INFORMATION UNTERWASSERLÄRM

Mai 2011

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

Empfehlung von Lärmschutzwerten bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)

Errichtung von OWEA und Lärmentwicklung

Bei der Errichtung mit der derzeit gebräuchlichen Methode des Rammens wird der einzelne Pfahl mit einem hydraulischen Hammer mit 2000 bis 3000 Schlägen je nach Gründungsstruktur (Monopile, Jacket, Tripod) in das Sediment getrieben. In der Nordsee wurden bei der Rammung von Stahlmonopiles im Windpark Horns Reef Schalldruckpegel an der Quelle (Ramme) von 235 dB gemessen (Tougaard et al. 2009). Der Trend geht in Richtung immer größerer und leistungsfähigerer Anlagen, der Quellschallpegel erhöht sich mit zunehmendem Durchmesser der Gründungsstrukturen.

Wirkung von Lärm auf Meeressäugetiere

Ein funktionierendes und gesundes Gehör ist von vitaler Bedeutung für marine Säuger. Die freigesetzten Schallpegel von akutem Lärm durch impulsartige Signale, wie sie durch die Rammung von Gründungsstrukturen für OWEA produziert und in die Luft sowie in den Wasserkörper abgegeben werden, haben auf weite Distanzen das Potenzial, marine Säugetiere sowie andere Meereslebewesen zu stören und in einem gewissen Radius physisch zu schädigen (Madsen et al. 2006). Unmittelbar an der Rammstelle ist mit schweren Verletzungen der Tiere zu rechnen, wenn keine Lärmminderungsmaßnahmen getroffen werden (Thompson et al. 2006). Die Lebensbedingungen mariner Säugetiere (das sind in der Deutschen Bucht und in der westlichen Ostsee im Wesentlichen Schweinswale *(Phocoena phocoena)*, Seehunde *(Phoca vitulina)* und Kegelrobben *(Halichoerus grypus))* können damit negativ beeinflusst werden. Dies gilt besonders für den Schweinswal, der zur Kommunikation, Orientierung, Nahrungssuche und Feindvermeidung auf hydroakustische Signale angewiesen ist. Unterwasserlärm kann weiterhin Auswirkungen auf Fische und Invertebraten haben. Für die betroffenen Arten in deutschen Meeresgewässern können aufgrund unzureichender Erkenntnisse derzeit noch keine adäquaten Lärmschutzwerte abgeleitet werden.

Eine Aussage über das biologische Schädigungspotenzial eines Schallsignals lässt sich anhand der Anstiegszeit des Signals, der Zeitintervalle zwischen den Signalen, die Anzahl der Impulse und weiterer Parameter treffen. Zum Schutz vor Gewebeverletzungen durch impulshafte Lärmsignale wird in der aktuellen Literatur die Anwendung eines dualen Kriteriums empfohlen, welches sich aus dem Schallexpositionspegel (SEL[1]), der die empfangene Schallenergie abbildet, und dem Spitzenschalldruckpegel (SPL[2]), also der maximalen

[1] SEL: Einheit dB re 1 mPa^{2}s

[2] SPL: Einheit dB re 1 mPa

Schalldruckamplitude, zusammensetzt (Southall et al. 2007, Popper et al. 2006). Dabei ist der SPL unabhängig von dem Zeitraum zu betrachten, in dem ein Tier einem Schallimpuls ausgesetzt ist. Der SPL-Wert trifft allein eine Aussage darüber, ob oberhalb des festgelegten Schalldruckwertes eine Verletzung zu erwarten ist. Der SEL-Wert steht hingegen für die gesamte Schallenergie, die den biologischen Empfänger über die Dauer eines Schallsignals erreicht und fungiert damit als Metrik, um verschiedene Zeitintervalle und Energieverteilungen innerhalb von Einzelimpulsen integrativ abzubilden.

Abbildung 1: Schweinswal (Phocoena phocoena) @ S. Werner 2005

Der Schweinswal ist eine kleine Zahnwalart, die im hochfrequenten Bereich hört und kommuniziert. Lucke et al. (2009) stellten anhand von Untersuchungen an einem Schweinswal fest, dass bereits bei einem SEL von 164 dB mit einem damit verbundenen SPL von 199 dB[3] eine temporäre Hörschwellenverschiebung (TTS), also ein schallinduziertes akustisches Trauma, für mehr als einen Tag auftrat. Eine solche temporäre Hörschwellenverschiebung wird in einschlägigen Referenzen als Beginn einer physischen Verletzung gewertet (ICES 2010). Neue Ergebnisse von Kujawa & Liberman (2009) verweisen auf langfristige irreversible Auswirkungen durch TTS. Auch wenn sich nach dem Erleben einer TTS die normalen Hörschwellenfunktionen wieder einstellen – langfristig kann sie zur neuronalen Degeneration der synaptischen Kontakte zwischen Haarzellen und Nervengewebe im Alter führen.

[3] Durch Lucke et. al wurden der Spitzenschalldruckpegel von 199 dB als „peak-peak-Wert“ gemessen, der entsprechende „0-peak-Wert“ ist um 5 bis 6 dB geringer (pers. Kommunikation K. Lucke)

Empfehlungen: Festlegung von Lärmschutzwerten für Säuger und Monitoring

Das UBA empfiehlt die Anwendung eines dualen Lärmschutz-Kriteriums. Schweinswale sollten keinen Lärmpegeln ausgesetzt werden, die zu der auditorischen Beeinträchtigung im Sinne einer TTS führen können. In einer Entfernung von 750 Metern von der Schallquelle dürfen ein Einzelereignis-Schallexpositionspegel (SEL) von 160 dB und ein Spitzenschalldruckpegel ($SPL_{peak-peak}$) von 190 dB nicht überschritten werden, wenn Schäden an Schweinswalen nach derzeitigem Stand des Wissens ausgeschlossen werden sollen. Die Einhaltung dieser Auflagen sollte durch Messungen belegt werden.

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass sich im Nahbereich der Rammstelle (bis 750 m Entfernung) keine marinen Säugetiere aufhalten. Dabei kann der momentan praktizierte Einsatz von akustischen Vergrämern, und hierbei insbesondere von „Acoustic Harassment Devices“ (AHDs), die ein Breitbandsignal von über 185 dB erzeugen, nur als Interimsmaßnahme verstanden werden, bis effektiver Schallschutz verfügbar ist. Effektstudien haben gezeigt, dass AHDs zu Langzeitvertreibungen von Walen aus ihrem Habitat führten (Gordon & Northridge 2002).

Weitere Aspekte und Forschungsbedarf

Die genannten Werte gelten für ein Einzelereignis, nicht für gemittelte Werte. Darin enthalten sind Sicherheitsabschläge, um der kumulativen Wirkung einer Mehrfachbeschallung und der anzunehmenden individuellen Variabilität in der akustischen Belastbarkeit Rechnung zu tragen. Erste modellhafte Berechnungen auf Basis von Southall et al. (2007) zeigen, dass ein Schweinswal im Falle einer Fluchtbewegung bei einem empfangenen SEL von 160 dB in 750 Metern zur Rammstelle und einer angenommenen Schwimmgeschwindigkeit von 6,2 Metern pro Sekunde durch die kumulative Schallbelastung, die beim Rammen einer Tripodkonstruktion unter den Gegebenheiten von „alpha ventus“ freigesetzt wird, einem kumulativen Schallexpositionspegel von 162,5 dB ausgesetzt wird. Betrachtet man erwachsene Seehunde, erhöht sich aufgrund der geringeren Schwimmgeschwindigkeit dieser Wert auf 163,4 dB, vgl. Abb.2 (Modellation durch P. Lepper, Loughborough University, persönliche Kommunikation). Diese Szenarien belegen aus Sicht des UBA, dass der vom UBA empfohlene Lärmschutzwert nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand ausreicht, um eine TTS verhindern zu können.

Ist allerdings ein Mutter-Kalb-Paar mit einer angenommenen Fluchtgeschwindigkeit von 1,5 Metern pro Sekunde betroffen, erhöht sich die kumulative Schallbelastung auf 189,5 dB. Diesem Sachverhalt wird das duale Lärmschutz-Kriterium nicht gerecht.

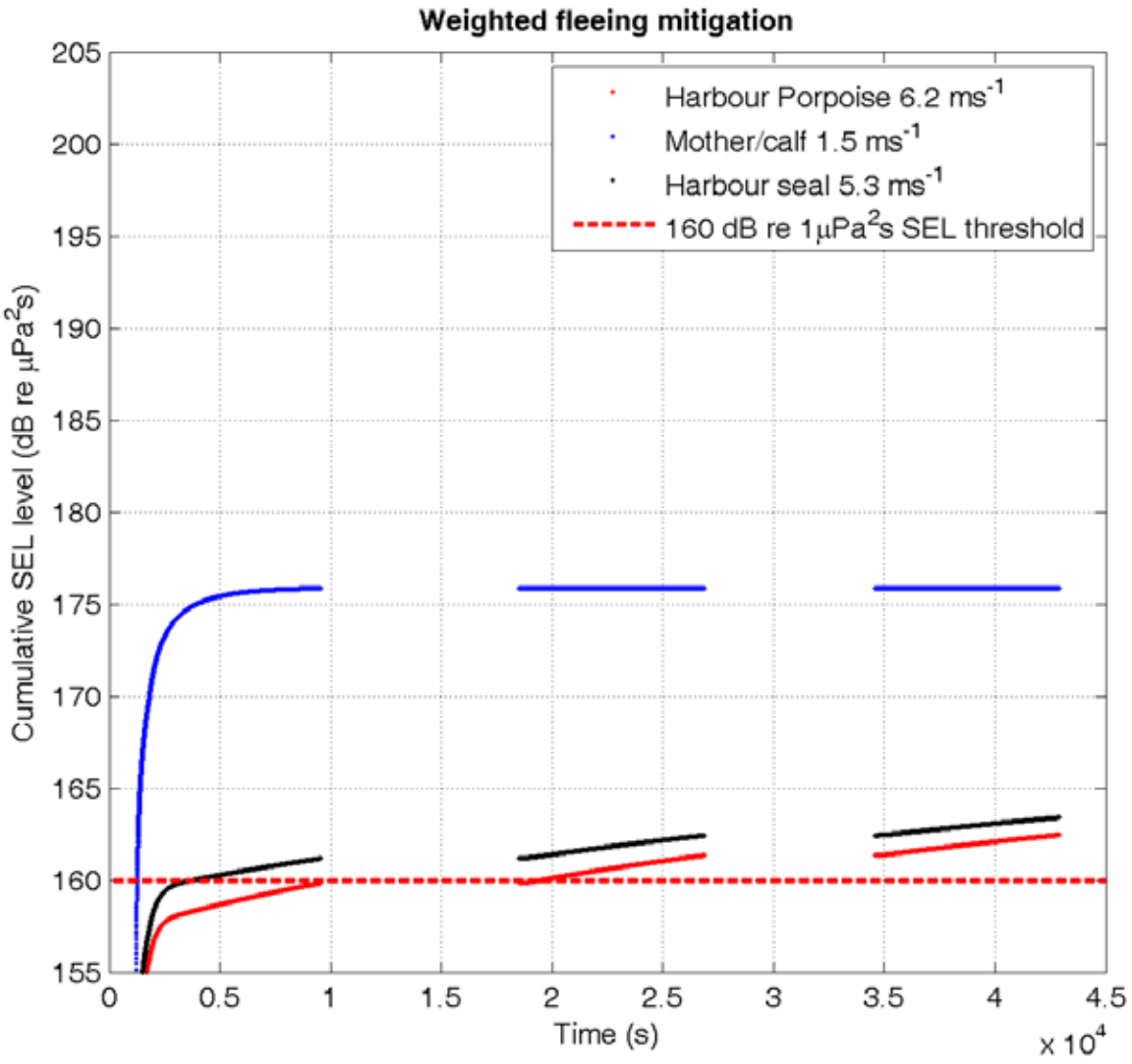

Abbildung 2: Modellierte Berechnung der kumulativen Schallbelastung für a) adulten Schweinswal, b) Mutter-Kalb-Paar (Schweinswale) und c) Seehund während der Rammung eines Tripods (Szenario: Flucht aus dem Gebiet mit vorherigem Einsatz von akustischen Vergrämern unter den Gegebenheiten von „alpha ventus“), (P. Lepper, Loughborough University, 2011)

Das angewandte Modell befindet sich in der Weiterentwicklung, um in Zukunft mit wachsendem Wissensstand auch Aspekte wie Ermüdung der Tiere und damit einhergehende Abnahme der Schwimmgeschwindigkeit oder Erholungszeit des Gehörs mit einbeziehen zu können. Weiterhin decken die derzeitigen Lärmschutzwerte nicht den Sachverhalt von Verhaltensänderungen ab, welche das Potenzial bergen, Folgen auf Populationsebene zu bewirken. Sie können eine Vertreibung aus dem ursprünglichen Lebensraum bewirken und dadurch beispielsweise die Reproduktion behindern. So wurde ein weitflächiges Fluchtverhalten von Schweinswalen in einer Entfernung von über 20 km (Tougaard et al. 2009) beobachtet. In Fällen von Genehmigungen, die biologisch besonders wichtige Reproduktions- und Aufzuchtgebiete tangieren, empfiehlt das UBA daher, fallbezogen die Festlegung von

Zeitfenstern für Rammarbeiten zu prüfen. Außerdem sollte mit zunehmendem Erkenntnisgewinn bezüglich der multiplen Schadwirkung vieler Rammschläge geprüft werden, ob vorsorglichere Werte abgeleitet und empfohlen werden müssen.

Stand der Technik für Schallminderungsmaßnahmen erforderlich

Um die empfohlenen Lärmschutzwerte mittelfristig zu erreichen und der physischen Gefährdung mariner Säuger zu begegnen, ist die Erprobung der Wirksamkeit bis angedachter und in der Entwicklung befindlicher Schutz- und Minderungsmaßnahmen im Rahmen von Pilotprojekten bei der Errichtung von OWEA dringend erforderlich. Dies gilt besonders für die Weiterentwicklung alternativer Einbringungsmethoden, z.B. Verbohrung, und Maßnahmen zur Schallminderung bei Rammarbeiten, z.B. durch Einsatz von Luftblasenschleiern, Hydro-Schall-Dämpfern oder entwässer- und teleskopierbaren Kofferdämmen. Besonders das letztgenannte System verspricht ein hohes Lärmminderungspotenzial.

Literatur

Gordon J. & Northridge S. 2002. Potential impacts of Acoustic Deterrent Devices on Scottish Marine Wildlife. Scottish Natural Heritage Commissioned Report F01AA404.

ICES 2010. Report of the Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). ICES CM 2010/ACOM:24.

Kastelein R.A., Vaughan A.D., Schooenman N.M., Verboom N.M. & de Haan W.C. 2000. The effect of acoustic alarms on the behaviour of harbour porpoises (Phocoena phocoena) in a floating pen. Marine Mammal Science, 16: 46-64.

Kujawa S.G. & Liberman, M.C. (2009). Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. J Neurosci 29:14077-14085.

Lucke K., Lepper, P.A., Blanchet, M.-A. & Siebert, U. 2009. Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (Phocoena phocoena) after exposure to seismic airgun stimuli. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 125(6): 4060-4070.

Madsen P.T., Wahlberg M., Tougard J., Lucke K., Tyack P. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. Marine Ecology Progress Series, 309 279-295.

Nedwell J.R., Parvin S.J., Edwards B., Workman R., Brooker A.G. & Kynoch J.E. 2007. Measurement and interpretation of underwater noise during construction and operation of offshore windfarms in UK waters, Report for COWRIE, Newbury, UK. 85pp. Available from http://www.offshorewindfarms.co.uk/Pages/Publications/Archieve/Soundscape/Measurement_and_interp6efeec16/

Popper A.N., Carlson T.J., Hawkins A.D., Southall B.L. & Gentry R.L. 2006. Interim criteria for injury of fish exposed to pile driving operations: a white paper 15pp. Available from http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/84A6313A-9297-42C9-BFA6-

750A691E1DB3/0/BA_PileDrivingInterimCriteria.pdf.

Southall B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene, C.R. Jr., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A. & Tyack, P.L. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. Aquatic Mammals, 33: 411 – 521.

Thompson F., Lüdemann K., Kafemann R. & Piper W. 2006. Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish, biota, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd, Newbury, UK. 62pp. Available from http://www.offshorewindfarms.co.uk/Pages/Publications/Archive/Soundscape/New_underwater_noise_re3812e1e/

Tougaard J., Carstensen J., Teilmann J., Skov H. & Rasmussen P. 2009. Pile driving zone ofresponsiveness extends beyond 20 km for harbor porpoises (Phocoena phocoena (L.)). Journal of the Acoustical Society of America, 126(1): 11-14