



**Spektrum**  
der Wissenschaft

**KOMPAKT**

# DIE URSPRÜNGE DES MENSCHEN

Gene schreiben Menschheitsgeschichte

## **Genetik**

Das genetische Erbe  
des Neandertalers

## **Anthropologie**

Die Geburt  
der Kreativität

## **Sima De Los Huesos**

Das Mysterium  
Heidelbergmensch





Jan Dönges  
E-Mail: [doenges@spektrum.de](mailto:doenges@spektrum.de)

*Liebe Leserin, lieber Leser,*

kaum einen Film habe ich als Jugendlicher häufiger geschaut als »Am Anfang war das Feuer«, eine abenteuerliche Wanderung dreier Neandertaler durchs eiszeitliche Europa. Bei allem erfreulichen Sinn für Details hatte der 1981 entstandene Film einen entscheidenden Makel: Seine Welt war bevölkert von allerlei mehr oder weniger fremdartigen Menschenformen – spannend war das, ja, aber eine damals schon völlig überholte Vorstellung. So etwas habe es nie gegeben. Nun jedoch lesen Forscher die genetischen Spuren längst vergangener Zeiten, und plötzlich ist das Szenario des Films wieder plausibel geworden. Wohl kaum ein Forscher hätte das erwartet. Doch unser Erbgut zeugt davon, dass sich bis vor wenigen Jahrzehntausenden die Wege diverser Menschenformen kreuzten. Die Erforschung alter DNA hat damit nicht nur unsere herkömmlichen Ansichten über die damalige Welt auf den Kopf gestellt, sondern gleichzeitig entscheidend an unserem Menschenbild gerüttelt: Was macht den *Homo sapiens* aus?

Ein aufschlussreiche Lektüre wünscht herzlichst

FOLGEN SIE UNS:



**CHEFREDAKTEURE:** Prof. Dr. Carsten Könneker (v.i.S.d.P.), Dr. Uwe Reichert  
**REDAKTIONSLEITER:** Christiane Gelitz, Dr. Hartwig Hanser, Dr. Daniel Lingenhöhl  
**ART DIRECTOR DIGITAL:** Marc Grove  
**LAYOUT:** Oliver Gabriel  
**SCHLUSSREDAKTION:** Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle  
**BILDREDAKTION:** Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe  
**PRODUKTMANAGERIN DIGITAL:** Antje Findekle  
**VERLAG:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114, USt-Id-Nr. DE147514638  
**GESCHÄFTSLEITUNG:** Markus Bossle, Thomas Bleck  
**MARKETING UND VERTRIEB:** Annette Baumbusch (Ltg.)  
**LESER- UND BESTELLSERVICE:** Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ute Park, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: [service@spektrum.de](mailto:service@spektrum.de)

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner der Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik).

**BEZUGSPREIS:** Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer  
**ANZEIGEN:** Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an [anzeigen@spektrum.de](mailto:anzeigen@spektrum.de).

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2016 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bildnachweise: Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechteinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.



04

## MENSCHENEVOLUTION

Seitensprünge des *Homo sapiens*

Der moderne Mensch war der eigenen Art nicht immer treu

BRIAN STAUFFER

14

## SIMA DE LOS HUESOS

## Das Mysterium Heidelbergmensch

Frühmenschengene zeugen von rätselhaften Verwandtschaftsverhältnissen

FOTOLIA / SHIROKOV ALEXANDER LEONIDOWICH

19

## KULTURELLE ENTWICKLUNG

## Die alten Meister

Forscher streiten über die kulturellen Leistungen der Neandertaler

PEDRO SAURA / NATIONAL MUSEUM AND RESEARCH CENTRE OF ALTAMIRA

30

## GENETIK

## Was wir vom Neandertaler erbten

Gen-Analysen zeigen: Wir sind mit Haut und Haar Neandertaler

FOTOLIA / UELI WUERTH

33

## URALTES ERBGUT

## Altersrekord bei Menschen-DNA

DNA eines 45 000 Jahre alten Menschen sequenziert

BENCE VIOLA, MPI FÜR EVOLUTIONÄRE ANTHROPOLOGIE

36

## DIE GENE DER EUROPÄER

## Unsere Familie

Macht das Erbgut uns zum Europäer?

FLAVIUS BEUSARIUS, 1518 / PUBLIC DOMAIN

48

## ANTHROPOLOGIE

## Die Geburt der Kreativität

Zu Erfindern und Künstlern wurden Menschen nicht erst vor 40 000 Jahren, als der *Homo sapiens* in Europa erschien

ILLUSTRATION: DAVID PALUMBO

61

## GALERIE DER STEINZEITKUNST

## Kunst &amp; Kratzer

Kunstschaffen liegt in der Natur des Menschen. Wir zeigen eine Auswahl der bedeutendsten Funde

HILDEGARD JENSEN / UNIVERSITÄT TÜBINGEN



MENSCHENEVOLUTION

# Seitensprünge des *Homo sapiens*

von Michael F. Hammer

DNA-Studien beweisen es: Der moderne Mensch war der eigenen Art nicht immer treu. Neues archaisches Erbgut könnte sogar seinen Siegeszug beflügelt haben.





**H**eute ist das schwer vorstellbar, aber während unserer Evolution lebten meistens mehrere Menschenarten gleichzeitig.

Vor nicht einmal 40 000 Jahren teilten unsere Vorfahren noch die Erde mit anderen Vertretern der Gattung *Homo*, wie dem Neandertaler und dem zwergenhaften *Homo floresiensis* – dem »Hobbit«, dessen Überreste Paläoanthropologen erst vor wenigen Jahren in Südostasien erstmals entdeckten. Wieso ausgerechnet unsere Art die Verwandtschaft überflügelte, vor allem aber wie der *Homo sapiens* überhaupt aus der Vielfalt hervorging, solche Fragen erhitzen die Gemüter der Forscher seit Jahrzehnten.

Unter den verschiedenen, oft widersprüchlichen Erklärungen gilt eine Theorie als Favorit, die in den 1980er Jahren aufkam und sich vorwiegend auf genetische Vergleichsstudien stützte. Nach dieser Vorstellung fand die Evolution des anatomisch modernen Menschen komplett in Afrika statt. Von dort aus verbreitete sich der *Homo sapiens* dann über die gesamte Alte Welt und verdrängte die in diesen Gegenden lebenden archaischen Menschenformen vollständig. Ungeklärt ist in dem Mo-

Auf einen Blick

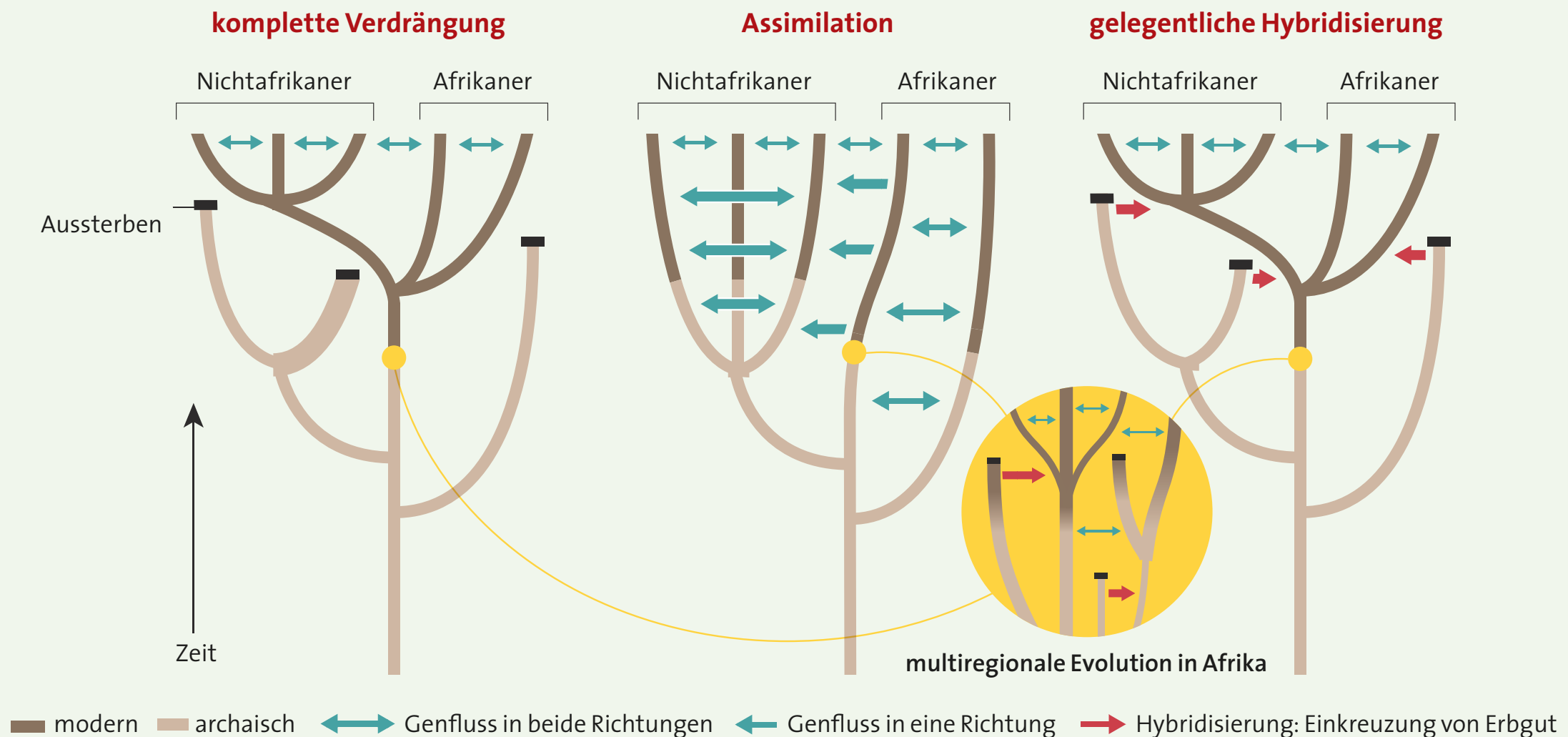
## Die verschlungenen Wege der Menschenevolution

- 1 Der bisher von den meisten Experten postulierte rein **afrikanische Ursprung** des modernen Menschen trifft nicht zu: Kleine Anteile des Erbguts eurasischer Populationen scheinen von **archaischen Arten** wie dem Neandertaler zu stammen.
- 2 Bei modernen Afrikanern hinterließen frühere **afrikanische Bevölkerungsgruppen** einzelne genetische Spuren. Nach Ansicht des Autors lebten dort über viele Jahrtausende Menschenformen nebeneinander, die alte und neue Merkmale in unterschiedlichen Zusammensetzungen aufwiesen.
- 3 Diese Gruppen müssen sich während der Evolution zum modernen *Homo sapiens* manchmal **gekreuzt** haben und trugen womöglich sogar zu einigen unserer **prägnanten Merkmale** bei. Spätere Einkreuzungen in Eurasien könnten dem modernen Menschen geholfen haben, in neuen Regionen zu leben.

dell zwar noch immer, wie Letzteres überhaupt geschehen konnte: Ob die Neuankömmlinge angetroffene Mitglieder der älteren Bevölkerungen direkt umbrachten, ob sie diese eher nur ihrer Ressourcen beraubten oder ob sie sich einfach rascher

vermehrten und so letztlich die Oberhand gewannen? Jedenfalls sah nach Ansicht der meisten Forscher bisher alles danach aus, als wären die verschiedenen Menschenarten miteinander keine innigen Beziehungen eingegangen und hätten sich gene-

# Strittige Herkunft des *Homo sapiens*



Die Stammbäume verdeutlichen konkurrierende Vorstellungen dazu, wie – und wo – der anatomisch moderne Mensch (dunkelbraun) aus archaischen Vorläufern (hellbraun) entstand. Gezeigt sind hier nur Modelle, die einen hauptsächlich afrikanischen Ursprung von *Homo sapiens* annehmen.

**Komplette Verdrängung:** Moderne Menschen – die allein in Afrika entstanden – haben überall, wohin sie später kamen, archaische Arten wie den Neandertaler abgelöst und sich dabei nicht mit ihnen vermischt.

**Assimilation:** Diese gemäßigte Variante des »multiregionalen Modells« besagt, dass viele vorteilhafte moderne Merkmale aus Afrika kamen. Durch Genfluss verbreiteten diese sich dann in archaischen Gruppen, als der moderne Mensch neue Regionen erreichte. Umgekehrt nahm auch er im Zuge von stetigen Wanderbewegungen archaische Merkmale auf (grüne Pfeile). Das multiregionale Modell (nicht gezeigt) verlegt die Evolution des *H. sapiens* dagegen von vornherein in all diese Regionen.

**Hybridisierung:** Hiernach stammt der moderne Mensch wie im Verdrängungsmodell aus Afrika, aber gelegentlich kamen Kreuzungen mit archaischen Menschen vor (rote Pfeile), die allerdings kaum Spuren hinterließen. Das Modell einer afrikanischen multiregionalen Evolution (gelb) bezieht sich nur auf den Übergang von archaischen zu modernen Menschen in Afrika. In dieser Phase könnten dort archaische Gruppen Gene ausgetauscht haben.

tisch nicht vermischt. Diese Sichtweise – das »afrikanische Verdrängungsmodell« oder »Out-of-Africa-Modell« – prägte in den letzten 25 Jahren unser Bild über Ursprung und Herkunft der heutigen Menschheit. Allerdings mehren sich nun Hinweise, dass solch ein Szenario so strikt nicht zutrifft. Die Möglichkeiten, DNA zu sequenzieren und Riesenmengen genetischer Daten auszuwerten, haben sich in letzter Zeit enorm gesteigert. Ganze Genome von immer mehr jetzt lebenden Menschen werden erfasst. Zudem gelang es inzwischen sogar, DNA von ausgestorbenen *Homo*-Spezies, insbesondere dem Neandertaler, zu lesen.

Die neuen Indizien besagen: Archaische Menschen, und zwar nicht nur die Neandertaler, haben im Erbgut der heutigen Menschheit Spuren hinterlassen. Natürlich fragen sich die Forscher, wann und in welchen geografischen Regionen die Kontakte stattfanden – und wie ausgiebig sie waren, also wie viele Mischlinge es gab.

Als in den 1980er Jahren die Wogen um die Herkunft des modernen Menschen hochschlugen, waren die Paläoanthropologen untereinander insoweit einig, dass der *Homo erectus*, ein älteres Mitglied der Men-

schengattung, vor etwa zwei Millionen Jahren in Afrika entstanden war. Bald danach, auch da herrschte Konsens, begann er sich in andere Regionen der Alten Welt auszubreiten, bis nach Europa und Südostasien.

Uneinigkeit herrschte jedoch darüber, wie wohl die Evolution vom *Homo erectus* zum *H. sapiens* abgelaufen war. Nach Grundlage der Fossilien tauchte der typische moderne Körperbau mit dem runden Hirnschädel und vergleichsweise zierlichem Skelett vor etwa 195 000 Jahren auf. Forscher um Milford H. Wolpoff von der University of Michigan in Ann Arbor entwarfen für diese Evolution das »multiregionale Modell«. Danach hatten sich die Menschenpopulationen im Lauf der Zeit überall auf der damals von Menschen bewohnten Welt ähnlich verändert – in Afrika, Eurasien und Ozeanien. Wanderbewegungen und sexuelle Kontakte zwischen den verschiedenen Bevölkerungen hatten nach dieser Sicht vorteilhafte moderne Merkmale verbreitet. Die Vertreter dieses Modells postulierten zudem, dass daneben in den einzelnen Weltregionen noch einige archaische Züge der jeweiligen Vorfahren erhalten geblieben waren, und zwar weil sie den Menschen in der betreffenden Umwelt zugutekamen.

So erklären sich nach dieser Auffassung heutige Besonderheiten der verschiedenen Bevölkerungen. Für diese Entwicklung sprachen die gefundenen Fossilien.

### Konträre Standpunkte zum Ursprung des modernen Menschen

Eine abgeschwächte Version entwickelte der Anthropologe Fred H. Smith, der heute an der Illinois State University in Normal arbeitet. In seinem »Assimilationsmodell« gesteht er den aus Afrika stammenden Gruppen einen höheren Beitrag zur Ausstattung des modernen Menschen zu als den archaischen Populationen anderer Regionen.

Strenge Vertreter des »Out-of-Africa-Modells« lehnten beide Varianten entschieden ab. Zu ihnen gehörte Christopher B. Stringer vom Natural History Museum in London. Diese Anthropologen waren davon überzeugt, dass die anatomisch modernen Menschen als neue, eigenständige Art in einem einzigen Gebiet entstanden waren, und zwar in Afrika südlich der Sahara. Als der *Homo sapiens* später die Welt eroberte, löste er demnach die archaischen Menschen vollständig ab, vermischte sich also nicht mit ihnen. Der Anthropologe Günter Bräuer von der Universität Hamburg ver-

trat hierzu eine gemäßigte Auffassung, obwohl auch er an der afrikanischen Herkunft des modernen Menschen festhielt. Er erwog, dass hin und wieder ein genetischer Austausch mit archaischen Gruppen stattgefunden haben könnte, der kaum noch nachweisbar sei. Dieses Szenario wurde als Hybridisierungsmodell bekannt.

