

Sensitivitätskarten als Planungshilfe für den OWP-Ausbau: Methodik & erste Ergebnisse

NaMaRo Fachgespräch 29.08.2024

Maike Kramer (BioConsult) & NaMaRo-Projektpartner*innen



Bach-
Freilandforschung



- **Sensitivität zunächst ortsunabhängig**
 - Ergibt sich aus biologischen und ökologischen Eigenschaften: Resistenz/Toleranz, Resilienz/Erholungsfähigkeit, Seltenheit/Gefährdung
- **Räumliche Sensitivität** umso stärker, je mehr Individuen betroffen.
 - Ergibt sich aus ortsunabhängiger Sensitivität und Vorkommen (Abundanz).
- **Sensitivität wirkungsspezifisch**
 - Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten wichtig für Minderungsmaßnahmen.
 - Separate Betrachtung von Bau- und Betriebsphase sowie Schiffsverkehr zu OWP.
- **Kombination arten-/biotopschutzbezogener & ökosystembasierter Ansatz.**
 - Sensitivitätskarten für Biotoptypen, Arten, Fledermäuse, Zugvögel separat.
 - Verschiedene Aggregationen: mit Fokus auf Species Richness & unter Berücksichtigung von Ökosystemfunktionen.

Separat für (1) Bauphase, (2) Betriebsphase, (3) Schiffsverkehr zu OWP

Separat für Biotoptypen, Einzelarten bzw. Zugvögel & Fledermäuse

Schritt 1: Vorkommen

Schritt 2: Wirkungsspezifische
ortsunabhängige Sensitivitäten

Schritt 3: Räumliche Sensitivitäten

Schritt 4: Aggregation über Biotoptypen und Arten

Schritt 5: Integration weiterer Ökosystemfunktionen

Schritt 6: Aggregation von Bau- & Betriebsphase

Berücksichtigte Schutzgüter

Biototypen	(Fische & Neunaugen)	Meeressäuger	Seevögel	Zugvögel	Migrierende Fledermäuse
FFH-LRT	Sandaale	Schweinswal	Seetaucher		
§30-Biototypen	Hering	Zwergwal	Alken		
OSPAR-Biototypen	Kliesche	Kegelrobbe	Möwen, Raubmöwen		
Biototypen nach Finck et al. (2017)	Wittling	Seehund	Sturmvögel, Tölpel		
	Hundshai		Seeschwalben		
	Nagelrochen		Enten		
	Neunaugen				

Schritt 1: Vorkommen

Biototypen: Biotopkarten

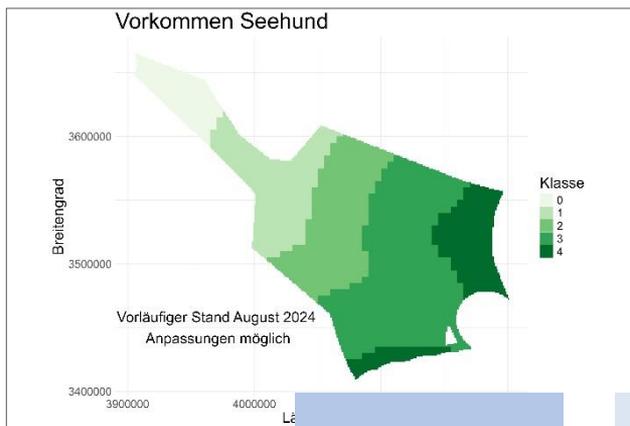
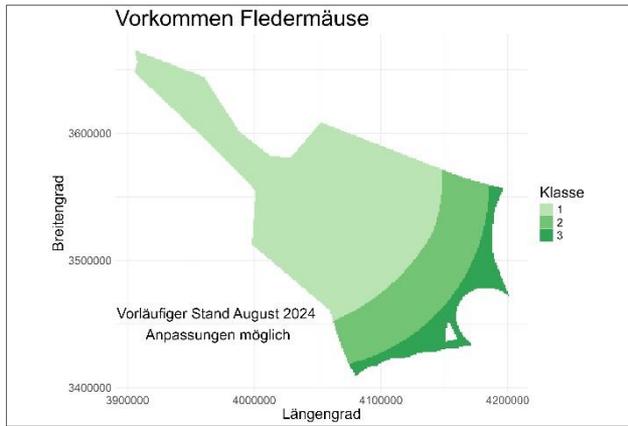
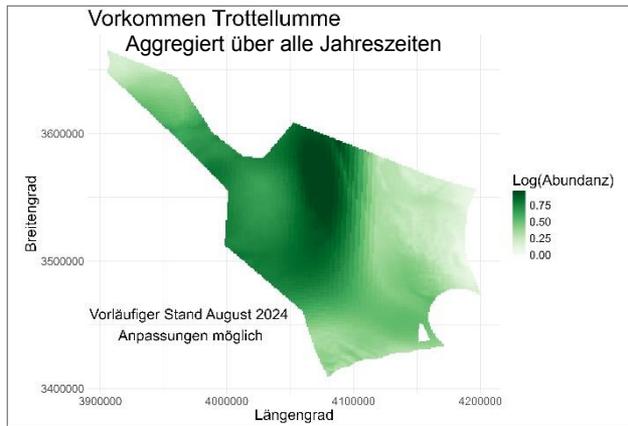
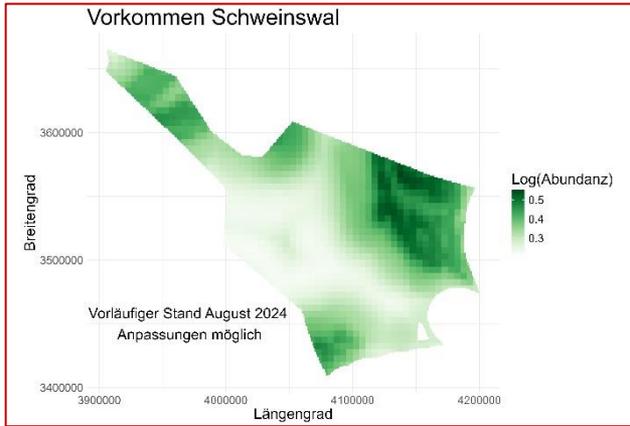
Arten: Verbreitung & Dichte

(a) Abundanzen oder

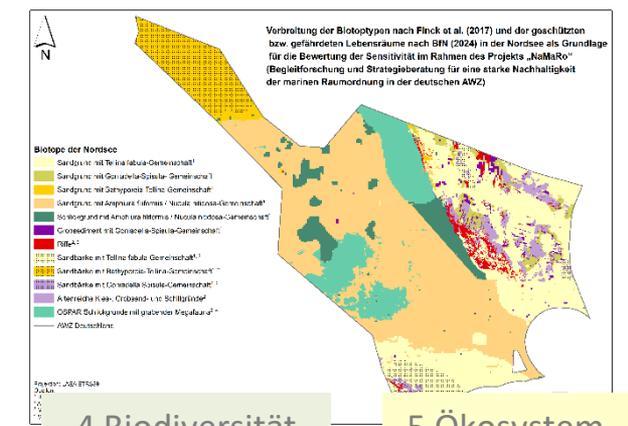
(b) schutzgutübergreifend vergleichbare Klassen 0, ... , 4

→ **Vorkommenskarten**

Vorkommensklassen	
4	Sehr starkes Vorkommen
3	Starkes Vorkommen
2	Mittleres Vorkommen
1	Geringes Vorkommen
0	Kein oder vernachlässigbares Vorkommen



Stand Fische:
Modellierung von
Vorkommens-
wahrscheinlichkeiten



1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige Sensitivitäten

3 Räumliche Sensitivitäten

4 Biodiversität & Ökosystem

5 Ökosystemfunktionen

Schritt 2: Wirkungsspezifische ortsunabhängige Sensitivitäten

*Indexbasiert oder verbal hergeleitet,
schutzgutspezifische Skala*

- **Biotoptypen:**

Sensitivität charakteristische Arten & Ausmaß der Wirkungen

→ Werte 2/3 auf Skala 0/1/2/3/4

- **Fische, Meeressäuger, Seevögel:**

Faktoren: individuelle Reaktion, Kosten auf individueller & Populationsebene

→ Sensitivitätsindex SSI auf Skala 0-SSI_{max} (z.B. 0-100 für Seevögel)

- **Zugvögel, Fledermäuse:**

Sensitivität vorhanden

→ Wert 1 auf Skala 0/1

1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige
Sensitivitäten

3 Räumliche
Sensitivitäten

4 Biodiversität
& Ökosystem

5 Ökosystem-
funktionen

Wirkungsspezifische Sensitivität: Methodik

Schritt 1: Vorkommen

Schritt 2: Wirkungsspezifische
ortsunabhängige Sensitivitäten

*Indexbasiert oder verbal hergeleitet,
schutzgutspezifische Skala*

Schritt 3: Räumliche Sensitivitäten
von Biotoptypen, Arten, Zugvögeln, Fledermäusen

Teilschritt 1: Wirkungsspezifische räumliche Sensitivitäten
Vorkommen & Sensitivität

*(a) log Abundanz x Sensitivität oder (b) Vorkommensklasse x Sensitivität
→ Klasseneinteilung 0, ... , 4*

→ Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten

Sensitivitätsklasse

0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch

1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige
Sensitivitäten

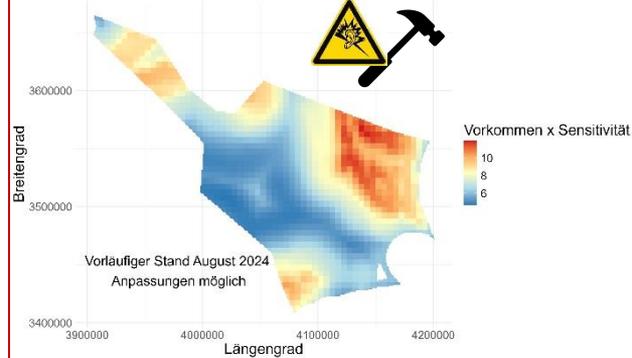
**3 Räumliche
Sensitivitäten**

4 Biodiversität
& Ökosystem

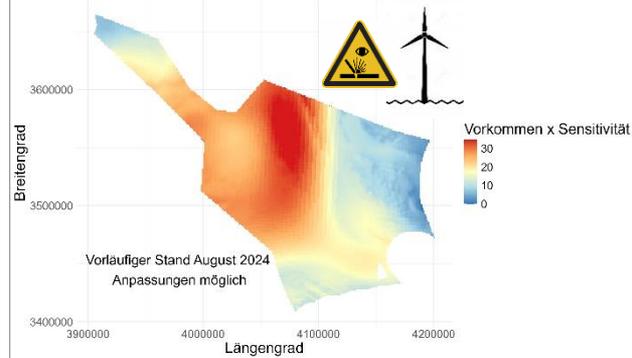
5 Ökosystem-
funktionen

Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten unskaliert

Wirkungsspezifische Sensitivität, unskaliert.
Schweinswal , Impulsschall , Bauphase

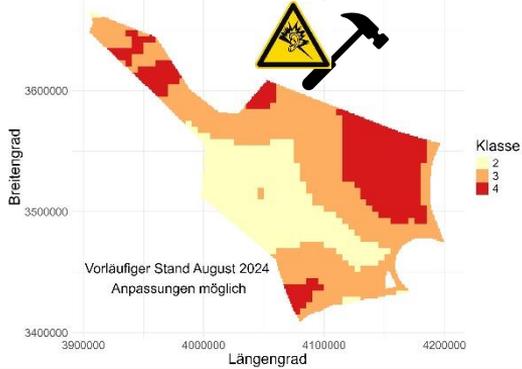


Wirkungsspezifische Sensitivität, unskaliert.
Trottellumme , Visuelle Störung durch OWP , Betriebsphase



Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten skaliert

Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Schweinswal, Impulsschall, Bauphase

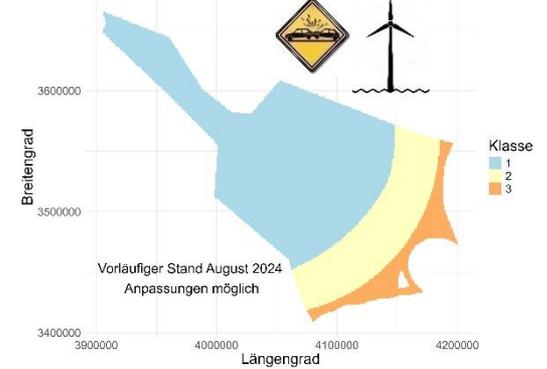


Sensitivitätsklasse

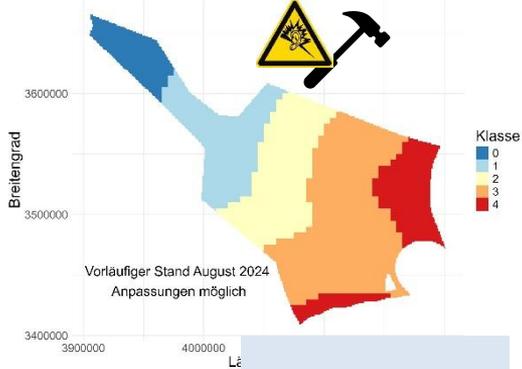
0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch

Hinweis: Klassengrenzen werden ggf. noch angepasst.

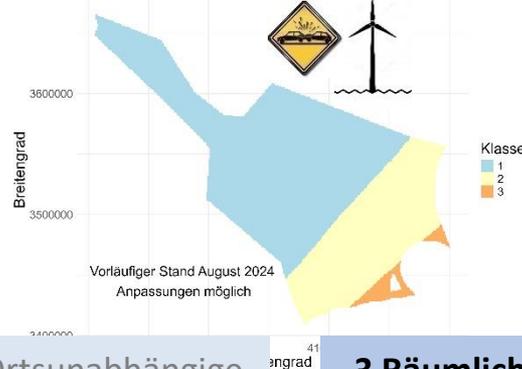
Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Fledermäuse, Kollision, Betriebsphase



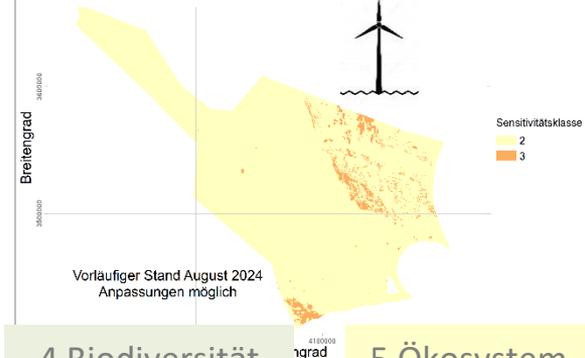
Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Seehund, Impulsschall, Bauphase



Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Zugvögel, Kollision, Betriebsphase



Wirkungsspezifische Sensitivität skaliert
Biotoptypen, Überbauung, Betriebsphase



1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige Sensitivitäten

3 Räumliche Sensitivitäten

4 Biodiversität & Ökosystem

5 Ökosystemfunktionen

Schritt 3: Räumliche Sensitivitäten von Biotoptypen, Arten, Zugvögeln, Fledermäusen

Teilschritt 1: Wirkungsspezifische räumliche Sensitivitäten



Teilschritt 2: Räumliche Gesamtsensitivität
Aggregation über alle Wirkungen mit Matrix (Klassen 0, ... , 4)

	0	1	2	3	4
0	0				
1	1	1			
2	2	2	3		
3	3	3	3	4	
4	4	4	4	4	4

- $x \& 0 \rightarrow x$
- $x \& 1 \rightarrow x$
- $2 \& 2 \rightarrow 3$
- $3 \& 2 \rightarrow 3$
- $3 \& 3 \rightarrow 4$
- $4 \& 4 \rightarrow 4$

1 Vorkommen

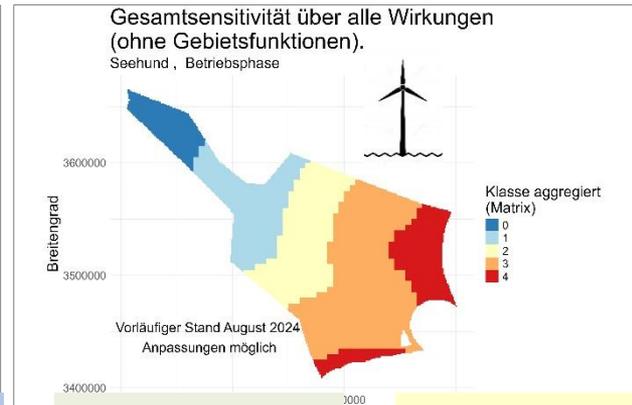
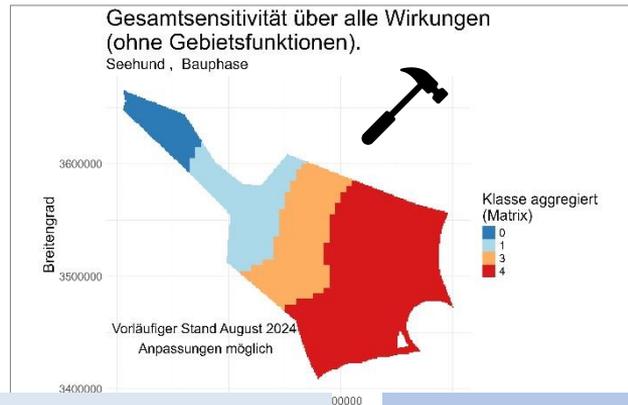
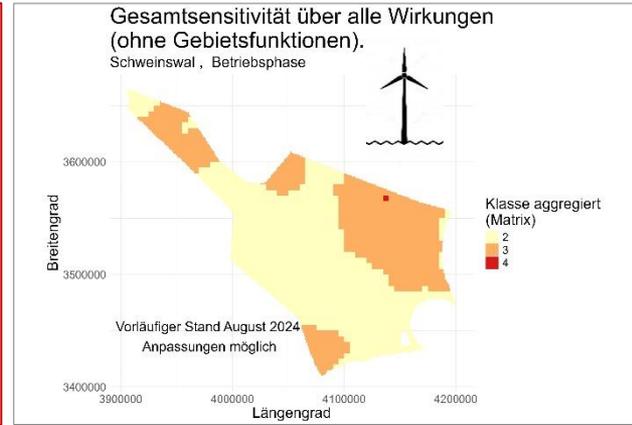
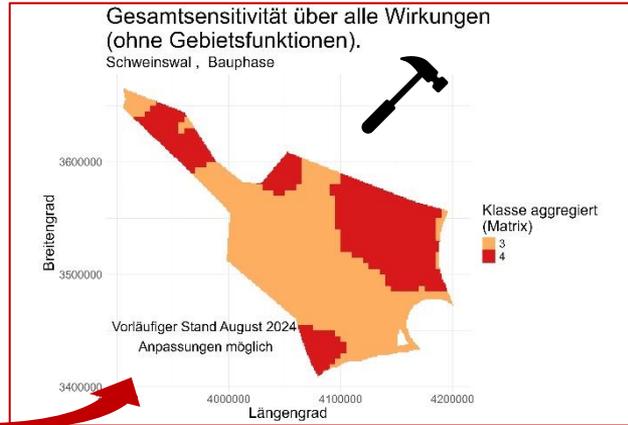
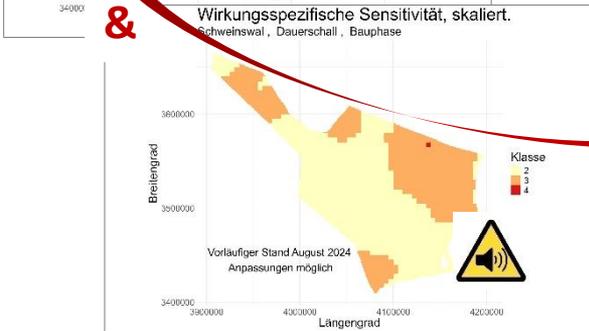
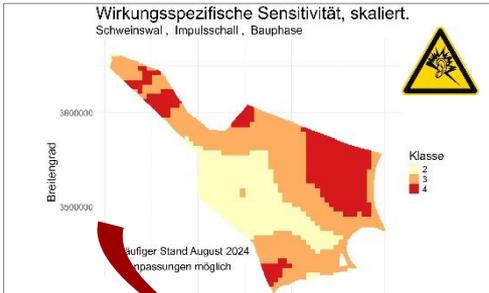
2 Ortsunabhängige
Sensitivitäten

**3 Räumliche
Sensitivitäten**

4 Biodiversität
& Ökosystem

5 Ökosystem-
funktionen

Gesamtsensitivitätskarten ohne Gebietsfunktionen



1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige Sensitivitäten

3 Räumliche Sensitivitäten

4 Biodiversität & Ökosystem

5 Ökosystemfunktionen

Schritt 3: Räumliche Sensitivitäten von Biotoptypen, Arten, Zugvögeln, Fledermäusen

Teilschritt 1: Wirkungsspezifische räumliche Sensitivitäten



Teilschritt 2: Räumliche Gesamtsensitivität
Aggregation über alle Wirkungen mit Matrix (Klassen 0, ... , 4)



Teilschritt 3: Berücksichtigung besonderer Gebietsfunktionen
Fortpflanzung, Ernährung, Mauser, Migration
Erhöhung des Sensitivitätswerts um eine Stufe (Klassen 0, ... ,5)
→ **Gesamtsensitivitätskarten** für Biotoptypen, Arten, Zugvögel, Fledermäuse
bzgl. (1) Bau, (2) Betrieb, (3) Schiffsverkehr

