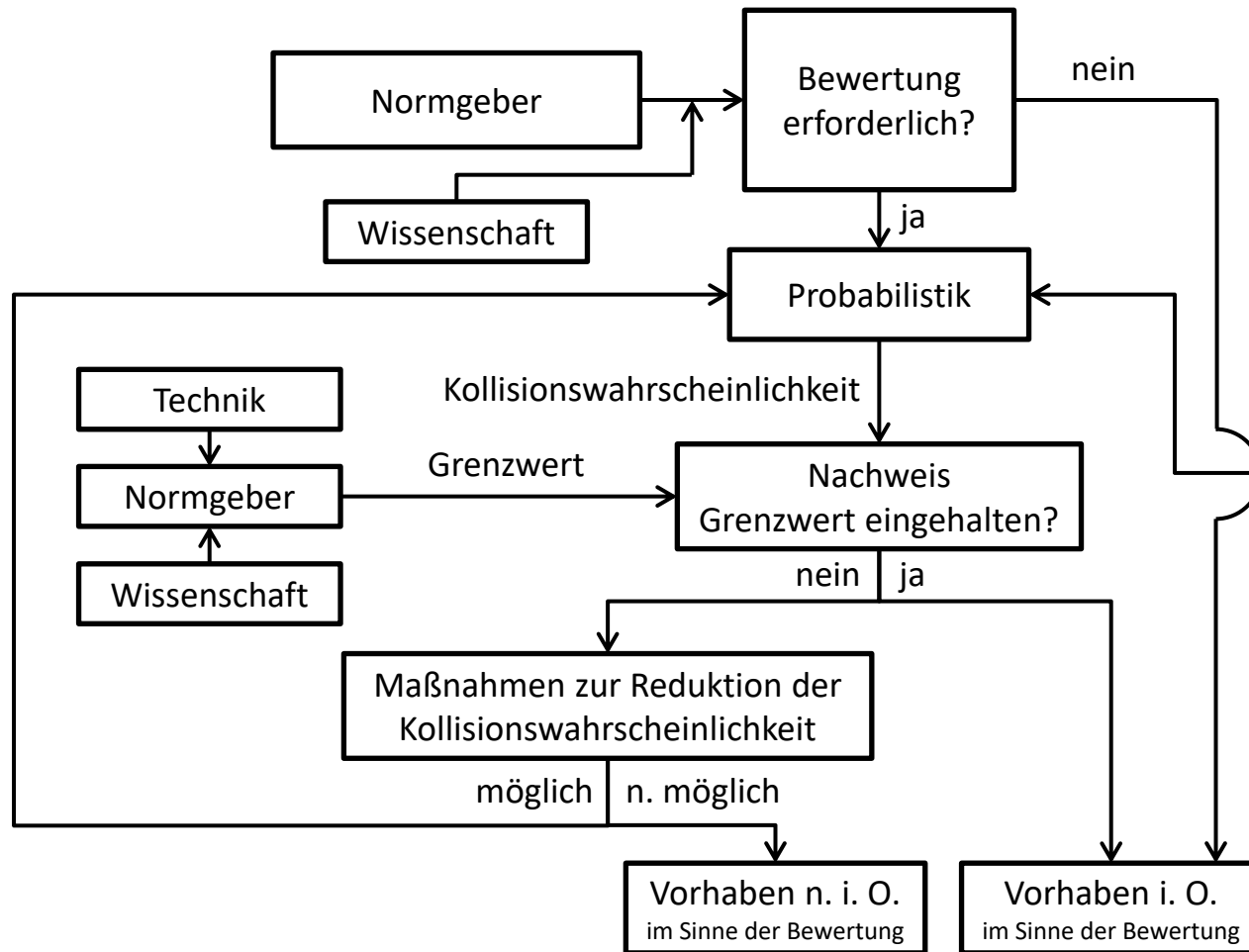
- Diese Seite ist Teil einer Präsentation und ohne mündliche Erläuterung nicht vollständig -  
 - This slide is part of a presentation and is not complete without further explanation -

