

1. Militärische Aktivitäten und aktive Sonarsysteme

Das Militär ist für eine Vielzahl von Lärmquellen im Meer verantwortlich und die genauen Auswirkungen der zahlreichen Aktivitäten in den Ozeanen sind derzeit noch nicht absehbar. Tatsache bleibt aber, dass viele atypische (unnatürliche) Walstrandungen (siehe Liste am Ende des Dokumentes) mit größter Wahrscheinlichkeit durch militärische Aktivitäten zustande gekommen sind. Im Rahmen von Manövern aber auch von Routinearbeiten kommt es beispielsweise zu Tiefflügen, größeren Schiffsformationen, Explosionen und dem Einsatz von leistungsstarken Sonarsystemen. So können Explosionen, die bei militärischen Tests und Übungen verwendet werden, Pegeln von 267 dB im Bereich von 0,45-7,07 kHz eine beachtliche Lärmquelle darstellen (Evans und Nice 1996; Perry 1998). Auch Kommunikationssysteme zwischen U-Booten stellen eine beträchtliche Geräuschquelle im Meer dar: sie produzieren Töne mit 5-11 kHz bei einem Geräuschpegel von 180-200 dB (Richardson et al. 1995).

Diese Aktivitäten können besonders gravierende Folgen haben, wenn sie z.B. in Schutzgebieten oder eben für Wale und Delfine besonders wichtigen Gebieten durchgeführt werden. So z.B. vor Sylt im August 2000, als derartige Aktivitäten in der Nähe des Schweinswalschutzgebietes durchgeführt wurden. Gerade in diesen Gebieten soll jegliche Beeinträchtigung der Tiere vermieden werden, da Störungen einen besonders großen Einfluss haben können.

Das derzeit größte Problem ist aber der Einsatz von leistungsstarken Sonarsystemen (um 235 dB). Je nach Zweck werden die Sonarsysteme im mittleren oder niederen Frequenzbereich angewendet, wobei sich niederfrequente Schallwellen über mehrere Tausend Kilometer ausbreiten können. Artabhängig sind für Wale und Delfine beide Frequenzbereiche sehr wichtig, da sie diese Frequenzen auch selbst nutzen. Momentan ist man in mehreren Staaten dabei, niederfrequente Sonarsysteme neu einzuführen: z.B. SURTASS LFA (Surveillance Towed Array Sensor System) in den USA und SONAR 2087 in Großbritannien. Diese Systeme arbeiten mit niedrigen Frequenzen, um militärisch interessante Objekte über weite Distanzen ermitteln zu können. Andere Länder benutzen bereits ähnliche Systeme oder planen dies. Da das Militär in allen Ozeanen der Welt aktiv ist, kann sein Eingriff in die Lebensräume von Cetaceen erheblich sein. Leider ist für die Öffentlichkeit der Zugang zu Informationen über die genaue Natur und das Ausmaß militärischer Aktivitäten stark eingeschränkt. So ist die Beeinträchtigung der Ozeane durch die militärische Lärmbelastung insgesamt nur sehr schwer zu quantifizieren.

2. Auswirkungen von leistungsstarken Sonarsystemen

Die bereits bekannten Auswirkungen sind ausgesprochen vielfältig und in ihren Mechanismen teilweise noch nicht vollständig verstanden. Das Spektrum reicht von Habitatsverlust bis hin zum Tod der Tiere. Im Folgenden soll aber nur auf Ereignisse mit Todesfolge eingegangen werden.

Im Moment gibt es drei verschiedene Hypothesen, mit denen man zu erklären versucht, wie der Einsatz aktiver Sonarsysteme zum Tod beziehungsweise zu Strandungen von Cetaceen führen kann:

- Auswirkung auf das Verhalten der Tiere
- Indirekte physiologische Auswirkungen auf das Gewebe der Tiere
- Direkte physiologische Auswirkungen auf Gewebe oder Organe der Tiere

Auswirkung auf das Verhalten der Tiere

Ein wesentlicher Teil der bekannt gewordenen Strandungen, die vermutlich im Zusammenhang mit militärischen Manövern stehen, kam sehr wahrscheinlich durch unnatürliche Verhaltensänderungen der Tiere zustande. Hierzu muss man wissen, dass Cetaceen ausgesprochen ambivalent auf akustische Reize reagieren.

