



Abb. 1 CERLING et al. (2011) sammelten zahlreiche Bodenproben vom Awash- (links) und von Omo-Turkana-Becken (rechts) aus dem östlichen Afrika, um den Lebensraum der frühen Homininen zu erforschen. Aus FEIBEL (2011), Abdruck mit freundlicher Genehmigung.

die während des Pleistozäns (1,8 bis 0,01 Mill. Jahre) am stärksten ausgebildet war. Die Daten zeigen also, dass an den Fundplätzen der frühen Homininen des Awash- und Omo-Turkana-Beckens in Ostafrika in den letzten sechs Millionen Jahren vorwiegend offene Savanne herrschte (CERLING et al. 2011). Diese Ergebnisse werfen neue Fragen zum Ursprung der frühen Homininen („Vormenschen“) auf.

Im Evolutionsmodell wird angenommen, dass der letzte gemeinsame Vorfahre von Mensch und Schimpanse in einem mit Wald bedeckten Gebiet lebte. Nach der Aufspaltung vor 5 bis 8 Millionen Jahren in eine Linie, die zum Menschen führt, und eine zweite Linie, die zum Schimpansen führt, nahm die Bewaldung ab (CERLING et al. 2011).

Die Rolle des Savannenökosystems auf die Evolution der frühen Homininen wird zwar kontrovers diskutiert, aber dass das Savannenökosystem einen Einfluss auf Merkmale der frühen Homininen wie Fortbewegung (Zweibeinigkeit) und Ernährung hatte, darüber besteht weitestgehend Konsens. Die Rolle der Savanne („Savannenhypothese“ seit 1925) in der menschlichen Evolution wird bis heute in dem Bemühen diskutiert, die Fossilfolge der Homininen in Beziehung zur Umwelt zu interpretieren (CERLING 2011).

Die Untersuchung von CERLING et al. (2001) hat nun aber gezeigt, dass der Lebensraum der frühen Homininen überwiegend wenig bewaldet war. Aber auch die Variation der Habitate im zeitlichen Verlauf war unerwartet: Während der sehr frühe Hominine *Ardipithecus ramidus*

mit deutlichen Kletteranpassungen in einem offenen Habitat existierte, lebten die frühen Australopithecinen (*Au. afarensis*), denen eine viel effizientere zweibeinige Fortbewegung als *Ardipithecus ramidus* zugeschrieben wird, in einer waldreicheren Gegend. Dieses Ergebnis hat die Beziehung zwischen der vermuteten Evolution der Fortbewegung der frühen Homininen und ihrem Lebensraum – zumindest in Ostafrika – entkoppelt.

Damit ist im Evolutionsmodell die Frage nach den Selektionsdrücken, die zur Entstehung des gewohnheitsmäßig schreitenden zweibeinigen Ganges des Menschen von miozänen Menschenaffen über teils zweibeinig sich fortbewegende „Vormenschen“-Formen geführt haben soll, völlig ungeklärt.

[CERLING TE, WYNN JG, ANDANJE SA, BIRD MI, KIMUTAI KORIR D, LEVIN NE, MACE W, MACHARIA AN, QUADE J & REMIEN CR (2011) Woody cover and hominin environments in the past 6 million years. *Nature* 476, 51-56; FEIBEL CS (2011) Shades of the savannah. *Nature* 476, 39-40.] M. Brandt

■ Unmögliche Konvergenz: Quergestreifte Muskeln

Bekanntlich gelten Bauplanähnlichkeiten – klassisch als Homologien bezeichnet – als Beleg für gemeinsame Abstammung und Orientierung für konkrete Abstammungsverhältnisse. Eines der drei berühmten Hauptkriterien für Homologie, die der Zoologe Adolf REMANE 1952 aufstellte, ist das der „spezifischen Qualität“: Ähnliche Strukturen sind demnach (unabhängig von ihrer Lage im Organismus) homolog, wenn sie in zahlreichen spezifischen Merkmalen übereinstimmen. Das dahinterste-

hende Argument ist einsichtig: Eine unabhängige mehrfache Entstehung detaillierter Ähnlichkeiten durch einen ungerichteten Evolutionsprozess ist extrem unwahrscheinlich, wenn nicht ausgeschlossen.

Das Homologie-Argument wird in der Evolutionsbiologie schon lange kritisch diskutiert; eine Übersicht dazu bietet JUNKER (2002). Nun wurde durch eine Studie gezeigt, dass auch das Kriterium der spezifischen Qualität kein sicheres Kriterium für Homologie ist, jedenfalls dann nicht, wenn Homologien evolutionstheoretisch interpretiert werden als Anzeiger einer gemeinsamen Abstammung. Untersuchungen von Genen, die an der Bildung der quergestreiften Muskulatur bei Nesseltieren und Bilateriern (Zweiseitentiere, das ist der größte Teil der Vielzeller) beteiligt sind, haben gezeigt, dass diese spezielle Muskelform mindestens zweimal unabhängig entstanden sein muss.

Dieses Ergebnis ist für die Forscher völlig überraschend, denn die ausgeprägten ultrastrukturellen Ähnlichkeiten der quergestreiften Muskeln bei den verschiedenen Tiergruppen galten als starker Hinweis auf einen gemeinsamen evolutionären Ursprung (STEINMETZ et al. 2012, 231; HEJNOL 2012, 182). Die charakteristische Streifung kommt dadurch zustande, dass die kontraktile (zusammenziehbaren) Muskelfibrillen regelmäßig angeordnet sind, so dass ein Muster aus roten Myosinfilamenten und weißen Aktinfilamenten entsteht, die durch die sogenannte Z-Linie begrenzt sind. Der Vorgang der Kontraktion ist hochkomplex. Unter dem Mikroskop sehen die Muskeln der verschiedenen Tiergruppen immer ganz gleich aus.

Eine Untersuchung von 47 Muskelproteinen von 22 Tierarten, deren komplette Genome sequenziert sind, zeigte, dass Quallen und Wirbeltiere nicht ein einziges dieser Gene gemeinsam haben. Dazu gehört der bei den Bilateriern vorkommende Troponin-Komplex, der aus drei Untereinheiten besteht. Gemeinsam mit Myosin und Actin bilden die Troponin-Komplexe den kontraktilen Teil der Muskulatur. Bei Quallen sind die Muskelstreifung und die Regulation der Kontraktion jedoch nicht vom Troponin abhängig (STEINMETZ et al. 2012, 232). Damit ist der Schluss unvermeidlich, dass dieses komplexe und spezifische ultrastrukturelle Merkmal der Muskelstreifung und ihre identische Funktion konvergent entstanden sind, was völlig unerwartet ist.

Darüber hinaus müssen zusätzlich weitere Konvergenzen bei der Entstehung der Z-Linie innerhalb der Bilaterier angenommen werden (STEINMETZ et al. 2012, 232). Die Autoren schließen (S. 234), dass ultrastrukturelle Ähnlichkeit allein kein zuverlässiger Anzeiger für den Schluss auf einen gemeinsamen evolutionären Ursprung darstellt. In einem Kommentar wirft HEJNOL (2012, 182) die Frage auf, in wie vielen weiteren Fällen die Ähnlichkeiten von Zell- und Gewebstypen im Rahmen evolutionärer Interpretationen irreführend sein könnten. Er schließt seinen Kommentar mit dem Satz: „In the meantime, Steinmetz and colleagues have taught us a familiar lesson that which looks similar in nature is not necessarily similar by descent.“

Einige andere Muskelgene bzw. -proteine kommen auch bei Organismen vor, die gar keine Muskeln haben; das zentrale Myosin gehört dazu. In solchen Fällen wird evolutionstheoretisch angenommen, dass diese Gene für eine neue Funktion *zusätzlich* genutzt wurden (sogenannte Kooptation); hier also für eine Funktion im Bereich der Muskeln; ein solcher Vorgang ist aber bis auf geringfügige Änderungen rein hypothetisch.

[HEJNOL A (2012) Muscle's dual origins. *Nature* 487, 181-182; JUNKER R (2002) Ähnlichkeiten, Rudimente, Atavismen. Design-Fehler oder Design-Signale? Holzgerlingen; STEINMETZ PRH, KRAUS JEM et al. (2012)

Independent evolution of striated muscles in cnidarians and bilaterians. *Nature* 487, 231-234.] R. Junker

■ Hinweise auf komplexe unterirdische Biosphäre

Nachdem aus verschiedenen tief gelegenen Goldminen in Südafrika bzw. damit in Zusammenhang stehenden abgeschlossenen Tiefengewässern wiederholt Hinweise auf Mikroben veröffentlicht worden sind (LIPPMANN-PIPKE et al. 2011), haben kürzlich BORGONIE et al. (2011) mehrzellige Organismen (Metazoa) in diesen Systemen dokumentiert. Sie haben in Wasserproben aus Gesteinsrissen aus Tiefen von 0,5 bis 3,6 km einen bisher unbekannten Fadenwurm (Nematoda) beschrieben: *Halocephalobus mephisto* (mephisto, gr.: der das Licht nicht liebt).

Der Fadenwurm ist in der Lage, bei erhöhten Temperaturen zu leben (Temperatur maximalen Wachstums: 41 °C), reproduziert sich ungeschlechtlich und ernährt sich von Mikroben.

Für ihre Untersuchungen nutzte das Forscherteam um T. C. ONSTOTT 22 Wasserproben aus 6 Bohrlöchern von fünf Minen in Südafrika. In Proben der Beatrix Goldmine wurde der neue Nematode gefunden. Auch in anderen Proben wurden Nematoden gefunden, diese konnten jedoch bekannten Arten zugeordnet werden. Die Gefahr einer Infektion der beprobten Bohrungen halten die Autoren aufgrund der Vorsichtsmaßnahmen und von Kontrollexperimenten für sehr gering. ¹⁴C-Datierungen ergaben ein Alter der Wasserproben von 2.900 bis 12.100 Jahren.

Es scheint also tief unter der Erdoberfläche komplexe Ökosysteme zu geben, in welchen Mikroorganismen chemolithotroph leben und an den Gesteinsoberflächen Biofilme bilden. Dabei handelt es sich um eine Ernährungsform, bei der ausschließlich auf anorganische Chemikalien zurückgegriffen wird. Die hier genannten Befunde weisen darauf hin, dass die Mikroorganismen von Nematoden abgeweidet werden. Die Autoren ziehen aus ihren Befunden optimistische Hoffnungen in Bezug auf zukünftige Suche nach komplexeren Lebensformen auf dem Mars.

Dabei geben ihre Studien bislang jedoch nur Hinweise darauf, dass wir die Lebensräume auf der Erde noch sehr ungenügend kennen und zunächst großer Bedarf besteht, diese gründlich zu studieren und besser kennen zu lernen.

[BORGONIE G, GRACIA-MOYANO A, LITTHAUER D, BERT W, BESTER A, VAN HEERDEN E, MÖLLER C, ERASMUS M & ONSTOTT TC (2011) Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa. *Nature* 474, 79-82; LIPPMANN-PIPKE J, LOLLAR BS, NIEDERMANN S, STRONCIK NA, NAUMANN R, VAN HEERDEN E & ONSTOTT TC (2011) Neon identifies two billion year old fluid components in Kaapvaal Craton. *Chem. Geol.* doi: 10.1016/j.chemgeo.2011.01.028] H. Binder

■ Protofedern oder Kollagenfasern?

In den letzten 15 Jahren hat sich das evolutionstheoretische Bild von der Entstehung der Vögel sehr stark verändert. Lange Zeit stand der „Urvogel“ *Archaeopteryx* relativ isoliert im Übergangsfeld von Reptilien und Vögeln, vor allem in Bezug auf seine im Wesentlichen „modern“ gebauten Federn. Seit den 1990er Jahren sind jedoch vor allem in China zahlreiche Fossilgattungen von Dinosauriergruppen entdeckt worden, die Federn oder mutmaßlich federähnliche Körperbedeckungen besaßen (einen kurzen Überblick gibt JUNKER 2005). Daher gilt es heute weithin als gesichert, dass Vögel von zweibeinigen kleinen Raubdinosauriern aus der Gruppe der Theropoden abstammen und dass verschiedene Stufen einer evolutionären Federentwicklung fossil dokumentiert seien. Beide Auffassungen werden nur von einer Minderheit in der Fachwelt in Frage gestellt.

Zu ihnen gehört der Biologe Theagarten LINGHAM-SOLIAR von der Universität University of KwaZulu Natal / Südafrika. Seit vielen Jahren führt er Fossilisierungsversuche mit Reptilien- und Fischhäuten durch und hat in mehreren Arbeiten gezeigt, dass Zerfallsstadien von Kollagenfasern der Haut einigen fossilen Strukturen stark ähneln, die gewöhnlich als Protofedern bzw. Federvorstufen bei Dinosauriern gewertet werden (vgl. z. B. FEDUCCIA et al. 2005). Damit würde