

SAG MIR DEINE ISOTOPENWERTE UND ICH SAGE DIR WO DU LEBST

Die Fragestellung war, ob die Isotopenuntersuchungen Aufschluss über Habitatunterschiede geben. Obwohl Ammoniten mit über 11.000

Arten, zu den wichtigsten marinen Fossilien des Erdmittelalters gehören, war bisher wenig über ihre Lebensweise bekannt. Zusätzlich erschwert wurde die Analyse dadurch, dass Aragonit in Calcit umgewandelt wird und so die ursprüngliche Zusammensetzung verloren geht. Originaler Aragonit aus dem Mesozoikum ist daher sehr selten, und die Objekte sind entsprechend wertvolle Museumstücke. Die Analysen wurden an *Cadoceras* aus dem Jura Russlands (162 Millionen Jahre), an *Hypacanthoplites* aus der Kreide Deutschlands (120 Millionen Jahre), sowie an *Nowakites* aus der Kreide Österreichs (84 Millionen Jahre) vorgenommen. Die chemische Reinheit der Schalen aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums wurde durch Kathodolumineszenz und Rasterelektronenmikroskopie bestätigt.

Anhand der Schalenform werden die Ammoniten schon länger in zwei morphologische Gruppen getrennt: die glattschaligen Leiostroka und die berippten und oft reich skulpturierten Trachyostraka. Schon diese unterschiedliche Skulptur lässt vermuten, dass es sich dabei um Anpassungen an verschiedene Lebensweisen handeln könnte.

Bei heute lebenden Kopffüßern wurden bereits vergleichbare Untersuchungen an den Schalen des Tiefwasser-Posthörnchens (*Spirula*) und des bekannten Perlboots (*Nautilus*) durchgeführt. Da die Lebenszyklen und Ernährungsgewohnheiten dieser Organismen bekannt sind, können ihre Isotopensignaturen zum Vergleich mit den fossilen Ammoniten herangezogen werden.

Einem Team um Alexander Lukeneder und Mathias Harzhauser (Naturhistorisches Museum Wien) sowie Werner Piller und Stefan Müllegger (Karl-Franzens Universität Graz) ist es gelungen, mit Hilfe von modernsten Isotopenmethoden die bis heute unklare Lebensweise und Entwicklung der Ammoniten, fossiler Tintenfisch-Verwandter, zu entschlüsseln.

Ammoniten zählen zu den bekanntesten fossilen Meerestieren. Sie entstanden bereits vor 400 Millionen Jahren, im Zeitalter des Devons. Ihre Blüte erlebten diese Weichtiere aber erst im Erdmittelalter zwischen 250 und 65 Millionen Jahren. Sie selbst wurden von riesigen Meeressauriern wie *Mosasaurus* oder *Plesiosaurus* gejagt. Über 350 Millionen Jahre lang beherrschten Ammoniten die Urmeere. Gemeinsam mit einer Vielzahl von anderen Tieren starben sie am Ende des Erdmittelalters aus. Der Meteoriteneinschlag an der Wende von der Kreidezeit zur Erdneuzeit vor rund 65 Millionen Jahren, dem auch die Dinosaurier zum Opfer fielen, war der letzte vernichtende Schlag und führte zum Aussterben der Ammoniten.

Nun konnte erstmals gezeigt werden, dass diese fossilen Verwandten der Tintenfische sich im Laufe ihres Lebens auf verschiedene Wassertiefen spezialisierten und unterschiedliche Lebensräume der Ur-Ozeane bewohnten. In diesem Zusammenhang konnten Migrationen vom Flachwasser ins Tiefwasser und umgekehrt entdeckt werden. Hauptursachen für die verschiedenen Wanderrouten und Entwicklungswege bei Ammoniten sind die sexuelle Reife und die Reproduktions-Zyklen mit einhergehender Nahrungsumstellung.

WIE DIE AMMONITEN LEBTEN

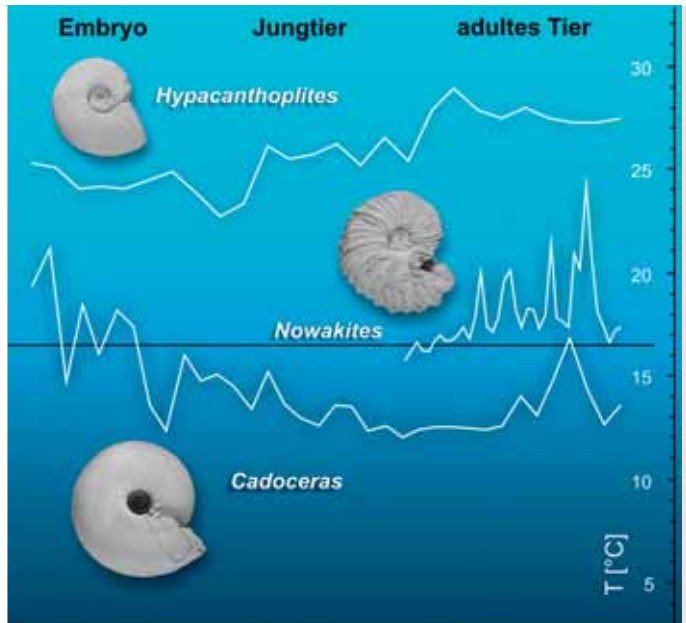
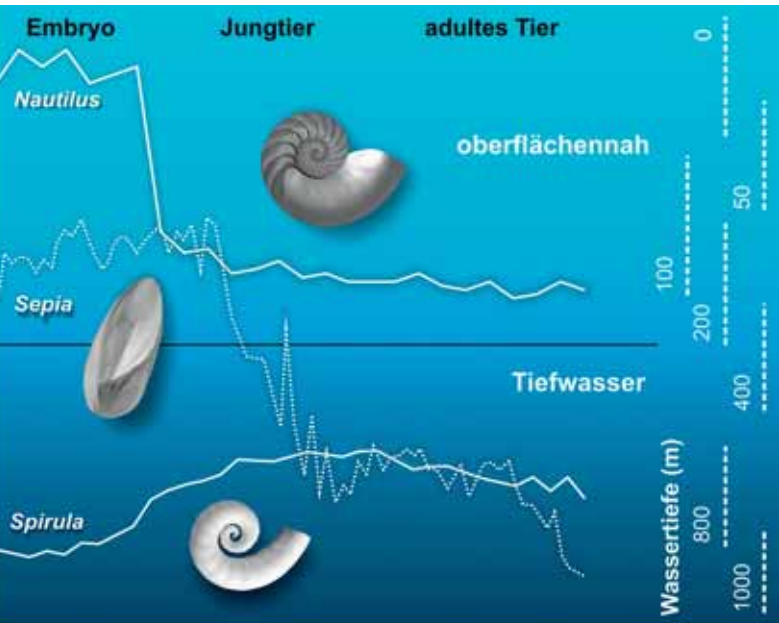
EIN BERICHT VON ALEXANDER LUKENER UND MATHIAS HARZHAUSER

EINER DER „PROBANDEN“
der Ammonit *Cadoceras* mit
Perlmutter-schale aus dem Jura
von Russland (162 Millionen
Jahre alt) aus der Sammlung
des Naturhistorischen Mu-
seums in Wien.



Die Wissenschaftler analysierten die Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotope der Ammonitenschalen. Diese wachsen während des gesamten Lebenszyklus eines Tieres und zeichnen dabei die vorherrschenden Isotopen-Verhältnisse des Meerwassers auf. Dadurch kann man auf Meerestemperaturen und Nahrungsangebot schließen. Stabile Isotope von Sauerstoff und Kohlenstoff wurden in Schalen verschiedener Ammoniten-Gruppen gemessen. Erstmals konnten dabei durchgehende Serien an den Schalen analysiert werden, die die gesamte Lebensspanne jedes Tieres umfassen.

Da der Schalenaragonit meistens im Laufe der Jahrtausende in Calcit umgewandelt wird und die Isotopensignaturen dabei verloren gehen, sind derart alte Aragonitschalen aus dem Zeitalter der Dinosaurier eine große Seltenheit. Bei den Analysen wurde versucht, aus den Sauerstoff-Isotopen ehemalige Meerestemperaturen zu berechnen. Starke Wechsel dieser Sig-



PALÄOTEMPERATUR BEI AMMONITEN Die Sauerstoff-Isotopen von modernen und fossilen Kopffüßern wurden hier in Temperatur umgerechnet. Die Wanderung der Organismen zwischen den seichten und warmen Meeresbereichen und den tiefen und kalten Habitaten ist deutlich zu sehen.

naturen lassen darauf schließen, dass die Tiere unterschiedlichen Meerestemperaturen ausgesetzt waren. Diese wiederum deuten darauf hin, dass die Ammoniten während ihres Lebens zwischen Flachmeer und tiefem Ozean pendelten. Diese Hypothese wurde anhand der Kohlenstoff-Isotope überprüft. Diese liefern Hinweise auf die Ernährung der Tiere, da auch die Beuteorganismen unterschiedliche Kohlenstoffsignaturen aufweisen. Zusätzlich ändert sich der Anteil an gelöstem Kohlenstoff mit der Meerestiefe und der Entfernung von der Küste.

