

Internationales Otolithen-Symposium in Australien

International otolith symposium in Australia

Christoph Stransky

Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22767 Hamburg, Germany
christoph.stransky@ish.bfa-fisch.de

Die Gehörsteine (Otolithen) der Fische sind Teil des Gleichgewichts- und Hörorgans und werden seit Jahrzehnten aufgrund der Ausbildung von periodischen Wachstumszonen für die Altersbestimmung genutzt. Sie bieten jedoch auch eine große Bandbreite von Anwendungen, die diverse Aspekte der Lebensgeschichte einer Fischart oder eines Fischbestandes aufdecken. In den letzten Jahren wurden vor allem in der Analyse von Spurenelementen und Isotopen in den Otolithen, der Bildanalyse von äußeren und inneren Strukturen und den Auswertemethoden von Otolithendaten entscheidende Fortschritte erzielt. Seit 1993 finden sich alle 5 bis 6 Jahre Wissenschaftler aus aller Welt zu einem Symposium zusammen, um neueste Erkenntnisse auf dem Gebiet der Otolithenforschung auszutauschen. Das „Third International Symposium on Fish Otolith Research and Application“ in Townsville, Australien, vom 11. bis 16. Juli 2004 stellte die jüngste Konferenz in dieser Folge dar. Das Institut für Seefischerei konnte sich mit einer Reihe von Arbeiten an dem aktuellen Forschungsgeschehen in diesem Bereich beteiligen und war am Symposium mit einem Beitrag vertreten.

Mit einer großen Beteiligung von fast 300 Wissenschaftlern aus über 30 Nationen bot das 3. Otolithen-Symposium in Townsville (<http://www.otolith2004.com>) ein ideales Forum zum Wissensaustausch, zur Fortbildung und zum Ausbau von Forschungsnetzen über eine Vielzahl von internationalen Kontakten. In 138 Vorträgen und auf 125 Postern wurde der aktuelle Wissensstand in einem weiten Spektrum von Forschungszweigen zusammengetragen und neueste Ergebnisse vorgestellt. Die Themen und „Highlights“ des Symposiums werden im folgenden kurz beschrieben und die Einbindung aktueller Forschungsaktivitäten des Instituts für Seefischerei in die Teilbereiche erläutert.

International otolith symposium in Australia

The Third International Symposium on Fish Otolith Research and Application in Townsville, Australia, from 11 to 16 July 2004, gathered around 300 scientists from 30 nations (<http://www.otolith2004.com>). Major topics were: structure of otoliths and function; micro-Chemistry and composition; determination of age and growth and their validation; determination of age in fish from tropical habitats; influence of climate, ecology and population biology; statistics and modelling; stock assessment and fishery management; quality control in institutions carrying out age determinations, and data processing; and development of technologies. The symposium was preceded by a workshop at the James Cook University, Townsville, to enhance the knowledge and skill of participants in theoretical and practical aspects for preparation of otoliths and interpretation of annuli; difficulties in interpreting age in tropical fish; daily increments as well as shape and image analysis.

Otolithenstruktur und -funktion

Dieses Thema konzentrierte sich auf die strukturelle Entwicklung und Zusammensetzung der Otolithen, Verbindungen zwischen Prozessen der Biomineralisierung und Mikro- und Makrostruktur, sowie die Beziehungen zwischen Wachstum, Physiologie, genetisch kontrollierter Formausbildung und Funktionalität des Gleichgewichts- und Hörorgans der Fische. Prof. Arthur Popper von der University of Maryland, USA, berichtete über weiterführende Studien an Fischen der Familie Sciaenidae (Adlerfische), die für ihre ausgezeichneten Hörfähigkeiten aufgrund einer physischen Verbindung von Schwimmblase und Innenohr bekannt sind. Die Struktur und Funktion des Innenohrs der Fische wurde anhand von beeindruckenden elektronenmikroskopischen Aufnahmen der Oberfläche der Sinneszellen illustriert.