Lange schien es, als würde es nie gelingen, die harten Fronten aufzuweichen. Doch zum fossilen Belegmaterial, das die Forscherfraktionen so verschieden interpretierten, kamen dank der zunehmenden Möglichkeiten von Erbgutanalysen immer umfangreichere und aussagekräftigere genetische Daten hinzu. Anhand der genetischen Varianten bei heutigen Bevölkerungen kann man inzwischen beispielsweise die Stammbäume von einzelnen Genen oder von ganzen Genomabschnitten rekonstruieren, indem man die Mutationen daran zurückverfolgt. Und das wiederum ermöglicht Rückschlüsse auf den Zeitpunkt und Ort, wann und wo das »Stammgen« – sozusagen der letzte gemeinsame Vorfahr – sämtlicher heute vorhandenen Varianten eines bestimmten Gens existierte.

Dazu hatten der Molekularbiologe Allan C. Wilson von der University of California

in Berkeley und seine Kollegen 1987 eine bahnbrechende Arbeit veröffentlicht. Sie hatten die DNA von Mitochondrien vieler Menschen analysiert, jener Organellen mit einem eigenen kleinen Genom, die den Zellen Energie liefern. Diese Zellorganellen erbt man nur von der Mutter über die Eizelle. Wilson und sein Team errechneten, dass alle heutigen Menschen über ihre Mitochondrien von einer Frau abstammen, die vor etwa 200 000 Jahren in Afrika lebte. Dieses Ergebnis, das viel Aufsehen erregte, passte zu der These von einer alleinigen afrikanischen Herkunft. Spätere ähnliche Studien über Teile des Zellkerngenoms bestärkten die Annahme. Darunter waren auch Stammbäume zum Y-Chromosom, das die Väter weitergeben.

20 Jahre später stützten die ersten Sequenzierungen von mitochondrialer Neandertaler-DNA ebenfalls diese Sicht. Einem Team um Svante Pääbo, der heute am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig forscht, war es gelungen, aus einem Knochen des namengebenden Neandertalers von der Kleinen Feldhofer Grotte bei Düsseldorf etwas Mitochondrien-DNA zu gewinnen. Eine vollständige Mitochondrien-DNA-Sequenz

von etwas späteren Neandertalern aus Kroatien wiesen kurz darauf Wissenschaftler des Leipziger Instituts um Richard E. Green vor. Diese und weitere Untersuchungen an Mitochondrien lieferten durchgehend keine Anhaltspunkte für eine Kreuzung von Neandertalern und modernen Menschen, denn die geprüfte mitochondriale DNA unterschied sich eindeutig.

Viele Forscher hielten die Frage nach unserer Abstammung somit für geklärt. Andere dagegen nannten den Schluss voreilig. Ihr Einwand: Wenn manche Teile unseres Genoms keine Spuren einer Einkreuzung aufweisen, müsse das nicht zwingend auch für alle anderen gelten. Vor allem aber besage das Fehlen von Neandertaler-DNA bei heutigen Menschen keineswegs, dass sich Angehörige der beiden Arten niemals gepaart hätten. Erbgut, das dem *Homo sapiens* keine Vorteile brachte, könnte mit der Zeit einfach wieder aus dem Genpool der modernen Menschen verschwunden sein.

Falls sich aber moderne und archaische Menschen gekreuzt hätten und davon doch noch etwas zurückgeblieben sein sollte, müsste man akribisch überall in unserem Genom danach fahnden. Im Idealfall würde man sogar sämtliche Erbsequenzen



der Arten vergleichen. Beispielsweise untersuchte Daniel Garrigan im Jahr 2005 in meinem Labor die funktionslose Region RRM2P4 auf dem menschlichen X-Chromosom. Eine Stammbaumrekonstruktion ergab, dass diese Sequenz erstmals vor 1,5 Millionen Jahren aufgetreten war – allerdings nicht in Afrika, sondern in Ostasien. Stammte sie etwa noch von dortigen archaischen Menschen, und hatte der *Homo sapiens* aus Afrika sie später übernommen, als er in die Region kam? Im selben Jahr entdeckte unser Team Variationen in einer anderen stummen Region des X-Chromosoms, Xp21.1 genannt. Es zeigte sich, dass deren Stammbaum zwei Zweige hat, die wahrscheinlich rund eine Million Jahre lang eine voneinander getrennte Evolution durchmachten. Anscheinend gelangte eine der beiden Abstammungslinien erst nach dieser langen getrennten Phase von einer archaischen afrikanischen Spezies in Populationen von modernen Menschen – die den anderen Zweig mitbrachten.

### **DNA vom Neandertaler in unserem Erbgut**

Die großen Fortschritte bei der Sequenzierung kompletter Zellkerngenome ermutig-

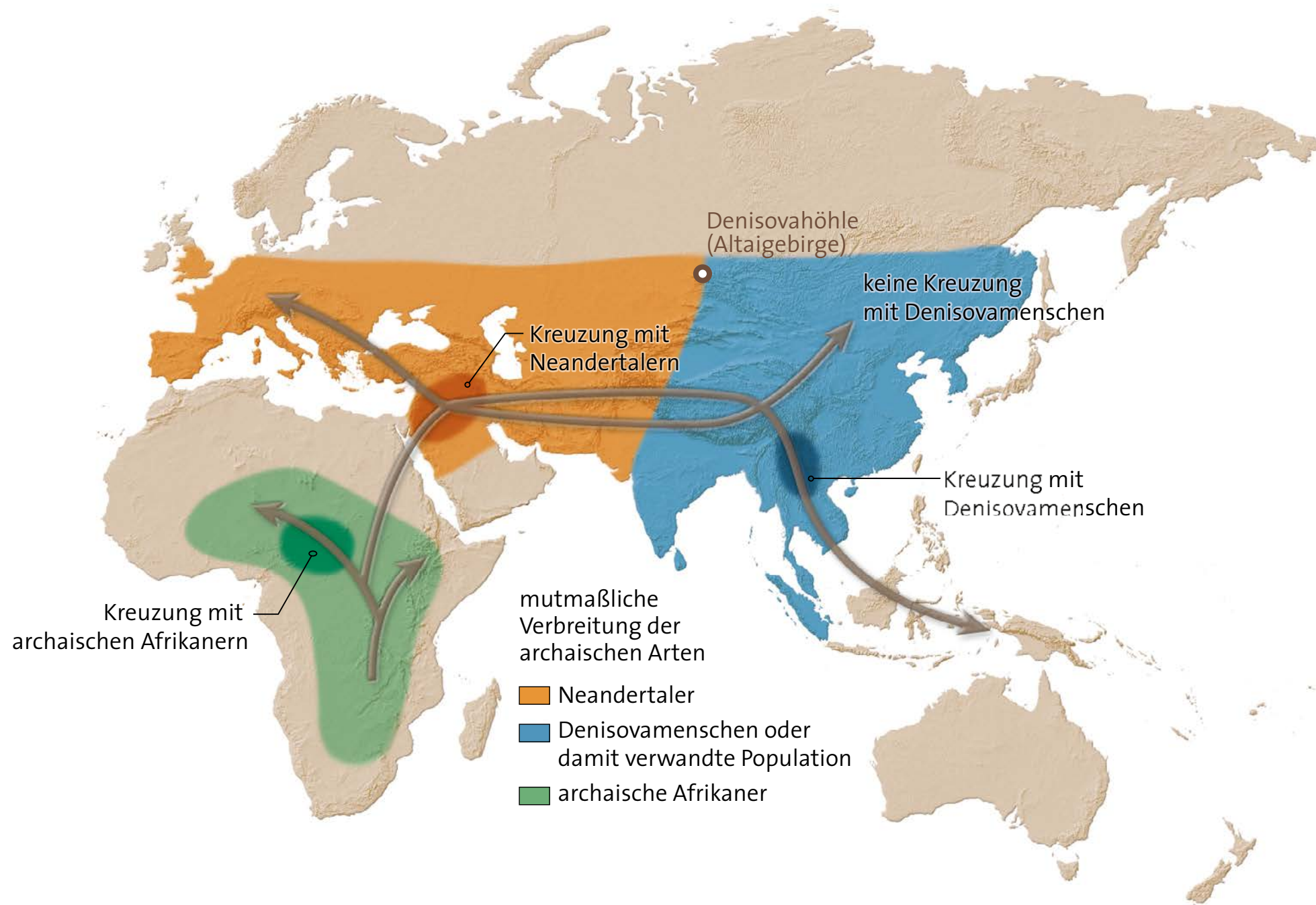
ten Paläogenetiker, sich schließlich an ausgestorbene Menschenarten zu wagen. 2010 war es einem Team um Pääbo gelungen, große Teile des Neandertalergenoms zu erstellen. Die verwendete DNA stammte von mehreren Individuen aus Kroatien. Eine Sensation brachte der Vergleich mit Genomen moderner Menschen: Die Neandertaler haben demnach einen zwar kleinen, aber signifikanten genetischen Anteil in heutige Populationen eingebracht. Für Afrika gilt das nicht, aber außerhalb Afrikas sind es im Durchschnitt ein bis vier Prozent des Erbguts. Nach den Analysen kreuzten sich die beiden Menschentypen wohl während eines begrenzten Zeitraums, nämlich vor etwa 50 000 bis 80 000 Jahren im Nahen Osten, also bevor der *Homo sapiens* Europa besiedelte.

Kurz nachdem diese Arbeit erschienen war, sorgte das Forscherteam mit einer zweiten für fast noch größeres Aufsehen. Diesmal hatte es eine mitochondriale DNA-Sequenz aus einem etwa 40 000 Jahre alten menschlichen Fingerknöchelchen bestimmt, das Archäologen in der Denisova-Höhle im südsibirischen Altaigebirge gefunden hatten. Wie sich herausstellte, hatte dort eine eigene, bisher unbekannte

Menschenart gelebt, die mit den Neandertalern etwas näher verwandt war als mit modernen Menschen. Und auch diese archaische Art hat genetische Spuren hinterlassen. Denn Untersuchungen ihres gesamten Genoms ergaben, dass Melanesier, australische Ureinwohner, Polynesier sowie einige verwandte Gruppen des Westpazifiks ein bis sechs Prozent ihres Erbguts von ihnen haben. Bei modernen Eurasiern und Afrikanern ist das dagegen nicht der Fall.

Der genetische Stammbaum der heutigen Menschheit erweist sich somit als komplexer und vor allem verwobener als bisher angenommen. Anhand der neuen Daten entwarfen die Wissenschaftler folgendes Szenario: Anatomisch moderne Menschen – die aus Afrika stammten – hatten sich in zwei verschiedenen Zeitabschnitten ihrer ersten Auswanderungswelle mit archaischen Menschen gekreuzt, zuerst im Nahen Osten mit Neandertalern und später, während ihrer Verbreitung nach Südostasien, auch noch mit Denisovamenschen. Die Vorfahren unter anderem der Melanesier, die vor etwa 45 000 Jahren nach Ozeanien gelangten, brachten demnach Erbgut von beiden archaischen Arten mit. In einer zweiten Verbreitungs-





## WO DIE ARTEN SICH KREUZTEN

Nach den Fossilfunden entstand der *Homo sapiens* vor rund 200 000 Jahren in Afrika und breitete sich von dorthier später über die Welt aus (graue Pfeile). Anscheinend pflanzte sich der anatomisch moderne Mensch später manchmal auch mit archaischen Menschen fort, die er in Afrika und auf anderen Kontinenten antraf. Die Karte zeigt mutmaßliche Verbreitungsgebiete von archaischen Arten oder Populationen (helle Farben) und postulierte Regionen, wo diese sich nach genetischen Studien mit dem *Homo sapiens* vermischt haben könnten (dunkle Farben).



welle von modernen Menschen nach Ostasien fand dagegen anscheinend keine genetische Vermischung mit Denisovamenschen statt.

Afrika selbst stand hinsichtlich möglicher sexueller Kontakte zwischen modernen und archaischen Menschen bisher wenig im Brennpunkt der wissenschaftlichen Aufmerksamkeit. Dabei dürfte gerade dieser Kontinent für solche Begegnungen prädestiniert gewesen sein. Schließlich lebte der *Homo sapiens* nirgends so lange neben älteren Menschenarten oder -formen wie dort. Das tropische Regenwaldklima begünstigt allerdings nicht gerade den Erhalt von DNA in Skeletten. Bisher können Forscher deswegen nur Genomsequenzen von heutigen Afrikanern vergleichen und daraus Rückschlüsse ziehen.

Gemeinsam mit Jeffrey D. Wall von der University of California in San Francisco gewann meine Arbeitsgruppe genetisches Material von drei Bevölkerungsgruppen, die südlich der Sahara leben. Daran untersuchten wir 61 Regionen im Genom. Mit den ermittelten DNA-Sequenzen spielten wir in Computersimulationen verschiedene Evolutionsszenarien durch, deren Ergebnis wir 2011 veröffentlichten.

Nach unseren Anhaltspunkten stammt etwa zwei Prozent des betrachteten genetischen Materials von einer heute ausgestorbenen Population. Deren Vorfahren spalteten sich anscheinend bereits vor rund 700 000 Jahren von der Linie ab, die zum modernen Menschen führte. Vor ungefähr 35 000 Jahren vermischten sich die Nachfahren aber in Zentralafrika mit Vertretern des anatomisch modernen *Homo sapiens*.

Ein weiterer unerwarteter Befund betrifft das menschliche Y-Chromosom. Ein Afroamerikaner, der in South Carolina lebt, hatte seine DNA untersuchen lassen. Wie sich dabei herausstellte, passte die Sequenz seines Y-Chromosoms in kein bekanntes Schema. Wir konnten die Sache näher untersuchen und verglichen dieses Chromosom mit den bisher bekannten menschlichen Versionen sowie mit den betreffenden Schimpansendaten. Heraus kam dabei, dass es sich um eine noch unbekannte Erblinie des Y-Chromosoms handelt, die sich vor über 300 000 Jahren vom Stammbaum der anderen heutigen menschlichen Y-Chromosomen abgespalten haben muss. Daraufhin machten wir einen Abgleich mit 6000 Y-Chromosomen von Afrikanern aus einer Datenbank. Dort fanden wir elf über-

einstimmende Sequenzen, die sämtlich zu Männern aus einem kleinen Gebiet in Westkamerun gehörten.

Nach diesem Ergebnis ist der letzte gemeinsame Vorläufer aller modernen Varianten des menschlichen Y-Chromosoms rund 100 000 Jahre älter als bislang angenommen. Vielleicht haben sich einst im Westen Zentralafrikas der *Homo sapiens* und eine noch unbekannte archaische Menschenart miteinander gekreuzt.

Dass sich Angehörige verschiedener afrikanischer Menschenformen gelegentlich paarten, lassen jetzt auch neue Daten zu Fossilien annehmen. Eine Forschergruppe um die Paläontologin Katerina Harvati von der Universität Tübingen und [Chris Stringer](#) vermaß nochmals einen schon 1965 in Nigeria bei Iwo Eleru gefundenen prähistorischen Schädel von recht urtümlichem Aussehen. Sein Alter bestimmten sie dennoch auf nur 13 000 Jahre. Trotzdem wirkt er wie eine Zwischenform zwischen dem Schädel eines archaischen und eines modernen Menschen. Ähnliches gilt für menschliche Knochen von der Grabungsstätte Ishango in der Demokratischen Republik Kongo. Demnach verlief die Evolution des modernen Erscheinungsbilds in Af-



rika wohl tatsächlich komplizierter, als es die führenden Theorien bisher besagten. Noch wissen die Forscher nicht, ob archaische und moderne Menschen bis in die jüngere Vergangenheit nebeneinander existierten oder sich über Jahrtausende Populationen mit sowohl alten wie neuen Merkmalen hielten, deren Angehörige sich immer wieder einmal miteinander vermischten.

Verschafften bestimmte übernommene Genomabschnitte dem frühen *Homo sapiens* womöglich Anpassungsvorteile? Mein Mitarbeiter Fernando L. Mendez hat sich näher mit einigen Sequenzen des Neandertalererbes befasst. Er stieß auf einen Abschnitt von Chromosom 12, auf dem das Gen *STAT2* liegt. Es kodiert für einen wichtigen Signalfaktor bei der angeborenen Immunabwehr gegen Viren. Wie Mendez herausfand, besitzen im Mittel fünf Prozent der Europäer und Asiaten eine Variante des Gens, die offenbar von Neandertalern herührt. Bei Melanesiern findet sich diese Variante zehnmal häufiger als in Ostasien. In Schwarzafrika kommt sie nicht vor. Die starke Anreicherung bei den Melanesiern dürfte laut Mendez daran liegen, dass sie den modernen Menschen dort Selektions-

vorteile brachte – welche, ist jedoch noch nicht bekannt.

### **Erbte archaische Anpassungen: Eine weitere Triebkraft unserer Evolution?**

In den Populationen Eurasiens fällt zudem ein Abschnitt der so genannten HLA-Region (für die humanen Leukozytenantigene der Immunerkennung) auf, der wohl von Neandertalern stammt. Anscheinend haben Selektionskräfte dafür gesorgt, dass der betreffende Abschnitt heutzutage ziemlich oft vorkommt. Vermutlich vermittelte er einen Vorteil für die Abwehr von Krankheitserregern. Es wäre auch durchaus plausibel, wenn sich einige archaische Genvarianten für Immunfunktionen erhalten haben. Denn als unsere afrikanischen Vorfahren nach Eurasien vordrangen, hätten die sich ausbreitenden Populationen von Genversionen profitiert, die schon auf die Keime der neuen Umwelt eingespielt waren.

Angeichts dieser diversen Befunde scheint das jahrelang von vielen Anthropologen bevorzugte »Verdrängungsmodell«, wonach der moderne *Homo sapiens* archaische Menschenformen überall auf der Welt komplett und praktisch ohne Ver-

mischung abgelöst hat, nun nicht länger haltbar. Offensichtlich konnten die verschiedenen *Homo*-Arten miteinander gesunde Kinder zeugen und haben das auch getan. Die archaischen Menschen starben schließlich zwar tatsächlich aus, aber sie hinterließen immerhin genetische Spuren. In den Genomen der heutigen Menschheit überwiegt dennoch bei Weitem der Anteil von modernen afrikanischen Vorfahren. Das bedeutet: Weder das »multiregionale« noch das »Assimilationsmodell« entsprechen den Tatsachen.

Eine Reihe Wissenschaftler befürwortet daher mittlerweile Bräuers Hybridisierungsmodell, wonach es sehr vereinzelt Kreuzungen von archaischen Arten mit *Homo sapiens* gab. Dafür spricht der derzeitige Datenhintergrund – jedoch nur was das Geschehen betrifft, nachdem der moderne Mensch Regionen außerhalb Afrikas zu besiedeln anfang. Denn in Afrika könnten die Prozesse nach einem anderen Muster abgelaufen sein. Dieses Teilmodell wird gelegentlich »afrikanische multiregionale Evolution« genannt.

Das Bild der afrikanischen Fossilien von der Übergangsphase zum modernen Menschen erscheint recht komplex. Es sieht so



aus, als hätte in der Zeit von vor grob 200 000 bis vor 35 000 Jahren zwischen Marokko und Südafrika eine bunte Vielfalt von Menschengruppen existiert. Sie mögen jeweils unterschiedliche Übergangsformen dargestellt haben, die moderne und archaische Merkmale in verschiedenen Mixturen aufwiesen. Vielleicht wirkten an der Wandlung zum modernen Erscheinungsbild auch sexuelle Begegnungen zwischen verschiedenen Menschenarten mit. Hiernach könnten ein paar der charakteristischen modernen Merkmale von Übergangsformen übernommen worden sein, die später ausstarben. Meines Erachtens erklärt diese Vorstellung in Kombination mit Bräuers Modell derzeit die genetischen und fossilen Daten am besten.

Ob das so bleibt, lässt sich allerdings erst abschätzen, wenn wir genauer wissen, welche Gene für einzelne moderne Merkmale verantwortlich sind und woher sie im Einzelfallstammen, also wie ihre Evolutionsgeschichte verlief. Weitere Untersuchungen von archaischen wie modernen menschlichen Genomen sollten detaillierter aufdecken, wann und wo Vermischungen stattfanden und ob manche Gene archaischer Herkunft den modernen Po-

pulationen Nutzen brachten. Für Evolutionsforscher sind Artenhybride zumindest nichts Ungewöhnliches. Dadurch entstehen bei Pflanzen wie Tieren immer wieder einmal Neuerungen.

Trotz der vielen offenen Fragen ist eines sicher: Die modernen Menschen wurzeln nicht allein in einer einzigen Population in Afrika, auch andere Gruppen aus verschiedenen Regionen hatten Anteil. Diese archaischen Menschen gelten oft als unsere früheren Rivalen. Vielleicht waren sie aber in Wirklichkeit das Geheimnis unseres Erfolgs.

(Spektrum der Wissenschaft, Juli 2013)

Mendez, F. L. et al.: An African American Paternal Lineage Adds an Extremely Ancient Root to the Human Y Chromosome Phylogenetic Tree. In: American Journal of Human Genetics 92, S. 454 – 459, 2013

Mendez, F. L. et al.: Neandertal Origin of Genetic Variation at the Cluster of OAS Immunity Genes. In: Molecular Biology and Evolution 30, S. 798 – 801, 2013

Meyer, M. et al.: A High-Coverage Genome Sequence from an Archaic Denisovan Individual. In: Science 338, S. 222 – 226, 2012

Spektrum  
der Wissenschaft

KOMPAKT



FÜR NUR  
€ 4,99

# EPIGENETIK

Wie die Umwelt  
unser Erbgut beeinflusst

HIER DOWNLOADEN





SIMA DE LOS HUESOS

# Das *Mysterium* Heidelbergmensch

von Jan Dönges

Forscher liefern mit der Sequenzierung 400 000 Jahre alter *Homo-heidelbergensis*-DNA das bislang älteste Menschenerbgut. Und wieder einmal ist alles anders als gedacht.



**M**an hätte von Anfang an stutzig werden können. Diese Geschichte war einfach zu stimmig. Denn die Erfahrung zeigt: Bei der Erforschung unserer frühesten Vorfahren ist am Ende immer alles komplizierter als gedacht.

Das zeigt sich nun auch bei einem außergewöhnlich robusten Menschenschlag, der vor etwa einer halben Million Jahren in der nordspanischen Sierra de Atapuerca lebte. In der »Knochenhöhle«, der Sima de los Huesos, nahe der nordspanischen Stadt Burgos hat sich ein einzigartiges Archiv erhalten: Die einstigen Bewohner warfen wohl ihre verstorbenen Angehörigen in einen 13 Meter tiefen Schacht, in dem sich dann die Skelette sammelten. So stießen die Ausgräber um Juan-Luis Arsuaga von der Universidad Complutense de Madrid über Jahre hinweg auf insgesamt 28 Individuen, an denen sich allerlei Feinheiten im Körperbau untersuchen lassen.

Von Forschern tendenziell der Art *Homo heidelbergensis* zugeschlagen, galten die Angehörigen der Sima-de-los-Huesos-Gruppe als ausgezeichnete Kandidaten für den prototypischen Neandertalervorfah-

ren. Wichtige Merkmale im Skelett und Gebiss deuteten darauf hin. Auch zeitlich stimmte alles. Und immerhin lebten diese Menschen ja genau dort, wo sich einige hunderttausend Jahre später auch der Neandertaler einrichten würde.

Doch nun landeten die **Genetiker vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig** ihren jüngsten Coup [1]. Das Team um Svante Pääbo hat es zu Wege gebracht, in den rund 400 000 Jahre alten Knochen Erbgutreste ausfindig zu machen und zu sequenzieren. Diese DNA ist sage und schreibe etwa viermal so alt wie die vom Neandertaler, die das Team in den vergangenen Jahren rekonstruierte.

### **Erbgut aus den Mitochondrien**

Zwar betrachteten sie ausschließlich die DNA aus den Mitochondrien, die so genannte mtDNA, die in den Zellen in vielfacher Ausfertigung vorliegt und insofern leichter auszulesen ist. »Trotzdem bewegen wir uns damit im absoluten Grenzbereich dessen, was technisch möglich ist«, sagt der Erstautor der Studie Matthias Meyer, »noch vor einem oder zwei Jahren hätte ich selbst nicht geglaubt, dass das machbar ist.«

Und als wäre das nicht genug, wirbeln sie gleich den bislang einigermaßen sicher geglaubten Stammbaum durcheinander. Denn statt wie erwartet mit den Neandertalern sind die 400 000 Jahre alten Menschen aus Spanien deutlich näher mit einer ganz anderen Gruppe verwandt, zumindest was die mtDNA angeht: dem aus Asien bekannten Denisova-Menschen.

Winzige fossile Überreste dieser Art wurden vor einigen Jahren im sibirischen Altaigebirge gefunden und zunächst für Neandertalerhinterlassenschaften gehalten. Nach einer Genuntersuchung stellten die Wissenschaftler im Jahr 2010 jedoch überrascht fest: **Tatsächlich waren sie auf Angehörige einer zuvor unbekannten Geschwisterart gestoßen.**

Nach der Höhle, in der die etwa 40 000 Jahre alten Fossilien – ein Zahn und ein Fingerknöchelchen – gefunden wurden, taufen sie die Forscher auf den Namen »Denisova«.

Nur wenig mehr weiß man über sie, als dass sie sich sowohl mit dem Neandertaler als auch mit dem modernen Menschen vermischt und in Asien beheimatet waren. Die rätselhaften Denisova-Menschen avancierten schnell zu den bekanntesten



Unbekannten in der Frühmenschenforschung. Und nun spielen sie also auch in der Geschichte des spanischen *Homo heidelbergensis* eine Rolle. Während dessen Körperbau klar in Richtung Neandertaler weist, deutet das Erbgut in Richtung Sibirien. Wie passt das zusammen? »Wir können uns selbst noch keinen Reim darauf machen«, räumt Meyer ein.

### Erklärung gesucht

Vier Szenarien sollen erklären, wie es zu dieser Kombination kommen konnte, doch keines davon kann vollständig überzeugen, bemerken die Forscher: Das Nächstliegende wäre, anzunehmen, aus dem *Homo heidelbergensis* hätten sich schlicht und ergreifend nur die Denisova-Menschen entwickelt und nicht die Neandertaler. Das

scheidet aber wohl als Erklärung aus, weil die spanischen Fossilien vergleichsweise moderne Zähne aufweisen, der wesentlich jüngere Denisova-Zahn jedoch noch sehr robust wirkt. Er hätte sich wieder zurückentwickeln müssen.

Vielleicht war der *Homo heidelbergensis* auch eng mit dem gemeinsamen Vorfahren beider Arten verwandt, und während die Denisova-Menschen die mtDNA-Linie beibehielten, verschwand sie bei den Neandertalern aus noch zu klärenden Gründen aus dem Genpool.

Doch am plausibelsten klingen Szenarien, in denen es einmal oder auch mehrmals zu einem Gentransfer mit einem Dritten im Bunde kam, erklärt beispielsweise Chris Stringer vom Natural History Museum in London gegenüber der Fachzeitschrift »Nature« [2]. Dass sich damals immer wieder Angehörige benachbarter Gruppen – auch über vermeintliche Artgrenzen hinweg – miteinander fortpflanz-

**DIE GRUPPE AUS DER SIMA DE LOS HUESOS**  
Knochen von 28 Individuen haben sich in der Sima de los Huesos erhalten – für Forscher ein einzigartiges Fenster in die Vergangenheit.





ten, haben die Genuntersuchungen der Vergangenheit **in überraschender Deutlichkeit klargemacht**.

Wer jedoch in diesem Fall als großer Genspender auftrat, ist ungewiss. Es könnte sich um einen späten *Homo erectus* gehandelt haben, der sowohl den Denisovanern als auch dem spanischen *Homo heidelbergensis* eine Portion Erbgut verpasste. Von diesem blieb dann im Wesentlichen nur der mitochondriale Anteil übrig, der älter wirken würde als das restliche Genom, weil er sich bereits früh von jenem Ast abspaltete, der zu Mensch, Neandertaler und Denisovaner führte.

Interessanterweise stolperten die Forscher bereits bei den alten Sibiriern über eine solche Diskrepanz: Die mitochondriale DNA und die Kern-DNA der Denisova-Menschen liefern unterschiedliche Daten für den Zeitpunkt, wann sich ihre Linie von der der Neandertaler abspaltete. Und im Denisova-Kerngenom stieß die Leipziger Forschergruppe gemeinsam mit dem Genetiker David Reich von der Harvard University **auf vereinzelte Überreste eines archaischen Erbes**, wie sie kürzlich der Fachwelt mitteilten. Ob diese Rechnungen und Vermutungen am Ende aufgehen werden,

ist derzeit jedoch noch alles andere als sicher. Zumal die Forscher bei ihren Analysen alter DNA nicht gerade aus dem Vollen schöpfen können. An den meisten Fundorten weltweit hat sich nach jetzigem Wissensstand keine DNA erhalten – zumindest keine brauchbare. »In den vergangenen 400 000 Jahren gab es starke klimatische Schwankungen, sowohl Kalt- als auch Warmzeiten«, erläutert Matthias Meyer. Für die langen Moleküle in den Knochenzellen ist das klimatische Wechselbad fatal.

### Stückwerk mit System

Doch im Schacht der Sima de los Huesos scheinen sich überraschend gute Erhaltungsbedingungen eingependelt zu haben. Zwar liegt der **Rekord bei der Sequenzierung alter Säugetier-DNA noch deutlich höher** – bei rund 700 000 Jahren. Allerdings stammte das Erbgut eines Pferdes,

### HOMO HEIDELBERGENSIS

**Als ungewöhnlich robust und kräftig beschreiben Forscher die Bewohner der spanischen »Knochenhöhle«. Funde zeigen allerdings auch, dass sie schwächere Gruppenmitglieder pflegten und nicht ihrem Schicksal überließen.**

JAVIER TRUEBA / MADRID SCIENTIFIC FILMS





das ein Team um [Eske Willerslev](#) von der Universität Kopenhagen kürzlich untersuchte, aus dem Permafrostboden Alaskas [3]. Unter solchen Kühlschranksbedingungen überdauern natürlich mehr Sequenzen – und vor allem längere.

In der Sima de los Huesos war das mitochondriale Erbgut hingegen in noch winzigere Stückchen zerfallen als bei der Untersuchung des Neandertalergenoms: Die Molekülketten waren nunmehr im Schnitt halb so lang. Entsprechend aufwändig mussten diese Teile eingefangen und im Computer wieder zusammengesetzt werden.

Bei der Ausgrabung der Knochen wurde das Material zudem mit moderner menschlicher DNA verunreinigt. Typische Zerfallsmuster hätten ihnen geholfen, alt von neu zu trennen, schreiben die Wissenschaftler.

Wie sicher sind die Ergebnisse? »Wir haben die Resultate zur Kontrolle mit verschiedenen Verfahren durchgerechnet«, erklärt Matthias Meyer, »aber es blieb immer eindeutig bei der engen Verwandtschaft mit der Denisova-Linie. Ich kann mir nicht vorstellen, dass dieser Befund auf irgendeinem Fehler beruht.«

So zeigt sich einmal mehr, was viele Frühmenschenforscher seit Längerem ahnen: dass eine Geschichte des Menschen, die vor allem auf der Anatomie von Knochen aufbaut, zahlreiche Lücken und Irrtümer aufweist. Die Hoffnung ist, mit der Untersuchung des eigentlichen Erbguts aus den Sima-de-los-Huesos-Knochen künftig mehr Klarheit zu erhalten, doch die Kern-DNA ist so rar, dass die Suchmethoden bislang meist ins Leere laufen. In einem Jahr

### SPENDERKNOCHEN

**Aus den Bereichen um die Bruchstellen dieses Oberschenkelknochens gewannen die Forscher Material für die Erbgutanalyse. Immerhin fast zwei Gramm mussten sie dazu herausbohren – eine nennenswerte Menge.**

wollen die Leipziger Wissenschaftler immerhin ein paar brauchbare Sequenzen aus den Knochen isoliert haben. Dann könnten wir endlich die Antwort haben – oder zumindest einen Haufen neuer Fragen. <

(Spektrum.de, 04.12.2013)

[1] Nature 10.1038/nature12788, 2013

[2] Nature 504, S. 16-17, 2013

[3] Nature 499, S. 74-78, 2013





KULTURELLE ENTWICKLUNG

# Die alten Meister

von Tim Appenzeller

Neu datierte Höhlenmalereien und Neandertalerwerkzeuge heizen einen alten Streit an: War der *Homo neanderthalensis* etwa genauso intelligent wie der moderne Mensch?



In der feuchten Luft einer nordspanischen Höhle ertönt ein feines, hohes Schrillen wie von einem Zahnarztbohrer. Es ist das kleine Handschleifgerät, mit dem Alistair Pike, Archäologe der University of Southampton, an den ältesten bekannten Höhlenmalereien der Welt zugange ist. Alle paar Minuten unterbricht er die Arbeit, um einer Touristengruppe Platz zu machen. Die Besucher bewundern Scheiben in mattem Rotton, Negative von Händen, Umrisse von Wisenten und stapfen dann weiter. Die Kratzspuren, die seine Behandlung an der Wand hinterlässt, sollten ihnen nicht weiter auffallen, hofft der Archäologe.

