

# **Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die Fischfauna**

Dr. Siegfried Ehrich  
Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei  
Palmaille 9, 22767 HAMBURG  
ehrich.ish@bfa-fisch.de

## **Kurzfassung**

Da bisher keine Ergebnisse von Untersuchungen zu den Auswirkungen von Offshore-Windparks (außerhalb der 12 sm Grenze) auf die Fischfauna vorliegen, ist eine wissenschaftlich fundierte Beantwortung der Frage nach den Auswirkungen eines Windparks auf die Fischfauna derzeit nicht möglich.

Es wird dennoch versucht, wissenschaftliche Ergebnisse zumindest aus Teilbereichen oder verwandten Fragestellungen darzustellen. Dazu werden folgende Einflussgrößen auf die Fischfauna behandelt:

1. Trübungsphasen und Sedimentveränderungen während der Bauphase
2. Biotopveränderung durch Einbringung von Hartsubstraten (Fundamente)
3. Erhöhter Lärmpegel während des Betriebes der Windräder
4. Magnetische und elektrische Felder über den Stromkabeln
5. Erwärmung des Bodens und des Wassers in unmittelbarer Nähe des Kabels

Anhand dieser Ergebnisse und aus langjähriger Monitoringerfahrung in der Nordsee wagt der Autor eine Bewertung der wahrscheinlichen Auswirkungen dieser Einflussgrößen auf die Fischfauna im mesoskaligen wie im großskaligen Bereich.

Abschließend werden Empfehlungen gegeben, welche Fischarten als Monitoringobjekte geeignet sind und mit welchen Fangmethoden sie repräsentativ erfasst werden sollten, um einen möglichen Einfluss von Windparks auf die Fischfauna statistisch nachweisen zu können.

## **1. Einleitung**

Die technischen Eingriffe des Menschen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee waren zumindest im deutschen Sektor bisher kaum sichtbar, da die Anzahl der Gas- und Ölförderplattformen sehr gering ist. Die beabsichtigten Eingriffe (z.B. Stein-, Kies- und Sandentnahme, Verklappungen, Fischerei) wie unbeabsichtigten Eingriffe (Schiffsuntergänge) veränderten das Erscheinungsbild des Meeres oberhalb der Wasseroberfläche nicht, sie veränderten aber den Biotop für die marine Unterwassertierwelt.

Mit dem Bau von Windparks, deren mehrere hundert Windräder in Abständen von 600 bis 800m zueinander Areale von mehreren hundert km<sup>2</sup> einnehmen (Beispiel: 460 Anlagen auf 225 km<sup>2</sup>), ändert sich das Erscheinungsbild des Meeres für den Menschen drastisch. Aber auch die marine Tierwelt und die über die Nord- und Ostsee ziehenden Vögel haben sich auf Veränderungen in ihrem natürlichen Biotop einzustellen. Der folgende Beitrag versucht, die möglichen Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Fischfauna zu beschreiben und einzuschätzen.

## **2. Mögliche Reaktionen der Fische auf Biotopveränderungen**

### **2.1. Sedimentaufwirbelungen während der Bauphase**

Die Menge an aufgewirbeltem Sediment und die Größe und Reichweite der Trübungsphasen ist abhängig von der Art der Fundamente und der Technik ihrer Einbringung in den Meeresboden. Die gröberen Bestandteile des Sedimentes werden in unmittelbarer Nähe herabfallen, während die feineren Sedimente mit der Strömung über mehrere Kilometer transportiert werden.

Die Fische unserer flachen Schelfmeere sind an **natürliche Sedimentaufwirbelungen** durch die Einwirkungen von Stürmen gewöhnt. Während starker Stürme reicht die Turbulenz des Wassers bis in Wassertiefen von ca. 50m und die Wassersäule wird durch das aufgewirbelte Sediment getrübt. Die Fische reagieren artspezifisch auf diese Trübungen, wie Untersuchungen während und nach einem Sturm in der Deutschen Bucht in 40m Wassertiefe zeigten (EHRICH et al. 1999). Plattfische wie Scholle und Seeszunge, die tagsüber teilweise oder ganz im schützenden Sediment verborgen sind, zeigten während und nach dem Sturm eine erhöhte Aktivität und wagten sich aus dem Sediment heraus. Dadurch wurden sie in erhöhter Anzahl vom Grundschleppnetz erfasst. Im Pelagial jagende Räuber wie Makrele und Stöcker, die eine gute Sicht benötigen, hatten das trübe Wasser in Bodennähe verlassen und kehrten erst ca. 24 Stunden nach Ende des Sturmes in diesen Bereich der Wassersäule zurück, nachdem sich das Sediment abgesetzt hatte.

Das Sediment wird nicht nur durch natürliche Ereignisse wie Sturm oder starke Strömung, sondern auch durch die **Fischerei** aufgewirbelt. Die Kufen und Ketten einer schweren Baumkurre und die beiden Scherbretter eines Grundsleppnetzes dringen bis zu 8cm in das Sediment ein und ziehen dichte Sedimentwolken hinter sich her (LINDEBOOM et al. 1998). Der Fischereiaufwand ist dabei ungleichmäßig über ein Gebiet verteilt, und Abschätzungen gehen dahin, dass in fischereilich attraktiven Gebieten das Sediment häufiger als zehnmals pro Jahr gestört wird (EHRICH 1999).

Im Gegensatz zum Offshore-Bereich der Ostsee kann eine mögliche Schädigung des am Boden abgelegten Fischlaichs durch Sedimentbedeckung in unmittelbarer Nähe der Fundamentgründungen für die Nordsee weitgehend ausgeschlossen werden, da es z.B. in der Deutschen Bucht keine Heringslaichplätze gibt. Im Vergleich zu den oben genannten Beispielen natürlicher und anthropogener Sedimentaufwirbelungen sind die diesbezüglichen Folgen der Fundamentgründungen von Windkraftanlagen als gering zu betrachten.

## **2.2. Biotopveränderung durch Einbringung von Hartsubstraten (Fundamente)**

Der Meeresboden im Offshore-Bereich der Deutschen Bucht und der Ostsee ist überwiegend mit feinen Sedimenten bedeckt. Unterbrochen wird diese Gleichförmigkeit durch Steinfeldern und durch Wracks, die natürliche bzw. unnatürliche Hartsubstrat-Habitate für benthische Tiere darstellen. Sie unterscheiden sich von der Umgebung nicht nur durch eine spezielle Hartsubstrat-Wirbellosenfauna, sondern auch bezüglich der Fischfauna. Über Wracks und in Steinfeldern, in denen früher mit den im Vergleich zu heute leichteren Fanggeschirren nicht gefischt werden konnte, halten sich bevorzugt große erwachsene Exemplare von Räufern wie Kabeljau und Seelachs (Nordsee) und Dorsch (=Kabeljau; Ostsee) auf. Diese Tiere sind die Zielarten einer speziell auf sie ausgerichteten Fischerei, der sogenannten Wrackfischerei mit Stellnetzen. Sie werden von den Fischern in langen Fleeten über und neben die Wracks in einen speziellen Tiefenbereich der Wassersäule gehängt. Im Gegensatz zu den oben genannten Schleppnetzen fischen diese Netze passiv.

Die Fundamente von Ölplattformen und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die der Windkraftanlagen werden von den Tieren als begehrte Hartsubstrate angenommen und besiedelt, falls sie nicht mit einem Antifouling-Anstrich versehen sind. So waren die Fänge an Kabeljau und Seelachs mit Kiemennetzen (einer Stellnetzvariante) in unmittelbarer Nähe einer norwegischen Ölförderplattform signifikant höher als die Fänge aus weiter entfernten Netzen (SOLDAL et al. 1998).

## **2.3. Erhöhung des Lärmpegels während des Betriebes der Windräder**

Es ist bisher nicht möglich zu beurteilen, ob Fische sich durch die Schallemissionen der Anlagen gestört fühlen und eventuell den Nahbereich verlassen. Es ist nicht bekannt, mit welcher Intensität und Frequenz der Lärm und die Vibrationen ins Wasser übertragen werden. Man kann davon ausgehen, dass hörbarer Schall wie auch Infraschall (Frequenzbereich zwischen 0.02 und 20 Hz) von der Anlage ins Wasser emittiert werden.

Fische sind im allgemeinen nur für einen beschränkten Frequenzbereich sensibel. Er liegt zwischen 30 Hz und 3 kHz. Die Erzeugung und die Fähigkeit der Wahrnehmung von Geräuschen ist artspezifisch und kann in Einzelfällen den oben angegebenen Frequenzbereich überschreiten. Die maximale Empfindlichkeit des Hörens liegt beim Hering zwischen 20 Hz und 1.2 kHz; beim Kabeljau in einer sehr viel engeren Bandbreite zwischen 100 und 300 Hz (ANON. 1994).

Einige Arten können auch Ultraschall von mehr als 10 kHz wahrnehmen. Viele Fische reagieren auch sehr sensibel und wiederum artspezifisch auf den Infraschall. SAND et al. (1986) stellten die Hypothese auf, dass Fische Informationen aus dem Verteilungsmuster des Infraschalls ziehen, während sie Wanderungen unternehmen. Auf starken Infraschall sollen Fische mit einem Fluchtverhalten reagieren (KNUDSEN et al., 1992).

WESTERBERG (im Druck) untersuchte die Reaktion der stationären wie der wandernden Fischfauna (Aale) auf eine einzeln stehende küstennahe (innerhalb von 12 sm; in diesem Fall ist es eine Entfernung von einer Seemeile) Windkraftanlage an der schwedischen Ostseeküste. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die Vertreter der gebietstreuen Fischfauna wie Dorsch, Rotaugen und Seeskorpion bei ausgeschaltetem Rotor sehr dicht (0-200m) bei der Anlage aufhalten. Bei Inbetriebnahme des Rotors scheinen die Arten den Nahbereich zu verlassen.

Nach WESTERBERG ist die Methodik der Auswertung und somit die darüber erhaltenen Ergebnisse leider anzuzweifeln. Die Fänge im Bereich der Anlage wurden mit denen aus einem Referenzgebiet zwar normiert, der Gebietseffekt der Varianz der Fänge vor dem Bau der Anlage wurde aber nicht ermittelt und konnte somit nicht berücksichtigt werden.

Um den Einfluss einer in Betrieb befindlichen Windmühle auf das Wanderverhalten von Aalen zu untersuchen, wurden einige Tiere mit einem Sender versehen und in Wanderrichtung oberhalb der Anlage ausgesetzt, und zwar eine Gruppe, als der Rotor gestoppt und eine zweite Gruppe als der Rotor in Betrieb war. Zwischen beiden Gruppen wurde keine Unterschiede in der Wanderungsgeschwindigkeit und in der Distanz von der Mühle festgestellt.

Um einen möglichen langfristigen Effekt nachzuweisen, wurden die jährlichen Fänge zweier Aalreusen oberhalb und unterhalb der Anlage miteinander verglichen, und zwar aus jeweils fünfjährigen Perioden vor und nach Inbetriebnahme der Anlage. Infolge des geringen Probenumfangs und der hohen jährlichen Variabilität wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Es zeigte sich aber, dass an Tagen mit hohen Windgeschwindigkeiten und hohem Lärmaufkommen die Fänge in Wanderrichtung unterhalb der Anlage signifikant geringer ausfielen. Dabei ist nicht klar, ob diese Unterschiede durch die verstärkte Schallemission oder durch die erhöhte Turbulenz in der Wassersäule hervorgerufen wurden.