## Nachweis Grenzwert eingehalten?

- In der Technik verwendete Grenzwerte;  
zum Beispiel:
  - DIN EN ISO 16708
  - BSH Standard Konstruktion:  
Mindestanforderungen an Offshore-  
Bauwerke
  - DIN EN 50126
- Grenzwerte für  
Eintretenswahrscheinlichkeiten bei  
bestimmten Konsequenzen
- Konsequenzen meist stufenweise  
angegeben:
  - Tod o. Verletzung von Menschen  
(1/10/100/... Betroffene)
  - Finanzieller Schaden (10.000  
€/100.000 €/1.000.000 €/...)
  - Umweltschäden

### Beispiele für Grenzwerte:

- DIN EN ISO 16708
  - große Gashochdruckleitungen:  
ca.  $1 \cdot 10^{-7}$  Ereignisse pro Jahr und km  
= 1 Ereignis in 10.000.000  
Jahren pro km
- BSH Standard Konstruktion
  - Auslegung von Offshore-Bauwerken in der  
AWZ:  
 $1 \cdot 10^{-3}$  Ereignisse pro Jahr  
= 1 Ereignis in 1.000 Jahren pro Anlage
- DIN EN 50126
  - Bahnanwendungen:  
ca.  $1 \cdot 10^{-5}$  Ereignisse pro Jahr und  
Person  
= 1 Ereignis in 100.000 Jahren  
pro Person



**Statistische Daten:**

- Flugverhalten
  - Höhe
  - Radius um Horst
  - Geschwindigkeit
  - ...
- Aufenthaltsdauer
- Umwelteinflüsse
  - Windverteilung
  - Niederschlag
  - Temperatur
  - ...

**Techn. Daten WEA:**

- Rotorgeometrie
- Nabenhöhe
- Drehzahl
- Windgeschwindigkeit

- Diese Seite ist Teil einer Präsentation und ohne mündliche Erläuterung nicht vollständig -  
 - This slide is part of a presentation and is not complete without further explanation -



# Mögliche Bewertung des Tötungsrisikos

# Mögliche Bewertung des Tötungsrisikos

- Analog zu DIN EN 50126
- Betrachtungsweise:
  - Ein Mensch kann durch div. Ursachen zu Tode kommen
  - Eine Ursachengruppe: „Technologische Ursachen“
    - Unfälle mit Maschinen
    - im Verkehr
    - etc.
  - Der entsprechende Anteil der Toten durch diese Ursachengruppe ist die „endogene Sterblichkeit“
  - Minimale endogene Sterblichkeit: Kinder von 5 bis 15 Jahren
    - $R_{\min} = 0,0002$  Todesfälle pro Person und Jahr

# DIN EN 50126: Bahnanwendungen



- Grundsatz:
  - Gefahren durch ein neues Verkehrssystem dürfen keine nennenswerte Erhöhung der Zahl  $R_{\min}$  verursachen.
- Festlegung:
  - Grenzwerte für individuelles Risiko:
    - 0,00001 Todesfälle pro Person und Jahr (= 5%· $R_{\min}$ )
    - 0,0001 Schwerverletzte pro Person und Jahr (= 50%· $R_{\min}$ )
    - 0,001 Leichtverletzte pro Person und Jahr (= 500%· $R_{\min}$ )
- Analoge Festlegung für Vögel möglich