Natürlich arbeitet Pike mit voller Genehmigung der spanischen Behörden. Denn sein Schleifgerät und das Skalpell, mit dem er winzige Proben abkratzt, richten keinen Schaden an den eigentlichen Kunstwerken an. Pike interessiert sich ausschließlich für die dünne Schicht aus Kalzit, die die aufgetupften Malereien überzieht. Sie entstand durch Grundwasser, das über Zehntausende von Jahren die Wände

herabließ. In den weißen Flocken, die Pike abschabt, tickt eine radioaktive Uhr: ein winziges bisschen Uran, dessen Zerfall ihm verrät, seit wann sich oberhalb der Malerschicht das Kalzit anlagerte.

Erste Ergebnisse einer solchen Datierung aus der El-Castillo-Höhle [hatten die Forscher im Juli 2012 publiziert](#) [1]. Auf 40 800 Jahre kam die älteste Malerei, ein einfacher roter Punkt. Damit entstand sie etwa zu jener Zeit, als der anatomisch moderne Mensch bis ins westliche Europa vordrang. Nun aber hoffen die Forscher, Hinweise auf einen weit früheren Entstehungszeitpunkt zu finden – vielleicht sogar einige tausend Jahre früher. Das aber schlosse den modernen Menschen als Urheber aus: Kein anderer als der Neandertaler käme als Künstler in Frage.

### **Spuren einer Neandertalkultur**

Vor Jahresfrist ist nicht mit Ergebnissen zu rechnen. Doch sollten sie tatsächlich auf ein so hohes Alter hindeuten, könnten sie eine alte Debatte in eine neue Richtung lenken – oder sogar endgültig entschei-

den. Es geht dabei um eine Frage, an der sich seit Jahrzehnten die Geister scheiden: Wie ähnlich war uns der Neandertaler, jener stämmige, archaische Mensch, der jahrtausendlang mit uns in Europa koexistierte und dann plötzlich verschwand? Hatten die ursprünglich als dumpfe Höhlenbewohner karikierten Neandertaler nicht vielleicht doch einen dem unseren vergleichbaren Verstand? Waren sie zu abstraktem Denken, symbolischem Handeln und womöglich gar künstlerischem Ausdruck befähigt? Für viele Forscher auf diesem Gebiet dürfte das die quälendste Frage sein.

Besonders für den schwächlichen, dunkelhaarigen Mann, der Pike bei der Arbeit zusieht. Sollten die Malereien derart früh entstanden sein, brächte es ihm die lange ersehnte Bestätigung. [João Zilhão](#) gilt als der prominenteste Fürsprecher der Neandertaler. Mit aller Vehemenz versucht er seinen Forscherkollegen die Vorstellung auszutreiben, der moderne Mensch sei dem Neandertaler kognitiv überlegen gewesen. Im Grunde hält der Archäologe vom



Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA) der Universitat de Barcelona die Sache längst für entschieden: Es gebe bereits ausreichend Belege einer ausgereiften Neandertalkultur. Doch sei er bereit, die Debatte zu den Bedingungen seiner Gegner zu führen: »Ich persönlich denke, wir benötigen diese Ergebnisse nicht unbedingt«, findet Zilhão, »aber ich schätze, viele meiner Kollegen verlangen nach einer ›smoking gun‹.«

### Forscher finden erstaunlichen Mix

Die am heißesten umkämpfte Front im Neandertalerstreit verläuft quer durch eine andere Höhle: die Grotte du Renne, die Rentierhöhle, gut 1000 Kilometer entfernt im Herzen Frankreichs. Bereits in den 1950er Jahren brachten Ausgrabungen ein merkwürdiges Sammelsurium von Funden ans Tageslicht, darunter Knochennadeln, charakteristisch geformte Steinwerkzeuge sowie altsteinzeitliche Schmuckanhänger – die Zähne von Füchsen oder Murmeltieren, in die Rillen oder Löcher geschnitzt wurden, um sie an einer Schnur zu befestigen. Sie kamen unter einer Schicht zum Vorschein, die typische Artefakte der ersten modernen Menschen in

Europa enthielt, was nahelegte, dass sie älter sind als diese. Ein damals atemberaubender Verdacht lag in der Luft: Könnten diese und stilistisch ähnliche Funde, die dem so genannten Châtelperronien zugeordnet werden, nicht in Wirklichkeit vom Neandertaler stammen?

Die uns stammesgeschichtlich sehr nahestehenden »Cousins« entstanden im Westen Eurasiens und hatten Europa mehr als 200 000 Jahre lang für sich – eine Zeitspanne, in der sie mehrere Kaltzeiten durchleben mussten. Trotz dieser zähen Überlebensfähigkeit und ihrer vergleichsweise großen Gehirne, die in etwa den unsrigen entsprachen, kam niemand auf die Idee, sie mit der Anfertigung der fortschrittlichen Steingeräte oder gar des Schmucks in Verbindung zu bringen. Dann aber stießen Archäologen im Jahr 1980 bei einer anderen Ausgrabung in Frankreich auf das Skelett eines Neandertalers inmitten von Châtelperronien-Artefakten [2].

Und 1996 identifizierten Forscher um [Jean-Jacques Hublin](#) ein Schädelfragment aus der schmuckreichen Schicht der Grotte du Renne eindeutig als das eines Neandertalers [3]. Von diesem Moment an avancierte die französische Höhle zum zentralen

Beweisstück der Vertreter einer Gleichstellung von modernem Mensch und Neandertaler. Sie sahen darin den Beleg, dass beide Menschenformen Gegenstände mit symbolischer Bedeutung hergestellt hätten – um die eigene Individualität auszudrücken oder die Identität ihrer Gruppe. Jean-Jacques Hublin schloss sich ihnen nicht an. Der Forscher vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig schlug stattdessen eine andere Interpretation vor: Anscheinend, so vermutete er, sei der Neandertaler im Châtelperronien unter den Einfluss seiner neuen Nachbarn geraten. Entweder hätten sie sich den neomodischen Schmuck von den Neuankömmlingen beschafft oder dessen Anfertigung von ihnen abgeschaut.

Als Zilhão von dieser Interpretation hörte, kochte in ihm die Wut hoch, und er wurde zu dem leidenschaftlichen Streiter, der er heute ist. Prompt stellte er die Auffassung in Frage, dass der moderne Mensch seinerzeit bereits vor Ort war, und verwies auf eine gewollte oder ungewollte Bevorzugung des *Homo sapiens*. »Warum wurde die ebenso plausible oder sogar noch plausiblere Hypothese, dass die Neandertaler diese Gegenstände selbst hergestellt ha-



ben, nicht einmal in Betracht gezogen?«, fragt er.

### Zweifrontenkrieg für den Neandertaler

Bei einem Besuch von Höhlenmalereien in Portugal diskutierte er Hublins Studie mit [Francesco d'Errico](#), einem Archäologen, der heute an der Université Bordeaux forscht. D'Errico habe ähnlich reagiert, erinnert sich Zilhão, »und er meinte: ›Okay, tun wir etwas dagegen!‹«. Seitdem führt das Duo einen Zweifrontenkrieg, indem sie einerseits Belege für die kognitive Gleichrangigkeit des Neandertalers liefern und andererseits Studien hinterfragen, die Symbolgebrauch und abstraktes Denken allein dem modernen Menschen vorbehalten. Heute, mehr als 15 Jahre später, taugt die Grotte du Renne noch immer als Zankapfel für die

### URALTE HANDABDRÜCKE

Die mit der eigenen Hand als Schablone ausgeführten Malereien in der El-Castillo-Höhle zählen zu den ältesten weltweit: Vor über 37 000 Jahren verewigten sich hier Steinzeitkünstler. Einige rote Flecken sind sogar noch älter – sie datierten Forscher auf über 40 600 Jahre.





Forscher. Seit 2010 haben drei Studien einander widersprechende Interpretationen der artefaktreichen Schichten vorgelegt. In der ersten, die von einer Gruppe um den Datierungsexperten [Thomas Higham](#) von der University of Oxford veröffentlicht wurde, legten die Forscher neue Radiokarbondaten auf den Tisch, die eine Durchmischung der Schichten nahelegen [4]. Sollte das der Fall sein, ließen sich aus der räumlichen Nähe von Schädelfragment und Schmuck keinerlei Schlüsse ziehen – Letzterer könnte dann ebenso gut aus späterer Zeit stammen.

Innerhalb von Monaten schossen Zilhão, d'Errico und Kollegen zurück [5]. Sie analysierten, wie verschiedene Fundarten in der Höhle verteilt waren, und kamen zum Schluss, dass die Schichten ungestört seien. Die Assoziation des Schmucks mit den Neandertalern sei nach wie vor glaubwürdig, so ihre Schlussfolgerung.

### **Datierung – ein wundersamer Zufall?**

Eine Gruppe um Hublin stellte schließlich im Jahr 2012 eigene Daten vor, die Zilhãos Deutung unterstützten [6]. Trotzdem verweigerte Hublin dem Neandertaler die volle Anerkennung: Zwar hätte dieser die auf

45 000 bis 40 000 Jahre datierten Objekte hergestellt, aber erst nachdem er mit dem modernen Menschen in Kontakt getreten sei. Und dieses Mal konnte Hublin neue Belege ins Gefecht führen.

Radiokarbondaten von Higham und anderen Forschergruppen aus Höhlen in Italien, Großbritannien und Deutschland legen nämlich nahe, dass der moderne Mensch bereits vor rund 45 000 Jahren nach Europa einwanderte – und damit einige Jahrtausende früher als gedacht. Zwar widerspricht Zilhão diesen Befunden energisch – die Datierung der Tierknochen und Muschelschalen verrate nichts über das Alter der benachbarten menschlichen Überreste, und die Belege einer frühen Anwesenheit moderner Menschen in Europa seien »heutzutage schlechter als noch vor 20 Jahren«. Doch sein Kollege Hublin sieht nach wie vor keinen Grund, daran zu zweifeln. Anzunehmen, dass der Neandertaler von selbst auf diese Technologie gekommen sei, hieße, an einen »wundersamen Zufall« zu glauben, meint Hublin. »Just in dem Moment, als die modernen Menschen mit diesen Sachen im Gepäck eintreffen, soll es ›bingo!‹ gemacht haben?« Um der Pattsituation zu entkommen, verweist Zil-

hão auf das Verhalten der Neandertaler in den zehntausenden Jahren vor der Ankunft des *Homo sapiens*. So nehmen einige Forscher an, dass sie ihre Toten bestatteten, was auf ein gewisses Maß an Spiritualität deute. Außerdem stellten sie einen Kleber zur Befestigung von Speerspitzen her, indem sie Birkenrinde unter Luftabschluss erhitzten, eine Technik, die auch für heutige Experimentalarchäologen mitunter schwer nachzuahmen ist.

An vielen Fundstellen tauchen überdies pigmenthaltige Brocken aus rotem Ocker oder schwarzen Manganmineralen auf, die den Eindruck von abgenutzten steinzeitlichen Malkreiden machen. Zilhão ist nicht der einzige Wissenschaftler, der daher davon ausgeht, dass unter den Neandertalern Körperbemalung verbreitet war.

Die kräftigen roten Striche auf ihrer bleichen nordeuropäischen Haut müssen sicher recht eindrucksvoll gewirkt haben und waren – folgt man dieser Deutung – keinen Deut weniger »symbolisch« als die Malereien und Verzierungen unserer direkten Ahnen: »Man braucht keine Muschelperlen und auch keine zeichnerischen Darstellungen, um bestimmte Verhaltensweisen im archäologischen Sinn als sym-



bolisch zu bezeichnen«, meint der Forscher. »Seine Verstorbenen zu vergraben, ist symbolisches Verhalten. Und komplizierte chemische Verfahren anzuwenden, um seine Speere zu schäften, setzt die Fähigkeit zu planen voraus – ein abstraktes Denken, das unserem in allen wesentlichen Belangen ähnlich ist.«

### Neandertalergräber entpuppen sich als Täuschung

Wo Zilhão ein klares Muster erkennt, sehen Skeptiker vor allem Unwägbarkeiten. [Harold Dibble](#), ein Anthropologe der University of Pennsylvania in Philadelphia, hat die vermeintlichen Belege für Neandertalergräber genauer überprüft. Eines davon

### DURCHLOCHTE MUSCHELN

Diese Muscheln der Art *Acanthocardia tuberculata* (Mitte oben) und *Glycymeris insubrica* wurden offenbar von Neandertalern verwendet: Die Löcher könnten ihnen geholfen haben, sie an einer Schnur aufzufädeln.



in der französischen Höhle Roc de Marsal sehe zwar aus wie ein planvoll ausgehobenes Grab, gehe aber in Wirklichkeit auf eine natürliche Grube zurück. Bei einem anderen, in La Ferrassie, sieht er Hinweise, dass Sedimente, die durch Wasser in die Höhle geschwemmt wurden, die sterblichen Überreste von Neandertalern begruben – und nicht etwa trauernde Angehörige.

Auch vom angeblichen Ockermalkasten hält er nicht viel: »Man sieht ein bisschen Abrieb an einem Stück Ocker, und schon ist die Rede von Neandertalern mit Körperbemalung«, sagt er. »Das sind mir zu viele logische Sprünge.« Wie einige seiner Kollegen weist auch Dibble darauf hin, dass Ocker eine ganze Reihe von denkbaren Anwendungen bietet: als Insektenschutzmittel, als Konservierungsmittel für Nahrung oder Tierhäute und als Beimischung in Klebstoffen. Auch Will Roebroeks von der Universität Leiden, der bei eigenen Ausgrabungen in den Niederlanden Hinweise auf eine 250 000 Jahre alte Nutzung von Ocker durch Neandertaler fand [7], ist skeptisch. »Zilhãos Argumentation springt zu schnell vom bloßen Vorhandensein von Ocker auf einen Nachweis von Körperbemalung.« Fragt man nun Dibble, Hublin und die an-

deren Skeptiker, was sie bräuchten, um sich überzeugen zu lassen, geben sie eine einfache Antwort: ein wiederkehrendes Muster künstlerischer Betätigung oder eine vergleichbar hochstehende Ausdrucksform symbolischen Denkens, die zudem aus einer Zeit stammt, als definitiv noch kein moderner Mensch nach Europa eingewandert war. »Ich glaube allerdings nicht, dass es so etwas gibt«, fügt Hublin hinzu.

