

Ganges angesehen. Der „Sperrmechanismus“ wird mit Zunahme der Divergenz der Ausrichtung der Gelenkachsen effektiver, da mit größerer Divergenz die Wahrscheinlichkeit einer simultanen Beugung-Streckung des medialen und lateralen Fußes geringer wird. Die unterschiedliche Achsenausrichtung des Innen- und Außenfußes wird als verantwortlich für die Verhinderung einer größeren Beweglichkeit im talonavicularen und lateralen cubometatarsalen Gelenk während der Fußabdruckphase angesehen, auch wenn jedes Gelenk für sich allein stärker mobil ist.

Überraschend ist, dass Schimpansen nicht nur eine ähnlich divergierende Ausrichtung der inneren talonavicularen zur äußeren cubometatarsalen Gelenkachse zeigen, sondern dass die Variabilität der Ausrichtung sogar geringer als beim Menschen ist. GREINER & BALL (2014) wollen daraus allerdings nicht schließen, dass der „Sperrmechanismus“ des Midfoot beim Schimpanse noch effektiver als beim Menschen ist.

GREINER & BALL (2014) haben mit ihrer Untersuchung nachgewiesen, dass der Midfoot von Mensch und Schimpanse trotz unterschiedlicher Morphologie eine ähnliche Flexibilität mit der Fähigkeit zum midtarsalen „Bruch“ und zur Fußversteifung besitzt. Diese Fähigkeiten werden bei Mensch und Schimpanse im Leben aber in verschiedener Weise in Anspruch genommen, denn sie praktizieren eine sehr unterschiedliche Fortbewegung.

Die Studienergebnisse von GREINER & BALL (2014) haben große Konsequenzen für die Interpretation der Fußknochen fossiler Homininen. Entgegen z.B. LOVEJOY et al. (2009), WARD et al. (2011), ZIPFEL et al. (2011) und PROCTOR (2013) können auf der Basis der Knochenmerkmale des Fußes früher fossiler Homininen keine Schlüsse auf die Fußbeweglichkeit und auf ein äußeres Längsfußgewölbe und damit auf bipede Fähigkeiten gezogen werden (siehe auch BRANDT 2014). [BRANDT M (2014) Wie sicher sind Deutungen in der Paläanthropologie? *Australopithecus sediba* und sein merkwürdiges Merkmalsmosaik. W+V Special Paper B-14-3 ; <http://www.wort-und-wissen.de/artikel/sp/b-14-3-sediba.pdf> (Zugriff am 20.4.2015) • GREINER

TM & BALL KA (2014) Kinematics of primate midfoot flexibility. *Am. J. Phys. Anthropol.* 155, 610-620 • LOVEJOY CO, LATIMER B, SUWA G, ASFAW B & WHITE TD (2009) Combining prehension and propulsion: the foot of *Ardipithecus ramidus*. *Science* 326, 72e1-72e8 • PROCTOR DJ (2013) Proximal metatarsal articular surface shape and the evolution of a rigid lateral foot in hominins. *Journal of Human Evolution* 65, 761-769 • SUSMAN RL (1983) Evolution of the human foot: evidence from Plio-Pleistocene hominids. *Foot & Ankle* 3, 365-376 • WARD CV, KIMBEL WH & JOHANSON DC (2011) Complete fourth metatarsal and arches in the foot of *Australopithecus afarensis*. *Science* 331, 750-753 • ZIPFEL B, DESILVA JM, KIDD RS, CARLSON KJ, CHURCHILL SE & BERGER LR (2011) The foot and ankle of *Australopithecus sediba*. *Science* 333, 1417-1420.] M. Brandt

■ Wie sicher sind Deutungen in der Paläanthropologie? Das Beispiel der Muskelstärke

In der Paläanthropologie schließen Forscher bei fossilen Homininen von der Größe und Struktur der Knochenansatzstellen für die Muskulatur (Enthesis) auf den Ausbildungsgrad der Muskeln und interpretieren diesen dann im Rahmen der Manipulationsfähigkeiten und des Fortbewegungsverhaltens. Ein neueres Beispiel für solch einen Schluss findet sich bei DESILVA et al. (2013).

Bei *Australopithecus sediba* ist der Ansatz für den M. biceps femoris am oberen Teil des Wadenbeins stark ausgebildet (deutlicher Knochenanbau), was nach DESILVA et al. (2013) auf eine hohe Belastung dieses Muskels hinweist. Die Autoren deuten dieses Merkmal bei diesem frühen Homininen im Rahmen eines hypothetischen hyperpronatorischen zweibeinigen Ganges. Bei der Hyperpronation dreht sich das ganze Bein während der Standphase nach innen und belastet besonders Muskeln, die seitlich am Bein ansetzen wie den langen Kopf des M. biceps femoris. Diese Haltung findet sich heute nur als krankhafter Gang beim Menschen. Ist es aber möglich, vom Ausprägungsgrad der Knochenansatzstelle auf die Stärke des ansetzenden Muskels zu schließen wie dies DESILVA et al. (2013) praktizieren? Ann ZUMWALT (2006) hat zu diesem Thema eine interessante Untersuchung vorgelegt.

Sie quantifizierte und verglich die Morphologie des Knochenansatzes und die ansetzende Muskelmasse von zwei Gruppen erwachsener weiblicher Schafe. Die eine Gruppe lief auf einem Laufband eine Stunde pro Tag, fünf Tage in der Woche, 90 Tage lang, während die andere Gruppe sesshaft lebte.

Nach Trainingsabschluss wiesen ungeachtet deutlicher Unterschiede der Muskelmasse beide Schafgruppen keine Unterschiede in der Enthesismorphologie an den sechs untersuchten Ansatzstellen (M. spinodeltoideus, M. acromiodeltoideus und M. pectoralis superficialis) auf. Das Training hatte also einen deutlichen Einfluss auf das Muskelwachstum, jedoch keine sichtbare Wirkung auf den Knochenansatz der Muskeln. ZUMWALT (2006) schlussfolgerte daraus, dass es keine direkte Beziehung zwischen der Muskelgröße oder Muskelaktivität und der Knochenansatzmorphologie gibt. Die Forscherin meinte aber, dass das Fehlen von knöchernen Reaktionen darin begründet sein könnte, dass die Untersuchung an erwachsenen Tieren durchgeführt wurde. Sie empfahl deshalb Untersuchungen an noch wachsenden Tieren mit noch sehr plastischen Knochen. Diese Empfehlung haben RABEY et al. (2014) mit einer Studie an subadulten Mäusen umgesetzt. Für diese Art von Studien sind Mäuse sehr geeignete Untersuchungsobjekte, denn die Ergebnisse können auf den Menschen übertragen werden. Das ist möglich, weil die innere Architektur der untersuchten oberen Extremitätenmuskeln der Mäuse der des Menschen ähnlich ist. Das subadulte Alter ist auch von Vorteil, weil Mäuse die höchste Knochendichte ungefähr im Alter von vier Monaten vor dem Epiphysenschluss (Abschluss des Wachstums) erreichen. Der Experimentalzeitraum der Studie umfasste die rascheste Phase des Skelettwachstums und die Reife der Mäuse. Bei Mäusen und anderen kleinen Säugetieren sind Reaktionen des Knochengewebes auf erhöhte Belastungen gut belegt. Untersuchungen an diesen Tieren haben deshalb viel zum Verständnis der Knochenbiologie des Menschen beigetragen.

Die Studie von RABEY et al. (2014) hat zwei Ergebnisse erbracht. Sie zeigte einerseits, dass unterschiedliche Muskelaktivitäten im normalen physiologischen Rahmen die Muskelfaserarchitektur (Muskel-faserlänge, Muskelquerschnitt) und das periostale Knochenwachstum beeinflussen. Dieses Ergebnis steht in voller Übereinstimmung mit Ergebnissen früherer Studien, nach denen unterschiedliche Muskelakti-vitäten signifikante Unterschiede am Knochen (Querschnitt, Architektur) und an der Muskelfaserarchitektur hervorrufen. Andererseits ergab die Studie von RABEY et al. (2014), dass die Größe und Struktur des Knochenansatzes der Muskeln nicht durch unterschiedliche Muskelakti-vitäten beeinflusst wird. Es konnte damit gezeigt werden, dass keine Rückschlüsse von der knöchernen Muskelansatzmorphologie auf die Muskelstärke gezogen werden kön-nen. Viele Schlüsse in der Paläanthro-pologie bei fossilen Homininen sind damit unbegründet und reine Spe-kulation.

[DESILVA JM, HOLT KG, CHURCHILL SE, CARLSON KJ, WALKER CS, ZIPFEL B & BERGER LR (2013) The lower limb and mechanics of walking in *Australopithecus sediba*. *Science* 340, doi:10.1126/science.1232999 (Zugriff am 15. 4. 2013) • RABEY KN, GREEN DJ, TAYLOR AB, BE-GUN DR, RICHMOND BG & MCFARLIN SC (2015) Locomotor activity influences muscle archi-tecture and bone growth but not muscle attachment site morphology. *J. Hum. Evol.* 78, 91-102 • ZUMWALT A (2006) The effect of endurance exercise on the morphology of muscle attachment sites. *J. Exp. Biol.* 209, 444-454.] M. Brandt

■ Chemie im Kosmos – Moleküle für das Leben?

Populäre Medien verbreiten nicht selten irreführende Meldungen über aktuelle Forschungsergebnisse. Ein jüngerer Beispiel ist die Behauptung, man habe Leben in den Tiefen des Weltalls gefunden. Tatsächlich wur-den nur relativ kleine organische Moleküle nachgewiesen, die allenfalls indirekt in einem Zusammenhang mit Leben stehen könnten. Auch aus dem interstellaren Raum sind derzeit keine chemischen Prozesse bekannt, die die nötigen Bausteine für lebende Zellen bereitstellen.



Abb. 1 In der B2-Wolke im Sternbild Schütze wurde iso-Propylcyanid nachgewiesen. (Bild: ESO/APEX & MSX/ IPAC/NASA; Molekülbild: Physikalisches Institut der Universität Köln)

Über chemische Vorgänge im Kosmos haben wir vergleichsweise wenig empirische Erkenntnisse. Auf der Erde gefundene Überreste von Meteoriten können untersucht werden, außerdem sind durch menschliche Aktivitäten im Weltraum von dort Proben verfügbar und wir können elektromagnetische Strahlung, die die Erde aus dem Kosmos erreicht, spektroskopisch analysieren und die Spektren interpretieren.

Aus dem Interstellaren Raum sind derzeit etwa 180 organische Moleküle aufgrund ihrer Spektren dokumentiert. Das Physikalische Institut der Universität Köln präsentiert auf einer Internetseite eine Zusammenstellung der Moleküle (<http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/molecules>) sowie der Literaturzitate, in denen ihr Nachweis beschrieben wird. Mit dem derzeit weltgrößten Radioteleskop (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ALMA) haben BELLOCHE et al. (2014) in einer Region mit der Bezeichnung Sagittarius B2(N) erfolgreich nach weiteren Molekülen gesucht. Diese Region befindet sich nahe des Zentrums unserer Galaxie und fällt durch massive Sternenproduktion auf.

Bereits zuvor hatten BELLOCHE et al. (2009) in dieser Region den Nachweis für Propylcyanid erbracht. Dieses und weitere vergleichsweise kleine Moleküle werden häufig hinsichtlich ihres Potentials zur Synthese komplexerer Moleküle diskutiert, die dann in einen Zusammenhang mit biologischen Systemen (Astrobiologie) gestellt werden. Bisher sind

das rein hypothetische Konzepte, es wurden im interstellaren Raum noch keine biologischen Systeme gefunden.

In ihrer jüngsten Arbeit dokumentieren BELLOCHE et al. (2014) den spektralen Nachweis von iso-Propylcyanid. Dies gelang durch Vergleich von Spektren aus dem oben genannten interstellaren Bereich und modellierten (berechneten) Spektren. Die Autoren diskutieren, dass i-Propylcyanid ein geeigneter Baustein zur Synthese von Aminosäuren mit verzweigter C-Kette wie z.B. Valin und Leucin sein könnte und damit eventuell einen bedeutsamen Beitrag zur Astrobiologie leisten könnte.

Mit großem Erstaunen kann man dann allerdings in populären Medien von „Biomoleküle in der Milchstraße“ (Der Tagesspiegel, 26. 9. 2014) lesen oder gar „Deutsche Forscher entdecken Leben in den Tiefen des Alls“ (BILD 26. 9. 2014). Titel dieser Art mögen zwar Leser animieren, haben aber mit wissenschaftlichen Befunden nichts zu tun.

Das im interstellaren Raum spektroskopisch identifizierte i-Propylcyanid ist kein biologisch relevantes Molekül. Der astrobiologische Aspekt kommt erst durch die entsprechende Diskussion ins Blickfeld und damit wird ein eigentlich wenig spektakulärer Befund popularisiert. Wenn das aber von der Tagespresse noch ins Extreme getrieben wird, ist das irreführend.

[BELLOCHE A, GARROD RT, MÜLLER HSP & MENTEN KM (2014) Detection of a branched alkyl molecule in the interstellar medium: iso-propyl cyanide. *Science* 345, 1584-1587 • BELLOCHE A, GARROD RT, MÜLLER HSP, MENTEN