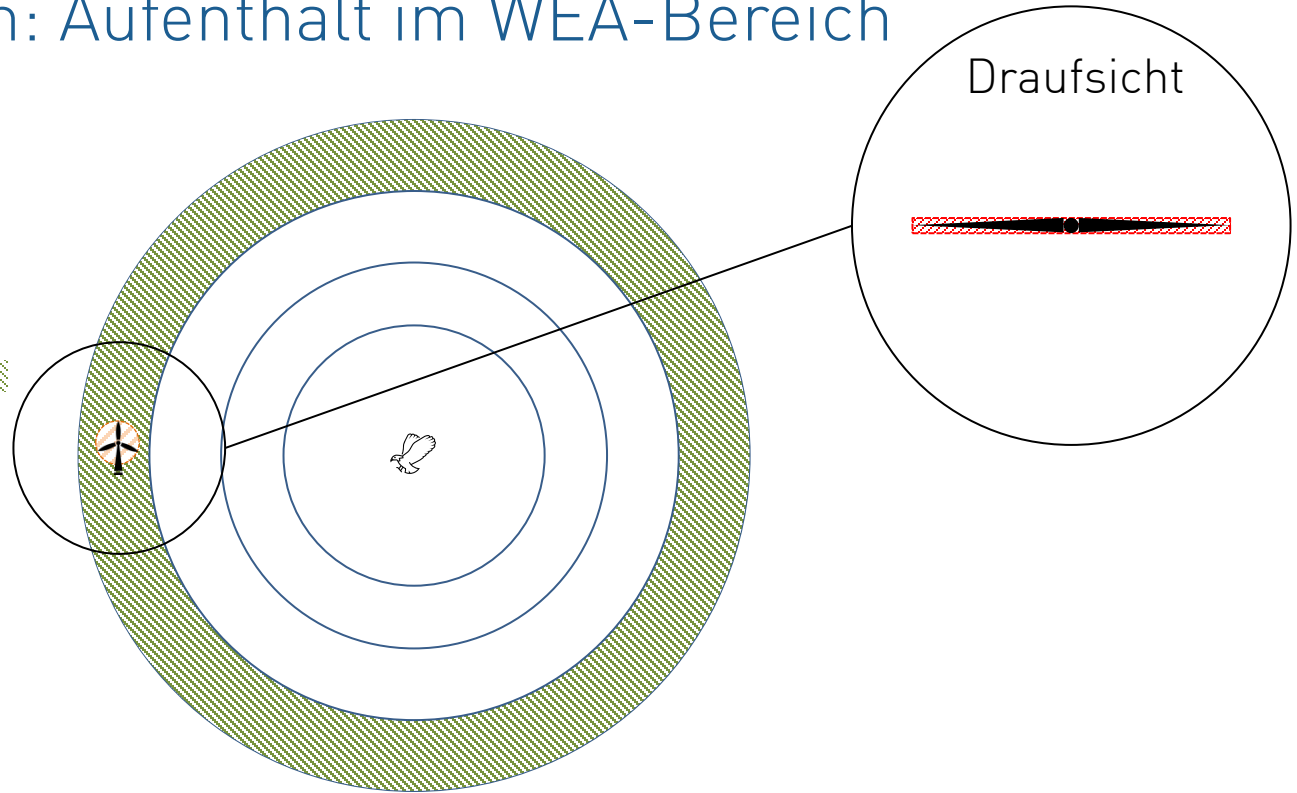
## Analogieschluss zu Vögeln an WEA

- Ggf. sind andere Grenzwerte aus Sicht der Biologen sinnvoll/erforderlich
- z. B.:
  - Andere Grenzwerte je Vogelart
  - Nach Art: Schutz des Individuums erforderlich oder Schutz eines regionalen Bestandes erforderlich
  - ...

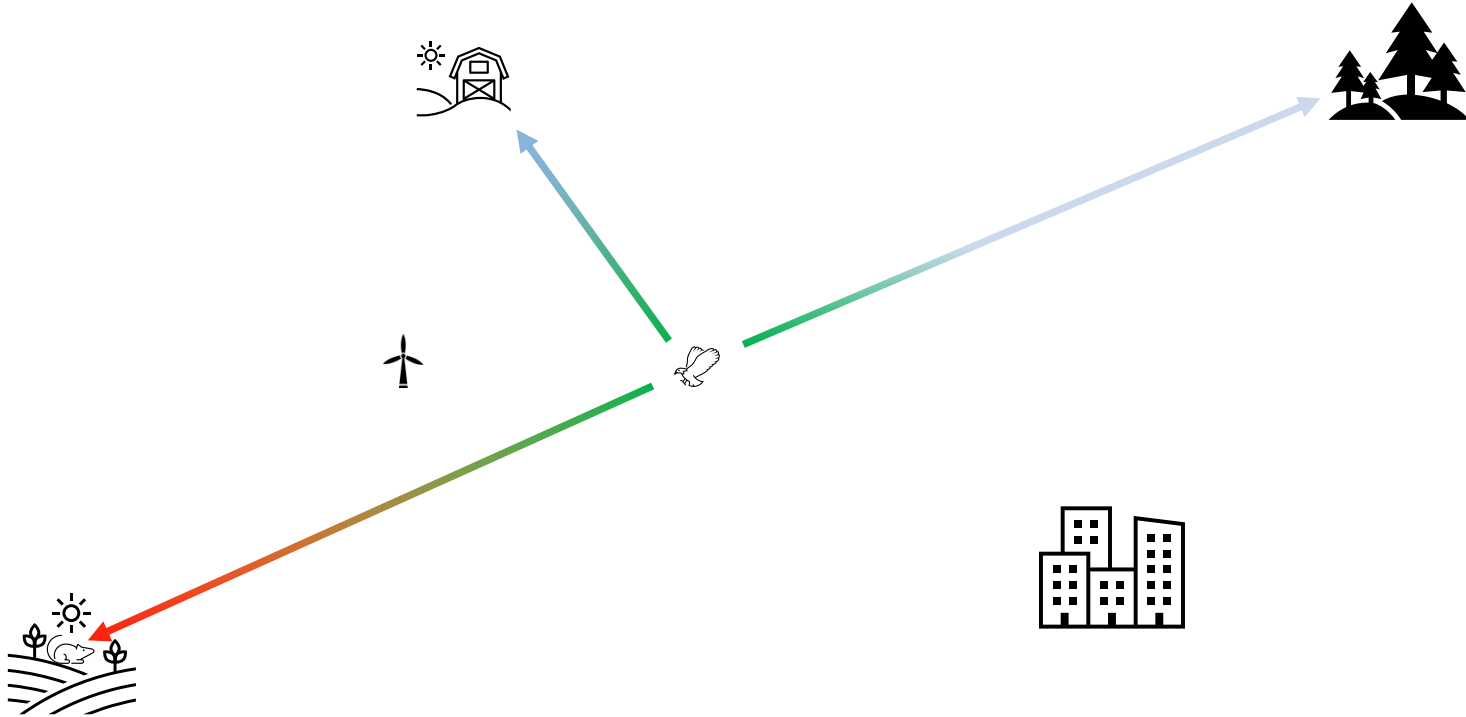
# Beispielrechnung

# Eingangsdaten: Aufenthalt im WEA-Bereich

Wahrscheinlichkeit für  
 Aufenthalt im Kreisring  
 Wahrscheinlichkeit für  
 Aufenthalt im  
 Rotorbereich  $Pf_{1,a}$ :  
 Verhältnis von  zu   
 multipliziert mit  
 Wahrscheinlichkeit für  
 Aufenthalt im Kreisring

