

K. Pütz, R. Wilson, B. Culik, G. Peters, M. Kierspel & D. Adelung, Institut für Meereskunde

Quo vadis? Seevögel und ihr mariner Lebensraum

Die Ernährungsökologie und Energetik von Pinguinen und anderen Seevögeln sind seit einigen Jahren Schwerpunkte der Forschung unserer Arbeitsgruppe. Basierend auf den Ergebnissen, die während früherer Untersuchungen an den *Pygoscelis*-Pinguinen der Antarktischen Halbinsel gewonnen wurden (siehe Mitt. Kieler Polarforsch., 8, 1993), wurde in diesem Jahr besonderes Augenmerk auf die Pinguine der Subantarktis gelegt. Von Januar bis März 1994 nahmen B. Culik, K. Pütz und R. Wilson in Kooperation mit dem Centre d'Ecologie et Physiologie Energétiques, Strasbourg, Frankreich, an einer Expedition zu den Crozét-Inseln teil. Dort wurden Untersuchungen an den sympatrisch lebenden Königs-, Macaroni- und Felsenpinguinen im Hinblick auf die Ausnutzung des marinen Lebensraumes sowie an Wanderalbatrossen durchgeführt. Zusätzlich wurde der Energiebedarf des Königspinguins in einem Schwimmkanal bestimmt. Zwei weitere Expeditionen im Januar 1994 bzw. von November bis Dezember 1994 wurden in Zusammenarbeit mit dem Centro Nacional Patagonico, Puerto Madryn, Argentinien, von G. Peters durchgeführt. Dabei wurde auf der Peninsula Valdés die Verdauungsphysiologie von Magellanpinguinen untersucht.

Die Königspinguine und Wanderalbatrosse wurden mit sogenannten Global Location Sensoren (GLS) ausgerüstet, um die Position der Tiere während ihrer mehrtägigen Beutezüge zu rekonstruieren. Die GLS speichern in regelmäßigen Zeitintervallen die Lichtintensität. Anhand der gespeicherten Daten kann der exakte Zeitpunkt von Sonnenauf- und -untergang bestimmt und daraus die Tageslänge rekonstruiert werden. Da diese Angaben weltweit an einem bestimmten Tag nur auf eine bestimmte Position zutreffen, lassen sich so Rückschlüsse auf den jeweiligen Aufenthaltsort der Tiere ziehen. Ferner wurden Königs-, Felsen- und Macaronipinguine mit Magentemperatursonden und Fahrtenschreibern ausgerüstet. An den Fahrtenschreibern befanden sich Sensoren zur Erfassung von Tauchtiefe, Schwimmgeschwindigkeit, Lichtintensität und Wassertemperatur. Die Auswertung der GLS-Daten ergab, daß alle untersuchten Königspinguine auf ihren Beutezügen in den Bereich der südlich gelegenen Antarktischen Konvergenz schwammen (Abb. 1).

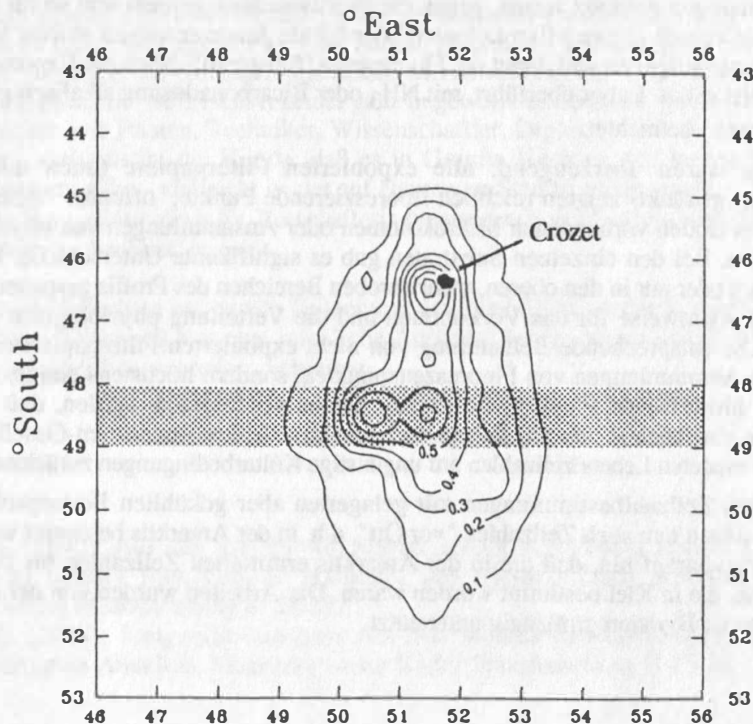


Abb.1: Nahrungsgebiet der Königspinguine von den Crozét-Inseln im Süd-Sommer 1994. Die Isolinien kennzeichnen die Aufenthaltsdauer der Vögel in Tagen/Beutezug. Der ungefähre Verlauf der Polarfront ist schattiert dargestellt.

Die Dauer der Beutezüge variierte dabei in einem Zeitraum von 5 und 10 Tagen und die Tiere entfernten sich zwischen 300 km und 600 km, im Mittel 430 km von ihrer Brutkolonie. In Verbindung mit den Ergebnissen zur Tauchaktivität konnte auch die Abhängigkeit der Tauchtiefe von den jeweiligen Lichtverhältnissen analysiert werden. Wie bereits früher vermutet (siehe Mitt. Kieler Polarforsch., 8, 1993), hat das Licht eine große Bedeutung für den Fangerfolg der Königspinguine. So ist die Tiefe der Tauchgänge direkt von der Beleuchtungsstärke abhängig. Die Tiere tauchen besonders in den Dämmerungszeiten maximal bis in einen Bereich mit einer Beleuchtungsstärke von etwa 0,1 lux. Dieser Bereich kennzeichnet vermutlich die untere visuelle Grenze dieser Tiere. Bei Helligkeit befindet sich diese Grenze im Tiefenbereich um 300 m, wobei die bisher größte gemessene Tauchtiefe 323 m betrug. Unter Berücksichtigung aller bisher mit Magentemperatursonden aufgezeichneten Freßereignisse werden damit über 90% der Nahrung nur bei ausreichenden Lichtverhältnissen erbeutet; die restlichen 10% werden vermutlich bei Dunkelheit aufgrund der Biolumineszenz der Hauptnahrung (Leuchtsardinen) aufgenommen.

Anhand der Tauchdaten ergaben sich auch weitere Hinweise auf die Ernährungsstrategien der Königspinguine. So wurde untersucht, ob während der unterschiedlichen Phasen der Beutezüge (= Hinweg, Aufenthalt an der Polarfront, Rückweg) bevorzugt unterschiedliche Tiefenbereiche aufgesucht werden und wann die Tiere während eines Beutezuges größere Nahrungsmengen aufnehmen. Die bisher unter diesem Gesichtspunkt analysierten Daten deuten darauf hin, daß der Tiefenbereich > 150 m besonders in der Nähe der Polarfront aufgesucht wurde (= feeding dives). Zu Anfang und gegen Ende der Beutezüge wurden hingegen flachere Tauchgänge durchgeführt (= travelling dives), was aber gelegentliches und auch länger andauerndes Abtauchen in größere Wassertiefen während dieser Phasen nicht ausschloß. Der Vergleich dieser Tauchmuster mit der aus den Ergebnissen der Magensonden kalkulierten Nahrungsmenge soll nun Aufschluß darüber geben, wo der Fangerfolg für die Pinguine während ihrer Beutezüge besonders hoch war.

Abgerundet werden diese Ergebnisse zum Verhalten der Königspinguine in ihrem marinen Lebensraum durch Untersuchungen in einem auf Crozet aufgebauten Schwimmkanal (30 m x 1,5 m x 1,2 m), in dem der Energieverbrauch der Königspinguine bei Ruhe und bei Aktivität ermittelt wurde. Anhand dieser Daten soll der Energiebedarf der Tiere während ihrer Beutezüge quantifiziert und in Bezug zum jeweiligen Fangerfolg gesetzt werden. Ferner wurde der Energiebedarf ermittelt, der durch die Ausrüstung der Tiere mit den externen Geräten entsteht, um die im Freiland ermittelten Daten entsprechend korrigieren zu können.

Auch die Tauchaktivität der Felsen- und Macaronipinguine zeigte ein deutliches circadianes Muster: in den Tagesstunden tauchten die Tiere nahezu ununterbrochen, wohingegen in den Nachtstunden kaum Tauchaktivität registriert wurde. So ist in einem Tauchprofil eines Felsenpinguins erkennbar, daß die meisten Tauchgänge in einem Tiefenbereich von 20 m endeten, maximal wurde eine Tiefe von 53 m erreicht. Dieser Datensatz über die Tauchaktivität von Felsenpinguinen ist der bisher einzige, der an dieser Art - der zweitkleinsten Pinguinart der Welt - gewonnen wurde und daher besonders im Hinblick auf allometrische Berechnungen interessant. Zusätzlich wurden bei den Felsenpinguinen auf Crozet Magenspülungen durchgeführt. Der Mageninhalt wurde dabei aber, im Gegensatz zu der bisher angewendeten Technik, während der Spülung entlang einer 1 m langen Regenrinne verteilt, so daß frische und ältere, am Magengrund befindliche Nahrung, separat aufgefangen werden konnte. Die Magenproben sollen später unter dem Aspekt einer variablen Verdauungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Aufnahme der Beutetiere kritisch analysiert werden. Sie ergänzen damit auch die Untersuchungen zur Verdauungsphysiologie von Pinguinen.

Die Untersuchungen zur Verdauungsphysiologie von Pinguinen wurden aus logistischen Gründen in Argentinien durchgeführt. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, daß eine Regulation der Verdauungsgeschwindigkeit tatsächlich über die Veränderung des Magen-pH-Wertes abläuft. In Abbildung 2 ist erkennbar, daß zu Beginn der Messung in einem Altvogel zwei pH-Maxima im Magen vorhanden waren.

Von einem Basiswert bei etwa 2,5 ausgehend, stieg der pH-Wert innerhalb einer Stunde auf 6,4 an, um anschließend sehr schnell (in etwa 20 min) wieder auf Werte um 2,5 abzufallen. Ein ähnlicher nicht ganz so stark ausgeprägter Verlauf schloß sich daran an. Ein weiterer Datensatz mit ähnlich hohen pH-Schwankungen wurde von einem Küken erhalten. Auch wenn es sich bei diesen Schwankungen um einen Effekt handeln könnte, der durch das verabreichte Gerät induziert wurde, so ist doch die Geschwindigkeit und die Spanne, in der der Magen-pH verändert wird, interessant. Bisher war nichts über die pH-Verhältnisse in lebenden Pinguinen bekannt und in vielen Arbeiten wird die Möglichkeit eines variablen Magen-pH-Wertes und damit einer variablen Verdauungsgeschwindigkeit vernachlässigt.

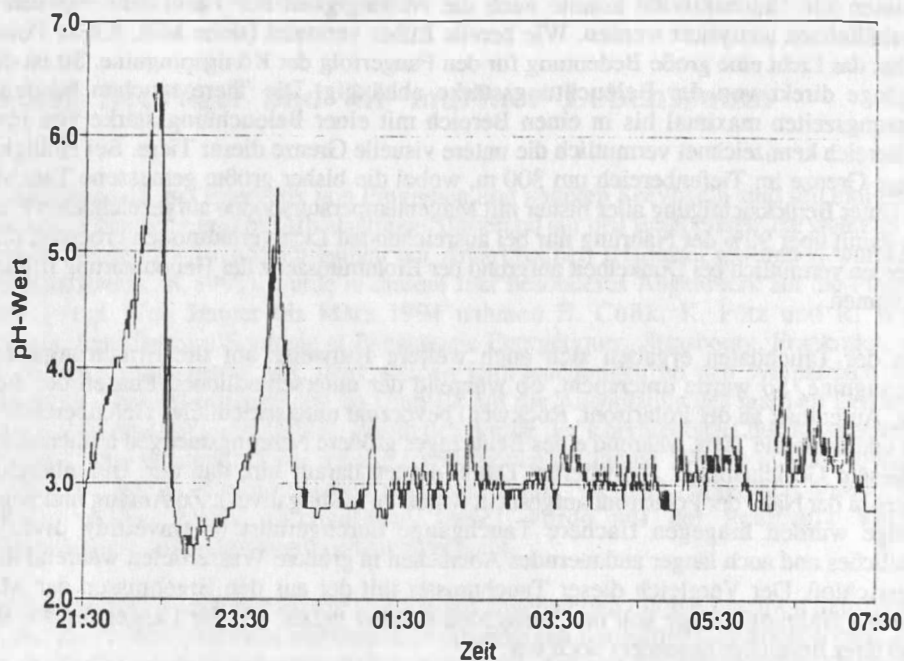


Abb.2: pH-Wert im Magen eines adulten Magellanpinguins. Der Vogel blieb für die Dauer der Messungen an Land.

Die jetzt vorliegenden Ergebnisse stellen die ersten *in vivo*-Messungen des pH-Wertes an wildlebenden Vögeln, wahrscheinlich sogar an wildlebenden Tieren überhaupt, dar. Auf der Grundlage dieser Erfahrungen wird derzeit eine zweite Expedition nach Argentinien durchgeführt, wobei zusätzlich Drucklogger eingesetzt werden, um die Tauchaktivität der Tiere mit ihrer Verdauungsphysiologie zu verbinden.

Während der Expedition auf die Crozet-Inseln wurden in Zusammenarbeit mit weiteren französischen Kollegen (Arbeitsgruppe Dr. Weimerskirch, Centre d'Etudes Biologiques des Animaux Sauvages, Niort, Frankreich) auch Untersuchungen an Wanderalbatrossen durchgeführt. Brütende Wanderalbatrosse wurden mit (I) neu entwickelten Miniatur-Temperaturloggern an den Beinen, (II) Satellitensendern zur Positionbestimmung auf dem Rücken und (III) Magentemperatursonden ausgerüstet. Die mittels Fußlogger ermittelte Temperatur blieb dabei stabil, wenn sich der Vogel auf dem Wasser befand, variierte aber in größerem Ausmaß, wenn der Vogel flog. Die Daten zeigen zudem, daß die Albatrosse bevorzugt während der Nacht auf dem Wasser ruhen und während des Tages überwiegend fliegen. Anhand dieser Daten konnte auch die Frage nach der Art der Nahrungsaufnahme bei Wanderalbatrossen geklärt werden. Bisherige Angaben dazu waren widersprüchlich: so wurde z.B. einerseits vermutet, daß Albatrosse auf der Wasseroberfläche sitzen und dort nach Nahrung suchen, wohingegen andererseits die Tiere die Wasseroberfläche nur zur Ergreifung der Beute aufsuchen sollten. Unsere Untersuchungen belegten, daß der größte Teil der Nahrung (ca. 70% der Masse) während kurzfristiger Aufenthalte an der Wasseroberfläche erbeutet wird. Nur in wenigen Fällen wurden Beutetiere während einer Ruhephase auf dem Wasser gefressen.

Die Verbindung der Einzelergebnisse - genaue geographische Position der Albatrosse während ihrer Beutezüge (ermittelt mit den Satellitensendern) und Daten der Fußlogger - ermöglichte es, eine Temperaturkarte der Wasseroberfläche (SST = Sea Surface Temperature) des südlichen Indischen Ozeans zu erstellen. Während der fünfwoöchigen Untersuchungszeit wurde dabei von 5 Albatrossen eine Fläche von über 18 Millionen km² (von 28°S, 30°E bis 50°S, 105°E) erfaßt. Ein Vergleich der bei den Albatrossen erhaltenen Daten mit jenen, die von Fernerkundungssatelliten ermittelt wurden, zeigt, daß Albatrosse sehr gut für ein großräumiges Monitoring bestimmter Parameter des marinen Milieus geeignet sind. Die so erhaltenen Messungen können zukünftig dazu dienen, parallel gewonnene Satellitendaten zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen.