

der so sehr in die Länge zog, hatten sich die Mütter nun meist gleichzeitig um mehrere Kinder zu kümmern. Die Geschwister traten als Spielgefährten und Leitfiguren der Kindheit auf den Plan.

In doppelter Hinsicht erwies sich dies als bedeutungsvoll: Zum einen erzwingt die Aufzucht einer ganzen Kinderschar familienähnliche Strukturen, die fortan das soziale Leben der Menschen geprägt haben müssen. Zum anderen verringerte sich der Abstand der Geburten. Die Folge war eine höhere Fruchtbarkeit.

Augenscheinlich wird dies beim Vergleich von Schimpansenhorden mit Naturvölkern: Schimpansen stillen ihre Jungen meist erst nach viereinhalb Jahren ab. Erst danach wird das Muttertier wieder trächtig – den typischen Abstand zwischen zwei Geburten geben Primatologen mit fünf-einhalb Jahren an.

Ganz anders beim Menschen: Hier werden Kinder selten länger als zweieinhalb Jahre gestillt. Danach dauert es ohne Verhütung meist nicht lange bis zur nächsten Schwangerschaft. So kann eine Frau durchaus mehr als ein Dutzend Kinder gebären und sich anschließend sogar noch um ihre Enkel kümmern. Eine Schimpansin hingegen bringt im Laufe ihres Lebens selten mehr als fünf Nachkommen zur Welt.

Die erhöhte Fruchtbarkeit könnte sich für den modernen Homo sapiens im eiszeitlichen Europa durchaus als wesentlicher Vorteil im Wettstreit mit seinem Vetter, dem Neandertaler, erwiesen haben. Möglicherweise obsiegte er schlicht dank seiner Kinderzahl.

Das allerdings dürfte schwer zu beweisen sein. Und auch die Frage, welchen Einfluss der Kindersegen auf das Stammes-

leben hatte, lässt sich anhand paläontologischer Befunde kaum klären.

Lange Kindheit, Mitgefühl und Sprache – vermutlich bedingten sich die evolutionären Innovationen gegenseitig. Was davon den Ausschlag gab, wird sich vielleicht nie entscheiden lassen. Der Diskussionsstoff jedenfalls wird den Leipziger Menschheitsforschern nicht ausgehen.

Gut möglich auch, dass sich die Trennlinie zwischen Mensch und Tier am Ende als ausgesprochen unscharf erweist. Genforscher Enard jedenfalls bezweifelt, dass die Wissenschaftler die eine Eigenschaft finden werden, die den Menschen zum Menschen machte. Der Suche nach dem einen Gen, so sein Verdacht, liege womöglich eine versteckte christliche Sehnsucht zugrunde: „Manchmal scheint es mir, als hofften viele, so etwas wie den Fingerabdruck Gottes zu finden.“ JOHANN GROLLE

SPIEGEL-GESPRÄCH

„Wir sind Beißspezialisten“

Der US-Paläontologe Neil Shubin über den Fisch, den Säuger und den Affen im Menschen sowie die Bedeutung von Liegestützen für die Evolution des Homo sapiens

Shubin ist Autor eines Buches, in dem er die Evolutionsgeschichte des menschlichen Körpers erzählt. Er ist Experte für die Evolution der Gliedmaßen und hat ein bedeutsames Fossil entdeckt, das den Übergangsschritt vom Fisch zum Landtier markiert. Als Dekan des Anatomiefachbereichs an der University of Chicago hat Shubin, 48, auch den Anatomiekurs für Mediziner geleitet.*

SPIEGEL: Professor Shubin, wenn Sie im Anatomiekurs eine Leiche sezieren, welches ist für Sie der schwierigste Moment? Wenn Sie zum ersten Mal das Skalpell ansetzen?

Shubin: Nein, gar nicht. Sie beginnen mit dem Brustkorb – und der Körper vor Ihnen kommt Ihnen vor wie ein Wachsmo- dell. Erst wenn irgendwann die Hand an die Reihe kommt, ist plötzlich alles anders. Sie sehen die Schwielen, die Fingernägel, manchmal sind sie angemalt. Und auf einmal ist Ihnen bewusst: Das ist ein Mensch, eine Person, die gelebt hat.

SPIEGEL: Glauben Sie nicht, dass Sie da befangen sind? Sie selbst haben sich eben besonders intensiv mit der Evolution der Hand befasst ...

Shubin: ... o nein. Ich bin nicht der Einzige, dem es so geht. Wenn Sie die Hand einer Leiche freilegen, spüren Sie sofort die



Evolutionforscher Shubin: „Ich sehe den menschlichen Körper wie durch ein Fernrohr“

* Neil Shubin: „Der Fisch in uns“. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main; 284 Seiten; 19,90 Euro.

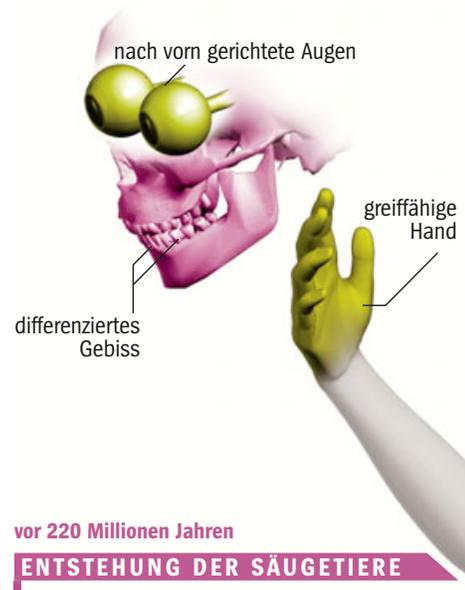
Erbschaft aus der Urzeit

Wie drei große Evolutionsschritte die Gestalt des Menschen geprägt haben

vor 75 Millionen Jahren

ENTSTEHUNG DER PRIMATEN

- ▶ **Räumliches Sehen** durch nach vorn gerichtete Augen mit sich überlappenden Sehfeldern
- ▶ **Greiffähige Hände** durch vollbewegliche Finger und die Oppositionsstellung des Daumens
- ▶ **Wachstum der Großhirnrinde**, die besonders für die bessere Verarbeitung von Sehreizen und die motorische Steuerung der Hand erforderlich war



vor 220 Millionen Jahren

ENTSTEHUNG DER SÄUGETIERE

- ▶ **Differenziertes Gebiss** mit Schneide-, Eck- und Backenzähnen zur Nutzung eines breiten Nahrungsangebots
- ▶ **Milchdrüsen** zum Säugen des Nachwuchses; vermutlich gleichzeitig entstehen Milchzähne
- ▶ **Verfeinertes Gehör**, das vor allem der Verwandlung von Kieferknochen in die kleinen Gehörknöchelchen des Mittelohrs zu verdanken ist

vor 370 Millionen Jahren

LANDGANG DER WIRBELTIERE

- ▶ **Hand- und Fußgelenke** am Ende der Gliedmaßen erleichtern anfangs vor allem das Abstützen des Körpers im flachen Wasser.
- ▶ **Halswirbel** ermöglichten es, den Kopf zu drehen und nach oben zu recken, um nach Beute zu schnappen.
- ▶ **Luftatmung** wurde immer wichtiger; eine Lunge hatte sich schon zuvor bei Süßwasserfischen gebildet

Reaktion im Anatomiesaal. Auch den Studenten wird dann plötzlich klar: Dies war ein menschliches Wesen, das Dinge getan hat genau wie ich selbst. Nichts verkörpert unser Tun so wie die Hand.

SPIEGEL: Wenn Sie nun aber Ihre Brille als Paläontologe aufsetzen – was sehen Sie dann beim Betrachten einer solchen Hand? Eine Flosse mit Fingern?

Shubin: Ja, so könnte man es bezeichnen. Oder anders ausgedrückt ließe sich sagen: Als Paläontologe sehe ich den menschlichen Körper wie durch ein Fernrohr.

SPIEGEL: Wie meinen Sie denn das?

Shubin: Wenn Sie durch ein Teleskop die Sterne am Himmel betrachten, dann sehen Sie uraltes Licht. Auf ähnliche Weise sehe ich auch in unserem Körper etwas Uraltes. Die Grundstruktur der Hand beispielsweise taucht erstmals auf in einem Fisch, der vor etwa 375 Millionen Jahren lebte.

SPIEGEL: Ist die Hand nicht viel jünger? Ein Erbe der Affen?

Shubin: Die Hand in ihrer modernen Form schon. Die Grundstruktur aber ist viel älter. Wir können versuchen, die evolutionäre Geschichte unseres Körpers Schicht um Schicht zu lesen. Und eine der jüngsten



Shubin beim SPIEGEL-Gespräch*
„Unser Körper ist etwas Uraltes“

Schichten, da haben Sie recht, ist diejenige, die wir mit allen Primaten teilen.

SPIEGEL: Was an unserem Körper verdanken wir unserer Geschichte als Primaten?

Shubin: Zunächst einmal, wie Sie sagten, die Art, wie wir unsere Hand benutzen, vor allem den Daumen. Dann sind da die anatomischen Änderungen im Gesicht, die binokulares und damit dreidimensionales Sehen möglich machten. Hinzu kommt natürlich das besonders entwickelte Großhirn.

SPIEGEL: Hand, Hirn und räumliches Sehen – hängt all das zusammen?

Shubin: Unbedingt. Wenn wir Dinge präzise manipulieren wollen, dann brauchen wir Auge und Hirn. Deshalb ist der Ursprung der Primatenhand ganz eng gekoppelt mit dem Sehen und dem Gehirn. Man könnte hier von einer Art evolutionärem Paket mehrerer Merkmale sprechen.

SPIEGEL: Im Menschen stecken eine Reihe solcher Pakete. Wie zum Beispiel sieht das

Paket aus, das wir von den Ur-Säugetieren geerbt haben?

Shubin: Ich würde es als das „Hören-und-Kauen-Paket“ beschreiben. Besonders die Wandlung des Mittelohrs ist hier bemerkenswert. Wenn ich jetzt zu Ihnen spreche, dann bewegt sich Ihr Trommelfell vor und zurück. Und mit ihm bewegen sich drei winzige Knöchelchen in Ihrem Ohr, die diese Schwingungen an Ihr Innenohr weiterleiten. Zwei dieser Knöchelchen aber sind schlicht Kieferknochen von Reptilien. Genau zu der Zeit nämlich, als sich die Säugetiere aus den Reptilien entwickelten, verwandelte sich das Kiefergelenk. Ehedem hatte der Kiefer aus vielen Knochen bestanden. Doch dann schrumpften zwei dieser Knochen, wanderten ins Ohr und wurden dort zu den kleinen Mittelohrknochen, die uns heute erlauben, so gut zu hören.

SPIEGEL: Und das, sagen Sie, hat zugleich mit dem Kauen zu tun?

Shubin: Ganz genau. Wie bei den Primaten haben wir es auch hier mit einem Paket verschiedener Veränderungen zu tun. Der Ursprung der Säugetiere fällt nämlich ziemlich genau mit dem Zeitpunkt zusammen, da die Zähne des Ober- und des Unterkiefers erstmals präzise ineinandergreifen. Und nun stellt sich heraus: Diese Präzision beim Beißen ist eine Begleiterscheinung der Verwandlung des Kiefers, die ihrerseits das Hören verfeinerte.

SPIEGEL: Ist das Beißen für Säugetiere wichtiger als für Reptilien?

Shubin: Wir müssen davon ausgehen. Jedenfalls sind wir Säuger ausgesprochene Beißspezialisten, bei denen sich auch die Form der Zähne dramatisch verändert und diversifiziert hat. Ihre Vorderzähne zum Beispiel sind spezialisierte Messerschneiden, während Ihre Backenzähne eher einem Mörser gleichen. Reptilien dagegen haben meist nur einen Typ Zahn im Mund.

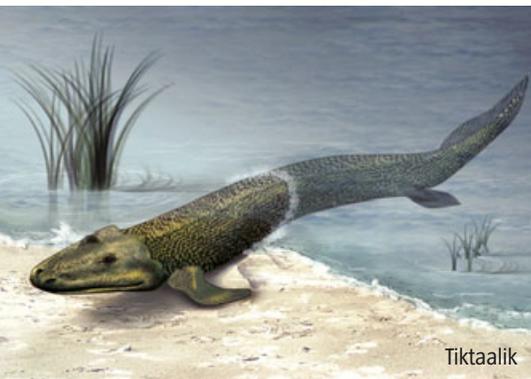
SPIEGEL: Woher kommt diese plötzliche Freude an der Variation?

Shubin: Es scheint eine Art universelles genetisches Rezept zu geben, nach dem sich aus der Haut neue Strukturen hervorbringen lassen. Haare, Drüsen, Schuppen, Zähne – all das entwickelt sich aus der Haut, und zwar nach einem sehr ähnlichen entwicklungsbiologischen Programm. Säugetiere sind offenbar extrem gut darin, dieses Programm zu variieren. Wir haben zum Beispiel Schweiß- und Brustdrüsen, Haare – und eben all die verschiedenen Sorten von Zähnen.

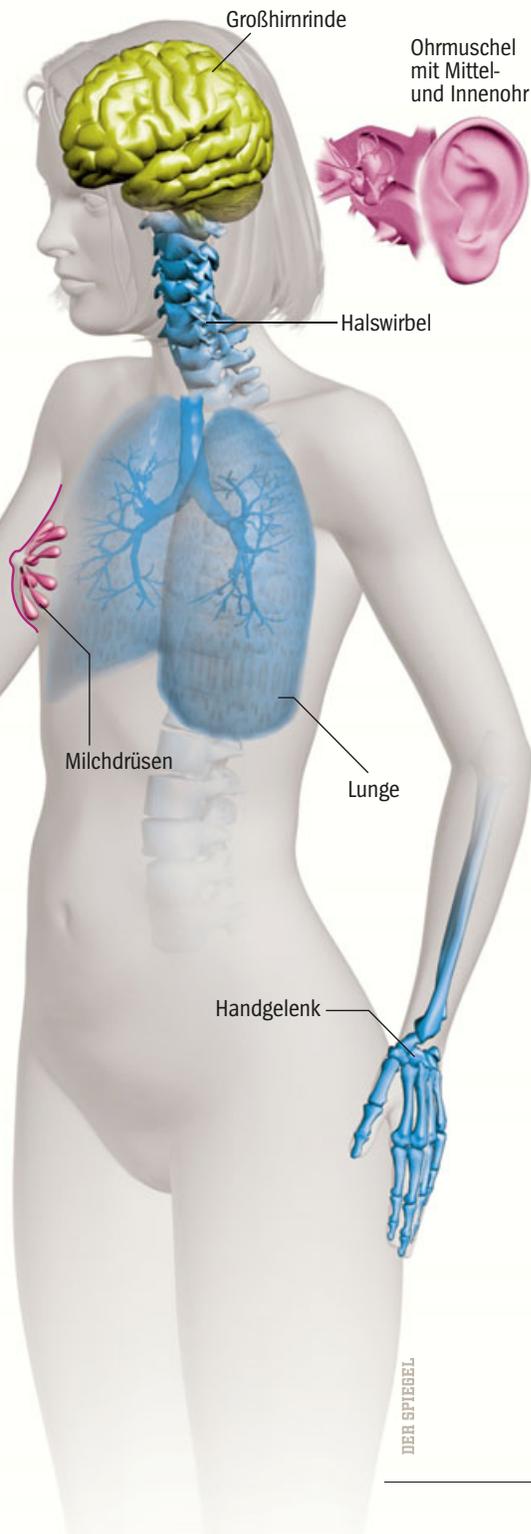
SPIEGEL: Brustdrüsen sind für viele wahrscheinlich das erste Merkmal, das ihnen beim Begriff „Säugetier“ einfällt. Sind sie Teil des Säugerpakets?

Shubin: Wahrscheinlich, obwohl wir es nicht mit Sicherheit wissen. Die Frage ist, ob die Brustwarze gleich zu Beginn der Säugerentwicklung entstanden ist. Und dort stoßen Sie auf ein zentrales Problem der Paläontologie: Wir sehen nur die

* Mit Redakteur Johann Grolle in Shubins Büro in Chicago.



Tiktaalik



DER SPIEGEL

harten Körperteile. Brustwarzen versteuern leider nicht.

SPIEGEL: Aber Vermutungen anstellen können Sie schon.

Shubin: Natürlich tun wir das. Wir wissen zum Beispiel, dass die ersten Milchzähne schon vor mehr als 200 Millionen Jahren, also sehr früh in der Säugerentwicklung, auftauchten. Das könnte dafür sprechen, dass das Säugen Teil des Säugerpakets ist – falls Milchzähne und Brustwarzen tatsächlich gleichzeitig entstanden sind.

SPIEGEL: Ihr besonderes Interesse gilt einem dritten Paket im Erbe des Menschen. Es bildete sich im Zusammenhang mit dem Landgang der Fische ...

Shubin: Ja, der Landgang war ein tiefgreifendes Ereignis in unserer Vergangenheit. Nehmen Sie dieses Fossil hier, das vor mir auf dem Schreibtisch liegt. Wir haben es auf der kanadischen Ellesmere-Insel ausgegraben, sein wissenschaftlicher Name ist Tiktaalik roseae.

SPIEGEL: Ein Fisch, mindestens so groß wie ein Hecht.

Shubin: Richtig, dieses Tier hatte Schuppen und Flossen wie ein Fisch. Aber lassen Sie es uns genauer ansehen. Hier ist die Schulter, hier der Ellenbogen, und hier sehen Sie einige Knochen, die unserem Handgelenk entsprechen. So etwas hat kein Fisch. Und noch etwas: Dieses Tier hatte einen Hals, es konnte also seinen Kopf wenden. Das kann kein Fisch. Hier zeigt sich also, dass ein gutes Stück Tetrapode, also Landtier, in dieser Kreatur steckt – und damit eine Menge unserer eigenen Geschichte: Jedes Mal, wenn Sie Ihren Kopf nach vorn bewegen, dann machen Sie es mit den Knochen, die hier erstmals auftauchen. Und wenn Sie nach etwas greifen, dann machen Sie es mit den Gelenken von Tiktaalik.

SPIEGEL: Und warum begann ein Tier wie Tiktaalik plötzlich, vor 375 Millionen Jahren, in Richtung Land zu robben?

Shubin: Damals, im Devon, finden wir die ersten Wälder, Wirbellose hatten das Land erobert, das Süßwasser wimmelte von Leben, ein ganz neues Ökosystem war entstanden, das es 50 Millionen Jahre zuvor nicht gegeben hatte. Jetzt aber konnten sich Kreaturen wie Tiktaalik am Boden von flachen Gewässern bewegen, möglicherweise auch in Sümpfen.

SPIEGEL: Was lockte einen Fisch wie Tiktaalik in solche Sümpfe?

Shubin: An Land gab es viele essbare Tiere. Im offenen Wasser dagegen lauerten gewaltige Raubfische, einige von ihnen gut und gern fünf Meter lang. Sehen Sie nur diese Verletzung hier: Es sieht so aus, als sei auch unser Exemplar gebissen worden.

SPIEGEL: Wie weit war Tiktaalik fortgeschritten auf dem Weg zum Landtier?

Shubin: Um das zu verstehen, müssen wir uns das Tier genauer ansehen. Zunächst fällt auf, dass es ungewöhnlich kräftige Bauchmuskeln gehabt haben muss ...

SPIEGEL: ... ein Fisch mit Waschbrettbauch? Wozu?

Shubin: Die Antwort ist einfach: Er brauchte diese Muskeln für Liegestütze.

SPIEGEL: Ein Fisch, der Liegestütze macht?

Shubin: Betrachten wir das Ganze als Paket, so wie wir es vorhin bei den Primaten getan haben. Wir haben hier also ein Tier mit flachem Kopf und obenliegenden Augen vor uns, das im flachen Ufergewässer lebte. Was sah unser Tiktaalik, als er mit seinen Augen aus dem Wasser nach oben sah? Beute! Um nach ihr zu schnappen, stemmte er sich aus dem Wasser. Und was brauchte er, um seine Beute zu sehen? Einen Hals. Andere Fische bewegen ihren ganzen Körper, wenn sie sich umsehen wollen. Aber wenn ein Tier sich mit Gliedmaßen am Boden abstützt, dann muss es den Kopf relativ zum Körper bewegen – es braucht einen Hals.

SPIEGEL: Hals und Handgelenk bedingen sich also wechselseitig?

Shubin: Ist das nicht verrückt? Würde jemand so etwas behaupten, würde man ihn für verrückt erklären. Aber für Liegestütze im Flachwasser braucht man beides.

SPIEGEL: Wie steht es mit der Atmung? Welche Rolle spielte sie im Landgang-Paket?

„Wenn Sie nach etwas greifen, dann tun Sie dies mit den Gelenken von Tiktaalik.“

Shubin: Wenn Sie je fischen waren, werden Sie gesehen haben, wie die Fische in Ihrem Eimer Wasser durch ihre Kiemen pumpen. Sie benutzen dazu Kiemendeckel, und diese fehlen bei Tiktaalik. Das spricht dafür, dass dieses Tier bereits in erheblichem Umfang auf die Luftatmung zurückgriff.

SPIEGEL: Es besaß also bereits eine Lunge?

Shubin: Ganz gewiss. Aber das ist für sich genommen gar nichts Besonderes. Lungen haben sich bei den Fischen schon sehr früh entwickelt. Sie dienten aber nicht dazu, an Land zu gehen, sondern als Hilfsatemorgane für den Fall, dass der Sauerstoff im Wasser knapp wird.

SPIEGEL: Herr Shubin, wenden wir uns von der Vergangenheit zuletzt noch der Zukunft zu. Wird sich der menschliche Körper noch ein weiteres Mal wandeln? Und wenn ja, lässt sich vorhersagen, wie?

Shubin: Die Menschen in 500 Jahren werden mehr können, als wir es heute können – kognitiv ebenso wie physisch. Aber der Grund dafür ist nicht die biologische, sondern die technische Evolution, die der Mensch allein hervorgebracht hat.

SPIEGEL: Professor Shubin, wir danken Ihnen für dieses Gespräch.

Im nächsten Heft: Im Bann der Steinzeit – Wie Evolutionsbiologen die Psyche des Menschen erklären