

des Methans ist nach derzeitigem Kenntnisstand auf jeden Fall nur eine von mehreren Möglichkeiten.

Positiv ist festzuhalten, daß sich das Szenario um die vermeintlichen Bakterien im Mars-Meteoriten ALH 84001 (Abb. 4) *nicht* wiederholt hat: „Wir konnten eine typische Abfolge bei der Präsentation solcher Sensationsfunde erleben: zuerst kommt die publizistische Vermarktung, und dann – von der Öffentlichkeit nicht mehr beachtet – die seriöse wissenschaftliche Aufarbeitung – mit eventuell ernüchternden Ergebnissen, die kaum noch jemand wahrnimmt“ (PAILER 1999, 43). Bisher besteht jedenfalls kein hinreichender Grund, Leben nicht mehr an ganz besondere Bedingungen gebunden zu sehen (PAILER & KASEMANN 2000).

Wolfgang B. Lindemann

Literatur

BALL P (2004) Methane found on Mars. Volcanoes likely source of gas. Nature News vom 30. 4. 2004 www.nature.com/news/2004/040329/full/040329-5.html

FORMISANO V, ATREYA S et al. (2004) Detection of Methane in the Atmosphere of Mars. *Science* 306, 1758-1761.
KRASNOPOLSKY VA, MAILLARD JP & OWEN TC (2004) Detection of methane in the martian atmosphere: evidence for life? *Icarus* 172, 537-547.
LINDEMANN WB (1999) Hinweise auf Lebensspuren im Mars-Meteoriten ALH84001 nahezu widerlegt, *Stud. Int. J.* 6, 31-33
LYONS JR, MANNING C & NIMMO F (2005) Formation of methane on Mars by fluid-rock interaction in the crust, *Geophysical Research Letters* 32, L13201.
OZE C & SHARMA M (2005) Have olivine, will gas: Serpentinization and the abiogenic production of methane on Mars, *Geophys. Res. Lett.* 32, L10203.
PAILER N (1999) Neue Horizonte der Planetenerkundung. Neuhausen-Stuttgart.
PAILER N & KASEMANN M (2000) Kein Platz für Außerirdische? Die Suche nach Nischen für extraterrestrisches Leben. *Stud. Int. J.* 7, 11-18.
PEPLOW M (2004) Martian methane hints at oases of life. Microbe population estimated, but space community is unconvinced. Nature News vom 21. 9. 2004 www.nature.com/news/2004/040920/full/040920-5.html
PEPLOW M (2005) Martian methane could come from rocks. Olivine is enough to explain 'whiff of life' claim geologists. Nature News vom 2. 6. 2005 www.nature.com/news/2005/full/050531-10.html

Elastisches Gewebe aus fossilen Dinosaurier-Knochen

Ein Dinosaurier-Fund mit Weichteilerhaltung ist außergewöhnlich, denn an diesem Fossil wurde noch *elastisches Gewebe* nachgewiesen. Diese Beobachtung wirft Fragen nach den Konservierungsprozessen auf, die dazu führen, daß Gewebeteile nach Millionen von Jahren noch flexibel erhalten sind. Nach derzeitiger Kenntnislage liegt eine ausgeprägte Diskrepanz zwischen Erhaltungszustand und den zugrundegelegten großen Zeiträumen vor.

Die Arbeit von Paläontologen wird häufig nur von einem sehr überschaubaren Publikum aufmerksam verfolgt. Wenn jedoch Fossilien von Dinosauriern ins Blickfeld kommen, ist großes öffentliches Interesse zu erwarten; in naturhistorischen Museen gehören Dinosaurier zu den Attraktionen.

Neben mineralisierten Eiern oder ganzen Geleichen und Skeletteilen von Dinosauriern sind bereits wiederholt fossil überlieferte mineralisierte Weichteile veröffentlicht worden (BRIGGS et al. 1997 und dort zitierte Literatur). In diesen seltenen Fällen der Überlieferung von Strukturen von Weichteilen sind Mikroben von besonderer Bedeutung, die rasch in Form von Matten über dem Leichnam wachsen und diesen überziehen, bevor sie ihrerseits mine-

ralisiert werden. Auf diese Weise können Weichteile in Form mineralisierter Mikrobenmatten erkennbar bleiben.

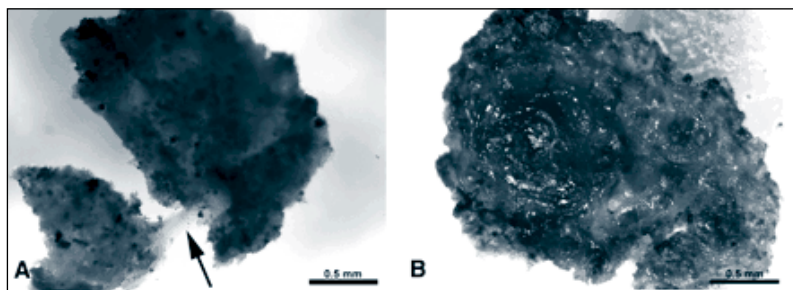
Ein neuer Fund erregt nun aber besonderes Aufsehen, da bei ihm Weichteile nicht mineralisiert, sondern noch in elastischem Zustand erhalten sind. SCHWEITZER und Mitarbeiter (1997) untersuchten Knochengewebe eines nahezu kompletten Skeletts eines *Tyrannosaurus rex* aus der Unteren Kreide (Hell Creek Formation, Ost Montana, USA) dessen Bergung 1990 beschrieben worden war. Die hinteren Körperglieder wurden mitsamt der dazwischenliegenden Sedimentbedeckung ausgegraben. Voruntersuchungen hatten ergeben, daß das innere Knochengewebe (Knochenbälkchen) nicht mineralisiert war, also offenbar tatsächlich noch ursprüngliches Skelettmaterial erhalten ist. Dies wurde auf geringen Kontakt mit Wasser zurückgeführt. Dehydratisierung würde auch die Erhaltung von stabilen Biomolekülen begünstigen. Die Autoren extrahierten das Knochengewebe und konnten in den Extrakten mit spektroskopischen Methoden (NMR, ESR, UV, Raman-S.) Hinweise auf Hämgruppen (Porphyrine mit gebundenem Eisen) finden. Immunisierung von Ratten mit diesen Extrak-

ten ergab Antiseren, die positiv mit gereinigtem Hämoglobin aus Vögeln und Säugetieren reagierten. Die Autoren interpretieren diese Befunde als Hinweis auf Fragmente des ursprünglichen *T. rex*-Hämoglobins. D.h. aus noch nicht mineralisiertem Knochenmaterial konnten Biomoleküle isoliert werden, deren typische Eigenschaften zumindest teilweise noch erhalten und nachweisbar sind.

An einem weiteren, erst jüngst geborgenen *T. rex*-Skelett aus derselben Formation (Hell Creek, Ost Montana, USA) konnten SCHWEITZER et al. (2005) weitere außergewöhnliche Entdeckungen machen. Bei der Freilegung und Präparation war der Oberschenkelknochen (Femur) unbehandelt geblieben, um daran chemische Untersuchungen vornehmen zu können. Kleine Stücke des Knochengewebes wurden demineralisiert. Während der 7 Tage dauernden Demineralisierung wurden an den Oberflächen vernetzte Kanäle der Blutgefäße (Havers- und Volkmann-Kanäle) erkennbar. Nach der vollständigen Entfernung der mineralischen Knochenbestandteile fanden sich in der Lösung schwimmend Gewebeteile, die durch ihre Eigenschaften die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler erregten. Diese flexiblen Gewebeteilchen zeigten elastische Eigenschaften; sie konnten auch nach mehreren Austrocknungs- und Rehydratisierungs-Zyklen wiederholt gedehnt werden. Mit denselben Methoden wurden Knochen von rezenten Straußen (*Strutio*) behandelt. Diese zeigten nach einer Behandlung mit Kollagenasen zur Entfernung der dichten fasrigen Kollagenmatrix Gefäße, die mit denjenigen aus *T. rex*-Femur in Durchmesser und Aufbau vergleichbar sind. Durch mikroskopische Untersuchungen (Licht- und Elektronenmikroskopie) konnte gezeigt werden, daß die Gefäße, deren Strukturen und Substrukturen denjenigen aus rezenten Straußknochen ähnlich sind (umfangreiches Bildmaterial sowohl in der Originalpublikation als auch im online angebotenen Zusatzmaterial). So sind auch Mikrostrukturen erkennbar, die mit den Zellkernen ehemaliger Endothelzellen übereinstimmen. Osteozyten (Knochenzellen) konnten dreidimensional erhalten isoliert werden; sie zeigten die typischen intrazellulären Strukturen.

Die außergewöhnliche Erhaltung flexibler Gewebeteile, die in dieser Untersuchung reproduzierbar zu isolieren waren, erklären die Autoren mit der intensiven Mineralisierung von Dinosaurierknochen. Sie erwähnen aber auch, daß die bisher unverständenen geochemischen Randbedingungen vermutlich ebenfalls zur Erhaltung der Gefäße als Weichteile beitragen. In der Veröffentlichung werden ähnliche Ergebnisse mit Proben von drei weiteren Sauriern (zwei Tyrannosaurier und ein Hadrosaurier) erwähnt und durch Aufnahmen dokumentiert.

SCHWEITZER et al. sehen sich mit diesen Ergebnissen am Anfang einer neuen Forschung zur Aufklärung von mikro- und molekularen Vorgängen



bei der Fossilisation. Ob sich die strukturelle Erhaltung auch auf molekulare Aspekte erstreckt (Hinweise auf Proteinfragmente durch schwache immunogene Signale liegen vor), muß durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Jedenfalls ist inzwischen durch mehrere Arbeiten eine außerordentlich gute Erhaltung von zellulären Strukturen von Dinosaurierknochen dokumentiert. Die Autoren erhoffen sich durch eventuell nachweisbare Biomakromoleküle eine Basis zur Klärung phylogenetischer Fragen. Darüber hinaus sind sie davon überzeugt, daß Untersuchungen dieser Art unser Verständnis für biogeochemische Wechselwirkungen auf mikroskopischer und molekularer Ebene, die zur Fossilisation führen, erweitern.

Das beeindruckende Bildmaterial dieser jüngsten Arbeit erhöht die Spannung auf die Resultate weiterer chemischer Untersuchungen. Mit den hier vorgestellten Beobachtungen und Resultaten stellen sich aber auch Fragen nach den Konservierungsprozessen mit großer Dringlichkeit, die dazu führen, daß Gewebeteile nach Millionen von Jahren noch flexibel erhalten sind. Sollte sich bestätigen, daß sich die bemerkenswerte Erhaltung auch auf den molekularen Bereich erstreckt, dann verschärft das die momentane Ungereimtheit zwischen Erhaltungszustand und den zugrundegelegten großen Zeiträumen.

Harald Binder

Literatur

- BRIGGS DEG, WILBY PR, PEREZ-MORENO BP, SANZ JL & FREGAL-MARTINEZ M (1997) The mineralization of dinosaur soft tissue in the Lower Cretaceous of Las Hoyas, Spain. *J. Geol. Soc.* 154, 587-588.
- SCHWEITZER MH, WITTMAYER JL, HORNER JR & TOPORSKI JK (2005) Soft-tissue vessels and cellular preservation in *Tyrannosaurus rex*. *Science* 307, 1952-1955. (supporting online material: www.sciencemag.org/cgi/content/full/307/5717/1952/DC1)
- SCHWEITZER MH, MARSHALL M, CARRON K, BOHLE DS, BUSSE SC, ARNOLD EV, BARNARD D, HORNER JR & STARKEY JR (1997) Heme compounds in dinosaur trabecular bone. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94, 6291-6296.

Abb. 1: Flexibles Gewebe aus fossilen Dinosaurierknochen nach Auflösung der mineralischen Bestandteile. An der markierten Stelle (Pfeil) kann das Gewebe wiederholt gedehnt werden (A). Auch nach Austrocknen und Wiederbefeuchten bleiben die ursprünglichen Eigenschaften erhalten (B). Aus SCHWEITZER et al. (2005), Abdruck mit freundlicher Genehmigung.