Windparks verändern die Nordsee

und der Ausbau steht erst am Anfang

Die Nordsee soll zum grössten Energiezentrum Europas werden. Bis 2050 wollen die beteiligten Staaten die installierte Offshore-Windleistung von heute rund 35 Gigawatt auf 300 Gigawatt ausbauen. **Doch eine neue Studie des Helmholtz-Zentrums Hereon zeigt: Windkraftanlagen auf See liefern nicht einfach nur Energie. In grosser Zahl verändern sie die Strömungsverhältnisse des Meeres, über und unter der Wasseroberfläche.**

Die Auswirkungen könnten weit über die einzelnen Windparks hinausreichen. Betroffen sind Gezeitenströmungen, Wassertemperaturen, Sedimenttransport und die Durchmischung des Meerwassers. Damit geraten auch mögliche Folgen für das Ökosystem in den Blick.

> Europa plant den massiven Ausbau – die USA haben unter Donald Trump hingegen die Notbremse gezogen. Warum, zeigen wir weiter unten in einer Infobox.

Ein gigantischer Ausbau ist geplant

Beim Nordsee-Gipfel in Hamburg bekräftigten zehn europäische Staaten im Januar 2026 ihren Willen, die Nordsee zu einem zentralen Energie-Hub auszubauen. Bereits ab 2031 sollen jährlich Offshore-Projekte mit einer Leistung von bis zu 15 Gigawatt hinzukommen.

Das langfristige Ziel: 300 Gigawatt Offshore-Windleistung bis 2050.

Zum Vergleich: Gegenwärtig sind in der Nordsee ungefähr 35 Gigawatt installiert. **Die vorhandene Leistung soll somit innerhalb weniger Jahrzehnte auf mehr als das Achtfache anwachsen.**

Ein Ausbau dieser Grössenordnung bedeutet nicht nur mehr Windräder. Er schafft riesige technische Strukturen in einem zusammenhängenden Naturraum. Welche kumulativen Auswirkungen diese Anlagen gemeinsam entfalten, ist bislang nur

unzureichend untersucht.

Genau hier setzt die neue Studie an.

Windräder wirken über und unter Wasser

Die im Fachjournal *Communications Earth & Environment* veröffentlichte Untersuchung stammt von Forschern des Helmholtz-Zentrums Hereon. Sie analysierten erstmals gemeinsam zwei unterschiedliche Wirkungen von Offshore-Windparks.

Oberhalb der Wasseroberfläche entziehen die Rotoren dem Wind Energie. Hinter den Anlagen entstehen sogenannte Nachlauf- oder Wake-Effekte. Die veränderten Windverhältnisse wirken wiederum auf die Oberflächenströmungen und den Wärmeaustausch zwischen Luft und Wasser.

Unter Wasser stellen die Fundamente der Windkraftanlagen Hindernisse für die Strömung dar. Das Wasser wird abgebremst und verwirbelt. Bei Tausenden von Anlagen können sich diese Effekte überlagern und neue, grossräumige Strömungsmuster bilden.

Die Nordsee wird also nicht einfach mit einzelnen Bauwerken bestückt. Durch die zunehmende Dichte der Windparks entsteht ein zusammenhängender technischer Eingriff in ein komplexes Strömungssystem.

Bis zu 20 Prozent langsamere Strömungen

Für ihre Untersuchung verwendeten die Forscher eine hochauflösende Computersimulation über einen Zeitraum von zehn Jahren. Verglichen wurden verschiedene Ausbauzustände bis zum geplanten Szenario für 2050.

> Das Ergebnis: Im grossflächigen Ausbau-Szenario können sich die Oberflächenströmungen an einzelnen Orten um bis zu 20 Prozent verlangsamen. Gleichzeitig verändert sich die räumliche Verteilung der Gezeitenenergie.

Die Effekte bleiben dabei nicht zwingend auf die unmittelbare Umgebung der

Windparks beschränkt. Laut Studienleiter Nils Christiansen können sie sich über weite Bereiche der Nordsee ausbreiten und ein neues, fein gegliedertes Strömungsmuster entstehen lassen.

Es geht somit nicht darum, dass Windparks Ebbe und Flut abschaffen oder den Tidenhub überall grundlegend verändern. Betroffen sind vielmehr die Geschwindigkeiten und Verläufe der Gezeitenströmungen sowie die Verteilung ihrer Energie.

Folgen für Sedimente und Meeresökosysteme

Veränderte Strömungen können den Transport von Sand, Schlick und anderen Sedimenten beeinflussen. Gleichzeitig verändern sie die Durchmischung und Schichtung des Meerwassers.

Diese Prozesse sind für das Ökosystem der Nordsee von grundlegender Bedeutung. Sie beeinflussen unter anderem:

- die Verteilung von Nährstoffen,
- den Sauerstoffgehalt verschiedener Wasserschichten,
- den Transport von Larven und Kleinstlebewesen,
- die Verlagerung von Sedimenten,
- die Lebensbedingungen am Meeresboden,
- die Ausbreitung von Schadstoffen.

Die aktuelle Studie untersucht diese ökologischen Folgen nicht abschliessend. Sie zeigt jedoch, dass die physikalischen Voraussetzungen, auf denen das Ökosystem beruht, durch den massiven Ausbau verändert werden können.

Auch Strömungsvorhersagen könnten ungenauer werden. Solche Prognosen spielen nicht nur für die Schifffahrt eine Rolle, sondern ebenso für Fischerei, Umweltschutz und Katastrophenmanagement.

Wird die Nordsee durch Windparks wärmer?

Auch bei den Wassertemperaturen fanden die Forscher messbare Modellunterschiede. In den Windparkgebieten errechneten sie eine langfristige Erwärmung der Meeresoberfläche von durchschnittlich ungefähr 0,1 Grad Celsius,

örtlich bis zu 0,2 Grad.

Das klingt zunächst gering. In einem grossen und sensiblen Ökosystem können jedoch bereits kleine, dauerhaft wirkende Veränderungen relevant sein – insbesondere dann, wenn sie mit einer veränderten Durchmischung und Schichtung des Wassers zusammentreffen.

Wichtig ist die genaue Einordnung: Die Studie weist keine bereits gemessene, flächendeckende Erwärmung der Nordsee um 0,2 Grad nach. Es handelt sich um das Ergebnis einer langfristigen Modellrechnung für bestimmte Gebiete und ein angenommenes Ausbau-Szenario.

Diese Einschränkung macht die Erkenntnisse aber nicht bedeutungslos. **Politische Planungen für das Jahr 2050 beruhen schliesslich ebenfalls auf Annahmen und Modellen. Es wäre widersprüchlich, Modellrechnungen für den erwarteten Nutzen der Energiewende ernst zu nehmen, mögliche Umweltfolgen aber mit dem Hinweis abzutun, es handle sich «nur» um Simulationen.**

Die unsichtbare Belastung: Unterwasserschall

Neben den Veränderungen von Strömungen und Temperaturen kommt ein weiterer Aspekt hinzu: Offshore-Windparks verändern auch die akustische Umgebung des Meeres.

Besonders belastend ist zunächst die Bauphase. Beim Einrammen der Fundamente entstehen starke, impulsartige Schallwellen, die sich im Wasser über grosse Distanzen ausbreiten können. Je nach Entfernung und Intensität können sie Meeressäuger und Fische vertreiben, ihre Kommunikation stören oder im Nahbereich sogar das Gehör schädigen. Aus diesem Grund verlangen Behörden bei solchen Arbeiten teilweise Schallschutzmassnahmen, Beobachtungszonen und Unterbrechungen, sobald sich Meeressäuger nähern.

Doch auch nach Abschluss der Bauarbeiten endet die akustische Belastung nicht. Getriebe, Generatoren und die Bewegung der Rotoren erzeugen mechanische Schwingungen, die über Turm und Fundament ins Wasser übertragen werden. Dabei handelt es sich vorwiegend um kontinuierlichen, tieffrequenten Schall – teilweise auch im Infraschallbereich unter 20 Hertz. Die Betriebsgeräusche sind

wesentlich schwächer als die Schläge während des Baus, wirken dafür jedoch dauerhaft.

Für viele Meerestiere ist Schall ein zentrales Orientierungsmittel. Wale und Delfine nutzen ihn zur Kommunikation, Navigation und Nahrungssuche. Auch zahlreiche Fischarten reagieren auf Wasserschwingungen und tiefe Frequenzen. Zusätzliche Dauergeräusche können biologische Signale überdecken, das Verhalten verändern, Tiere aus wichtigen Lebensräumen verdrängen und möglicherweise Stressreaktionen auslösen.

Wie stark sich der dauerhafte Unterwasserschall Tausender immer grösser werdender Turbinen auf einzelne Arten und ganze Populationen auswirkt, ist bislang unzureichend erforscht. Studien weisen zudem darauf hin, dass die Schallemissionen mit zunehmender Turbinengrösse steigen könnten.

Gerade diese Wissenslücken dürften jedoch kein Freipass für einen Ausbau im industriellen Massstab sein. Bereits die begründete Erwartung, dass **Orientierung, Kommunikation, Nahrungssuche und Lebensräume von Meerestieren beeinträchtigt werden können, müsste Anlass sein, die langfristigen und kumulativen Folgen umfassend zu untersuchen** – bevor Tausende weitere Anlagen gebaut werden.

Bei technischen Grossprojekten wird häufig verlangt, einen Schaden erst zweifelsfrei nachzuweisen, wenn der Eingriff längst erfolgt ist.

> Für die betroffenen Tiere kommt dieser Nachweis möglicherweise zu spät. Sie können weder Einsprache erheben noch politische Interessen geltend machen.

Umso grösser wäre die Verantwortung von Wissenschaft, Behörden und Politik, ihre Lebensräume vorsorglich zu schützen.

Der geplante Ausbau betrifft damit nicht nur die sichtbare Landschaft über dem Meer. **Er verändert Strömungen, Temperaturen, Lebensräume und die akustische Welt unter Wasser.** Die Frage darf deshalb nicht lauten, wie viele Tiere nachweislich leiden müssen, bevor gehandelt wird, sondern ob ein Eingriff dieser Grössenordnung verantwortet werden kann, solange seine Folgen nicht ausreichend erforscht sind.

Was die Forscher empfehlen

Die Forscher untersuchten auch, wie sich die Auswirkungen durch unterschiedliche Bauweisen, Standorte, Turbinengrössen und Abstände beeinflussen lassen. Grössere Abstände zwischen den Anlagen könnten beispielsweise die Überlagerung der Turbulenzen reduzieren. Ihre Schlussfolgerung lautet nicht, auf Offshore-Windkraft zu verzichten. Vielmehr sollen die aufgezeigten Auswirkungen bei der weiteren Planung berücksichtigt und durch eine geeignete Anordnung der Anlagen möglichst begrenzt werden.

Doch während Europa den massiven Ausbau vorantreibt, hat ein anderes Land inzwischen einen grundsätzlich anderen Kurs eingeschlagen.

Infobox: Die USA ziehen die Notbremse

Trump stoppt den weiteren Offshore-Ausbau

Bereits an seinem ersten Amtstag im Januar 2025 zog US-Präsident Donald Trump sämtliche Gebiete des amerikanischen Festlandsockels auf unbestimmte Zeit aus der Vergabe neuer Offshore-Windkraftflächen zurück. Gleichzeitig ordnete er eine umfassende Überprüfung der bisherigen Genehmigungs- und Förderpraxis an.

Als Gründe nannte das Präsidialmemorandum unter anderem:

- mögliche Auswirkungen auf Meereslebewesen, Meeresströmungen und Windverhältnisse,
- Gefahren für Schifffahrt und nationale Sicherheit,
- Beeinträchtigungen der Fischerei,
- unvollständige Umweltprüfungen,
- hohe Kosten und die Abhängigkeit der Windbranche von Subventionen,
- die mangelnde Zuverlässigkeit wetterabhängiger Stromerzeugung.

Im Dezember 2025 liess die Regierung zusätzlich fünf bereits im Bau befindliche grosse Offshore-Projekte vor der US-Ostküste vorübergehend stoppen. Begründet wurde dies mit Risiken für die nationale Sicherheit: Die rotierenden Rotorblätter und stark reflektierenden Türme können Radarsysteme stören, echte Flugobjekte verdecken oder falsche Signale erzeugen.

Von einem vollständigen und endgültigen «Verbot der Windkraft» kann juristisch dennoch nicht gesprochen werden. Teile des landesweiten Genehmigungsstopps wurden inzwischen von Gerichten aufgehoben, ebenso einzelne Baustopps. Die politische Richtung bleibt jedoch eindeutig: Die Trump-Regierung will keine neuen Offshore-Windparks fördern und arbeitet daran, bestehende Projekte zu stoppen oder aufzulösen.

Präsidialmemorandum vom 20. Januar 2025 · US-Innenministerium zum Baustopp

Tiere haben keine Stimme

Im Juni 2026 brachte Donald Trump einen weiteren Widerspruch auf den Punkt: Wer einen Weisskopfseeadler tötet, muss in den USA mit einer empfindlichen Strafe rechnen. Werden Adler hingegen von Windkraftanlagen erschlagen, werde dies weitgehend als hinzunehmende Begleiterscheinung behandelt.

Ganz folgenlos bleiben solche Fälle zwar nicht. 2022 wurde das Windkraftunternehmen ESI Energy zu Geldstrafen und Entschädigungen von insgesamt mehr als acht Millionen Dollar verurteilt. Das Unternehmen räumte ein, dass seit 2012 mindestens 150 Weisskopf- und Steinadler an seinen Anlagen gestorben waren; 136 davon nachweislich durch Kollisionen mit Rotorblättern.

