

Die Fußknochen von *Australopithecus* und *Homo habilis* können als Ausdifferenzierung innerhalb eines Grundtyps gedeutet werden.

Mit der von CLARKE & TOBIAS (1995) festgestellten menschlichen Morphologie des Talus von Stw 573 läßt sich der Teilfuß aus Sterkfontein nicht leicht in eine phylogenetische Abstammungslinie zum Menschen kurz nach der Trennung der Hominiden von der zum Schimpansen führenden Linie einordnen. Multivariate Untersuchungen des OH 8-Talus (*Homo habilis*) und des Talus TM 1517, der *Australopithecus robustus* zugeordnet wird, weisen auf die größte Ähnlichkeit mit dem Orang-Utan unter den rezenten Primaten hin (LISOWSKI et al. 1974, 1976). LEWIS (1980) betont auf der Basis morphologisch-funktioneller Analysen eine Schimpansenähnlichkeit des OH 8-Talus (und des Talus von AL 288-1). Daraus ergibt sich, daß mit Stw 573 eine *Australopithecus*-Spezies (*A. africanus*?) vor 3-3,5 Millionen Jahren in einem sehr wichtigen Fußknochen (Sprungbein) an eine bipede Fortbewegung besser angepaßt gewesen ist, als ihre wesentlich späteren Nachkommen *A. robustus* (1-1,2 Millionen Jahre) und *Homo habilis* (1,8 Millionen Jahre). Mindestens ebenso plausibel erscheint die Deutung, daß diese frühen Hominiden (Stw 573, AL 288-1, TM 1517, OH 8) nicht eine phylogenetische Abstammungsgemeinschaft, sondern Ausdifferenzierung eines Grundtyps darstellen.

Unbestritten besitzen die genannten frühen Hominiden bipede Anpassungen. Die Deutung dieser Merkmale als einen deutlichen evolutionären Schritt hin zur menschlichen Bipedie ist aber fraglich. Multivariate Untersuchungen haben gezeigt, daß zahlreiche hominide postcraniale Knochen aus dem Plio-Pleistozän sich sowohl von denen der Großaffen als auch von denen des Menschen unterscheiden und keine intermediäre Position zwischen beiden einnehmen. In einer

Übersichtsarbeit zur Fortbewegung der frühen Hominiden zeigt BRANDT (1995), daß das Gesamtlokomotionsrepertoire der Australopithecinen und einiger Funde, die *Homo habilis* zugeordnet werden, auch als eine spezielle, heute nicht mehr beobachtbare Primatenanpassung verstanden werden kann.

Dank: Marion HÄBERLE danke ich für die Erstellung der beiden Abbildungen und Dr. Sigrid HARTWIG-SCHERER für Ratschläge und Verbesserungen.

Michael Brandt

Literatur

- BRANDT M (1995) Der Ursprung des aufrechten Ganges. Neuhausen-Stuttgart, Edition Pascal.
- CLARKE RJ & TOBIAS PV (1995) Sterkfontein Member 2 foot bones of the oldest South African hominid. *Science* 269, 521-524.
- DAY MH & NAPIER JR (1964) Hominid fossils from Bed I, Olduvai Gorge, Tanganyika. Fossil foot bones. *Nature* 201, 969-970.
- LANGDON JH, BRUCKNER J & BAKER HH (1991) Pedal mechanics and bipedalism in early hominids. In: Coppens Y & Senut B (eds) Origine(s) de la bipédie chez les hominides. Cah. Paléanthrop., CRNS, Paris, pp 159-167.
- LATIMER B, OHMAN JC & LOVEJOY CO (1987) Talocrural joint in African hominoids: Implications for *Australopithecus afarensis*. *Am. J. Phys. Anthropol.* 74, 155-175.
- LEWIS OJ (1980) The joints of the evolving foot. Part III. The fossil evidence. *J. Anat.* 131, 275-298.
- LEWIS OJ (1989) Functional morphology of the evolving hand and foot. Clarendon, Oxford.
- LISOWSKI FP, ALBRECHT GH & OXNARD CE (1974) The form of the talus in some higher primates: A multivariate study. *Am. J. Phys. Anthropol.* 41, 191-216.
- LISOWSKI FP, ALBRECHT GH & OXNARD CE (1976) African fossil tali: Further multivariate morphometric studies. *Am. J. Phys. Anthropol.* 45, 5-18.
- OLIWEINSTEIN L (1995) New foot steps into walking debate. *Science* 269, 476-477.
- SARMIENTO EE (1991) Functional and phylogenetic implications of the difference in the pedal skeleton of australopithecines. *Am. J. Phys. Anthropol. Suppl.* 12, 157-158.
- SUSMAN RL (1983) Evolution of the human foot: Evidence from the Plio-Pleistocene hominids. *Foot & Ankle* 3, 365-376.

Wie war „Lucy's“ Körperhaltung beim zweibeinigen Gehen?

Die „klassische“ Rekonstruktion von „Lucy“ (AL 288-1), einem zu 40% erhaltenen Teilskelett, zeigt diesen *Australopithecus afarensis*-Vertreter in einer menschlich aufrechten Körperhaltung (WEAVER 1985, LOVEJOY 1988). Auch in einer neuen Serie des „Spiegel“ (GROLLE 1995) zur Evolution des Menschen ist diese Rekonstruktion wiedergegeben. Sie ist durch (1) Hüftgelenke, die unterhalb

der Darmbein-Kreuzbein-Gelenke liegen und (2) eine aufrechte vordere Begrenzung der Lendenwirbelsäule, speziell des dritten Lendenwirbels, charakterisiert.

In einer neuen Untersuchung des Beckens von „Lucy“ auf der Basis verschiedener Rekonstruktionen kommt ABITOL (1995) zu dem Schluß, daß diese Konstellation nicht möglich ist.

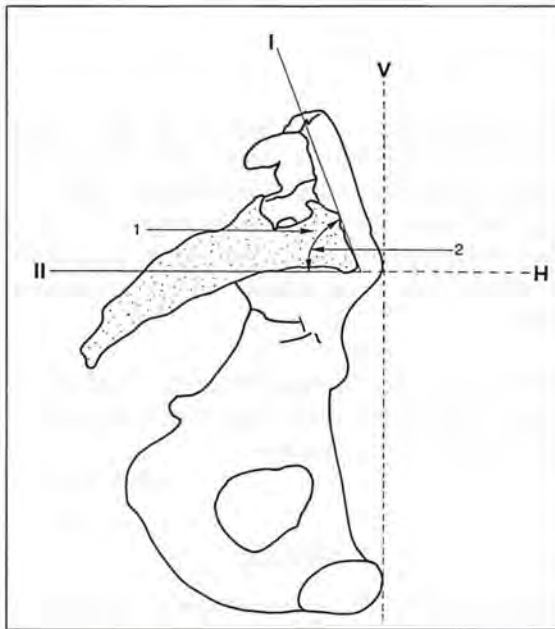


Abb. 1: Ansicht des Beckens von „Lucy“ (AL 288-1) in aufrechter Körperhaltung aus der Innenperspektive (nach ABITBOL 1995). In dieser Beckenposition liegt das Hüftgelenk unterhalb des Kreuzbein-Darmbein-Gelenkes. Parallel zur Ebene dieser Gelenke liegt die durch die Symphyse und die vorderen oberen Darmbeinstacheln gebildete Ebene. Letztere Ebene nimmt dadurch in aufrechter Körperhaltung bei „Lucy“ ebenfalls eine vertikale Position ein. Die Vorderfläche des ersten Kreuzbeinwirbels ist horizontal ausgerichtet. Durch den großaffenähnlich hohen Promontoriumwinkel von 70 Grad ist die Basis des ersten Kreuzbeinwirbels mehr zur Vertikalen ausgerichtet. Aus diesen anatomischen Verhältnissen ergibt sich eine extrem hohe Wirbelsäulenkrümmung, die unter normalen Bedingungen beim Menschen niemals beobachtet wird. „Lucy“ konnte deshalb keine menschlich aufrechte Körperhaltung (und Fortbewegung) gehabt haben. Abkürzungen: (1) erster Kreuzbeinwirbel, (2) Promontoriumwinkel, (I) Kreuzbeinbasis, (II) Vorderrand des ersten Kreuzbeinwirbels, (H) Horizontale, (V) Vertikale

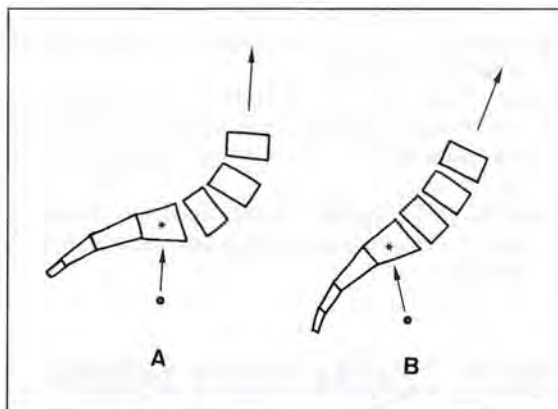


Abb. 2: Der Verlauf der unteren Wirbelsäule (hoher Promontoriumwinkel) von „Lucy“ bei (A) menschlich aufrechtem Becken und aufrechter Wirbelsäule (3. Lendenwirbel) und (B) Becken und Wirbelsäule schräg ausgerichtet (nach ABITBOL 1995). Der Stern in der Mitte des ersten Kreuzbeinwirbels stellt das Gelenk zwischen Kreuzbein und Darmbein und der schwarze Punkt das Zentrum des Hüftgelenkes dar. In einer menschlich rekonstruierten Körperhaltung ist die Lendenwirbelsäule von „Lucy“ unphysiologisch stark gekrümmt.

Ein wichtiges Merkmal, das im Zusammenhang mit einer zweibeinigen aufrechten Körperhaltung und Fortbewegung steht, ist die Krümmung der Lendenwirbelsäule (Lordose). ABITBOL (1995) hat diese Krümmung bei „Lucy“ in aufrechter Körperhaltung zu rekonstruieren versucht.

Aus seitlicher Perspektive weist das Kreuzbein von AL 288-1 zwei Merkmale auf, die im Zusammenhang mit der Wirbelsäulenkrümmung stehen. (1) Die Vorderfläche des ersten Kreuzbeinwirbels steht senkrecht zur Ebene, die durch die Verbindung zwischen den Hüftgelenken und Kreuzbein-Darmbein-Gelenken gebildet wird. Dieses Merkmal ist menschenähnlich. Es hat wesentlich dazu geführt, die Wirbelsäule bei „Lucy“ menschenähnlich vertikal zu rekonstruieren. (2) Der Winkel zwischen der Vorderfläche und der Basis des ersten Kreuzbeinwirbels (Promontoriumwinkel) ist aber mit 70 Grad so hoch wie bei den Großaffen (Abb. 1). Die Kombination beider Merkmale ergibt nun große Probleme mit einer menschenähnlich vertikal rekonstruierten Wirbelsäule.

Werden bei „Lucy“ die Hüftgelenke unter die Darmbein-Kreuzbein-Gelenke verlagert, wie es in aufrechter Körperhaltung geschieht, dann ist die Vorderfläche des ersten Kreuzbeinwirbels horizontal und die Kreuzbeinbasis wegen des hohen Promontoriumwinkels mehr vertikal ausgerichtet. Dies hat eine extrem hohe Krümmung der Lendenwirbelsäule (70 Grad) zur Folge, die – außer unter pathologischen Bedingungen – Obeim Menschen niemals beobachtet wird (Abb. 2A). Beim Menschen beträgt dieser Winkel 39 Grad. Die Folgen einer solch extremen Lendenwirbelsäulenkrümmung wären z.B. ein Wirbelgleiten zwischen dem ersten Kreuzbeinwirbel und dem fünften Lendenwirbel und eine extreme Muskelbelastung, die erforderlich wäre, um den Oberkörper in eine gleiche vertikale Position wie das Becken zu bringen. Aus einer aufrechten Körperhaltung bei AL 288-1 folgt als weiteres Problem, daß das Promontorium (und die Lendenwirbelsäule) im Bereich der vorderen Bauchwand lokalisiert ist. Bei den Großaffen und beim Menschen ist das Promontorium dagegen Teil der hinteren Bauchwand (Abb. 3). Die Körperhaltung von „Lucy“ kann aus diesen Gründen nicht menschlich aufrecht gewesen sein.

Nach ABITBOL (1995) gibt es für „Lucy“ prinzipiell drei Möglichkeiten der Körperhaltung mit einer geringeren Lendenwirbelsäulenkrümmung. Das Becken, nicht aber die Wirbelsäule könnten aufrecht gewesen sein. „Lucy“ hätte damit eine teil-aufrechte Körperhaltung wie die Schimpansen. Dafür spricht der hohe Promontoriumwinkel. Beim Aufstehen des Gorillas sind diese Verhältnisse umgekehrt (Wirbelsäule aufrecht, nicht aber das Becken). Energetisch ist dies aber sehr ineffektiv. ABITBOL (1995) favorisiert einen Kompromiß zwischen diesen beiden Körperhaltungen mit ihren Extrempositionen. Bei dieser dritten Möglichkeit

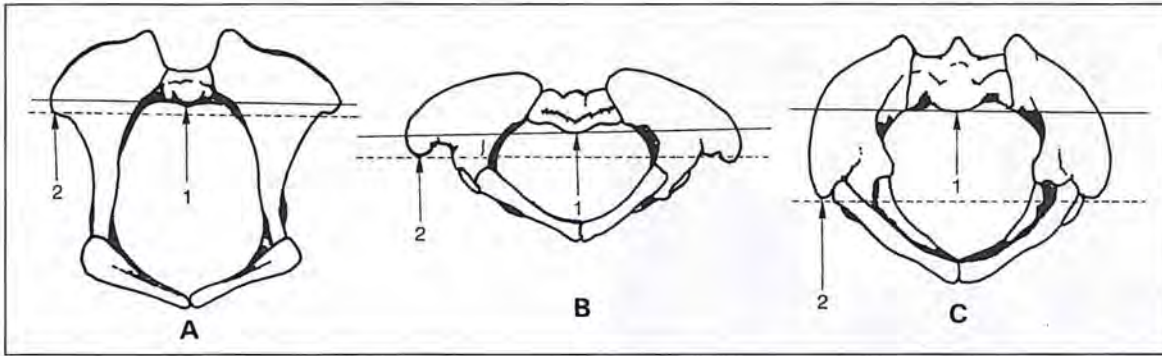


Abb. 3: Das Becken von (A) Großaffe, (B) AL 288-1 („Lucy“) und (C) Mensch aus der Perspektive von oben (nach ABITBOL 1995). Bei den Großaffen sind das Promontorium und die oberen vorderen Darmbeinstachel nahezu in gleicher Höhe gelegen und ein Bestandteil der hinteren Bauchwand. Beim Menschen ist das Promontorium Bestandteil der hinteren und die vorderen oberen Darmbeinstachel Teil der vorderen Bauchwand. Bei „Lucy“ sind die vorderen oberen Darmbeinstachel nur gering weiter vor dem Promontorium als bei den Pongiden lokalisiert. In aufrechter Körperhaltung sind die vorderen oberen Darmbeinstachel Bestandteil der vorderen Bauchwand und das Promontorium unmittelbar hinter der vorderen Bauchwand lokalisiert. Solche Verhältnisse werden beim Menschen unter normalen Bedingungen nicht beobachtet. Abkürzungen: (1) Promontorium des Kreuzbeins, (2) vorderer oberer Darmbeinstachel (Spina iliaca anterior superior)

sind Becken und Wirbelsäule nicht aufrecht (Abb. 2B).

In der mehr vertikalen Ausrichtung der Kreuzbeinbasis ist AL 288-1 den Quadrupeden sehr ähnlich und deutlich von *Homo sapiens* verschieden.

Zu schon bestehenden Argumenten gegen eine menschliche Körperhaltung und Fortbewegung der Australopithecinen (Übersicht siehe BRANDT 1995) hat ABITBOL (1995) ein weiteres wichtiges hinzugefügt.

Dank: Dr. Reinhard JUNKER danke ich für die Anfertigung der drei Abbildungen.

Michael Brandt

Literatur

- ABITBOL MM (1995) Lateral view of *Australopithecus afarensis*: Primitive aspects of bipedal positional behavior in the earliest hominids. *J. Hum. Evol.* 28, 211-229.
- BRANDT M (1995) Der Ursprung des aufrechten Ganges. Neuhausen-Stuttgart, Edition Pascal.
- GROLLE J (1995) Siegeszug aus der Sackgasse. Neue Knochenfunde vom Urmenschen und die Entstehung des *Homo sapiens* (I). *Spiegel* 42/95, 218-239.
- LOVEJOY CO (1988) Evolution of human walking. *Sci. Am.* 259, 118-125.
- WEAVER KL, BRILL DL & MATTERNES JH (1985) The search of our ancestors. *Nat. Geog.* 168, 560-623.

Schnelle Artbildung bei der Gauklerblume (*Mimulus*) durch Variation von Blütenmerkmalen?

Nach gängiger Vorstellung entstehen neue Arten dadurch, daß geographisch getrennte Populationen über einen langen Zeitraum hinweg so lange durch Mutationen entstandene genetische Veränderungen erfahren, bis sie schließlich reproduktiv isoliert sind. Dabei ist es eine alte Streitfrage unter Evolutionsbiologen, ob die notwendigen Veränderungen auf eine Vielzahl von kleinen Mutationsschritten zurückgehen (Gradualismus) oder ob sie das Ergebnis weniger Mutationereignisse von entsprechend großer Tragweite sind. Die Vorstellung der Kleinmutationen ist die klassische, weithin akzeptierte, wie sie auch von DARWIN vertreten wurde: „Natura non facit saltus“ = „Die Natur macht keine Sprünge“. Die Vorstellung der Großmutatio-

nen (sprunghafte Evolution) hat hingegen vergleichsweise wenige Anhänger.

In der anhaltenden Diskussion über diese wichtige Frage der Evolution kommt einer im August 1995 in *Nature* erschienenen Arbeit über die Gauklerblume (*Mimulus*) eine besondere Bedeutung zu. BRADSHAW und Mitarbeiter von der University of Washington in Seattle konnten durch Verwendung moderner genetischer Methoden erstmals in umfassender Form Ergebnisse vorlegen, die im Sinne schneller Artbildung interpretiert werden können. Ob dieses Beispiel repräsentativ ist, wird sich zeigen müssen. Immerhin dürften die Ergebnisse für viele Biologen sehr überraschend sein, da sie für Großmutationen und damit