

## Spotlight on EMF Research

# Spotlight on “Do electromagnetic fields from subsea power cables effect benthic elasmobranch behaviour? A risk-based approach for the Dutch Continental Shelf” by Hermans et al. in Environmental Pollution (2024)

Kategorie [Statische und niederfrequente Felder, Übersichtsarbeit]

Spotlight - Sep/2024 no.4 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

## 1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

Offshore-Anlagen für erneuerbare Energien haben sich in den letzten Jahren rasant entwickelt, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Dies hat zur Folge, dass weltweit mehr Seekabel in den Küstengewässern verlegt werden, um mehr Strom zu transportieren. Dies führt zu einer erhöhten Exposition von Meereslebewesen gegenüber anthropogenen magnetischen und induzierten elektrischen Feldern. Die in der Nordsee gefährdeten Knorpelfische (z.B. Haie, Rochen) verfügen über äußerst empfindliche Rezeptoren zur Wahrnehmung magnetischer Felder (z.B. Erdmagnetfeld) oder bioelektrischer Felder (z.B. von Beutetieren oder Artgenossen). Dies wirft die Frage auf, ob sie durch anthropogene elektromagnetische Felder (EMF) negativ beeinflusst werden.

## 2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive der Autorenschaft

Die vorliegende Studie [1] zielt darauf ab, das potenzielle Risiko für benthische Knorpelfisch (Rochen und Haie) zu bewerten, das mit der Exposition gegenüber anthropogenen EMF verbunden ist, die von Unterwasser-Stromkabeln (subsea power cable, SPC) in der südlichen Nordsee ausgehen. Eine wissenschaftlich fundierte ökologische Risikobewertung (Ecological Risk Assessment, ERA) wurde in den folgenden vier Schritten durchgeführt:

**Identifizierung der Gefahr:** Die Art der EMF von SPC und ihre potenziellen Auswirkungen auf benthische Knorpelfische wurden anhand von Beobachtungen und experimentellen Studien ermittelt. Gleichstrom- (DC) und Wechselstrom- (AC) Kabel sind von statischen und zeitlich variierenden Magnetfeldern umgeben. Induzierte elektrische Felder entstehen durch die Bewegung des Meerwassers durch ein Magnetfeld und liegen im Bereich von  $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$  V/m. Der geomagnetische Breitengradient in der südlichen Nordsee beträgt  $0,002 - 0,005 \mu\text{T}/\text{km}$ , daher wird angenommen, dass  $0,005 \mu\text{T}$  das für die Navigation von Knorpelfischen relevante Minimum ist. Es wurden drei mögliche Auswirkungen von EMF auf Knorpelfische ermittelt:

- a) Beeinträchtigung der Embryonalentwicklung: Wenn Knorpelfische ihre Eier innerhalb der EMF eines SPC ablegen, werden die Embryonen während ihrer Entwicklung den schwankenden EMF ausgesetzt. Dies kann Auswirkungen auf die Embryonalentwicklung sowie auf das Verhalten und die Orientierung der Jungtiere haben, wie in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben wurde.
- b) Verhaltensänderungen während des Aufenthalts vor Ort, die durch EMF von SPC hervorgerufen werden, könnten das Suchverhalten, die Anziehung oder die Vermeidung beeinflussen, die Beziehungen zu Artgenossen stören oder die Habitatnutzung ändern [2, 3].
- c) Wechselwirkung mit dem Wanderverhalten, wenn die Orientierung nach dem geomagnetischen Feld durch Magnetfelder von SPC lokal gestört wird.

**Quantifizierung der Exposition:** Die erwartete Exposition wurde auf der Grundlage von Messergebnissen und numerischen Modellen aus der wissenschaftlichen Literatur abgeschätzt. Die berichteten Magnetfeldwerte, die über SPC gemessen wurden, reichten von  $0,004 \mu\text{T}$  bis  $6,540 \mu\text{T}$  für Wechselstromkabel und von  $0,46 \mu\text{T}$  bis  $20,7 \mu\text{T}$  für Gleichstromkabel. Die Magnetfeldwerte hängen von der Verlegetiefe (überwiegend 1-2 m) und der übertragenen Leistung ab. Die maximale modellierte magnetische Feldstärke, angepasst an die maximal mögliche Kapazität der Kabel, erreichte  $13,9 \mu\text{T}$  für Wechselstromkabel und  $61,3 \mu\text{T}$  für Gleichstromkabel.

Auf der Grundlage des niedrigsten erwarteten Wahrnehmungsniveaus von Knorpelfischen von  $0,005 \mu\text{T}$  wird das Gebiet, das von magnetischen Feldern von Export- und Interkontinental-Kabeln beeinflusst ist, etwa  $550 \text{ km}^2$  umfassen, d. h. 1 % des niederländischen Kontinentalschelfs. Berücksichtigt man die EMF von den Inter-Array-Kabeln innerhalb von Offshore-Windparks, so werden bis 2030 5,5 % des niederländischen Kontinentalschelfs EMF von SPC ausgesetzt sein, die von Knorpelfischen wahrgenommen werden können. Die Überschneidungen zwischen dem räumlichen Vorkommen benthischer Knorpelfischarten und den Gebieten, die EMF von SPC ausgesetzt sind, sowie das Verhalten, die Ökologie und die Lebensraumnutzung der einzelnen Arten werden die Häufigkeit der Begegnungen bestimmen.

**Quantifizierung der Gefährdung:** Auf der Grundlage der verfügbaren Literatur wurden Werte für nicht beobachtete oder niedrigste beobachtete Auswirkungen (not-observed or lowest observed effects levels: NOEL oder LOEL) von EMF, die Verhaltensänderungen bei benthischen Knorpelfische hervorrufen, ermittelt. Insgesamt wurden neun geeignete Studien gefunden, was nach Ansicht der Autoren für eine gute Gefahrenabschätzung sehr begrenzt ist. Sieben Studien waren Laborstudien und zwei experimentelle Feldstudien. Für die Störung der Embryonalentwicklung wurde ein NOEL von  $0,4 \mu\text{T}$  sowohl für Wechsel- als auch für Gleichstromkabel als grobe Schätzung angenommen. Für Verhaltensänderungen während des Aufenthalts vor Ort wurde der LOEL-Wert auf  $0,03 \mu\text{T}$  für Gleichstromkabel und der NOEL-Wert auf  $0,8 \mu\text{T}$  für Wechselstromkabel festgelegt. Für die Wechselwirkung mit dem Wanderverhalten fehlen experimentelle Studien über Knorpelfische. Aufgrund ihrer Fähigkeit, anhand von Unterschieden im geomagnetischen Feld von nur  $0,002-0,005 \mu\text{T}$  zu navigieren, wurde der NOEL-Wert für Gleichstromkabel

auf 0,05  $\mu\text{T}$  festgelegt. Es wird nicht erwartet, dass zeitlich variierende Magnetfelder von Wechselstromkabeln die Navigation stören.

**Die Risikobewertung** erfolgte auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von EMF und NOEL.

a) Für die Störung während der Embryonalentwicklung wurde die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens als wahrscheinlich angesehen, da sich die Kabeltrassen und die als Eiablageplätze geeigneten Gebiete überschneiden, was eine kontinuierliche Exposition der in der Nähe der SPC abgelegten Eier bedeutet. Der NOEL-Wert liegt um zwei bzw. drei Größenordnungen unter den Wechselstrom (AC)- bzw. Gleichstrom (DC)-Expositionswerten, was ein Grund zur Besorgnis ist.

b) Bei Verhaltensänderungen während des Aufenthalts vor Ort ist die Wahrscheinlichkeit, auf eine SPC zu treffen, in Offshore-Windparks am größten. Der NOEL-Wert liegt um eine Größenordnung niedriger als die erwarteten Expositionswerte. Das Hauptrisiko könnte eine langfristige Anziehung sein, die zu verschwendetem Energieaufwand oder Veränderungen bei der Nahrungssuche und Lebensraumnutzung auf 5,5 % des niederländischen Kontinentalschelfs führen könnte.

c) Bei Wechselwirkungen mit dem Wanderverhalten liegt die maximal zu erwartende Exposition für ziehende Tiere um vier Größenordnungen über dem LOEL-Wert, während die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens als hoch eingestuft wurde, da die Kabeltrassen senkrecht zur Küste verlaufen, was auf mehrfache Begegnungen bei der Wanderung über größere Entfernungen von Norden nach Süden entlang der niederländischen Küste schließen lässt. An der niederländischen Küste könnten Knorpelfische im Jahr 2030 auf bis zu 34 Kabel treffen, in Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Belgien und Frankreich sogar noch mehr. Die Autoren stellen fest, dass bipolare Gleichstromkabel auf dem niederländischen Kontinentalschelf die Regel sind. Dies könnte in anderen Ländern anders sein, wo die positiven und negativen Leiter separat mit einem Abstand von bis zu 250 m verlegt werden. Dies könnte die Magnetfelder auf bis zu 300  $\mu\text{T}$  erhöhen (mehr als das Dreifache der Werte der dargestellten Situation auf dem niederländischen Kontinentalschelf).