(Mikro-)Chemie und Zusammensetzung

Zahlreiche auf dem Symposium präsentierte Studien berichteten über die Bestimmung von Spurenelementen und Isotopen in den Otolithen, um Herkunftsgebiete und somit Bestandsidentifikationen zu ermitteln, sowie Wanderungsbewegungen und Umweltveränderungen nachzuvollziehen. In einem Einleitungsvortrag resümierte Prof. Patrick Payan von der Universität Nizza, Frankreich, den aktuellen Wissensstand über die chemischen Eigenschaften der Gewebsflüssigkeit, die die Otolithen umgibt, und die Prozesse, die deren Zusammensetzung beeinflussen. Wie aus den präsentierten Ergebnissen deutlich wurde, ist die Verteilung der Ele-

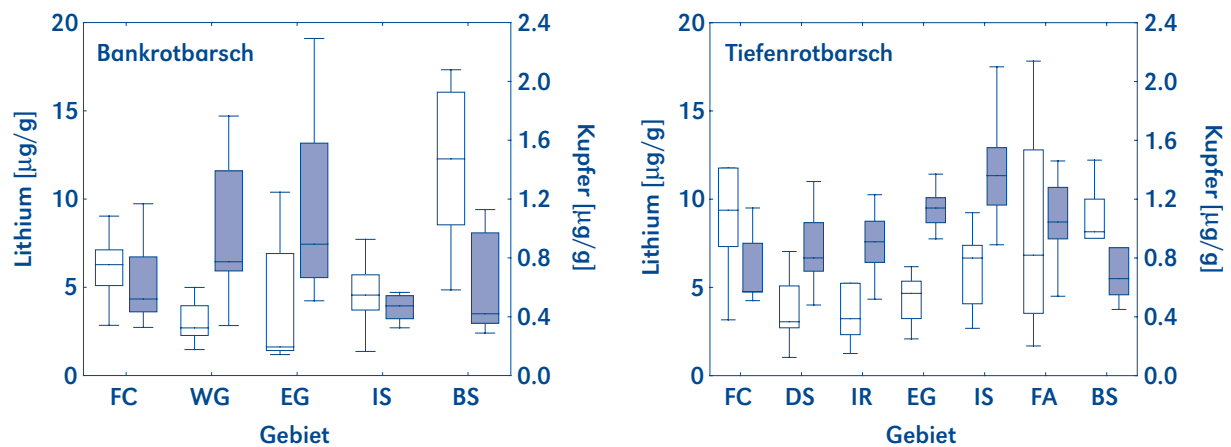


Abbildung 1: Konzentrationen der Spurenelemente Lithium (helle Balken) und Kupfer (dunkle Balken) in Otolithen des Bankrotbarsches (*Sebastes marinus*) und des Tiefseerotbarsches (*S. mentella*) aus verschiedenen Fischereigebieten im Nordatlantik (FC: Flämische Kappe, WG: Westgrönland, EG: Ostgrönland, IS: Island, BS: Barentssee, DS: Davisstraße, IR: Irmingersee, FA: Faröer-Inseln).

Figure 1: Concentrations of the trace elements lithium (bright bars) and copper (dark bars) in otoliths of golden redfish (*Sebastes marinus*) and deep-sea redfish (*S. mentella*) from different fisheries areas in the North Atlantic (FC: Flemish Cap, WG: West Greenland, EG: East Greenland, IS: Iceland, BS: Barents Sea, DS: Davis Strait, IR: Irminger Sea, FA: Faroe Islands).

mente in diesem Medium nicht gleichmäßig, so dass deren Aufnahme in die Otolithen deutlich komplexer ist als bisher angenommen. Dr. Christoph Stransky vom Institut für Seefischerei präsentierte die Ergebnisse der Analyse von Spurenelementen in den Zentralbereichen von Rotbarsch-Otolithen als Methode der Bestandstrennung. Klare Unterschiede in den Konzentrationen einiger Elemente in den Otolithenkernen der Rotbarsche vom Nordwestatlantik (Davisstraße, Flämische Kappe) und Nordostatlantik (Barentssee) im Vergleich zu Rotbarschen in den zentralen Gebieten des Atlantiks (Grönland, Island, Faröer-Inseln) ermöglichen die Einteilung von Herkunftsgebieten der beprobten Fische (Abbildung 1). Bei beiden Rotbarsch-Arten ist Lithium in den zentralen Gebieten deutlich erniedrigt, während für Kupfer in diesen Gebieten erhöhte Werte gemessen wurden.