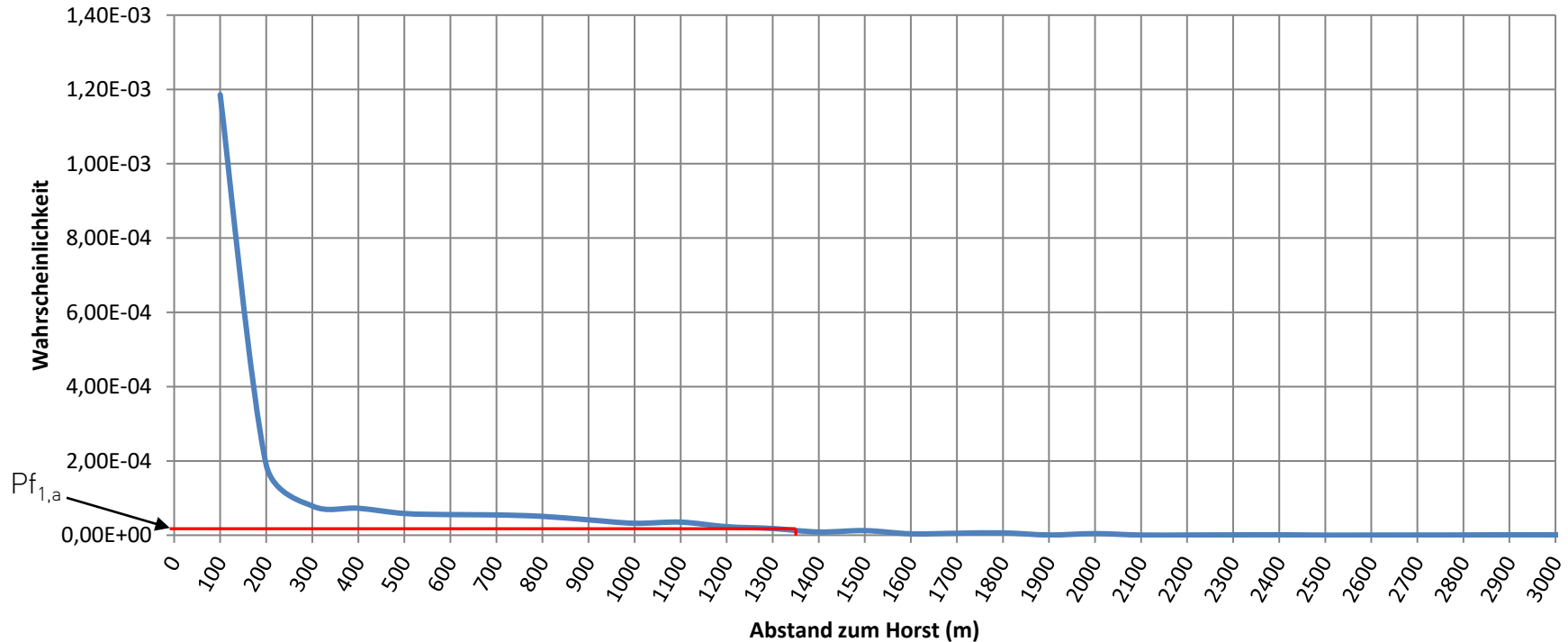


# Eingangsdaten: Aufenthalt im WEA-Bereich



# Eingangsdaten: Aufenthalt