### Muschelschmuck und Farbpalette

Zilhão jedoch verweist auf einen Einzelfund, den er vor drei Jahren der Fachwelt publik machte [8]. In einer Neandertalerstätte in Spanien fand er **drei Herzmuscheln, die allesamt an einer Seite ein Loch aufwiesen, als seien sie als Schmuckstück getragen worden**. Eine enthielt darüber hinaus sogar Spuren eines rötlichen Farbstoffs. Und eine vierte Muschel wies Überreste von verschiedenen Farben auf – was sie in den Augen der Forscher wie ein Behälter für angerührte Farben aussehen ließ. Die Muschelschalen, resümiert Zilhão, legen ein symbolisches Denken nahe, das dem jener modernen Menschen, die vor 75 000 Jahren in Südafrika dutzendweise Muschelschalen hinterließen, in nichts

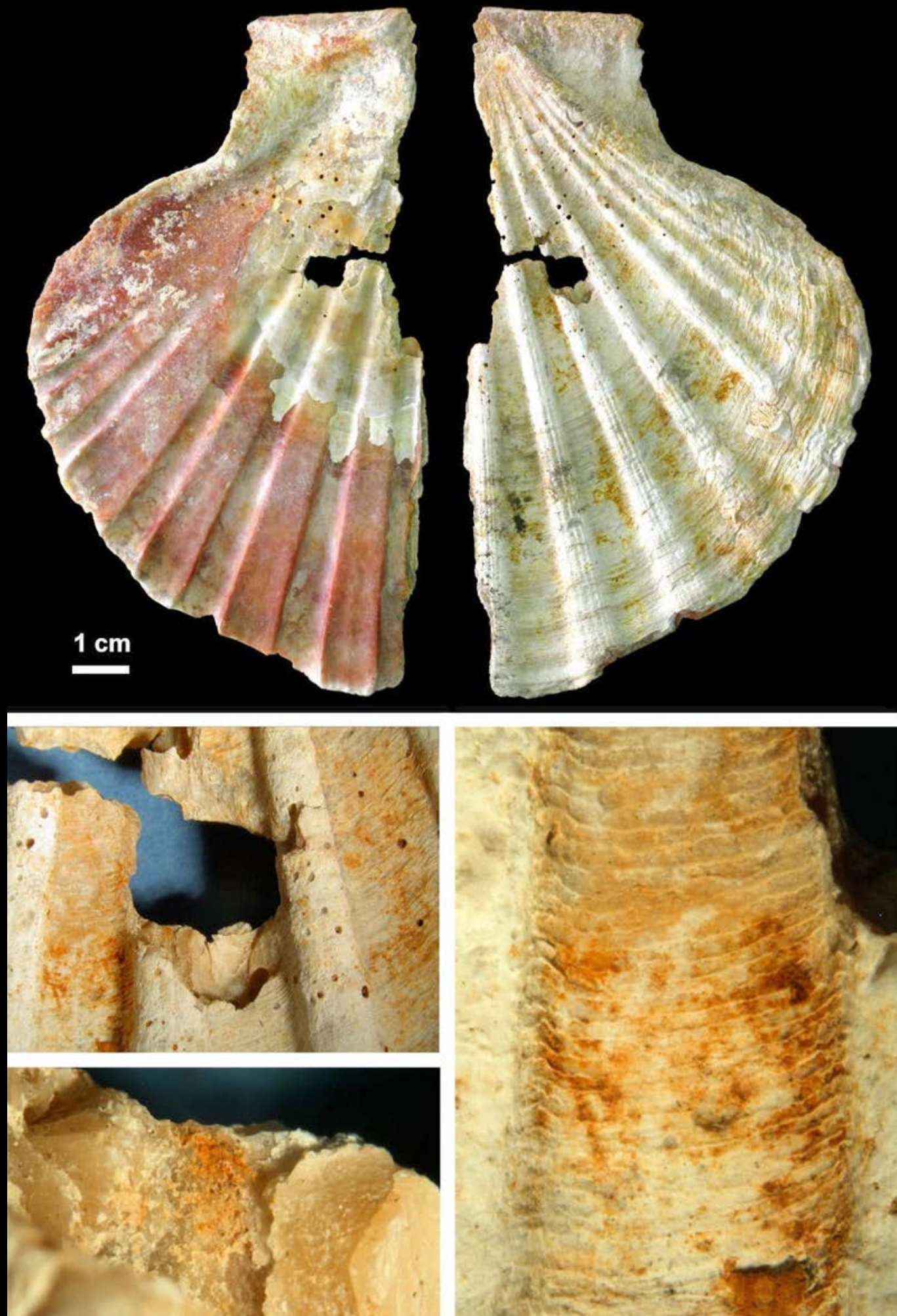
nachsteht. Vor allem aber: Mit einem Alter von rund 50 000 Jahren datieren die spanischen Schalen deutlich in die Zeit vor Ankunft des modernen Menschen.

Den Kritikern reicht das nicht. Die Durchbohrungen sind natürlichen Ursprungs, wie schon Zilhão feststellte, und so sei es ebenso gut möglich, meinen Hublin und Dibble, dass ein Neandertaler aus einer Laune heraus ein paar seltsam geformte Muscheln auflas. »Wenn man nur Einzelstücke hat, Ausreißer sozusagen, überzeugt das die wenigsten von uns«, sagt Dibble.

Die Wandmalereien von El Castillo könnten jetzt helfen, das gesuchte Verhaltensmuster zu rekonstruieren. Bei ihrer Veröffentlichung von vergangenem Juli blieb das Team konservativ bei den Altersangaben: Auf 41 000 Jahre datierten sie die älteste Kalzitschicht. Aus Angst, das eigentliche Pigment zu beschädigen, hatten sie überall mehrere Millimeter des Überzugs intakt gelassen. Tiefer liegende – und damit ältere – Schichten könnten das Minimalalter noch um mehrere Jahrtausende nach hinten verschieben.

Diese Aussicht trieb das Team letzten Oktober zurück in die spanische Höhle, wo





sie tagelang kratzten und schliffen. Diesmal konzentrierten sie sich auf die roten Scheiben und Handabdrücke, die bei der früheren Untersuchung die frühesten Daten erbracht hatten. Ihr Ziel sei, erklärt Zilhão, »die Pigmente in diesen Malereien auf ein Alter zu datieren, das eindeutig und zu jedermanns Zufriedenheit jenseits des Eintreffens des modernen Menschen liegt.«

### Alt, aber nicht alt genug?

Doch fraglich ist, ob ein solcher früher Befund tatsächlich die Debatte beilegen würde. Hublin beispielsweise hat die Latte bereits hochgelegt. »Wenn Zilhão ein Alter von über 50 000 Jahren findet, würde ich mich überzeugen lassen!«, sagt er. Ein bisschen jünger, und der Einfluss des modernen Menschen bliebe als Möglichkeit bestehen, erklärt er mit Verweis auf jüngere

**GROSSE JAKOBSMUSCHEL MIT PIGMENTRESTEN**  
*Pecten maximus*, die große Jakobsmuschel, könnte die Neandertaler wegen ihres roten Inneren (links) fasziniert haben. Das weiße Äußere der Schale (rechts) bemalten sie mit roter Farbe. Unter dem Mikroskop wird deutlich, wo die Farbstoffe der Muschelschale anhaften.



Studien, die ein Vordringen unserer Vorfahren in die heutige Türkei und sogar Mitteleuropa vor gut 50 000 Jahren nahelegen. Davon abgesehen reicht womöglich ein bisschen »Neandertalergekritzeln«, wie Dibble die simplen Malereien nennt, womöglich nicht aus, um die Zweifler zu bekehren. Statt wie erwartet den finalen Schlag zu liefern, könnte Zilhão den Streit nur weiter anfachen. Doch vereinzelt werden auch Stimmen laut, die auf einen Kompromiss hindeuten. Chris Stringer, ein Paläoanthropologe vom Natural History Museum in London, erzählt, wie er vor 20 Jahren noch geglaubt hatte, dass die Neandertaler die Châtelperronien-Artefakte lediglich blind vom modernen Menschen abkupferten. »Wir nahmen damals an, dass sie bloß imitierten, aber von ihrer Hirnleistung her gar nicht in der Lage waren, die Bedeutung der Dinge einzuschätzen, die sie herstellten.« Heute würde er das nicht mehr so sehen. Nach zwei Jahrzehnten, in denen wieder und wieder komplexe Neandertalerwerkzeuge und -waffen ans Tageslicht kamen, habe er seine Ansicht geändert: »Die Kluft war wohl doch nicht so groß«, sagt er – und der Unterschied zwischen uns und ihnen eher eine Frage der Kultur als der Könnens.

### Neandertaler lebten unter widrigsten Umständen

»Bei genauerem Hinsehen merkt man, dass die Neandertaler von einer Reihe von Faktoren zurückgehalten wurden, die nichts mit ihrem Hirn zu tun hatten«, fügt er hinzu. Auf Grund der klimatischen Bedingungen im eiszeitlichen Europa sei ihre Population »beängstigend klein« gewesen – **mitunter lebten nur ein paar tausend Neandertaler auf dem gesamten Kontinent**, von denen die meisten gerade einmal ein Alter von 30 Jahren erreichten. Wie soll ein derart gebeuteltes und verstreut lebendes Volk eine komplexe Kultur entwickeln und aufrechterhalten?

Einen ähnlichen Standpunkt vertritt heute auch d'Errico, Zilhãos langjähriger Kampfgenosse. Er glaubt zwar immer noch, dass die Neandertaler die Châtelperronien-Artefakte vor dem Eintreffen ihrer neuen Nachbarn entwickelten. Allerdings sei er offen für die Idee, dass bestimmte Aspekte der modernen Kultur schon vor dem Eintreffen unserer Vorfahren stückchenweise nach Europa diffundierten. »Es ist möglich, dass sich ein gewisser Einfluss ausbreitete. Ich bin da weniger militant als Joao«, sagt er. Das nehme den Neandertalern im

Übrigen auch nichts weg, fügt er hinzu: »Fremde Einflüsse aufzunehmen, zu verändern und der eigenen Kultur einzuverleiben, ist im Grunde ein sehr modernes Verhalten.«

Dennoch, ein letzter Graben zwischen den Fraktionen bleibt, den keine der beiden freiwillig überwinden will: Waren die Neandertaler – in geistiger Hinsicht – wirklich wie wir? Nein, sagt Stringer. Er verweist auf **die Entzifferung des Neandertalergenoms im Jahr 2010** [9], der zufolge ihr Erbgut in einigen Bereichen, die mit der Hirnphysiologie in Verbindung stehen, vom unsrigen abweicht. Anfang 2013 publizierte Stringer außerdem einen Aufsatz, in dem er argumentierte, dass Neandertaler mehr Hirnmasse für die visuelle Wahrnehmung und die Steuerung ihrer massigen Körper aufwendeten als der moderne Mensch [10]. In der Folge blieb womöglich weniger Platz für soziale Kognition. »Wenn man einen Neandertaler in die heutige Zeit versetzen würde, wäre da wohl immer noch ein Unterschied«, glaubt er. Zilhão hingegen lehnt nach wie vor jede Unterscheidung ab. Als er aus der Höhle in die verregnete Abenddämmerung hinausklettert, sinniert er, was wohl passieren wird, wenn





PEDRO SAURA / NATIONAL MUSEUM AND RESEARCH CENTRE OF ALTAMIRA

#### **DAS GANZE BILD**

**Kamen einst Neandertaler in diese Höhle und bemalten die Wände? Sicher ist, dass die Höhle bis lange nach dem Aussterben der Neandertaler von menschlichen Künstlern besucht wurde. Um unsere eiszeitlichen Vetter als Künstler zu identifizieren, müsste man die Malereien auf eine Zeit datieren, als der moderne Mensch noch nicht in Europa lebte.**



die Datierungen das erhoffte hohe Alter liefern: Wahrscheinlich würden seine Kritiker behaupten, er habe damit zweifelsfrei belegt, dass der moderne Mensch sogar noch früher als gedacht eingewandert sei. »Ganz richtig«, werde ich ihnen dann antworten. »Neandertaler waren eben auch moderne Menschen.« <

Dieser Beitrag erschien unter dem Titel »Old Masters« in Nature 497, S. 302–304, 2013

(Spektrum.de, 11.06.2013)

[1] Pike, A.W.G. et al., Science 336, S. 1409–1413, 2012

[2] Lévêque, F., Vandermeersch, B., C. R. Acad. Sci. Paris 291, S. 187–189, 1980

[3] Hublin, J.-J. et al., Nature 381, S. 224–226, 1996

[4] Higham, T. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA 107, S. 20234–20239, 2010

[5] Caron, F. et al., PLoS ONE 6, e21545, 2011

[6] Hublin, J.-J. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, S. 18743–18748, 2012

[7] Roebroeks, W. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, S. 1889–1894, 2012

[8] Zilhão, J. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA 107, S. 1023–1028, 2010

[9] Green, R.E. et al., Science 328, S. 710–722, 2010

[10] Pearce, E. et al., Proc. R. Soc. B 280, 20130168, 2013



# Archäologie · Geschichte · Kultur

## DIGITALPAKET JAHRGANG 2013

Alle 4 Ausgaben aus 2013 nur je € 5,25

JETZT BESTELLEN



GENETIK

# Was wir vom Neandertaler erbt

**von Jan Dönges**

Welche unserer Gene stammen vom Neandertaler? Das haben zwei Forschergruppen detailliert untersucht. Fündig wurden sie vor allem bei Genen für Haut und Haar.



**E**in bisschen Neandertaler steckt in allen von uns – zumindest in all jenen, die nicht afrikanischer Abstammung sind: Auf der Wanderung aus Afrika begegneten die Urahnen der Europäer und der Asiaten vor grob 40 000 Jahren den Neandertalern und pflanzten sich mit ihnen fort. Genetische Spuren dieses Aufeinandertreffens finden sich bis auf den heutigen Tag in unserem Erbgut – zerfallen in viele kleine Bruchstücke.

Gleich zwei aktuelle Studien haben diese Fragmente nun im Detail analysiert. Wie ein Team um [Sriram Sankararaman](#) von der Harvard University berichtet, brachten einige Gene, die der moderne Mensch vom Neandertaler erhielt, offenbar einen evolutionären Vorteil mit sich: Insbesondere bei Erbfaktoren, die mit der Ausbildung von Haut und Haaren zusammenhängen, tragen überdurchschnittlich viele heutige Menschen DNA-Abschnitte mit Neandertalerursprung.

Diese Gene, die konkret mit der Ausbildung von [Keratinfilamenten](#) im Zusammenhang stehen, halfen offenbar den aus Afrika stammenden Einwanderern, mit kühleren Lebensbedingungen zurechtzu-

kommen. Deshalb konnten sie sich wohl gegenüber den ursprünglichen Varianten durchsetzen, beobachteten auch die beiden Genetiker Benjamin Vernot und [Joshua Akey](#) von der University of Washington in Seattle.

Beide Teams zeigten allerdings auch, dass es nicht nur Vorteile hatte, mit Neandertalern Nachwuchs zu zeugen: Große Teile unserer DNA sind frei von jeglicher Fremd-DNA, offenbar weil Neandertalergene an dieser Stelle einen erheblichen evolutionären Nachteil bedeuteten. Eine solche »Wüste« auf dem X-Chromosom nahmen Sankararaman und Kollegen genauer in Augenschein und bemerkten, dass an dieser Stelle Erbfaktoren sitzen, die vor allem in den Hoden abgelesen werden. Es lässt sich daher mutmaßen, dass männliche Nachkommen einer Liaison von *Homo sapiens* und *neanderthalensis* unfruchtbar waren oder zumindest Schwierigkeiten mit der Fortpflanzung hatten.

In den meisten Fällen, an denen sich entweder ein auffällig hoher oder niedriger Neandertaleranteil zeigt, lässt sich jedoch derzeit noch nicht mit Gewissheit sagen, welche Aufgabe die dort sitzenden Gene genau übernehmen.

Schaut man sich das Erbgut aller heutigen Menschen an, scheint der Neandertaler überdies immer noch ein klein wenig fortzuleben – wenn auch verstreut über viele Menschen: Wirft man sämtliche erhaltenen Genvarianten mit Neandertalerursprung in einen Topf, lassen sich noch mindestens 20 Prozent des ursprünglichen Neandertalergenoms rekonstruieren.

Das ermittelten Vernot und Akey mit Hilfe ausgefeilter Statistik: Sie suchten im Erbgut von 665 Menschen nichtafrikanischer Herkunft nach Positionen, an denen wahrscheinlich Genvarianten von außen hinzukamen – die sich also nicht durch normale, innerartliche Mutation und Selektion erklären lassen. Anschließend überprüften sie, ob an diesen Stellen tatsächlich Neandertalergenvarianten sitzen. Dazu diente ihnen das inzwischen sehr genau bekannte Originalgenom des Neandertalers, das aus Knochenfunden extrahiert wurde.

Das Team um Sankararaman hingegen identifizierte die genetische Hinterlassenschaft der Neandertaler, indem sie nach Stellen suchten, an denen sich die DNA von Europäern oder Asiaten mit der des Neandertalers deckt, während die DNA von Afri-



kanern abweicht. Insgesamt durchforsteten sie dazu das Erbgut von 1004 Menschen.

Sie konnten dabei frühere Schätzungen bestätigen, denen zufolge der Anteil an Neandertaler-DNA in jedem Menschen sehr niedrig ist: Er bewegt sich im Bereich von 1 bis 1,4 Prozent, wobei Asiaten im Schnitt ein bisschen mehr davon haben – das mutmaßliche Ergebnis eines zweiten Aufeinandertreffens mit den Neandertalern in einer anderen Region. Von Person zu Person schwanken die Neandertaleranteile indes nur um weniger als ein Zehntelprozent. <

(Spektrum.de, 29.01.2014)

[1] Nature 10.1038/nature12961, 2014

[2] Science 10.1126/science.1245938, 2014

Alles, was Sie wissen müssen.  
Auf Ihrem Bildschirm.



The image shows a smartphone and a tablet. The smartphone screen displays a colorful DNA double helix structure. The tablet screen displays the cover of the magazine 'Spektrum der Wissenschaft' issue 10.16. The cover features a red background with a stylized brain graphic and the title 'GPS im Gehirn'. Below the title, it says 'Die Nobelpreisträger May-Britt und Edvard Moser erklären, wie unser neuronales Navigationssystem funktioniert'. At the bottom of the cover, there are three small sections: 'ASTRONOMIE: Gibt es einen weiteren Planeten im Sonnensystem?', 'QUANTENCOMPUTER: Mit vernetzten Bauteilen zum Durchbruch', and 'IMMUNTHERAPIE: Erste verblüffende Ergebnisse bei der Krebsbehandlung'. The background of the advertisement is dark blue with white wavy lines.

DAS SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT **DIGITALABO**  
Wissenschaftler berichten über die aktuellen  
Erkenntnisse ihrer Fachgebiete.  
Jahrespreis (12 × im Jahr) € 60,-; ermäßigt (auf Nachweis) € 48,-

HIER ABONNIEREN



URALTES ERBGUT

# Altersrekord bei Menschen-DNA

von Jan Dönges

Aus dem Knochen eines sibirischen *Homo sapiens* haben Forscher das bislang älteste menschliche Genom gewonnen. Es erhellt die Frühphase der großen eurasischen Wanderung.

**SVANTE PÄÄBO HÄLT DEN  
KNOCHEN IN DER HAND**

**Das Alter des Funds überraschte die Wissenschaftler. Der stark fossilisierte Knochen ist der älteste eines typischen anatomisch vollständig modernen Menschen.**



BENCE VIOLA, MPI FÜR EVOLUTIONÄRE ANTHROPOLOGIE



**N**ur ein einzelner fossiler Oberschenkelknochen ist übrig geblieben von einem Mann, der vor rund 45 000 Jahren als Jäger und Sammler im heutigen Sibirien lebte. **Sein Erbgut aber haben Forscher jetzt entziffert** – es ist die älteste Gensequenz von einem modernen Vertreter unserer eigenen Art. Nur die bereits entzifferten Genome von Neandertaler **und Co.** sind älter. Für das vielköpfige Forscherteam um **Bence Viola** und **Svante Pääbo** vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig liefert die nun entzifferte Erbgutsequenz eine Vielzahl von weiteren Fakten über die Frühphase der menschlichen Expansion aus Afrika.

Damals drangen offenbar Menschen während einer klimatisch günstigen Phase weit nach Norden vor – so auch bis in die Gegend um Ust'-Ishim. Nach diesem Bezirk **im westlichen Sibirien in der Oblast Omsk** ist der Fund benannt. Ein Mammutelfenbeinsammler hatte ihn per Zufall entdeckt und an die Forscher weitergereicht. Als diese die Ergebnisse der C-14-Datierung sahen, war die Überraschung groß: »Wir

haben den Jackpot geknackt«, sagt Koautor Viola. Mit einem Alter von 43 000 bis 47 000 Jahren stellt der Fund den ältesten direkt datierten anatomisch modernen Menschen außerhalb Afrikas und des Mittleren Ostens dar.

Sein Genom haben die Wissenschaftler jetzt mit hoher Genauigkeit entziffert und mit dem zahlreicher anderer Menschen verglichen. Zum einen zeigte sich, dass sich bereits die Vorfahren des Mannes mit Neandertalern vermischt haben – das schließen die Forscher aus Resten von Neandertalererbgut in seinem Genom. Zum anderen fanden sie heraus, dass die verwandtschaftliche Distanz des Mannes von Ust'-Ishim zu **frühzeitlichen Europäern** etwa gleich hoch ist wie zu heutigen Asiaten. Ein bemerkenswerter Befund, denn er legt nahe, dass sich zu Lebzeiten des Mannes diese beiden Populationen noch nicht aufgespalten hatten. Aus der gemeinsamen Vorläuferpopulation der beiden entsprang vermutlich die Gruppe, deren nordwärtsgerichtete Wanderung die Vorfahren des Mannes von Ust'-Ishim nach Sibirien brachten. Aller Wahrscheinlichkeit nach starb diese Gruppe in der Folgezeit aus.

### **Isolierte Wanderung nach Sibirien**

Damit gehört der Mann allerdings auch keiner der bislang identifizierten asiatischen Auswanderergruppen an – weder einer angenommenen frühen Bewegung, als deren Nachfahren unter anderem die Aborigines gesehen werden, noch einer späten, aus der sich die meisten heutigen Ostasiaten rekrutieren sollen. Die Entdeckung folgt damit einem Trend der letzten Jahre: Wo immer sich neue Erkenntnisse über die frühen Wanderungsbewegungen der Menschen ergeben, **verkomplizieren sie das bisherige Bild um unerwartete Details.**

Wie die Wissenschaftler weiter berichten, lässt sich aus dem Erbgut des Mannes überdies kalkulieren, wann sich Mensch und Neandertaler vermischten. Bisher hatte es nur grobe Schätzungen über den Zeitpunkt gegeben, jetzt ließ es sich auf 50 000 bis 60 000 Jahre vor heute eingrenzen. Dies ist möglich, weil fremde Einsprengsel in der DNA mit jeder Generation weiter zerstückelt werden. Grund dafür ist die Vermischung mütterlicher und väterlicher DNA. Je größer die Abschnitte von Neandertaler-DNA, desto weniger Zeit ist seit der ersten Vermischung vergangen.





BENCE VIOLA, MPI FÜR EVOLUTIONÄRE ANTHROPOLOGIE

### Nur geringe Neandertaler-Einsprengsel

Insgesamt lag der Anteil der fremden Neandertaler-DNA mit 2,3 Prozent nur leicht über dem heutzutage in Europa üblichen Wert von unter 1,8 Prozent und etwa auf dem Niveau heutiger Asiaten. [Erbgut von Denisova-Menschen](#), die wohl zeitgleich in derselben Gegend lebten, fand sich nicht.

Die Kombination von präziser Altersbestimmung und kompletter DNA-Sequenz erlaubt außerdem, die molekulare Uhr des Menschen genauer zu kalibrieren. Sie gibt an, wie stark sich das Erbgut im Schnitt im Lauf der Zeit verändert. Je exakter dieser

Wert bekannt ist, desto besser lassen sich Stammbäume mit Zeitangaben versehen: Wann sich beispielsweise moderner Mensch und Neandertaler voneinander trennten, lässt sich mit Hilfe der molekularen Uhr abschätzen. Zuletzt hatten Forschungen ergeben, dass die »Evolutionsuhr« in den Genen [langsamer tickt, als man es aus Fossilfunden abgeleitet hatte](#). Das bestätigen nun Pääbo und Kollegen. <

(Spektrum.de, 22.10.2014)

Nature 514, S. 445-449, 2014

### UNSCHEINBARER KNOCHEN

**Dem Knochen des Manns von Ust'-Ishin merkt man seine Bedeutung nicht an – sie zeigt sich erst im Genmaterial, das in den Knochenzellen enthalten ist.**





FLAVIUS BELISARIUS, 1513 / PUBLIC DOMAIN

DIE GENE DER EUROPÄER

# Unsere Familie

von Jan Osterkamp

Alle Menschen sind so unterschiedlich, dass die Menschheit insgesamt sehr homogen ist.  
Gibt es dennoch typische Gene, die Europäer, Asiaten und Afrikaner voneinander trennen?



**W**er über Europa redet, bewegt sich im Ungefähren. Ein Grund sind schon die chronisch mobilen Grenzen des Kontinents: Kriege und Kartografen schieben sie seit jeher recht willkürlich hin und her, wobei eine vermeintlich natürliche geografische Barriere stets Verhandlungssache war. So etwa Zypern: Der Ausgang des Kriegs zwischen Osmanen und Philohellenen im 19. Jahrhundert legte den Grundstein für die spätere EU-Mitgliedschaft des südlichen Inselteils – nicht etwa die Meerenge des Bosphorus, der Europa weiter westlich enden ließe. Und die allerwestlichste Insel: Ist es Irland oder doch Island? Die Ostgrenze – der Ural? Den Status gewann und verlor der Gebirgszug mehrfach: Mal reichte Europa ins tiefste Sibirien, mal bis dahin, wo Polen gerade entstand (oder verschwand) – je nach Grad der Europatauglichkeit, den der Zeitgeist dem russischen Volk zubilligen mochte.

Wir bewohnen also einen sehr wandelbaren asiatischen Subkontinent. Und wer ist das dann eigentlich, »wir«? Was, wenn nicht eine exakt umrissene Heimat, macht »uns« zu Europäern – und womöglich ty-

Auf einen Blick

## Europas Erbgut

- 1 Europäer, Afrikaner und Asiaten ähneln sich genetisch so sehr, dass sie nicht sinnvoll in klar umrissene Großgruppen eingeteilt werden können.
- 2 Die (Vor-)Geschichte hat die Volksgruppen Europas ständig neu durchmischt, so dass alle Europäer viele gemeinsame genetische Vorfahren haben, die teils noch in jüngerer Vergangenheit gelebt haben: In Europa lebt eine Großfamilie mit nahen Vettern auf allen Erdteilen.
- 3 Nur wenige Genvarianten sind »europäisch«. Sie bestimmen über Äußerlichkeiten wie Haar- und Hautfarbe oder die Verträglichkeit gegenüber manchen Nahrungsmitteln, etwa Milch.
- 4 Genanalytische Techniken, die möglichst viele unterschiedliche Erbgutgemeinsamkeiten berücksichtigen, können noch heute uralte Substrukturen in der europäischen Population ausmachen. Sie liefern Hinweise auf die jahrtausendealte Siedlungs- und Vermischungshistorie.

pisch? Ist es vielleicht unser Stammbaum, also unsere Gene?

Biologen sind seit Langem auf der Suche nach »europäischen Genen«. Und ebenso lange lockt die Frage auch biologische Ideologen an, die sich aus den neuen

wissenschaftlichen Erkenntnissen selektiv passende Versatzstücke herauspicken: Sie suchen dabei nach einer »europäischen Rasse«, die durch diese besonderen Gene gekennzeichnet ist. Nur: Gibt es diese Gene überhaupt?



Einig sind sich Wissenschaftler immerhin in der Frage der »Rasse« – sie wird als klassifizierende Ordnungskategorie nicht mehr verwendet. Der Grund für die Ablehnung des Begriffs ist nicht etwa politisch korrekter Sprachgebrauch: Tatsächlich ist die gesamte genetische Variabilität menschlicher Ethnien stets zu groß, um eine »Rasse« sinnvoll gegenüber einer anderen abgrenzen zu können. Das bedeutet allerdings nicht, dass zwischen einzelnen Menschengruppen nicht auch Unterschiede bestehen würden – und teilweise sogar deutlich wahrnehmbare. Es lassen sich durchaus Gründe dafür finden, das wissenschaftlich sinnfreie Etikett »Rasse« – abgewandelt zur Ethnie oder Ähnlichem – in bestimmtem Kontext als nützliche Schublade für Menschen mit gemeinsamen, willkürlich gewählten Merkmalen zu benutzen. Zum Zweck schneller äußerlicher Identifizierbarkeit wird etwa auch heute noch ein typischer Nordeuropäer weißer Hautfarbe von der US-Einwanderungsbehörde als »kaukasoider Typus« definiert.

### Kaukasische Äußerlichkeiten

Die typischen Äußerlichkeiten des Phänotyps »Kaukasier« – also des Europäer-Pro-

totyps, der heute auch in Amerika, Australien, Nordasien und Europa große Teile der Bevölkerung stellt – werden natürlich durch bestimmte Genvarianten hervorgerufen: Varianten, die darüber entscheiden, dass er häufiger blond oder rothaarig, blauäugig und weißhäutig ist als Menschen in Asien und Afrika.

So entscheiden zum Beispiel ein paar wenige »europäische Genvarianten« – oder besser, europäische Mutationen in allerlei unterschiedlichen Regionen des Erbguts – über die Farbe der Haut: Die Kaukasier – anders als phänotypische Asiaten – werden unter anderem durch punktuelle Veränderungen in drei Genen hellhäutiger, die alle bei der Produktion des dunklen Hautpigments Melanin eine Rolle spielen [1].

Diese Mutationen haben sich genanalytischen Schätzungen zufolge erst vor erstaunlich kurzer Zeit – etwa 7000 Jahren – nach und nach durchgesetzt, nachdem die dunkelhäutigen Neueuropäer aus dem Süden in den Norden gewandert waren. Denn im Norden, so spekulieren die Evolutionsbiologen, war der biologische Vorteil dunkler Haut als UV-Schutz vor starker Sonneneinstrahlung womöglich weniger relevant. Weil mehr UV-Strahlen die Hautzellen er-

reichen, produzieren nur Hellhäutige auch im mäßig sonnigen Nordeuropa noch ausreichende Mengen an Vitamin D – das mag besonders in der Epoche vor 12000 bis 5000 Jahren ein Vorteil gewesen sein, als die europäischen Menschen im Zuge der neolithischen Umwälzung nach und nach von Wildbeutern zu Bauern wurden und dabei zunächst mit längeren Phasen vitaminarmer Mangelernährung fertigwerden mussten.

Ein anderes, oft charakteristisch an zwei Stellen minimal mutiertes »Haut- und Haarfarbengen« – MC1R, welches für einen Hormonrezeptor kodiert – kennen Genetiker als typisch für Rothaarige, Sommersprossige und Sonnenbrandanfällige. Dabei kommt die etwa bei vielen Iren mutierte Variante aber eben nicht nur bei Europäern vor: Sie entstand bereits, bevor der moderne Mensch Europa besiedelte – und brachte seinem Träger auch Nachteile, zum Beispiel eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber bestimmten Krebsformen. Ganz Ähnliches gilt übrigens auch für den genetischen Merkmalsatz, der einem Menschen zu mehr oder minder krausem oder gelocktem Haar verhilft – ihn also, wissenschaftlich korrekt, als einen von derzeit



acht abgrenzbaren Haartypen kategorisiert [2]. Unter dem Einfluss der unterschiedlichen Gene verändert sich vor allem der geometrische Querschnitt der einzelnen Haare – Haare mit rundem Querschnitt (wie sie bei Asiaten häufig sind) locken sich viel seltener als die Haare elliptischen Querschnitts, die bei Afrikanern und einigen Europäern verbreitet vorkommen.

Besonders auffällig wirkt sich dabei zum Beispiel eine bei glatthaarigen Nordeuropäern häufige Veränderung im TCHH-Gen aus [3]. Es kodiert ein Protein der Haarfollikel und verändert offenbar eine anatomische Struktur, aus der die Haare herauswachsen. Dies sorgt womöglich dafür, dass neue Keratinschichten symmetrischer aufgetragen werden – und das Haar so runder

und damit weniger lockig wächst. Runde asiatische Haare verdanken ihre Form übrigens einer anderen Mutation [4]. Wie oft spielen aber auch hier mehrere Gene unterschiedlich gewichtige Rollen für die Ausprägung eines Phänotyps [5].

Am ehesten bekannt als »typisch europäisch« ist vielleicht jene Genvariante, die sich auf die Verträglichkeit von Milchprodukten auswirken: Die »Laktosepermanenz« findet sich vor allem bei Nordeuropäern häufiger als etwa bei Asiaten und Afrikanern und erlaubt ihnen, nicht nur als Säugling, sondern auch als Erwachsener Laktose, also Milchzucker, verdauen zu können. Als Ursache sind verschiedene Mutationen ausgemacht, die das für die Milchzuckerzerlegung zuständige Laktaseenzym verändern [6]. Auch diese Genver-



NEANDERTHAL MUSEUM / HOLGER NEUMANN

## NEANDERTALER UND DER MENSCH

Wie ähnlich war *Homo neanderthalensis* dem modernen Menschen? Manche Funde, wie beispielsweise Schmuckstücke, lassen symbolisches Denken vermuten. Offenbar waren sich Neandertaler und *Homo sapiens* so weit ähnlich, dass sie miteinander umgehen und wahrscheinlich sogar kommunizieren konnten.





# Menschen und Rassen

Wissenschaftler vermeiden seit geraumer Zeit das Etikett »Rasse«, um Unterkategorien innerhalb einer Spezies zu kennzeichnen – also Untergruppen aus Individuen zu bilden, die sich in subjektiv festgesetzten genetischen oder äußerlichen Merkmalen von anderen unterscheiden. Eben weil diese Kategorisierung nach willkürlich festgelegten Konventionen erfolgt, ist sie – außer eben im Bezug auf die zur Kategorisierung herangezogenen Merkmale – nicht aussagekräftig. Verwendung findet der Begriff noch in der Tierzucht, auch hier treten jedoch die Probleme des Konzepts zu Tage. So etwa bei Pferderassen: Sie sind gelegentlich so subtil anhand weniger Merkmale definiert, dass am Ende manchmal die Nachkommen eines Tier per Definition zu einer anderen Rasse gezählt werden müssten als ihre Eltern. Einigkeit herrscht unter Wissenschaftlern über die Unsinnigkeit, konkrete menschliche »Rassen« zu

definieren: Jeder heute lebende *Homo sapiens* ist mit jedem anderen Menschen zu eng verwandt. Natürlich können trotzdem »Rassen« – oder Ethnien beziehungsweise Populationsgruppen – anhand einiger gemeinsamer, zum Beispiel äußerer Merkmale willkürlich gruppiert werden: Haar- und Hautfarbe oder die Nasenform unterscheiden den durchschnittlichen Nigerianer vom Finnen ja immerhin auffallend. Ein Blick auf die gesamte DNA-Sequenz – statt nur auf die wenigen Genvarianten, die die willkürlich ausgewählten Merkmale beeinflussen – beweist aber, dass zwei Individuen aus zwei unterschiedlichen solchen Populationsgruppen genetisch viel ähnlicher sein können als zwei Menschen der gemeinsamen Ethnie. Eine sinnvollere Schublade als die auf Grund von Äußerlichkeiten und geografischer Verbreitung konventionell gebildete »Rasse« stellen direkte Verwandtschafts-

linien dar. Sie sind auch von hohem Interesse für forschende Mediziner, die »ethnische Medikamente« entwickeln möchten: Wirkstoffe gegen Erkrankungen, die in bestimmten miteinander verwandten Großgruppen häufiger auftreten. Beispiele sind etwa die Tay-Sachs-Krankheit, die in der Ahnenreihe der jüdischen Aschkenasim häufig ist – oder die Sichelzellenanämie, die Menschen westafrikanischer Herkunft häufiger trifft. In den meisten Fällen gibt die Sortierung in althergebrachte Rassen, etwa nach Hautfarbe, keine echten Anhaltspunkte für ein Erkrankungsrisiko – wohl aber ein genauer Blick auf die Ahnenreihe der Betroffenen. Auch für diese Verwandtschaftsgruppen gilt, was auf alle Ethnien zutrifft: Die Variabilität sämtlicher Gene ist innerhalb der Gruppe so hoch, dass einzelne Mitglieder sich stärker unterscheiden können als von einem entfernt wohnenden »Fremden«.



änderungen haben sich in Europa womöglich erst in den letzten Jahrtausenden allmählich durchgesetzt: Darauf deuten zumindest Analysen von DNA-Proben hin, die Genforscher an der 5000 Jahre alten Gletschermumie Ötzi sowie an Skeletten aus der Mittel- und Jungsteinzeit durchgeführt haben. Das Erbgut dieser Menschen – die in Europa gelebt hatten, als die Milchviehhaltung sich dort zumindest noch nicht flächendeckend etabliert hatte – zeigte noch keine Spuren der typisch europäischen Genveränderung [7].

### Viele Unterschiede überall

Haut- und Haarfarbe, Nahrungsmittelverträglichkeit, womöglich die Nasenform: Stets modellieren am Phänotyp nur sehr wenige Gene, die meist nur an einer Stelle minimal gegenüber einer Alternativvariante verändert sind. Diese paar Veränderungen einzelner Basen – man redet von SNPs (single-nucleotide polymorphisms) – haben dann zum Beispiel rothaarige, sommersprossige Westeuropäer gemeinsam. Eine Abgrenzung von Iren und Nichtiren oder Europäern und Nichteuropäern anhand einer Hand voll Punktmutationen ist – auch wenn die Veränderungen wirk-

lich nur in Europa vorkommen sollten – daher ebenso sinnlos wie die überholte Kategorie Rasse.

Denn das Erbgut von Iren, Resteuropäern und Afrikanern wird gleichzeitig an überwältigend vielen anderen Stellen ebenfalls verändert sein: Zu SNPs führende Mutationen ereigneten sich in der Menschheitsgeschichte laufend und überall im Erbgut. Die zufälligen Punktmutationen betreffen dabei Gene, aber auch alle nicht kodierenden Abschnitte der DNA, sie verändern anschließend Proteinstrukturen und genetische oder epigenetische Regulationsmechanismen und damit die Fitness des Organismus – oder eben häufig auch nicht. Nur ein Vergleich möglichst vieler dieser SNPs – statt nur einzelner, willkürlich ausgewählter – könnte also einen wirklich guten Aufschluss über die Verwandtschaft der Menschheitsfamilie liefern. Und vielleicht letztendlich doch noch einen genetischen Durchschnittseuropäer charakterisieren?

### Mutantenquerschnitt

Genomweite, vergleichende SNP-Analysen von Populationen sind enorm aufwändig und ihre Resultate notorisch schwer zu

analysieren. Mittlerweile aber reichen sowohl Computerpower als auch Umfang der Sequenzdatenbanken aus, um solche Untersuchungen Erfolg versprechend durchführen zu können. Weil auch immer mehr typische SNPs vieler einzelner verschiedener Menschen bekannt sind, erlauben diese Studien auch schon recht eindrucksvolle Schlüsse.

In der Praxis verglich man dabei zunächst die Sequenzen der über die mütterliche Linie weitervererbten Mitochondrien-DNA – beziehungsweise die darin erkennbaren Unterschiede. Das Pendant dazu war der Vergleich der Y-Chromosom-Sequenz, die nur Väter an Söhne weitergeben. Weit aufwändiger – aber bei ausreichender wissenschaftlicher Sorgfalt auch aussagekräftiger – ist noch heute der Vergleich möglichst vieler SNPs auf den Autosomen, also allen anderen Chromosomen im Zellkern außer den Geschlechtschromosomen. Aber trotz aller methodischen Herausforderungen beginnt sich bei der genetischen Spurensuche langsam ein Bild der genetischen Identität der Europäer herauszubilden. Erkennbar wird auch hier nicht gerade der prototypische Europäer – sondern eher ein nebelhafter Umriss der



heutigen europäischen Population und ihrer wandelbaren genetischen Grenzen.

### Techtelmechtel mit dem ersten Europäer

Noch vage ist der genetische Stammbaum dabei schon ganz am Anfang: beim Allerersten, dem Urahn aller Europäer, der auch schon ein Mischling mit Vergangenheit war. Einig sind sich Paläogenetiker mit Evolutionsforschern, dass der moderne *Homo sapiens* vor frühestens 60 000 Jahren aus Afrika ausgewandert ist und schließlich auch, wahrscheinlich über den Nahen Osten, in Europa ankam – **vielleicht inmitten einer vorübergehenden Tauwetterphase** während der letzten Kaltzeit, dem Heinrich-Ereignis-4 vor 40 000 Jahren. Der erste Mensch des Kontinents war er damals allerdings nicht. Schon auf dem Weg waren die Ahnen der Ureuropäer auf noch ältere Pioniere gestoßen: die Nachfahren aus der *H.-erectus*-Linie, die vor 1,8 Millionen Jahren Afrika verlassen, sich in Europa als *H. heidelbergensis* niedergelassen und sich wahrscheinlich irgendwo in Westasien vor rund 300 000 Jahren zum Neandertaler entwickelt hatten. Im Nahen Osten, im Kaukasus und in Europa trafen sich der neu einwandernde *H. sapiens* und der alt-

eingesessene *H. neanderthalensis* vor 35 bis 40 Jahrtausenden häufiger – und fanden sich gelegentlich sehr sympathisch, wie Sequenzvergleiche von alter Neandertaler-DNA und modernen Genen enthüllt haben: Noch heute finden sich im Erbgut des Europäers Spuren von Neandertalergenen. Auf ähnliche Weise veränderte sich aber auch das Erbgut der Nichteuropäer: So mischte sich das Erbgut des 2008 als Fossil im Altaigebirge entdeckten Denisova-Menschen womöglich ins Erbgut von Migranten, die zu den Ahnen verschiedener Pazifikbewohner wurden [8].

Diese unterschiedliche Genbeimischung durch ältere Menschenformen macht noch heute Europäer anders als andere Weltbürger – zumindest ein wenig. Denn mit ein bis vier Prozent vom Neandertal-Generbe tragen wir heute nur noch wenig Spuren der prähistorischen Techtelmechtel. Einige Populationen in Europa – vielleicht solche, die ein größeres altsteinzeitliches Generbe bis heute weitergegeben haben – scheinen allerdings mehr Neandertalergene zu tragen als andere. So ergaben Genvergleiche mit der alten DNA des vor 5300 Jahren gestorbenen Tiroler Gletschermanns, dass Ötzi mehr Neander-

talergene als der heutige Durchschnittseuropäer trug [9]. Ötzi ähnelt zudem den heute auf Sardinien heimischen Menschen: einem genetisch offenbar ureuropäischen Völkchen.

Vor grob 25 000 Jahren waren die letzten Neandertaler Europas jedenfalls ausgestorben – übrig blieben Mischlinge mit ein wenig Neandertaler- und meistens typischen *Sapiens*-Genen, die sich nun in verschiedenen eiszeitlichen Rückzugsorten ums Lagerfeuer scharten und überlebten, bis das Eis der letzten Kaltzeit endlich geschmolzen war.

### Das Erbe der Altsteinzeit

Die der Eiszeit trotzen paläolithischen Jäger und Sammler Ureuropas unterschieden sich damals genetisch – also in ihrem Muster der SNP-Mutationsmarker – sicherlich nicht allein wegen ihrer Neandertalerkontakte bereits ein wenig von den anderen Menschen weltweit: Das Erbgut der gemeinsam nach Europa einwandernden Population hatte sich häufiger miteinander als mit weiter entfernt lebenden oder in andere Weltgegenden driftenden Gruppen gemischt – und begann so eine subtile, aber in den SNP-Vergleichen erkennbare gemeinsa-





**ZEUGNIS EINER EINHEITLICHEN  
WESTEUROPÄISCHEN KULTUR:  
DER GLOCKENBECHER**

Ein typischer Glockenbecher aus einem Hockergrab im Kalbecker Wald bei Goch, Museum Burg Linn. Die Glockenbecherleute trugen wahrscheinlich einen genetischen Marker, der schon in der Altsteinzeit existiert haben dürfte, in den heutigen europäischen Genpool: Am Ende der Jungsteinzeit breiteten sie sich von Westen her über Europa aus.



me genetische Identität zu entwickeln. Anhand der charakteristischen SNP-Muster können Populationen in Verwandtschaftsgruppen, so genannten Haplogruppen, zusammengefasst werden: im Prinzip genetische Schubladen, die feinere Verästelungen der menschlichen Ahnenreihe bilden. Genetiker können mittlerweile relativ gut abschätzen, wann in der Menschheitsgeschichte sich die Mutationen ereignet haben, die als SNPs Haplogruppen charakterisieren. Einige Haplogruppen waren demnach bereits in der Altsteinzeit verbreitet – und manche von diesen offenbar typisch für die damalige Bevölkerung Europas. Einen dieser Marker nennen die Genetiker »M173«: Es handelt sich um eine Mutation auf dem Y-Chromosom, die den Haplotyp R1 charakterisiert. R1 und seine zwei Untergruppen, R1b und R1a, sind heute die bei europäischen Männern häufigsten.

### Ideen und Gene aus allen Himmelsrichtungen

Beide Haplogruppen, R1b und R1a, haben nach der Vorstellung der Archäogenetiker ihre dominante Stellung in Europa auf sehr unterschiedlichen Wegen zu unterschiedlichen Zeiten erkämpft. Den ersten nach-

haltigen Eindruck hatte dabei wohl R1b gemacht, als am Ende der Kaltzeit Menschen nach und nach den ganzen Kontinent besiedelten. Einige Pioniere scheinen dabei einen Startvorteil gehabt zu haben: Sie breiteten sich aus den wärmeren Rückzugsräumen im Süden und Südwesten des Kontinents aus. Und einiges spricht dafür, dass ebendiese altsteinzeitlichen Menschen den heute noch typisch westeuropäischen R1b-Haplomarker trugen, den ihre Vorfahren vor langer Zeit aus Asien mitgebracht hatten. Immer noch findet sich der Marker in lange isolierten europäischen Ethnien wie den Basken – die als relativ heterogene Gruppe nicht nur ihre sehr eigene, nicht indoeuropäische Sprache, sondern eben auch eine relativ alte Genstruktur bis heute erhalten haben. Gängigen Hypothesen zufolge wurden die Menschen mit dem alten R1b dann wieder von anderen Gruppen verdrängt, um schließlich aber – vielleicht mit den Vertretern der vordringenden Glockenbecherkultur am Ende der Jungsteinzeit – ein europäisches Comeback aus der Iberischen Halbinsel heraus starten zu können [10]. Ebenfalls in der Übergangszeit zwischen ausgehendem Neolithikum und beginnender Bronzezeit

machten sich nun erst die R1a-Träger von Osten her nach Europa auf. Die kennzeichnenden Mutationen der Haplogruppe hatten sich später als die von R1b ereignet, womöglich irgendwo im europahanen Asien – nun brachten sie, so eine Theorie, vielleicht Menschen der Schnurkeramikkultur nach Europa. Genetische wie archäologische Belege sind notorisch schwer aufeinander abzustimmen, übereinstimmend legen die Fachrichtungen aber nahe, dass sich R1a und R1b beziehungsweise Glockenbecherleute- und Schnurkeramiker von zwei Richtungen kommend in der Mitte Europas getroffen haben. Genetisch ist die R1a/b-Scheidelinie inmitten Europas noch heute nachvollziehbar.

### Die Nord-Süd-Achse

Eine viel prominentere genetische Substruktur, die in vielen Untersuchungen erneut bestätigt wird, verläuft in Europa allerdings grob, aber deutlich von Süd(ost) nach Nord(west). Lange vermutet man schon, dass dieser Gradient bereits von deutlich früheren Migrationswellen zu Beginn der Jungsteinzeit geprägt ist: Damals drangen im Zuge der neolithischen Umwälzung Pioniere mit agrartechnologi-



ischem Rüstzeug im Gepäck nach und nach von Süden nach Norden vor – und vermischten sich mit den ansässigen paläolithischen Jägergemeinschaften, wenn sie sie denn nicht gleich ganz ersetzten und verdrängten. In jedem Fall aber war im Zuge der neolithischen Migration von Menschen und agrartechnischer Innovation der Süden des Kontinents stärker betroffen: Hier mischten sich die paläo- und mesolithischen Urhaplotypen der Einheimischen häufiger mit neu einwandernden Nachrückern. Je weiter nördlich, desto später und schwächer setzten sich also sowohl die Ideen der Landwirtschaft als auch der Nachschub an Genen der neolithischen Südmenschen durch. Und demzufolge beherbergt der Nord(west)en Europas auch heute noch mehr Menschen mit älteren genetischen Markern. Andere Ecken Europas – geografisch isolierte Inselareale wie die von den Ahnen der Basken und Sardiner besiedelten – sind indes wohl eher umgangen worden.

### Wirbel im Gengradienten

Noch herrscht übrigens weit gehend Unklarheit darüber, wie viele Genvarianten oder SNPs sich tatsächlich aus dem Mesoli-

## Haplogruppen – Sortierung nach SNP-Unterschieden

**Ein Set charakteristischer Einzelbasenveränderungen der DNA (so genannte SNPs, single-nucleotide polymorphisms) umreißen einen Haplotypen. Menschen mit diesen Markern – denselben Haplotypen – können in Haplogruppen gesammelt werden, die quasi gemeinsame Verzweigungen im Stammbaum der Menschheit darstellen. So definieren zwei bestimmte, vor etwa 25 000 bis 30 000 Jahren erstmals aufgetretene und seitdem über die mütterliche Linie weitervererbte Mutationen im Mitochondrien-Erbgut die heute bei Europäern häufigste mt-Haplogruppe H. Auch häufig ist in Europa noch – mit gut zehn Prozent – die wohl viel ältere mt-Haplogruppe U.**

**Eine andere ausschließlich europäische, durch Mutationen im Y-Chromosom charakterisierte Haplogruppe nennt sich I – sie ist noch heute bei einem Fünftel aller Europäer zu finden, war in der Altsteinzeit aber vermutlich weiter verbreitet, spekulieren Genforscher, ohne dafür bisher Beweise in Form von Analysen paläolithischer DNA vorlegen zu können.**

**Die heute in Europa häufigste Y-chromosomale Haplogruppe R teilt sich anhand weiterer SNP-Marker in zwei unterschiedlich alte Untergruppen, R1a und R1b, anhand derer die Besiedlungsgeschichte Europas nach der Altsteinzeit anschaulich demonstriert werden kann.**

thikum und der früheren Jungsteinzeit ins europäische Hier und Jetzt gerettet haben. Was, zum Beispiel, wurde aus den Mischlingen der neolithischen Agrarpioniere und den alteuropäischen Einheimischen, als während der endsteinzeitlichen Migrationswellen nun wieder neue Menschen – die Glockenbechermenschen und Schnur-

keramiker von West und Ost – auftauchten? Verschwunden war damals zum Beispiel die ältere Kultur der Linearbandkeramiker. Untersuchungen alter DNA aus Skeletten in einer über die Jahrtausende hinweg besiedelten Fundstätte in Sachsen-Anhalt scheinen derzeit zu belegen, dass deren Gene – genauer, die charakteristi-



schen SNPs der mt-DNA-Haplotypen – aus der alten Zeit kaum an die zukünftigen Europäer weitergegeben wurden [11]. Die noch heute erkennbare, sich geografisch grob von Südosten nach Nordwesten graduell ändernde genetische Urstruktur Europas wird, wie die DNA-Analysen aus Sachsen-Anhalt belegen, seit dem Beginn der Kupferzeit andauernd überlagert und teilweise ersetzt: eben durch den Beitrag von weit ausgreifenden Kulturen wie den Glockenbecherleuten oder den Schnurbandkeramikern, aber auch späteren historischen Wanderbewegungen. Überall in Europa ereignete sich gleichzeitig aber stets der natürlichste Vorgang der Welt: Zuwanderer und Ureinheimische fanden zueinander und mischten sich, worauf einige wieder weiterzogen. Und weil nahe Nachbarn sich häufiger treffen als geografisch weiter entfernt lebende Menschen, bleibt dabei der schon früher angelegte genetische Nord-Süd-Gradient der Variabilität zwar erhalten, es wird zudem aber auch ein entfernungsabhängiger Isolations-effekt wirksam, der für nivellierende Effekte sorgt. Regional werden dabei Unterschiede zwischen genetischen Populationen mehr und mehr abgeschliffen [12,13].

