



Unser Studiengelände liegt im Nordosten Äthiopiens in der Region Dikika. Die weite, karge Landschaft von Dikika birgt Jahrtausende altes Gebein. Seit fünf Jahren suchen wir die Böschungen entlang eines ausgetrockneten Flussbeckens ab und durchsieben den Boden nach Knochen, die das Wasser, das einst durch das Becken floss, bergab gespült hat. Mittagstemperaturen bis 50° Celsius lassen die Arbeit zur Qual werden; nirgends gibt es ein schattiges Plätzchen. Bisher besteht unsere Ausbeute aus einer Fülle fossiler Säugertiere, darunter Elefanten, Flusspferde und Antilopen. Menschliche Überreste sind nicht dabei.

sie die bruchstückhaften Teile eines Fundes wieder zusammenfügen und nicht auseinanderpulen. Mit Hilfe eines Zahnarztbohrers entfernen sie den harten Sandstein Korn für Korn aus den Rippenzwischenräumen und der gekrümmten Wirbelsäule. Es dauert vier Jahre bis das gesamte Skelett geborgen werden kann. Zahlreiche Forscher, u.a. vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig, und mehr als 40 Feldforschungsassistenten sind an der Ausgrabung beteiligt.

Der neue Skelettfund ist der älteste und vollständigste, der jemals von einem kind-

Auf den Zahn gefühlt – dem Leben unserer Urahnen auf der Spur

Doch im Dezember 2000 werden die Paläoanthropologen endlich fündig: In einer dicken Sandsteinlage stoßen sie auf die Teile eines Kinderskeletts. Das winzige Gesicht lugt aus einem staubigen Hang hervor. Es handelt sich um die fossilen Überreste eines **Hominiden**, wie man die frühen Vorfahren des Menschen nennt; ein *Australopithecus afarensis*, wie die Forscher später feststellen werden. Damit gehört das Kind zur gleichen Art wie „Lucy“, jenes weltberühmte, rund 3,2 Millionen Jahre alte weibliche Skelett, das 1974 in der gleichen Region Afrikas ausgegraben wurde. Vermutlich hat eine Flutwelle es vor etwa 3,3 Millionen Jahren mitgerissen und dann sehr schnell unter Kies und Sand begraben, so dass es vor Aasfressern und der Witterung geschützt war. Sämtliche Knochen des oberen Skelettteils sind in einem sehr kompakten Sandsteinblock eingeschlossen – für die Paläoanthropologen eine ungewohnte Herausforderung, denn in der Regel müssen

lichen menschlichen Vorfahren gemacht worden ist, denn im Gegensatz zu „Lucy“ hat das Kind auch Finger, einen Fuß und einen vollständigen Rumpf. Und vor allem: Es hat ein Gesicht (**Abb. B**). „Wir können die Milchzähne sehen und die bleibenden Zähne, die noch im Kiefer stecken. Wir haben fast alle Wirbel, Rippen und die



► Mittels Computertomografen analysieren die Forscher die Zahnstrukturen – sie geben Auskunft über die Wachstumsraten der frühen Hominiden. Mit einem 3-D-Drucker können sie dann eine vergrößerte Gips-Version des Zahns erstellen.



→ Schulterblätter. Und wir haben Ellbogen, Hände, Beinknochen und fast einen kompletten Fuß, bei dem nur die Zehenspitzen fehlen“, beschreibt Zeresenay Alemseged, der aus Äthiopien stammende und in Leipzig arbeitende Projektleiter, den Fund in einem Interview mit dem Deutschlandradio im September 2006.

VIRTUELLER BLICK IN ALTE KNOCHEN

Am Diagnostischen Zentrum in Nairobi, Kenia, wird das Skelett mittels **Computertomografie** untersucht. In der Medizin zählt diese Technik zu den diagnostischen Standardwerkzeugen. Doch lässt sie sich prinzipiell auch zur Untersuchung fossiler Knochen einsetzen. Das Funktionsprinzip ist dasselbe: Eine rotierende Röntgenquelle durchleuchtet das Objekt schichtweise aus verschiedenen Richtungen, wobei der Röntgenstrahl – in Abhängigkeit von der Dichte der Strukturen – unterschiedlich stark abgeschwächt wird. Die gegenüberliegenden Detektoren empfangen dieses abgeschwächte Signal, bereiten es elektronisch auf und leiten es an einen Computer zur Auswertung weiter. Von der jeweils selben Schicht entstehen auf diese Weise verschiedene Ansichten, die der Computer schließlich zu einem Graustufenbild umrechnet. Das computertomografische Bild des 13 Zentimeter großen Schädels macht auch die im Ober- und Unterkiefer bereits angelegten, noch unfertigen bleibenden Zähne des Dikika-Kindes sichtbar.

B



„Wir können heute mit biochemischen Methoden, Gensequenzanalysen und Computertechnik immer mehr aus fossilen Knochen herauslesen und so etwas über die Lebensweise, die Lebensbedingungen und den Lebensverlauf der Frühmenschen erfahren“, beschreibt Max-Planck-Direktor Hublin die weitreichenden methodischen Umwälzungen in seinem Forschungsgebiet. So erlaubt die computertomografische Untersuchung von Zähnen zuvor unzugängliche Entwicklungsmerkmale virtuell freizulegen, ohne das Fundstück dabei zu zerstören. Zähne gehören zu den häufigsten und am besten erhaltenen fossilen Belegen und können Auskunft geben über das Alter und das Geschlecht des Fossilienfundes. Die **Zahnentwicklung** beginnt bei Menschen und Menschenaffen vor der Geburt und dauert während des Heranwachsens an. Entwicklungsgeschwindigkeit und -zeit werden dabei fortwährend als Wachstumslinien – ähnlich wie die Jahresringe von Bäumen – im Zahnschmelz und im Zahnbein gespeichert und bleiben darin unverändert über Millionen von Jahren erhalten. Die Forscher können also durch Analyse des Zahnmaterials in Hinblick sowohl auf die Makrostruktur (z.B. Kronenbildung) als auch auf die Mikrostruktur des Zahnschmelzes Aussagen über die Wachstumsraten der Hominiden treffen.

Hublins Mitarbeiterin Tanya Smith hat den 160.000 Jahre alten Unterkiefer eines *Homo sapiens* untersucht, der aus einer Grabungsstätte in Marokko stammt (**Abb. C**). Das Kind muss zum Zeitpunkt seines Todes etwa acht Jahre alt gewesen sein. Die fossilen Überreste seiner Zähne weisen einen Entwicklungsstand auf, der dem eines gleichaltrigen heute lebenden Kindes entspricht. Beim Neandertaler – das konnte die Forscherin im Rahmen der Untersuchung eines 100.000 Jahre alten Fundes zeigen – vollzog sich das Zahnwachstum dagegen deutlich schneller: So war das achtjährige Neandertaler-Kind von der

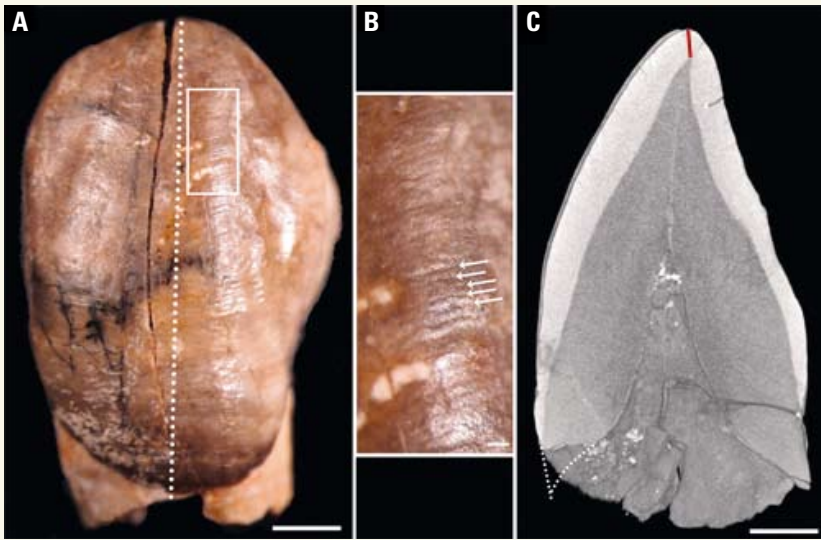
◀ **Der Schädel gehört zu einem 3,3 Millionen Jahre alten, fast vollständig erhaltenen Skelett eines dreijährigen Mädchens, das im Jahr 2000 in der Region Dikika im äthiopischen Hochland gefunden wurde.**