1 Vorkommen

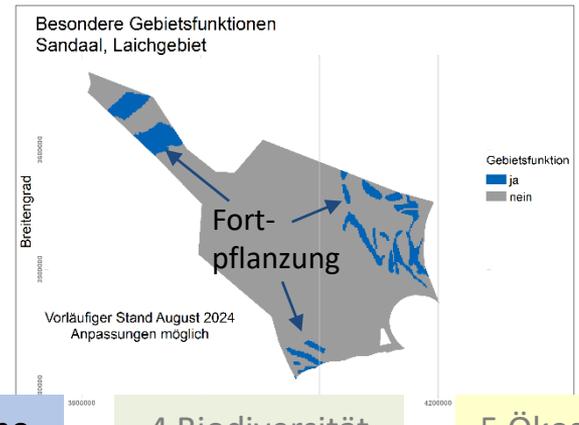
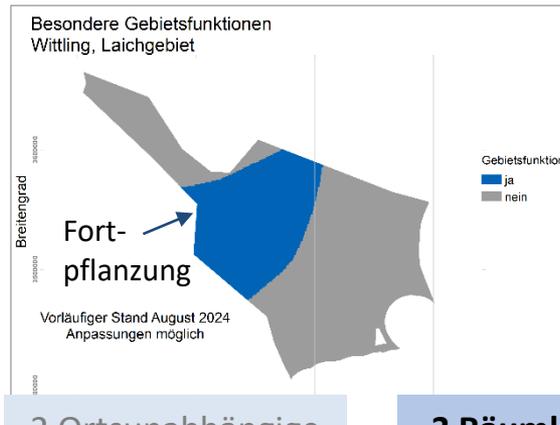
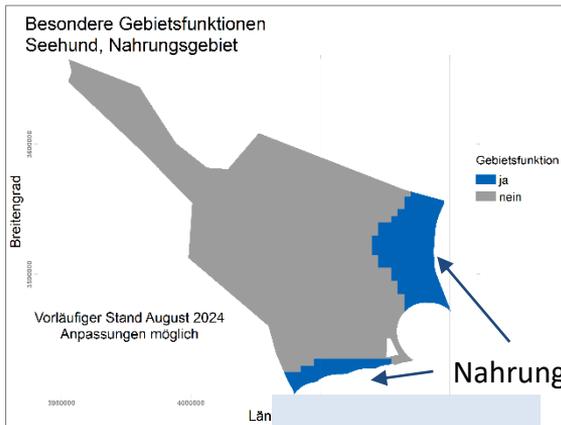
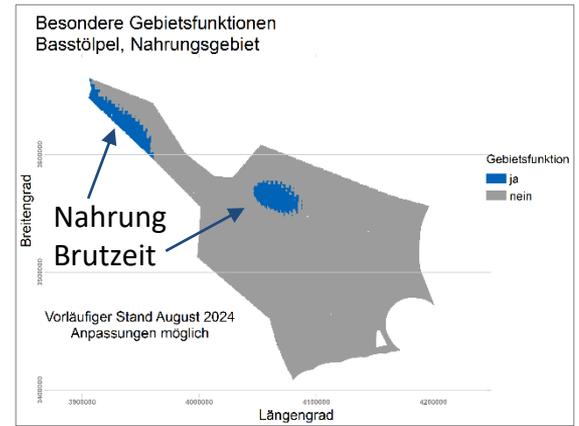
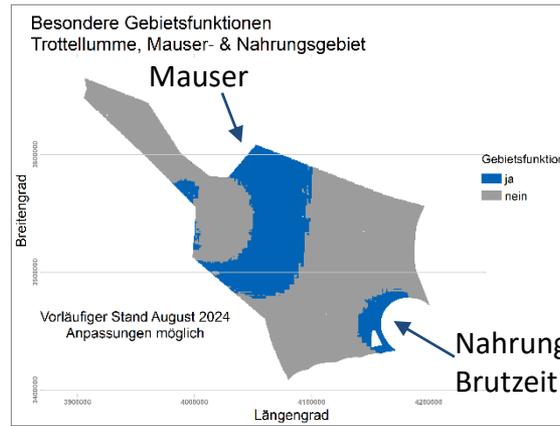
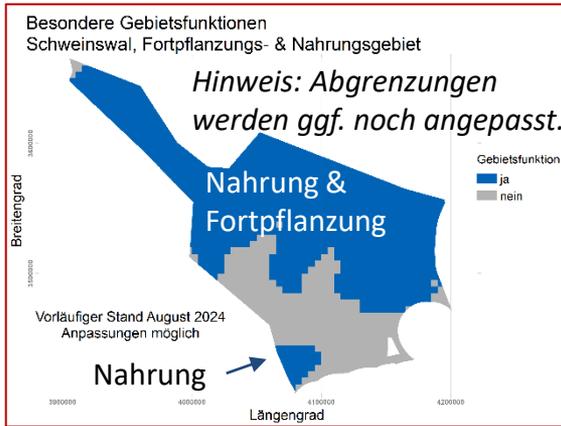
2 Ortsunabhängige
Sensitivitäten

**3 Räumliche
Sensitivitäten**

4 Biodiversität
& Ökosystem

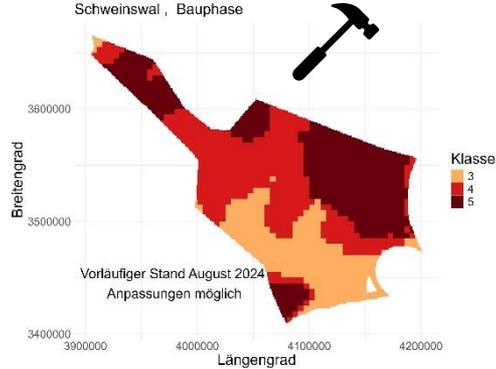
5 Ökosystem-
funktionen

Karten besonderer Gebietsfunktionen

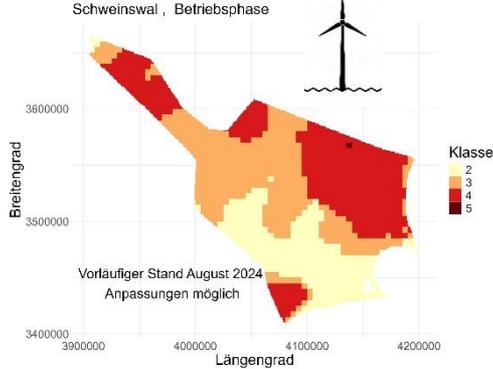


Gesamtsensitivitätskarten mit Gebietsfunktionen

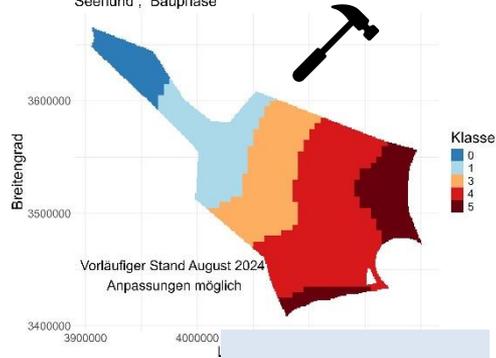
Gesamtsensitivität über alle Wirkungen
(mit Gebietsfunktionen).
Schweinswal, Bauphase



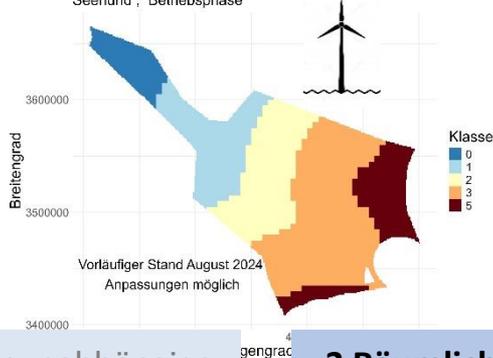
Gesamtsensitivität über alle Wirkungen
(mit Gebietsfunktionen).
Schweinswal, Betriebsphase



Gesamtsensitivität über alle Wirkungen
(mit Gebietsfunktionen).
Seehund, Bauphase



Gesamtsensitivität über alle Wirkungen
(mit Gebietsfunktionen).
Seehund, Betriebsphase



Sensitivitätsklasse	
0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch
5	Besonders hoch

1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige
Sensitivitäten

3 Räumliche
Sensitivitäten

4 Biodiversität
& Ökosystem

5 Ökosystem-
funktionen

Schritt 3: Räumliche Sensitivitäten

→ **Gesamtsensitivitätskarten** für Biotoptypen, Arten, Zugvögel, Fledermäuse

Schritt 4: Aggregation über Biotoptypen und Arten

Teilschritt 1: Aggregation zu funktionellen Gruppen

Teilschritt 2: Aggregation auf Biodiversitäts- & Ökosystem-Ebene

Ökosystem-Ansatz:
Aggregation über funktionelle Gruppen
→ **Gesamtsensitivitätskarte des Ökosystems bzgl. Nahrungsnetz**

Species-Richness-Ansatz:
Aggregation über Arten & Biotoptypen ohne Wichtung
→ **Gesamtsensitivitätskarte der Biodiversität**

Naturschutz-Ansatz:
Aggregation über Arten & Biotoptypen mit Wichtung nach Naturschutzwert
→ **Gesamtsensitivitätskarte mit Naturschutz-Fokus**

1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige Sensitivitäten

3 Räumliche Sensitivitäten

4 Biodiversität & Ökosystem

5 Ökosystem-funktionen

Schritt 4: Aggregation über Biotoptypen und Arten

→ **Gesamtsensitivitätskarte des Ökosystems bzgl. Nahrungsnetz**

→ **Gesamtsensitivitätskarte der Biodiversität**

Schritt 5: Integration weiterer Ökosystemfunktionen (mögliche Bsp)

C-Schutzzonen /
POC-Gehalt

CO₂-Aufnahme
in Wasserkörper

Ökosystem /
Nahrungsnetz

Beute-
fische

Bio-
diversität

Aggregation über Ökosystemfunktionen
→ **Gesamtsensitivitätskarte der Ökosystemfunktionen**

1 Vorkommen

2 Ortsunabhängige
Sensitivitäten

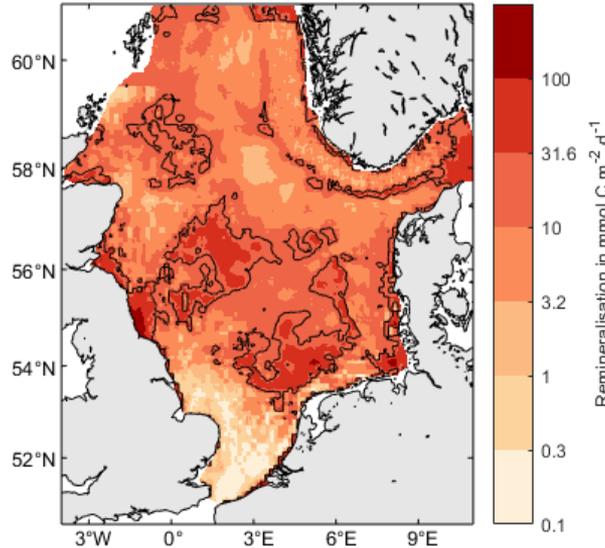
3 Räumliche
Sensitivitäten

4 Biodiversität
& Ökosystem

5 Ökosystem-
funktionen

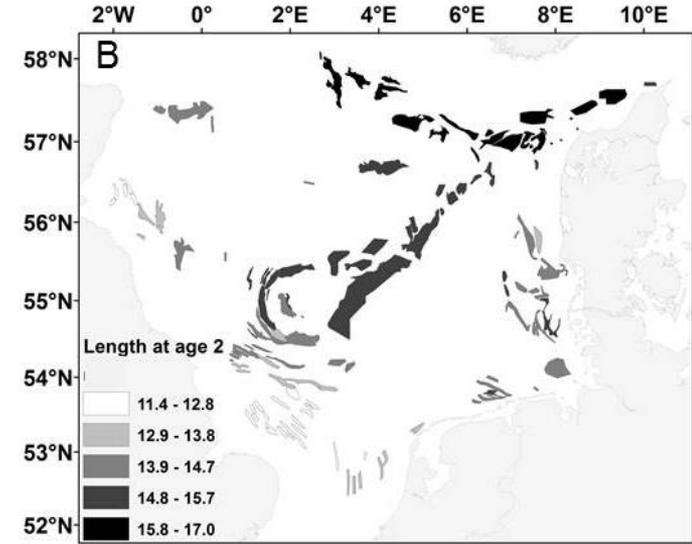
Abgleich Gesamtsensitivitätskarten mit verschiedenen Ökosystemfunktionen
u.a.

