

(SMITHSON et al. 2012, 4532) und hochspezialisierte *sekundär* wasserlebende Formen sind darunter.

Die Überlieferungslücke ist so markant, dass sie eigens eine besondere Benennung erhielt: „Romer-Lücke“ (Abb. 1) – nach dem berühmten Wirbeltierpaläontologen Alfred S. ROMER. Für den Großteil der Fossilgruppen beträgt die Lücke sogar 30 Millionen Jahre: „Im Gegensatz zu unseren detaillierten Kenntnissen über *Acanthostega* und *Ichthyostega* ist der Fossilbericht der ersten 30 Millionen Jahre des Karbons karg und verwirrend“ (CARROLL 2009, 61).

Bisher war unklar, ob es sich um eine reine *Überlieferungslücke* handelt – dass also in der betreffenden Zeit viele Vierbeiner lebten, jedoch nicht fossil überliefert wurden – oder ob es in der betreffenden Zeit in Wirklichkeit kaum Vierbeiner *gab* und *aus diesem Grunde* fast keine Fossilien gefunden wurden. Als Gründe für letztere Deutung des Fehlens von Fossilien gab es nur Mutmaßungen, z. B. ungünstige Atmosphärenbedingungen. Nun berichten SMITHSON et al. (2012) von einer größeren Anzahl von Funden von Tetrapoden und Gliederfüßern an vier Lokalitäten im Süden Schottlands. Sie werden geologisch ins Tournaisium und damit zeitlich in die Romer-Lücke gestellt. Unter den Fossilien waren sowohl wasser- als auch landlebende Formen, und unter den Tetrapoden-Fossilien kleine und große Formen. Zu den Wirbeltierfunden zählen neben den Vierbeinern auch Lungenfische. Die Funde stammten aus mehreren verschiedenen Horizonten. Damit ist für die Forscher klar, dass die Romer-Lücke ein Artefakt ist und auf einen bisher mangelnden Erfolg der Fossiliensucher zurückzuführen ist.

Was wurde gefunden?

SMITHSON et al. (2012) heben unter den Funden in Burnmouth eine kleine, fünffingrige Extremität hervor, die bekannten unterkarbonischen Gattungen, aber auch einer oberkarbonischen Gattung ähnele. Ein Unterkieferbruchstück kann der Gattung *Crassigyrinus* zugeordnet werden, die bisher erst ab dem späten Viséum bekannt war. Die Fossilien von Burnmouth gleichen damit eher späteren karbonischen als früheren devonischen Formen, so die Autoren. Am Fundort „Willie’s Hole“ wurden zwei neue Formen gefunden, die in einigen Merkmalen Ähnlichkeiten teils mit *Pederpes*, teils mit *Crassigyrinus* aufweisen. *Pederpes* war bisher eine der wenigen gut erhaltenen Gattungen aus der

Romer-Lücke (CLACK & FINNEY 2005). Die Autoren fassen zusammen, dass die Existenz einiger Linien weiter in die Vergangenheit gezogen werden müsse, und zwar bis zu 20 Millionen Jahre; das gilt insbesondere für die Fünffingrigkeit. Man muss daher evolutionstheoretisch annehmen, dass viele Tetrapodenlinien sehr viel früher entstanden sind als bisher angenommen. Die Tetrapoden hätten sich nach dem Massenaussterben am Ende des Devons deutlich schneller erholt als bisher gedacht.

Bewertung

Gleichgültig, ob es sich um eine Überlieferungslücke handelt oder ob tatsächlich nur wenige Vierbeiner existierten: der Ursprung der Vielfalt der ab dem Viséum (mittleres Unterkarbon) überlieferten Formen bleibt so rätselhaft wie zuvor. Die neuen Funde dehnen die Zeiträume, in denen einige Gattungen existierten, aus, schließen aber keine morphologischen (die Baupläne betreffenden) Lücken. Im *zeitlichen* Sinne wird die Romer-Lücke daher mit einigen Formen gefüllt. Die *morphologischen* Lücken zwischen den wassergebundenen, großen oberdevonischen Tetrapoden und den kleineren, vollständig landlebenden Formen des Karbons bleiben aber im Wesentlichen unverändert. Die Vielfalt der Formen ab dem Viséum ist unverändert sehr viel größer als das Spektrum der älteren karbonischen Formen aus dem Tournaisium. Formulierungen der Tagespresse über „spektakuläre Entdeckungen“, die Lücken schließen, sind daher missverständlich.

Literatur

- BENTON MJ (2007) Paläontologie der Wirbeltiere. München.
CARROLL R (1993) Paleontologie und Evolution der Wirbeltiere. Stuttgart.
CARROLL R (2009) The rise of amphibians. 365 million years of evolution. Baltimore.
CLACK JA & FINNEY SM (2005) *Pederpes finneyae*, an articulated tetrapod from the tournaisian of Western Scotland. J. Syst. Pal. 2, 311–346.
JUNKER R (2003) Vom Fisch zum Vierbeiner – eine neue Sicht zu einem berühmten Übergang. Teil 1: Überblick und tetrapodenartige Fische des Oberdevons. Stud. Int. J. 11, 3–10.
JUNKER R (2010) Frühe fossile Fährten werfen neues Licht auf Übergangsformen. Stud. Int. J. 17, 38–41.
NIEDZWIEDZKI G, SZREK P, NARKIEWICZ K, NARKIEWICZ M & AHLBERG PE (2010) Tetrapod trackways from the early Middle Devonian period of Poland. Nature 463, 43–48.
SMITHSON TR, WOOD SP, MARSHALL JEA & CLACK JA (2012) Earliest Carboniferous tetrapod and arthropod faunas from Scotland populate Romer’s Gap. Proc. Natl. Acad. Sci. 109, 4532–4537.

Streiflichter

■ Bestätigung einer wichtigen Funktion des Wurmfortsatzes

Der Wurmfortsatz (Appendix) des menschlichen Blinddarms ist vielleicht das bekannteste Beispiel eines rudimentären Organs, das seine frühere Funktion verloren habe und daher oft als nutzloser und sogar gefährlicher Rest einer evolutiven Rückbildung angesehen wird. Solche (vermeintlich) rudimentären Organe werden oft auch als Belege gegen Schöpfung gewertet. Es gibt allerdings schon lange Hinweise auf eine Funktionalität des Wurmfortsatzes und es spricht auch manches dagegen, dass dieser bleistiftgroße Darmanhang überhaupt als rückgebildet gelten kann (zusammenfassend bei JUNKER 2008). Und vor einigen Jahren fanden BOLLINGER et al. (2007) heraus, dass der Wurmfortsatz des Menschen eine Art Zufluchtsort und Rettungsstation für symbiotische Bakterien darstellt, die das Wachstum nützlicher Darmbakterien fördert und bei durchfallbedingten Darmentleerungen die Wiederbesiedlung mit diesen Bakterien ermöglicht bzw. erleichtert. Diesen Bakterien fällt die Aufgabe zu, die Ausbreitung gefährlicher Krankheitserreger im menschlichen Verdauungstrakt zu verhindern, was besonders nach Durchfallerkrankungen sehr wichtig ist. Die Forscher schlussfolgerten, dass der Wurmfortsatz für eine bedeutsame Funktion offensichtlich optimal eingerichtet ist.

Die Hypothese vom Wurmfortsatz als Zufluchtsort konnte inzwischen getestet werden. Es wurde untersucht, ob Patienten, die eine schwere Darminfektion hatten, sich besser erholten, wenn sie noch im Besitz des Wurmfortsatzes waren, als solche Patienten, bei denen das nicht der Fall war und die die dieselbe Infektion hatten. James GRENDALL vom Winthrop University-Hospital und Kollegen untersuchten die Folgen von Infektionen mit dem Krankheitserreger *Clostridium dif-*

ficile (IM et al. 2011). *C. difficile* ist besonders gefährlich, wenn die natürliche Darmflora, die den Erreger normalerweise in Schach hält, zu stark dezimiert ist (z. B. nach einer Antibiotikatherapie). Patienten mit dem Wurmfortsatz sollten daher einen messbar größeren Schutz vor einer Wiederholungsinfektion nach erfolgreicher Ersttherapie einer bakteriellen Darminfektion mit *C. difficile* besitzen.

GRENDALLS Team konnte 254 geeignete Patienten entsprechend untersuchen. Dabei zeigte sich tatsächlich, dass Personen ohne Wurmfortsatz viermal häufiger von einem Wiederauftreten von *C. difficile* betroffen waren, genau wie aufgrund der Hypothese vom Wurmfortsatz als Zufluchtsort für schützende Darmbakterien vorhergesagt wurde.

Diese Hypothese ist damit noch nicht endgültig bewiesen, da die festgestellten Unterschiede auch andere Ursachen haben könnten oder gar nicht typisch sind (vgl. DUNN 2012). Zur endgültigen Klärung sind weitere Studien erforderlich.

[BOLLINGER RR, BARBAS AS, BUSH EL, LIN SS & PARKER W (2007) Biofilms in the large bowel suggest an apparent function of the human vermiform appendix. *J. Theor. Biol.* 249, 826-831; DUNN R (2012) Your Appendix Could Save Your Life. <http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2012/01/02/your-appendix-could-save-your-life/>; IM GY, MODAYIL RJ, LIN CT, GEIER SJ, KATZ DS, FEUERMAN M & GRENDALL JH (2011) The appendix may protect against *Clostridium difficile* recurrence. *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* 9, 1072-1077; JUNKER R (2008) Der Wurmfortsatz als Rettungsstation. *Stud. Int. J.* 15, 31-32.] R. Junker

■ Vielfalt trotz unverändertem Lebensraum?

Wie ist die Vielfalt der frühen Homininen zu erklären, wenn sich ihr Lebensraum in Ostafrika über Jahrmillionen kaum verändert hat?

Bei den meisten Diskussionen um den Ursprung des Menschen spielt die Savannenhypothese eine grundlegende Rolle. Ganz allgemein steht dahinter die Vorstellung, dass sich in Afrika der Lebensraum der frühen

Homininen („Vormenschen“ und echte frühe Menschen) vom Wald im Miozän vor 23 bis 5 Millionen Jahren in eine Savanne im Plio-Pleistozän (letzte 5 Millionen Jahre) verändert hat. Die Savanne ist eine Landschaft der Tropen, die durch ihren offenen Bewuchs (Graslandschaft) mit in relativ regelmäßigen Abständen stehenden Bäumen charakterisiert ist. Im Plio-Pleistozän entstanden nach der Evolutionshypothese aufgrund der Änderungen der Lebensräume der zweibeinige Gang, die Gehirnvergrößerung und andere Merkmale des Menschen.

Aber dieses Bild hat in den letzten Jahren Risse bekommen und scheint nun sogar widerlegt zu sein. So zeigen sich Hinweise darauf, dass im Miozän Afrikas echte Wüsten wie die Sahara existiert haben und dass Afrika im Plio-Pleistozän stärker bewaldet war (FEIBEL 2011). Forscher um Thure CERLING von der Universität Utah in Salt Lake City haben dieses Bild weiter zerstört. Damit treten grundsätzliche Fragen zur Evolution des Menschen auf.

Die Forschergruppe untersuchte 1300 Proben fossiler Böden von homininen Fundplätzen Ostafrikas des Awash- und Omo-Turkana-Beckens oder von nahe gelegenen Gebieten (Abb. 1). Dabei dienten Kohlenstoffisotope als Anhaltspunkte für den einstigen Bewuchs.

Die Auswertung ergab, dass während der letzten sechs Millionen Jahre die untersuchten Gebiete die meiste Zeit von weniger als 40% Baumbedeckung geprägt waren. Weniger als 1% der fossilen Proben ließ auf eine Landschaft schließen, die zu 70% mit Bäumen bedeckt war. Geschlossener Wald (über 80%) herrschte nur auf einem ganz kleinen Gebiet vor. Dem relativ offenen Habitat vom Späten Miozän (6 Mill. Jahre) bis Frühen Pliozän folgte im Mittleren Pliozän eine mehr bewaldete Landschaft mit 40-60% Baumbedeckung. Vom Mittleren Pliozän bis zum Pleistozän (3,6 bis 1,4 Mill. Jahre) entwickelte sich wieder eine offene Landschaft,



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.