

Das Raumnutzungs-Kollisionsrisiko-Modell (RKR-Modell) – Aktueller Stand zu weiteren Arten und Anwendungsmöglichkeiten

Jan Blew, Moritz Mercker, Rainhard Raab

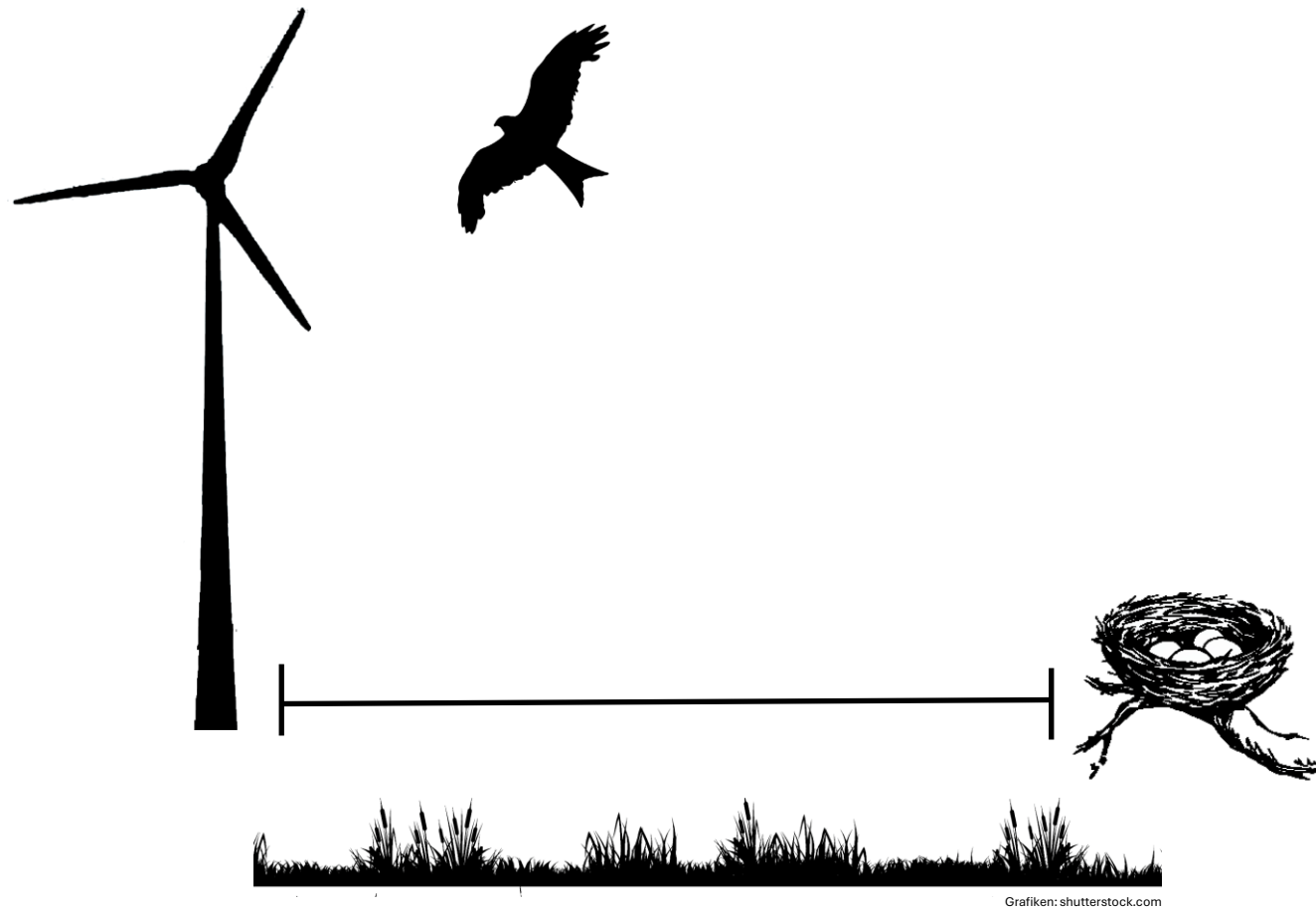


13. Runder Tisch Artenschutz 2026

Gliederung

- RKR Modell im Schnelldurchlauf (plus Anwendung)
- Integration von vier weiteren Arten
- Schätz(un)sicherheiten
- Anwendungsmöglichkeiten
(vor der Methoden-VO zur „probabilistischen Methode“ im BNatSchG)

Ziel: Berechnung des Kollisionsrisikos einer bestimmten Fall-Konstellation (Brutplatz, geplante WEA)

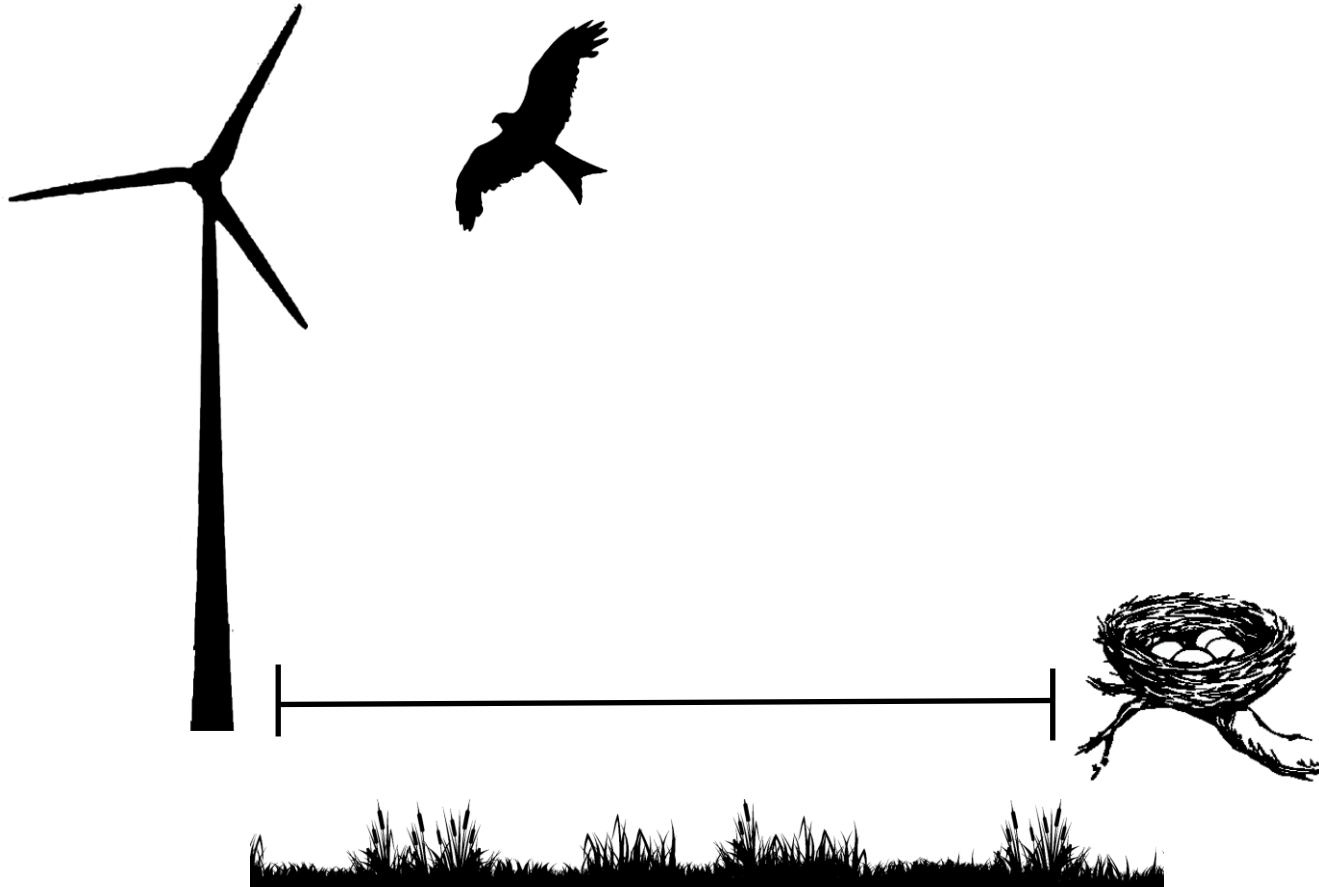


Ziel: Berechnung des Kollisionsrisikos einer bestimmten Fall-Konstellation (Brutplatz, geplante WEA)



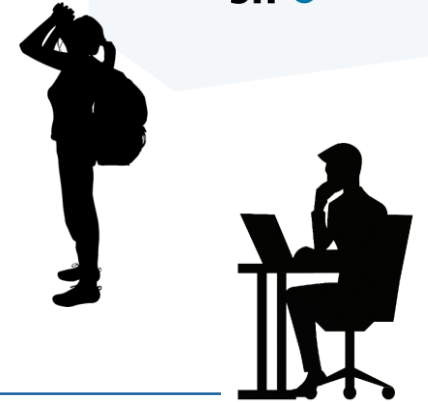
Raumnutzungsanalyse (RNA)

Habitatpotenzialanalyse (HPA)



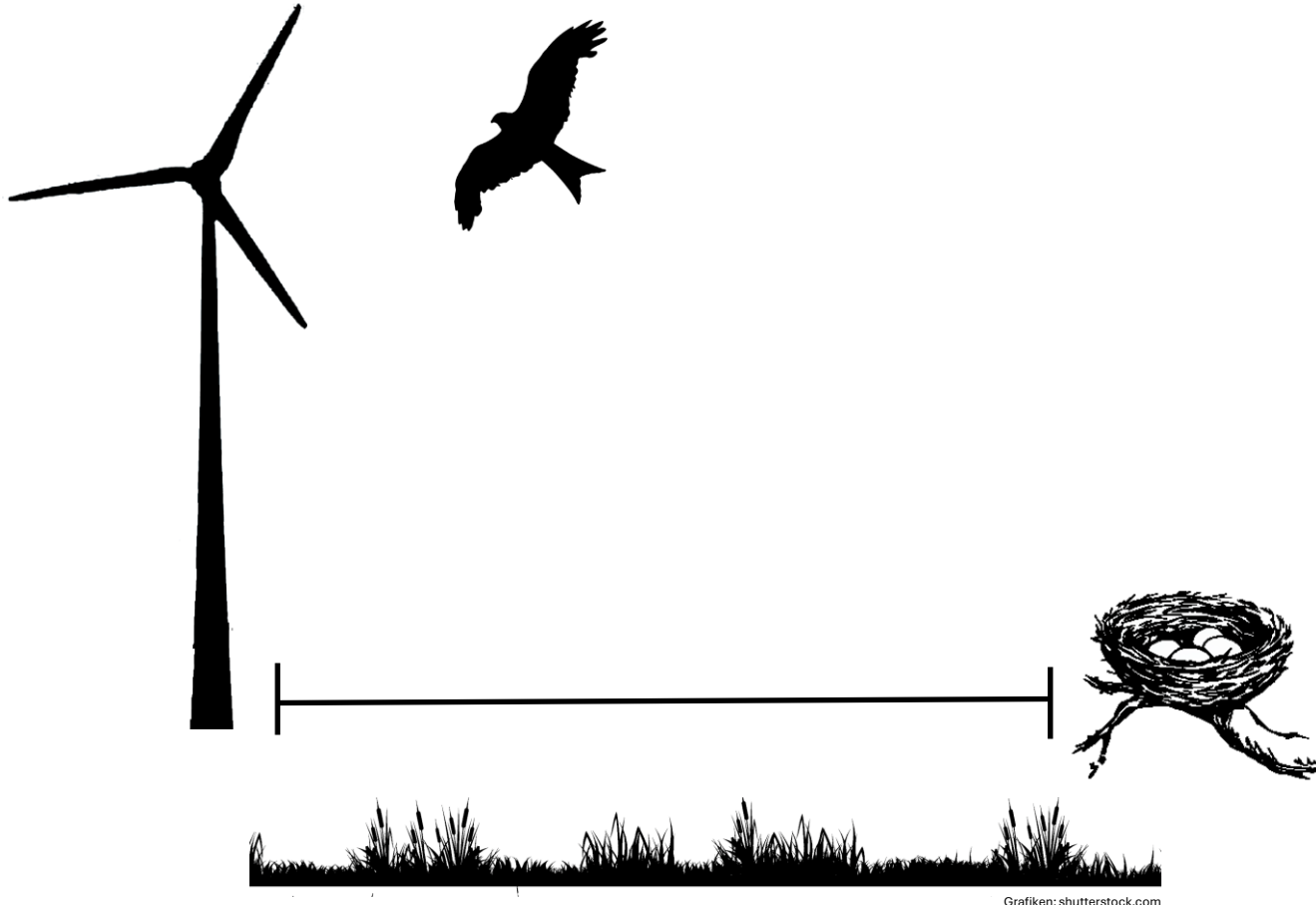
Grafiken: shutterstock.com

Ziel: Berechnung des Kollisionsrisikos einer bestimmten Fall-Konstellation (Brutplatz, geplante WEA)



Raumnutzungsanalyse (RNA)

Habitatpotenzialanalyse (HPA)

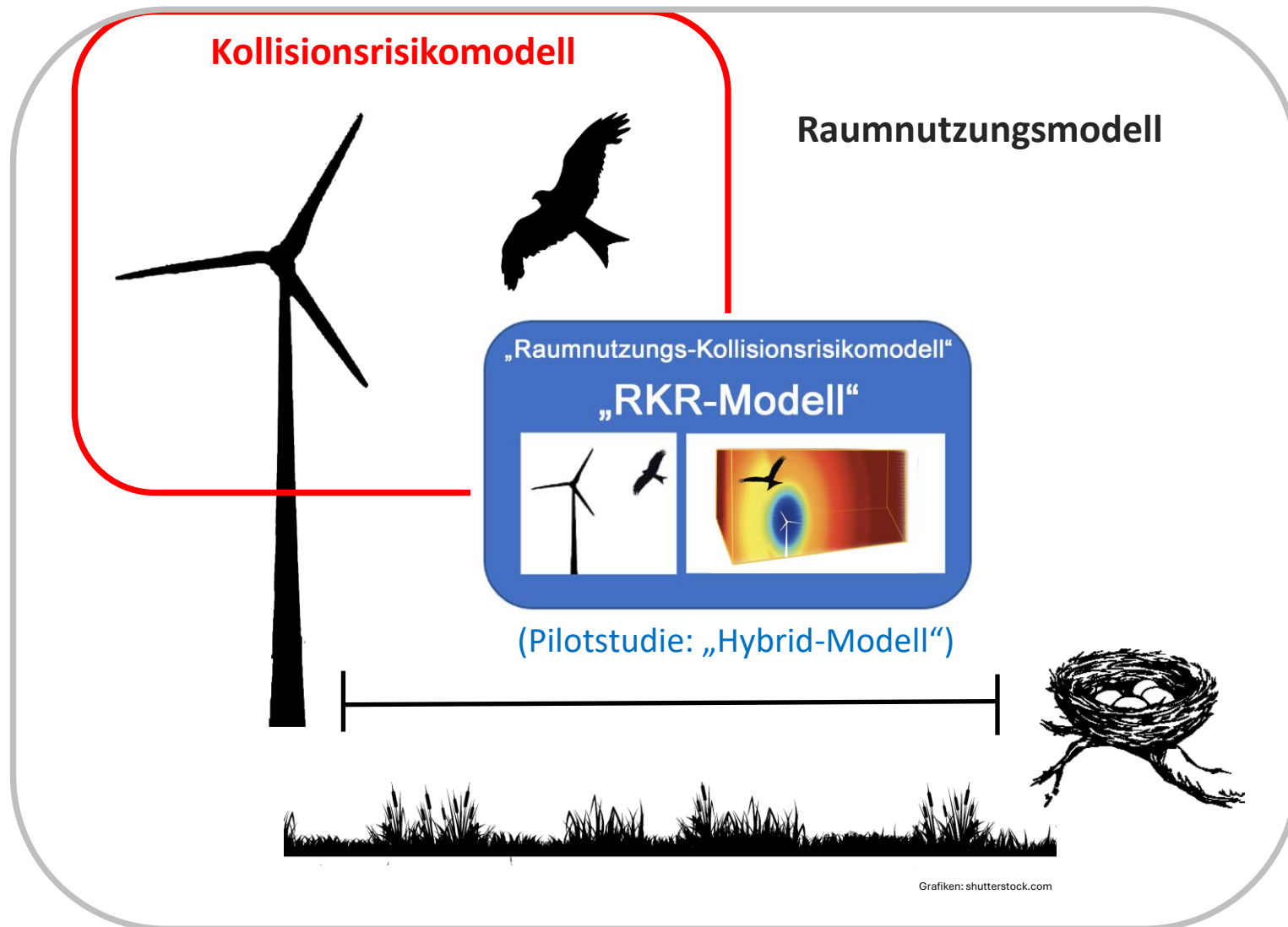


Berechnung RKR Modell



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

Modellierungskonzept



Modellierungskonzept

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Habitatselektion

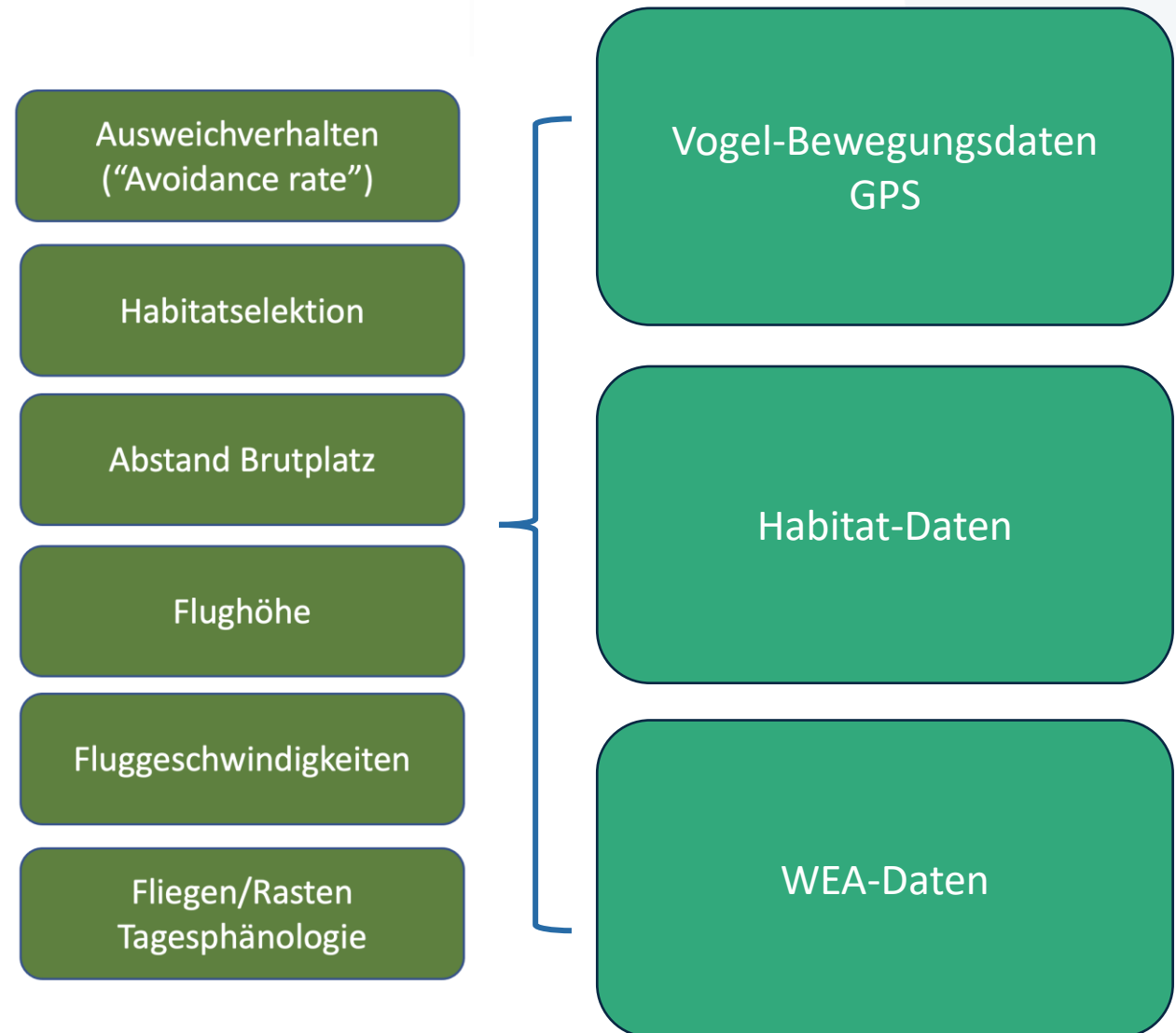
Abstand Brutplatz

Flughöhe

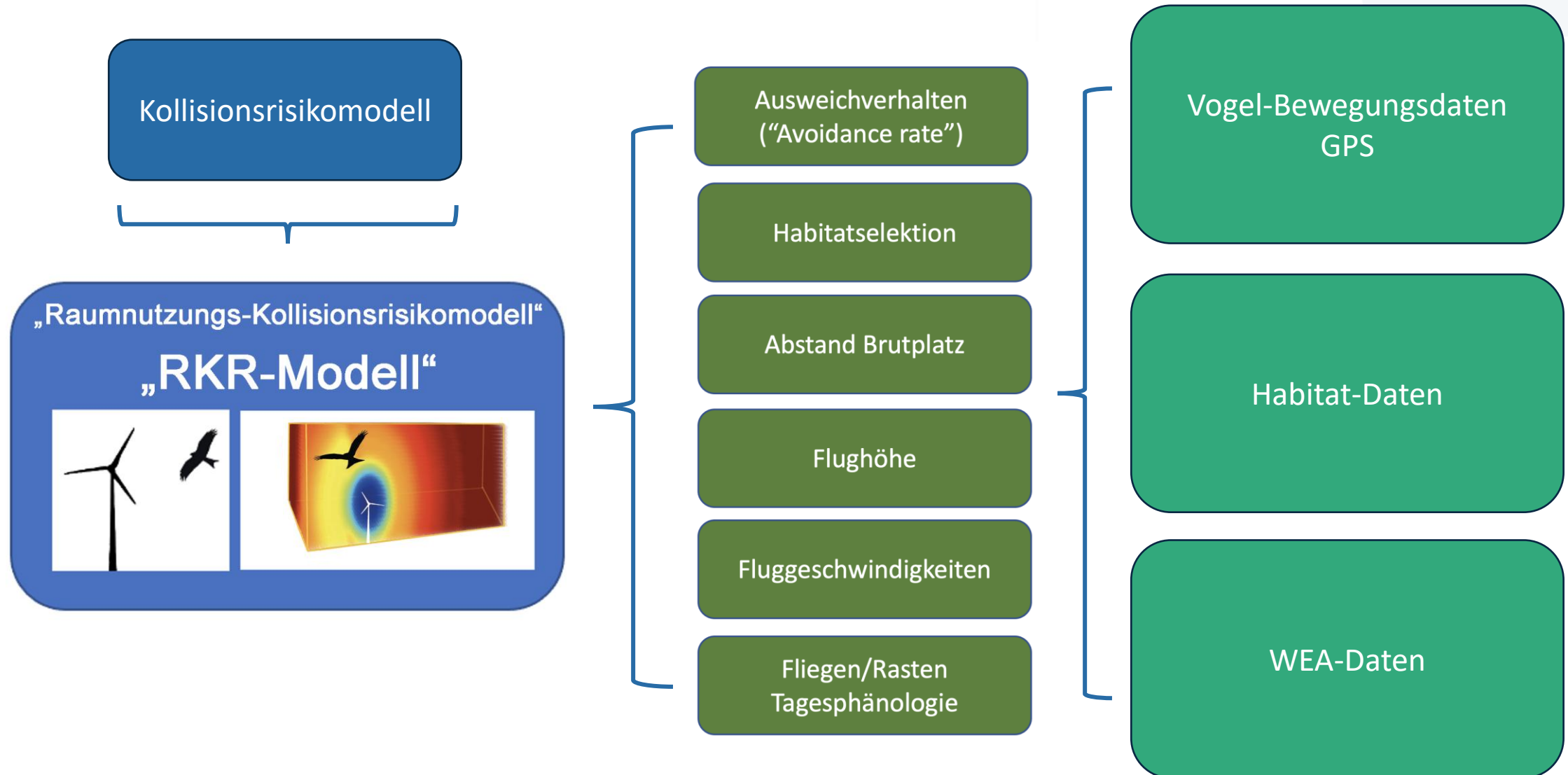
Fluggeschwindigkeiten

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Modellierungskonzept



Modellierungskonzept



Habitatselektion

Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

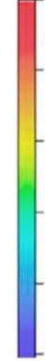
Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie

Fluggeschwindigkeiten

hohe Nutzung

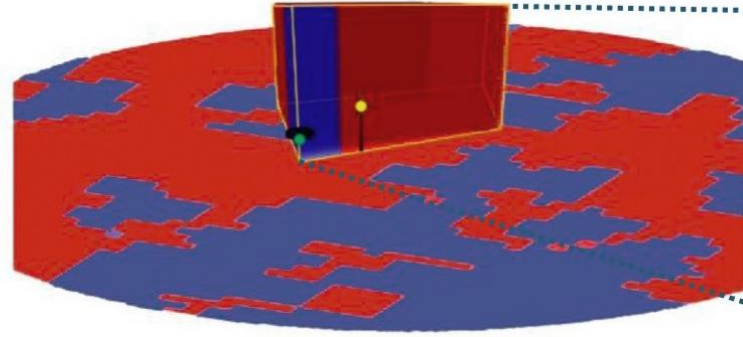


geringe Nutzung

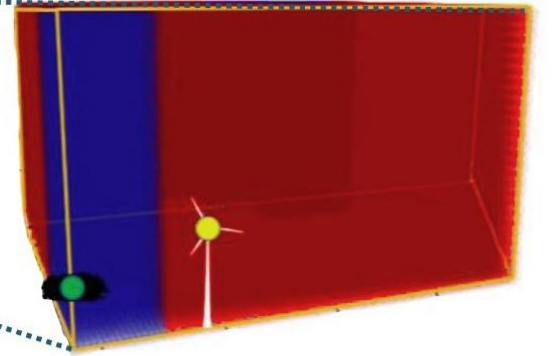
● WEA

● Brutplatz

Exemplarischer Ausschnitt
3D Würfel

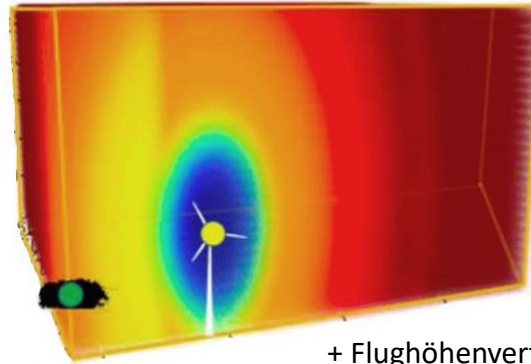


Nutzungsintensität Habitat

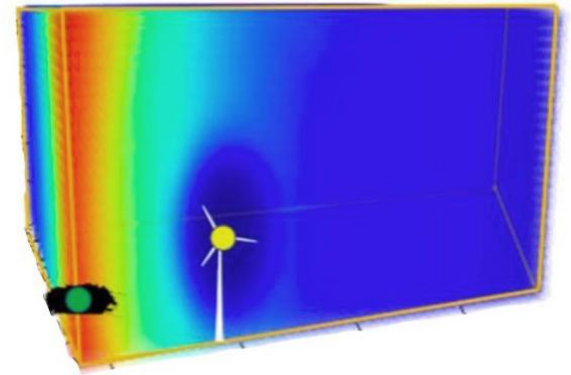


Umfeld des Brutplatzes mit 2 verschiedenen Habitattypen

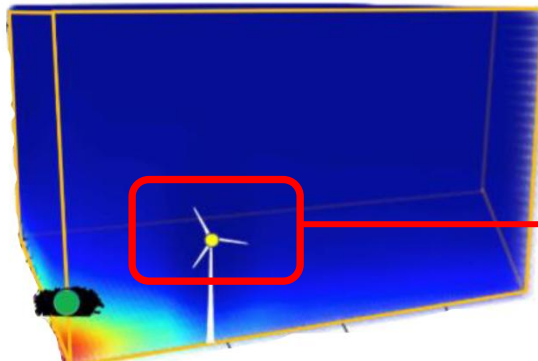
+ WEA-Ausweichverhalten



+ Nutzungsintensität Distanz Brutplatz

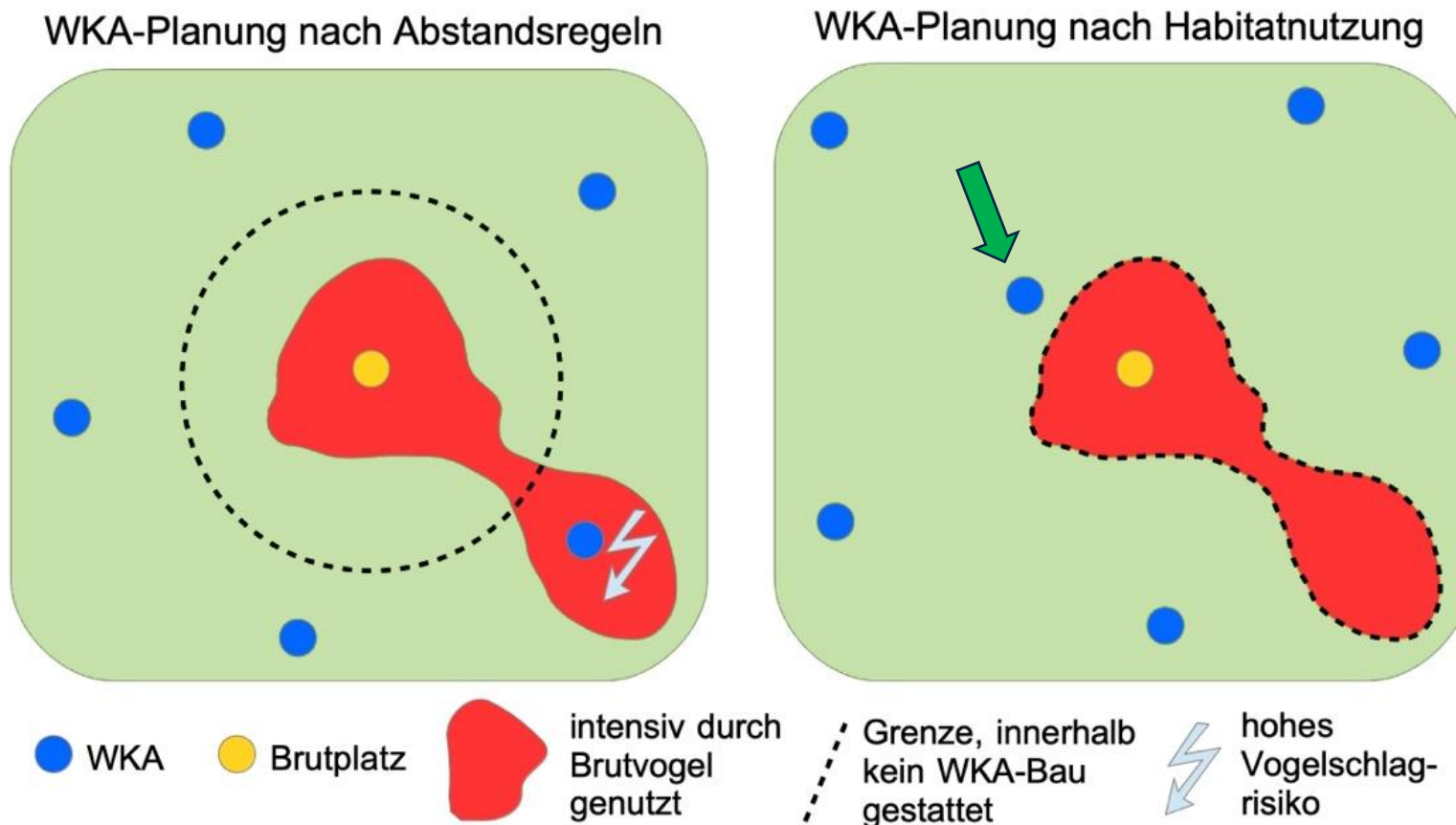


+ Flughöhenverteilung



**= Zeit in Rotorsphäre
→ Kollisionsrisikomodell**

Einer der Vorteile der Anwendung des RKR-Modells



Ziel: optimierte vorhabenbezogene Planung

Praktische Anwendung des RKR-Modells → einfach

Gutachterliche Überprüfung, Bewertung,
Interpretation und Einordnung

Eingangsdaten



Berechnungsvorschrift



Ergebnis und Bewertung

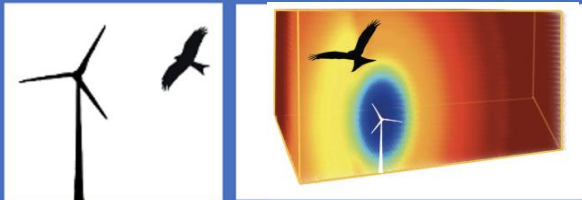
Koordinaten Brutplatz

Habitat-Informationen

Daten
Windenergieanlage

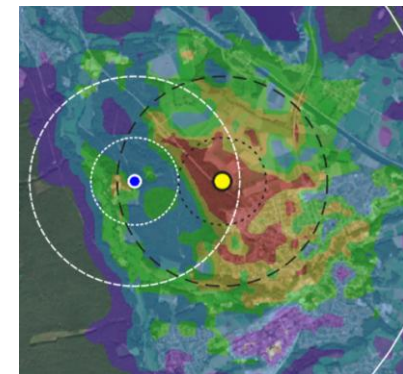
„Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“