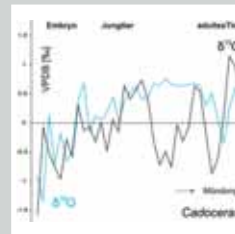
Basierend auf den Sauerstoffdaten konnten zwei unterschiedliche Typen an Lebenszyklen unterschieden und aufgestellt werden:

Der warm-cool-warm-Typ (wcw-Typ) von *Cadoceras* erinnert an Strategien der heute lebenden Cephalopoden *Nautilus* und *Sepia*, welche vom seichten Wasser in tiefere Gewässer wandern und z.T. später wieder in seichteres und wärmeres Wasser zurückkehren. Der cool-warm-Typ (cw-Typ) von *Hypacanthoplites* wiederum erinnert an die zwei ersten Migrationsphasen von *Spirula*, welche vom Tiefwasser in seichteres Wasser wandert, um später wieder in den Tiefen des Meeres zu verschwinden. In beiden Fällen wird der Wechsel des Lebensraumes durch sexuelle Reife und Reproduktion ausgelöst. Zugleich kommt es zu einer Umstellung der Ernährungsweise. Wendepunkte in den Isotopensignaturen markieren somit das Ende des Jugendstadiums, gefolgt von einer „Erwachsenenphase“, die mit dem Abbläichen endet.

Zugleich erlauben die Analysen Rückschlüsse auf die Meerestemperaturen im Mesozoikum. *Cadoceras* lebte als Jungtier in einem etwa 21°C warmen Wasser, ehe es später in 12-16°C kaltes Wasser abtauchte. Wesentlich wärmeren Temperaturen war *Hypacanthoplites* ausgesetzt. Das Tier begann bei etwa 22°C und lebte als ausgewachsenes Tier bei sehr warmen Temperaturen bis 29°C. Diese hohen Werte passen exzellent zum globalen Treibhausklima, das für diesen Abschnitt des Erdmittelalters postuliert wird.

GEOLOGISCH-PALÄONTOLOGISCHE ABTEILUNG AM NHM:
www.nhm-wien.ac.at/Content.Node/forschung/geologie/index.html

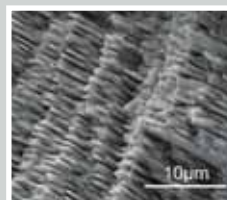
STABILE ISOTOPE



Das Verhältnis von stabilen Isotopen – links: Isotopenkurven der stabilen Sauerstoffisotope und Kohlenstoffisotope, gewonnen aus der kalkigen Schale von *Cadoceras* – wird zum Beispiel zur Altersbestimmung und Paläotemperatur Bestimmung herangezogen. Stabile Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope aus den kalkigen Schalen von Ammoniten wurden erstmals gemessen, um Rückschlüsse auf die Lebensweise in den Tiefen der Ozeane ziehen zu können. Sauerstoffisotope gelten als gute Anzeiger für die Temperatur zur Zeit der Bildung von kalkigen Schalen, da diese je nach Umgebungstemperatur des Meerwassers bestimmte Verhältnisse der Sauerstoffisotope 160/180 einbauen. Kohlenstoffisotope hingegen sind Indikatoren für die Fortpflanzung und Ernährungsstrategien.

Die Ergebnisse wurden in der neuesten Ausgabe des international bedeutenden Elsevier Journals EPSL unter Lukeneder A., Harzhauser, M., Müllegger, S., Piller, W.E. 2010. Ontogeny and habitat change in Mesozoic cephalopods revealed by stable isotopes. Earth and Planetary Science Letters, 296, 103-114. doi:10.1016/j.epsl.2010.04.053, veröffentlicht.

NEUE ERKENNTNISSE



RASTERELEKTRONEN-MIKROSKOP-AUFNAHME der Schalenstruktur von *Cadoceras*. Die winzigen Stapel aus Aragonitplättchen zeigen, dass die Schalen seit Millionen von Jahren unverändert geblieben sind.