



König der Taucher

Schon bevor er in die Tiefe taucht, weiss der Königspinguin, ob er Beute machen wird – und wählt den entsprechenden Eintauchwinkel. Neue Forschungen haben diese sensationelle Erkenntnis zutage gefördert.

Von Klemens Pütz (Text)
und Kevin Schafer, Klemens Pütz,
Heiner Kubny (Bilder)

Die insgesamt etwa 2,5 Millionen Brutpaare der Königspinguine brüten auf lediglich sieben, der Antarktis vorgelagerten Inselgruppen in der sogenannten Subantarktis: den Falkland-Inseln und Südgeorgien im Atlantik, den Prince-Edward-, Crozet-, Kerguelen- und Heard-Inseln im Indischen Ozean und den Macquarie-Inseln im Pazifik. Die Gewässer um ihre Brutinseln sind ganzjährig eisfrei. Dies ist notwendig, denn im Gegensatz zu allen anderen Pinguinarten brauchen die Königspinguine mehr als ein Jahr, um ein Küken grosszuziehen. Sie sind daher auch im Winter auf den freien Zugang zum offenen Meer angewiesen.

Die verhältnismässig lange Brutdauer verhindert aber, dass die Königspinguine jedes Jahr erfolgreich brüten können. In der Regel wird nur alle zwei Jahre ein Küken aufgezogen, lediglich unter besonders günstigen Umweltbedingungen schaffen es die Königspinguine, zwei Küken innerhalb von drei Jahren grosszuziehen.

Trotz der langen Brutdauer verbringen die Königspinguine die meiste Zeit ihres Lebens im Meer. Ihr Verhalten in diesem Lebensraum entzieht sich aber einer direkten Beobachtung, so dass lange unklar blieb, wo sie auf Nahrungssuche gehen, wie schnell sie schwimmen, wie tief und lange sie tauchen, was und wann sie fressen. Erst durch die Entwicklung von kleinen, wasser- und druckfesten elektronischen Fahrtenschreibern wurde es möglich, etwas Licht in dieses Dunkel zu bringen und die Biologie der Königspinguine besser zu verstehen.

Fahrtenschreiber sind kleine, mit verschiedenen Sensoren bestückte elektronische Speichergeräte, die den Pinguinen mit Gewebefaden im Rückengefieder befestigt werden. Diese Befestigung hat den Vorteil, dass sie die wasserabweisenden und wärmenden Eigenschaften des Gefieders nicht beeinflusst. Geht ein so ausgerüstetes Tier ins Meer, registrieren die Sensoren unter anderem Tauchtiefe, Schwimmgeschwindigkeit, Lichtintensität und Wassertemperatur in vorgegebenen Zeitintervallen. Kehrt der Pinguin an Land zurück, nehmen die Forscher die Fahrtenschreiber wieder vom Gefieder und übertragen die gespeicherten Daten auf einen Computer.

Vielfältige Daten

Aus den erhaltenen Ergebnissen lässt sich dann das Verhalten der Vögel sehr genau rekonstruieren. Aus Tauchtiefe und Zeit lassen sich alle relevanten Parameter wie Tauch-

tiefe, Tauchdauer, Ab- und Auftauchwinkel ableiten. Die Daten zur Lichtintensität geben nicht nur Aufschluss über die Lichtverhältnisse in den jeweiligen Tiefenbereichen, sondern können auch zur Kalkulation der jeweiligen Tagesposition der Tiere herangezogen werden.

So wird es möglich, anhand der Werte den Zeitpunkt von Sonnenauf- und -untergang zu berechnen und daraus wiederum die Tagesbeziehungsweise Nachtlänge abzuleiten. Diese Angaben sind ortsspezifisch, das heisst, mittels dieser Angaben lässt sich auf etwa 50 Kilometer genau bestimmen, wo sich das Tier an einem bestimmten Tag aufgehalten hat.

Die Daten zur Wassertemperatur geben Aufschluss darüber, ob die Pinguine bestimmte Wassertemperaturen bei der Nahrungssuche bevorzugen. Sie können überdies zusammen mit den Angaben zur Position genutzt werden, um Temperaturverteilungsmuster und -profile für bestimmte Meeresgebiete zu erstellen. Man erhält also nicht nur Aufschluss über die Tauchgewohnheiten der Pinguine, sondern auch über eine ganze Reihe von umweltrelevanten Daten, die sonst nur durch den Einsatz von Forschungsschiffen oder Satelliten gewonnen werden können.

Der lange Weg zum Futter

Durch den gleichzeitigen Einsatz von mehreren Fahrtenschreibern erhalten die Forscher schnell eine grosse Datenmenge. So wurden zum Beispiel auf den Falkland-Inseln im Februar 2001 von zwölf Königspinguinen über 20'000 Tauchgänge aufgezeichnet. Bei der Auswertung der gesammelten Daten helfen natürlich Computerprogramme, denn von Hand wäre eine derartige Datenflut nicht zu bewältigen.

Königspinguine wechseln sich bei der Brut ab. Das heisst, während ein Elterntier das



Auf zur Jagd, aber immer schön der Reihe nach. Wie alle Pinguine gehen auch die Könige meist gemeinsam ins Wasser: In der Gruppe sind sie besser vor Fressfeinden geschützt.

Küken hudert, ist das andere im Meer auf Nahrungssuche. Je nach Alter des Kükens kann es mehrere Tage und sogar Wochen dauern, bis das tauchende Elterntier mit vollem Magen aus dem Meer zurückkehrt und den Partner am Nest ablöst. In dieser Zeitspanne entfernen sie sich oft weit von der Brutinsel. Untersuchungen mittels Satellitensendern und Lichtsensoren haben ergeben, dass die Tiere vorzugsweise im Bereich der Antarktischen Konvergenz auf Nahrungssuche gehen. Die sogenannte Antarktische Konvergenz umgibt die gesamte Antarktis und stellt ihre biologische Grenze dar: An ihr werden die kalten Wassermassen aus der Antarktis von wärmerem Wasser aus der Subantarktis überlagert.

Dadurch werden in diesem Bereich Nährstoffe angereichert, die ihrerseits zahlreiche Konsumenten anlocken, unter anderem auch die Königspinguine. Die Brutinseln der Königspinguine befinden sich aber entweder

nördlich oder südlich der Konvergenz, und entsprechend müssen die Vögel dann auch nach Süden beziehungsweise Norden schwimmen. Das bedeutet, dass sie teilweise mehrere hundert Kilometer zurücklegen, um zu den nahrungsreichen Zonen zu gelangen, wobei Tagesstrecken von 100 Kilometern durchaus machbar sind für diese Tiere. Aber wie schnell schwimmen Königspinguine eigentlich?

Untersuchungen haben ergeben, dass Königspinguine – wie auch alle anderen Pinguinarten – eine konstante Schwimmgeschwindigkeit von etwa 8 Stundenkilometern beibehalten. Bei diesem Tempo ist das Verhältnis von der aufgewendeten Energie zur zurückgelegten Wegstrecke für Pinguine am rentabelsten, ähnlich einem Kraftfahrzeug, das mit etwa 80 Stundenkilometern im fünften Gang bewegt wird.

Natürlich weichen die Pinguine auch von dieser Geschwindigkeit ab, zum Beispiel, wenn sie kurzfristig beschleunigen, um ein Beutetier zu verfolgen, oder ausgleiten. Tatsächlich schwimmen Pinguine aber wesentlich mehr als die genannten 100 Kilometer pro Tag, da sie in der Regel nicht strikte geradeaus von Punkt A nach Punkt B schwimmen und sich zudem im dreidimensionalen Raum bewegen, also tauchen.

Jagen mit den Augen

Die maximale Tauchtiefe – der tiefste Punkt eines jeden Tauchgangs – ist abhängig von der Lichtintensität beziehungsweise der Tageszeit. Als optisch orientierte Räuber benötigen Pinguine eine gewisse Helligkeit, um ihre Beute zu erkennen. Allerdings sind die Augen des Pinguins sehr gut an die beschränkten Lichtverhältnisse in grösseren

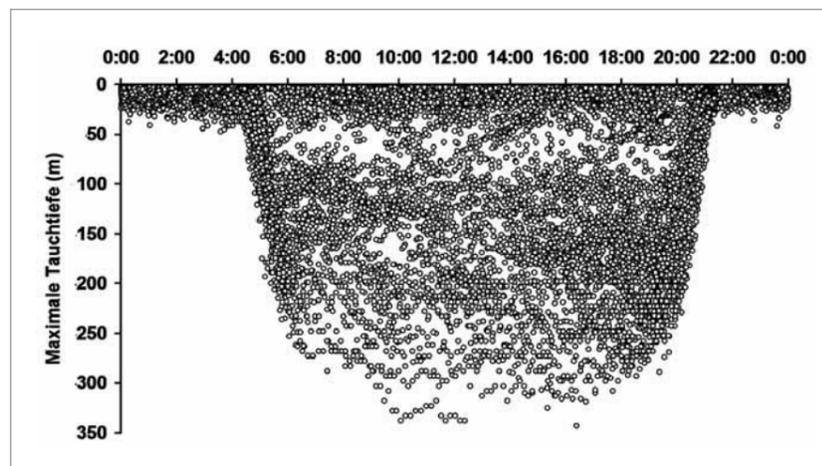
Wassertiefen angepasst und in ihrer Sensibilität mit denjenigen einer Eule vergleichbar. In der Nacht, bei Dunkelheit, tauchen die Königspinguine nie tiefer als 50 Meter. Mit dem Sonnenaufgang erhöht sich aber die maximale Tauchtiefe kontinuierlich, und es werden tagsüber Wassertiefen von 300 Metern und mehr erreicht. Der tiefste jemals bei einem Königspinguin registrierte Tauchgang betrug über 400 Meter! Gegen Abend reduziert sich die Tauchtiefe wieder.

Dieses Verhaltensmuster reflektiert nicht nur die vorherrschenden Lichtverhältnisse, sondern auch die Verteilung der Beutetiere: Königspinguine ernähren sich überwiegend von kleinen Leuchtsardinen, teilweise auch von Tintenfischen. Im Verlauf des Tages wandern Leuchtsardinen vertikal in die Tiefe, wo sie sich zu dichten Schwärmen zusammenscharen. Gegen Abend steigen sie wieder hoch und verteilen sich gleichmässig unter der Wasseroberfläche, wo sie Phytoplankton abweiden.

Die optischen Fähigkeiten der Königspinguine reichen nachts in der Regel nicht aus, um die in der Nähe der Wasseroberfläche befindlichen Leuchtsardinen zu erbeuten. Lediglich die Biolumineszenz ihrer Beute, von der die Leuchtsardine ihren Namen hat, ermöglicht es den Pinguinen, auch nachts einzelne Sardinen zu erwischen. Daher müssen die Vögel den Fischen tagsüber in grossen Tiefen nachstellen, wo im klaren Polarwasser noch ausreichend Licht zum Aufspüren der Beute vorhanden ist. Diese Jagdstrategie wurde durch den Einsatz von Magentemperatursonden belegt: Fast nur tagsüber und in grossen Tiefen zeugten spontane Abfälle in der Magentemperatur von der Aufnahme eines kalten



Der Fahrtenschreiber ist sicher im Gefieder befestigt und stört seinen Träger nicht.



Die Tabelle zeigt, zu welcher Zeit die Königspinguine wie tief tauchen. Die Ergebnisse entsprechen dem Verhalten der Leuchtsardinen.



Schon bevor der Königspinguin eintaucht, entscheidet er, ob er einen Erkundungs-Tauchgang machen oder auf Beutefang gehen wird. Je nach dem ist die Tauchtiefe verschieden. Und entsprechend variiert der Meisterschwimmer seinen Ein- und Abtauchwinkel.

Beutetieres. Königspinguine können aber nicht nur sehr tief, sondern mit bis zu über 8 Minuten Dauer auch relativ lange tauchen. Dabei gilt: je tiefer ein Tauchgang, um so länger dauert er. Überraschenderweise sind die an einen langen Tauchgang anschließenden Erholungszeiten an der Oberfläche ziemlich kurz und dauern selten länger als 2 Minuten. So können die Königspinguine innerhalb von einer Stunde bis zu sechs tiefe Tauchgänge durchführen.

Er weiss es im Voraus

Nur eine Reihe von physiologischen Anpassungen erlaubt es den Pinguinen, so lange, so oft und so tief zu tauchen. Zum einen ist es ihr Vermögen, viel Sauerstoff im Blut und im Gewebe zu speichern. Zum anderen reduzieren die Königspinguine während eines Tauchgangs ihre Herzschlagrate und beschränken den Blutkreislauf auf lebenswichtige Organe. Die Beziehung zwischen der Dauer und der Tiefe eines Tauchgangs ist ein erster Hinweis darauf, dass Pinguine vor jedem Tauchgang komplexe Entscheidungen treffen müssen. Denn die maximale Tauchtiefe ist nicht nur von der Tauchdauer abhängig, sondern auch von der Abtauchgeschwindigkeit. Diese bleibt aber wie erwähnt konstant. Deshalb reguliert der Königspinguin seine Tauchgänge ausschliesslich über den Tauchwinkel. Das heisst, je tiefer ein Tauchgang, um so steiler taucht der Pinguin ab.

Das scheint logisch und wenig spektakulär. Doch die Wahl des Abtauchwinkels bedeutet, dass Pinguine bereits vor einem Tauchgang entscheiden, wie tief sie tauchen werden. Sogar die im Blut und im Gewebe gespeicherte Sauerstoffmenge wird entsprechend reguliert. Mehr noch: Untersuchungen mit einem Schnabelsensor haben ergeben, dass die Anzahl der Atemzüge vor jedem Tauchgang von der Anzahl der Beutetiere, die im nächsten Tauchgang erbeutet werden, abhängt. Ist es den Pinguinen wirklich möglich, ihren Fangerfolg im Voraus ziemlich genau abzuschätzen und sich entsprechend darauf einzustellen?



Klein, aber oho: der Fahrtenschreiber erfasst verschiedenste Daten und speichert sie auf einem Chip, den die Forscher später im Computer einlesen.

Die Antwort lautet: Ja! Das beweisen die Tauchdaten. So konnte bei Königspinguinen von den Falkland-Inseln nachgewiesen werden, dass die Art und Weise, wie ein Tauchgang durchgeführt wird, von der jeweiligen Verteilung der Beutetiere abhängt. Bei der Analyse von Tauchdaten kann man drei verschiedene Tauchmuster unterscheiden: V-förmige Tauchgänge, die lediglich der Erkundung dienen und selten tiefer als 50 Meter sind. Des weiteren U-förmige Tauchgänge, bei denen die Pinguine bis auf eine bestimmte Tiefe abtauchen und dann für einige Zeit in dieser Tiefenstufe verweilen, bevor sie wieder an die Oberfläche kommen. Und



Da hats einer ein bisschen übertrieben: Dieser Pinguin hat sich im Meer zu sehr verausgabt und total vollgefressen. Kaum hat er wieder festen Boden unter den Füessen und ist vor Feinden sicher, macht er noch an Ort und Stelle ein kleines Nickerchen, bevor er seine Beute dem Nachwuchs bringt.

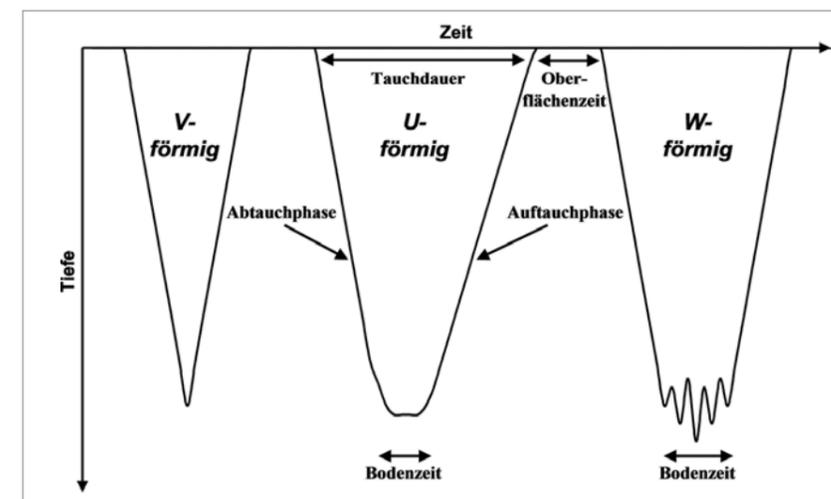
schliesslich W-förmige Tauchgänge, bei denen die Tiere ebenfalls bis auf eine bestimmte Tiefenstufe vordringen, dort aber plötzlich nach oben und unten ausschlagen, bevor sie wieder zur Oberfläche zurückkehren.

Effizienter Jäger

Vergleicht man nun die Messdaten von U- und W-Tauchgängen eines bestimmten Tiefenbereichs, fallen folgende Unterschiede auf: Einerseits sind die Ab- und Auftauchgeschwindigkeiten bei U-Tauchgängen niedriger als bei W-Tauchgängen. Andererseits ist die Auftauchgeschwindigkeit bei U-Tauchgängen geringer als die Abtauchgeschwindigkeit, wohingegen sie bei W-Tauchgängen gleich hoch ist. Drittens ist die Bodenzeit, also die Zeit, die im maximalen Tiefenbereich verbracht wird, bei W-Tauchgängen höher als bei U-Tauchgängen. Diese Verhaltensmuster lassen sich nur durch eine Reaktion auf eine unterschiedliche Nahrungverteilung erklären, was durch andere Untersuchungen inzwischen bewiesen wurde. So findet bei W-Tauchgängen die Nahrungsaufnahme fast ausschliesslich während der Bodenzeit statt, wofür die kurzfristigen Tiefenschwankungen, die auch mit Vertiefungen der Schwimmgeschwindigkeit einhergehen, ein deutliches Indiz sind. Wie

bereits erwähnt, befinden sich die Leuchtsardinen tagsüber in dichten Schwärmen in grossen Tiefen. Dieses Verhalten erlaubt es den Pinguinen, die Fische sehr effizient zu erbeuten. Bei U-Tauchgängen erfolgt die Nahrungsaufnahme nur in geringem Ausmass im Bereich der Maximaltiefe. Der Hauptteil der Nahrung wird während des Auftauchvorgangs erbeutet. Dieses Verhalten ist von Vorteil, wenn sich die Leuchtsardinen

gleichmässiger in der Wassersäule verteilen, wie es während der Vertikalwanderung zu Sonnenauf- und -untergang der Fall ist. Diese Beispiele machen deutlich, wie hervorragend die Pinguine an ein Leben unter der Wasseroberfläche angepasst sind. Sie können ohne grossen Energieaufwand entlegene Nahrungsgebiete aufsuchen und sind offensichtlich jederzeit über die Nahrungsverhältnisse informiert. So passen sie sich physiologisch und in ihrem Verhalten vorher



Diese Tabelle zeigt die verschiedenen Arten von Tauchgängen. Die Kurven geben Aufschluss über Tauchzeit, Erkundungs- und Fressverhalten der Königspinguine.

an die jeweiligen Bedingungen an und können die Nahrung dadurch so effizient wie möglich erbeuten.

Ein Magen für zwei Tiere

In diesem Zusammenhang sei noch auf einen weiteren höchst interessanten Aspekt des Pinguinlebens hingewiesen. Während der Kükenaufzucht sind die Tiere ständig zwei gegensätzlichen Anforderungen unterworfen: An Land hungern sie, während sie das Küken hudern und mit Nahrung versorgen, die sie in ihrem Magen speichern. Im Meer hingegen müssen sie so rasch wie möglich ihr verlorenes Gewicht wieder ausgleichen, aber gleichzeitig in ihrem Magen ausreichend Nahrung für das Küken zurückbringen.

Während für das Stillen des eigenen Hungers ein hoher Fangerfolg und eine schnelle Verdauung nötig sind, muss dieselbe zur Versorgung der Küken auf ein Mindestmass beschränkt oder sogar ganz eingestellt werden – insbesondere wenn man die langen Wege zu den Nahrungsgebieten berücksichtigt.

Auch hier haben Untersuchungen ergeben, dass die Königspinguine durchaus in der Lage sind, diese gegensätzlichen Aufgaben zu lösen: Nach einem Landaufenthalt fressen die Pinguine zuerst so viel wie möglich, verdauen sehr schnell und effektiv. Ist das Energiedefizit ausgeglichen, verändert der Pinguin sein Magenmilieu und verhindert dadurch die weitere Verdauung.

So wird die Säuresekretion, die im Magen das für die Verdauungsenzyme erforderliche saure Milieu schafft, reduziert – der Mageninhalt wird alkalisch. Auch die Durchblutung der Magenwand wird eingestellt, wodurch die Nährstoffe nicht mehr abtransportiert werden und die Erwärmung der aufgenommenen Nahrung soweit reduziert wird, dass der Mageninhalt bei weiterer Zufuhr von kalter Nahrung teilweise bis auf Werte im Bereich der Umgebungstemperatur abkühlt. Zu guter Letzt erschlafft die Magenmuskulatur. Der Mageninhalt wird nicht mehr durchmischt, was zu einer deutlichen Schichtung im Magen führt. Von unten nach oben ist nun fast verdaute, halb verdaute und unverdaute Nahrung im Magen quasi eingelagert.

Viele neue Fragen

Alle diese Erkenntnisse haben wir erst in den letzten Jahren dank des Einsatzes kleiner elektronischer Geräte erhalten und konnten so zahlreiche Geheimnisse im

Endlich Futter: Ein Elterntier würgt für sein Junges die im Magen gelagerte Nahrung aus.



Klemens Pütz

Nach seinem Biologiestudium arbeitete Klemens Pütz zunächst mehrere Jahre in der Pinguin-Forschungsgruppe an der Universität Kiel, bevor er für fünf Jahre auf den Falkland-Inseln als Fischerei-Inspektor und wissenschaftlicher Berater von Falklands Conservation tätig war. 1997 war er Gründungsmitglied des Antarctic Research Trust (ART), dessen wissenschaftlicher Direktor er seither ist. Das Ziel der Stiftung ist es, wissenschaftliche Forschungsprojekte an antarktischen und subantarktischen Tieren durchzuführen beziehungsweise zu unterstützen, um diese Tiere und ihren Lebensraum besser schützen zu können.

Von 2000 bis 2002 war Pütz zudem als Wissenschaftler an der Vogelwarte Hiddensee der Universität Greifswald angestellt und untersuchte dort die genetische Steuerung des Vogelzugs am Beispiel der Heringsmöwe. Darüber hinaus ist er seit über 12 Jahren regelmässig als Lektor und Expeditionsleiter auf verschiedenen Kreuzfahrtschiffen in der Antarktis tätig.

www.antarctic-research.de

Leben eines Königspinguins lüften. Viele, wenn nicht sogar alle der hier beschriebenen Phänomene sind auch in unterschiedlichem Ausmass bei den anderen Pinguinarten ausgebildet, wenn auch die Tauchtiefe und -länge massgeblich von der Körpergrösse abhängt. Ein Kaiserpinguin zum Beispiel taucht in 22

Minuten bis 500 Meter tief, während ein Zwergpinguin nur 30 Meter tief und 90 Sekunden lang taucht. Allerdings haben diese Untersuchungen auch viele neue Fragen aufgeworfen, so dass die Pinguinforschung auch weiterhin eine spannende und höchst interessante Aufgabe bleibt.