- Kohlenstoffspeicherung im Sediment (C-Schutzzonen / POC-Gehalt)
- Schlüsselarten im Nahrungsnetz (Beutfische, z.B. Sandaal)



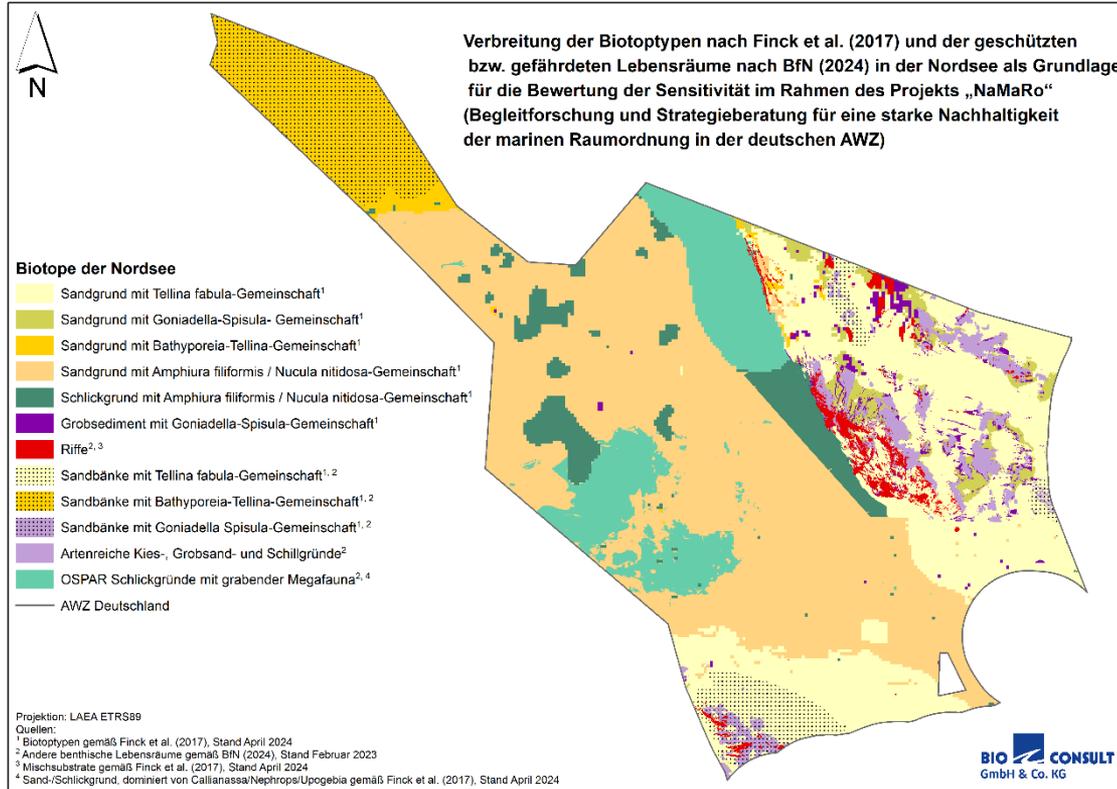
Gebiete vulnerabler Kohlenstoffspeicherung im Sediment nach Porz et al. 2024

Charakteristika der Sandaalpopulationen nach Rindorf et al. 2016

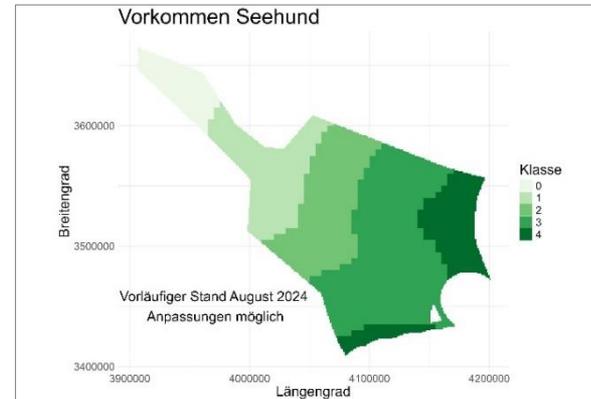
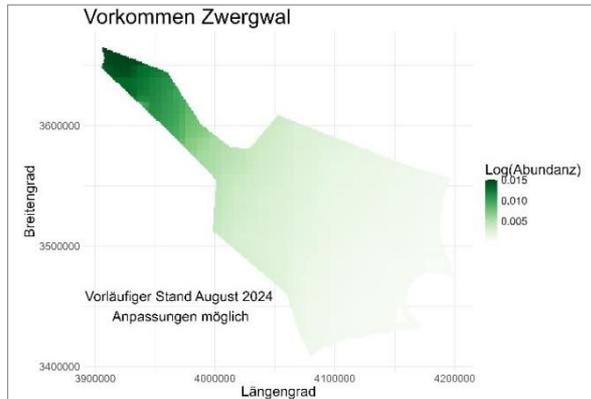
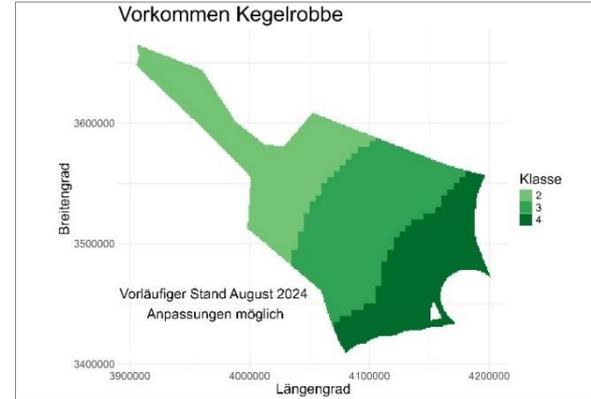
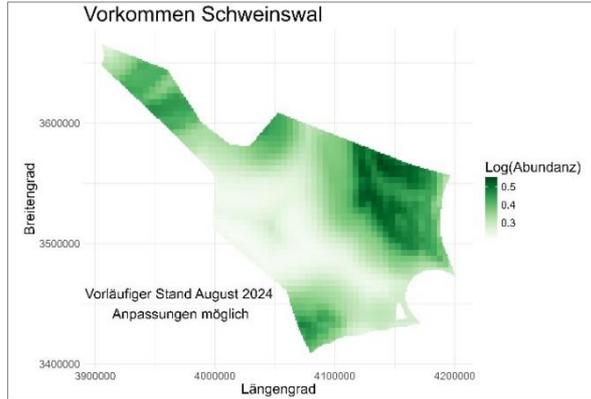


Anhang: Vorkommenskarten

Biotoptypen



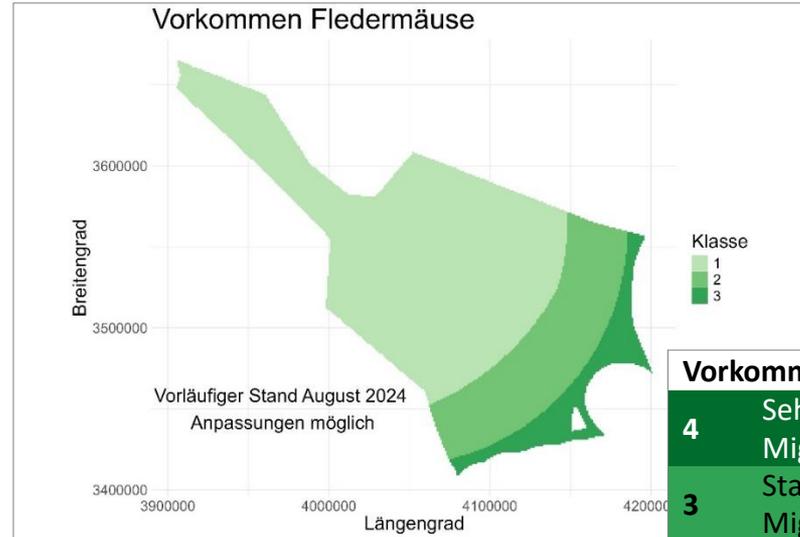
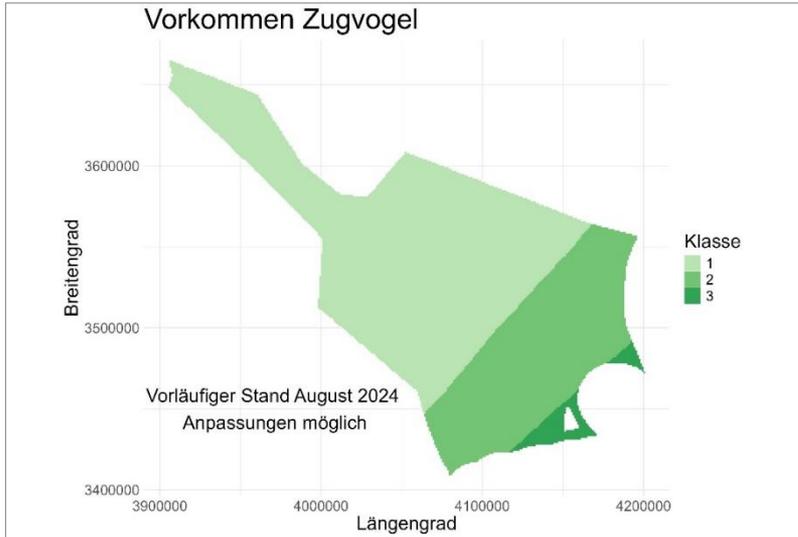
Anhang: Vorkommenskarten Meeressäuger



Vorkommensklassen

4	Sehr starkes Vorkommen
3	Starkes Vorkommen
2	Mittleres Vorkommen
1	Geringes Vorkommen
0	Kein oder vernachlässigbares Vorkommen

Anhang: Vorkommenskarten Zugvögel & Fledermäuse

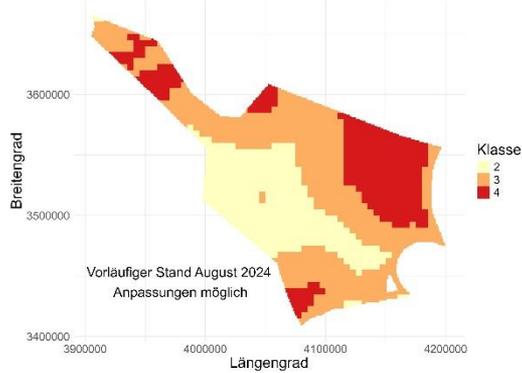


Vorkommensklassen	
4	Sehr starke Zug-/ Migrationsintensität
3	Starke Zug-/ Migrationsintensität
2	Mittlere Zug-/ Migrationsintensität
1	Geringe Zug-/ Migrationsintensität
0	Keine oder vernachlässigbare Gebietsnutzung

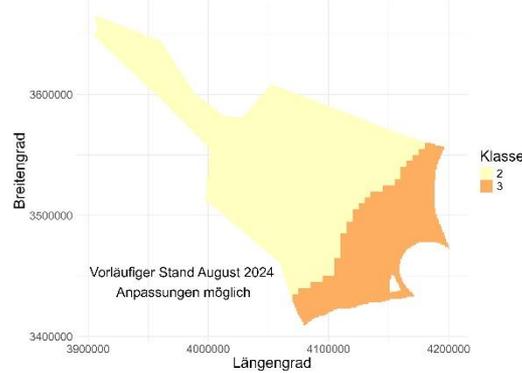
Anhang: Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten

Impulsschall - Meeressäuger

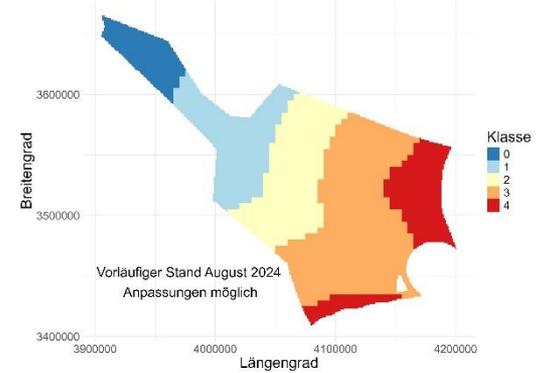
Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Schweinswal, Impulsschall, Bauphase



Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Kegelrobbe, Impulsschall, Bauphase