Gleichzeitig kennt das amerikanische Recht sogenannte «Eagle Incidental Take Permits». Diese Genehmigungen erlauben Windkraftbetreibern unter bestimmten Bedingungen ausdrücklich, dass Weisskopf- oder Steinadler beim Betrieb ihrer Anlagen verletzt oder getötet werden. Was dem Einzelnen streng verboten ist, kann einem industriellen Grossprojekt somit behördlich bewilligt werden.

Trumps Kritik trifft deshalb einen grundsätzlichen Punkt: Weshalb gilt die Tötung eines geschützten Tieres als Straftat, während vorhersehbare Tierverluste durch eine politisch erwünschte Technologie genehmigt und einkalkuliert werden können?

Die Trump-Regierung kündigte bereits 2025 an, diese Sonderbehandlung der Windenergie zu beenden und die Auswirkungen auf Zugvögel genauer untersuchen zu lassen. Seine jüngste Aussage fügt sich damit unmittelbar in den amerikanischen Kurs ein: **Der Ausbau einer Energieform rechtfertigt nicht automatisch die Opfer, die Natur und Tierwelt dafür erbringen müssen.**

Europa hält am Grossausbau fest

Die USA ziehen somit andere Konsequenzen aus den offenen ökologischen, wirtschaftlichen und sicherheitspolitischen Fragen als Europa. Während die amerikanische Regierung neue Offshore-Flächen sperrt und selbst bestehende Projekte überprüft, soll die Nordsee bis 2050 mit einer Leistung von 300 Gigawatt zum grössten Energie-Hub der Welt ausgebaut werden.

> Damit stellt sich nicht bloss die Frage, wie Windparks naturverträglicher angeordnet werden könnten. Es muss auch gefragt werden dürfen, ob ein technischer Umbau eines ganzen Meeresraums in dieser Grössenordnung überhaupt verantwortbar ist, insbesondere, solange seine kumulativen Folgen noch nicht ausreichend verstanden sind.

Erst planen, dann die Folgen untersuchen?

Der geplante Ausbau der Nordsee wird vor allem mit Klimaschutz, Energiesicherheit und wirtschaftlichen Interessen begründet. Zugleich räumt die Wissenschaft ein, dass die langfristigen Gesamtwirkungen Tausender Offshore-Windkraftanlagen bislang nur unzureichend quantifiziert wurden.

Das bekannte Muster wiederholt sich: Zuerst werden gewaltige politische Ziele beschlossen. Danach beginnt die Forschung damit, die möglichen Nebenwirkungen des geplanten Eingriffs genauer zu untersuchen.

Dabei wäre gerade bei einem Projekt dieser Grössenordnung eine umfassende Betrachtung erforderlich. Windenergie darf nicht isoliert als rechnerisch produzierte Strommenge beurteilt werden. Zum Gesamtbild gehören ebenso Rohstoffverbrauch, Fundamente, Seekabel, Netzausbau, Wartung, Rückbau und die physikalischen sowie biologischen Veränderungen des betroffenen Naturraums.

Die neue Studie liefert darauf noch keine abschliessenden Antworten. Aber sie macht deutlich, dass Offshore-Windparks die Nordsee nicht bloss nutzen. Sie verändern sie.

Wer einen ganzen Meeresraum zum Grosskraftwerk umbauen will, muss daher mehr beantworten können als die Frage, wie viele Gigawatt sich dort installieren lassen.

Quellen

- Originalstudie: *Cumulative hydrodynamic impacts of offshore wind farms on North Sea currents and surface temperatures*
- Mitteilung zur Studie mit Erläuterungen des Helmholtz-Zentrums Hereon
- Bericht zum Nordsee-Gipfel und zum Ausbauziel von 300 Gigawatt
- Ausgangspunkt: Artikel des Deutschlandkuriers
- NOAA: Auswirkungen der Offshore-Windenergie auf Meereslebewesen
- Britische Regierung: Impulsiver und kontinuierlicher Unterwasserschall
- Fachstudie: Betriebsgeräusche künftiger Offshore-Windkraftanlagen
- Messungen des Unterwasserschalls einer laufenden Offshore-Turbine
- Trumps Ausführungen vom 4. Juni 2026
- US-Justizministerium zum Fall ESI Energy
- US Fish & Wildlife Service: Genehmigungen für die unbeabsichtigte Tötung von Adlern
- US-Innenministerium zur Neuausrichtung der Windkraftpolitik