„RKR-Modell“



**Kollisionsrisiko pro
Individuum und Saison**

*Bewertung anhand
vereinbarter Schwellenwerte*



Zwischenfazit

- RKR Modell für Rotmilan robust
- Anwendung der Methode auch in der Praxis im Grundsatz klar
- Es fehlen die Schwellenwerte (signifikant erhöhtes Tötungsrisiko) und die Integration ins BNatSchG (erwartet in 2026)
- Bis dahin Darstellung des Kollisions-/Tötungsrisikos für konkrete WEA/Brutplatz-Konstellationen -
gleichberechtigt neben RNA, HPA u.a.

Integration von vier weiteren Arten

- Datenlage „dünner“ als beim Rotmilan;
hier: GPS Daten

Art	Vogel-IDs	ID-Saison-Kombinationen	GPS-Positionen (50 km Radius)
Schwarzmilan	25	71	1.970.702
Wespenbussard	35	67	1.580.741
Weißstorch	62	182	6.755.703
Seeadler	12	20	3.851.976
Rotmilan	98	279	ca. 52.300.000

Integration von vier weiteren Arten

- Datenlage „dünner“ als beim Rotmilan;
hier: Kamera (AKS) und Laser-Rangefinder (LRF) Daten

Art	Typ	Anzahl an Positionen	Anzahl an Flügen
Schwarzmilan	Kamera	45.259	988
	LRF	16.964	2.612
Wespenbussard	Kamera	14.423	274
	LRF	2.177	245
Weißstorch	Kamera	1.513	6
	LRF	0	28
Seeadler	Kamera	0	0
	LRF	218	14
Rotmilan	Kamera / LRF	ca. 120.000	

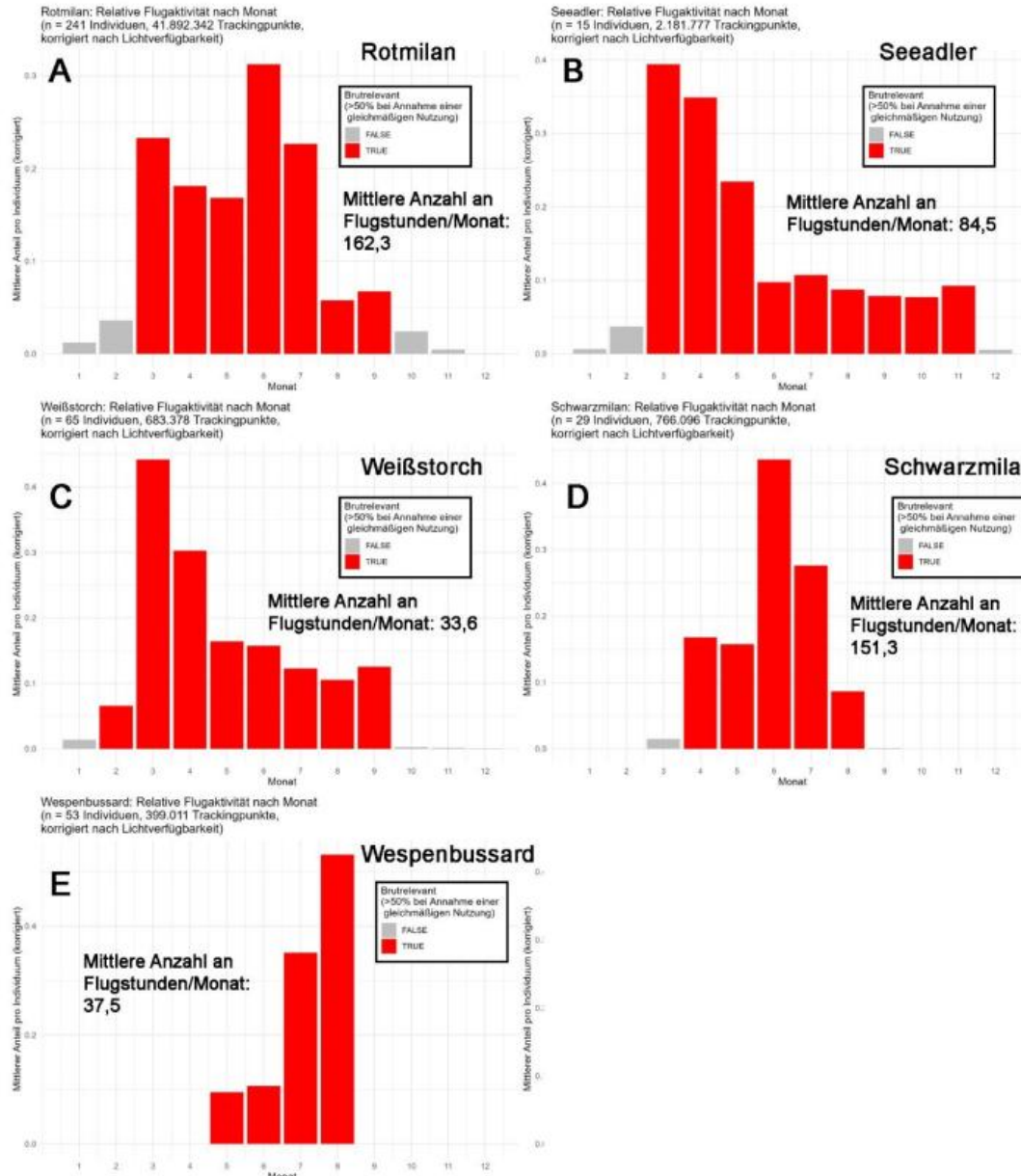
Integration von vier weiteren Arten

- Datenlage „dünnere“ als beim Rotmilan;
hier: Kamera (AKS) und Laser-Rangefinder (LFR) Daten

Art	Typ	Anzahl an Positionen	Anzahl an Flügen
Schwarzmilan	Kamera	45.259	988
	LRF		2.612
Wespenbussard	Kamera		274
	LRF		245
Weißstorch	Kamera	1.513	6
	LRF	0	28
Seeadler	Kamera	0	0
	LRF	218	14
Rotmilan	Kamera / LRF	ca. 120.000	

Diese Datenbasis sollte kontinuierlich wachsen !

Jahresphänologie (Flugaktivität in Brutplatznähe)



- Nach Literatur & Expertinnen-Gesprächen überwiegend plausibel
- Möglichen Ungereimtheiten (Adler) wurde nachgegangen und wurden geklärt

Fluggeschwindigkeiten

Raumnutzungsmodell

Habitatselektion

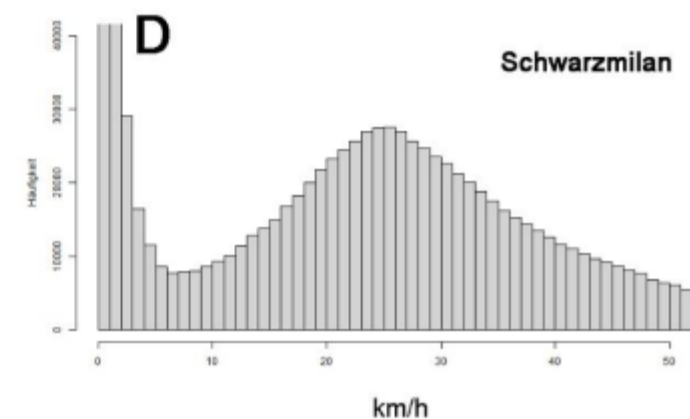
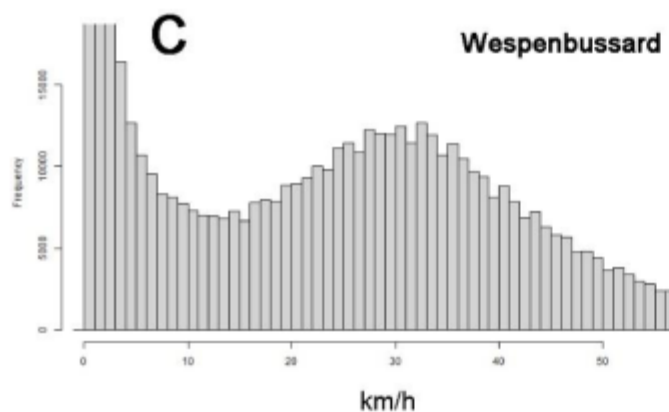
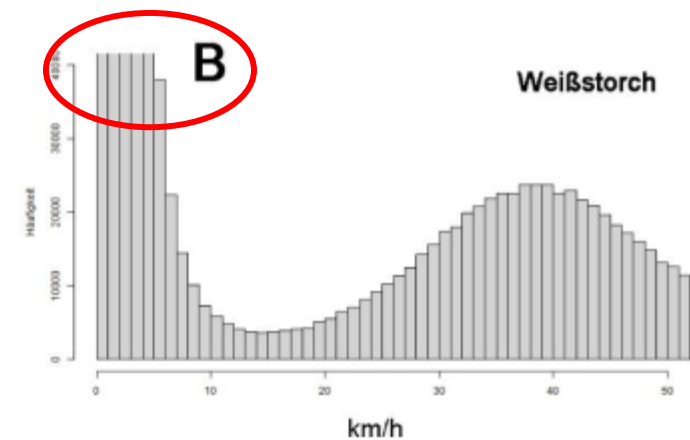
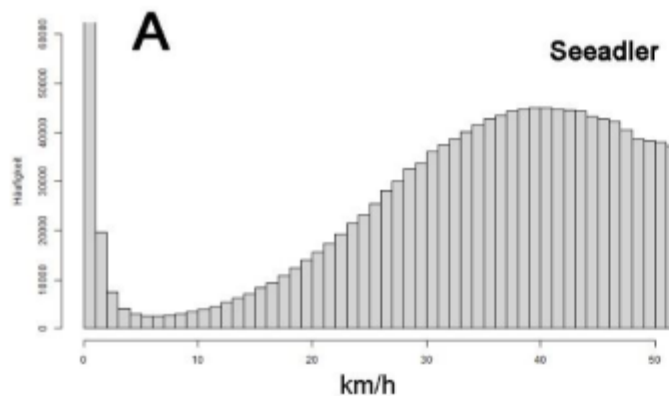
Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fluggeschwindigkeiten

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie



Nach Literatur &
Expertinnen-
Gesprächen plausibel

Raumnutzungsmodell

Habitatselektion

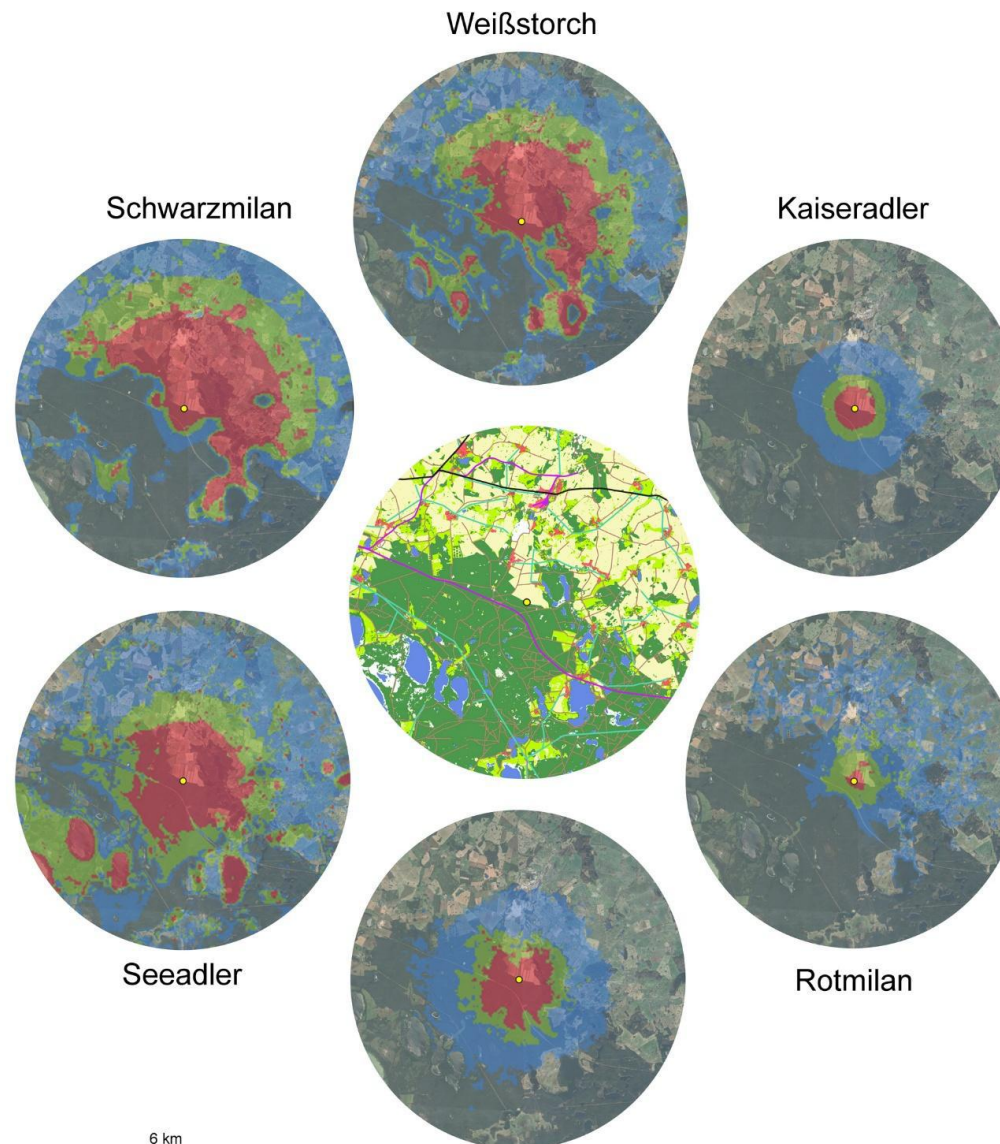
Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fluggeschwindigkeiten

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie



Landnutzungsdaten

- Grassland (HRL Copernicus)
- Ackerfläche (Invekos / Corine)
- Siedlungsbereich (CorineDE)
- Regionale Straßen (Open Street Map)
- Überregionale Straßen (Open Street Map)
- Straßen (Open Street Map)

- Stromleitung (Open Street Map)
- Bahnlinie (Open Street Map)
- Wald (HRL Copernicus, Global Forest Watch)
- Hecken- & Gebüschgruppe (HRL Copernicus)
- Gewässer
- Andere

Brutplatz mit RKR-Prognose

- Ausgewerteter Brutplatz

Aktionsraum der Flugzeit [%]

- <= 50
- 50 - 70
- 70 - 90

Prognostizierte
Habitatnutzung: nach
Literatur plausibel

Raumnutzungsmodell

Habitatselektion

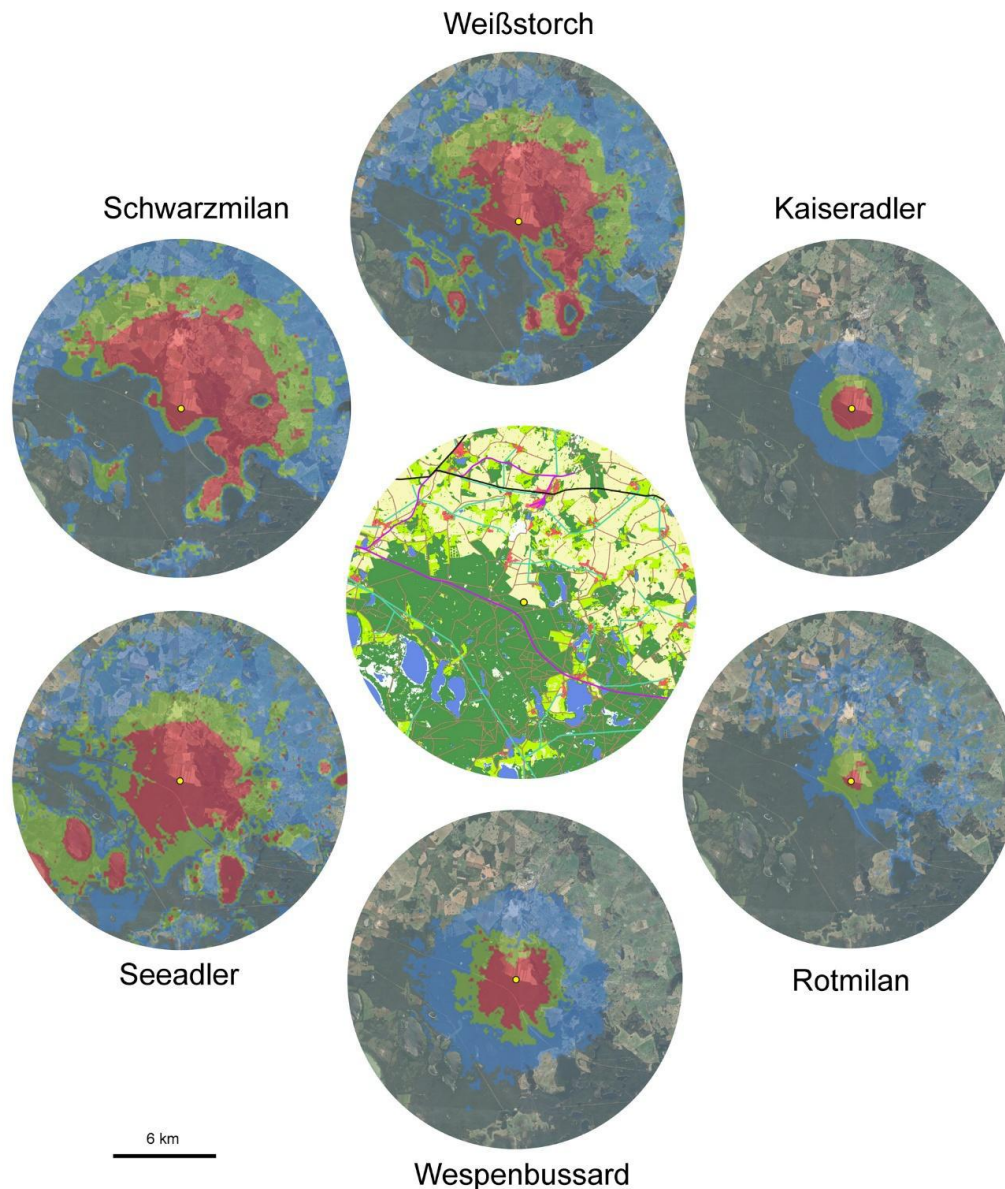
Ausweichverhalten
("Avoidance rate")

Abstand Brutplatz

Flughöhe

Fluggeschwindigkeiten

Fliegen/Rasten
Tagesphänologie



Landnutzungsdaten

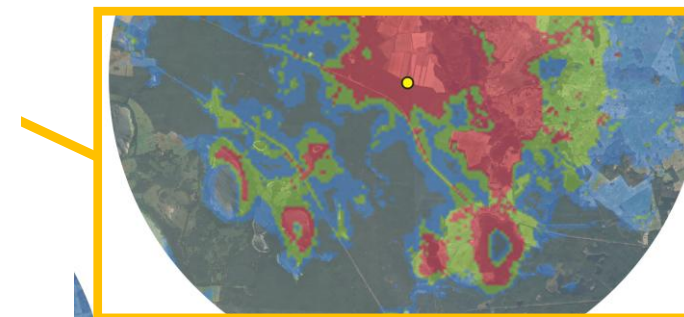
- Grassland (HRL Copernicus)
- Ackerfläche (Invekos / Corine)
- Siedlungsbereich (CorineDE)
- Regionale Straßen (Open Street Map)
- Überregionale Straßen (Open Street Map)
- Straßen (Open Street Map)

- Stromleitung (Open Street Map)
- Bahnlinie (Open Street Map)
- Wald (HRL Copernicus, Global Forest Watch)
- Hecken- & Gebüschgruppe (HRL Copernicus)
- Gewässer
- Andere

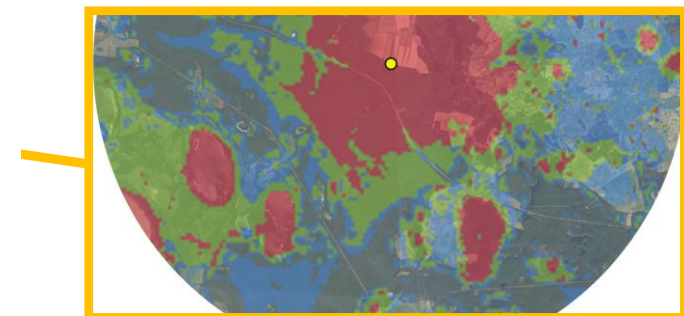
Brutplatz mit RKR-Prognose

- Ausgewerteter Brutplatz
- Aktionsraum der Flugzeit [%]
- <= 50
 - 50 - 70
 - 70 - 90

Weißstorch



Seeadler



Integration von vier weiteren Arten

Interessant:

- Seeadler und Weißstorch
 - Identifizierung von Flugkorridoren zu bevorzugten (disjunkten) Nahrungshabitaten
- Seeadler überquert Wälder, Weißstorch eher nicht
- Weißstorch – (noch) keine Daten zur Micro Avoidance (keine Rotordurchflüge) – vielleicht effektive Meso Avoidance?
- Schwarzmilan - deutlich größeres „home range“ / Streifgebiet als Rotmilan
- Wespenbussard/Weißstorch – deutlich geringere Flugzeiten je Tag

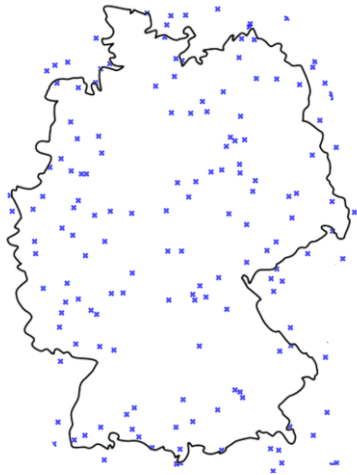
Integration von vier weiteren Arten



- Abstimmungsprozesse (UAG 2 / PAG / Art-ExpertInnen) wie bei Rotmilan
- Anpassung des RKR Modells an weitere Arten grundsätzlich „einfach“
 - Techniken sind bekannt, Berechnungsvorschrift ergänzt/aktualisiert
- Anwendung auch für diese Arten möglich
 - Schwellenwerte / Umsetzungs-VO nicht in 2026
- Bis dahin Darstellung des Kollisions-/Tötungsrisikos für konkrete WEA/Brutplatz-Konstellationen - gleichberechtigt neben RNA, HPA u.a.

- Schätz(un)sicherheiten ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Datendichte (Anzahl besenderter Individuen, Anzahl GPS-Positionen pro Individuum) und Konsistenz im Verhalten
 - Arten, die sehr spezialisiert sind (z.B. Seeadler, Weißstorch, Wespenbussard), benötigen weniger Daten, um genauso gut zu schätzen wie z.B. Nahrungsopportunisten wie dem Rotmilan

Schätzunsicherheiten

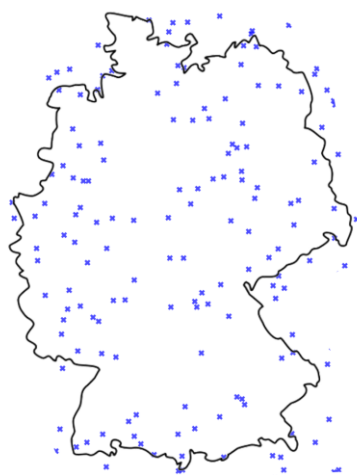


große Stichprobe

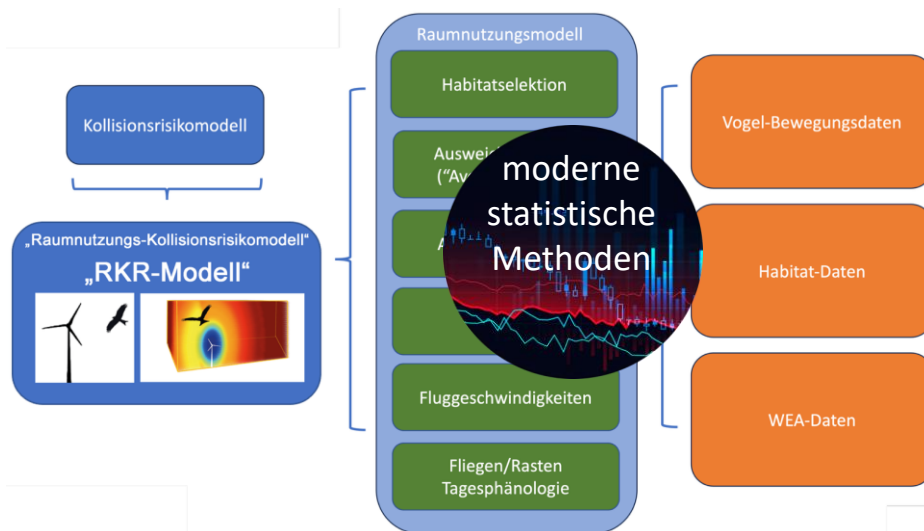


kleine Stichprobe

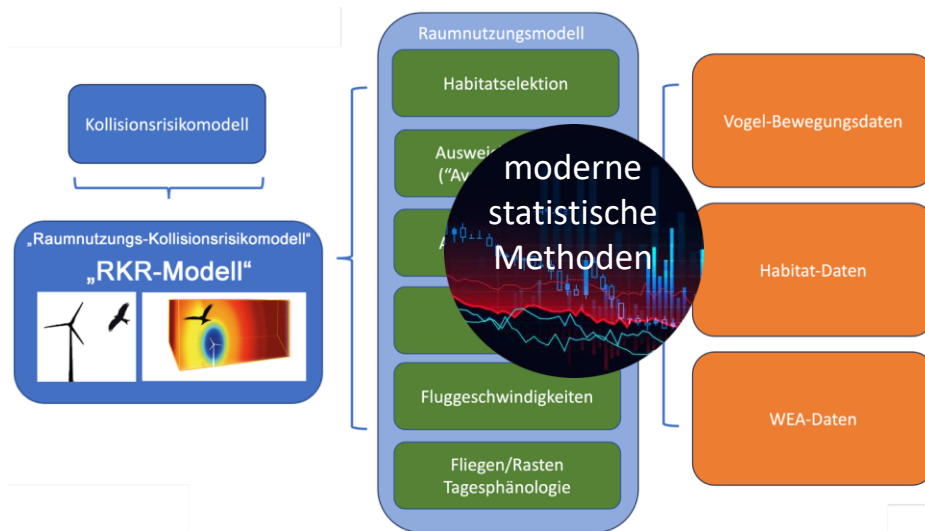
Schätzunsicherheiten



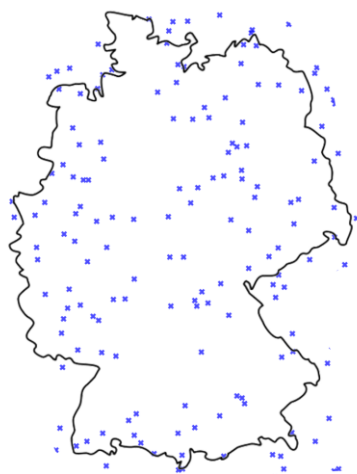
große Stichprobe



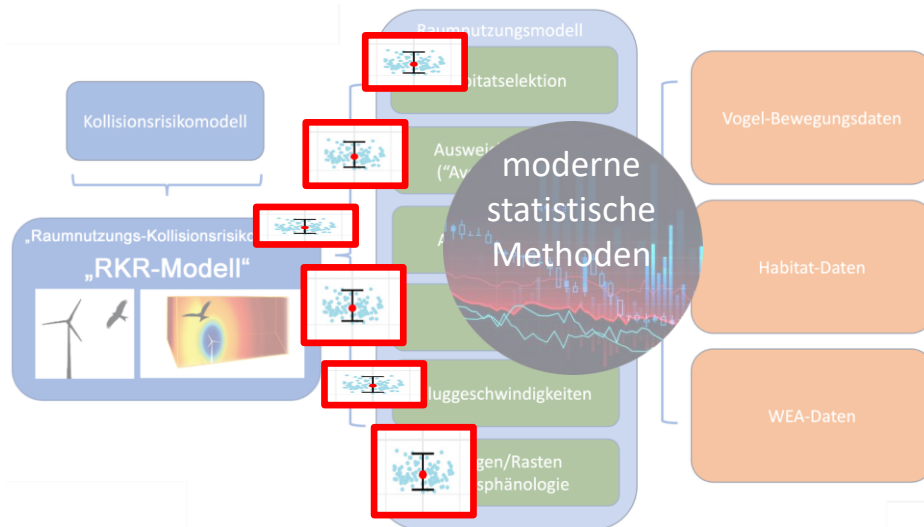
kleine Stichprobe



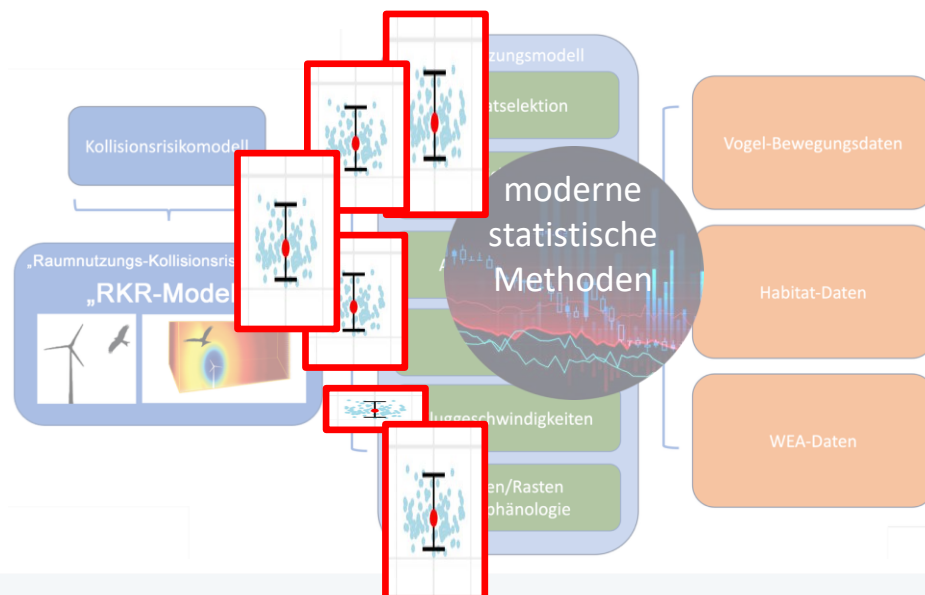
Schätzunsicherheiten



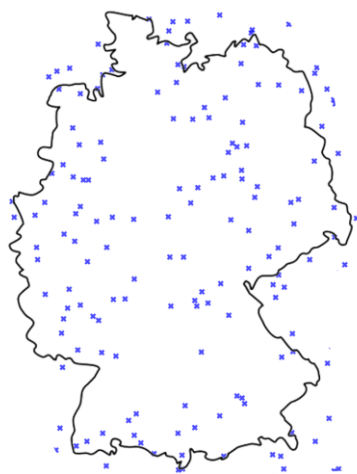
große Stichprobe



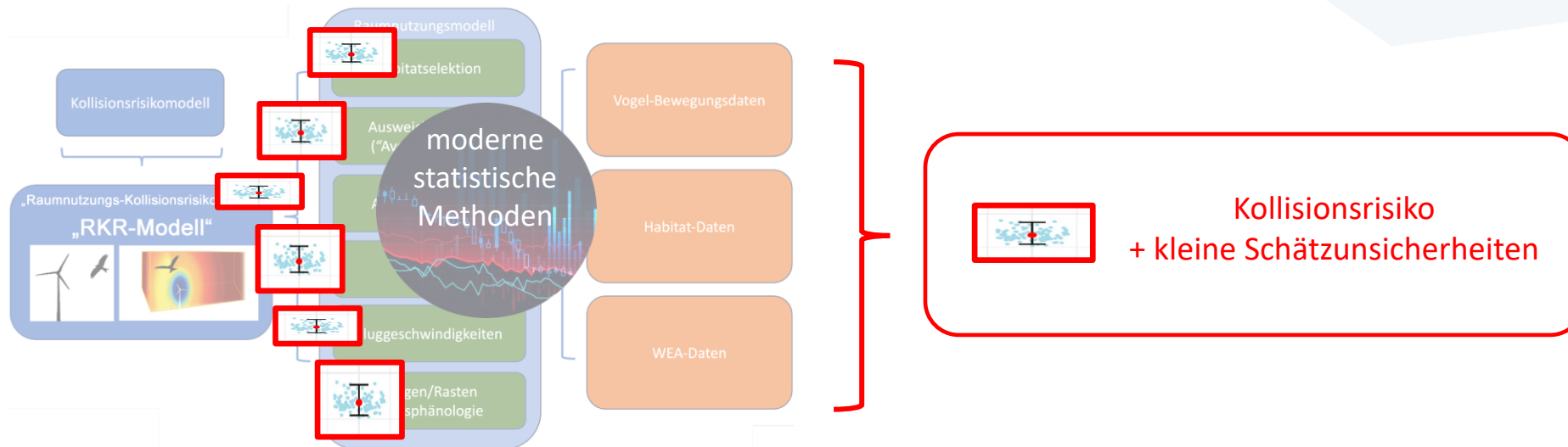
kleine Stichprobe



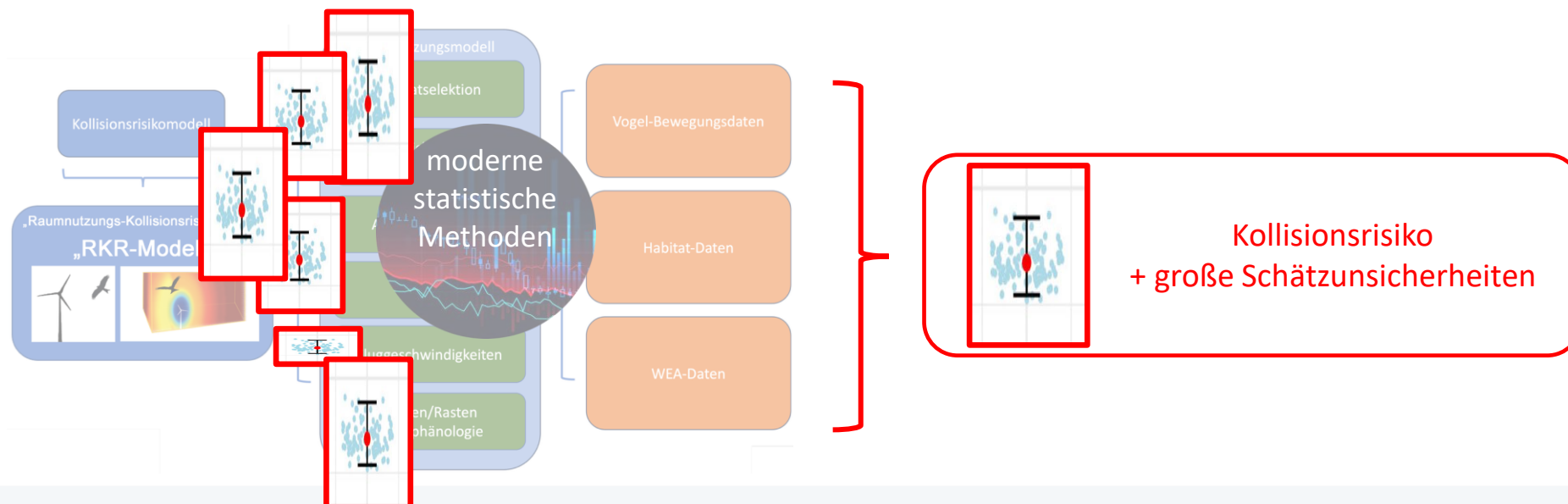
Schätzunsicherheiten



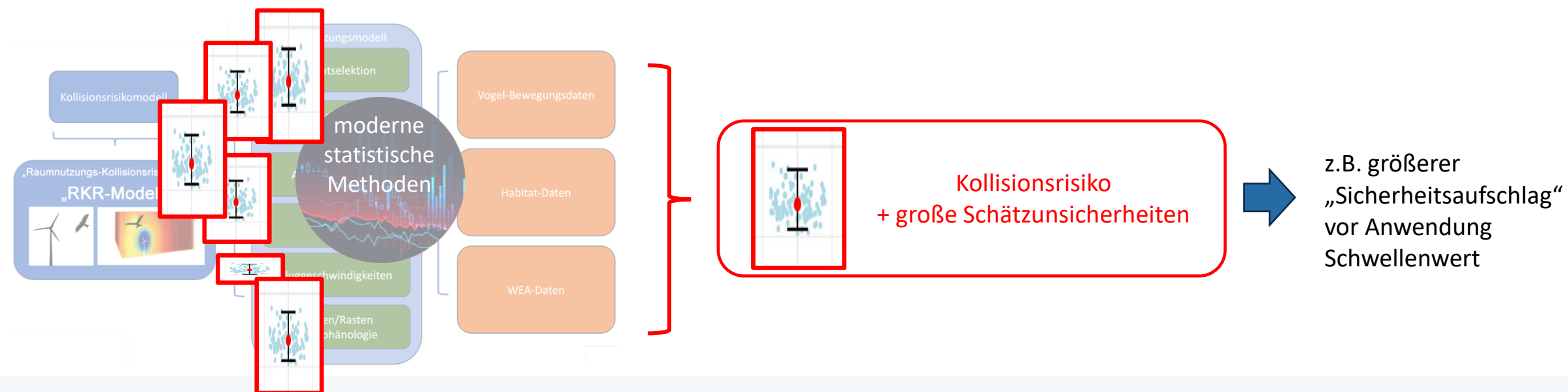
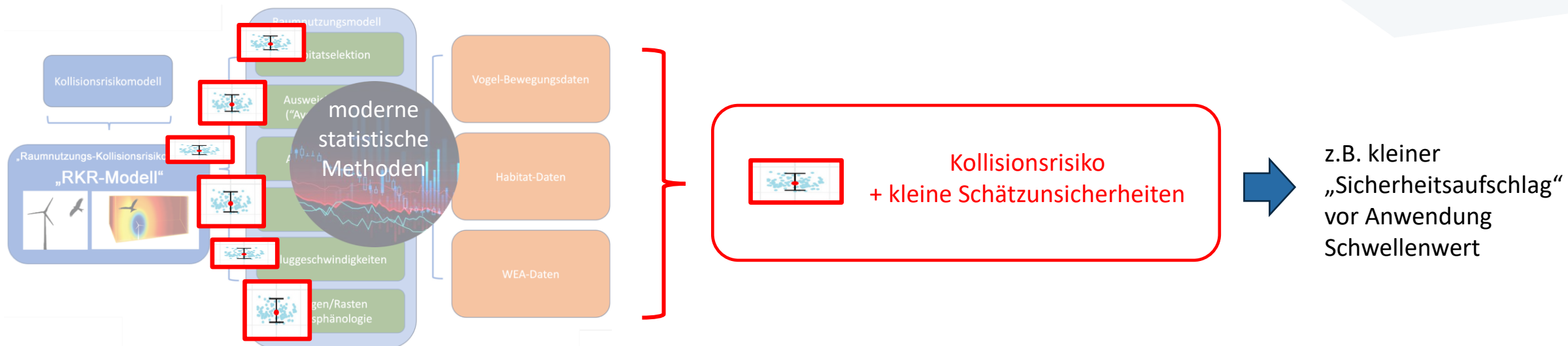
große Stichprobe



kleine Stichprobe



Schätzunsicherheiten



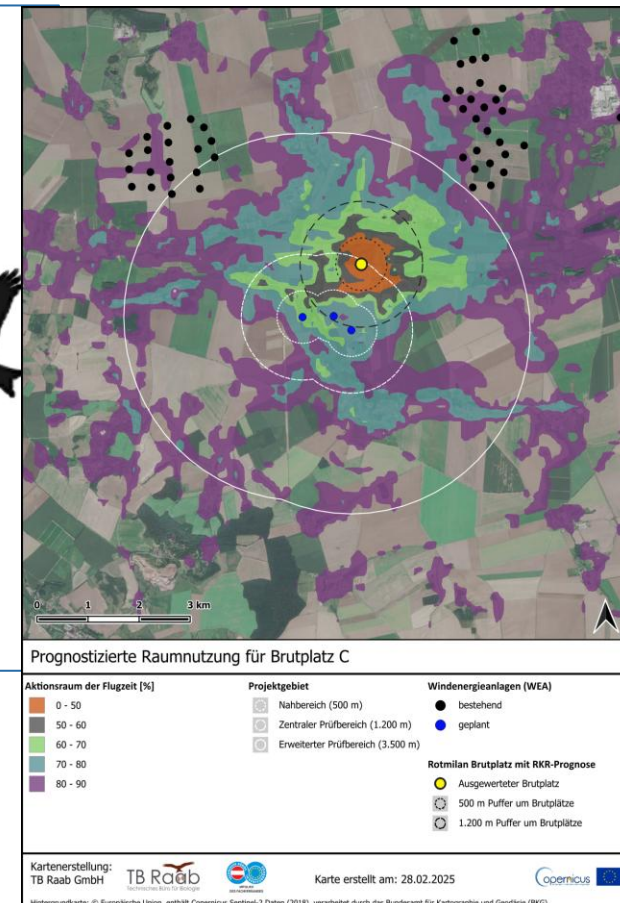
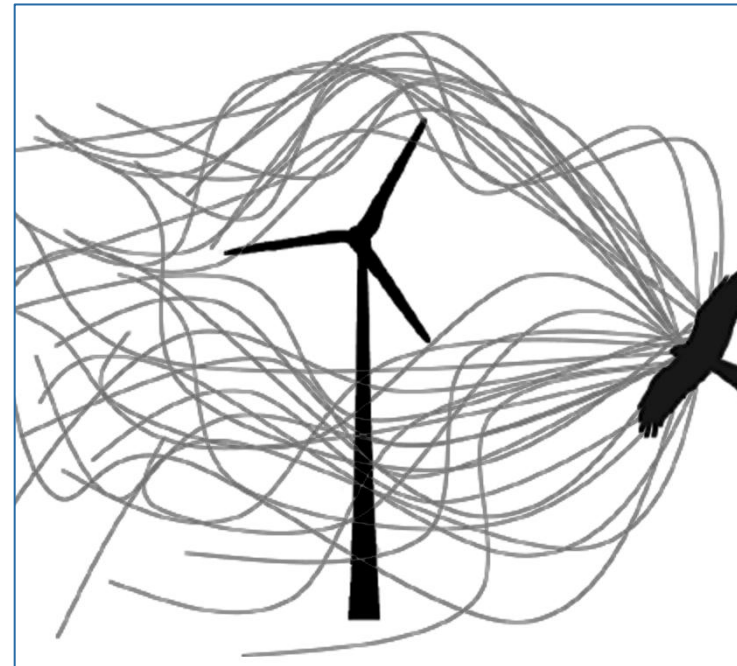
Schätzunsicherheiten

- als statistisches Maß – sind Schätzunsicherheiten Teil des Ergebnisses, weiterhin objektiv und reproduzierbar
- als Herausforderung des Verständnisses/ der Akzeptanz sowohl von GutachterInnen, Behörden als auch der interessierten Öffentlichkeit
- als Herausforderung für die Praxis / rechtliche Umsetzung:
z. B. bei Schwellenwerten, einer „vorsorglichen“ Bewertung von Konflikten oder Risiken.

„menschlich“ sind Schätzunsicherheiten schwer zu verstehen...

RKR-Modell:

- Aufwand:
 - 24/7
 - > 95 Rotmilane mit GPS Sender in WEA Nähe
 - mehrere Millionen Datenpunkte
 - moderne robuste statistische Methoden



Schätzunsicherheiten

Schätzunsicherheiten

- als statistisches Maß - sind Schätzunsicherheiten Teil des Ergebnisses, weiterhin objektiv und reproduzierbar
- als Herausforderung des Verständnisses/ der Akzeptanz sowohl von GutachterInnen, Behörden als auch der interessierten Öffentlichkeit
- als Herausforderung für die Praxis / rechtliche Umsetzung:
z. B. bei Schwellenwerten, im Sinne einer „vorsorglichen“ Bewertung von Konflikten oder Risiken.

Anwendungsmöglichkeiten des RKR Modells

Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen (bisher „gleichwertig“ im BNatSchG)

Ziel: Schätzung der (Mindest-)Effekte, → Unterschreitung des Schwellenwerts

- Maßnahmen „Reduzierung der Rotorgeschwindigkeit (Abschaltung)“
 - a) Antikollisionssystem (AKS)
 - b) phänologische Abschaltung
 - c) Mahd-Abschaltung
 -

- a) AKS:
wirksam, aber nicht 100%; Datenbasis ist noch unzureichend;
berücksichtigt werden muss auch die „performance“ des AKS

Anwendungsmöglichkeiten des RKR Modells

Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

- Maßnahmen „Reduzierung der Rotorgeschwindigkeit (Abschaltung)“
 - b) Mahd-Abschaltung:
komplexer; zu berücksichtigen sind Anzahl betroffene Parzellen, Anzahl der Bewirtschaftungsereignisse = Abschaltung 2-3 Tage;
erhöhte Nutzung z.B. durch Rotmilane
Beispiel: vier Parzellen, je 3x Abschaltung
→ Senkung des saisonalen Kollisionsrisiko um xx % (vorhabenbezogen)
(andere angezogene Arten werden mit-geschützt)

Anwendungsmöglichkeiten des RKR Modells

Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

- Maßnahmen „Reduzierung der Rotorgeschwindigkeit (Abschaltung)“

c) Phänologische Abschaltung: optimaler Zeitraum im Standard-RKR-Modell nicht berechenbar, da saisonale Effekte „noch“ nicht berücksichtigt;

Zeiträume trotzdem besser bestimmbar,

- wenn Wind berücksichtigt wird - höhere „avoidance“ bei stärkerem Wind –

Mercker, M., Škrábal, J., Blew, J. et al. Smart flying in challenging skies: How Red Kites adjust wind turbine micro- and meso-avoidance across weather and experience. Sci Rep 16, 12939 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-45894-3>

- wenn Tagesphänologie berücksichtigt wird – höhere Flugaktivität mittags

Anwendungsmöglichkeiten des RKR Modells

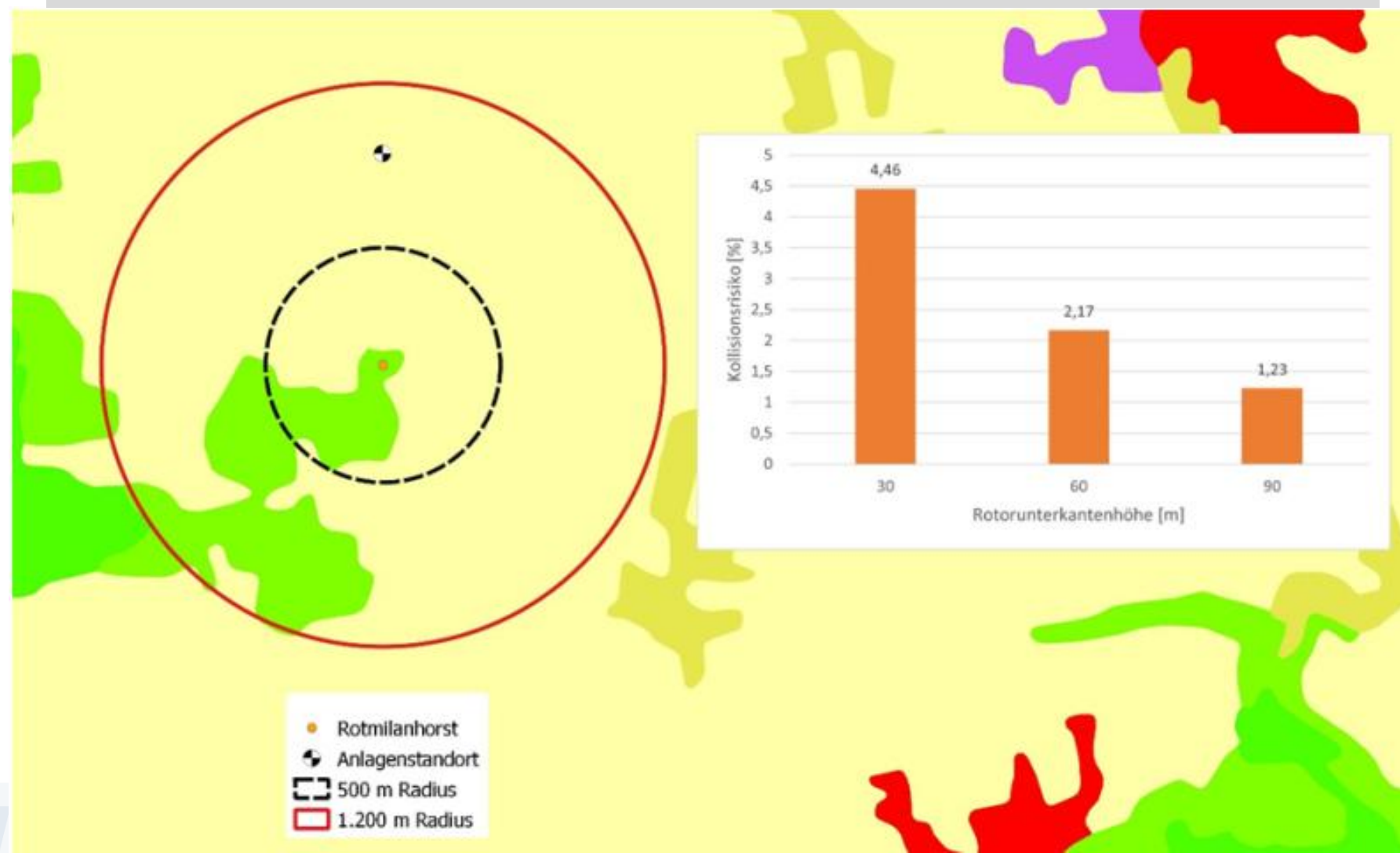
Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen (noch außerhalb BNatSchG)

- Anheben des unteren Rotordurchgangs

Wirksamkeit Schutzmaßnahmen – Anhebung unterer Rotordurchgang

unterer Rotordurchgang
30 / 60 / 90 m
Kollisionsrisiko 3,6-fach

HPA: WEA im Offenland → Tötungsrisiko signifikant erhöht



Anwendungsmöglichkeiten des RKR Modells

Planerische Ebene

- Identifizierung „konfliktarmer Räume“:
→ Karten der Raumnutzung / des Kollisionsrisikos

Vorhabens-Ebene

- Identifizierung konfliktarmer WEA-Standorte,
Berücksichtigung von WEA-Parametern, zielgenauere Schätzung des Kollisionsrisikos
und der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Kern-Aussagen zum RKR Modell

- Rotmilan – nutzbar, warten auf Methoden-VO / Novelle BNatSchG
- vier neue Arten integriert; Option auf weitere Arten (Aktualisierung Seeadler),
Weihen, Fisch- und Schreiadler
- Herausforderung Schätzunsicherheit:
 - Umgang mit großen Konfidenz-Intervallen
 - aus rechtlich / politischer Sicht
 - hinsichtlich „Vorsorgewerte“ / „Sicherheitsaufschläge“
- Anwendungsmöglichkeiten:
 - zielgenauere Anwendung und Bewertung von Schutzmaßnahmen

Wie weiter?

- Umgang mit der Umsetzung des RKR-Modells durch andere Büros / Institutionen (Ring-Versuche)
- Umgang mit Aktualisierungen des Modells
- mehr und bessere Daten → bessere Modelle
Appell an Betreiber und Forschung

Vielen Dank! Gibt es Fragen?



Moritz Mercker



Rainhard Raab



Jan Blew

j.blew@bioconsult-sh.de



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

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

„**Folgestudie Probabilistik (RKR-Modell)** – gefördert durch:

BfN (mit Mitteln des BMUV; FKZ 3523 15 2300)

„**RKR Modell – pro – weitere Arten**“ -gefördert durch:

BMWE im Rahmen des 8. Energieforschungsprogramms.

FKZ 03EEM2002

<https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/probabilistik-in-der-signifikanzbewertung/>

<https://www.bioconsult-sh.de/projekte/raumnutzungs-kollisionsrisikomodell>