Wirkungsspezifische Sensitivität, skaliert.
Seehund, Impulsschall, Bauphase

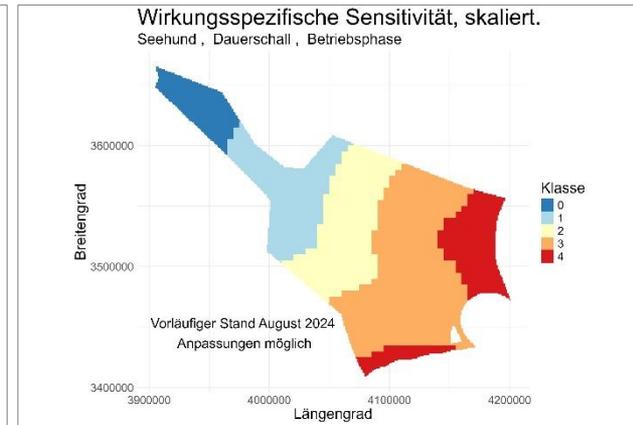
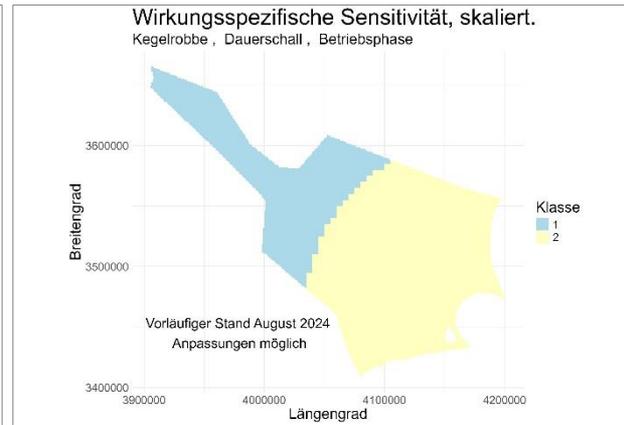
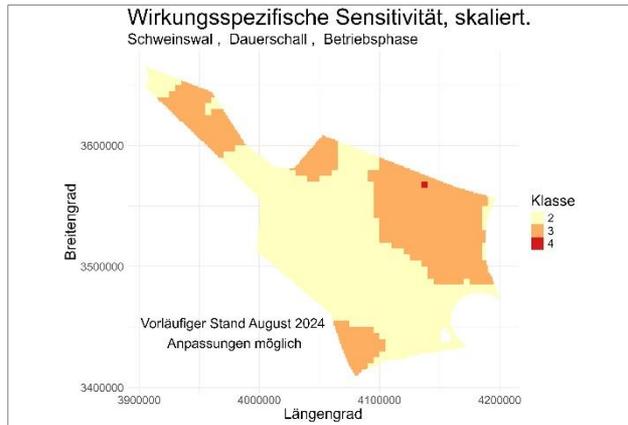


Sensitivitätsklasse

0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch

Anhang: Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten

Dauerschall - Meeressäuger



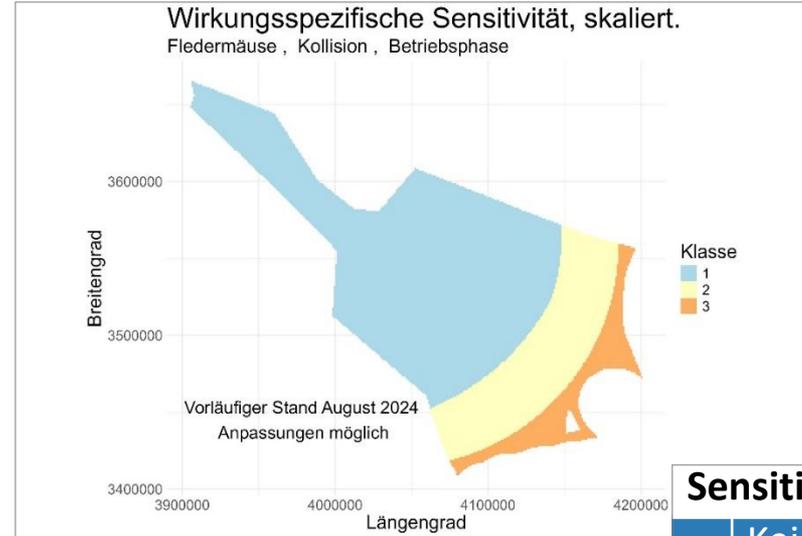
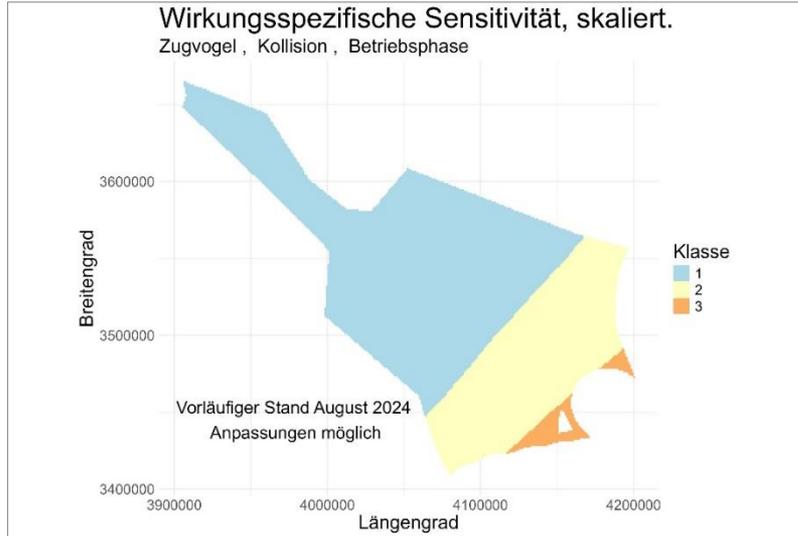
Hinweis: Die Sensitivitätskarten für Bauphase und Schiffsverkehr zu OWP sind in diesem Fall identisch zu denen für die Betriebsphase.

Sensitivitätsklasse

0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch

Anhang: Wirkungsspezifische Sensitivitätskarten

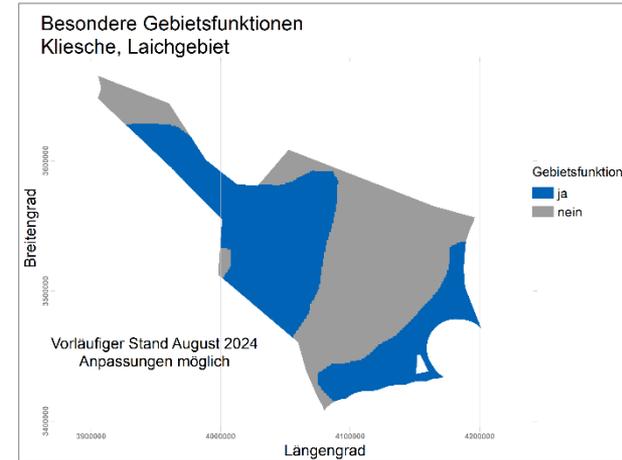
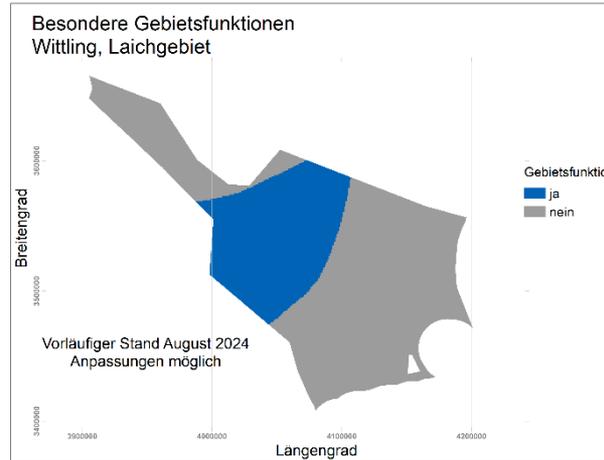
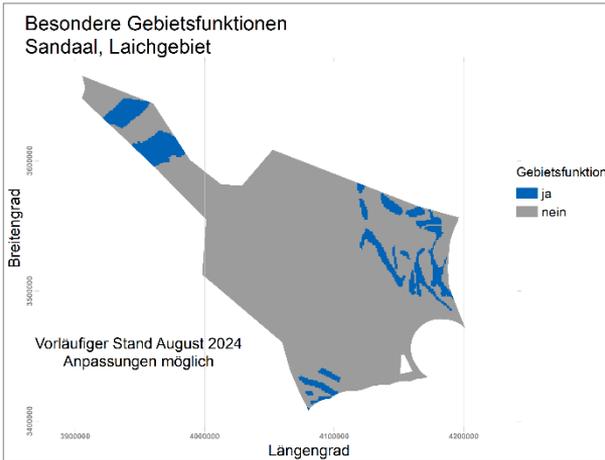
Kollisionen – Zugvögel & Fledermäuse



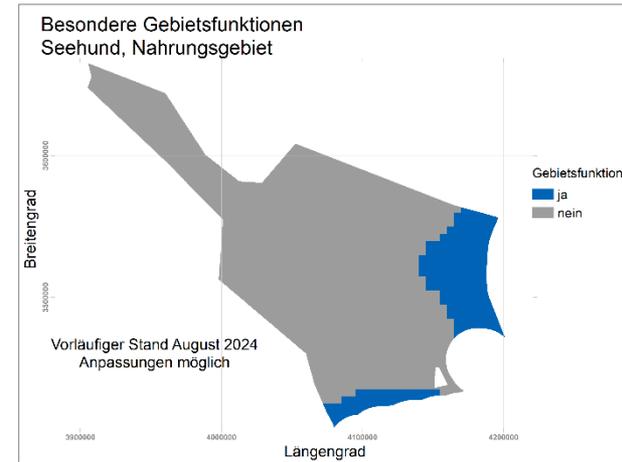
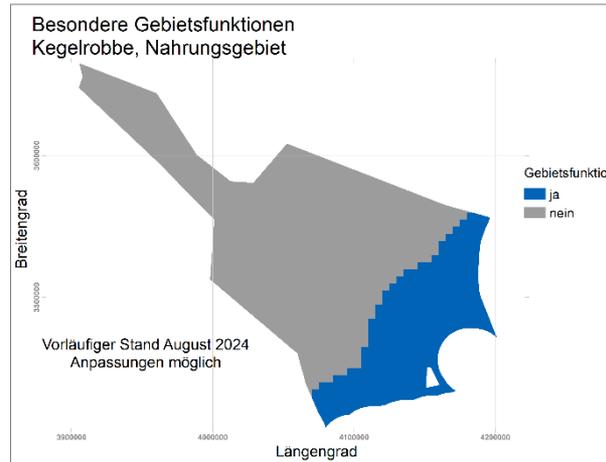
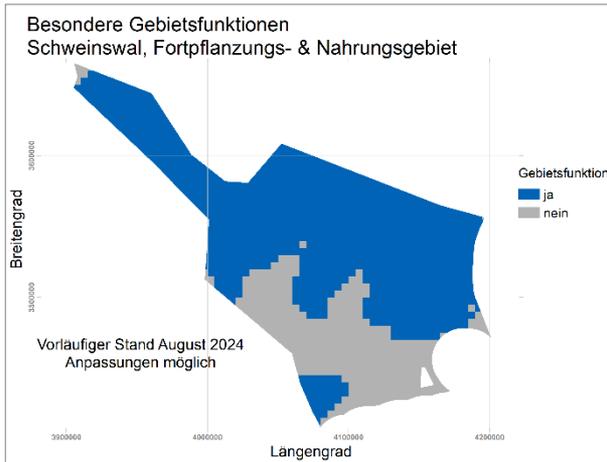
Sensitivitätsklasse

