

Das „RKR-Modell“

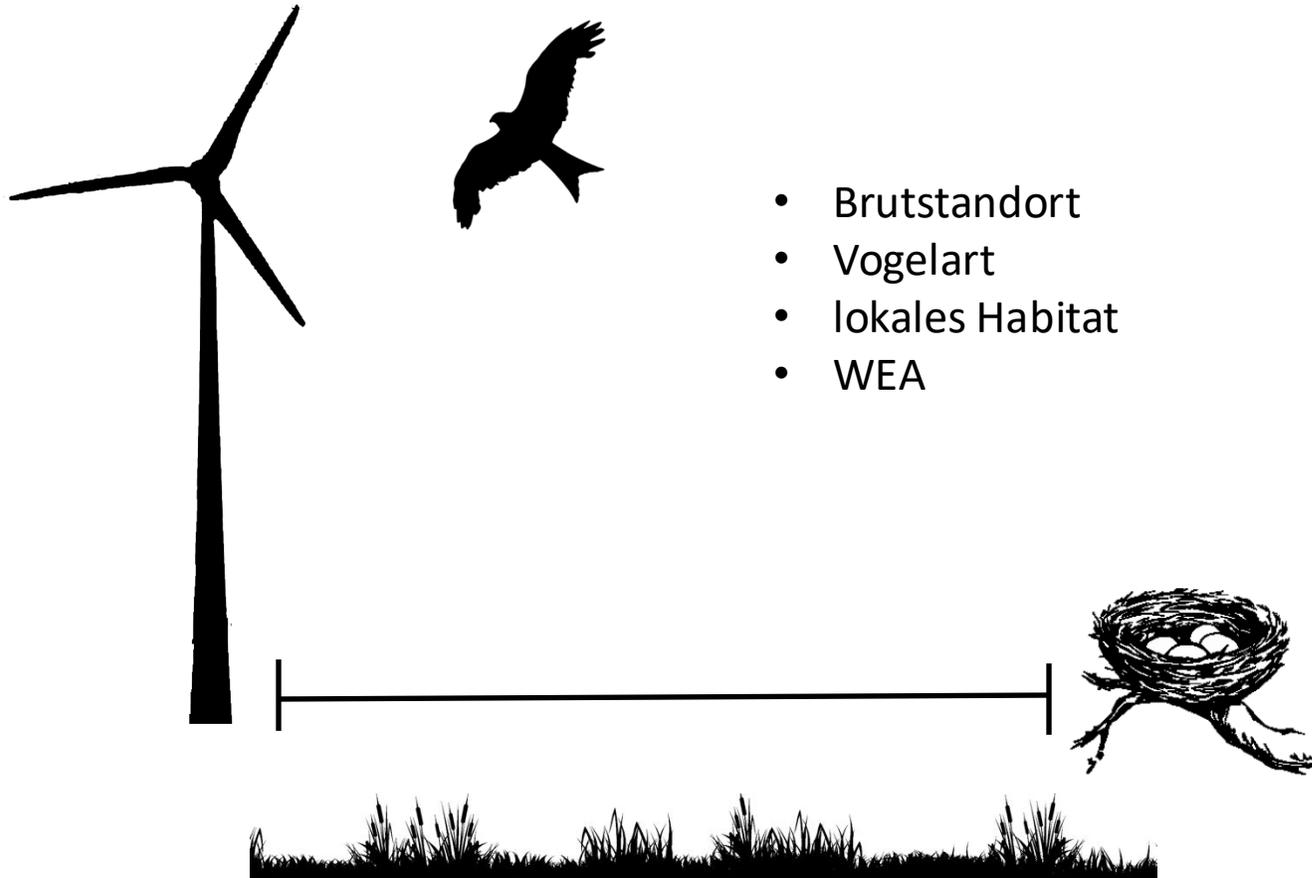
Probabilistische Prognosen von Brutvogel-Kollisionen an Windenergieanlagen

Moritz Mercker (Bionum)

in Zusammenarbeit mit Jan Blew & Jannis Liedtke & Thilo Liesenjohann (BioConsult SH) sowie dem TB Raab



Fragestellung

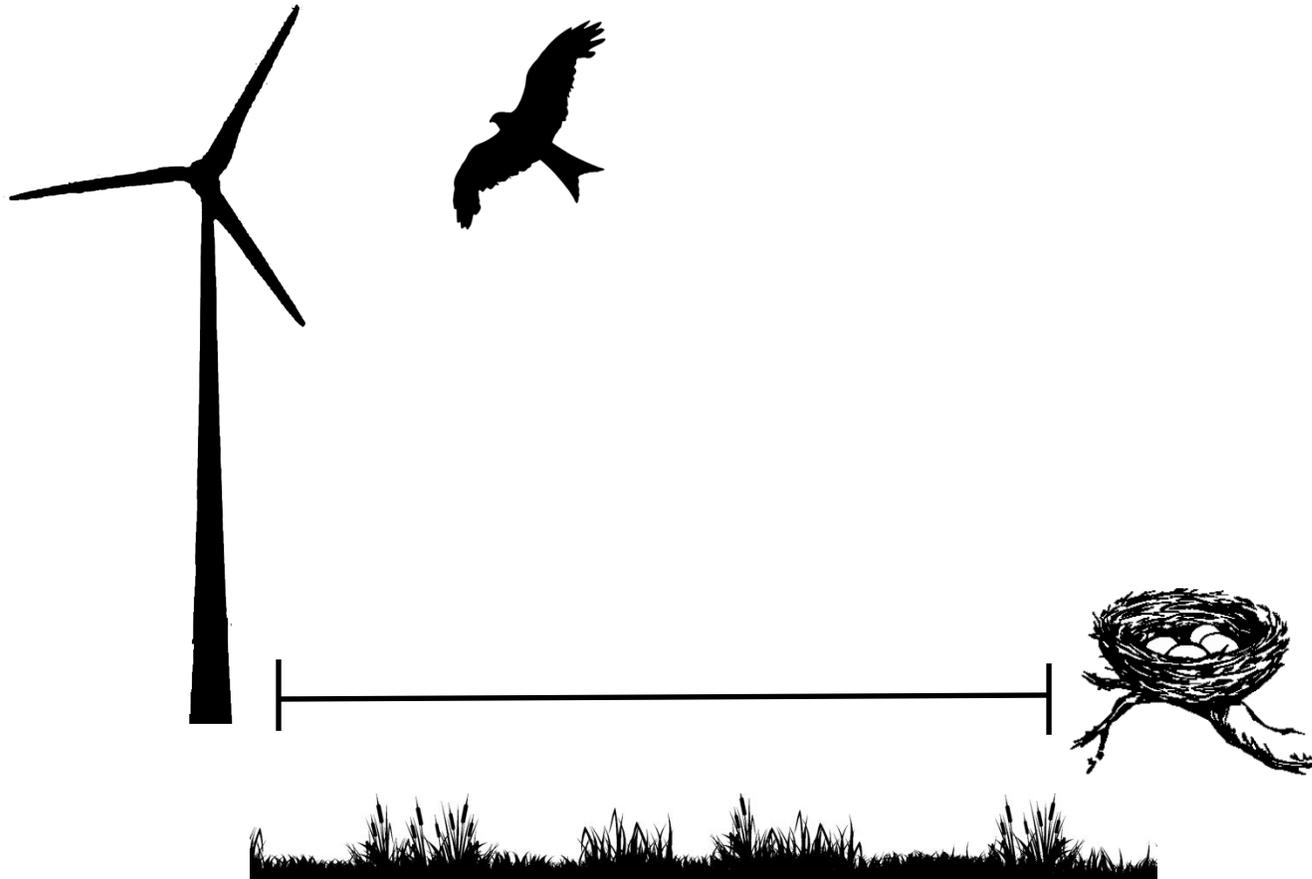


- Brutstandort
- Vogelart
- lokales Habitat
- WEA

Ist das Vogelschlagrisiko berechenbar?

Wenn ja, mit welcher Sicherheit?

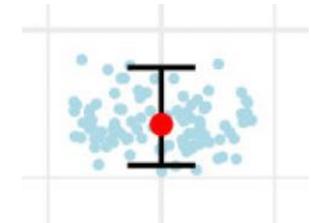
Welche Vorteile bietet die Berechnung?



Raumnutzungsanalyse (RNA)
Habitatpotenzialanalyse (HPA)



Berechnung



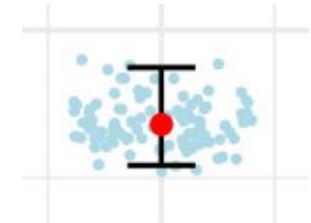
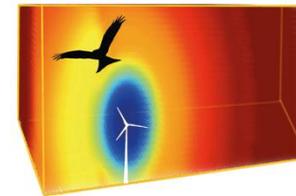
- schnell
- empirisch fundiert & standardisiert
- einfaches (quantitatives) Ergebnis

Welche Vorteile bietet die Berechnung?

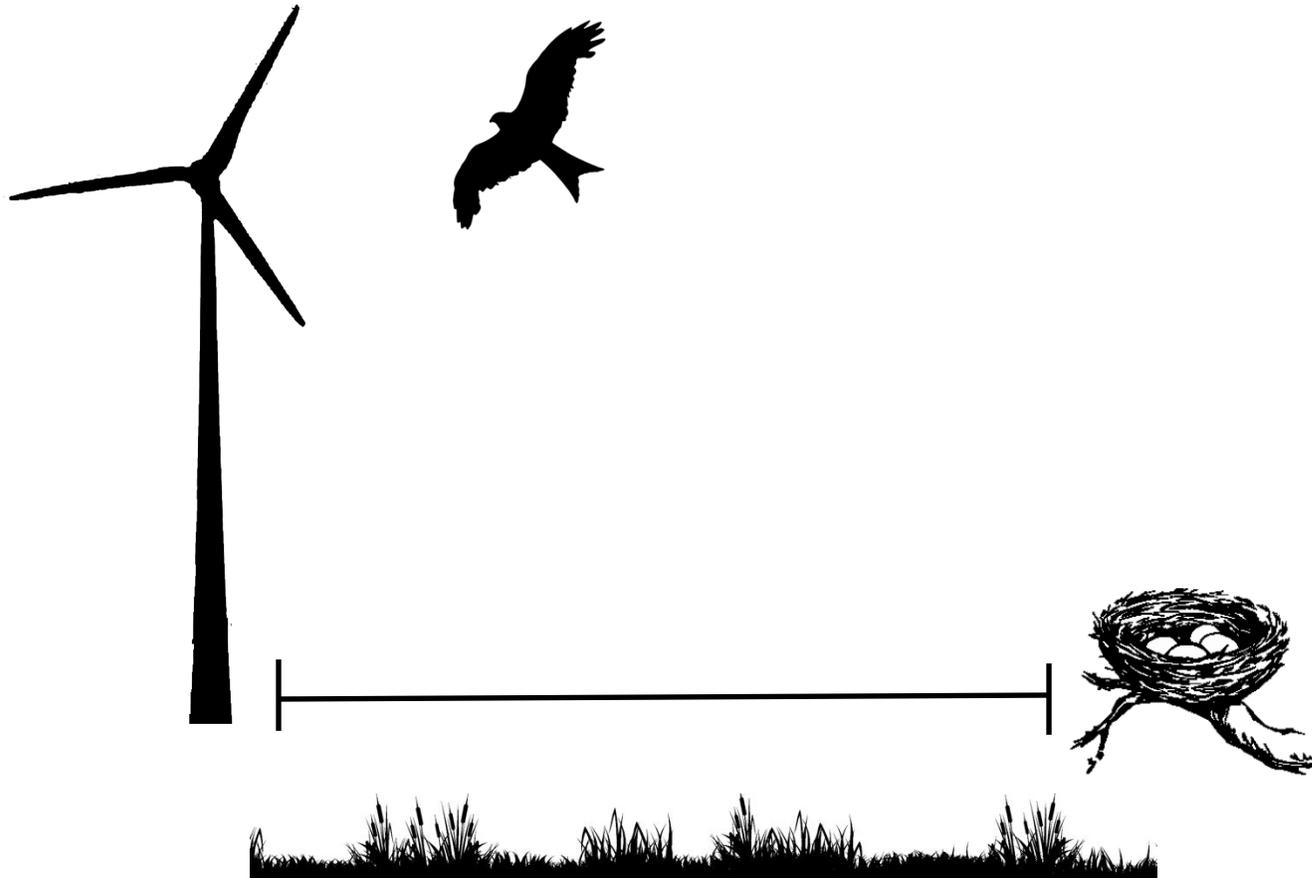
Raumnutzungsanalyse (RNA)
Habitatpotenzialanalyse (HPA)



Berechnung



- schnell
- empirisch fundiert & standardisiert
- einfaches (quantitatives) Ergebnis

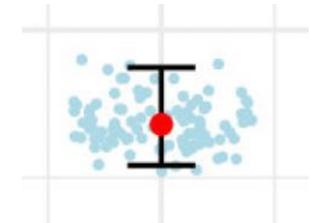


Welche Vorteile bietet die Berechnung?