Alters- und Wachstumsbestimmung und -validierung

Die traditionelle Altersbestimmung mit Hilfe der Interpretation von Wachstumszonen in Otolithen oder anderen geeigneten Hartstrukturen wie Schuppen oder Wirbelknochen ist zum Teil unsicher und fehlerbehaftet, vor allem bei langlebigen Fischen wie z. B. dem Rotbarsch. Abbildung 2 zeigt einen Dünnschnitt eines Otolithen des Bankrotbarsches (*Sebastes marinus*) mit voneinander unabhängigen Markierungen der Jahresringe von 4 verschiedenen Alterslesern. Die Altersbestimmungen variieren in diesem Falle zwischen 10 und 12 Jahren. Lesevergleiche an Otolithen älterer Tiefseerotbarsche (*S. mentella*) zeigten Abweichungen von bis zu 10 Jahren. Daher hat die Überprüfung (Validierung) von Alterslesungen zunehmend an Bedeutung gewon-

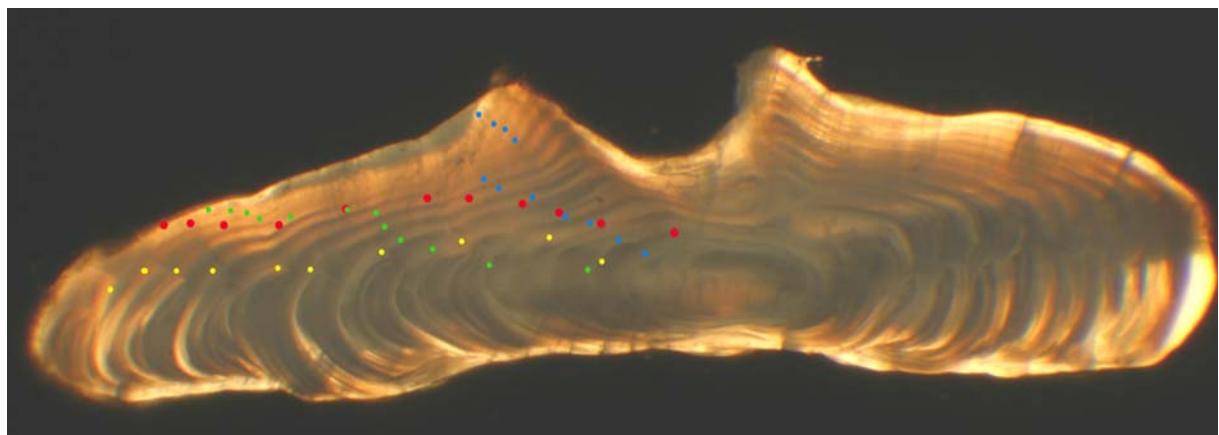


Abbildung 2: Dünnschnitt eines Otolithen des Bankrotbarsches (*Sebastes marinus*), der zur Altersbestimmung durch vier verschiedene Leser (als unterschiedliche Farben dargestellt) herangezogen wurde.

Figure 2: Thin-section of an otolith of a golden redfish (*Sebastes marinus*), being used for age determination by four different readers (shown in different colours).

nen. Neben der Verfolgung von starken Jahrgängen in den Längenverteilungen wurden in den letzten Jahren unabhängige Bestimmungen des Fischalters vor allem durch die Messung von natürlichen radioaktiven Isotopen vorgenommen. Eine Möglichkeit bietet der signifikante Anstieg des atmosphärischen ^{14}C in den 1960er Jahren (vornehmlich durch die Atomwaffentests der USA), das sich auch in Meeresorganismen messen lässt. Prof. Gregor Cailliet von den Moss Landing Marine Laboratories in Kalifornien, USA, stellte die gängigen Validierungsverfahren vor und berichtete über aktuelle Projekte aus seinem Arbeitsbereich, die sowohl die ^{14}C -Methode als auch die Bestimmung von natürlichen Radioisotopen einsetzen. Letztere Methode wurde ebenfalls vom Institut für Seefischerei in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fischereiökologie erfolgreich am Rotbarsch eingesetzt und im Jahresbericht 2003 der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Stransky et al. 2004) dargestellt.

Altersbestimmung in Tiefsee- und Tropenhabitaten

Da die Saisonalität in den Tropen und in der Tiefsee nach Lehrbuchmeinung vernachlässigbar gering ist, gestaltet sich die Altersbestimmung der Fische in diesen Gebieten besonders schwierig. Neueste Arbeiten, die von Prof. Beatriz Morales-Nin vom Mediterranean Institute of Advanced Studies, Mallorca, Spanien, vorgestellt wurden, weisen jedoch auf regelmäßige Veränderungen in der Hydrographie und Temperatur in tropischen Gewässern, sowie auf saisonalen Transport von organischem Material in die Tiefsee. Somit ergeben sich auch in diesen Bereichen durchaus Möglichkeiten der Altersbestimmung aufgrund regelmäßiger Wachstumsunterschiede in den Otolithen.

Klima, Ökologie und Populationsbiologie

Eine große Anzahl von Beiträgen befasste sich mit klimatischen und ökologischen Veränderungen in verschiedenen geographischen und zeitlichen Dimensionen, basierend auf den chemischen und chronologischen Eigenschaften der Otolithen. Dr. Simon Thorrold von der Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, USA, präsentierte Möglichkeiten und erste Ergebnisse eines Markierungsexperiments von Fischen über die Injektion eines Barium-Isotops in die Muttertiere, die diese Substanz auf ihre Nachkommen übertragen. Da sich dieser Marker in den Otolithen von Tausenden und sogar Millionen von produzierten Larven in den Otolithen nachweisen lässt, könnten somit die Verbreitungswege der gesamten Fischbrut in großem Maßstab und mit geringem Aufwand verfolgt werden. Weitere bemerkenswerte Beiträge nutzten das große Potential der Messung von stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen in Otolithen aus Fossilfunden zur Ermittlung von erdgeschichtlichen Umweltveränderungen. Auch rezente Klimageschehen lassen sich auf diese Weise nachvollziehen, wie einige andere Beiträge zeigten.

Statistik und Modellierung

Die Präsentationen unter diesem Thema beschäftigten sich mit mathematischen Ansätzen zur Beschreibung des Otolithenwachstums, der Verbreitung und der Alterszusammensetzung in einer Fischpopulation. Dr. Chris Francis vom National Institute of Water and Atmospheric Research in Wellington, Neuseeland, fasste die derzeitigen Ansätze zur Einschätzung von systematischen Fehlern in Altersbestimmungen zusammen und stellte eine neue Methode vor, die eine Kosten-Nutzen-Rechnung für Alterlesungen miteinbezieht, um den für Alterslesungen vergleichsweise hohen Personal- und Zeitaufwand zu reduzieren. Eine Möglichkeit zur Verringerung des Aufwandes bietet z. B. die Verwendung des Otolithengewichts zur Altersbestimmung, wenn sich dessen Beziehung zum Alter gut beschreiben lässt. Nur eine auf dem Symposium präsentierte Studie nutzte die internen Wachstumsmuster von Otolithen als Datierungs- oder Bestandstrennungsmethode. Gerade bei langlebigen Fischarten ließe sich das Muster der Wachstumszonen eines Individuums mit einem Referenzmuster für ein bestimmtes Gebiet oder einen definierten Zeitraum vergleichen und somit datieren oder lokalisieren. In der Dendrochronologie wird diese Methode seit Jahrzehnten angewendet, um z. B. das Alter von Schiffswracks anhand von Holzmustern zu bestimmen; es hat jedoch noch keinen gebührenden Einzug in die „Otolithenwelt“ gefunden.

Bestandabschätzung und Fischereimanagement

Altersdaten und Informationen über Bestandsgrenzen, die sich aus Otolitheneigenschaften ableiten lassen, sind essentielle Eingangsparameter für die Abschätzung der Bestandssituation und den Grad der nachhaltigen Nutzung der Fischereiressourcen. Dr. Steve Ralston vom National Marine Fisheries Service in Santa Cruz, Kalifornien, USA beleuchtete die Verwendungsmöglichkeiten von Otolithendaten für die Einschätzung von Alterslesefehlern, für die Untersuchung des Einflusses der Fischerei auf die mittlere Fischlänge pro Altersgruppe und für die Ermittlung der natürlichen Sterblichkeit über die Langlebigkeit der Fische. In weiteren Vorträgen und auf diversen Postern wurden u. a. Bildanalyseverfahren zur Beschreibung der Otolithenumrisse vorgestellt, die aufgrund von Formunterschieden der Otolithen Möglichkeiten zur Bestandstrennung eröffnen. Gerade in diesem Bereich wurden im Institut für Seefischerei in zwei EU-Projekten umfangreiche Untersuchungen angestellt, die eine Abgrenzung von Rotbarsch (Stransky 2004; <http://www.redfish.de>) und Stöckerbeständen (Stransky et al. 2005; HOMSIR 2003) anhand von Otolithenumrissen ermöglichen. Im Rahmen des EU-Projekts WESTHER, an dem das Institut für Seefischerei seit Anfang 2003 teilnimmt, wird diese Methode z. Zt. für Heringsbestände getestet (WESTHER 2005) und zusätzlich Mikrostrukturen (z. B. Tagesringe) untersucht, um den Laichzeitpunkt der Heringe zu

bestimmen. Einen Überblick über die Verwendung von bestandstrennenden Methoden im Fischereiassessment haben Hammer und Zimmermann (2004) kürzlich in einem Buchartikel vorgestellt.

Qualitätskontrolle in Altersbestimmungseinrichtungen und Datenverarbeitung

Die Qualität von Altersdaten ist für die Konsistenz und Zuverlässigkeit des auf Altersgruppen basierenden Fischereiassessments von entscheidender Bedeutung. Sandy Morison vom Department of Primary Industries in Queenscliff, Australien, präsentierte die Ergebnisse einer vor dem Symposium erfolgten Umfrage, die einen Überblick der weltweiten Qualitätskontrollmaßnahmen in Altersleseeinrichtungen ermöglichten. Im allgemeinen haben die meisten beteiligten Institute Teilmaßnahmen, wie z. B. Otolithen-Referenzsammlungen zum Leserabgleich und standardisierte Anleitungen zur Altersbestimmung, eingebaut. Dennoch bieten sich an vielen Stellen noch Verbesserungsmöglichkeiten, um ein gleichmäßig hohes internationales Niveau der Datenqualität zu erreichen. Das Institut für Seefischerei und das Institut für Ostseefischerei haben sich innerhalb der EU-Netzwerke EFAN (<http://www.efan.no>) und TACADAR (<http://www.efan.no/tacadar/>) aktiv am Austausch von Otolithendaten und der Qualitätskontrolle von Alterslesungen beteiligt.

Technologische Entwicklungen

Durch moderne Messtechniken für Spurenelement- und Isotopen, verbesserte Bildanalyseverfahren und neue Software wurden in den letzten Jahren einige neue Zweige der Otolithenforschung erschlossen, viele Methoden vereinfacht, die Präzision der Daten gesteigert und neue Zusammenhänge festgestellt. Dr. Malcolm Smale vom Port Elizabeth Museum, Südafrika, veranschaulichte den derzeitigen Wissensstand anhand von zahlreichen fortschrittlichen Anwendungen und wies auf das Potential der dreidimensionalen Darstellung von Otolithen über Rasterelektronenmikroskopie hin, um die Ausbildung der Otolithenformen räumlich modellieren zu können. In weiteren Beiträgen wurden neue Bildanalyseprogramme zur Erfassung von internen und externen Otolithenstrukturen, sowie zur Erkennung und Klassifizierung von Konturen vorgestellt. Bis zu einer automatisierten Altersbestimmung scheint es allerdings für die meisten Fischarten nach den bisher dünn gesäten Erfolgen noch ein weiter Weg zu sein.

Ausgewählte Beiträge des Symposiums werden im Sommer 2005 als Sonderband der wissenschaftlichen Zeitschrift „Marine and Freshwater Research“ (CSIRO Publishing) erscheinen. Die Organisation der Konferenz war vorbildlich und wurde von allen Teilnehmern gelobt.

Otolithen-Workshop

Unmittelbar vor der Konferenz wurde ein Workshop zur Erweiterung der praktischen Fähigkeiten der Teilnehmer veranstaltet. Die folgenden Module wurden in 4 Gruppen von je ca. 10 Personen hintereinander (rotierend) bearbeitet:

1. Theoretische und praktische Aspekte der Altersbestimmung
2. Vorbereitung von Otolithen und Interpretation von Annuli (Jahresringen)
3. Otolithen-Interpretation und Schwierigkeiten bei der Altersbestimmung von tropischen und Tiefsee-Arten
4. Tagesinkremente (Otolithen-Mikrostrukturen)
5. Umriss- und Bildanalyse

Der Workshop fand an der James-Cook-Universität Townsville statt, an der führende Wissenschaftler im Bereich der Altersbestimmung und Otolithenkunde lehren und arbeiten. Die Module wurden von internationalen Experten des jeweiligen Fachs geleitet. Vor allem das Modul zur Umriss- und Bildanalyse trug durch die Vorstellung und beispielhafte Umsetzung von neuen Methoden zur Weiterbildung des Berichterstatters bei.

Danksagung

Die Teilnahme am Symposium und Workshop wurde durch Reisekostenzuschüsse von der „Stiftung Seeklar“ und der „Hansischen Universitätsstiftung“ unterstützt.

Zitierte Literatur

- Hammer, C.; Zimmermann, C., 2004: The role of stock identification data in formulating fishery management advice. In: Friedland, K. D.; Waldman, J. R.; Cadrin, S. X. (eds.): Stock Identification Methods. San Diego: Academic Press, p. 615-642.
- HOMSIR 2003: HOMSIR - Horse Mackerel Stock Identification Research. EU Project within the 5th framework program: Quality of Life and management of Living Resources. Contract: QLRT-PL1999-01438. <http://www.homsir.com>, 16 Sept. 2004.
- Stransky, C., 2004: Stock separation and growth of redfish (genus *Sebastes*) in the North Atlantic by means of shape and elemental analysis of otoliths. Dissertation, Universität Hamburg, 132 pp.
- Stransky, C.; Kanisch, G.; Krüger, A., 2004: Radiometrische Altersbestimmungen beim Rotbarsch. In: Jahresbericht 2003. Jahresber. Bundesforschungsanst. Fischerei, Hamburg, S. 41.
- Stransky, C.; Murta, A.; Zimmermann, C.; Schlickeisen, J., 2005: Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. Fish. Res. (im Druck).
- WESTHER, 2005: WESTHER - A multidisciplinary approach to the identification of herring (*Clupea harengus* L.) stock components west of the British Isles using biological tags and genetic markers. EU Project within the 5th framework program: Quality of Life and management of Living Resources. Contract QLRT-2001-01056. <http://www.clupea.net/westher>, 26 Jan. 2005.