0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch

Anhang: Besondere Gebietsfunktionen Fische

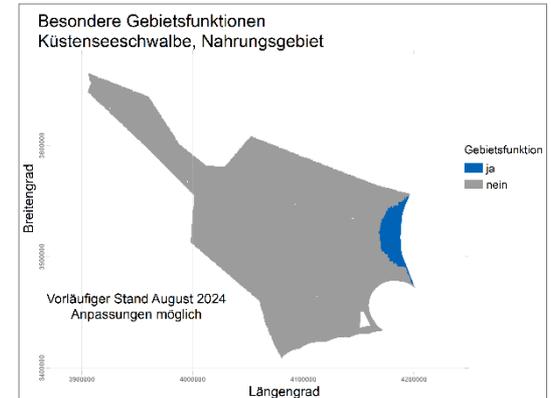
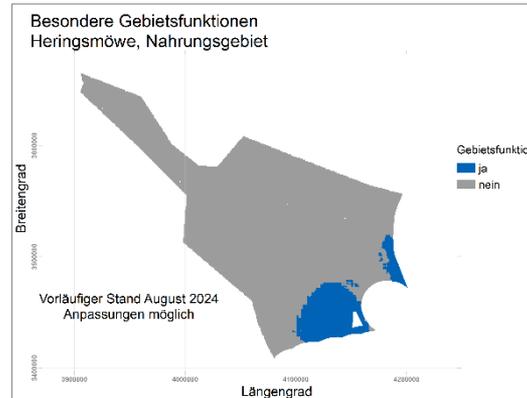
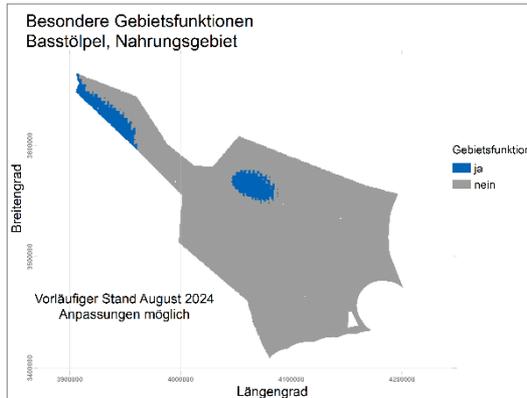
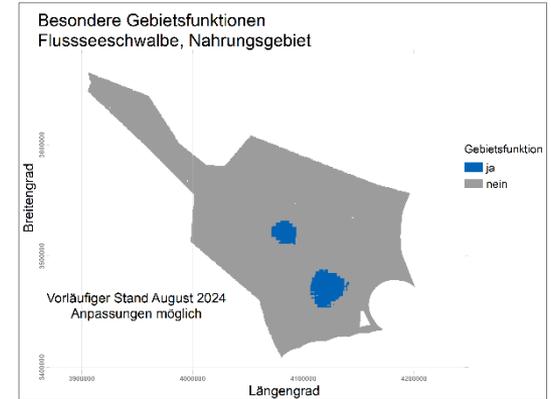
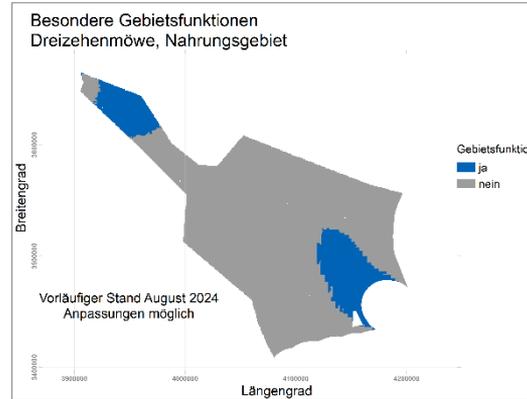
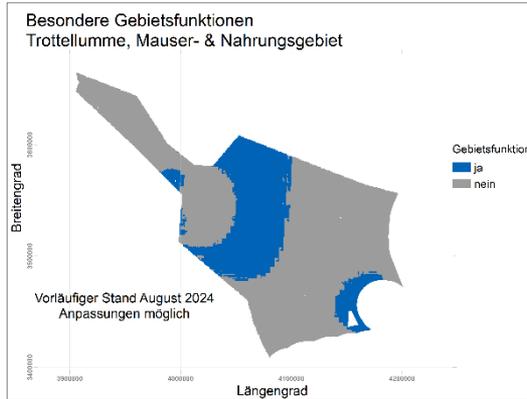


Anhang: Besondere Gebietsfunktionen Meeressäuger



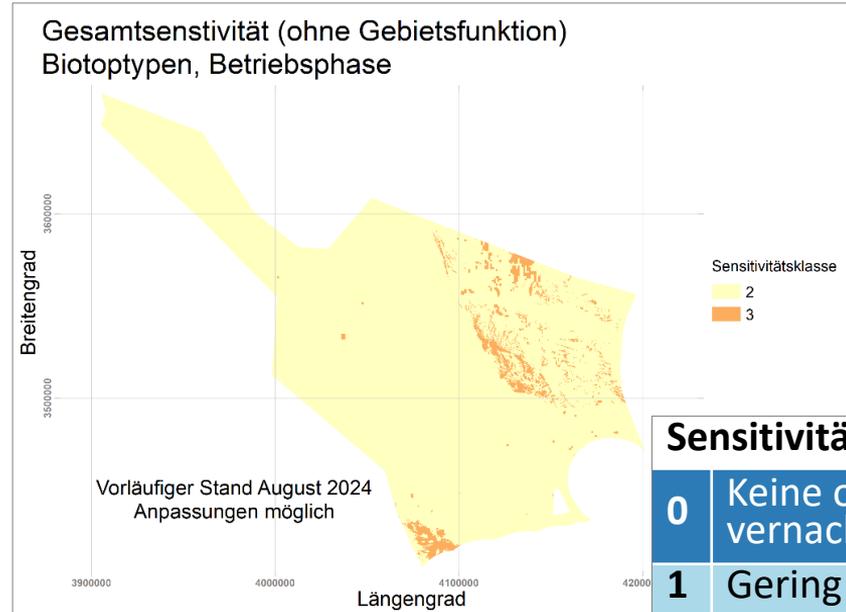
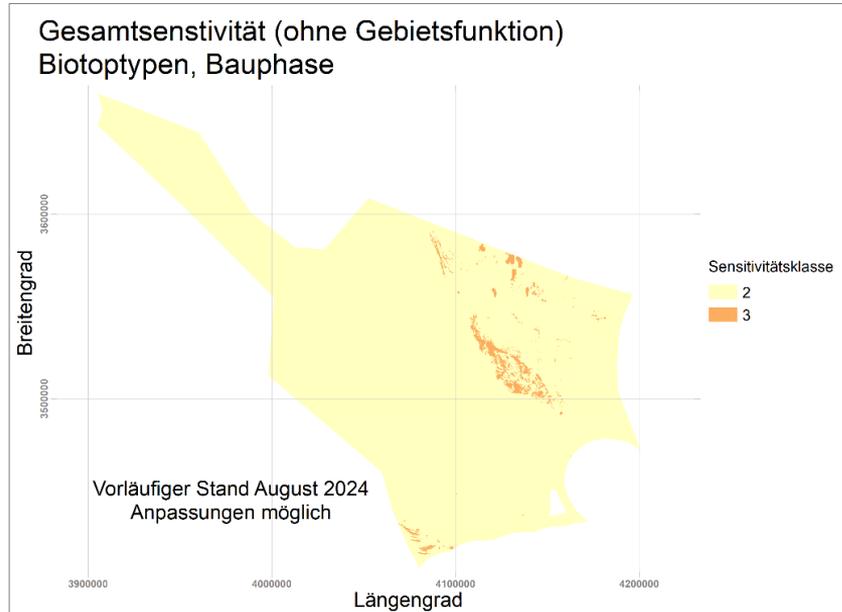
Hinweis: Abgrenzungen werden ggf. noch angepasst.

Anhang: Besondere Gebietsfunktionen Seevögel



Anhang: Gesamtsensitivitätskarten

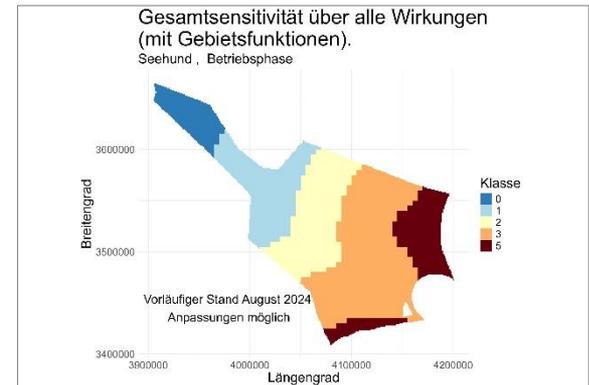
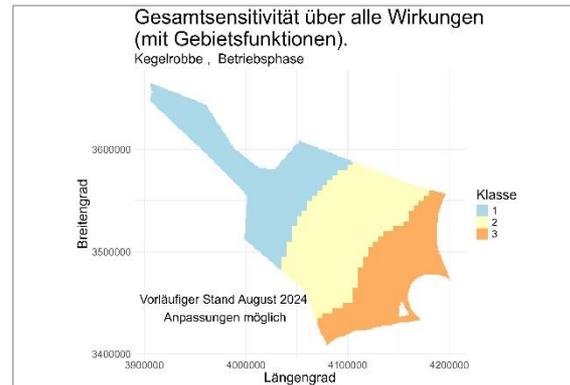
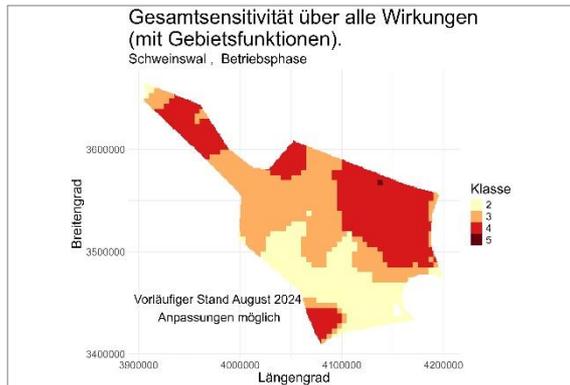
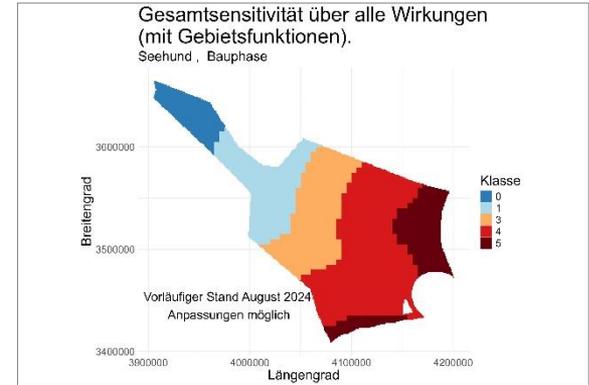
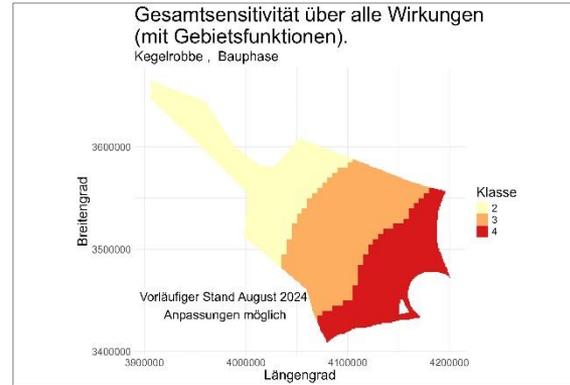
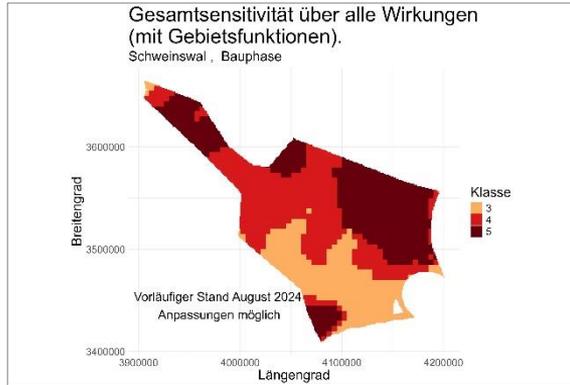
Biootypen



Sensitivitätsklasse

0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch
5	Besonders hoch

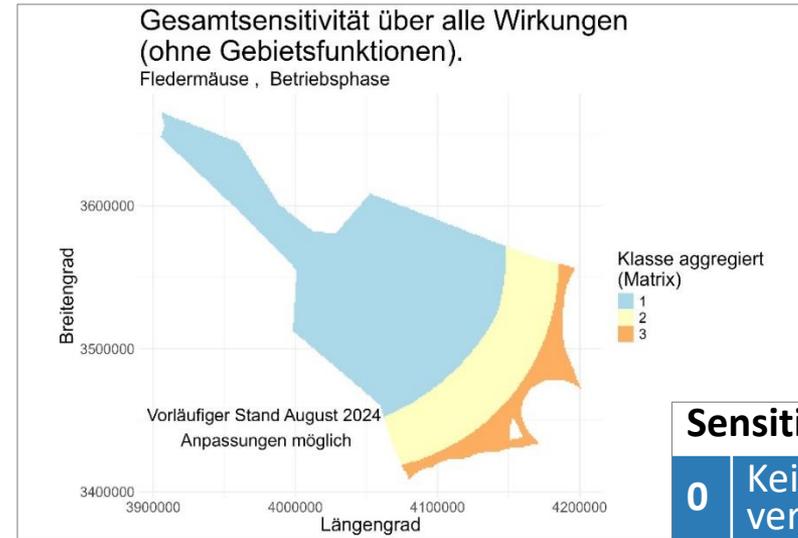
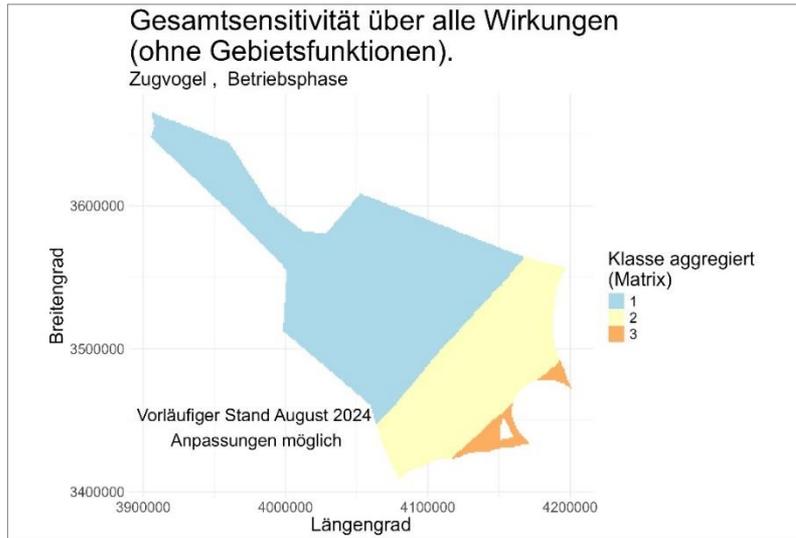
Anhang: Gesamtsensitivitätskarten Meeressäuger



Hinweis: Die Sensitivitätskarten für Schiffsverkehr zu OWP sind in diesem Fall identisch zu denen für die Betriebsphase.

Anhang: Gesamtsensitivitätskarten

Zugvögel & Fledermäuse



Sensitivitätsklasse	
0	Keine oder vernachlässigbar
1	Gering
2	Deutlich
3	Hoch
4	Sehr hoch
5	Besonders hoch

Hinweis: Da besondere Gebietsfunktionen für Zugvögel und Fledermäuse in der Nordsee nur im Bereich des Küstenmeers vorliegen, sind die „Gesamtsensitivitätskarten mit Gebietsfunktionen“ in diesen Fällen identisch zu denen ohne Gebietsfunktionen.

- **Biotoptypen**

Verbreitung Biotoptypen gem. Finck et al. (2017) (BfN-Biotopkartierung Stand April 2024) & geschützte Lebensräume gem. BfN (2024) (BfN-Biotopkartierung Stand Februar 2023)

- **Fische**

- Survey-Daten von 2000-2022 (DATRAS, HERAS), Daten aus OWP-Untersuchungen über BSH
- Generalisierte Additive Gemischte Modelle (Prädiktoren u.a. Küstenentfernung, T, S, Chl a, Wassertiefe, Sedimenteigenschaften, Rauigkeit)
- Dynamic mapping of North Sea spawning – Report of the KINO Project
- Geodatenbank des 'Institute of Marine Research', Norwegen

- **Schweinswal**

- SCANS-Survey 2005, nationale Surveys (DE, DK, NL, BE) 2005-2013
- Modellierte Dichteoberfläche (Ind./km²), Gilles et al. (2016), aggregiert über Jahreszeiten (höchster Wert je Rasterzelle)
- Mutter-Kalb-Paare pro Rasterzelle (Kalb/km²; 5x5 km) in relevanten Monaten (Mai-August 2002-2023, DE Surveys & SCANS s. Hammond et al. 2002, 2013, 2021)

- **Zwergwal**
 - SCANS-III-Survey 2016 (Lacey et al. 2022)
 - Modellierter Dichteoberfläche (Ind./km²), Generalisierte Additive Modelle nach Gilles et al. (2016), Becker et al. (2016; 2017) & Rogan et al. (2017)
- **Kegelrobbe**
 - Experteneinschätzung basierend auf zahlreichen Telemetriestudien sowie wissenschaftlichen Fachartikeln, Berichten und unveröffentlichten Datensätzen
- **Seehund**
 - Experteneinschätzung basierend auf zahlreichen Telemetriestudien sowie wissenschaftlichen Fachartikeln, Berichten und unveröffentlichten Datensätzen
 - auch Berücksichtigung von Aggregations-, Hauptnahrungs- und Reproduktionshabitat nach den sog. IUCN-IMMA Kriterien Important Marine Mammal Area (IMMA)

- **Seevögel**
 - Marines Biodiversitätsmonitoringde BfN (derzeit Projekt MARBIRD, Projektnehmer: DDA) und Vorläuferprojekte, Zeitraum 1990-2016.
 - Modellierte Dichteoberfläche (Ind./km²), GAMM nach Mercker et al. (2021).
- **Zugvögel**
 - Internet-Tracking-Datenbank www.movebank.org
 - MOTUS- und GPS-Besenderungen seit 2015 (BIRDMOVE, TRACKBIRD, OWP-Vogelzug)
 - Experteneinschätzungen
 - Diverse Fachveröffentlichungen (Radar, Sichtbeobachtungen, Satelliten-/GPS-Tracking)
- **Fledermäuse**
 - Automatisierte Detektorerfassungen 2016-2023 (Batmove, Batmobile)
 - Hochrechnung zu 10km-Zugintensitäten

Aufgeführt sind zentrale Literaturquellen. Eine vollständige Literaturliste wird dem NaMaRo-Projektbericht zu Sensitivitätskarten zu entnehmen sein.

- BMUV (2024, in prep.): Zustand der deutschen Nordseegewässer 2024. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des Wasserhaushaltsgesetzes zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.: 333 S.
- Freyhof, J., Bowler, D., Broghammer, T., Friedrichs-Manthey, M., Heinze, S. & Wolter, C. (2023): Rote Liste und Gesamtartenliste der sich im Süßwasser reproduzierenden Fische und Neunaugen (Pisces et Cyclostomata) Deutschlands. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 170 (6): 63.
- Hawkins, A. D. & Popper, A. N. (2017): A sound approach to assessing the impact of underwater noise on marine fishes and invertebrates. *ICES Journal of Marine Science* 74: 635-651 S.
- ICES (2024a): Acoustics. <https://acoustic.ices.dk/submissions> (26.04.2024).
- ICES (2024b): Data Portals. <https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/DATRAS.aspx> (22.01.2024).
- IMR (o.D.): Institute of Marine Research. Geodata. Distribution of fish. Die Nutzung der Dienste ist unter Angabe der Quelle frei – unter den Lizenzbedingungen CC BY 4.0. <https://www.imr.no/geodata/geodataHI.html> (Zugriff: 26.06.2024).
- Morrison, W. E., Nelson, M. W., Howard, J. F., Teeters, E. J., Hare, J. A., Griffis, R. B., Scott, J. D. & Alexander, M. A. (2015): Methodology for assessing the vulnerability of marine fish and shellfish species to a changing climate. NOAA Technical Memorandum NMFS-OSF-3 U.S. Dept. of Commer., NOAA: 48 S.

- Popper, A., Hawkins, A., Fay, R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., Coombs, S., Ellison, W., Gentry, R., Halvorsen, M., Løkkeborg, S., Rogers, P., Southall, B., Zeddies, D. & Tavolga, W. (2014): Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. ASA S3/SC1.4 TR-2014 Springer and ASA Press, Cham, Switzerland.
- Sundby, S., Kristiansen, T., Nash, R. & Johannessen, T. (2017): Dynamic mapping of North Sea spawning – Report of the KINO Project. 198 S.
- Thiel, R., Winkler, H., Böttcher, U., Dänhardt, A., Fricke, R., George, M., Kloppmann, M., Schaarschmidt, T., Ubl, C. & Vorberg, R. (2013): Rote Liste und Gesamtartenliste der etablierten Fische und Neunaugen (Elasmobranchii, Actinopterygii & Petromyzontida) der marinen Gewässer Deutschlands - 5. Fassung, Stand August 2013. Naturschutz und Biologische Vielfalt Band 70 (2): 11-76.

Aufgeführt sind zentrale Literaturquellen. Eine vollständige Literaturliste wird dem NaMaRo-Projektbericht zu Sensitivitätskarten zu entnehmen sein.

- Aarts, G., Cremer, J., Kirkwood, R., Van Der Wal, J.T., Matthiopoulos, J., and Brasseur, S. (2016). Spatial distribution and habitat preference of harbour seals (*Phoca vitulina*) in the Dutch North Sea. Wageningen Marine Research Report C118/16, 43 pp. <https://edepot.wur.nl/400306>
- Aarts, G., Brasseur, S., Poos, J. J., Schop, J., Kirkwood, R., Van Kooten, T., Mul, E., Reijnders, P., Rijnsdorp, A.D., and Tulp, I. (2019). Top-down pressure on a coastal ecosystem by harbor seals. *Ecosphere* 10:e02538
- Brasseur, S. M. J. M., T. D. V. Patel, T. Gerrodette, E. H. W. G. Meesters, P. J. H. Reijnders, and G. Aarts. 2015. Rapid recovery of Dutch gray seal colonies fueled by immigration. *Marine Mammal Science* 31:405-426.
- Carter, M. I. D., L. Boehme, M. A. Cronin, C. D. Duck, W. J. Grecian, G. D. Hastie, M. Jessopp, J. Matthiopoulos, B. J. McConnell, D. L. Miller, C. D. Morris, S. E. W. Moss, D. Thompson, P. M. Thompson, and D. J. F. Russell. 2022. Sympatric Seals, Satellite Tracking and Protected Areas: Habitat-Based Distribution Estimates for Conservation and Management. *Frontiers in Marine Science* 9:875869.
- Gilles, A, Viquerat, S, Becker, EA, Forney, KA, Geelhoed, SCV, Haelters, J, Nabe-Nielsen, J, Scheidat, M, Siebert, U, Sveegaard, S, van Beest, FM, van Bemmelen, R, Aarts, G (2016). Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbor porpoise, in a dynamic environment. *Ecosphere* 7(6): e01367. doi: 10.1002/ecs2.1367

- Gilles, A., Authier, M., Ramirez-Martinez, N.C., Araújo, H., Blanchard, A., Carlström, J., Eira, C., Dorémus, G., Fernández Maldonado, C., Geelhoed, S.C.V., Kyhn, L., Laran, S., Nachtsheim, D., Panigada, S., Pigeault, R., Sequeira, M., Sveegaard, S., Taylor, N.L., Owen, K., Saavedra, C., Vázquez-Bonales, J.A., Unger, B., Hammond, P.S., 2023. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2022 from the SCANS-IV aerial and shipboard surveys. Final report published 29 September 2023., pp 64. https://www.tiho-hannover.de/fileadmin/57_79_terr_aqua_Wildtierforschung/79_Buesum/downloads/Berichte/20230928_SCANS-IV_Report_FINAL.pdf
- Geelhoed, S.C.V, van Bemmelen, R. & Verdaat, H., 2014. Marine Mammal Surveys in the Wider Dogger Bank Area Summer 2013. Report.
- Geelhoed, S., Authier, M., Pigeault, R., Gilles, A., 2022. Abundance and distribution of cetaceans. OSPAR, 2023: the 2023 quality status report for the Northeast Atlantic. London: OSPAR Commission. Available at <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/abundance-distribution-cetaceans/>
- Grünkorn, T., and C. Höschle. 2023. Monitoring von Kegelrobben im schleswig-holsteinischen Wattenmeer - Wurfzeit im Dezember 2022/Januar 2023 und Fellwechsel im März/April 2023. Nationalparkverwaltung, Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Husum, Germany.
- Hammond, P.S., Macleod, K., Berggren, P., Borchers, D.L., Burt, L., Cañadas, A., Desportes, G., Donovan, G.P., Gilles, A., Gillespie, D., Gordon, J., Hiby, L., Kuklik, I., Leaper, R., Lehnert, K., Leopold, M., Lovell, P., Øien, N., Paxton, C.G.M., Ridoux, V., Rogan, E., Samarra, F., Scheidat, M., Sequeira, M., Siebert, U., Skov, H., Swift, R., Tasker, M.L., Teilmann, J., Van Canneyt, O., Vázquez, J.A., 2013. Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biological Conservation* 164, 107-122.

- ICES (2022). Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). ICES Scientific Reports. 4:61. 151. pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.20448942>
- IUCN-MMPATF (2024). Wadden Sea IMMA Factsheet. IUCN Joint SSC/WCPA Marine Mammal Protected Areas Task Force, 2024. PDF made available for download at <https://www.marinemammalhabitat.org/factsheets/wadden-sea-imma/>
- Jones, E. L., B. J. McConnell, S. Smout, P. S. Hammond, C. D. Duck, C. D. Morris, D. Thompson, D. J. F. Russell, C. Vincent, M. Cronin, R. J. Sharples, and J. Matthiopoulos. 2015. Patterns of space use in sympatric marine colonial predators reveal scales of spatial partitioning. *Marine Ecology Progress Series* 534:235-249.
- Lacey, C., Gilles, A., Börjesson, P., Herr, H., Macleod, K., Ridoux, V., Santos, M.B., Scheidat, M., Teilmann, J., Vingada, J., Viquerat, S., Øien, N., Hammond, P. (2022). Modelled density surfaces of cetaceans in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Final report. https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/files/2022/08/SCANS-III_density_surface_modelling_report_final_20220815.pdf
- Lidgard, D. C., D. J. Boness, W. D. Bowen, and J. I. McMillan. 2003. Diving behaviour during the breeding season in the terrestrially breeding male grey seal: implications for alternative mating tactics. *Canadian Journal of Zoology* 81:1025-1033
- Liebsch, N., Wilson, R. and Adelung, D. (2006). Utilisation of time and space by harbour seals (*Phoca vitulina vitulina*) determined by new remote-sensing methods. Pages 179-188 in H. Von Nordheim, D. Boedeker and J. Krause eds. *Progress in Marine Conservation in Europe*.

- McConnell, B. J., M. A. Fedak, P. Lovell, and P. S. Hammond. 1999. Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. *Journal of Applied Ecology* 36:573-590
- Nachtsheim, D., Johnson, M., Schaffeld, T., Van Neer, A., Madsen, P.T., Findlay, C.R., Rojano-Doñate, L., Teilmann, J., Mikkelsen, L., Baltzer, J., Ruser, A., Siebert, U., and Schnitzler, J.G. (2023). Vessel noise exposures of harbour seals from the Wadden Sea. *Scientific Reports* 13:6187
- Peschko, V., S. Müller, P. Schwemmer, M. Mercker, P. Lienau, T. Rosenberger, J. Sundermeyer, S. Garthe, and S. Votier. 2020. Wide dispersal of recently weaned grey seal pups in the Southern North Sea. *Ices Journal of Marine Science* 77:1762-1771.
- Risch, D., Castellote, M., Clark, C.W., Davis, G.E., Dugan, P.J., Hodge, L.E., Kumar, A., Lucke, K., Mellinger, D.K., Nieukirk, S.L., Popescu, C.M., Ramp, C., Read, A.J., Rice, A.N., Silva, M. a, Siebert, U., Stafford, K.M., Verdaat, H. & Van Parijs, S.M., 2014. Seasonal migrations of North Atlantic minke whales: novel insights from large-scale passive acoustic monitoring networks. *Movement Ecology*, 2, 24.
- Risch, D., Wilson, S.C., Hoogerwerf, M., van Geel, N., Edward, E.W.J., Brookes, K.L., 2019. Seasonal and diel acoustic presence of North Atlantic minke whales in the North Sea. *Scientific Reports* 9, 3571. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39752-8>
- Schop, J., S. Brasseur, A. Galatius, T. Hamm, A. Jess, K. Meise, J. Meyer, O. Stejskal, U. Siebert, J. Teilmann, and C. B. Thøstesen. 2023. Grey seal numbers in the Wadden Sea and on Helgoland in 2022-2023. *Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany*

- Tougaard, J., Teilmann, J. and Tougaard, S. (2008). Harbour seal spatial distribution estimated from Argos satellite telemetry: overcoming positioning errors. *Endangered Species Research* 4:113-122
- Unger, B., Baltzer, J., Brackmann, J., Brasseur, S., Brüggemann, M., Diederichs, B., Galatius, A., Geelhoed, S.C.V, Huus Petersen, H., Ijsseldijk, L.L., Jensen, T. K., Jess, A., Nachtsheim, D., Philipp, C., Scheidat, M., Schop, J., Siebert, U., Teilmann, J., Thøstesen, C.B., and van Neer, A. (2022). Marine mammals. In: *Wadden Sea Quality Status Report*. Eds.: Kloepper S. et al., Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. Last updated: 06.09.2022. Downloaded 24.05.2023. <https://qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/marine-mammals>
- Vance, H.M., Hooker, S.K., Mikkelsen, L., Van Neer, A., Teilmann, J., Siebert, U., and Johnson, M. (2021). Drivers and constraints on offshore foraging in harbour seals. *Scientific Reports* 11:6514.
- Wilson, R., Liebsch, N., Gomez-Laich, A., Kay, W., Bone, A., Hobson, V., and Siebert, U. (2015). Options for modulating intra-specific competition in colonial pinnipeds: the case of harbour seals (*Phoca vitulina*) in the Wadden Sea. *PeerJ* 3:e957

Aufgeführt sind zentrale Literaturquellen. Eine vollständige Literaturliste wird dem NaMaRo-Projektbericht zu Sensitivitätskarten zu entnehmen sein.

- Bernotat, D. & V. Dierschke (2021): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen Teil II.4: Arbeitshilfe zur Bewertung der Kollisionsgefährdung von Vögeln an Offshore-Windparks 4. Fassung, Stand 31.08.2021. https://www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente/MGI/MGI_II_4_OWP.pdf
- Borkenhagen, K., J. Kotzerka, L. Enners, M. Lerma, H. Schwemmer, V. Dierschke & N. Markones (2023): Erfassungen von Seevögeln auf See: Das deutsche Seabirds-at-Sea-Programm. Falke 70, Sonderheft: 22-29.
- Dierschke, V., K. Borkenhagen, L. Enners, S. Garthe, M. Mercker, V. Peschko, H. Schwemmer & N. Markones (2024): Sensitivität von Seevögeln gegenüber Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee im Hinblick auf Lebensraumverluste durch Meidung. Vogelwelt 142: 59-74.
- Dierschke V, Furness RW, Garthe S (2016) Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. Biological Conservation 202: 59–68.
- Fliessbach, K.L., Borkenhagen, K., Guse, N., Markones, N., Schwemmer, P. & Garthe, S. (2019): A ship traffic disturbance vulnerability index for Northwest European seabirds as a tool for marine spatial planning. Frontiers in Marine Science 6: 1-15.
- Garthe, S., H. Schwemmer, V. Peschko, N. Markones, S. Müller, P. Schwemmer & M. Mercker (2023): Large-scale effects of offshore wind farms on seabirds of high conservation concern. Scientific Reports 13: 4779.
- Lamb, J., J. Gulka, E. Adams, A. Cook & K.A. Williams (2024): A synthetic analysis of post-construction displacement and attraction of marine birds at offshore wind energy installations. Environmental Impact Assessment Review 108: 107611.

- Mendel, B., N. Sonntag, J. Wahl, P. Schwemmer, H. Dries, N. Guse, S. Müller & S. Garthe (2008): Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Mercker, M., N. Markones, K. Borkenhagen, H. Schwemmer, J. Wahl & S. Garthe (2021): An integrated framework to estimate seabird population numbers and trends. *J. Wildl. Manage.* 85: 751-771
- Peschko, V., B. Mendel, M. Mercker, J. Dierschke & S. Garthe (2021): Northern gannets (*Morus bassanus*) are strongly affected by operating offshore wind farms during the breeding season. *J. Environ. Manage.* 279: 111509.
- Peschko, V., B. Mendel, S. Müller, N. Markones, M. Mercker & S. Garthe (2020): Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding season. *Marine Environmental Research* 162: 105157.
- Peschko, V., M. Mercker & S. Garthe (2020): Telemetry reveals strong effects of offshore wind farms on behaviour and habitat use of common guillemots (*Uria aalge*) during the breeding season. *Marine Biology* 167: 118.
- Peschko, V., H. Schwemmer, M. Mercker, N. Markones, K. Borkenhagen & S. Garthe (2024): Cumulative effects of offshore wind farms on common guillemots (*Uria aalge*) in the southern North Sea - climate versus biodiversity? *Biodiversity and Conservation*: <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02759-9>.

Aufgeführt sind zentrale Literaturquellen. Eine vollständige Literaturliste wird dem NaMaRo-Projektbericht zu Sensitivitätskarten zu entnehmen sein.

- <https://www.movebank.org>
- Projektberichte TRACKBIRD (Institut für Vogelforschung und FTZ der Universität Kiel)
- Bairlein Bairlein F, Dierschke J, Dierschke V, Salewski V, Geiter O, Hüppop K, Köppen U, Fiedler W (2014): Atlas des Vogelzugs. Ringfunde deutscher Brut- und Gastvögel. Aula-Verlag, Wiebelsheim.
- Newton I (2023): The migration ecology of birds. Academic Press.
- Seebens-Hoyer, A., L. Bach, P. Bach, H. Pommeranz, Mi. Götsche, C. Voigt, R. Hill, S. vardeh, Ma. Götsche, H. Matthes (2022): Fledermausmigration über der Nord- und Ostsee. – BfN-Skripten 631: 211 Seiten.
- Bach, L., P. Bach, A. Donning, Ma. Götsche, Mi. Götsche, R. Kesel & H. Reimers (2022): Fledermauswanderung entlang der Wattenmeerinseln der südlichen deutschen Bucht. – Nyctalus 20(1): 11-25.

Aufgeführt sind ausgewählte Literaturquellen. Eine vollständige Literaturliste wird dem NaMaRo-Projektbericht zu Sensitivitätskarten zu entnehmen sein.

- Rindorf, A., Wright, P. J., Jensen, H., & Maar, M. (2016). Spatial differences in growth of lesser sandeel in the North Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 479, 9-19.
- Porz, L., Zhang, W., Christiansen, N., Kossack, J., Daewel, U., and Schrum, C.: Quantification and mitigation of bottom-trawling impacts on sedimentary organic carbon stocks in the North Sea, *Biogeosciences*, 21, 2547–2570, <https://doi.org/10.5194/bg-21-2547-2024>, 2024.