im WEA-Bereich

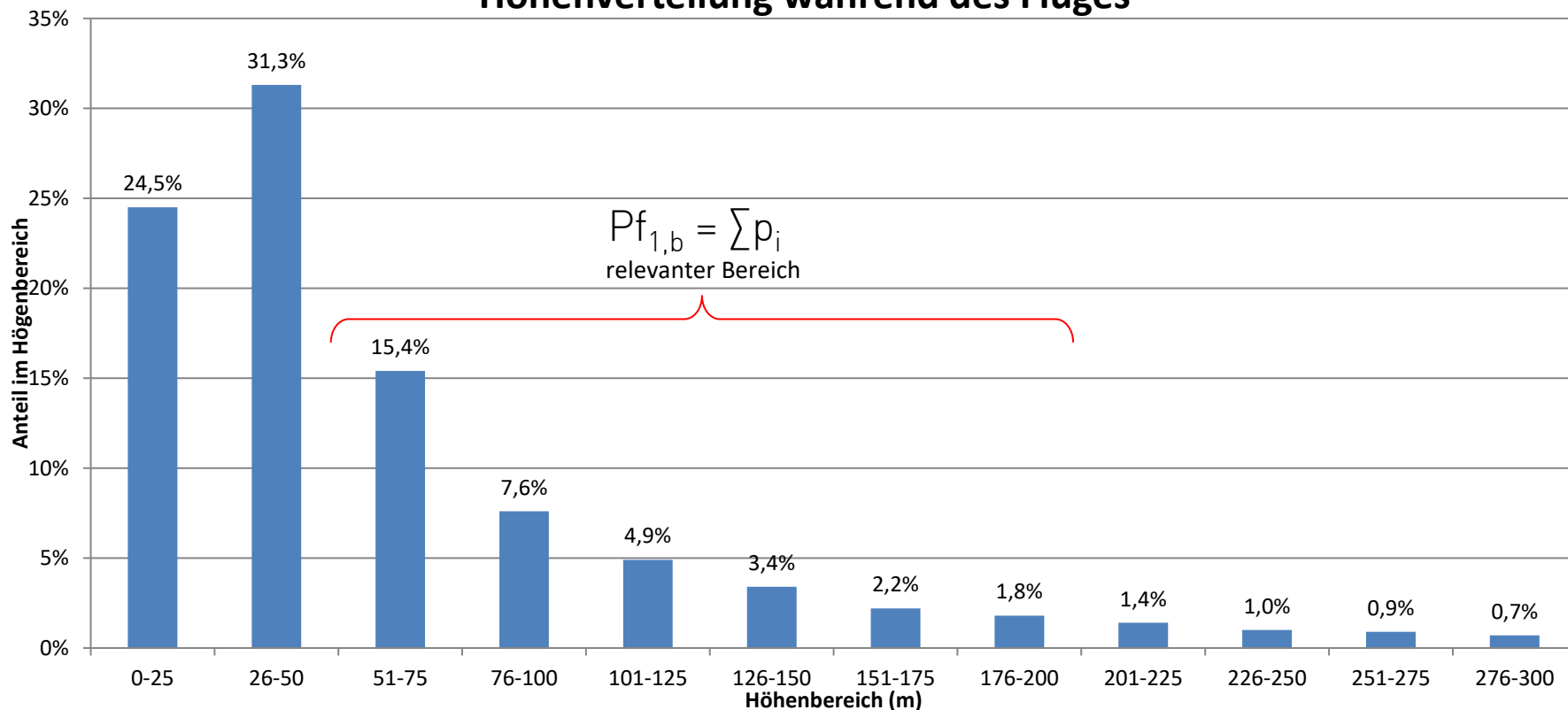
## Wahrscheinlichkeit für Aufenthalt im WEA-Bereich





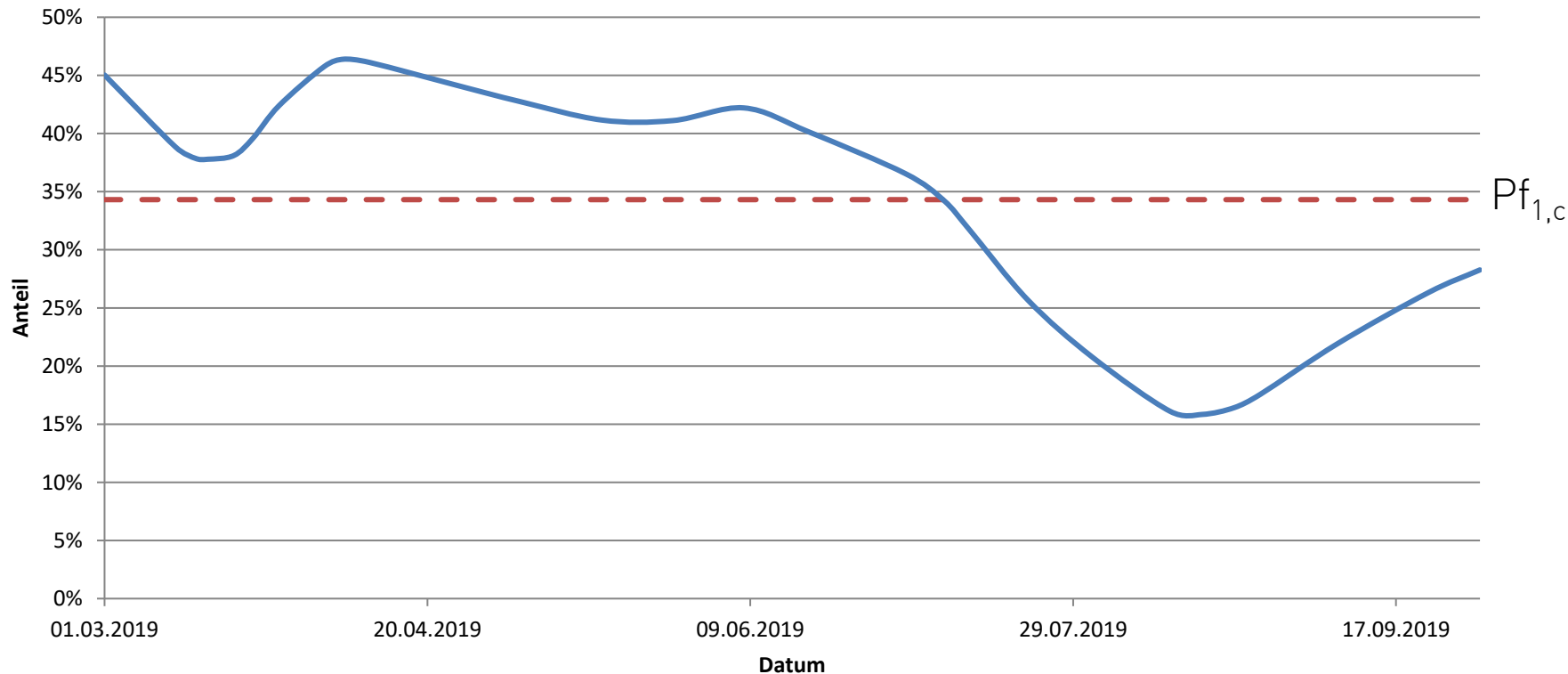
# Eingangsdaten: Höhenverteilung

## Höhenverteilung während des Fluges



# Eingangsdaten: Fluganteile pro Jahr

## Fluganteile pro Jahr



## Eingangsdaten: Anwesenheit pro Jahr, Kollisionswahrscheinlichkeit

- Anwesenheit in Tagen: 199
  - Anteil am Jahr:  $199 \text{ d} / 365 \text{ d} = Pf_{1,d} = 54,52 \%$

- Durchflugzeit ist abhängig von Anlagengröße und Vogelart

Beispielwert:  $t_d$  20 s

Es handelt sich um einen Wert aus der Fachliteratur. Der konkrete Wert ist für jede Vogelart unterschiedlich. Der hier verwendete Beispielwert zeigt jedoch die Größenordnung.

## Eingangsdaten: Durchflugzeit, Ausweichverhalten

- Ermittlung der mittleren Kollisionswahrscheinlichkeit beim Durchflug über Verfahren des *Scottish Natural Heritage*

Beispielergebnis:  $Pf_2$  14,5 %

- Ausweichverhalten ist abhängig von der Vogelart

Beispielwert:  $Pf_3$  98 %

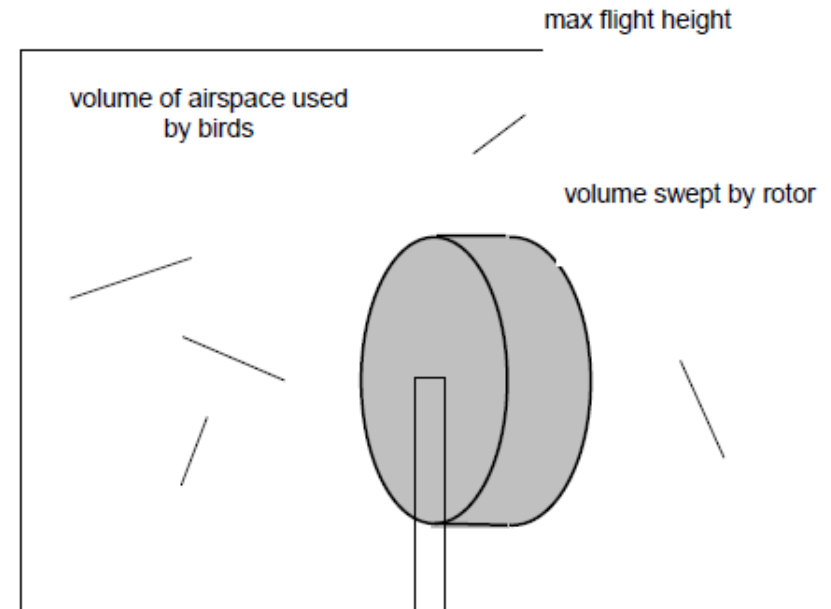
Es handelt sich um einen Wert aus der Fachliteratur. Der konkrete Wert ist für jede Vogelart unterschiedlich. Der hier verwendete Beispielwert zeigt jedoch die Größenordnung.

## Verfahren des *Scottish Natural Heritage*

- Betrachtung des vom Rotor durchstrichenen Bereichs
- Berechnung von Wahrscheinlichkeiten für verschiedene Durchflug-Varianten (Winkel/Ort)
- Ergebnis: durchschnittliche Wahrscheinlichkeit für einen Treffer
- Details unter:

<https://www.nature.scot/wind-farm-impacts-birds-calculating-theoretical-collision-risk-assuming-no-avoiding-action>

**FIG 2: BIRDS USING WINDFARM AIRSPACE**



Quelle: Scottish Natural Heritage, Windfarms and birds – Calculating a theoretical collision risk assuming no avoiding action, 2000

# Beschaffung der Eingangsdaten

- Die Daten müssen von Fachleuten für Ornithologie erfasst werden
- Mögliche Quellen:
  - Raumnutzungsanalysen
  - Telemetriestudien
  - allgemeine Studien über das Flugverhalten
  - ...
- Zusammenfassung der Daten in Statistiken
  - Ggf. allgemeingültig (wenn konservativ möglich)
  - standortspezifisch

## Berechnung, Ergebnis

- Aufenthaltsdauer im kritischen Bereich ( $Pf_1 = \prod Pf_{1,i}$ )
- Bestimmung der Anzahl der errechneten Durchflüge (mit  $t_d$ )
- Bestimmung der Wahrscheinlichkeit einer potentiellen Kollision ( $Pf_2$ )
- Bestimmung der Anzahl potentieller Kollisionen
- Bestimmung des Ausweichverhaltens ( $Pf_3$ )
- Bestimmung der errechneten Anzahl von Kollisionen ( $Pf_{ges}$ )

$$Pf_{ges} = \frac{Pf_1 \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}}{t_d} \cdot Pf_2 \cdot Pf_3$$

## Berechnung, Ergebnis

$$Pf_{ges} = \frac{4,051 \cdot 10^{-6} \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}}{20 \text{ s}} \cdot 14,5 \% \cdot 2 \%$$

$$= 0,0185 \frac{\text{Kollisionen}}{\text{Jahr}} = 1,85 \% \frac{\text{Kollisionen}}{\text{Jahr}}$$

Grenzwert in Analogie zur DIN EN 50126:

- Minimale Endogene Sterblichkeit 8,4 % (Beispielwert)
- $Pf_{zul} = 50 \% \cdot 8,4 \% = 4,2 \%$

Zulässige Erhöhung DIN EN 50126:  
50%·R<sub>min</sub> für schwer verletzte Personen

Nachweisführung:

$$Pf_{ges} < Pf_{zul} ? \quad 1,85 \% < 4,2 \%$$





## Berechnung, Ergebnis: geringerer Abstand

$$Pf_{ges} = \frac{4,03 \cdot 10^{-5} \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}}{20 \text{ s}} \cdot 14,5 \% \cdot 2 \%$$

$$= 0,184 \frac{\text{Kollisionen}}{\text{Jahr}} = 18,4 \% \frac{\text{Kollisionen}}{\text{Jahr}}$$

Grenzwert in Analogie zur DIN EN 50126:

- Minimale Endogene Sterblichkeit 8,4 % (Beispielwert)
- $Pf_{zul} = 50 \% \cdot 8,4 \% = 4,2 \%$

Zulässige Erhöhung DIN EN 50126:  
 $50\% \cdot R_{min}$  für schwer verletzte Personen

Nachweisführung:

$$Pf_{ges} < Pf_{zul} ?$$

$$18,4 \% > 4,2 \%$$

✘

# Zusammenfassung

- In der Technik übliches Verfahren ist auch im Artenschutz anwendbar
- Methode schafft Transparenz
  - Keine „Computer-Blackbox“
  - Kein Beschönigen/Verschlechtern durch „weiche Formulierungen“ möglich
  - Keine individuelle Auslegung von verbalargumentativen Bewertungen
- Festlegung von Grenzwert(en) erforderlich
- Analogie zu technischen Bewertungsmaßstäben ist möglich

Vielen Dank für Ihr Interesse!

[www.veenkermbh.de](http://www.veenkermbh.de)  
[mail@veenkermbh.de](mailto:mail@veenkermbh.de)

Die Inhalte dieser Präsentation sind geistiges Eigentum der Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH. Eine Weiterverwendung, auch auszugsweise, bedarf der schriftlichen Genehmigung der Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH.