

Andreas Kunzmann, Institut für Polarökologie, Kiel

Untersuchungen zur Blutphysiologie von antarktischen Fischen
während EPOS 3, 13.1. - 10.3.1989

Die Schelfmeere der Hochantarktis sind gekennzeichnet durch konstant niedrige Temperaturen von $-1,6^{\circ}$ bis $-2,1^{\circ}$ C und hohe Sauerstoff-Gehalte von über 95 % Sättigung. Acht bis neun Monate pro Jahr sind diese Gebiete von Meereis bedeckt. Bis auf wenige Beobachtungen im Rossmeer ist über die winterlichen Bedingungen unter der Eisdecke für die dort lebenden Fische nichts bekannt. Frühere Untersuchungen an der antarktischen Fischfauna (u.a. KOOYMANN 1963, HUREAU et al. 1977, WELLS et al. 1980, 1982, TETENS et al. 1984) zeigten, daß Angehörige der typisch antarktischen Unterordnung Notothenioidei generell die Tendenz zeigen, sowohl den Hämoglobingehalt (Hb) als auch die Anzahl der Erythrocyten (RBC) zu reduzieren. WELLS et al. (1980) sehen darin einen evolutionären Anpassungsmechanismus. Die Familie Channichthyidae, gekennzeichnet durch vollständiges Fehlen von Hb und RBCs wäre demnach die höchstentwickelte Fischgruppe in der Antarktis. Die Channichthyiden zeigen bei vergleichbar großen Kiemen ein gegenüber anderen Fischen der Antarktis deutlich größeres Herz-, Gefäß- und Blutvolumen (HOLETON 1976). Ferner sind das Herzminutenvolumen (HMV) erhöht, die Blutviskosität erniedrigt, die Sauerstoff-Partialdruckdifferenz (ΔpO_2) zwischen Blut und Zelle beträchtlich erhöht, sowie einige weitere kompensierende Anpassungen beobachtbar.

Das fehlende Hb wird durch diese Anpassungen, die temperaturbedingte vermehrte Löslichkeit von Sauerstoff im Plasma und die insgesamt träge Lebensweise dieser überwiegend demersalen Fischgruppe kompensiert und sie können beachtliche Größen erreichen (z. B. Champscephalus gunnari 60-70 cm).

Bis heute wurden umfassende Blutparameter von ungefähr 25 Arten antarktischer Fische untersucht, im wesentlichen Arten der Gattungen Trematomus und Notothenia sowie der Familie Channichthyidae. Zur Zeit wird ein umfangreicher Satz mehr biochemisch orientierter Daten über Struktur und Funktion von Hämoglobinen antarktischer Fische ausgewertet. Damit steigt die Anzahl der untersuchten Arten auf ungefähr 32 an (DI PRISCO in prep.). Ein ähnliches Bild ergibt sich bei verfügbaren Daten über Sauerstoffverbrauch oder Kiemenoberflächen (TGA) von antarktischen Fischen (KUNZMANN 1986a). Nur wenige Arbeiten präsentieren vollständige Daten zur Sauerstoffkapazität (1), meist nur einen Teilbereich. Außerdem konzentrieren viele Arbeiten eher auf den Vergleich zwischen rot- und weissblütigen Arten als auf Vergleiche innerhalb einer Familie oder auf Abhängigkeiten von der Umwelt und Lebensweise.

Die Untersuchungen zur Kiemenmorphometrie zweier antarktischer Fischarten (Kiemenoberflächen etc.) und der sich darin spiegelnden Lebensweise (KUNZMANN 1986b) zeigen im Vergleich zu Literaturdaten generell niedrige Kiemenoberflächen, auch bei der pelagischen Art, und somit ein niedriges Aktivitätsniveau. Eine kleine Sauerstoffaustauschfläche führt in Kombination mit einer langen Sauerstoffdiffusionsstrecke (WBD = water-blood-distance) zu niedrigen Diffusionsraten und läßt daher niedrige Sauerstoffverbrauchswerte erwarten. Dies müßte sich auch in anderen Parametern wie der allgemeinen Sauerstoffkapazität von Blut und Gewebe sowie der Leistungsfähigkeit der Muskulatur und anderer Organe (Herz, Leber, Niere) widerspiegeln. Nach DE JAGER & DEKKERS (1975) besteht zwischen der Aktivität und der Sauerstoffkapazität eines Fisches eine starke Kopplung. Hohe Aktivität eines Fisches ist z. B. verbunden mit großer TGA und kurzer WBD sowie einer niedrigen Sauerstoffaffinität des Hämoglobins (P50).

(1) Anmerkung: Definition Sauerstoffkapazität: Die Belastbarkeit von Teilsystemen des Sauerstofftransports (Lunge/Kiemen, Blut, Zelle) gegenüber extremen Schwankungen der Sauerstoffkonzentration.

Befunde liegen im wesentlichen vor aus gemäßigt antarktischen Gebieten und dem Rossmeer mit speziellen Formenkreisen. Im Gegensatz dazu fehlen Daten über den Formenkreis Pleuragramma, Chionodraco, Pagetopsis etc., der in der Hochantarktis, speziell dem Weddellmeer dominiert.

Aus diesen Gründen liegen Schwerpunkte der hier vorgestellten Untersuchungen zur Sauerstoffkapazität und besonders der Blutphysiologie antarktischer Fische auf:

- der physiologisch eher unbearbeiteten Weddellmeerfauna,
- der Vervollständigung bereits existierender Daten,
- dem Vergleich von Anpassungen innerhalb von Formenkreisen, aber mit ökologischem Hintergrund,
- dem Versuch, Daten über Respiration im weitern Sinne, also Daten über Kiemen, Blut und Sauerstoffverbrauch zu kombinieren, eventuell mit Daten über Wachstum, Reproduktion, Nahrung und Lebensweise, zu einem generellen Bild eines "Energiebudgets" unter individuellen ökologischen Bedingungen. Mit anderen Worten: "um in dieser oder jener Umgebung zu überleben, braucht der Fisch dies und das Besteck an physiologischer Ausrüstung."

Über die angewandten Methoden ist folgendes zu sagen:

Während des dritten Fahrtabschnittes von EPOS (13.1. - 1.3.1989) wurden Fische mit verschiedenen Netzen (Agassiz Trawl, Grundschleppnetz, Benthopelagisches Netz) in drei Gebieten der östlichen Weddellsee in Tiefen zwischen 200 und 2 000 m gefangen. Genauere Angaben bezüglich Fanggerät, Positionen, Artenzusammensetzung sowie der Fangmenge können dem Fahrtbericht von EPOS Leg 3 (HUREAU et al. 1989) entnommen werden. Lebende Fische wurden nach dem Fang sofort in Aquarien überführt. Einzelheiten zur Hälterung werden von WÖHRMANN (Institut für Polarökologie, Kiel) in diesem Heft beschrieben. Um negative Auswirkungen durch Fangstreß zu vermeiden, wurden bis auf wenige

Ausnahmen, innerhalb der ersten 48 Stunden nach dem Fang keine Blutproben entnommen. Im Falle von Wiederholungsmessungen wurden Fische auch mehrere Wochen lang gehältert.

Drei verschiedene Probentypen wurden genommen:

1. 178 Blutproben zur Bestimmung von a) pH, pO₂, pCO₂, RBC, Hämatokrit (Hct), Hb, MCHC; hiervon das Plasma zur Bestimmung der Gesamtproteine und -lipide und zur Analyse von ausgewählten Enzymen und Hormonen in Kooperation mit anderen Wissenschaftlern; die verbleibenden Zellen dienen der Anreicherung von Hb für strukturelle (AS-Sequenzen) und funktionale Studien (Sauerstoffaffinität P50, Bohr und Hilleffekte). Die Proben stammen von 28 Arten aus 20 Gattungen und 4 Familien. Für mehr als 10 Arten wurden die Blutparameter zum ersten Mal aufgenommen. Es besteht eine Zusammenarbeit mit G. DI PRISCO, Neapel und M. K. GRIESHABER (Univ. Düsseldorf).

2. 108 Leber- und Herzproben für Untersuchungen der Aktivität von Markerenzymen angereicherter Mitochondrien von 21 Arten in 15 Gattungen und 3 Familien. Zusammenarbeit mit Prof. JANKOWSKY (Univ. Kiel).

3. 46 Kiemenpräparate zur Bestimmung der Kiemenoberfläche und des gill area index von 16 Arten in 12 Gattungen und 3 Familien. Die Blutproben wurden aus der Schwanzvene von unbetäubten Fischen in heparinisierte Spritzen aufgezogen, was selten länger als 20 Sekunden dauerte. Proben für 1a) wurden sofort aufgearbeitet, für 1b), 1c) und 2) bei -80° C tiefgefroren oder für 3) in 4 % Glutardialdehyd fixiert.

Als vorläufiges erstes Ergebnis schält sich heraus, daß es bezüglich gemessener Werte für Hämatokrit (Hct), Erythrocyten (RBC) und Hämoglobin (Hb) keine wesentlichen Unterschiede im Blut von Artedidraconiden und Bathydraconiden im Vergleich zu Nototheniiden gibt. Die RBC von einigen wenigen Arten (z. B. Pleuragramma antarcticum, Racovitzia glacialis und besonders aller untersuchten Pogonophryne Arten) scheinen wesentlich zerbrechlicher als andere zu sein. Außerdem hatte das Blut der pogonophrynen Arten eine auffallend hellrote Farbe und wurde nach einiger Zeit im Eppendorfgefäß schleimig und zwar unabhängig von

der Menge zugesetzten Heparins. Das Blut einiger Pogonophrynevertreter sowie einiger weniger Gerlachea australis wies eine deutlich sichtbare Fettbande nach der Zentrifugation in Mikrokapillaren auf (2-3 Vol %). Vertreter nahezu aller Taxa konnten nach einigen Tagen Hälterung im Aquarium fast vollständig den anfänglich sehr hohen CO₂-Gehalt im Blut abbauen. Einige eliminierten ihr CO₂ erstaunlich schnell (Racovitzia glacialis, Aethotaxis mitopteryx, Gymnodraco acuticeps).

Genauere Ergebnisse vom Probentyp 1a) werden nach umfangreichen Auswertungen in wenigen Monaten vorliegen. Untersuchungen mit den in den Aquarien verbliebenen Fischen sind noch im Gange. Die Analysen der Plasma- (1b) und Zellproben (1c) wird noch länger dauern und wird in Kooperation mit Wissenschaftlern aus Neapel, Düsseldorf und Kiel durchgeführt. Die Aufarbeitung der Herz- und Leberproben sowie der Kiemenpräparate wird wesentlich länger dauern und wohl nicht vor 1990 abgeschlossen sein.

Literatur

- DI PRISCO G., D'AVINO R., CARMADDELLO L., CARUSO C., ROMANO M., RUGTIGLIANO B. (in prep.): Structure and function of Antarctic fish hemoglobin. Polar Biol.
- HOLETON, G.F. (1976): Respiratory morphometrics of white and red blooded Antarctic fish. Comp. Biochem. Physiol. 54 A: 215-220.
- HUREAU J.C., PETIT D., FINE J.M., MARNEUX, M. (1977): New cytological, biochemical and physiological data on the colorless blood of the Channichthyidae. In: G.A. LLANO (ed.): Adaptations within Antarctic ecosystems, Gulf Publ. Co., Houston, pp. 459-477.
- KOOYMAN, G.L. (1963): Erythrocyte analysis of some Antarctic fishes. Copeia 1963 (2): 457-458.

KUNZMANN, A. (1986): Kiemenmorphometrie von zwei antarktischen Fischarten, Pleuragramma antarcticum und Notothenia gibberifrons. Dipl. Arb., Univ. Kiel, pp. 83.

KUNZMANN, A. (1987): Gill morphometrics of an Antarctic fish, Pleuragramma antarcticum. Proc. V Congr. europ. Ichthyol., Stockholm: 467-468.

TETENS V., WELLS R.M.G., DE VRIES A.L. (1984): Antarctic fish blood: respiratory properties and the effects of thermal acclimation. J. exp. Biol. 104: 269-288.

WELLS R.M.G., ASHBY M.D., DUNCAN S.J., MACDONALD, J.A. (1980): Comparative study of the erythrocytes and hbs in Notothenioid fishes from Antarctica. J. Fish Biol. 17 (5): 517-527.

WELLS, R.M.; JOKUMSEN, A. (1982): Oxygen binding properties of hbs from Antarctic fishes. Comp. Biochem. Physiol. 71 B (3): 469-474.