Sowohl Pottwale als auch Gewöhnliche Grindwale zeigten Verhaltensänderungen hinsichtlich ihrer Lautäußerungen als Reaktion auf den Einsatz militärischer Sonargeräte (Watkins et al. 1985; Rendell und Gordon 1999). Parsons et al. (2000) berichten von einem signifikanten Rückgang an Zwergwal-Sichtungen während NATO-Übungen in Westschottland, bei denen Militärschiffe aktives Sonar einsetzten. Miller et al. (2000) bemerken, dass sich die Dauer von Walgesängen aufgrund von LFA-Sonar verlängerte. Außerdem gibt es eine Reihe von anekdotischen Berichten, die nichts mit militärischen Manövern zu tun haben, die Auswirkungen von Lärm auf Cetaceen zeigen. So wurde beispielsweise beobachtet, dass Tiere in direkter Nähe einer Airgun schwammen. Diese Geräte erzeugen kleine gerichtete Explosionen und produzieren mit die lautesten Geräusche im Meer (*Bedingung*: sehr lautes Geräusch – *Reaktion*: im Ausnahmefall keine Verhaltensänderung oder sogar eine Attraktion). Andererseits können mithilfe von Geräuschen jedes Jahr Hunderte von Delfinen an die Küste von Japan getrieben werden, um sie dort im flachen Wasser zu schlachten. Die Treiber benutzen dabei kleine Stahlstangen, mit denen sie aufeinander schlagen (*Bedingung*: sehr leises Geräusch – *Reaktion*: starker Einfluss auf das Verhalten). In Untersuchungen zur Kommunikation von Großen Tümmlern (Brensing et al. 2001) wurde ein Ultraschall Sidescan-sonar eingesetzt, von dem behauptet wurde, dass es aufgrund seiner geringen Stärke und hohen Frequenz keine Verhaltensäußerungen hervorruft. Tatsächlich hat Brensing aber beobachtet, dass die Tiere mehrfach aggressiv auf den Experimentator und seine Gerätschaft reagiert haben (*Bedingung*: leises Geräusch in einem unbedenklichen Frequenzbereich – *Reaktion*: überraschend aggressives Verhalten). Es ist also durchaus nicht eindeutig berechenbar, wie Cetaceen auf Geräusche reagieren.

Derzeit erscheint der Einfluss auf das Verhalten als die wahrscheinlichste Erklärung für die Strandungen. Warum? Betroffen sind hauptsächlich die tief tauchenden Arten, wie beispielsweise Schnabelwale, aber auch andere Arten wie Rundkopfdelfin, Gemeiner Delfin und Schweinswal (Jepson et al. 2003). Man vermutet, dass die Tiere aufgrund der großen Lautstärke der Sonargeräte von ihrem normalen Tauchprofil abweichen und zu schnell nach oben schwimmen (Jepson et al. 2003; Fernández et al. 2005). Dafür sprechen Symptome wie die beobachtete Gas- und Fettembolie. Umgangssprachlich werden diese Symptome als Taucherkrankheit bezeichnet. Diese Krankheit entsteht, wenn man zu schnell auftaucht, denn es bilden sich kleine Gasbläschen im Blut. Diese wiederum verstopfen die Gefäße und führen zu Durchblutungsstörungen oder Geweberissen und in schweren Fällen schließlich zum Tod. Bisher ist man davon ausgegangen, dass Cetaceen nicht an dieser Krankheit leiden können. Untersuchungen an Knochen von Pottwalen haben nun aber ergeben, dass die Tiere Symptome der Taucherkrankheit zeigen, diese jedoch scheinbar nicht unmittelbar ein Problem darstellen (Moore und Early 2004). Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass Cetaceen durch ihr Verhalten dafür sorgen, dass die Symptome nicht so stark werden, so dass sie im Normalfall kein Problem darstellen (Moore und Early 2004). Da bei den Untersuchungen keine anderen Krankheiten oder Todesursachen gefunden werden konnten (Jepson et al. 2003; Fernández et al. 2005), ist eine unnatürliche, also anthropogene Ursache für die Strandungen die einzig logische Erklärung. In der Liste (Anhang) sind nur atypische Strandungen aufgeführt, bei denen zeitgleich und am selben Ort militärische Manöver durchgeführt wurden.

Indirekte physiologische Auswirkungen auf das Gewebe der Tiere

Neben der Hypothese, dass die Taucherkrankheit durch den Einfluss des Sonars auf das Verhalten der Tiere ausgelöst wird, gibt es eine weitere Hypothese zu den Auswirkungen auf Cetaceen. Dabei wird vermutet, dass die Schallemissionen im stickstoffgesättigten Gewebe Mikroblasen in Schwingungen versetzen und so Blasen, die bis dahin unschädlich oder nicht vorhanden waren, zum Aggregieren anregen. Infolge dessen können große, gefährlichere Blasen entstehen. Dieses Phänomen ist auch aus der Medizin bekannt und so sollten keine diagnostischen Untersuchungen nach schwerer körperlicher

Belastung durchgeführt werden, da auch schwere körperliche Arbeit zur Entstehung von Mikroblasen führen kann. Weitere Indizien für die Richtigkeit dieser Hypothese wurden in einem Experiment an isolierten Organen (Leber, Blut und Nieren) gewonnen (Lawrence et al. 2005). Hierbei konnte bestätigt werden, dass niedrige Frequenzen schon bei geringer Intensität diesen Effekt in stickstoffgesättigtem Gewebe auslösen können. Möglicherweise summieren sich aber auch die indirekten physiologischen Auswirkungen und die negativen Verhaltensänderungen, und führen dann zu den beobachteten Strandungen.

Direkte physiologische Auswirkungen auf Gewebe oder Organe der Tiere

Die Wirkung höherer Frequenzen (Ultraschallbereich) ist aufgrund ihrer Bedeutung in der Medizin ausgesprochen gut erforscht und verstanden. Um eine Wirkung zu erzielen, muss eine bestimmte Stärke über einen bestimmten Zeitraum wirken (Brensing 2003). In der Medizin werden die Schwellenwerte nach einer Formel berechnet (AIOM/NEMA 1998). Es hat sich aber gezeigt, dass selbst bei großen Schalldruckpegeln das Gewebe einige Minuten lang exponiert sein muss, um Schaden zu nehmen.

Es kann allerdings auch bei Cetaceen (wie bei Menschen) zu einer temporären oder permanenten Verschiebung der Wahrnehmungsfähigkeit kommen, wenn die Hörorgane über einen bestimmten Zeitraum sehr starkem Schall ausgesetzt sind. Außerdem kommen auch kommunikative Effekte zum Tragen. Damit diese Effekte wissenschaftlich eindeutig belegt werden können, ist es erforderlich, die Tiere sofort nach ihrem Tode zu untersuchen. Dieser Nachweis konnte allerdings nach unserem Kenntnisstand bisher noch nicht erbracht werden. Voraussetzung dafür wäre z.B. die Kenntnis über geplante Manöver, sodass ein wissenschaftliches Strandungsteam sofort Analysen durchführen könnte. Leider weigert sich das Militär, einsprechende Daten zu veröffentlichen.

3. Schlussfolgerungen

Alles in allem ist derzeit noch nicht abzusehen, welchen Einfluss besonders die militärische Lärmverschmutzung der Meere auf Cetaceen haben kann. Immerhin hat das US-Militär in seinem Joint Interim Report (Dez. 2001) zu der Bahamas-Strandung im Jahr 2000 zugegeben, dass der militärische Einsatz von Sonargeräten die wahrscheinlichste Erklärung für die Strandung ist.

In jedem Fall muss beachtet werden, dass bei den Strandungen vermutlich die wenigsten Tiere an Land schwimmen, und dass militärische Manöver in allen Weltmeeren vielfach auch auf offener See stattfinden. Somit ist es sehr wahrscheinlich, dass die meisten betroffenen Tiere auf den Meeresboden sinken und dass wir Menschen nur von einem Bruchteil der getöteten Tiere erfahren. Diese These wird durch die Beobachtungen des Meeresbiologen Ken Balcomb, der seit 1992 auf den Bahamas-Wale studiert, bestätigt. Er sichtete ein Jahr nach der Massenstrandung im März 2000 kaum noch Schnabelwale in den Gewässern um die Insel Abaco. Natürlich ist es auch denkbar, dass die Tiere aufgrund der schlechten Erfahrung das Gebiet verlassen haben.

Aufgrund der erdrückenden Indizienlage und in Anbetracht der Tatsache, dass es sich oftmals um gefährdete Arten handelt, muss das Vorsorgeprinzip Anwendung finden, da die Anwendung des Verhältnismäßigkeitsprinzips in den vergangenen Jahren immer wieder zu Strandungen geführt hat.

Anhang:

Strandungen von Cetaceen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen typischen und atypischen (unnatürlichen) Walstrandungen. Typische oder auch natürliche Walstrandungen betreffen einzelne Tiere oder Gruppen einer Art. Atypische Walstrandungen betreffen Tiere unterschiedlicher Arten oder, bei solitär lebenden Tieren wie Schnabelwalen, Strandungen von Gruppen. Außerdem treten sie in einer größeren räumlichen Verteilung und zur gleichen Zeit auf. Alle folgenden Strandungen sind atypische Strandungen und werden im Zusammenhang mit menschlichen, speziell militärischen Aktivitäten diskutiert (Frantzis 1998; Simmonds und Lopez-Jurado 1991; Vonk und Martin-Martel 1989).

Datum	Ort der Strandung	Tierart und Anzahl	Folgen	Vermuteter Auslöser
2006 Januar	Südostküste Spaniens	4 Cuvier-Schnabelwale	alle sterben	Höchstwahrscheinlich aktives Mittelfrequenz-Sonar, eingesetzt bei einer militärischen Übung
2005	Outer Banks (North Carolina), USA	34 Grindwale 1 Minkwal 2 Kleine Zwergpottwale		Höchstwahrscheinlich militärischer Einsatz von Mittelfrequenz-Sonar US Naval exercise
2005	Küste Floridas, USA	mehr als 70 Delfine	mindestens 20 Rauhzahndelfine sterben	USS Philadelphia führte mit den Navy SEALs nur 65 km vor der Küste Übungen durch
2004	Lanzarote, Fuerteventura (Kanarische Inseln)	4 Schnabelwale		NATO Naval exercise „Majestic Eagle“
2003	Haro Strait zwischen Vancouver Island (Kanada) and San Juan Island (USA)	14 Schweinswale	alle sterben	Mid-Range Sonar Übung der USS SHOUP
2002	Gran Canaria (Kanarische Inseln)	10 Schnabelwale		NATO Naval Exercise „Neo Tapon“
2002 Ende September	Lanzarote, Fuerteventura (Kanarische Inseln)	17 Schnabelwale drei verschiedener Schnabelwal-Arten (Cuvier-, Blainville- und Gervais-Zweizahnwal)	11 Tiere sterben und 6 werden ins Meer zurück gebracht	US Militärübung mit Einsatz von Mittelfrequenz Sonar
2000 13.-17. März	Bahamas	17 Wale (darunter 1 Zwergwal, Cuvier-Schnabelwale, Blainville-Schnabelwale und ein Atlantischer Fleckendelfin)	Mindestens 7 Tiere sterben	LFAS-Tests der US-Navy im Rahmen des LWAD-Programms (Littoral Warfare Advanced Development)
2000	Madeira	3 Schnabelwale		Höchstwahrscheinlich militärischer Einsatz von Mittelfrequenz-Sonar
1999	U.S. Virgin Islands	4 Schnabelwale		Höchstwahrscheinlich militärischer Einsatz von Mittelfrequenz-Sonar
1996	Golf von Kyparissiakos,	12 Schnabelwale		NATO-Übung, Test von LFA-Sonar

	Griechenland			
1991	Fuerteventura und benachbarte Kanarische Inseln	24 Schnabelwale (Gervais-Zweizahnwale, Cuvier-Schnabelwale und andere Arten)		Militärische Manöver
1991	Kanarische Inseln	2 Schnabelwale		Militärische Manöver
1990	Saruga-Bucht, Japan	6 Schnabelwale		Die Saruga-Bucht liegt in der Nähe der Kommandozentrale der 7. US Flotte
1989	Fuerteventura (Kanarische Inseln)	24 Schnabelwale		Höchstwahrscheinlich militärischer Einsatz von Mittelfrequenz-Sonar
1989	Sagami-Bucht, Japan	3 Schnabelwale		Die Sagami-Bucht liegt in der Nähe der Kommandozentrale der 7. US Flotte
1988	Fuerteventura (Kanarische Inseln)	3 Schnabelwale 1 Entenwal		NATO Manöver
1987	Saruga-Bucht, Japan	2 Schnabelwale		Die Saruga-Bucht liegt in der Nähe der Kommandozentrale der 7. US Flotte
1985	Fuerteventura (Kanarische Inseln)	13 Schnabelwale		Höchstwahrscheinlich militärischer Einsatz von Mittelfrequenz-Sonar
1979	Sagami-Bucht, Japan	13 Schnabelwale		Die Sagami-Bucht liegt in der Nähe der Kommandozentrale der 7. US Flotte
1978	Sagami-Bucht, Japan; Saruga-Bucht, Japan	9 Schnabelwale; 4 Schnabelwale		Die Saruga-Bucht und die Sagami-Bucht liegen in der Nähe der Kommandozentrale der 7. US Flotte
1974	Korsika	3 Schnabelwale 1 Streifendelfin		warship reported
1974	Bonaire (Kleine Antillen)	4 Schnabelwale		Naval explosion reported
1968	Sagami-Bucht, Japan	8-10 Schnabelwale		Die Sagami-Bucht liegt in der Nähe der Kommandozentrale der 7. US Flotte
1966	Cogoletto, (Ligurien), Italien	3 Schnabelwale		Anwesenheit amerikanischer oder englischer Militärschiffe
1963	Celle, Varazze, Rapallo, Bogliasco (Ligurien), Italien	>15 Schnabelwale		Anwesenheit amerikanischer oder englischer Militärschiffe

Literatur

AIOM/NEMA, 1998 Standard for real-time display of thermal and mechanical acoustic output indices on diagnostic ultrasound equipment. Revision 1, American Institute of Ultrasound in Medicine, Rockville, M.D., USA

Balcomb, K.C. & Claridge, D.E., 2001 A mass stranding of cetaceans caused by naval sonar in the Bahamas. Bahamas Journal of Science 8(2): 1-12

Brensing, K., Linke, K. & Todt, D., 2003 Can dolphins heal by ultrasound? *Journal of Theoretical Biology* 225 (1): 99-105

Brensing, K., Linke, K. & Todt, D., 2001 Sound source location by phase differences of signals. *J. Acoust. Soc. America* 109: 430-433

Crum, L. A., Bailey, M. R., Guan, J., Hilmo, P. R., Kargl, S. G. & Matula, T. J., 2005 Monitoring bubble growth in supersaturated blood and tissue *ex vivo* and the relevance to marine mammal bioeffects. *Acoustical Society of America ARLO* 6(3)

Evans, P.G.H. & Nice, H., 1996 Review of the effects of underwater sound generated by seismic surveys in cetaceans. Seawatch Foundation, Oxford, UK

Fernández, A., Edwards, J. F., Rodríguez, F., Espinosa de los Monteros, A., Herráez, P., Castro, P., Jaber, J. R., Martín, V. & Arbelo, M., 2005 ‘‘Gas and Fat Embolic Syndrome’’ Involving a Mass Stranding of Beaked Whales (Family Ziphiidae) Exposed to Anthropogenic Sonar Signals. *Vet. Pathol.* 42: 446–457

Frantzis, A. & Cebrian, D., 1999 A rare mass stranding of Cuvier’s beaked whales: cause and implications for the species biology. *European Research on Cetaceans* 12: 332-335

Frantzis, A., 1998 Does acoustic testing strand whales? *Nature* 329: 29

Houser, D.S., Howard, R. & Ridgway, S., 2001 Can diving-induced tissue nitrogen supersaturation increase the chance of acoustically driven bubble growth in marine mammals? *Journal of Theoretical Biology* 213: 183-195

Jepson, P. D., Arbelo, M., Deaville, R., Patterson, I. A. P., Castro, P., Baker, J. R., Degollada, E., Ross, H.M., Herráez, P., Pocknell, A. M., Rodríguez, F., Howie, F. E., Espinosa, A., Reid, R. J., Jaber, J. R., Martin, V., Cunningham, A. A. & Fernández, A., 2003 Gas-bubble lesions in stranded cetaceans. *Nature* 425

Miller, P. J., Biassoni, N., Samuels, A. & Tyack, P. L., 2000 Whale songs lengthen in response to sonar. *Nature* 405 (6789): 903

Moore, M. J. & Early, G. A., 2004 Cumulative Sperm Whale Bone Damage and the Bends. *Science* 306: 2215

Parsons, E.C.M., Birks, I., Evans, P.G.H., Gordon, J.G., Shrimpton, J.H. & Pooley, S., 2000 The possible impacts of military activity on cetaceans in West Scotland. *European Research on Cetaceans* 14: 185-190

Perry, C., 1998 A review of the impact of anthropogenic noise on cetaceans. Paper presented to the Scientific Committee at the 50th Meeting of the International Whaling Commission, 1998. SC/50/E9

Rendell, L.E. & Gordon, J.C.D., 1999 Vocal responses of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) to military sonar in the Ligurian Sea. *Marine Mammal Science* 15: 198-204

Richardson, W.J., Greene, C.R., Malme, C.I. & Thomson, D.H., 1995 *Marine Mammals and Noise*. Academic Press Inc., San Diego, USA

Simmonds, M. P. & Lopez-Jurado, L. F., 1991 Whales and the military. *Nature* 51: 448

Vonk, R. & Martin, V., 1989 Goosebeaked whales *Ziphus cavirostris* mass strandings in the Canary Isles. *European Research on Cetaceans* 3: 73-77

Watkins, W.A., Moore, K.E. & Tyack, P., 1985 Sperm whales acoustic behaviour in the Southeast Caribbean. *Cetology* 49: 1-15

Weiss, R., 2001 Whales’ deaths linked to Navy’s sonar tests. *Washington Post*, Dezember 31: A8