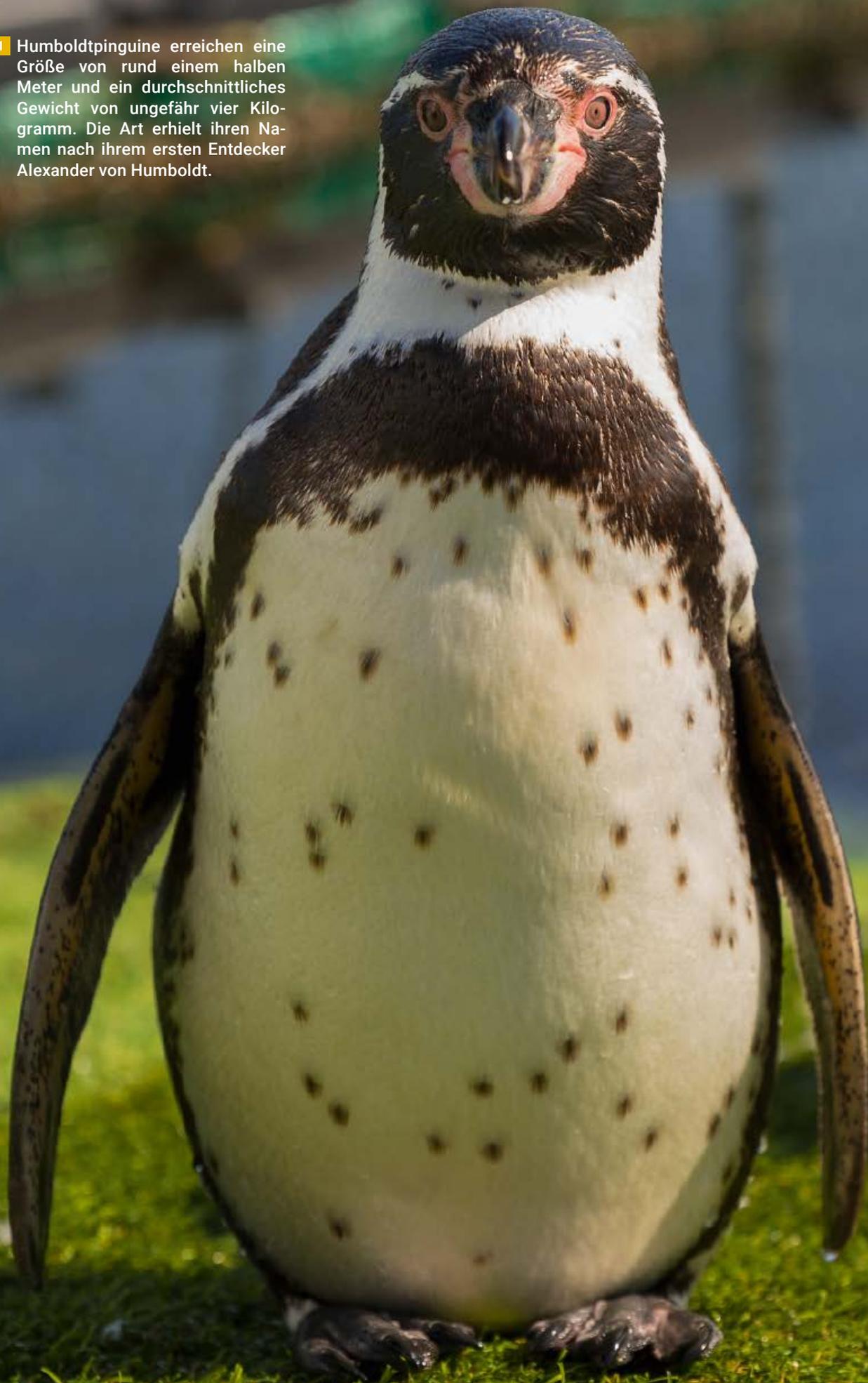




- 1 Humboldtpinguine erreichen eine Größe von rund einem halben Meter und ein durchschnittliches Gewicht von ungefähr vier Kilogramm. Die Art erhielt ihren Namen nach ihrem ersten Entdecker Alexander von Humboldt.



# Hören unter Wasser

TEXT UND FOTOS VON SEBASTIAN CONRADT

**Seit Langem ist bekannt, dass von Menschen verursachter Lärm im Meer – etwa durch Schiffe, seismische Messungen oder das Rammen der Fundamente von Offshore-Windenergieanlagen – ein mitunter lebensbedrohliches Problem für Meeres-säuger darstellt. An unseren Küsten besonders betroffen sind Schweinswale. Doch welche Bedeutung hat die unnatürliche Geräuschkulisse für tauchende Vögel? Können sie unter Wasser überhaupt hören? Das Projekt Hearing in Penguins des Deutschen Meeresmuseums in Stralsund beschäftigt sich mit diesen Fragen.**

Dass Vögel hören können, ahnt jeder, der morgens bei geöffnetem Schlafzimmerfenster in seinem Bett vom Gesang einer Amsel geweckt wird. Die verschwenderisch erscheinenden Melodien werden wohl kaum ohne erhofften Nutzen vorgetragen. Mit Glück

kann der Sänger ein Weibchen anlocken, das sein Lied auditiv wahrnimmt und zu schätzen weiß.

Doch es sind nicht ausschließlich Singvögel, die des Hörens mächtig sind. Schleiereulen etwa sind in der Lage, in totaler Finsternis allein mit ihrem Gehör das leise Rascheln einer Maus zu orten und so das kleine Nagetier im Blindflug zu erbeuten. Bartkäuze hören Mäuse unter der Schneedecke und ergreifen sie dort zielsicher.

Des Weiteren gibt es sogar höhlenbewohnende Vögel – Fettschwalme in Südamerika und Höhlensalanganen in Südostasien –, die ähnlich wie Fle-

dermäuse mithilfe der Echoortung im Dunkeln navigieren. Die meisten Vögel hören jedoch etwas schlechter als Säugetiere es können.

Dass auch Seevögel hören können, ahnt jeder, der schon einmal an einer ihrer Kolonien gestanden hat, wie zum Beispiel auf Helgoland. Das tausendstimmige Lärmen der Alt- und Jungvögel übertönt alles und kann einem schon einmal selbst die Sprache verschlagen. Brutpaare nutzen in dem Gewimmel ihre Stimmen, um stets zueinander zu finden, hungrige Küken rufen nach ihren Eltern, welche sie auditiv identifizieren können. Wenn sich die noch flugunfähigen jungen Trottellummen am Ende ihrer Nestlingszeit vom Brutfelsen ins Meer stürzen, rufen sich Eltern und Kinder zusammen, die sich unter Hunderten oder Tausenden allein am Tonfall ihrer Stimmen erkennen.

## **Können Vögel unter Wasser hören?**

Der Lebensraum von Meeres- und Wasservögeln erstreckt sich allerdings auch unterhalb der Wasseroberfläche, und hier ist noch so gut wie nichts darüber bekannt, ob die Tiere auch in diesem Medium hören können oder Laute äußern. Die Forschung steht noch ganz am Anfang.

„Wir haben keine Ahnung, null!“, sagt Dr. Michaël Beaulieu, Koordinator des Projekts Hearing in Penguins am Deutschen Meeresmuseum. Im Ozeaneum, dem neuesten Standort des Hauses im Stralsunder Stadthafen, werden die dort gehaltenen Humboldtpinguine an den Forschungsauftrag herangeführt.

Die flugunfähigen Seevögel von der Südhalbkugel der Erde sind wie alle Vertreter ihrer Ordnung perfekt an das Leben unter Wasser angepasst und

**2 Pinguine sind hervorragend an das Leben im Wasser angepasst. Humboldtpinguine können bis zu 70 Meter tief tauchen, Kaiserpinguine sogar bis 500 Meter tief.**



Foto: J-M Schlorke, Deutsches Meeresmuseum

2



- 3** Beim Training im Meeresmuseum Stralsund werden die Pinguine spielerisch an bestimmte Targets gewöhnt, damit sie sich freiwillig in die Versuchsanordnung einfügen.
- 4** Danach lernt der Pinguin, seinen Kopf auf einer Unterlage abzulegen und ein Symbol mit dem Schnabel zu fixieren. Später wird Schritt für Schritt eine Schallkammer um diese Anordnung gebaut, in der der eigentliche Hörtest stattfindet.
- 5** In Warnemünde ist der Versuchsaufbau dynamisch. Hier trainieren die Tiere, im Wasser schwimmend, den Handzeichen von Jenny Byl zu folgen, um auf Kommando eine gerade Strecke zu tauchen.



Meister des Tauchens. „Wir wissen noch gar nicht, wie sich die natürlichen Geräusche ihres Lebensraums, beispielsweise von Gletscherkalbungen, Wind und Prädatoren, auf die Pinguine auswirken“, ergänzt Beaulieus Kollegin Ulrike Buschewski. „Aber auch anthropogene Geräusche haben unter Umständen einen Einfluss. Denn der Schiffsärm nimmt in der Antarktis ebenfalls immer mehr zu.“

Tatsächlich gab es über die Hörfähigkeiten von aquatisch lebenden Vögeln bis vor Kurzem nur eine Untersuchung von Stockenten aus dem Jahr 1946 sowie eine Studie mit drei Brillenpinguinen vom Ende der 1960er-Jahre, welche ein grobes Indiz liefern, wie gut diese Tiere an Land, also in der Luft, hören können.

Von den über 10 000 bekannten Vogelarten weltweit leben ungefähr 800 am Wasser, viele von ihnen suchen tauchend ihre Nahrung. „In unserem Projekt, das in Kooperation mit dem Marine Science Center der Universität Rostock in Warnemünde und der Universität Süddänemark in Odense läuft, werden wir das Hörvermögen von Pinguinen sowohl an der Luft als auch unter Wasser erforschen“, so Ulrike Buschewski. Dabei kommen Humboldt-, Felsen-, Esels- sowie Königspinguine zum Einsatz. Die Tiere sind Grenzgänger zwischen den Welten – denn sie leben sowohl im Meer als auch an Land.

**Welche Untersuchungsmethoden gibt es?** Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Methoden, die audi-

tiven Fähigkeiten von Tieren zu erfassen. Beide haben Vor- und Nachteile. Zum einen kann im Rahmen einer Hirnstammaudiometrie (Auditory Brainstem Response ABR) die Aktivität der Hörnerven über am Kopf platzierte Elektroden abgeleitet und sichtbar gemacht werden. Das Verfahren ist unschädlich und wird in der Humanmedizin auch an Säuglingen angewendet, die zu einem normalen Hörtest noch nicht in der Lage sind, da sie ihre Hörwahrnehmung nicht anzeigen oder verbalisieren können.

Die Durchführung braucht nicht viel Zeit, bei Vögeln ungefähr eine Stunde, und ist nach der neuesten Weiterentwicklung der Methodik auch im freien Feld an eingefangenen Wildvögeln möglich. Allerdings müssen die Tiere



für die Untersuchung sediert werden, sodass die Anwendbarkeit der Hirnstammaudiometrie unter Wasser entfällt. Darüber hinaus gibt dieser Ansatz keinen Aufschluss darüber, wie die akustischen Reize im Gehirn der Vögel verarbeitet werden.

Die zweite Möglichkeit, Erkenntnisse über den Gehörsinn von Wasservögeln zu erhalten, bietet die Verhaltensforschung – übertragen auf den Menschen ist das der klassische Hörtest. Da Tiere nicht so einfach zu erkennen geben, was sie gerade hören, müssen sie über lange Zeit darauf trainiert werden. Somit kommen für diese psychoakustische Methode ausschließlich Vögel in Gefangenschaft infrage, welche nicht in ihrem natürlichen Habitat leben. Und die Forscher können sich

nie ganz sicher sein, ob ihr Proband tatsächlich anzeigt, dass er tatsächlich etwas hört, oder ob ihn andere Kriterien zu seiner Verhaltensäußerung bewegt haben.

Der größte Nachteil beider Erforschungsmethoden ist allerdings, dass sie in vergleichenden Untersuchungen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Nach der Hirnstammaudiometrie sind die Versuchsvögel immer etwas schwerhöriger als im verhaltensbiologischen Experiment. Deshalb wird es wichtig sein, ausreichend viele Individuen zu testen, um beide, sich gegenseitig ergänzende Ansätze aufeinander kalibrieren zu können.

**Wie werden die Tiere trainiert und wie wird ihre Hörfähigkeit unter Wasser getestet?** Sowohl in Stralsund als auch in Odense lernen die Pinguine als erstes, ihren Kopf abzulegen, mit dem Schnabel ein Symbol zu fixieren und für eine Weile so zu verharren. Erledigen sie diese Aufgabe zur Zufriedenheit ihrer Tiertrainerin, werden sie mit Fisch belohnt. Stück für Stück bauen die Wissenschaftler schließlich einen schalldichten Kasten um diese Versuchsanordnung, sodass die Pinguine

**6 Auch in Warnemünde werden die Pinguine auf individuelle Targets konditioniert. Diese Übungen fördern das Vertrauen zwischen den Vögeln und der Tiertrainerin.**

**7 Im Marine Science Center in Warnemünde leben die Probanden direkt im Ostseewasser. Die Büros der Wissenschaftler befinden sich im angrenzend liegenden Schiff.**

sich an die für sie sonderbare Situation gewöhnen können.

Alles läuft dabei für die Versuchsteilnehmer auf freiwilliger Basis, und wenn sie an manchen Tagen keine Lust haben mitzumachen, dann muss eben die Wissenschaft pausieren.

Sobald die Tiere sich nach einer gewissen Zeit an diesen Versuchsaufbau gewöhnt haben, erhalten sie in dem Kasten gezielte, in Tonhöhe und Schalldruck variierende akustische Reize. Die Vögel sollen dann mit dem Schnabel an einer Schaltfläche anzeigen, wenn sie etwas hören.

Ein ganz anderer Ansatz wird in Warnemünde erprobt, wo unter Wasser geforscht wird: Hier werden die Vögel zunächst darauf trainiert, auf Kommando eine gerade Strecke von A nach B tauchend zurückzulegen. „Wenn sie das gelernt haben, wollen wir ihnen von der Seite einen Referenzton vorspielen“, so Dr. Jenny Ann Byl vom Marine Science Center, „und die Pinguine sollen ihr Hörvermögen beweisen, indem sie in die Richtung des Lautsprechers abbiegen.“

In Dänemark wird derzeit in der einzigen weiteren Versuchsanordnung für einen Hörtest unter Wasser mit einem Kormoran gearbeitet. Im ersten Anlauf setzte sich der Vogel auf den Beckenrand eines Aquariums und steckte lediglich seinen Kopf ins Wasser, beim zweiten Versuch tauchte er ganz unter. Beide Male blieb der Kormoran dicht unter der Wasseroberfläche, und die Reflexion des vorgespielten Tons an den engen Beckenwänden beeinflusste das Ergebnis.

Im Marine Science Center in Warnemünde befindet sich der Versuchsaufbau tiefer im Wasser und es gibt keine reflektierenden Flächen. Allerdings kommen hier andere Störquellen zum Tragen, da die Humboldtpinguine nur durch ein Netz begrenzt unmittelbar im Ostseewasser gehalten werden. „Fährt zum Beispiel ein Motorboot vorbei oder prasselt der Regen auf die Meeresoberfläche, muss der Versuch abgebrochen werden“, erläutert Jenny Byl, die über die auditiven Fähigkeiten beim Seehund promoviert hat. Ziel des Projektes ist es herauszufinden, in welchem Frequenzbereich und ab welcher Lautstärke die verschiedenen Pinguine Schall wahrnehmen, um am Ende ein vollständiges Audiogramm zu erhalten.

Außerdem wollen die Forscher wissen, ob und wie gut die Vögel die Richtung ermitteln können, aus der unter





- 8** Meeresbiologe Michaël Beaulieu und Assistentin Megan Baird nehmen Tonaufnahmen von Eselspinguinen in der Antarktis auf.
- 9** Eselspinguine in Port Lockroy auf der Antarktischen Halbinsel vor der Gebirgskette Seven Sisters.
- 10** Basstölpel brüten in dicht gedrängten, lauten Kolonien, in denen die unaufhörlichen tiefen „Arrah-arah“-Rufe der Vögel, aber auch das Rauschen des Windes und das Donnern der Meereswellen an den Brutfelsen in der Luft liegen.



Foto: Iwie Rainey



Foto: M Beaulieu, Deutsches Meeresmuseum



Wasser ein Geräusch kommt – eine Fähigkeit, die wir Menschen nicht besitzen, welche für die Tiere allerdings wichtig sein könnte, um beispielsweise vor angreifenden Fressfeinden zu fliehen. „Ein solches Training wurde mit Pinguinen noch nie vorher durchgeführt, daher wissen wir nicht, was passiert“, erklärt Ulrike Buschewski. Noch steht das Projekt am Anfang, aber die Wissenschaftler sind mit ihren Probanden bis jetzt ganz zufrieden.

**Welche Art Geräusche werden den Pinguinen vorgespielt?** Um auch mit verschiedenen authentischen Geräuschen aus dem Lebensraum der Pinguine arbeiten zu können, ist Michaël Beaulieu im letzten Winter ins Südpolarmeer rund um die antarktische Halbinsel gereist. „Dort habe ich eine Art Geräuscheinventar ihres natürlichen Lebensraumes erstellt.“

Ausgerüstet mit Mikrofon, Hydrofon und Kamera hat der Biologe neben lauten Rufen in den Pinguinkolonien auch Walgesänge unter Wasser aufgezeichnet. „Eselspinguine klingen entspannt und melodios, während Zügelpinguine aggressiver und mit einer metallischen Stimme singen“, berichtet Beaulieu.

„Zusammen bilden diese unterschiedlichen Arten ein Orchester, welches ein lautes und mehr oder weniger harmonisches Konzert spielt.“

**Welche Bedeutung und Funktion haben die Lautäußerungen von Pinguinen?** Dieser Frage will der Forscher im nächsten Winter auf der ornithologischen Antarktisstation Frankreichs im Adélieland nachgehen. Haben die Rufe und damit die Kommunikation der Meerestiere Einfluss auf ihr Brutverhalten oder den Bruterfolg? Rufen die Pinguine auch unter Wasser und wenn ja, wozu machen sie das? Koordinieren sie sich zur gemeinsamen Jagd? „Wenn Adélie-Pinguine in Gruppen schwimmen, springen sie zuweilen wie Delfine“, erzählt Michaël Beaulieu. „Und immer wenn sie kurz an der Luft sind, geben sie einen Laut von sich – wie ziehende Kraniche, die miteinander kommunizieren, um ihren Schwarm zusammenzuhalten.“

Untersuchungen an mehreren aquatisch lebenden Vogelarten haben gezeigt, dass diese in der Luft ähnlich gut hören wie andere Vögel und ihre Rufe im selben Frequenzbereich rangieren wie ihr Hörvermögen. Da-

mit liegt die Vermutung nahe, dass die akustische Kommunikation für sie eine Rolle spielt – wie zuvor an den Seevögeln bereits skizziert.

Die wie Trottellummen in großen, dicht gepackten Kolonien nistenden Basstölpel sind allerdings den Ergebnissen zufolge merklich schwerhöriger als zum Beispiel einige Entenarten. Möglicherweise brauchen sie kein schärferes Gehör, da sie so eng beieinander sitzen. Vielleicht müssen sie sich aber auch gegen eine laute Umwelt schützen, in der Wind und Wellen für eine stete Geräuschkulisse sorgen. Schließlich verfügen Basstölpel über eine spezielle physiologische Anpassung ihrer Ohren an das rasante, nahezu 200 Kilometer pro Stunde schnelle Eintauchen ins Wasser bei der Beutejagd: Ihre Trommelfelle sind dicker als bei vergleichbar großen Vögeln – und damit nicht nur unempfindlicher gegen Wasser- sondern auch gegen Schalldruck.

Die untersuchten nordamerikanischen Veilchen- und Schwarzkopfruderenten reagieren hingegen äußerst sensibel auf akustische Reize. Doch ihr natürlicher Lebensraum liegt

verstreut an inländischen Seen, ein meist ruhiges und im Vergleich zu den Vogelkolonien am Meer leises Habitat.

**Welche Einflüsse wirken sich unter Wasser auf das Hören aus?** Unter Wasser können weitere physiologische Modifikationen einen Einfluss auf das Hörvermögen tauchender Vögel haben. So ist es nach wissenschaftlichen Erkenntnissen wahrscheinlich, dass Basstölpel – ebenso wie Königspinguine und Kormorane – in der Lage sind, ihren Gehörgang aktiv zu verschließen, um den unter Wasser enorm steigenden Druck abzuwehren. Königspinguine können beim Vordringen in Tiefen von bis zu 300 Metern zusätzlich den Druck in ihrem Innenohr erhöhen und damit einen Ausgleich zum Umgebungsdruck der Wassersäule erreichen. Andere Vögel verfügen über spezielle Federstrukturen über den Ohröffnungen, die beim Tauchen das Eindringen von Wasser verhindern.

Vielleicht verändern diese Eigenschaften den von den Tieren beim Tauchen wahrgenommenen Frequenzbereich. Menschen hören beispielsweise unter Wasser tiefe Töne besser als

hohe, und niedrige Frequenzen breiten sich im Wasser leichter aus.

Michaël Beaulieu hat sich auf seiner Reise ins Südpolarmeer jedoch nicht nur auf natürliche Klänge beschränkt. Er hat vielmehr auch von Menschen gemachten Lärm, wie zum Beispiel von Kreuzfahrtschiffen, Helikoptern oder Polarstationen während seiner Expedition dokumentiert. Denn mit dem Projekt will der Forscher nicht nur das Hörvermögen von Pinguinen und anderen Wasservögeln entschlüsseln, sondern auch auf die zunehmende Beeinträchtigung der Tiere hinweisen.

„Von Menschen gemachte, laute Geräusche sind nicht so augenscheinlich wie Plastikmüll im Meer. Das Problem hat für die Tiere in den Ozeanen aber ähnliche Brisanz, es ist in der Öffentlichkeit nur weniger bekannt“, erläutert Dr. Harald Benke, Direktor des Deutschen Meeresmuseums. So könnte der stärker werdende Lärm unter Wasser sowohl die Kommunikation der Vögel als auch ihre Orientierung stören, und er könnte die Möglichkeiten erschweren, Nahrung zu finden oder Prädatoren zu orten. Im schlimmsten

Fall wird der Bruterfolg der Tiere geschwächt und ihr Lebensraum nachhaltig beschnitten.

Als Unterzeichner des Antarktis-Vertrages ist Deutschland für den Natur- und Umweltschutz auf dem eisigen Kontinent mitverantwortlich. Pinguine, aber auch Wale und Robben sind vor Störungen durch Unterwasserschall und anderen menschengemachten Einflüssen zu schützen. Das Forschungsprojekt Hearing in Penguins wird deshalb vom Umweltbundesamt mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) gefördert.

In Stralsund und Warnemünde können Besucher den Wissenschaftlern über die Schulter schauen und die Pinguinforschung mit eigenen Augen verfolgen. Das Ozeaneum hat das Problem der Lärmbelastung der Meere zum Thema des Jahres 2019 gewählt und für seine Ausstellung besonders aufbereitet. Auch das Museum für Naturkunde in Berlin wird sich dem Thema Wissenschaftskommunikation über Lärm im Meer an die breite Öffentlichkeit widmen. 

## Sport Optics seit 1970

**opticon**



### Traveller BGA ED

“Smaller, lighter, brighter, sharper“ Das Traveller BGA ED beschreitet neue Wege unter den 32mm Ferngläsern und ist ideal für Enthusiasten. Ab € 415,00

### MM4 GA ED Travelsopes

Das neue MM4 GA ED liefert herausragende Leistung. Es ist kompatibel mit HDF/SDLv2 Okularen. Made in Japan. 30 Jahre Garantie. Ab € 429,00



Für weitere Informationen zum nächsten Händler oder zur Bestellung eines Opticron Produktes kontaktieren Sie uns per email: [sales@opticon.co.uk](mailto:sales@opticon.co.uk) oder rufen Sie an: **+44 1582 726522**, oder besuchen Sie unsere Website [www.opticon.net/deutsch](http://www.opticon.net/deutsch)

OPTICRON, Unit 21, Titan Court, Laporte Way, Luton LU4 8EF, UK Tel +44 1582 726522 Fax +44 1582 723559 [www.opticon.co.uk](http://www.opticon.co.uk)