Fundstelle Scladina in Belgien in seiner Entwicklung auf dem Stand eines 10-12 Jahre alten Menschenkindes. *Homo sapiens* ist also ein echter Spätentwickler, und das offenbar schon seit langem. „Diese lange Kindheitsphase hat dem modernen Menschen vermutlich einen entscheidenden evolutionären Vorteil eingebracht“, sagt Hublin. Denn erst die ausgedehnte Entwicklungs- und Wachstumsperiode sowie die damit verbundene lange Kindheit verschaffte *Homo sapiens* die notwendige Zeit, um seine kognitiven Fähigkeiten maßgeblich zu erweitern.

HERUNTER VON DEN BÄUMEN

Aus dem Stadium der Zahnentwicklung beim Dikika-Kind schließen die Forscher, dass es ungefähr drei Jahre alt gewesen sein dürfte. Die Kronen der bleibenden Zähne liegen noch im Knochen, sind aber teilweise schon voll ausgebildet. Die Forscher haben sie vermessen und schließen aus dem Vergleich mit Zähnen anderer *Australopithecus afarensis*-Fossilien, dass es sich bei dem Dikika-Kind wohl um ein kleines Mädchen gehandelt hat. Der mit Sandstein ausgefüllte Schädel liefert einen Abdruck des natürlichen Gehirns. Mit einem Volumen von etwa 330 Kubikzentimeter unterscheidet es sich nicht sehr von dem eines gleichaltrigen Schimpansen. Wenn man das Gehirnvolumen des dreijährigen Kindes aber mit dem eines erwachsenen Vertreters seiner Art vergleicht, dann stellt man fest, dass seine Gehirngröße nur zwischen 63 bis 88 Prozent der eines erwachsenen *Australopithecus afarensis* erreicht; ein dreijähriger Schimpanse hingegen verfügt bereits über mehr als 90 Prozent des Gehirnvolumens eines erwachsenen Schimpansen. „Das könnte ein Hinweis auf ein langsames Gehirnwachstum sein“, sagt Alemseged. Um beurteilen zu können, ob der Befund für *Australopithecus afarensis* tatsächlich repräsentativ ist, wären mehrere solcher Skelette – vor allem von Kindern verschiedenen Alters – notwendig, „aber Fossilien von kleinen Kindern sind extrem selten, alleine schon wegen ihrer zarten, unausgereiften Knochen“, bedauert der Paläoanthropologe.

Grundlegende Informationen zur Fortbewegung und Körpergröße des *Australopithecus afarensis* können die Forscher von den Skelettteilen unterhalb des Schädels, Postcranium genannt, ableiten. Der Oberschenkelknochen, das Schienbein und der Fuß des Kindes liefern den Beweis, dass *Austra-*



◀ Eckzahn eines 160 000 Jahre alten Fossilienfundes von *Homo sapiens*. Auf der Oberfläche finden sich sogenannte Retzius-Linien, die ein Maß für die Wachstumsrate sind (vergrößerter Ausschnitt in der Mitte). Rechts ein virtueller Längsschnitt, der erlaubt die Dicke des Zahnschmelzes (rote Linie in der Spitze) und die Länge der Zahnwurzel (gepunktete weiße Linie) abzuschätzen (Maßstab 2 mm bzw. 0.2 mm).

