

# Akustischer Schutz für Meeressäuger: neues Warngerät PAL

Boris Culik<sup>1</sup>, Matthias Conrad<sup>2</sup>, Jérôme Chladek<sup>3</sup>

*F<sup>3</sup>: Forschung . Fakten . Fantasie, Am Reff 1, D-24226 Heikendorf, Germany,  
Phone.: +49 431 2378 588, email: bculik@fh3.de*

*<sup>2</sup>Technisches Büro Conrad, Holunderweg 4, D-24229 Schwedeneck*

*<sup>3</sup>Thünen Institut für Ostseefischerei, Alter Hafen Süd 2, D-18069 Rostock, Germany*

*Aus: Proceedings der 43. Jahrestagung für Akustik. DAGA 2017 Kiel: 387-390. <http://www.daga2017.de/>*

## Zusammenfassung

Viele Walarten verfangen sich und ertrinken in Stellnetzen, die sie auch mit ihrem akustischen Orientierungssinn nicht rechtzeitig wahrnehmen. Die geschätzte Zahl der verendenden Tiere ist größer, als internationale Schutzabkommen und Naturschutzverordnungen tolerieren.



**Abbildung 1:** Schweinswal auf Kollisionskurs mit einem Netz

Wie kann man Wale in ihrer eigenen Sprache vor Gefahren warnen? Welche weiteren Anwendungsmöglichkeiten gibt es für synthetisch erzeugte Kommunikationssignale?

Das neu entwickelte, programmierbare Warngerät PAL (pat.) erzeugt naturgetreue Kommunikationssignale von Schweinswalen. Ziel ist es, die Tiere damit auf Gefahren aufmerksam zu machen, ihre Echoortung anzuregen und so die akustische "Sichtbarkeit" von Netzen zu erhöhen. Gemeinsam mit deutschen und dänischen Fischern an Nord- und Ostsee wurde die Wirksamkeit von PAL erfolgreich in der Stellnetzfisherei erprobt.

## Schweinswal-Beifang

Zu viele Meeressäuger verfangen sich in Stellnetzen (Abb. 1, 2), die sie mit ihren Sinnen nicht rechtzeitig wahrnehmen können [1]. Die Tiere ertrinken anschließend, da sie zum Atmen nicht mehr auftauchen können.

Die Gründe dafür sind vielfältig. Das Wasser ist trüb und die Netze sind schlecht sichtbar. Zahnwale können sich aber, wie Fledermäuse auch, mit Hilfe ihres Biosonars orientieren. Sie erzeugen Klicks, deren Echos ihnen Aufschluss über Beute und Hindernisse liefern. Doch die feinen Nylongarne der Netze werfen nur aus nächster Nähe ein schwaches Echo

zurück, und auch das nur bei direkter Beschallung. So ist bei Schweinswalen der Echoortungsstrahl mit 11-13 Grad sehr eng [2]. Erschwerend kommt hinzu, dass die Tiere häufig durch Nahrungssuche oder soziale Interaktionen abgelenkt sind. Oder stumm bleiben, weil sie passive Akustik betreiben, auch um bei Räufern und Aggressoren, wie Schwertwalen oder Delphinen, nicht aufzufallen.

Die Erfassung von gestrandeten Schweinswal-Kadavern an der deutschen Ostseeküste zeigt eine zunehmende Tendenz: von durchschnittlich 30-40 Funden im Jahr 2000 auf rund 150 Funde im Jahr 2016 [3, 4]. Dabei sind bis zu 53% der Totfunde auf den Beifang in Stellnetzen zurückzuführen [5].

Insgesamt sollte die Beifangrate der Schweinswale in der Ostsee 1,7% der Populationsgröße nicht überschreiten, um Arterhalt und Regeneration des Bestandes nicht zu gefährden [6]. Sie liegt aber nach aktuellen Schätzungen zwischen 2,6 und 4,8%, also weit darüber [7].

Dies führt zu einer Kontroverse zwischen Fischereiwirtschaft und Naturschutz. Die Forderungen nach der Ausdehnung von Schutzgebieten und Schonzeiten ohne Fischerei würden jedoch die Fischerei schwer treffen. Zudem ist die Stellnetzfisherei bezogen auf die Zielarten hochselektiv und nachhaltig. Akustische Warngeräte können daher eine wichtige Sofortmaßnahme sein, um den Schweinswalbeifang zu verringern.



**Abbildung 2:** Ertrunkener Kleinwal als Beifang in einem Stellnetz

Derzeit kommen hierfür weltweit akustische Vergrämer, sog. Pinger zum Einsatz, die laute und unangenehme Geräusche aussenden und damit Meeressäuger auf Distanz halten sollen. Sie können die Tiere jedoch weiträumig von ihren natürlichen Lebens- und Nahrungsgründen fernhalten und

führen bei schreckhaften Schweinswalen zu einer Verringerung der Echoortungsintensität [8]. Vor allem Letzteres ist kontraproduktiv, da dies den Beifang in benachbarten Netzen oder in Netzteilen mit defekten Pingen erhöhen kann.

Schweinswale können außerdem keinen Zusammenhang zwischen Pingen und den für sie gefährlichen Netzen herstellen, da sie von den Geräten auf eine Distanz gehalten werden, die in jedem Fall die 3-6 m übersteigt, aus der Stellnetze für ihr Biosonar "sichtbar" werden [9]. Die bisher eingesetzten Pinger weisen zudem aufgrund von ungünstiger Form, hohem Gewicht, geringer Haltbarkeit und niedriger Sendeleistung sowie schneller Batterieerschöpfung große Nachteile beim Einsatz in der kommerziellen Fischerei auf.

### Neuentwickeltes Warngerät PAL

Schweinswale kommunizieren untereinander mit Klicks und bestimmten Klick-Abfolgen, sogenannten Klicktrains. Clausen et al. (2010) beobachteten im Fjord&Beltcenter in Kerteminde, DK, dass bestimmte Klicktraintypen (upsweep chirps) von den Tieren als Warnung eingesetzt und verstanden werden [10]. Daraufhin entwickelten und patentierten wir den programmierbaren synthetischen Klickgenerator PAL (Porpoise ALert).

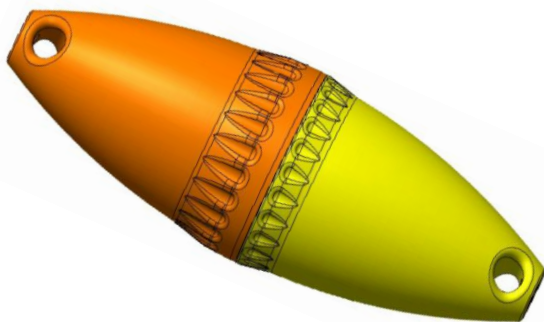


Abbildung 3: Konstruktionszeichnung des akustischen Warngeräts „PAL“, 2. Generation

Die für den Einsatz in der Fischerei optimierte Schallquelle PAL (Abb. 3) imitiert in der aktuellen Softwareversion die spezifischen Warnlaute von Schweinswalen. Damit sollen die Tiere auf ihrer eigenen, zur Ultraschallorientierung und Kommunikation genutzten Frequenz von 133 kHz vor Gefahren gewarnt werden [11].

Bei der Entwicklung des neuartigen Warngerätes wurden die Erfahrungen von Fischern mit Pingen verschiedener Hersteller in Bezug auf Formgebung, Befestigungsmethoden, Schallpegel, Haltbarkeit, Gewicht, Auftrieb und Batterielebensdauer immer weiter optimiert.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Pingen ist PAL schwimmfähig, innen stoßgedämpft, erreicht mit bis zu 152 dB einen sehr hohen Quellpegel und hat eine Batterielebensdauer von bis zu 1,5 Jahren bei Dauereinsatz und bis zu 5 Jahren bei Lagerung. Die Batterie ist austauschbar. Zudem kann die PAL-Hardware jederzeit neu programmiert werden, um jedes Gerät an verschiedene Einsatzanforderungen anzupassen.

Die Geräte sind sehr robust und die 2. Generation (Abb. 3) übersteht die raue Handhabung an Bord unbeschadet. Hierzu wurde auch die Befestigungsmethode der Geräte an der Kopfleine des Netzes (Abb. 4) gemeinsam mit Fischern immer wieder verbessert. Der maximale Abstand der Geräte zueinander beträgt dabei 200 m.



Abbildung 4: „PAL“v.1 an der Kopfleine eines Stellnetzes

### PAL in der Fischerei

PAL wurde zwischen 2014 und 2016 durch das Thünen-Institut für Ostseefischerei in der professionellen dänischen und deutschen Stellnetzfisherei erprobt. Bereits in dieser Testphase konnte das Gerät erfolgreich zur Beifangverringerung in der westlichen Ostsee beitragen [12]. Bei jedem Versuch wurden parallel jeweils zwei gleich lange Netze ausgebracht. Nur eines war mit PAL ausgerüstet, das andere, herkömmliche Netz diente als Kontrolle (Abb. 5).

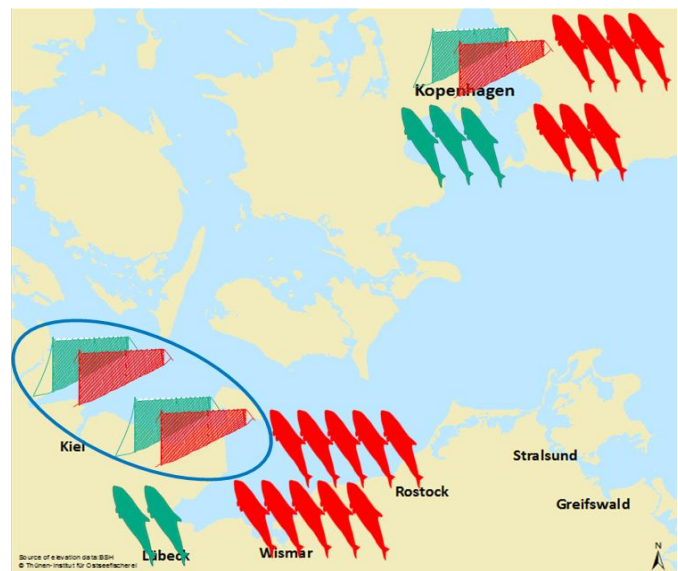


Abbildung 5: Beifänge in Fischereiversuchen in der westlichen Ostsee. Rot: Standard-Netze, Grün: PAL-Netze

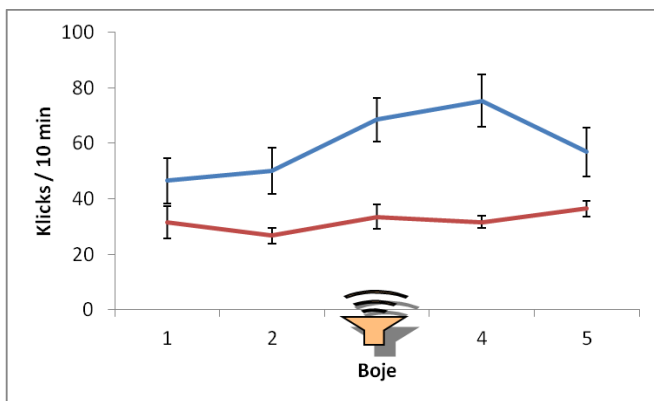
Insgesamt wurden von den drei beteiligten Fischereibetrieben in knapp 1.000 Versuchen rund 6.400 km Netze gestellt und 22 Schweinswale beifangen: nur 5 in PAL-Netzen, aber 17 in Netzen ohne Warngeräte. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $p=0.016$ ). Die Ergebnisse zeigen, dass PAL in der Ostsee zur Minimierung des Schweinswalbeifangs eingesetzt werden kann. Das neu entwickelte akustische Warngerät ist daher eine wichtige Sofortmaß-

nahme, und kann den Schweinswalbeifang um über 70% verringern.

Eine Einschränkung für den PAL-Einsatz besteht derzeit noch in Bezug auf die Geographie bzw. die spezifische Schweinswal-Population, die auf PAL reagiert. Während die Ergebnisse der Untersuchungen zwischen Fehmarn im Osten, Eckernförde im Westen und dem Öresund im Norden belegen, dass PAL Schweinswale in der westlichen Ostsee wirksam vor Stellnetzen schützt, sind die Ergebnisse in der Nordsee noch unbefriedigend. Hier ist weitere Forschungsarbeit zu wirksameren Signalformen und eine umfassendere Erprobung der Geräte erforderlich.

### Schweinswalreaktion auf PAL

In Freilandversuchen in der dänischen Beltsee haben wir untersucht, wie Schweinswale auf die Geräusche von PAL im Vergleich zu herkömmlichen Pingern reagieren. Dazu wurden 5 Bojen im Abstand von jeweils rund 100 Metern mit akustischen Aufzeichnungsgeräten ausgestattet. Die zu testende Schallquelle wurde jeweils an Boje 3 fixiert. Das Verhalten der freilebenden Schweinswale wurde von einer Klippe aus visuell mit Hilfe eines Theodoliten erfasst.



**Abbildung 6:** Echoortungsaktivität freilebender Schweinswale. Der Schallgeber war an Boje 3 montiert. Rot: Herkömmlicher Pinger. Blau: PAL.

Die Ergebnisse zeigen, dass Schweinswale als Reaktion auf PAL vor allem ihre Echoortungsaktivität im Umfeld der Schallquelle erhöhen, ohne dabei jedoch vom künstlichen Kommunikationssignal angelockt zu werden. Im Gegensatz zu dem Pingermodell „Aquamark 100“ (Aquatec, UK) zeigten die Tiere bei PAL eine doppelt so hohe Klickaktivität an Boje 3 und in deren Umgebung (Abb. 6).

Die in den Fischereiversuchen beobachtete Beifangverringerung ist somit vor allem auf die erhöhte Echoortungsaktivität der Tiere zurück zu führen. Vermutlich führt PAL dazu, dass die Tiere das für sie tödliche Netz dadurch rechtzeitig akustisch wahrnehmen.

Andere Parameter, die das Kollisionsrisiko in der Nähe der Schallgeber verringern würden, wie eine Verringerung der Aufenthaltsdauer, ein erhöhter Abstand oder eine Veränderung der Schwimmgeschwindigkeit scheinen beim Einsatz des PAL hingegen keine Rolle zu spielen [7].

### Praxisrelevanz

Mit Hilfe des PAL als Warngerät wird ein neuer Weg zur Vermeidung von Beifang in der Fischerei beschritten. Dass das Gerät einen wichtigen Beitrag zur Beifangvermeidung leisten kann, konnten wir in umfangreichen Fischereiversuchen in der westlichen Ostsee zeigen.



**Abbildung 7:** Typischer Fischkutter in Schleswig-Holstein

Das Ostsee-Infocenter in Eckernförde plant jetzt, in einer Validierungs- und Erprobungsstudie 1.680 PAL gemeinsam mit Fischereibetrieben in Schleswig-Holstein einzusetzen. Ein entsprechender Antrag wurde beim Kieler Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume gestellt. Weiter östlich, in Mecklenburg-Vorpommern, sowie an der dänischen und schwedischen Ostseeküste wäre ein PAL-Einsatz bereits jetzt ebenfalls sinnvoll.

Die PAL Hardware ist darüber hinaus geeignet, weitere Marktsegmente zu erobern. Zielmärkte sind die Fischereifloten der Bundesländer, der EU und darüber hinaus. Dabei ist pro Fischereifahrzeug nach bisherigen Erfahrungen mit einem Bedarf von 20 - 60 Geräten zu rechnen.

Im Bereich der Schleswig-Holsteinischen Ostsee sind 220 Fischer einer freiwilligen Vereinbarung beigetreten und in der Stellnetzfisherei tätig (Abb. 7). Rund 1.435 Kutter und (ungedekte) offene Boote gehörten in 2015 insgesamt der Kleinen Hochsee- und Küstenfisherei der Bundesrepublik Deutschland an [13]. Die Fangflotte der EU umfasst rund 85.154 Fischereifahrzeuge [14], davon sind der überwiegende Teil, insgesamt 72.301 Schiffe, kleiner als 12 m.

### Weitere Anwendungsmöglichkeiten

In Zukunft möchten wir weitere Kommunikationssignale charakterisieren, erzeugen und erproben, um mit dem PAL auch andere Populationen und Arten zu warnen. Zielarten sind dabei weitere Schweinswal-Populationen, der bedrohte mexikanische Hafenschweinswal sowie Arten, die durch Massenstrandungen auffallen, wie Pottwale oder Grindwale.

Weitere Einsatzgebiete wären auch das Anlocken von bestimmten Walarten bzw. das Fokussieren ihrer Echoortung für wissenschaftliche Untersuchungen. So konnte in Vorversuchen gezeigt werden, dass entsprechende Signale Schweinswale anlocken und ihre akustische Aufmerksamkeit auf einen Detektor bündeln [11]. Dies kann zur Verbesserung ihrer akustischen Erfassung beitragen.

PAL kann darüber hinaus als Kalibriergerät für akustische Aufzeichnungs- und Detektionsgeräte eingesetzt werden. Letztere operieren meist als „Black Box“. Hier kann PAL helfen, Nutzern vor Ort vorab und auch während ihrer Untersuchungen ein nachvollziehbares Testbild mit synthetisch und kontrolliert erzeugten akustischen Signalen ihrer Zielart als Vergleich zu liefern.



**Abbildung. 8:** Hafen-Baustelle in Kiel-Schilksee

Und schließlich ist auch denkbar, die PAL-Hardware so zu programmieren, dass das Gerät auch als allgemeiner Vergrämer eingesetzt werden kann. Dies ist in Situationen sinnvoll, in denen Meeressäuger vor Schall- oder Explosionsverletzungen geschützt werden müssen. Dies betrifft seismische Untersuchungen des Meeresbodens im Bereich Offshore Öl- und Gas, bei militärischen Übungen mit sehr starken Sonargeräten, bei Bauarbeiten an Offshore Windkraftanlagen, Wasserstraßen und Hafenanlagen (Abb. 8) oder bei Munitionssprengungen.

## Danksagung

Wir danken:

- der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung für die Finanzierung (FK. 2819100612 an F , Boris Culik und 2819100512 an TI-OF, Christian von Dorrien)
- ASCOBANS, friends of CMS und Loro Parque Foundation, für die Unterstützung der Projektentwicklung
- Hans-Georg Jürgens, Guido Hillmann und Ulrich Koller, Plastimat GmbH, Oranienburg, für den Spritzguss der hervorragenden Gehäuse
- den Crews des FS "Clupea" und der beteiligten, anonymen Fischereifahrzeuge für die Erprobung
- den Freilandassistenten: Dennis Brennecke, Anette Christensen, Charlotte und Nicolai Culik, Julian Döring, Ljudmila Gladek, Martin Grimm, Christian Hesse, Tanja Hilbig, Aline Hock, Lisa Kettmer, Regina Klapper, Christian Lieberum, Henrik Möß, Philipp Paysen, Camilla Pedersen, Valett Müller, Daniel Österwind, Mareike Pohling, Puk Sabinsky, Fernando Sanchez, Tobias Schaffeld, Daniel Stepputis und Carola Wagner für die Beobachtungen
- den Kooperationspartnern Lotte Kindt Larsen und Finn Larsen, DTU aqua, Kopenhagen, für die Fischereiversuche
- Magnus Wahlberg, University of Southern Denmark und Peter Dam, Overstyrmand, Søfartsstyrelsen, für die Genehmigungen zur Feldarbeit.

## Literatur:

- [1] Culik, B.M.: Odontocetes, the toothed whales. CMS Technical Series 24, 311 S., 2011
- [2] Koblitz, J.C., Wahlberg, M., Matdsen, P.T., Beedholm, C. & Schnitzler, H.U.: Asymmetry and dynamics of a narrow sonar beam in an echolocating harbor porpoise. J Acoust Soc Am 131 (2012), 2315-2324
- [3] Dähne, M., Harder, K. & Benke, H.: Totfundmonitoring von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns von 2004 bis 2009: 17 p.: Deutsches Meeresmuseum Stralsund, 2010
- [4] Siebert U.: ITAW, Büsum, pers. Mitt., 2016
- [5] Herr, H.: Vorkommen von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in Nord- und Ostsee – im Konflikt mit Schifffahrt und Fischerei? Doktorarbeit, Universität Hamburg 118 S., 2009
- [6] ASCOBANS: Recovery Plan for Baltic Harbour Porpoises (Jastarnia Plan), Bonn, 2002
- [7] Culik, B., Chladek, J., Conrad, M.: High echolocation intensity of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) towards the new acoustic alerting device PAL. Mar Mamm Sci (eingereicht)
- [8] Culik, B.M., Koschinski, S., Tregenza, N. & Ellis G.M.: Reactions of harbor porpoises *Phocoena phocoena* and herring *Clupea harengus* to acoustic alarms. Mar. Ecol. Prog. Ser., 211 (2001), 255-260
- [9] Koschinski, S., Culik, B.M., Trippel, E.A., Ginzkey, L.: Behavioral reactions of free-ranging harbor porpoises *Phocoena phocoena* encountering standard nylon and BaSO<sub>4</sub> mesh gillnets and warning sound. Mar. Ecol. Prog. Ser. 313 (2006), 285-294
- [10] Clausen, K.T., Wahlberg, M., Beedholm, K., Deruiter, S. & Madsen, P.T.: Click communication in harbour porpoises *Phocoena phocoena*. Bioacoustics 20 (2010), 1-28
- [11] Culik, B., Dorrien, C., Müller, V., Conrad, M.: Synthetic communication signals influence wild harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) behaviour. Bioacoustics 24 (2015), 201 – 221
- [12] Culik, B., Dorrien, C., Conrad, M.: Porpoise Alerting Device (PAL): Synthetic harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) communication signals influence behaviour and reduce by-catch. In Von Nordheim & Wollny-Goerke (Hrsg.): Progress in marine conservation in Europe 2015. Proceedings of the symposium, Stralsund, Germany. BfN-Skripten No. 451 (2016), 150-156
- [13] BLE: Anlandestatistik 2015. [http://www.ble.de/DE/02\\_Kontrolle/02\\_Fischerei/01\\_Fischwirtschaft/Fischwirtschaft\\_node.html](http://www.ble.de/DE/02_Kontrolle/02_Fischerei/01_Fischwirtschaft/Fischwirtschaft_node.html)
- [14] Fischereiflottenregister der EU 2015 <http://ec.europa.eu/fisheries/fleet/>