#### **2.4. Magnetische und elektrische Felder über dem Stromkabel**

Im Meer bauen sich um die Gleichstromleitungen magnetische Felder und infolge der Wasserströmung induzierte elektrische Felder auf, die die in und über der Kabeltrasse vorkommenden Fischarten beeinflussen können. Die Stärke der Felder ist abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Meerwassers; nimmt aber mit zunehmender Entfernung vom Kabel sehr schnell ab. In 20m Entfernung von einem Seekabel (Beispiel: 450-600 Kilovolt; max. 1600 Ampere) beträgt das elektrische Feld bei mittlerer Fließgeschwindigkeit nur noch ein Drittel des Erdmagnetfeldes, während es in einem Meter Entfernung ungefähr sechsmal so stark ist (KULLNICK und MARHOLD, 1999).

Es wird hier darauf verzichtet, Ergebnisse von Experimenten über die Wirkung dieser Felder auf die verschiedenen Fischarten darzustellen oder aus der Primärliteratur die Interpretationen zu zitieren. Nach KULLNICK und MARHOLD (1999) ist das Gefährdungspotenzial eines im Meer verlegten Stromkabels wie folgt einzuschätzen:

- Eine mögliche Beeinträchtigung der Gesundheit bzw. der Fortpflanzungsfähigkeit von Meereslebewesen, die sich in der Nähe des Kabels aufhalten, konnte aus wissenschaftlicher Sicht nicht bestätigt werden.
- Eine Auswirkung auf das Orientierungsverhalten adulter (erwachsener) Exemplare von Arten, die elektrische oder magnetische Felder zur Orientierung nutzen (wie Aale, Haie, Lachse), wird nur kurzfristig sein (wie Experimente am Ostsee-Aal belegen), denn die Fische greifen auf unterschiedliche Umweltparameter zurück, die im Zusammenspiel für die Orientierungsleistungen verantwortlich sind.

Von einem Windpark führt ein starkes Kabel zum Festland, um den Strom in das terrestrische Netz einzuspeisen. Auf ein derartiges solitär verlegtes Kabel beziehen sich die obigen Bewertungen. In einem Windpark haben wir es dagegen mit einem Netz von Kabeln zwischen den einzelnen Anlagen zu tun, deren Felder zu vernachlässigen sind, da sie von Drehstrom durchflossen werden.

Auf die mögliche Gefährdung der pelagischen Fischlarven gehen die beiden Autoren nicht ein. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die im oder auf dem Boden liegenden Kabel keinen Einfluss auf die Larvendrift haben, denn die Feldstärken, wie oben dargestellt, nehmen mit zunehmender Entfernung vom Kabel sehr stark ab. Außerdem sind die Larven, zumindest in der Nordsee, einem starken Tidenstrom ausgesetzt, der ihre Driftrichtung und Geschwindigkeit bestimmt und sie nur für kurze Zeit im Bereich des Kabels verweilen lässt.

#### **2.5. Erwärmung des Bodens und des Wassers in unmittelbarer Nähe des Kabels**

Nach Modellrechnungen, die im Rahmen einer FFH-Verträglichkeitsstudie „Eurokabel/Viking Cable“ von der Firma BIOCONSULT für ein stärker dimensioniertes Kabel durchgeführt wurde, treten bei einer Kabelverlegetiefe von einem Meter unter Annahme einer vertikal homogenen Bodenwassertemperatur von 20°C eine Temperaturerhöhung von 3°C in 50cm Tiefe, 1°C in 20cm Tiefe und 0°C an der Oberfläche auf. Da die Kabel der Windparks in ca. 3m Tiefe verlegt werden, tritt keine Erwärmung des Bodenwassers in unmittelbarer Umgebung der Kabel eines Windparks auf, die einen Einfluss auf die Fischfauna haben könnte.

### **3. Voraussichtliche Veränderungen der Fischfauna im Bereich des Windparkgebietes**

Trotz teilweise gegenläufiger Effekte während des Baues und der Inbetriebnahme eines **Windparks** auf die Fischfauna (z.B. Flucht wegen des erhöhten Lärms; Anziehung wegen der Fundamente) wird versucht, eine Bewertung der mittel- bis langfristigen Folgen für die Fischfauna abzugeben. Da zumindest die Schleppnetzfisherei mit Baumkurre und Scherbrettnetz im Park verboten sein wird, wird der Effekt eines verringerten Fischereidrucks auf die Fauna in die Bewertung einbezogen.

Die Veränderung des Biotopes durch Einbringung von Hartsubstratflächen (Fundamente), der anschließenden Besiedlung der Flächen durch Wirbellose und Pflanzen, die wiederum kleinwüchsigen Fischarten wie Gobiiden, Blenniiden und Seeskorpionen Schutz und Nahrung bieten, wird eine Zunahme dieser Arten zur Folge haben. Trotz des, zumindest bei hohen Windgeschwindigkeiten, von den Windrädern ausgehenden Lärms werden sich auch neue Arten in diesem Gebiet ansiedeln, die bisher nur in der Nähe von Wracks oder in steinigten Gründen nachgewiesen wurden. Auch die adulten Exemplare großwüchsiger Arten wie Kabeljau werden ein solches

Gebiet bevorzugt aufsuchen und als Rückzugsgebiet nutzen. Da große Konzentrationen von laichreifem Kabeljau wie früher in der südlichen Nordsee in den vergangenen Jahren nicht mehr angetroffen wurden, wäre eine denkbare Möglichkeit, dass in derartigen Gebieten (Wracks, Ölplattformen und später auch Windparks) eine erhöhte Laichaktivität stattfinden wird.

Eine weitere Veränderung wird im Längen- und Altersspektrum der Arten auftreten, und zwar eine Verschiebung in Richtung zu den höheren Altersgruppen.

Bezogen auf die gesamte **Nord- oder Ostsee** wird durch die Einrichtung vieler Windparks keine Änderung im Artenreichtum zu erwarten sein. Auch wird sich der positive Effekt einiger weniger Windparks auf die Rekrutierung kommerziell wichtiger Fischbestände wie Kabeljau, Scholle oder Seezunge nicht nachweisen lassen, da der Fischereiaufwand trotz einiger Gebietsschließungen nicht reduziert wird. Falls aber die Anzahl und Größe der Windparks, die in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone angedacht worden sind, auf die anderen Nord- und Ostsee Anliegnationen übertragen werden, dann erreichen die für die Fischerei teilweise oder ganz geschlossenen Gebiete eine Größe, die einen nachweisbaren positiven Effekt auf die Rekrutierung haben müsste.

#### 4. Probennahmeplan zur Feststellung von Änderungen in der Fischfauna

In einem Offshore-Meeresgebiet kann man die Fischfauna in eine pelagische Komponente mit hoher Variabilität in der Artenzusammensetzung und den Abundanzen und in eine bodennahe Komponente zerlegen, die standorttreuer ist und eine geringere Variabilität aufweist. In einem Gebiet von 100 sm<sup>2</sup>, das ca. 25 sm nordwestlich von Helgoland liegt, wird seit 1987 die Fischfauna intensiv untersucht, um langfristige Änderungen zu erfassen. Als Fanggerät wird ein hochstauendes Scherbrettnetz benutzt, das den Bereich bis 5 m über den Boden befischt und somit beide Komponenten der Fischfauna erreicht. Dabei wird die kleinskalige Variabilität zwischen den Hols (Fischzügen) und die Variabilität zwischen den Jahren erfasst.

Tabelle 1: Variabilität der Fangrate zwischen den Hols im Vergleich: 1998 gegen 1999

Arten	1998			1999		
	Hols	mittl. Fang	Var.koef.(%)	Hols	mittl. Fang	Var.koef.(%)
Gesamtfang	24	5823	51	24	25549	151
Zwergzunge	24	10	<b>63</b>	24	18	<b>70</b>
Leierfisch	24	3	<b>68</b>	24	5	<b>63</b>
Hering	24	13	403	24	14329	164
Gr. Knurrhahn	24	60	<b>63</b>	24	22	<b>53</b>
Kabeljau	24	1	144	24	1	297
Kliesche	24	1131	<b>51</b>	24	1532	<b>34</b>
Wittling	24	96	88	24	139	157
Rotzunge	24	5	85	24	1	110
Scholle	24	28	<b>55</b>	24	7	<b>61</b>
Makrele	24	453	106	24	541	132
Sprotte	24	13	340	24	7442	207
Stöcker	24	3915	74	24	1454	121

Tabelle 1 vergleicht die Variabilität der Fangraten in Stückzahl von 12 Arten und die beiden Jahre 1998 und 1999 miteinander. Es zeigt sich, dass in beiden Jahren dieselben 5 Vertreter der bodennahen und standorttreuen Fauna (Zwergzunge, Leierfisch, Grauer Knurrhahn, Kliesche und Scholle) die geringsten Variationskoeffizienten (zwischen 34 und 70%) aufweisen. Die Werte für die Vertreter der pelagischen Komponente (Hering, Makrele, Sprotte und Stöcker) liegen dagegen erheblich höher.

Die Schwärme der pelagischen Arten durchziehen innerhalb eines oder mehrerer Tage ein Gebiet von der Größe eines Windparks und ihr Fang bleibt daher zufällig. Ein möglicher Einfluss des Windparks auf die pelagischen Fischarten wird wegen der hohen Varianz zwischen den Hols und auch zwischen den Jahren statistisch nicht nachzuweisen sein (siehe auch EHRICH et al. 1998).

Im Vergleich zum Scherbrettnetz ist die Fängigkeit der Baumkurre im Hinblick auf die bodennahe Komponente der Fischfauna erheblich höher. Um Änderungen hinsichtlich der Abundanzen sowie der Neuansiedlung kleinwüchsiger Arten in einem Windparkgebiet zu erfassen, sollte eine Baumkurre von ca. 6m Baumlänge und einer Maschenweite im Steert von 20mm eingesetzt werden.

Um Änderungen in der Abundanz und der Längenzusammensetzung großer Räuber wie dem Kabeljau in dem Gebiet nachzuweisen, ist der Einsatz von Stellnetzen anzuraten.

Die Anzahl der notwendigen Hols mit der Baumkurre bzw. der Stellnetz-Sets ist primär abhängig von der Variabilität der Fänge und nicht von der Größe des Gebietes. Die Varianz sollte aus Vorversuchen abgeschätzt werden, falls sie nicht aus der Literatur entnommen werden kann.

## 5. Zitierte Literatur

- Anonymus, 1994: Underwater Noise of Research vessels. Review and Recommendations. Ices Coop.Res. Rep. 209: 1-60
- Ehrich, S. 1998: Entwicklung und geographische Verteilung des Fischereiaufwandes in der Nordsee. German Journal of Hydrography, Supplem. 8:85-89
- Ehrich, S.; Adlerstein, S.; Götz, S.; Mergardt, N. und A. Temming, 1998: Variation in meso scale fish distribution in the North Sea. ICES C.M. 1998/J:25, pp.14
- Ehrich, S. und Stransky, C. 1999. Fishing effects in northeast Atlantic shelf seas: patterns in fishing effort, diversity and community structure. VI. Gale effects on vertical distribution and structure of a fish assemblage in the North Sea. Fisheries Research 40: 185-193
- Knudsen, F.R., Enger, P.S. und O. Sand, 1992: Awareness reactions and avoidance responses to sound in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. J.Fish Biol. 40:523-534
- Kullnick, U. und S. Marhold, 1999: Abschätzung direkter und indirekter biologischer Wirkungen der elektrischen und magnetischen Felder des EuroKabel / Viking Cable HGÜ-Bipols auf Lebewesen der Nordsee und des Wattenmeeres. Studie im Auftrag von EuroKabel / Viking Cable: 1-99
- Lindeboom, H.J. und S.J. de Groot (eds): The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. NIOZ-Rapport 1998-1
- Sand, O. und H.E. Karlsen, 1986: Detection of infrasound by the Atlantic cod. J. Exp. Biol., 125:197-204
- Soldal, A. V., Bronstad, O., Humborstad, O., Jorgensen, T., Lokkegorg, S. und Svellingen, I., 1998: Oil production structures in the North Sea as fish aggregating devices. ICES, CM 1998/U:11