© Aus: PNAS 2007 104:6128-6133

Position. Er spielt vermutlich eine wichtige Rolle bei der Produktion menschlicher Sprache und könnte den Forschern helfen, die Konstruktion und Evolution des menschlichen Sprechapparates besser zu verstehen. Die Beschaffenheit dieses Knochens bei ausgestorbenen Hominiden-Arten ist weitgehend unbekannt. Das einzige bislang gefundene Neandertaler-Zungenbein sieht menschlich und nicht schimpansenähnlich aus. Der Zungenbeinknochen des Dikika-Mädchens ähnelt dagegen dem afrikanischer Menschenaffen. Damit bestätigt dieser Fund Berechnungen der britischen Anatomin Margaret Clegg und ihrer Kollegin, der Anthropologin Leslie Aiello, die 2002 mittels statistischer Analyse von Affen- und Menschenschädeln versucht haben, Indikatoren für die Form des Zungenbeins zu finden. Ihren Voraussagen zufolge haben die Australopithecinen eine ähnliche Zungenbeinform wie Schimpansen und Gorillas gehabt. Doch schon bei den anatomischen Übergangsformen zwischen *Australopithecus* und der Gattung *Homo* soll sich das Zungenbein in die menschliche

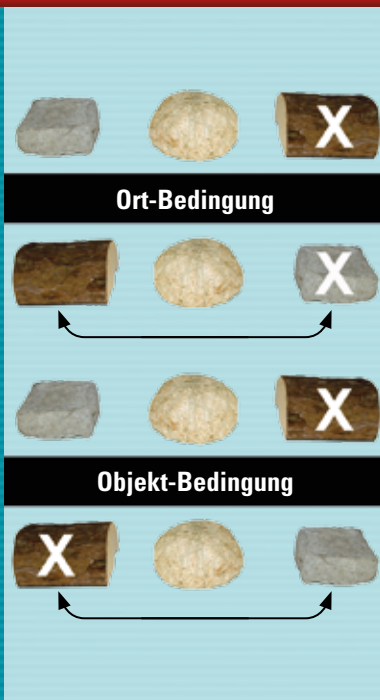


lopithecus afarensis bereits im Alter von drei Jahren aufrecht gegangen ist – jedoch auf eine andere Art und Weise als wir (erst *Homo erectus* entwickelt vor 1,7 Millionen Jahren eine Art des aufrechten Gangs, die im wesentlichen mit der Fortbewegungsweise der modernen Menschen übereinstimmt). Die beiden vollständig erhaltenen Schulterblätter – die ersten, die man von Australopithecinen gefunden hat – ähneln denen eines jungen Gorillas und erleichterten wahrscheinlich das Klettern. „Wir gehen davon aus, dass sich diese Frühmenschen noch gut in Bäumen fortbewegen konnten“, so der äthiopische Projektleiter. Was auch nicht weiter verwundert: Verschiedene Strukturen

und Organe evolvieren in der Regel unterschiedlich schnell, so dass ein **Mosaik** von ursprünglichen und abgeleiteten Merkmalen entsteht. Jene Selektionskräfte, die den aufrechten Gang hervorbrachten, haben zuerst auf die Hinterbeine und das Becken gewirkt; die Arme und die Schulterpartie waren zunächst weniger bedeutsam, „deshalb passt die untere Körperhälfte des *Australopithecus* gut zum aufrechten Gang, während Oberkörper und Arme altmodischer wirken“, erklärt Jean-Jacques Hublin.

Ein besonders seltener und aufregender Teil des Dikika-Fundes ist das **Zungenbein**. Dieser zarte Knochen hält Zunge und Kehlkopf in

DIE URSPRÜNGE MENSCHLICHEN DENKENS



Wie verstanden unsere evolutionären Vorfahren ihre Welt? Welche Strategien benutzten sie zum Beispiel, um Nahrung zu suchen? All das ist in Fossilien nicht festgehalten, Forscher vom Max-Planck-Institut für Psycholinguistik und für evolutionäre Anthropologie haben sich daher der vergleichenden psychologischen Forschung bedient: Sie verglichen Orang-Utan, Gorilla, Bonobo, Schimpanse und Mensch in ihren Vorlieben für bestimmte kognitive Strategien, um versteckte Gegenstände wieder zu finden. In ihren Versuchen versteckten die Forscher Gegenstände auf zwei verschiedene Arten: Entweder war der Gegenstand zwar am selben Ort zu finden, an dem er vorher versteckt wurde (z.B. auf der rechten Seite des Tisches), dafür lag er nun unter einem anderen Objekt (z.B. unter einem Stein statt einem Holzklötz). Oder das Objekt blieb unverändert, aber seine Platzierung wechselte. Tatsächlich bevorzugten alle vier Menschenaffen und einjährige Kleinkinder den Ort als Hinweis, um Verstecktes wieder zu finden, selbst wenn es jetzt unter einem völlig anderen Objekt versteckt war. Das Ergebnis legt nahe, dass diese Präferenz Teil des evolutionären Erbes unseres letzten gemeinsamen Vorfahren ist, welcher vor etwa 15 Millionen Jahren ausstarb. Im Gegensatz zu den jüngeren Kindern sahen dreijährige Kinder jedoch das Objekt, unter welchem ein Gegenstand versteckt wurde, als verlässlichsten Hinweis an, und zwar auch dann, wenn das Versteck ursprünglich an einem ganz anderen Ort war. Die Wissenschaftler haben hinreichend Hinweise, dass einjährigen Kindern und Menschenaffen nicht die Fähigkeit für eine solche Objekt-basierte Strategie fehlt, sondern dass sie lediglich den Einsatz einer Standort-basierten Strategie bevorzugen. Offenbar führt die weitere kognitive Entwicklung beim Menschen dann dazu, dass er diese Präferenzen neu gewichtet.

© Heuer/MPI für Psycholinguistik



© Wiss. Rekonstruktionen: W. Schnaubelt & N. Kieser – Atelier WILD LIFE ART für das Hessische Landesmuseum Darmstadt

▲ Die Hominidenfamilie (obere Reihe von links): *A. afarensis*, *K. platyops*, *P. boisei*, *H. neanderthalensis*, *H. habilis*, und (untere Reihe von links) *A. africanus*, *H. erectus*, *A. anamensis*, *H. rudolfensis*.

→ Richtung verändert haben – ein Hinweis dafür, dass der frühe Urmensch seinen Stimmapparat anders verwendete als seine Ahnen. 600.000 Jahre alt – es ist der Fund eines *Homo heidelbergensis* in Spanien – ist der früheste direkte Beleg für die typisch menschliche Zungenbeinform.

Australopithecus afarensis steht an der Wurzel des Stammbaumes zum *Homo sapiens* – doch zwischen diesen ersten Menschen vor etwa vier bis drei Millionen Jahren und den ersten unbestritten anatomisch modernen Menschen vor ungefähr 100.000 Jahren liegt ein langer Zeitraum. Die Fossilüberlieferung beweist, dass in dieser Zeitspanne viele verschiedene Menschentypen existierten (Abb. D). Sie gehörten nicht einem einzelnen, sich entwickelnden Stamm an, sondern stellen vielmehr eine ganze Reihe getrennter Evolutionszweige dar (der menschliche Stammbaum gleicht einem sich verzweigenden Busch). Tatsächlich liegt der größte Teil der bekannten fossilen Menschen im strengen evolutionsbiologischen Sinne nicht direkt auf dem Pfad zu *Homo sapiens*; die meisten von ihnen können ebenso gut Seitenzweige und Sackgassen gewesen sein, von denen keine Spur in die moderne Welt führt.

Dass die Entwicklung zum *Homo sapiens* nicht linear verlief, muss nicht erstaunen. Denn der zentrale Punkt bei der Evolution ist nicht der Fortschritt, sondern das Hervorbrin-

gen verschiedenartiger Formen, Varietäten wie Darwin sie nannte. Afrika, die Wiege der menschlichen Spezies, erwies sich dabei als besonders gut geeigneter Ausgangspunkt für evolutionäre Neuerungen. Warum das so ist? Betrachtet man die Erde als Ganzes, so stößt man auf ein charakteristisches Verbreitungsmuster der Arten: Von den Tropen bis zur Arktis nimmt die Zahl der Arten schrittweise ab (und dieses Verteilungsmuster gilt für alle Lebensformen). Das liegt vor allem daran, dass der Äquatorregion erheblich größere Energiemengen (in Form von Sonneneinstrahlung) zur Verfügung stehen als der Arktis, wodurch sich wesentlich mehr Lebensformen entwickeln können. Eine vielfältig strukturierte Umgebung bringt aber auch weitere Artenvielfalt hervor – oder kurz gesagt: Diversität erzeugt Diversität.

AN ANDERE NISCHEN ANGEPASST

Von anderen Tiergruppen ist uns das ganz geläufig, zum Beispiel den Bovidae, paarhufige Wiederkäuer mit Hörnern. Afrika ist ihr Hauptverbreitungsgebiet, aber sie sind auch auf allen anderen Kontinenten (mit Ausnahme von Australien) anzutreffen. Zu dieser Familie zählen die winzigen Dikdiks ebenso wie der massige Kaffernbüffel. Wollte man ihre Entwicklung als fortschreitende Stufenleiter betrachten, so käme man in erhebliche Schwierigkeiten. Denn die Merkmale der verschiedenen Bovidae sind keineswegs Kennzeichen einer evolutionären Weiterentwicklung, sondern resultieren aus

der Anpassung an die jeweiligen Anforderungen der vielfältigen Lebensräume und des damit verbundenen Nahrungsangebots. Die meisten Tiergruppen sind insbesondere in den frühen Abschnitten ihrer Evolutionsgeschichte sehr unterschiedlich ausgestaltet, und es gibt keinen Grund, warum dies ausgerechnet bei der menschlichen Evolution anders gewesen sein sollte.

So mancher sieht im aufrechten Gang viel lieber einen Fortschritt als eine Alternative zur vierfüßigen Fortbewegungsweise. Aber wir sollten uns fragen, ob nicht beispielsweise die unterschiedliche Gehirngröße bei den Hominiden schlichtweg eine Anpassung an verschiedene Lebensräume sein könnte. Die Fossilienüberlieferung zeigt, was es mit der angeblichen Weiterentwicklung auf sich hat: Tatsächlich lebte *Australopithecus robustus* mit seinem relativ kleinen Gehirn zur gleichen Zeit wie der mit einem größeren Gehirn ausgestattete *Homo*. Die verschiedenen Hominiden stellen nichts anderes dar als alternative Antworten auf die vielfältigen Umweltbedingungen (adaptive Radiation).

Vergegenwärtigt man sich dieses Muster, so drängt sich die Frage auf, welche Rolle dann noch die menschliche Einzigartigkeit spielt. Bei der Betrachtung von Menschen und Menschenaffen klafft eine vermeintlich große Lücke zwischen uns und unseren nächsten Verwandten. Doch dieser evolutionäre Raum war in der Vergangenheit kein Vakuum, sondern enthielt zahlreiche weitere Hominidenformen, auch wenn sie nicht alle zur selben Zeit lebten. Hätten die robusten Australopithecinen in Afrika überlebt, hätten sich die Neandertaler in Sibirien oder der *Homo erectus* auf Java erhalten, dann würden uns die Unterschiede zwischen Menschen und Schimpansen längst nicht so beeindrucken.

Schlagwörter: Hominiden, Computertomografie, Zahnentwicklung, Mosaikrevolution, Zungenbein, Stammbaum

Lesetipps: Robert Foley, *Menschen vor Homo sapiens*, Jan Thorbecke Verlag, 2000; Peter F. Weber, *Der domestizierte Affe – Die Evolution des menschlichen Gehirns*, Patmos-Verlag 2005; Ruth Berger, *Warum der Mensch spricht*, Eichborn 2008

Internet-Tipps: <http://www.zdf.de/ZDFmediathek/content/216464>

WWW.MAX-WISSEN.DE

– der Link zur Forschung für Schüler und Lehrer

Hier finden Sie Hintergrundinformationen und didaktisches Material zu den jeweils zweimal im Jahr erscheinenden Ausgaben von BIOMAX, GEOMAX und TECHMAX. Weitere Exemplare können Sie kostenlos bestellen bei: