

die Konvergenz im Echoortungssystem bei Fledermäusen und Walen).

[SNOVER ML & RHODIN AGJ (2008) Comparative Ontogenetic and Phylogenetic Aspects of Chelonian Chondro-Osseous Growth and Skeletochronology. In: WYNEKEN J, GODFREY MH & BELS V (eds) Biology of Turtles. Boca Raton: CRC Press, S. 17-43.] R. Junker

DNA aus fossilen Eierschalen

Eierschalen werden in der archäologischen Forschung bereits seit längerer Zeit als Untersuchungsobjekte genutzt. Sie können einen Beitrag zur Ermittlung paläoökologischer Verhältnisse leisten oder auch zur Feststellung von Ernährungsgewohnheiten vergangener Kulturen. Auch zu Datierungszwecken sind fossile Eierschalen genutzt worden.

Jetzt legten OSKAM et al. (2010) eine Studie zur Isolierung und Charakterisierung von DNA aus fossilen Vogeleiern vor. Dabei zeigt sich, dass Eierschalen aufgrund ihres Aufbaus sehr gut geeignet sind für die Erhaltung fossiler Nukleinsäure-Makromoleküle. Die Schalen von Vogeleiern bestehen zu ca. 97% aus Calcit (einem Calciumcarbonat-Mineral; CaCO_3) und ca. 3% organischem Material. Im Uterus wird bei Vögeln auf der Schalenhaut (Membranen, die das Ei umschließen) die Kalkschale aufgebaut. Die Schale schützt den sich entwickelnden Embryo vor mechanischer Zerstörung und vor Mikroorganismen. Durch die Eierschale erfolgt der Austausch von Gasen und Wasser. In früheren Studien (MILLER et al. 2000) war gezeigt worden, dass die organischen Komponenten eher intra- als interkristallin (also eingebettet in die Mineralkristalle und nicht zwischen diesen) vorkommen. Von diesem strukturierten Aufbau scheinen auch Biomakromoleküle zu profitieren, denn sie sind in den Calcitkristallen auch vor einem Abbau durch Mikroorganismen geschützt.

OSKAM et al. berichten von Versuchen, durch die in den vergangenen Jahren DNA aus der Schalenhaut von Eiern aus Museen isoliert und charakterisiert wurde. Aus dem Jahr 2009 führen sie zwei Arbeiten an, in denen DNA-Profile (Mikrosatelliten) aus frischen, pulverisierten Eierschalen der Silbermöwe (*Larus argentatus*) und von Hühnchen (*Gallus gallus*) beschrieben wurden.

OSKAM und Mitarbeiter untersuchten Proben aus fossilen Eierschalen von Emus (*Dromaius novaehollandiae*), Donnervögeln (*Genyornis*), Elefantenvögeln (*Mullerornis agilis*) und verschiedenen Moaarten (*Dinornis* sp.) aus Australien, Madagaskar und Neuseeland. Die Alter der Fossilien lagen zwischen 400 bis ca. 50 000 Jahren. Aus den ältesten Fossilien (ca. 50 000 Jahre) konnte keine DNA isoliert und nachgewiesen werden. Aus jüngeren Proben konnten sie z. B. aus 19 000 Jahre alten fossilen Eierschalen von Emus mitochondriale DNA (mtDNA) isolieren.

Wo in der Eierschale befindet sich die DNA? Mit Fluoreszenzfarbstoffen konnte DNA in Proben angefärbt werden und bei mikroskopischen Untersuchungen zeigte sich, dass DNA gleichmäßig in der gesamten Schale verteilt vorkommt, auch wenn sie gelegentlich konzentriert an bestimmten Strukturen (mammillary cones) nachzuweisen ist.

Die Autoren haben verschiedene Methoden zur Extraktion von DNA (sowohl mitochondriale DNA, mtDNA, als auch DNA aus Zellkernen, nuDNA) ausprobiert und für die verschiedenen Proben optimiert. Um zu untersuchen, welcher Anteil der DNA von Bakterien stammt, wurden jeweils für Bakterien und Vögel spezifische Sequenzen verglichen. Die Resultate zeigen, dass in fossilen Eierschalen von Moas sehr viel weniger bakterielle DNA nachzuweisen ist als in deren fossilen Knochen.

Die Untersuchungen wurden parallel in zwei verschiedenen Labors durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass historische und fossile Eierschalen verheißungsvolle Quellen für fossile DNA darstellen. Mit diesen Untersuchungen konnten OSKAM et al. zeigen, dass auch aus Lebensräumen in feuchtem oder trockenem, heißem Klima fossile DNA zugänglich sein kann. Nach diesen Resultaten sind die Schalen von Vogeleiern potentielle Quellen dafür, auch wenn bereits jetzt feststeht, dass auch intrakristallin eingelagerte Biomakromoleküle nicht beliebig lange konserviert werden. Mit diesen Untersuchungen ist ein neues Feld eröffnet zur Erforschung ausgestorbener Vögel anhand molekularer Daten. Auf die ersten aussagekräftigen DNA-Sequenzen darf man gespannt sein.

[MILLER GH, HART CP, ROARK EB & JOHNSON BJ (2000) Isolation of leucine epimerization in eggshells of the flightless Australian birds, *Genyornis* and *Dromaius*. In: Perspectives in amino acid and protein geochemistry (eds.: GOODFRIEND GA, COLLINS MJ, FOGEL ML, MACKO SA & WEHMILLER JF) S. 161, 181. Oxford, MA: Oxford University Press; OSKAM CL, HAILE J, McLAY E, RIGBY P, ALLENTROFT ME, OLSEN ME, BENGTSSON C, MILLER GH, SCHWENNINGER J-L, JACOMB C, WALTER R, BAYNES A, DORTCH J, PARKER-PEARSON M, GILBERT MTP, HOLDAWAY RN, WILLERSLEV E & BUNCE M (2010) Fossil avian eggshell preserves ancient DNA. Proc. Roy. Soc. B doi: 10.1098/rspb.2009.2019.] H. Binder

Bienenzucht in Israel zur Zeit der biblischen Könige

Am brennenden Dornbusch wird Mose das verheißene Land als ein gutes und geräumiges Land beschrieben, das von Milch und Honig überfließt (Ex 3, 8). Dieser Honig wird häufig als süßes Produkt aus Datteln, Feigen oder Trauben interpretiert, da keine gezielte Honigproduktion durch Imkerei angenommen wird (Ri 14,8+9; 1. Sam 14,27).

Nun haben BLOCH et al. (2010) den Inhalt von Tonzylindern aus ungebranntem Ton untersucht und darin Überreste von Bienen (Arbeiterinnen, Drohnen und Larven) gefunden. Ähnliche Tongefäße sind als Bienenstöcke im Nahen Osten immer noch im Gebrauch. Sie haben an einer Stirnseite ein kleines Loch als Flugloch für die Bienen und

auf der gegenüberliegenden Seite eine mit einem Deckel verschlossene Öffnung, um die Honigwaben zu entnehmen. Die Tongefäße waren bei Grabungen in Tel Rehov im mittleren Jordantal in Nordisrael freigelegt worden, sie waren in mehreren Reihen aufeinander geschichtet und werden von den Autoren als eine industrielle Bienenzucht und Imkerei in einem damals dicht besiedelten Gebiet interpretiert. Radiometrische Datierungen (^{14}C) ergaben ein Alter von 10. bis 9. vorchristliches Jahrhundert. Damit haben BLOCH et al. den archäologisch ältesten Imkereibetrieb in Israel beschrieben, zur Zeit, als David und Salomo Könige in Israel waren bzw. um die Zeit der Reichsteilung

Aufgrund von elektronenmikroskopischen Untersuchungen der gefundenen Insektenbeine, Körper und vor allem der Flügelfragmente konnten anhand von Vergleichsdaten auch Fragen nach der gezüchteten Bienenart bearbeitet werden. Durch morphologische Vergleiche (vor allem der durch die Flügelladern gebildeten Zellen) kann wahrscheinlich gemacht werden, dass vor ca. 3000 Jahren in Israel Imker nicht mit der lokalen Bienenart *Apis mellifera syriaca* oder mit anderen benachbarten Unterarten (*A. m. lamarckii*, oder *A. m. meda*), sondern mit *A. m. anatoliaca* gearbeitet haben. Das ist eine Bienenart, die aus dem Gebiet der heutigen Türkei stammt, vergleichsweise wenig aggressiv ist und gute Honigproduktion aufweist. Mit dieser Arbeit wurden Befunde vorgestellt, die belegen, dass um 1000 v. Chr. in Israel Bienenzucht und Imkerei bereits auf hohem Niveau etabliert waren.

(Abbildungen von der Ausgrabungsstätte sowie mikroskopische Aufnahmen der Überreste von Bienen sind im Internet zu finden unter: www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1003265107/-/DCSupplemental).

[BLOCH G, FRANKOY TM, WACHTEL I, PANITZ-COHN N, FUCHS S & MAZAR A (2010) Industrial agriculture in the Jordan valley during biblical times with Anato honeybees. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*; doi: 10.1073/pnas.1003265107] H. Binder

Ganzkörperaugen – wie Seeigel sehen

Schon lange ist bekannt, dass Seeigel auf Lichtreize reagieren. Manche suchen dunkle Höhlen auf, sie können polarisiertes Licht wahrnehmen, weichen UV-Licht aus, haben einen Tag- und Nacht-Rhythmus, finden ihre Heimathöhle usw. Eine Untersuchung des gesamten Erbgutes zeigte, dass mehrere für das Sehen notwendige Opsin-Gene im Erbgut von Seeiegeln vorhanden sind, aber trotz genauer Untersuchungen wurden keine Augen entdeckt. Die Opsin-Eiweiße, die sonst nur im Auge vorkommen, konzentrieren sich zwar an manchen Stellen auf dem Körper, so in den Füßchen und anderen Organen, sind aber letztlich über den ganzen Körper verteilt. Der Forscher WOODLEY hatte

1982 die Idee, ob nicht der ganze Körper als Auge dienen und das Stachelkleid der Seeigel durch die jeweilige Beschattung einen Einfluss auf das Richtungssehen haben könnte. Tatsächlich konnten BLEVINS und JOHNSON (2004) diese Vermutung in gewisser Weise bestätigen. Bei der damals getesteten Gattung *Echinometra* sitzen die Stacheln relativ weit verteilt am Körper. Theoretische Betrachtungen ergaben eine Sehschärfe von maximal 30° (das entspricht etwa einem Autoreifen in 1m Abstand). Tatsächlich konnten diese Seeigel in den Experimenten Objekte wahrnehmen, die diese Mindestgröße von 30° ihres Sichtfeldes besaßen. Wenn die Hypothese, dass das schattenspendende Stachelkleid einen Einfluss auf die Sehschärfe hat, stimmt, dann müssten Seeigel mit dichterem Stachelkleid wohl kleinere Objekte sehen können. Kürzlich testeten YERRAMILLI und JOHNSON eine weitere Art, *Strongylocentrotus purpuratus* auf ihre Sehfähigkeit. Die Stacheln dieser Art sind ca. 2-3-mal so dicht wie die der zuvor untersuchten Art und diese Tiere sollten daher eine theoretische Auflösung von ca. 8° erreichen (ca. Kuchenteller in 1m Abstand). Es wurden deshalb dunkle Aufkleber in einem ansonsten konturlosen Aquarium getestet, die entweder $6,5^\circ$ (ca. Untertasse in 1m) oder 10° (ca. Suppenteller in 1m) des „Sichtfeldes“ der Seeigel einnehmen. Die Tiere reagierten auf die kleineren Aufkleber mit $6,5^\circ$ nicht, wohingegen die größeren Aufkleber von 10° gesehen wurden und – je nach Tier verschieden, dann aber konsistent – verschiedene Reaktionen hervorriefen: Ein Teil der Seeigel kroch so weit wie möglich weg, ein anderer Teil suchte die dunklen Aufkleber auf. Warum manche so oder so reagierten, blieb unklar. Verblüffend ist aber, dass sich die Hypothese „dichtes Stachelkleid – besseres Sehen“ bestätigen ließ. Offensichtlich setzen diese Tiere also ihren ganzen Körper als Auge ein. Der Ort der nervlichen Verarbeitung der Signale ist unklar, denn Seeigel besitzen kein Gehirn. Das erinnert an Würfelquallen, die Fischjäger sind und mehrere Linsenaugen besitzen. Auch diese Tiere haben kein zentrales Gehirn, schwimmen aber zielstrebig auf Beute zu oder vermeiden andere Objekte. Die Sehschärfe des Seeigel-Ganzkörperauges mag gering erscheinen, aber Tiere mit dichtem Stachelkleid erreichen eine ähnliche Auflösung wie *Nautilus* mit seinen Lochkammeraugen oder Pfeilschwanzkrebse mit ihren einfachen Komplexaugen. Man fragt sich da dann schon, ob frisch aufgeschlagene Seeigel mit Zitronen beträufelt wirklich eine Delikatesse sind.

[BLEVINS E & JOHNSON S (2004) Spatial vision in the echinoid genus *Echinometra*. *J. Exp. Biol.* 207, 4249-4253; YERRAMILLI D & JOHNSON S (2010) Spatial vision in the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Echinoidea). *J. Exp. Biol.* 213, 249-255.] N. Winkler