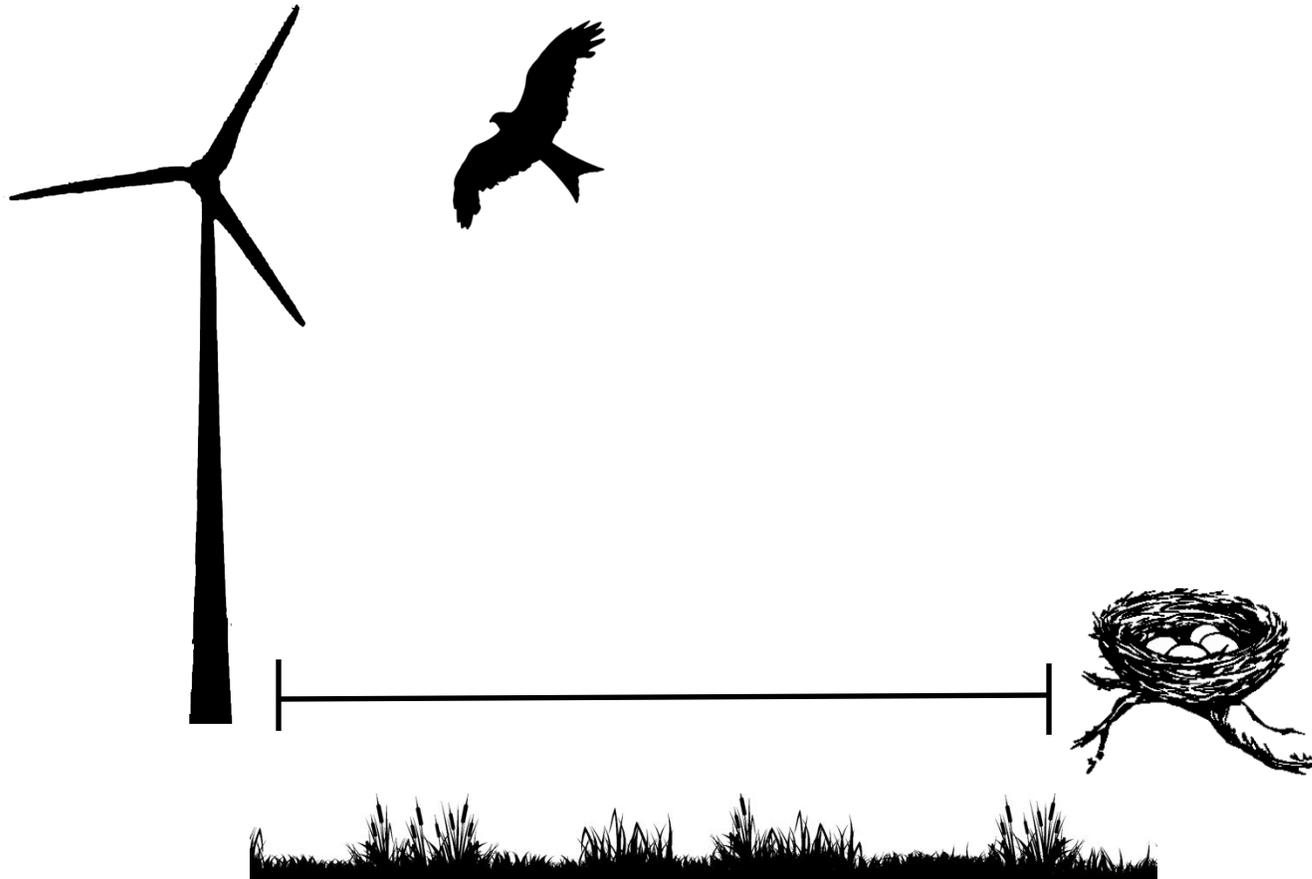
Raumnutzungsanalyse (RNA)
Habitatpotenzialanalyse (HPA)



Berechnung

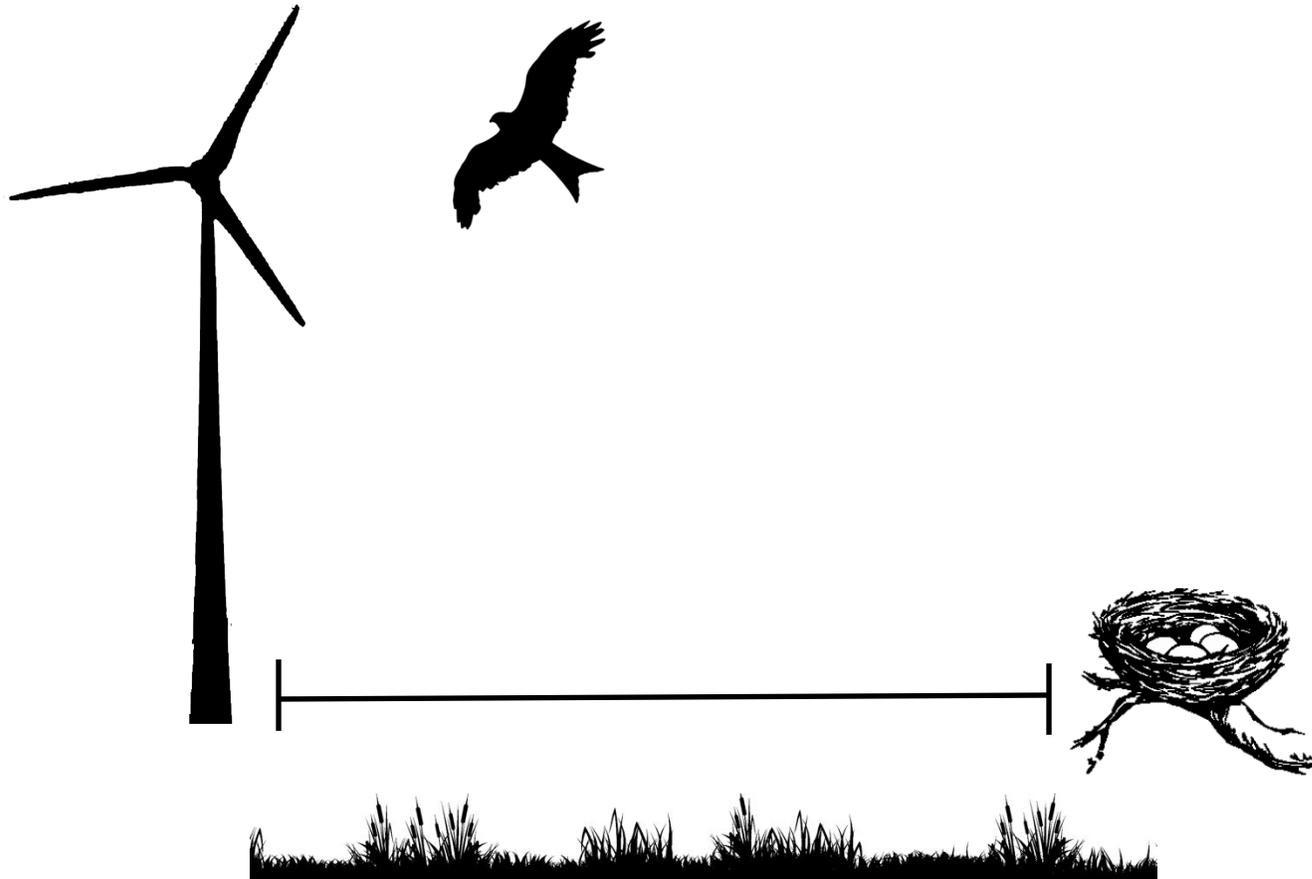


- schnell
- empirisch fundiert & standardisiert
- einfaches (quantitatives) Ergebnis

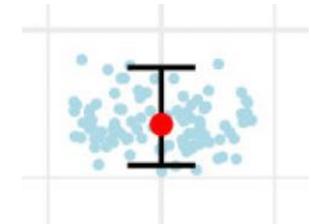


Welche Vorteile bietet die Berechnung?

Raumnutzungsanalyse (RNA)
Habitatpotenzialanalyse (HPA)



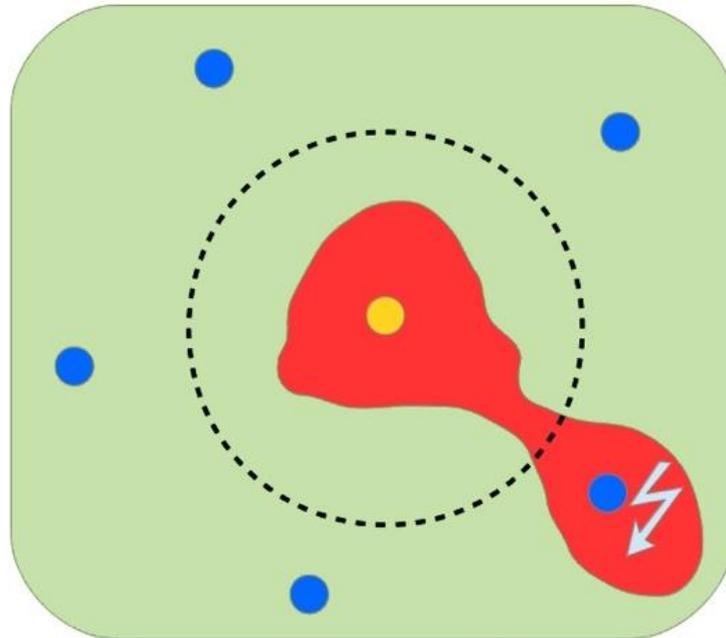
Berechnung



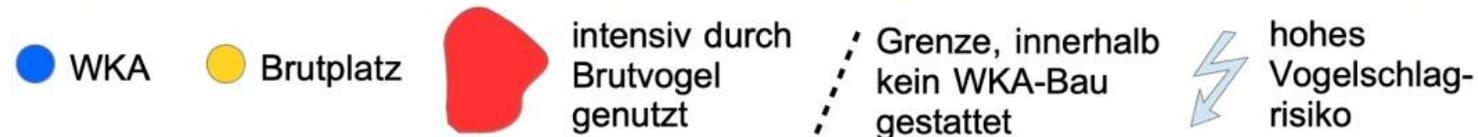
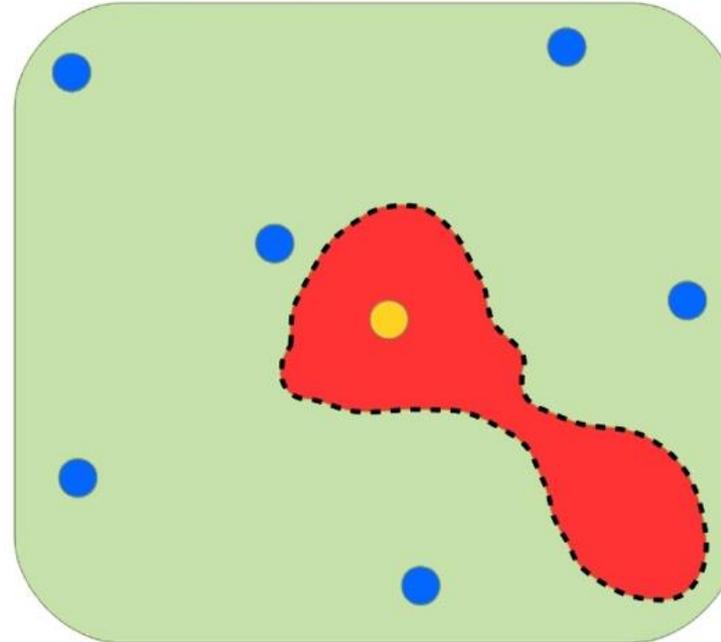
- schnell
- standardisiert & empirisch fundiert
- einfaches (quantitatives) Ergebnis

Welche Vorteile bietet die Berechnung?

WKA-Planung nach Abstandsregeln

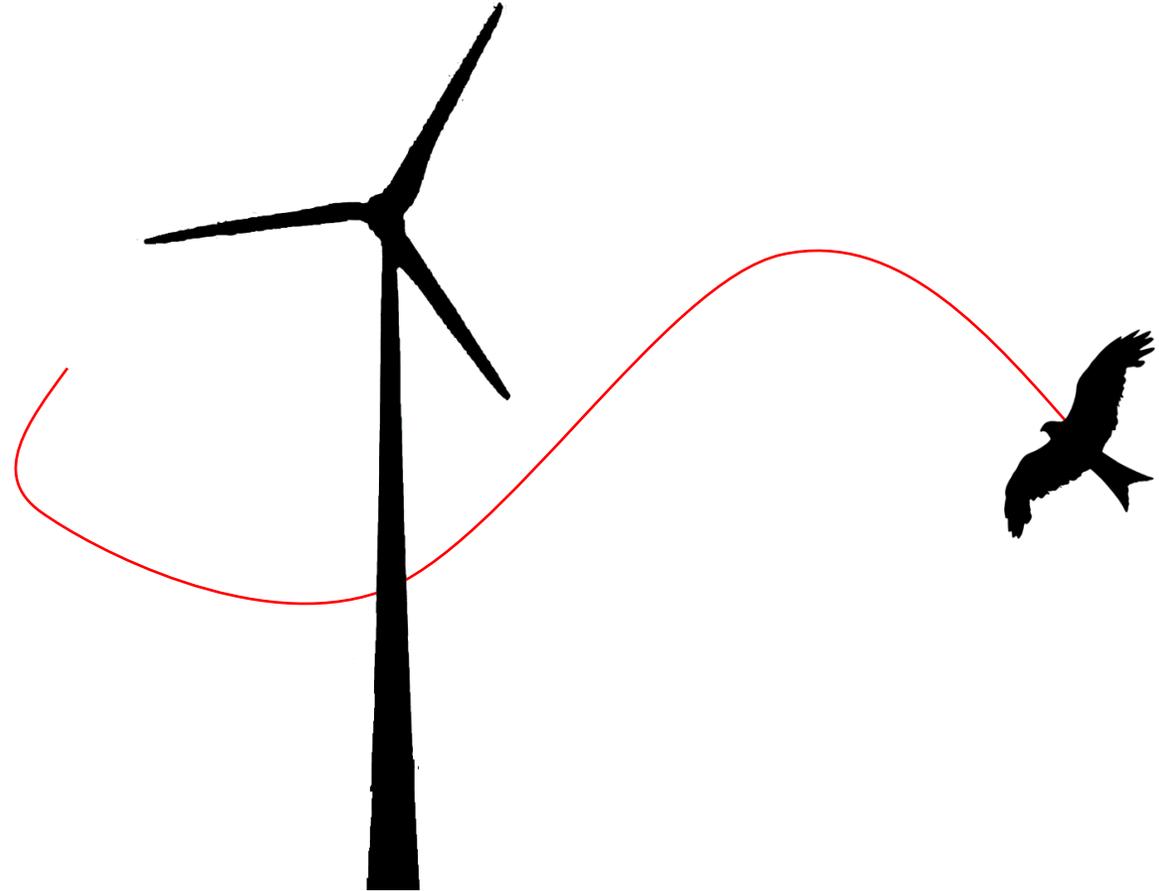
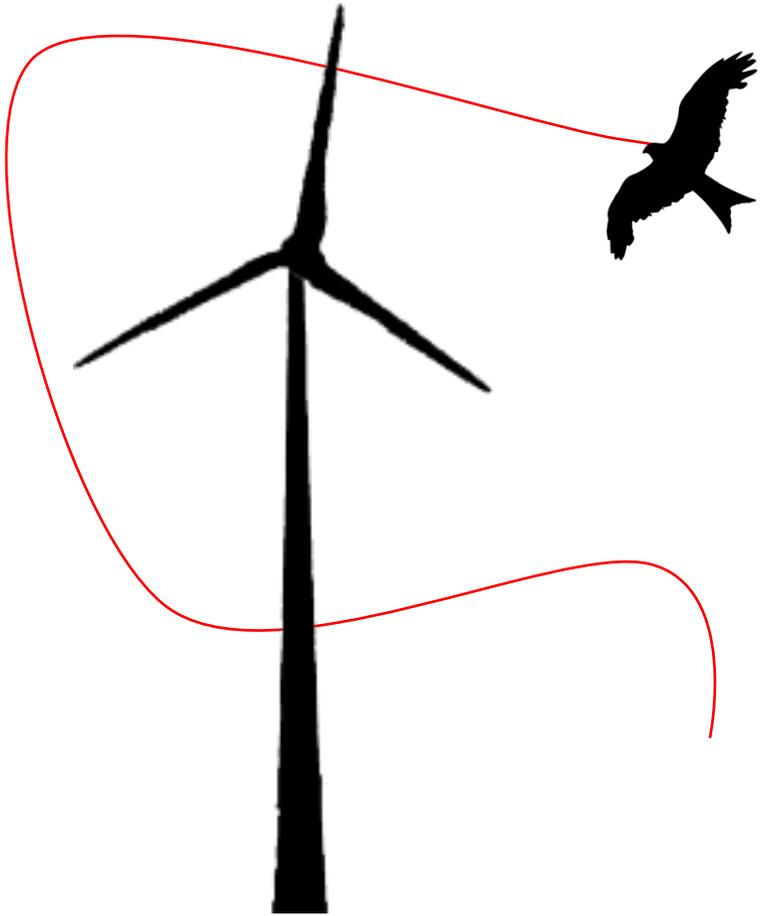


WKA-Planung nach Habitatnutzung



Ziel: Artenschutz und Windenergieausbau Hand in Hand

Probabilistik



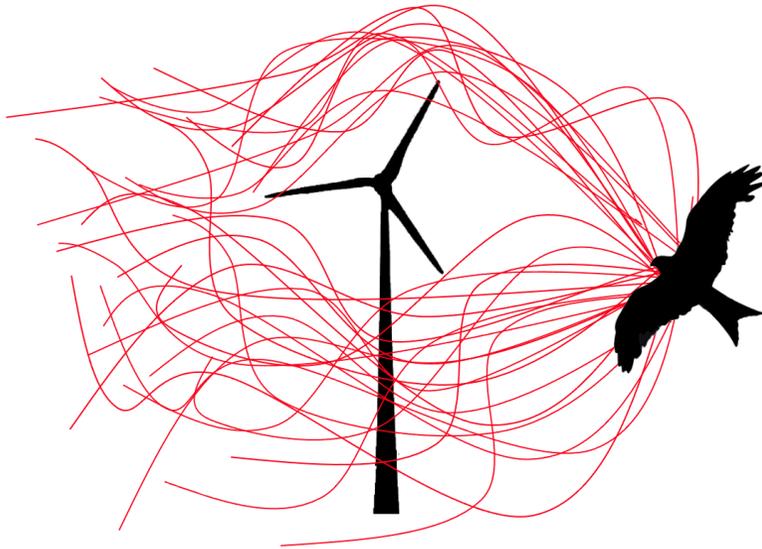
Probabilistik = Wahrscheinlichkeitsrechnung

Probabilistik

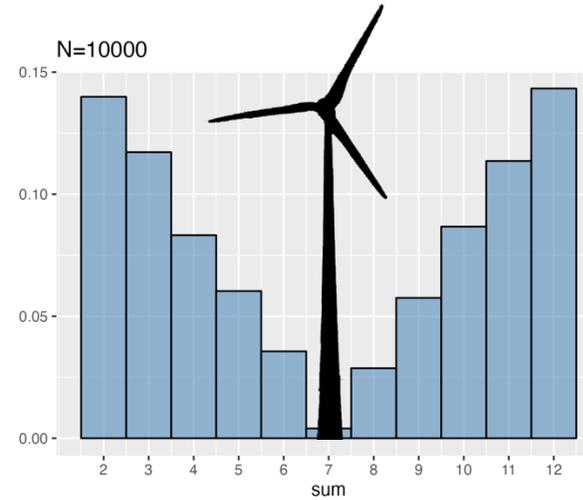


Probabilistik = Wahrscheinlichkeitsrechnung

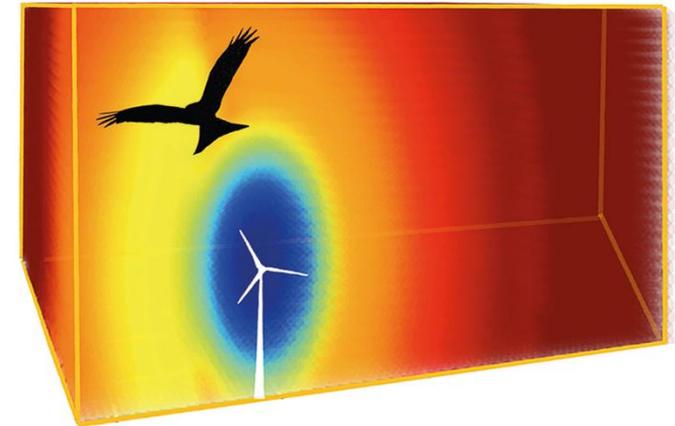
Generelle Vorgehensweise



Empirische Daten

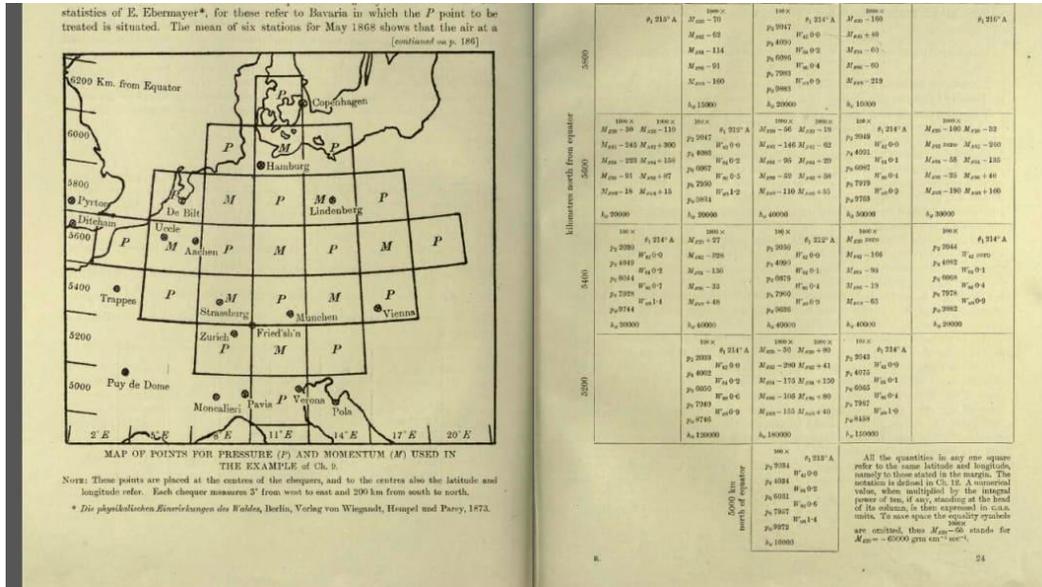


Auswertungen (Wahrscheinlichkeiten)



Modell/Prognosen

Beispiel Probabilistik: Wettervorhersage



Lewis F Richardson

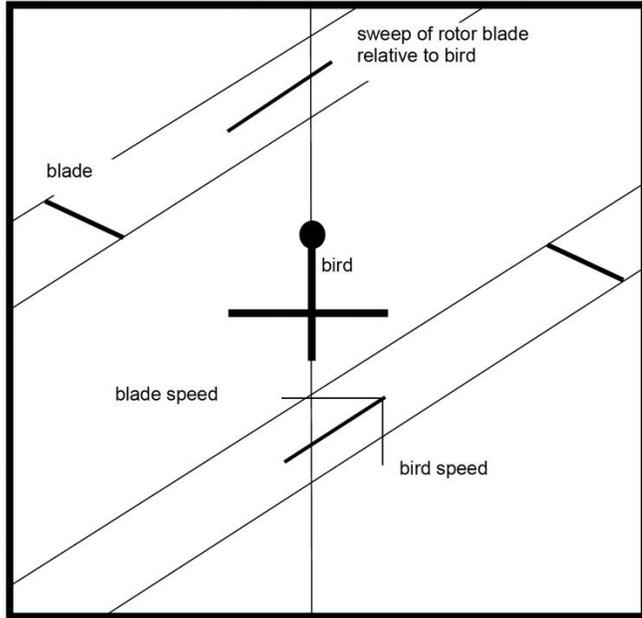
Vor 100 Jahren...



...und heute

Quelle: Deutscher Wetterdienst

Kollisionsrisikomodelle

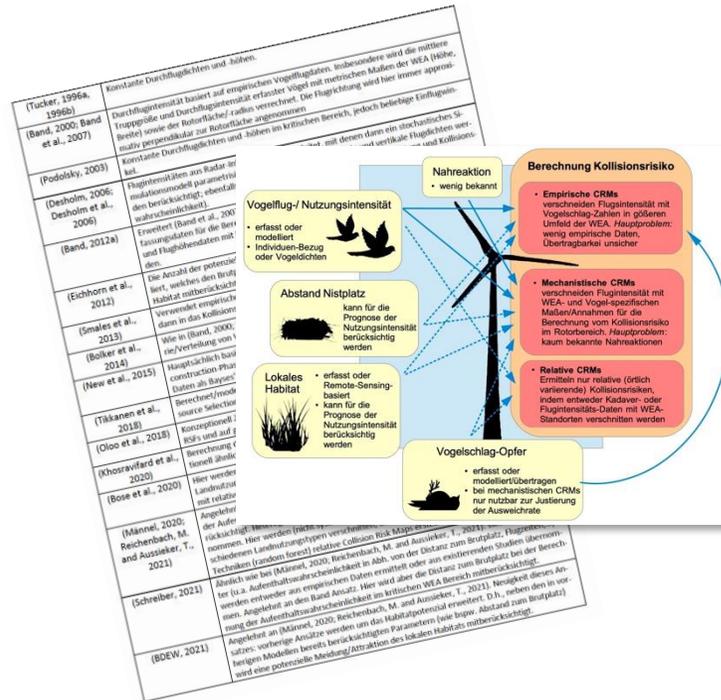


GUIDANCE NOTE SERIES © SCOTTISH NATURAL HERITAGE 2000

5

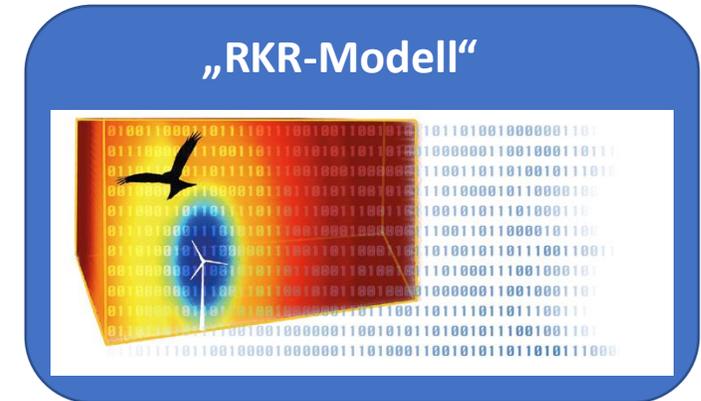
Band (2000)

Vor 23 Jahren...



2000-2023

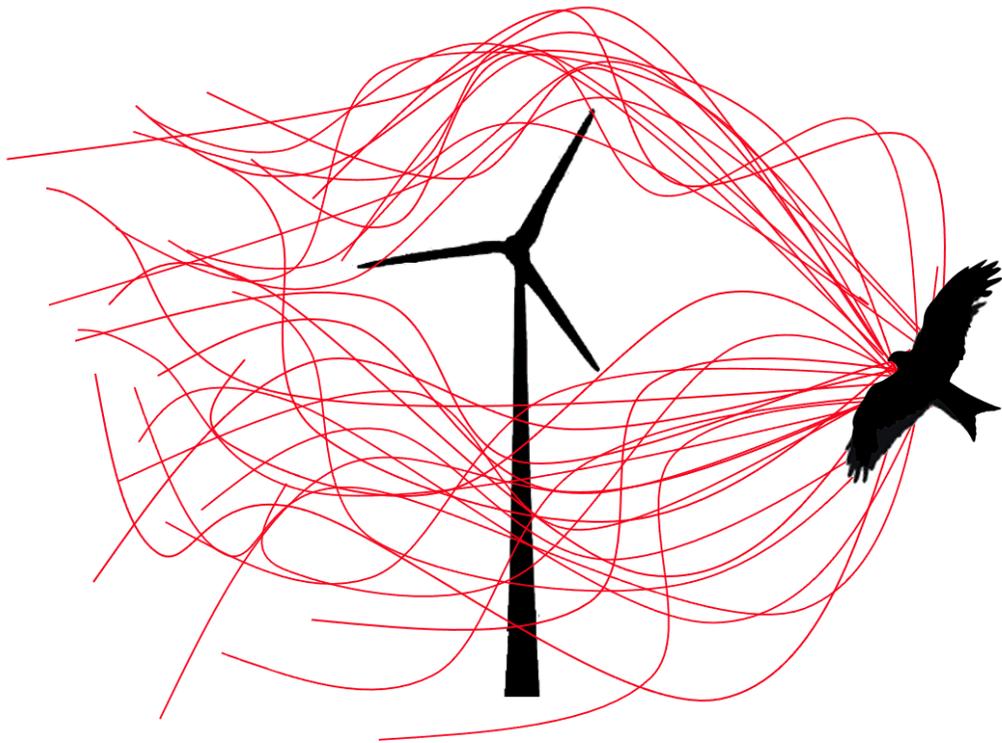
(Review in "Pilotstudie Probabilistik")



Heute

Bisheriges Problem Kollisionsrisikomodelle

? Ausweichverhalten
("avoidance rate")



2006:

"[...] the final predicted mortality is meaningless" (Chamberlain et al, 2006)

2022/23:

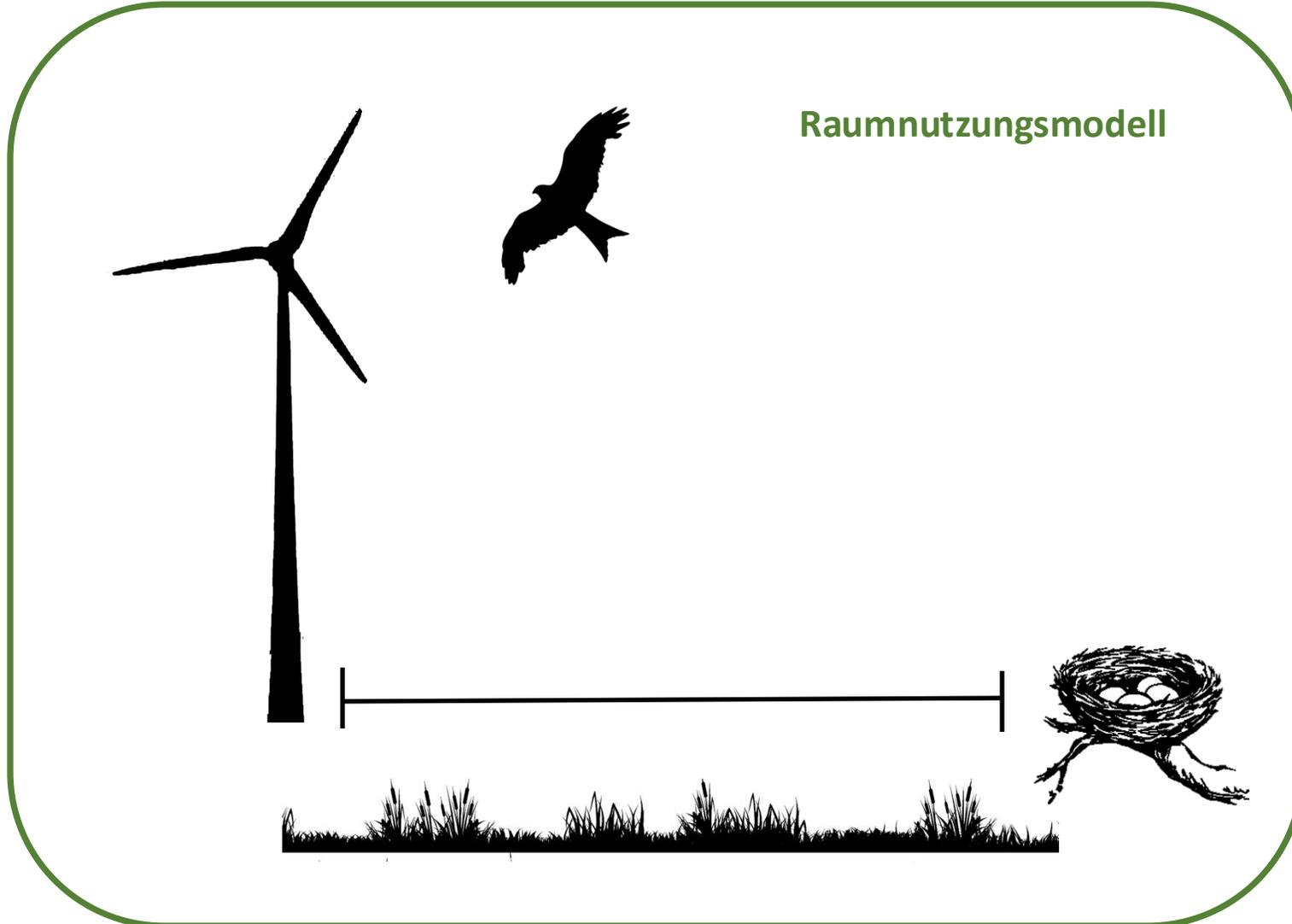
ausreichend Daten zur präzisen
Bestimmung vorhanden

Modellierungskonzept



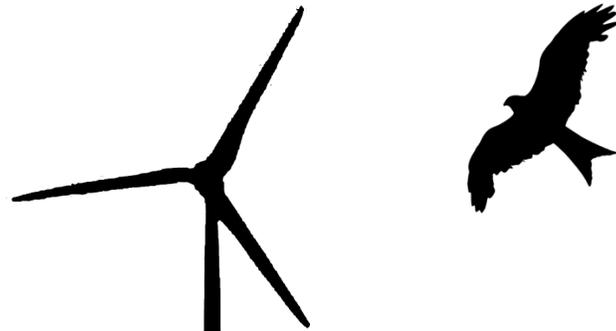
Modellierungskonzept

Raumnutzungsmodell

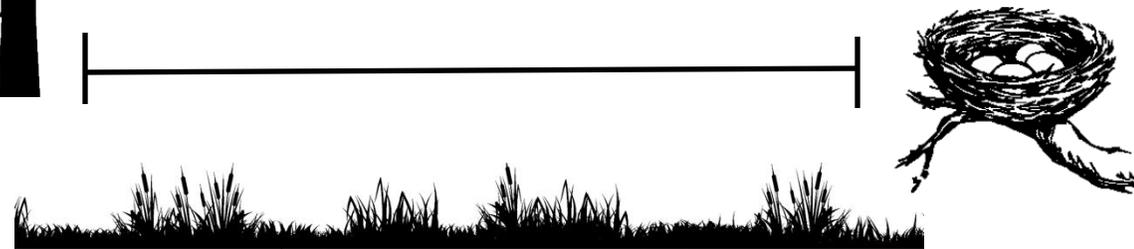


Modellierungskonzept

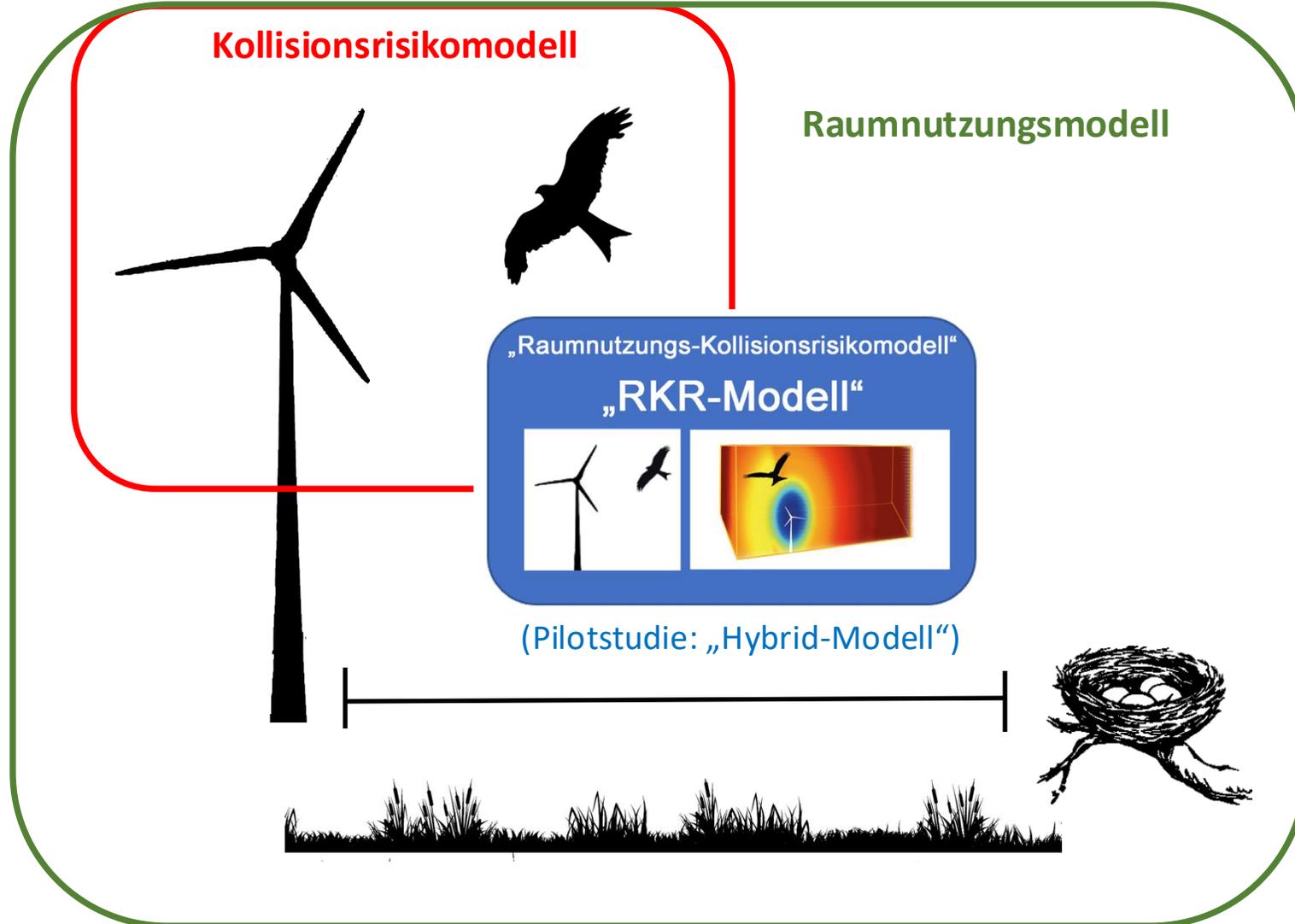
Kollisionsrisikomodell



Raumnutzungsmodell



Modellierungskonzept

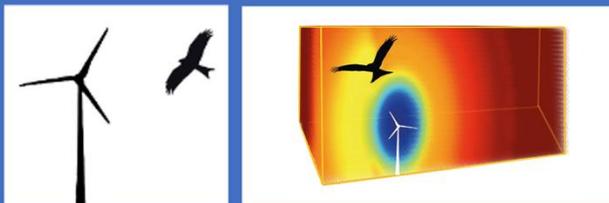


Kollisionsrisikomodell



„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“

„RKR-Modell“



**Ziel: ALLE BENÖTIGTEN
PARAMETER EMPIRISCH VALIDE
BESTIMMEN**

Raumnutzungsmodell

3D örtliche Aspekte

Habitatselektion

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fluggeschwindigkeiten

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

zeitliche Aspekte

- BAND-Modell (StochLab → Caneco et al. 2022)
- Review (Mercker et al 2023)

Kollisionsrisikomodell

„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“
„RKR-Modell“

- iSSM-Methode (Mercker et al 2021)
- Empirisch: Reichenbach et al (2023)
- Urquhart&Whitfield (2016)

3D örtliche Aspekte

zeitliche Aspekte

- Ausweichverhalten (“Avoidance rate”)
- Habitatselektion
- Abstand Brutplatz
- Flughöhe
- Fluggeschwindigkeiten
- Fliegen/Rasten Tagesphänologie

- iSSM-Methode (Mercker et al 2021)
- BDEW (2022)

- Reichenbach & Aussieker (2021)

- Pfeiffer & Meyburg (2022)

- Pfeiffer & Meyburg (2022)
- LfU-Arbeitskreis Antikollisionssysteme (2023)

- Pfeiffer & Meyburg (2022)

- BAND-Modell (StochLab → Caneco et al. **2022**)
- Review (Mercker et al **2023**)

Kollisionsrisikomodelle

„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodelle“
 „RKR-Modell“

- iSSM-Methode (Mercker et al **2021**)
- Empirisch: Reichenbach et al (**2023**)
- Urquhart&Whitfield (**2016**)

3D örtliche Aspekte

zeitliche Aspekte

- Ausweichverhalten ("Avoidance rate")
- Habitatselektion
- Abstand Brutplatz
- Flughöhe
- Fluggeschwindigkeiten
- Fliegen/Rasten Tagesphänologie

- iSSM-Methode (Mercker et al **2021**)
- BDEW (**2022**)

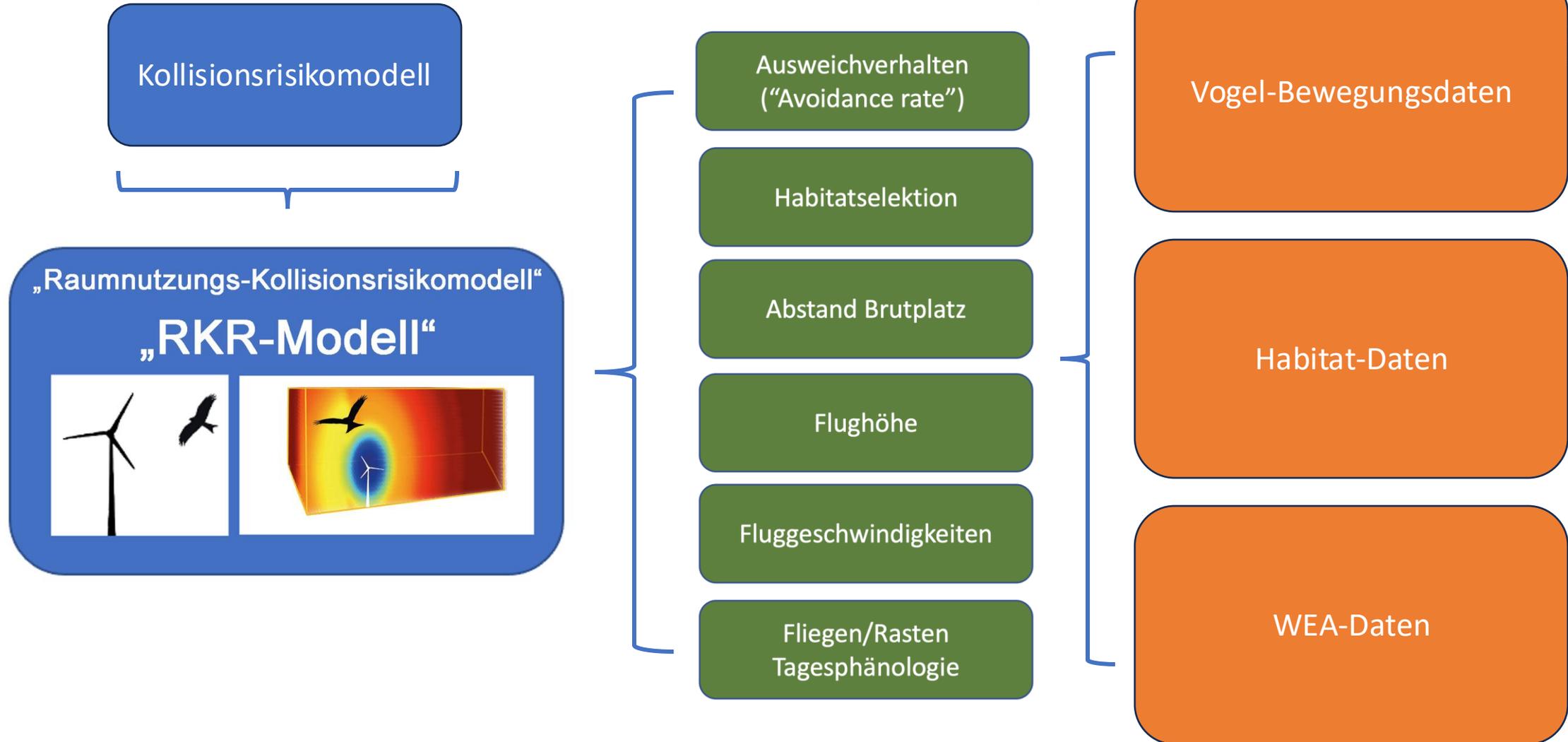
- Reichenbach & Aussieker (**2021**)

- Pfeiffer & Meyburg (**2022**)

- Pfeiffer & Meyburg (**2022**)
- LfU-Arbeitskreis Antikollisionssysteme (**2023**)

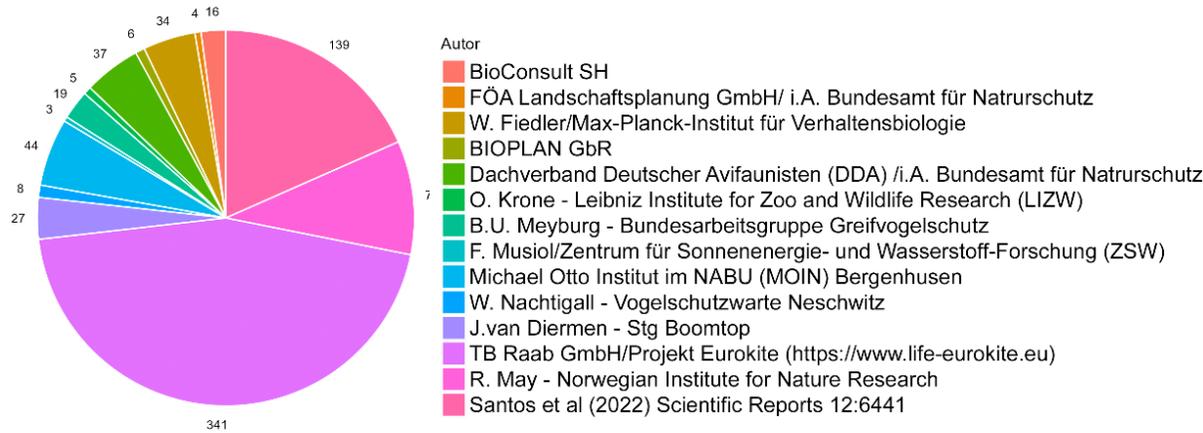
- Pfeiffer & Meyburg (**2022**)

Modellierungskonzept

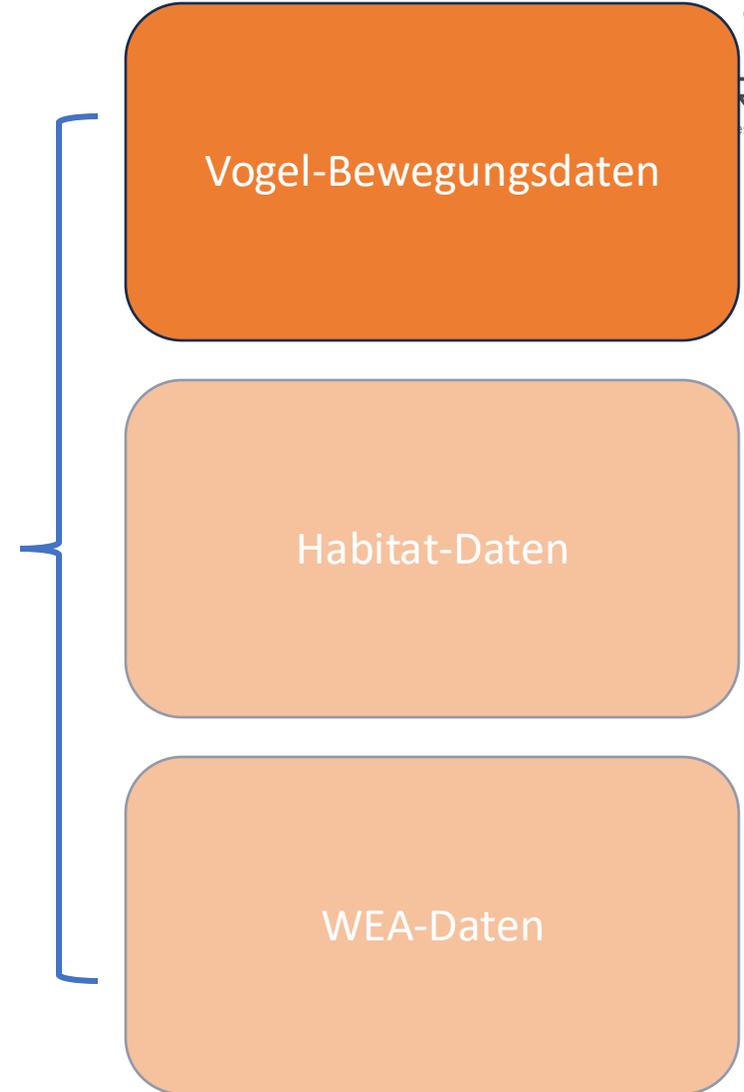
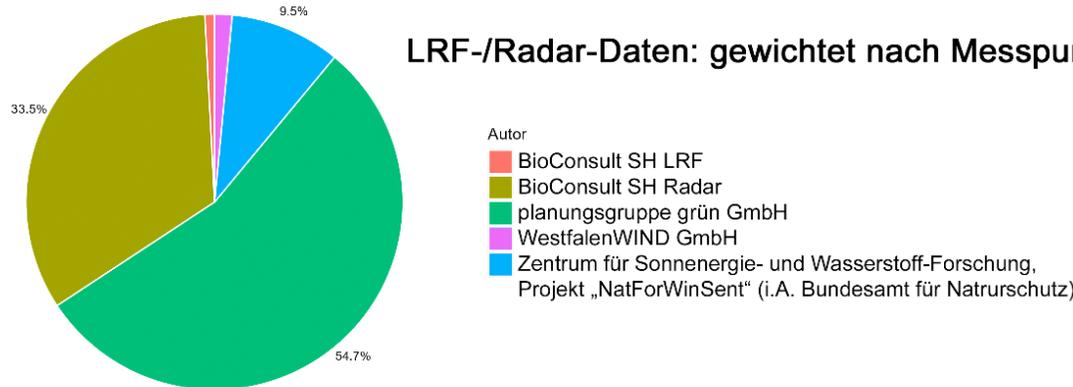


Vogel-Bewegungsdaten

GPS-Daten: Anteile Datenquellen (gewichtet nach Individuen)



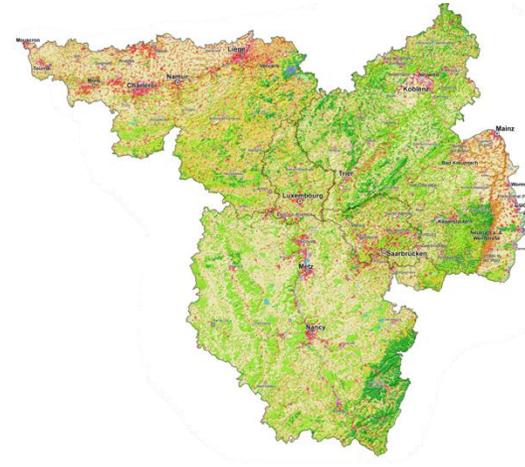
LRF-/Radar-Daten: gewichtet nach Messpunkten



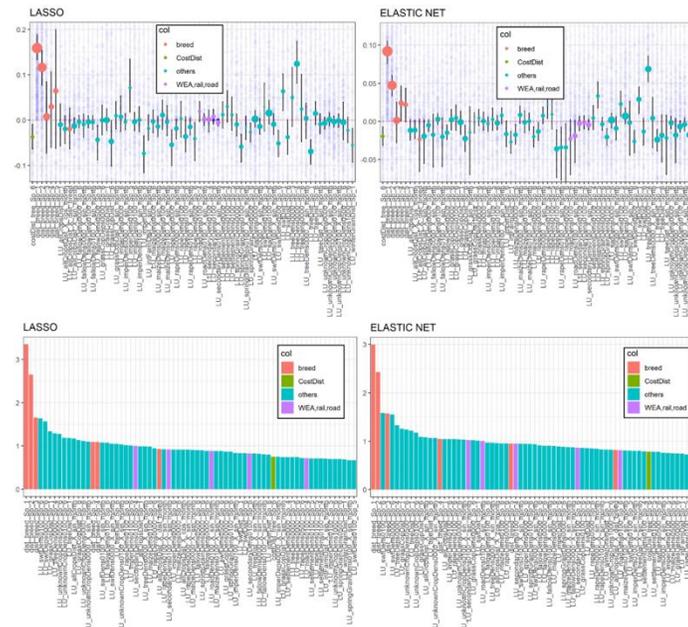
N= 70.000.000 Datenpunkte (GPS-, LRF-, Radardaten)

Stand: Pilotstudie, Daten wurden im Kontext der Folgestudie weiter ergänzt (z. B. um Kameradaten)

Habitatdaten



https://www.sig-gr.eu/de/cartes-thematiques/occupation-sols/corine_land_cover/2018.html



Untersucht:

- Copernicus Corine Land Cover
- Copernicus High Resolution Layer
- OpenStreetMap
- Agrarvariablen (Invekos/LPIS)

→ daraus diverse Variationen (Abstände, Dichte, usw.)

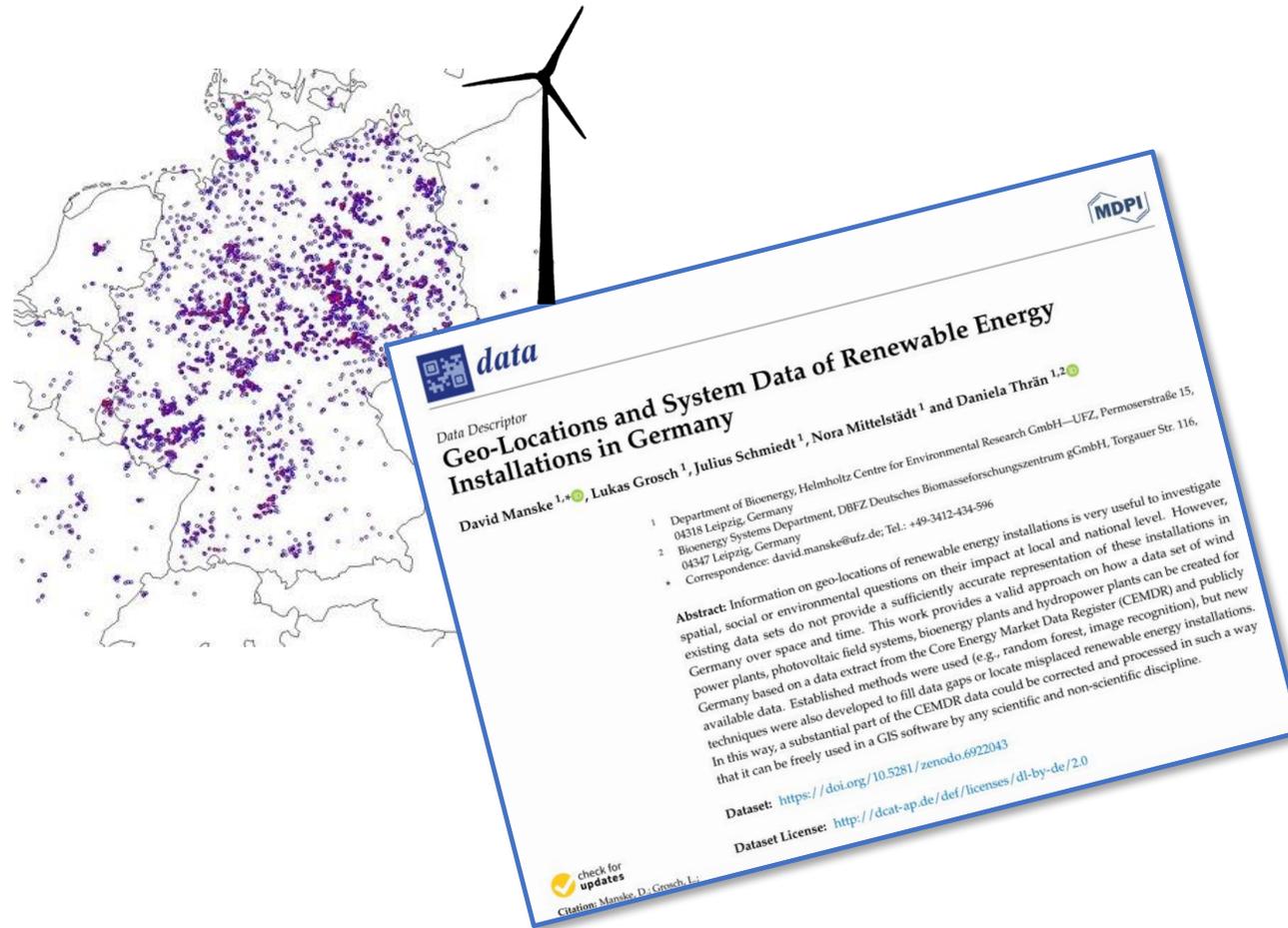
→ > 4.000 untersuchte Variablen

Vogel-Bewegungsdaten

Habitat-Daten

WEA-Daten

WEA-Daten



Vogel-Bewegungsdaten

Habitat-Daten

WEA-Daten

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung
 Manske et al (2022)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6922043>

Kollisionsrisikomodell



„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“

„RKR-Modell“

Ziel: ALLE BENÖTIGTEN PARAMETER EMPIRISCH VALIDE BESTIMMEN

Habitatselektion

Ausweichverhalten ("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

Vogel-Bewegungsdaten

Habitat-Daten

WEA-Daten

Habitatselektion

Habitatselektion

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

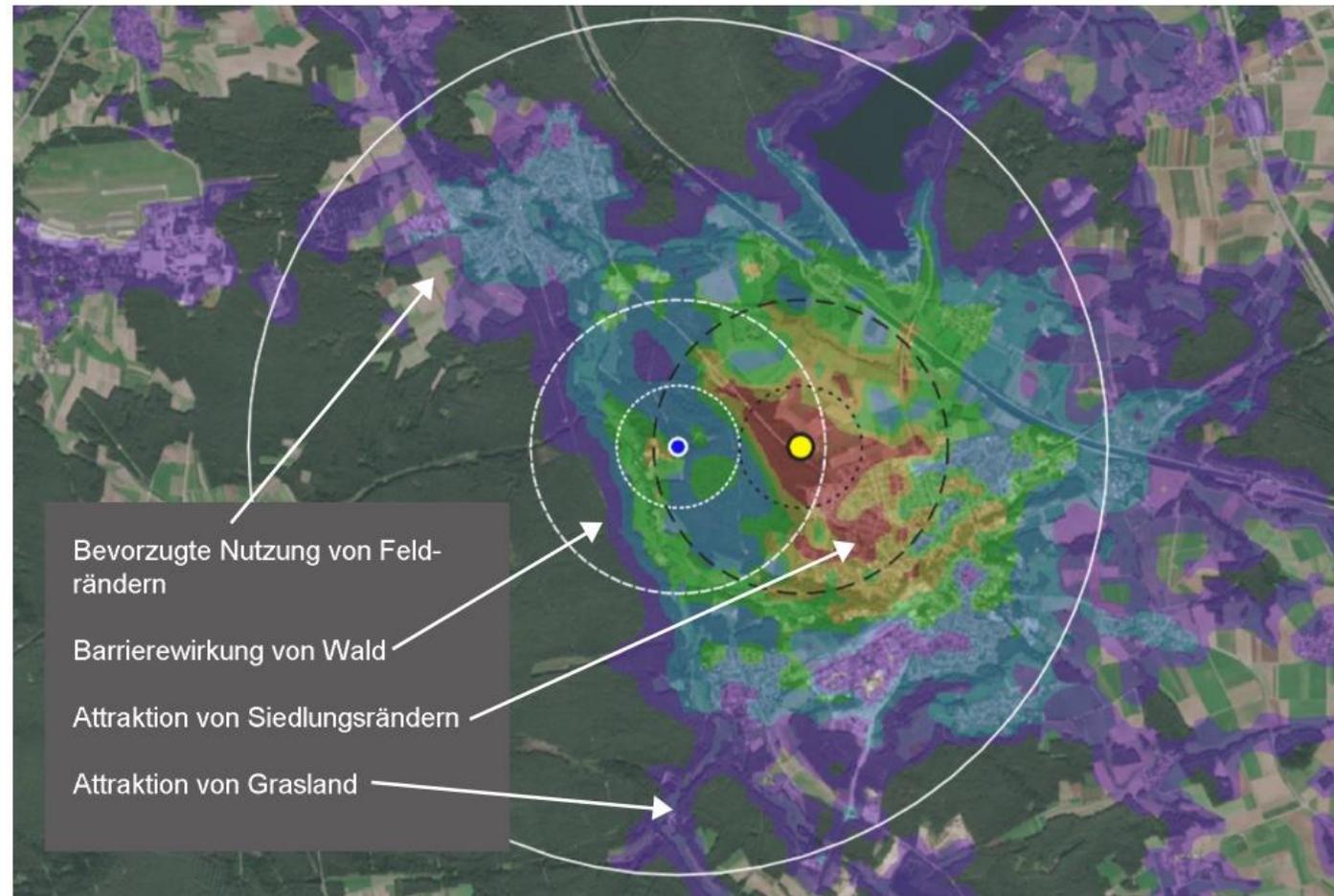
Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten



- Weiterentwicklung iSSM-Framework ("integrated step selection models")
- > 3.000.000 Rotmilan-GPS-Punkte
- > 4.000 untersuchte Variablen(varianten) --> Selektion
- Ergebnisse können für Prognosen genutzt werden

- Habitatselektion
- Ausweichverhalten ("Avoidance rate")
- Abstand Brutplatz
- Flughöhe
- Fliegen/Rasten Tagesphänologie
- Fluggeschwindigkeiten



Projektgebiet	Rotmilan Brutplatz mit RKR-Prognose	Aktionsraum als kumulativer Anteil der Flugzeit [%]
500 m Puffer	Ausgewerteter Brutplatz	0 - 50
1.200 m Puffer	500 m Puffer um Brutplätze	50 - 60
3.500 m Puffer	1.200 m Puffer um Brutplätze	60 - 70
Windenergieanlagen (WEA)	geplante WEA	70 - 80
		80 - 90

Habitatselektion

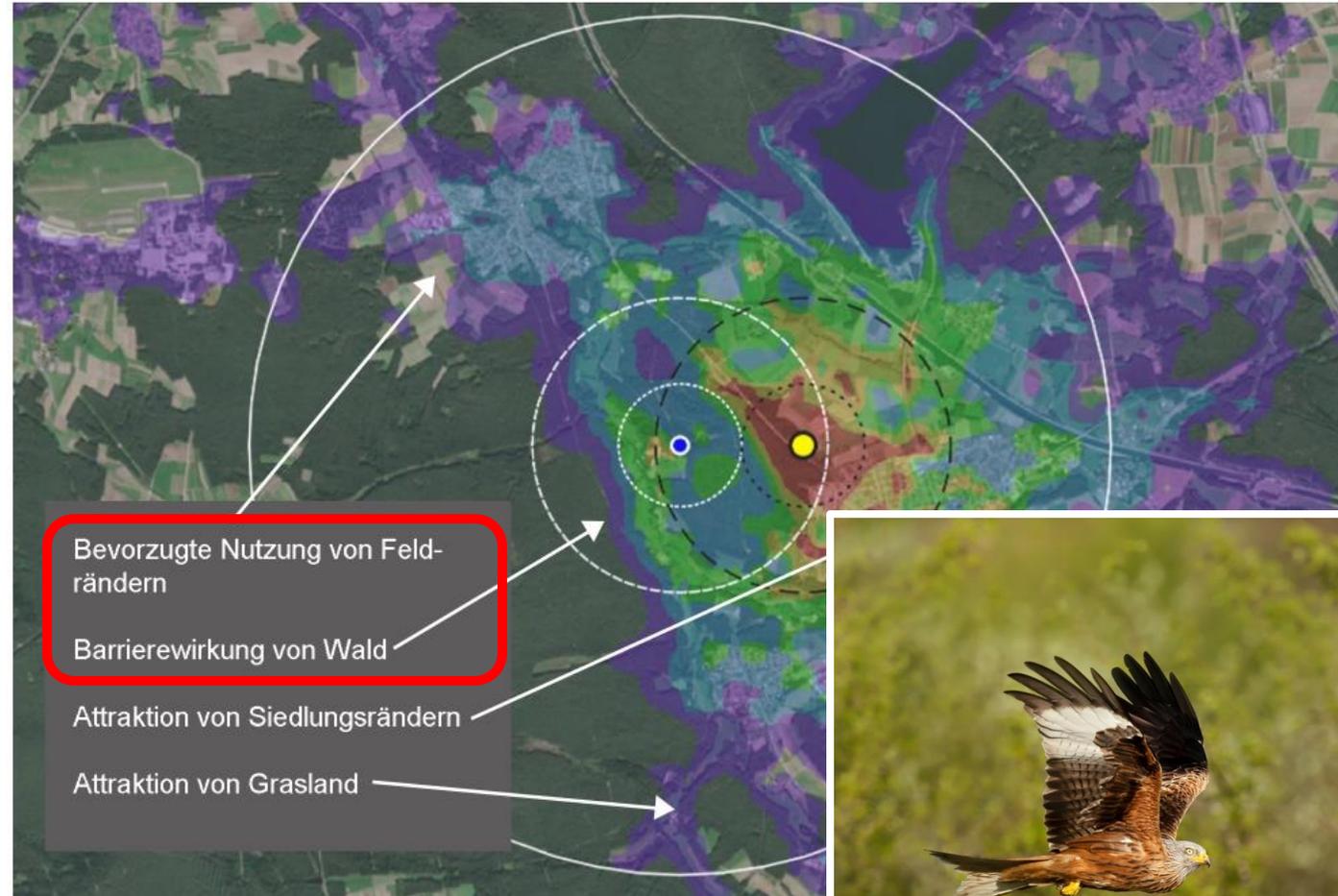
Ausweichverhalten ("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten



Hintergrundkarte des Bildes: © Europäische Union, enthält Copernicus Sentinel-2-Daten (2018), verarbeitet durch das Landesamt für Kartografie und Geodäsie (BKG).



Foto: Giedrius / shutterstock.com

Habitatselektion

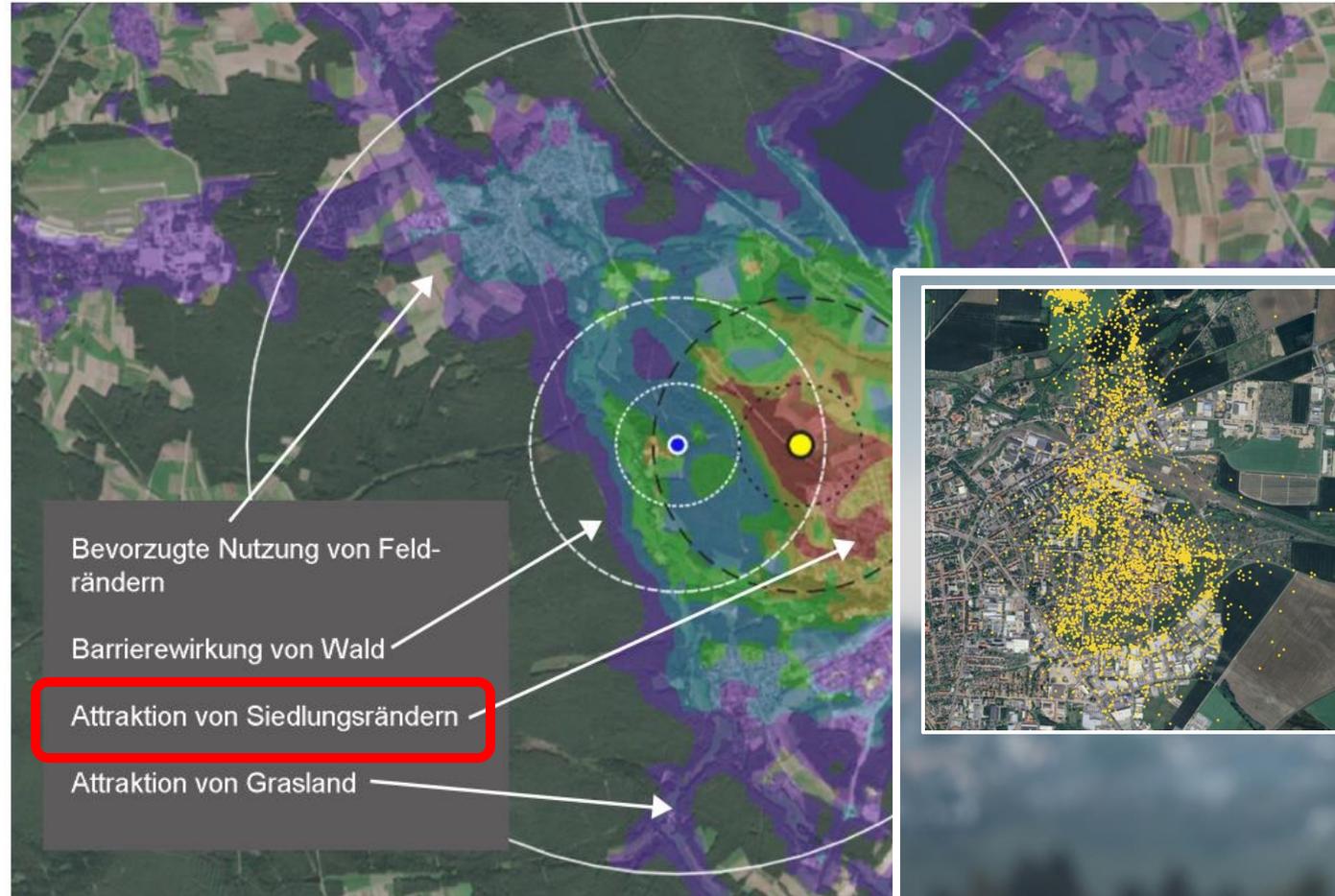
Ausweichverhalten ("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

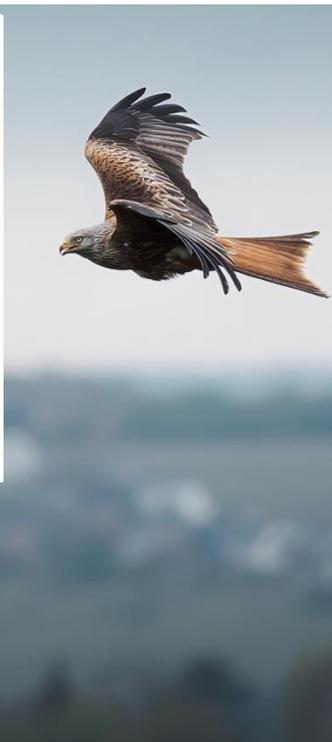
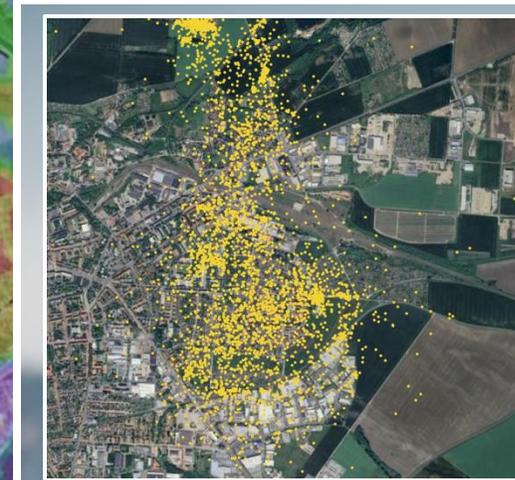
Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten



Hintergrundkarte des Bildes: © Europäische Union, enthält Copernicus Sentinel-2-Daten (2018), verarbeitet durch das Landesamt für Kartografie und Geodäsie (BKG).



Trackingdaten & Visualisierung: Rotmilanzentrum am Museum Heineanum, gefördert durch das Land Sachsen-Anhalt
Foto fliegen der Rotmilan: Wirestock Creators / shutterstock.com

Habitatselektion

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

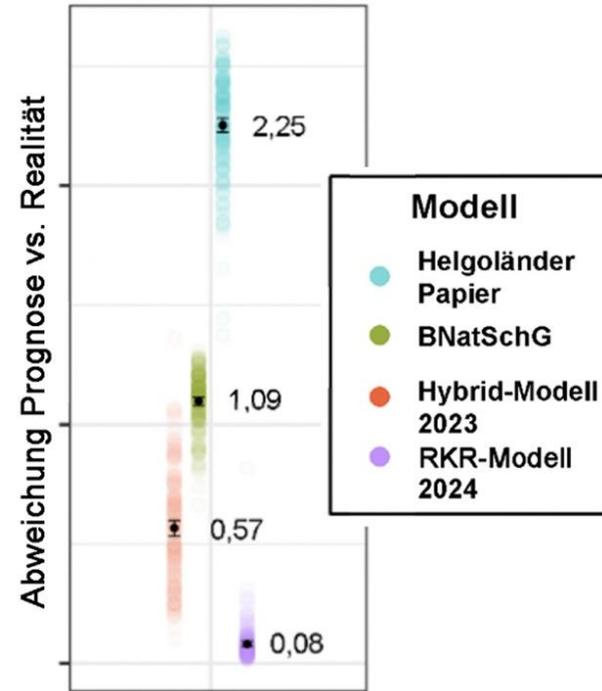
Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

Prognose vs. reale Habitatnutzung/-selektion



Mikro-avoidance

Meso-avoidance

Makro-avoidance

Habitatselektion

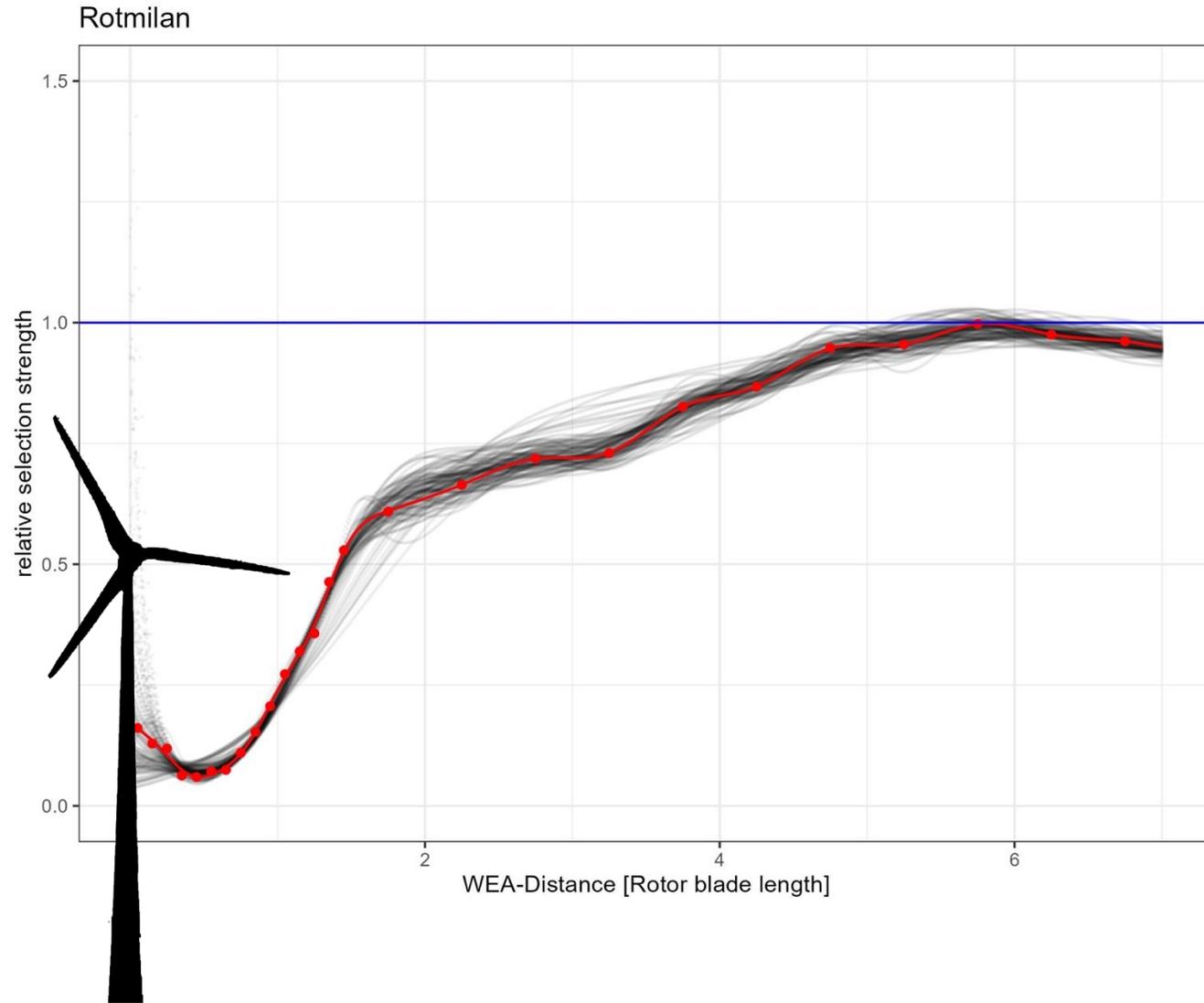
Ausweichverhalten ("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten



Habitatselektion

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

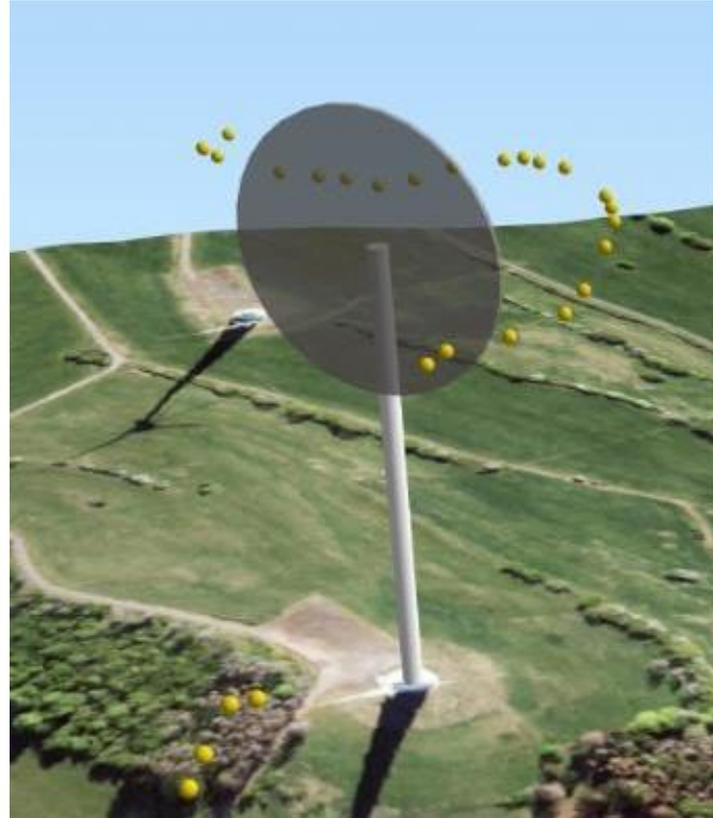
Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

Mikro-avoidance



Meso-avoidance



Makro-avoidance

Habitatselektion

Mikro-avoidance**Meso-avoidance****Makro-avoidance**Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

Gesamt-avoidance: ~ 98 %

Externe Schätzungen in ganz ähnlicher Größenordnung:

- Reichenbach et al (2023): 98,3%-99,1%
- Scottish Natural Heritage (2010,2018): 98%, 99%

Habitatselektion

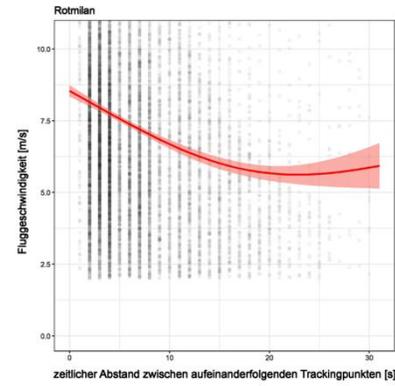
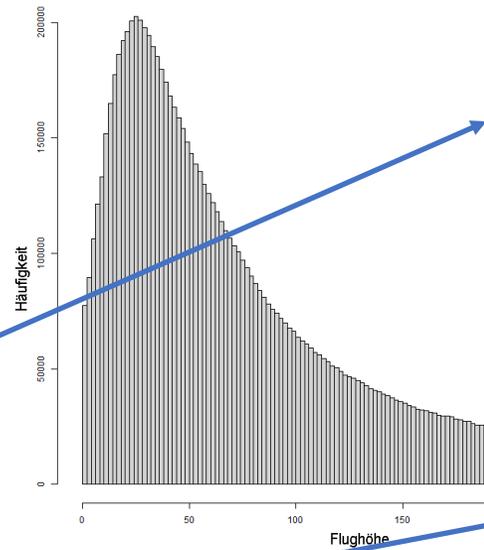
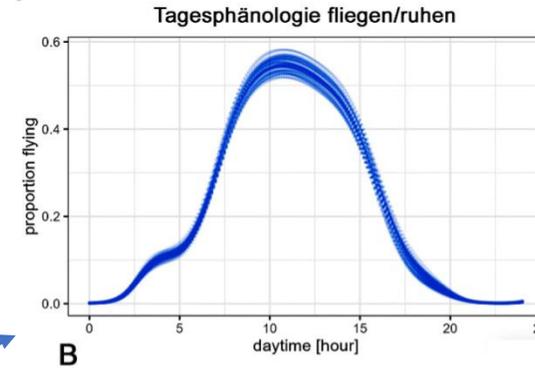
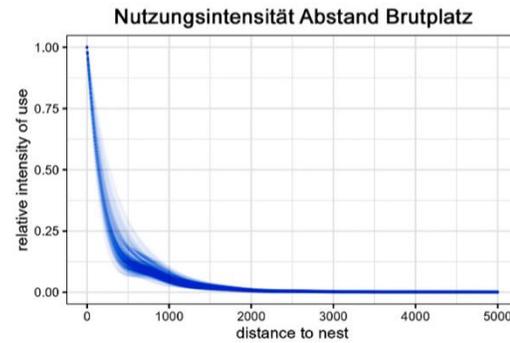
Ausweichverhalten ("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten



Qualitativ und quantitativ übereinstimmend mit u.a.

- Reichenbach & Aussieker (2021)
- Meyburg & Pfeiffer (2022)

Habitatselektion

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

hohe Nutzung



geringe Nutzung

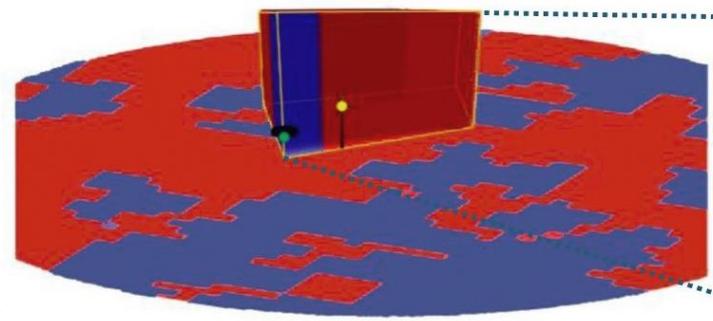


WEA

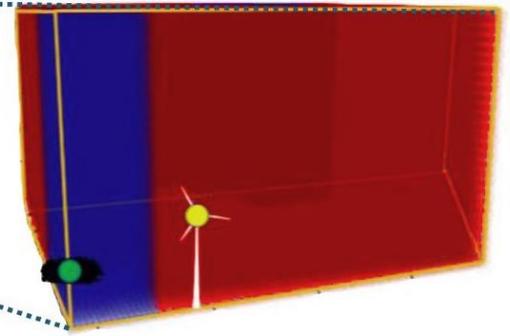


Brutplatz

Exemplarischer Ausschnitt
3D Würfel

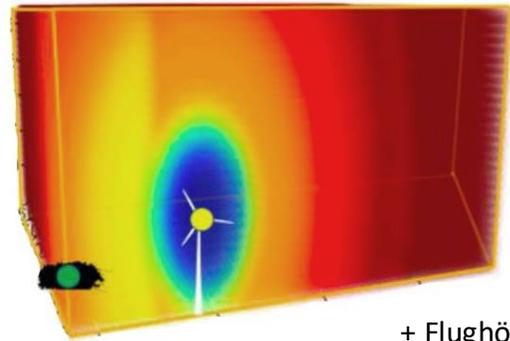


Nutzungsintensität Habitat

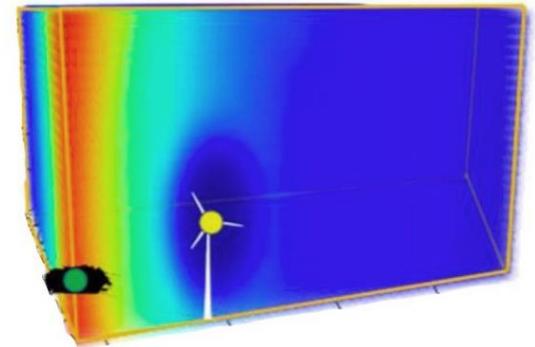


Umfeld des Brutplatzes mit 2 verschiedenen Habitattypen

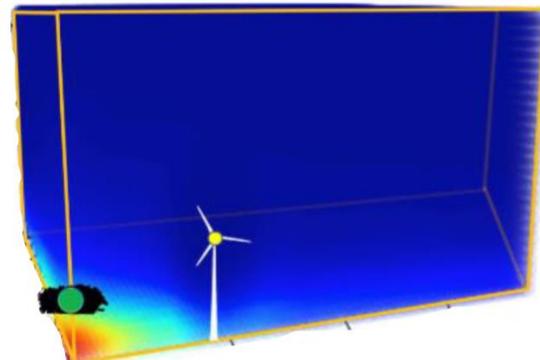
+ WEA-Ausweichverhalten



+ Nutzungsintensität Distanz Brutplatz



+ Flughöhenverteilung



Kollisionsrisiko pro Individuum und Saison + Konfidenzintervalle

Habitatselektion

Ausweichverhalten ("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

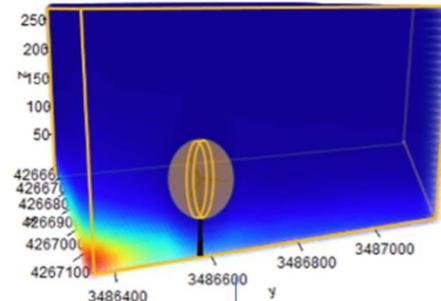
Flughöhe

Fliegen/Rasten Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

Kollisionsrisikomodell zeitliche Aspekte

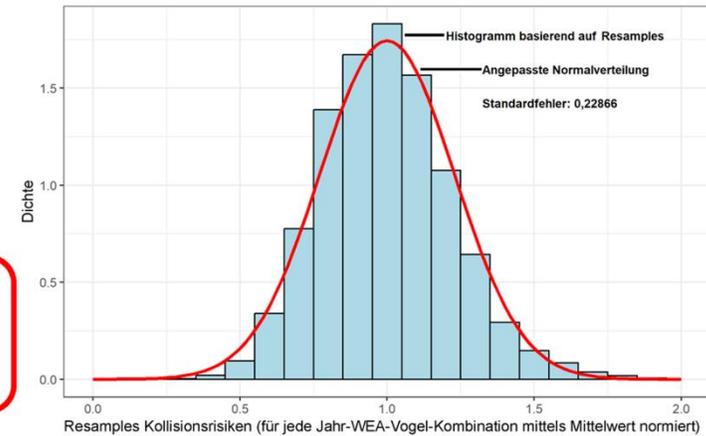
Prognostizierte 3D Raumnutzung



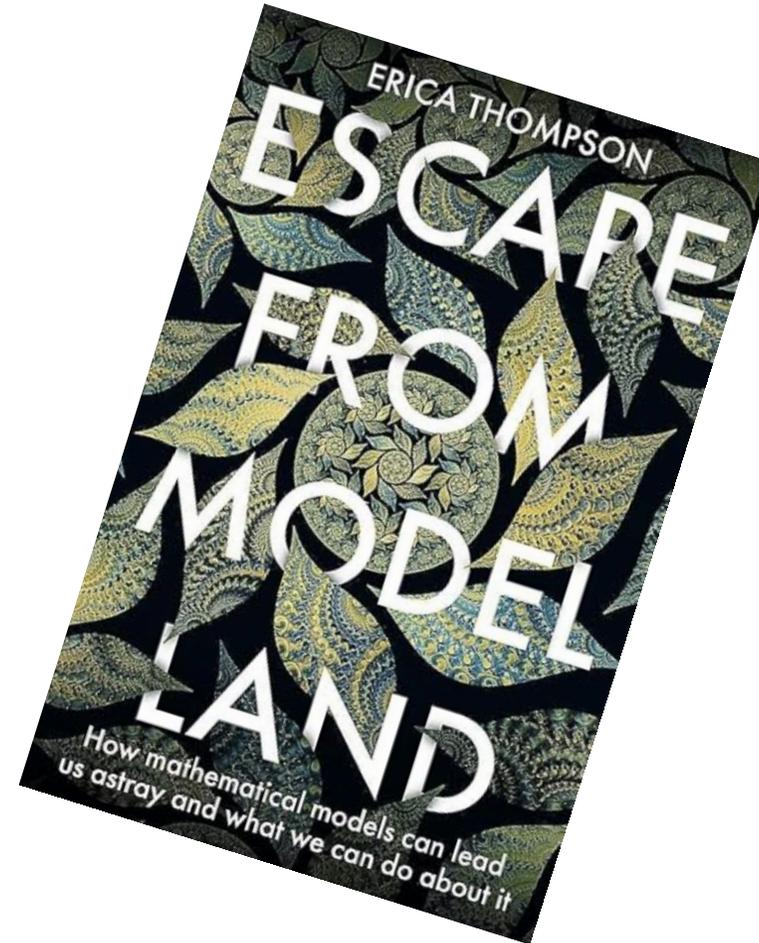
Kollisionsrisiko pro WEA, Individuum und Brutsaison

für die spezifische Konstellation

Schätz-Unsicherheiten

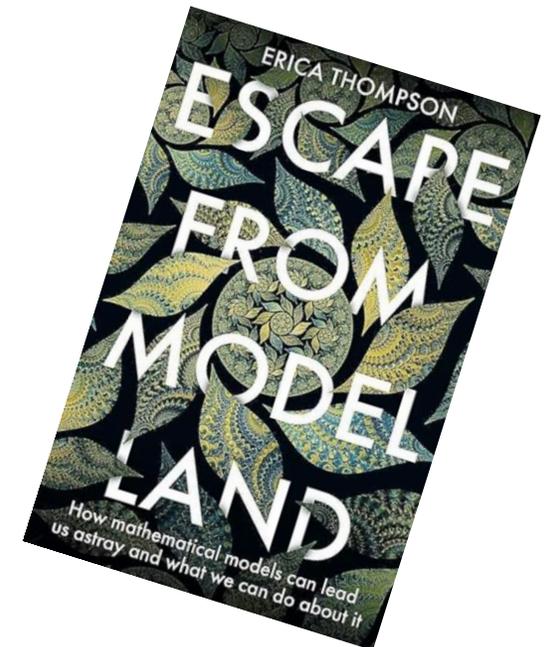
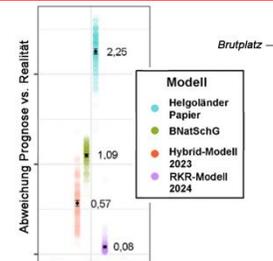


Validierung des RKR-Modells



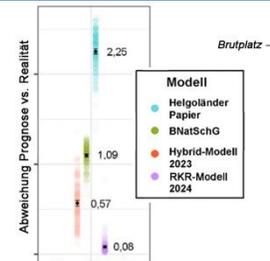
Validierung des RKR-Modells

Über Vergleich der RKR-
Raumnutzungsprognosen
Real vs. prognostiziert

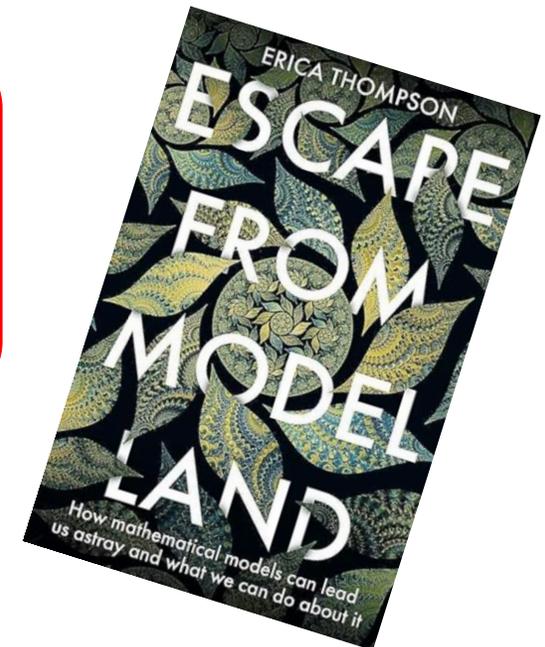
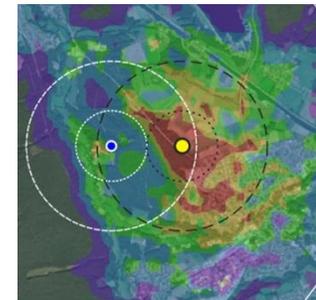


Validierung des RKR-Modells

Über Vergleich der RKR-
Raumnutzungsprognosen
Real vs. prognostiziert



Über Plausibilität
der Ergebnisse
zur
Habitatselektion



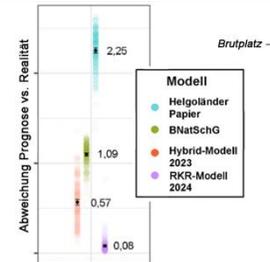
Validierung des RKR-Modells

Robustheit/Übertragbarkeit

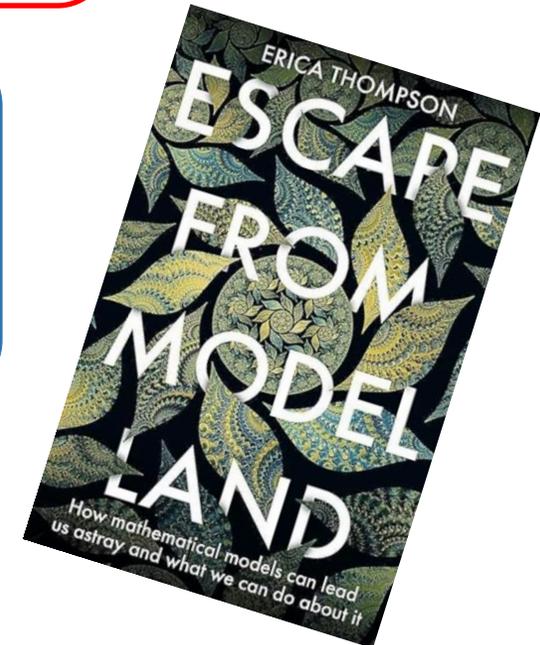
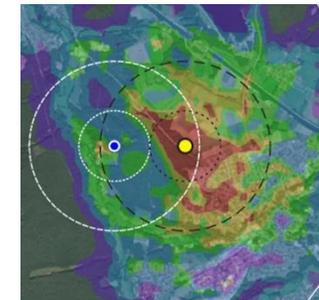
Ergebnisse unabhängig von Großregion oder Daten



Über Vergleich der RKR-Raumnutzungsprognosen Real vs. prognostiziert



Über Plausibilität der Ergebnisse zur Habitatselektion



Validierung des RKR-Modells

Über externe empirischen Studien

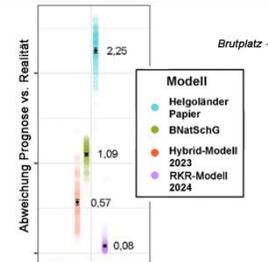
- PROGRESS-Studie
- Bellebaum (2013)
- Reichenbach et al (2023)
- LIFE EUROKITE Kollisionsopfer (2024)

Robustheit/Übertragbarkeit

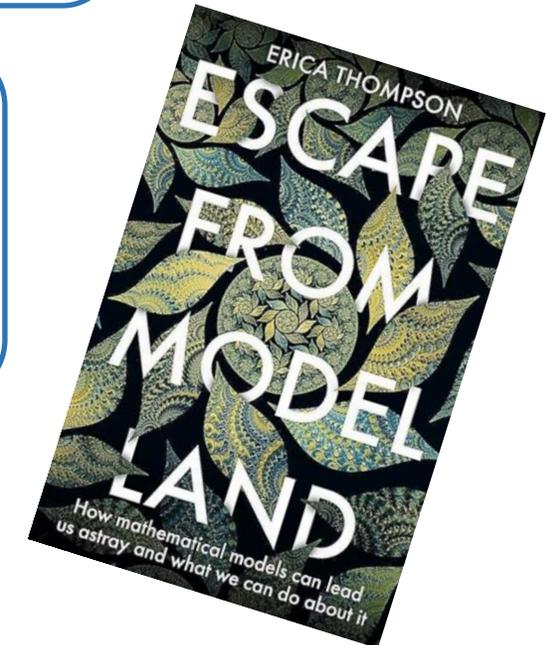
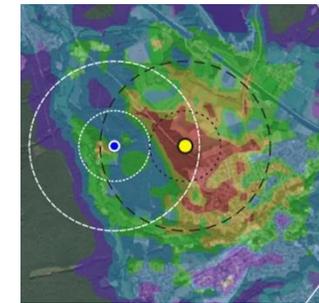
Ergebnisse unabhängig von Großregion oder Daten



Über Vergleich der RKR-Raumnutzungsprognosen
Real vs. prognostiziert



Über Plausibilität der Ergebnisse zur Habitatselektion



Validierung des RKR-Modells

Über externe empirischen Studien

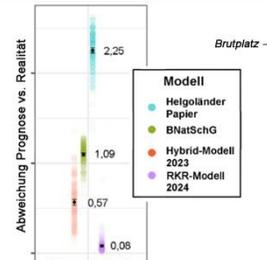
- PROGRESS-Studie (2016,2017)
- Bellebaum (2013)
- Reichenbach et al (2023)
- LIFE EUROKITE Kollisionsopfer (2024)

Robustheit/Übertragbarkeit

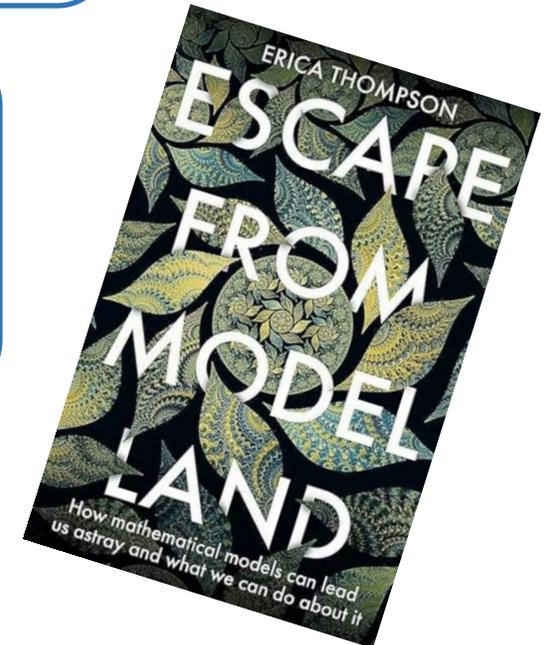
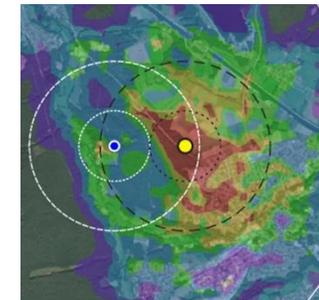
Ergebnisse unabhängig von Großregion oder Daten



Über Vergleich der RKR-Raumnutzungsprognosen Real vs. prognostiziert



Über Plausibilität der Ergebnisse zur Habitatselektion



→ **das RKR-Modell erfüllt die Voraussetzungen für belastbare Prognosen und ist in hohem Maße robust.**

→ mit zunehmenden Daten weitere Aktualisierungen/Validierungen möglich

Praktische Anwendung des RKR-Modells → sehr einfach

Eingangsdaten



Berechnungsvorschrift



Ergebnis und Bewertung

Koordinaten Brutplatz

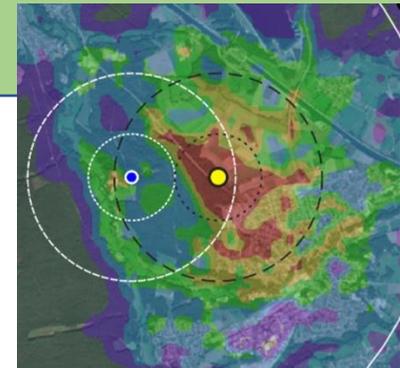
Habitat-Informationen

Daten
Windenergieanlage

„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“
„RKR-Modell“

**Kollisionsrisiko pro Individuum
und Saison**

*Bewertung anhand vereinbarter
Schwellenwerte*



Praktische Anwendung des RKR-Modells → sehr einfach

Gutachterliche Überprüfung, Bewertung, Interpretation und Einordnung

Eingangsdaten



Berechnungsvorschrift



Ergebnis und Bewertung

Koordinaten Brutplatz

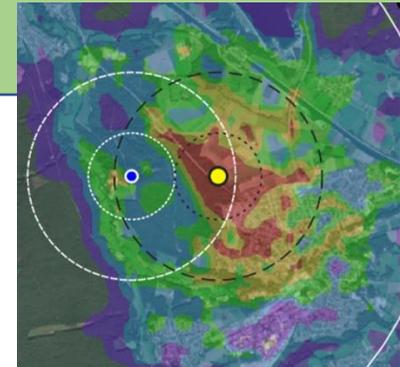
Habitat-Informationen

Daten
Windenergieanlage

„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“
„RKR-Modell“

Kollisionsrisiko pro Individuum und Saison

Bewertung anhand vereinbarter Schwellenwerte



Resonanz (Pilotstudie)



Bericht der Bundesregierung zum Prüfauftrag zur Probabilistik nach § 74 Absatz 6 Satz 1 BNatSchG

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Kurzüberblick
2	Setzung einer Signifikanzschwelle
2.1	Die Probabilistik im System der Regelvermutungen des § 45b BNatSchG
2.2	Erklärung der probabilistischen Umsetzung im § 45b BNatSchG

Deutscher Bundestag		Drucksache 20/9830
20. Wahlperiode		15.12.2023
Unterrichtung		
durch die Bundesregierung		
Bericht zur Prüfung der Einführung einer probabilistischen Methode zur Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit von Brutvögeln bei Windenergieanlagen an Land		
Inhaltsverzeichnis		Seite
Zusammenfassung 2		
1	Einleitung	2
2	Wissenschaftlicher Kenntnisstand zu methodischen Ansätzen der Probabilistik und Bewertung	3
3	Möglicher Nutzen und Vorteile der Einführung der Probabilistik	4
4	Noch ausstehende Bearbeitungsschritte	7
4.1	Fachliche Erläuterungen zu den einzelnen Bearbeitungsschritten	8
	Zu 1.: Signifikanzschwelle.....	8
	Zu 2.: Erprobung und Evaluierung.....	8

Stellungnahme der Naturschutzverbände BUND e. V. und NABU e.V. zum Bericht der Bundesregierung zum Prüfauftrag zur Probabilistik nach § 74 Absatz 6 Satz 1 BNatSchG (Stand 2.11.2023)

Einführung

BUND e. V. und NABU e. V. vertreten über eine Millionen Mitglieder sowie über 4000 lokale und regionale Gruppen und weisen vielfältige Erfahrungen in der Verbandsbeteiligung in Genehmigungsverfahren sowie Einzelfallkonstellationen in der Energiewende und im praktischem Artenschutz auf. Zum Gelingen einer naturverträglichen und bürgernahen Energiewende dürfen Biodiversitäts- und Klimaschutz nicht gegeneinander ausgespielt, sondern müssen konsequent zusammengedacht werden; sowohl die Beschleunigung eines naturverträglichen Ausbaus der Windenergie als auch die reale Beschleunigung der Umsetzung notwendiger und wirksamer Artenschutzmaßnahmen sind essenziell, um die gemeinsamen Ziele in Klima- und Naturschutz zu erreichen.

Die Prüfung von Möglichkeiten zur Verbesserung und Beschleunigungen des Vollzugs bestehenden Rechts wird daher grundsätzlich begrüßt und im Rahmen der Unterarbeitsgruppe 2 (UAG 2) der Umweltministerkonferenz (UMK) konstruktiv begleitet.

Maßstab für die Bewertung der probabilistischen Methode sind für die anerkannten Naturschutzverbände:

- Dient die einzuführende Methode verlässlicher, objektiv überprüfbarer und rechtssicherer der fak-



In Diskussion oder Planung

- **Vorbereitung Anpassung an weitere Arten:** Daten aufbereitet für Weißstorch & Seeadler, zeitnahe Anpassung möglich (Zusammenarbeit BioConsult SH, TB Raab)
- **Strategische Möglichkeiten:** großräumig (bspw. pro Bundesland) Erstellung von Risikokarten (Zusammenarbeit ARSU / Oekofor / DDA)
- **Kollisionsrisiken an Freileitungen/Straßen/Schienen** (Zusammenarbeit TNL, TB Raab)
- **Kollisionen von Seevögeln an offshore-WEA** (Zusammenarbeit DDA, FTZ Büsum/Uni Kiel)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und an:



Jan Blew, Thilo Liesenjohann,
Jannis Liedtke



sowie

Rainhard Raab



„**Pilotstudie Probabilistik**“ - gefördert durch:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV)

„**Folgestudie Probabilistik**“ – gefördert durch:

BfN (mit Mitteln des BMUV unter dem Förderkennzeichen 3523 15 2300)

Download: <https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/probabilistik-in-der-signifikanz-bewertung/>



Siehe auch: Bundestag Drucksache 20/9830 vom 15.12. 2023