Für sechs Arten, drei Rochen und drei Haie, wurde eine artenspezifische Risikobewertung durchgeführt. Das potenzielle Risiko ist für die verschiedenen Arten je nach ihrer Biologie und Ökologie unterschiedlich. Den Autoren zufolge sind eierlegende Arten während der Embryonalentwicklung einem höheren Risiko ausgesetzt, da sie ihre Eier wahrscheinlich in der Nähe von SPC ablegen. Die Risiken während der Nahrungssuche und der Wanderung hängen von den lokalen Habitatpräferenzen und den Wanderungsrouten ab. Es wurden Wissenslücken in Bezug auf Embryologie, Nahrungssuche, Habitatnutzung und Verhalten in Offshore-Windparks, Gewöhnung an EMF, Zugrouten und Zugverhalten in der Nähe von Kabeln festgestellt. Die Schließung der Wissenslücken wird entweder das Risiko mindern oder politische Entscheidungen unterstützen, um bedeutsame ökologische Auswirkungen durch Abhilfemaßnahmen zu verhindern.

### 3 Kommentare des BfS

Die Studie wendet einen klar definierten quantitativen Ansatz an, um mögliche Risiken durch EMF von Unterwasser-Stromkabeln für Knorpelfische zu bewerten. Auf der Grundlage veröffentlichter Daten werden die erwarteten Magnetfeldstärken und möglichen Auswirkungen auf Knorpelfische quantifiziert und Schlussfolgerungen gezogen.

Obwohl sich diese Studie auf den niederländischen Kontinentalschelf konzentriert hat, könnte sie in allen Meeren mit Offshore-Windparks und Unterwasser Stromkabel-Ausbau anwendbar sein. Insbesondere die Gewässer der belgischen, britischen, deutschen und dänischen Nordsee sind ein Lebensraum für die in



dieser Studie untersuchten Arten, und diese Arten wandern über die Grenzen der Staaten hinweg. Das Konzept des Ansatzes lässt sich auch auf weitere Arten mit ähnlichen ökologischen Merkmalen anwenden und könnte sogar bei der Betrachtung anderer anthropogener Einflüsse in der Umwelt, anderer Lebensräume und anderer Organismengruppen von Nutzen sein.

Die größte Schwäche dieser Risikobewertung ist die begrenzte Wissensbasis. So konnten beispielsweise die Magnetfelder bei starkem Wind nicht gemessen werden; daher mussten die maximal zu erwartenden Werte der Magnetfeldstärken modelliert werden, und es war nicht möglich, die Modelle durch Messungen zu validieren. Außerdem stützt sich die Gefährdungsbeurteilung auf nur neun experimentelle Studien über Knorpelfische, was eine sehr niedrige Zahl ist. Es bleibt unklar, ob alle relevanten Forschungsarbeiten berücksichtigt wurden, da es keine ausreichenden Informationen über die Suchstrategie und die Ein- und Ausschlusskriterien gibt. Eine zuverlässige Gefahren- und Risikobewertung setzt außerdem voraus, dass die Qualität der einbezogenen Studien berücksichtigt wird. Es gibt jedoch keinen Hinweis darauf, dass die Qualität der Studien bei der Bewertung berücksichtigt wurde.

Trotz der genannten Schwächen ist die Studie ein guter erster Schritt zur Bewertung möglicher Risiken anthropogener EMF für Knorpelfische. Die Arbeit zeigt auch Wissenslücken und Forschungsbedarf auf.

## Referenzen

- [1] Hermans A, Winter HV, Gill AB, Murk AJ. Do electromagnetic fields from subsea power cables effect benthic elasmobranch behaviour? A risk-based approach for the Dutch Continental Shelf. *Environ Pollut.* 2024; 346:123570. doi:10.1016/j.envpol.2024.123570
- [2] Taormina B, Bald J, Want A, Thouzeau G, Lejart M, Desroy N, Carlier A. A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2018; 96: 380-391. doi:10.1016/j.rser.2018.07.026
- [3] Kimber JA, Sims DW, Bellamy PH, Gill AB The ability of a benthic elasmobranch to discriminate between biological and artificial electric fields. *Mar. Biol.* 2011; 158(1): 1-8. doi:10.1007/s00227-010-1537-y



## Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz  
Postfach 10 01 49  
38201 Salzgitter

Tel.: +49 30 18333-0  
Fax: +49 30 18333-1885  
E-Mail: [spotlight@bfs.de](mailto:spotlight@bfs.de)  
De-Mail: [epost@bfs.de-mail.de](mailto:epost@bfs.de-mail.de)

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

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
[urn:nbn:de:0221-2024092646657](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024092646657)

Spotlight - Sep/2024 no.4 (Deu)