### Vom Wir zum Ich

Was bedeutet dies alles für »unsere Gene«? Offensichtlich gibt es tatsächlich ein typisch europäisches Gengemisch: Es hat sich in einer eigenen Entwicklungsgeschichte mit langen Phasen der Semiisolation geformt – und zugleich aber immer wieder auch aus dem Nachschubgenpool von jenseits des Kontinents ergänzt. Auf jeden Fall sind die Europäer, diese immer weiter durcheinandergerührte Mixtur aus Neandertalern und Cro-Magnon-Menschen, aus Altsteinzeitjägern und neolithischen Bauern sowie immer neuen Migranten aus Süden und Osten – eine große Familie.

So gesehen bleibt die Frage eines Einzelnen, ob er womöglich in der eigenen Ahnenlinie einen Kelten, Wikinger, Goten oder Römer hat, zwar spannend, die Antwort aber ist banal: Er hat, sehr wahrscheinlich – und zwar alles gleichzeitig. Was auch rein mathematisch nachvollziehbar ist, denn mit jeder zurückliegenden Generation verdoppeln sich unsere möglichen genetischen Vorfahren. Wir haben acht Urgroßeltern, in zehnter Generationen mehr als 1000 Vorfahren sowie vor 20 Generationen (theoretisch) mehr als eine Million. Prak-

tisch heißt das: Sehr viele von uns müssen sehr viele gemeinsame Vorfahren haben. <

(Spektrum.de, 27.05.2013)

- [1] Norton, H.L. et al.: Genetic Evidence for the Convergent Evolution of Light Skin in Europeans and East Asians. In: Mol. Biol. Evol. 24(3): S. 710-722, 2007
- [2] Loussouarn G. et al.: Worldwide diversity of hair curliness: a new method of assessment. In: Int J Dermatol 46 Suppl 1: S. 2-6, 2007
- [3] Medland, S.E. et al.: Common Variants in the Trichohyalin Gene Are Associated with Straight Hair in Europeans. In: Am J Hum Genet. 85(5), S. 750-755, 2009.
- [4] Mou, C. et al.: Enhanced ectodysplasin-A receptor (EDAR) signaling alters multiple fiber characteristics to produce the East Asian hair form. In: Hum Mutat. 29(12): S. 1405-1411, 2008.
- [5] Eriksson, N. et al.: Web-Based, Participant-Driven Studies Yield Novel Genetic Associations for Common Traits. In: PLoS Genet 6(6): e1000993, 2010.
- [6] Lewinsky R.H. et al.: T-13910 DNA variant associated with lactase persistence interacts with Oct-1 and stimulates lactase promoter activity in vitro. In: Hum Mol Genet 14, S. 3945-3953, 2005.
- [7] Burger, J. et al.: Absence of the lactase-persistence-associated allele in early Neolithic Europeans.



In: PNAS 104(10), S 3736–3741, 2010.

[8] D. Reich et al.: Denisova Admixture and the First Modern Human Dispersals into Southeast Asia and Oceania. In: The American Journal of Human Genetics 89(4), S. 516-528, 2011.

[9] A. Keller et al.: New insights into the Tyrolean Iceman's origin and phenotype as inferred by whole-genome sequencing. In: Nature Communications 3, S. 698, 2012.

[10] Harrison, R.J.. In: The Beaker Folk. Copper Age-archaeology in Western Europe. Thames and Hudson, London, 1980.

[11] Brotherton, P.: Neolithic mitochondrial haplogroup H genomes and the genetic origin of Europeans. In: Nat Comm 10.1038/ncomms2656, 2013.

[12] Lao, O. et al.: Correlation between genetic and geographic structure in Europe. In: Current Biology 18: S. 1241-1248, 2008.

[13] Novembre, J. et al.: Genes mirror geography within Europe. In: Nature 456, 98-101, 2008.

Alles über Ihre grauen Zellen.  
Auf Ihrem Bildschirm.



DAS GEHIRN UND GEIST **DIGITALABO**

Alles über die Erforschung von Ich und Bewusstsein,  
Intelligenz, Emotionen und Sprache.

Jahrespreis (12 × im Jahr) € 60,-; ermäßigt (auf Nachweis) € 48,-

HIER ABONNIEREN





ANTHROPOLOGIE

# Die Geburt der Kreativität

von Heather Pringle

Zu Erfindern und Künstlern wurden Menschen nicht erst vor 40 000 Jahren, als der *Homo sapiens* in Europa erschien. Afrikanische Kulturen liefern viel ältere Zeugnisse von Kreativität. Die ersten Anfänge finden sich sogar bei noch früheren Menschen.



**K**aum öffnet der Louvre des Morgens seine Tore, strömen Menschengescharen in den Saal mit der »Mona Lisa«. Leonardo da Vinci vollendete das Bild Anfang des 16. Jahrhunderts. Die durchgeistigte Schönheit und das rätselhafte Lächeln des Antlitzes erzielte er mit einer von ihm erfundenen Maltechnik, die er »sfumato« (verraucht, verschwommen) nannte. Um Linien und Farbübergänge weicher zu zeichnen, als wäre das Bild von einem leichten Nebelschleier eingehüllt, legte er über Jahre bis zu 30 hauchdünne, durchscheinende Schichten auf.

Hinter Schöpfungen wie der »Mona Lisa«, den Meisterwerken eines Mozart oder Michelangelo steht der erfindungsreiche Geist eines Ausnahmekünstlers. Letztlich sind sie höchster Ausdruck einer uralten menschlichen Gabe: des Drangs, zu verbessern, zu erfinden, aber auch zu gestalten und sich auszudrücken.

Wie und wann diese schier unermessliche Erfindungsgabe und Schöpferkraft einst aufkam, das fragen sich Forscher weltweit. Denn unsere Hominidenvorfahren besaßen diese Eigenschaften nicht von Anfang an. Vor ungefähr sechs Millionen Jah-

ren tauchten in Afrika mit den Australopithecinen die ersten Vormenschen auf. Danach hinterließen die frühen Vertreter unserer Abstammungslinie allerdings fast 3,4 Millionen Jahre lang kaum Anhaltspunkte für technische Neuerungen. Vermutlich beschafften sie sich ihre Nahrung weitgehend mit den Händen. Werkzeuge, die sie benutzt haben mögen – etwa Stöcke zum Aufspießen oder zum Ausgraben von Knollen –, sind nicht erhalten.

Irgendwann kamen unsere Vorfahren dann auf die Idee, Schneidgeräte selbst anzufertigen, indem sie vom Wasser rundgeschliffene Kiesel mit Hammersteinen bearbeiteten. Und vor fast 1,8 Millionen Jahren hatten Frühmenschen, nun also bereits Vertreter der Gattung Homo, den Faustkeil »erfunden« – eine zweifellos geniale Idee. Dieses handliche Werkzeug war zweiseitig bearbeitet, scharf und spitz, konnte durchaus unterschiedlich aussehen und eignete sich dadurch für viele Zwecke. Danach aber tat sich lange Zeit wieder nur wenig Aufregendes. In diversen Abwandlungen blieb der Faustkeil über 1,6 Millionen Jahre das bezeichnende Steinwerkzeug.

Wann kam die Zeit für neue Ideen, die Erprobung noch nicht da gewesener Tech-

Auf einen Blick

## Was den Menschen erfindungsreich machte

- 1 Noch vor wenigen Jahren glaubten Archäologen und Anthropologen, dass sich die Menschen bis vor 40 000 Jahren kulturell kaum weiterentwickelt hätten. Umso eindrucksvoller wirkt der Innovationsschub an Technologien und Kunst am Anfang des Jungpaläolithikums in Europa.
- 2 Neuen archäologischen Befunden aus Afrika zufolge bewies der *Homo sapiens* schon wesentlich früher eine hohe Erfindungsgabe. Die Wurzeln finden sich sogar bereits bei seinen Vorläufern.
- 3 Die Voraussetzungen für die menschliche Kreativität bildeten sich unter dem Einfluss von biologischen und sozialen Faktoren über Hunderttausende von Jahren heran. Dann brachten enge soziale Vernetzungen sie zur Blüte.



nologien und für künstlerischen Ausdruck? Bis vor einigen Jahren hätten viele Experten diese Wende am Anfang des Jungpaläolithikums vermutet, des letzten Abschnitts der Altsteinzeit, der in Europa vor etwa 40 000 Jahren einsetzte. Damals erschien der moderne *Homo sapiens* in Europa. Der Fundlage nach schufen Menschen nun schlagartig erstmals überhaupt Kunstwerke: Sie fädelten Muscheln zu Ketten, zeichneten und malten auf Höhlenwände Tier- und Jagdszenen und schnitzten kleine Figuren – darunter vieles von erstaunlicher Schönheit und Ausdruckskraft –, ja sogar Flöten. Zur gleichen Zeit erfanden diese Menschen offenbar eine Vielzahl neuartiger Gerätschaften aus Stein oder Knochen. Folglich vermuteten Anthropologen und Archäologen, dass damals eine genetische Mutation aufgetreten war, die plötzlich den menschlichen Geist erweiterte und nun völlig andere Denkweisen und Vorstellungswelten ermöglichte: Kreativität.

Neuere Befunde, vor allem auch Entdeckungen in Afrika, erzählen jedoch etwas völlig anderes. Denn in den letzten zehn Jahren kamen diverse Zeugnisse aus viel älteren Zeiten zu Tage, die auf Kunst und fortgeschrittene Technologie hinweisen.

Die Begabung, Neues zu erfinden, Technologien voranzutreiben und Kunstwerke zu schaffen, besaß der *Homo sapiens* demnach sehr viel früher, als Forscher bisher annahmen. Die Wurzeln der Schöpferkraft scheinen sogar schon bei älteren Menschenarten zu liegen, also vor dem Auftritt des *Homo sapiens* vor knapp 200 000 Jahren. Merkwürdigerweise brach dieses Talent aber zunächst nur selten durch, glomm vielmehr die meiste Zeit unter der Oberfläche. Außerdem trat es augenscheinlich auch nicht plötzlich unvorhergesehen und gleich in vollem Umfang zu Tage. Vielmehr bahnte es sich wohl im Verlauf einiger hunderttausend Jahre auf einem Nährboden mit allerlei biologischen und sozialen Komponenten allmählich an.

### Steinzeitliche Matratzen mit eingebautem Insektenschutz

Lange haben Forscher den Gebrauch von Symbolen als entscheidendes Kriterium für geistige Leistungen auf modernem Niveau angesehen, zumal Sprachfähigkeit als Voraussetzung dafür gilt. So beweisen etwa die Höhlenmalereien aus dem Jungpaläolithikum, dass das Denken ihrer Schöpfer dem unseren gleichzusetzen ist. Inzwi-

schen suchen Archäologen aber auch nach anderen Ausdrucksformen von moderner Kognition und modernem Verhalten – sowie nach deren Vorläufern.

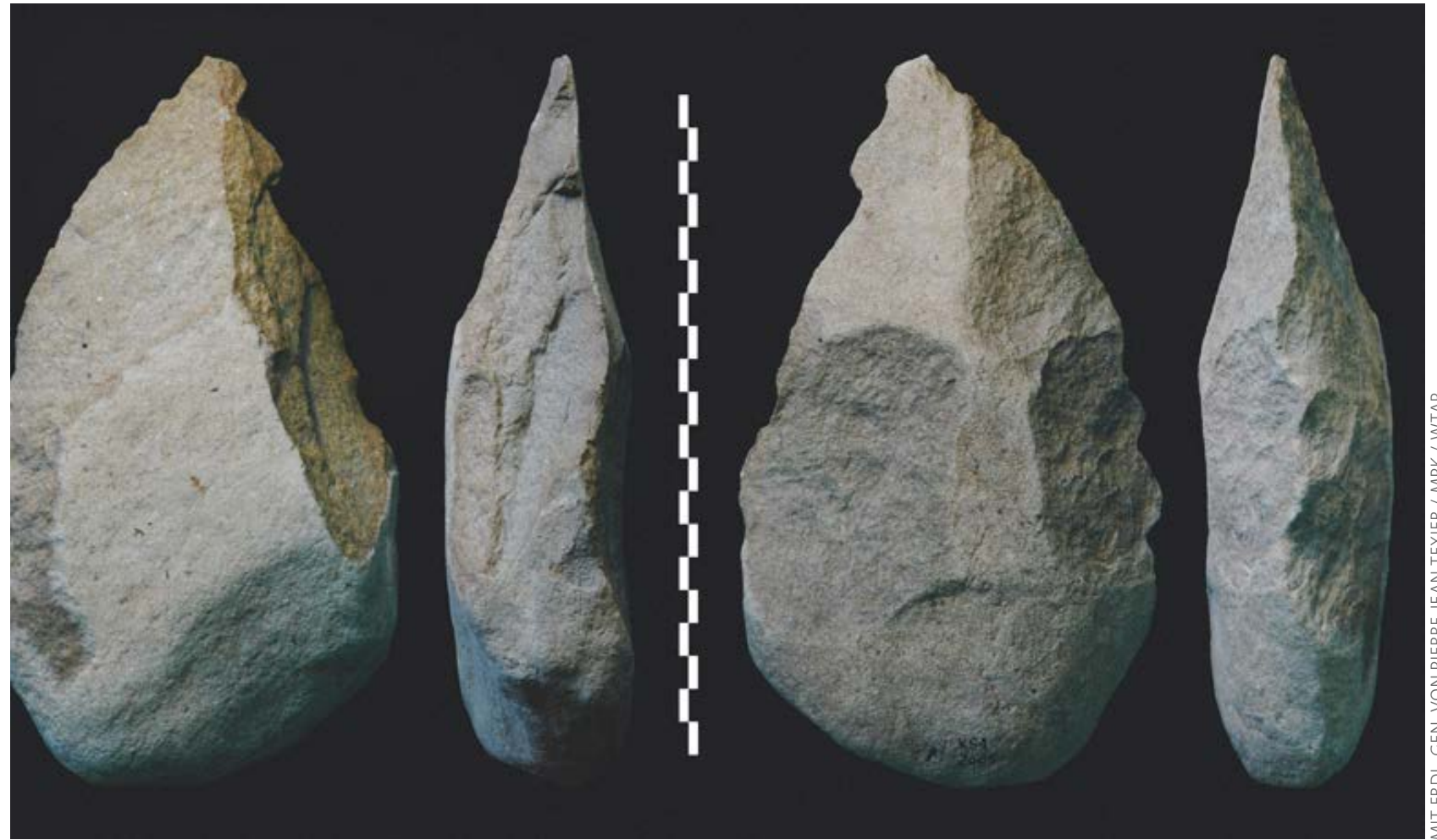
Lyn Wadley von der University of the Witwatersrand in Johannesburg (Südafrika) führt zu diesem Zweck seit den 1990er Jahren in der Sibuduhöhle rund 40 Kilometer nördlich von Durban Ausgrabungen durch. Vor zwei Jahren stieß sie mit ihren Mitarbeitern auf eine Schicht aus weißlich blassem Pflanzenmaterial. Die spröde, faserige Masse erinnerte an Streu von Schlaf- und Ruhelagern aus viel späteren Zeiten. Genauso gut könnten die Pflanzenteile aber vom Wind in die Höhle geweht worden sein. Um das zu klären, blieb den Forschern nichts anderes übrig, als die Schicht vor Ort einzugipsen, was drei volle Wochen dauerte, und im Labor zu untersuchen.

Die Mühe war jedoch nicht umsonst. Es stellte sich tatsächlich heraus, dass sich Menschen vor 77 000 Jahren in der Sibuduhöhle mit Blättern Lager hergerichtet hatten – fast 50 000 Jahre früher als bisher von anderen Orten bekannt. Das eigentlich Aufregende dabei ist: Sie verwendeten von den vielen Pflanzen, die im Umkreis wuchsen, nur die Blätter einer einzigen Gehölz-



art, der Kapquitte *Cryptocarya woodii*. Deren Eigenschaften müssen sie gut gekannt haben. Dieser Baum bildet giftige Abwehrstoffe gegen Insekten und deren Larven, etwa gegen Malaria­mücken. »So eine Bett­unterlage ist natürlich praktisch, besonders wenn man nah an einem Fluss lebt«, meint Wadley lakonisch.

Wahrscheinlich verstanden sich die Bewohner der Höhle auch auf die Konstruktion von Tierfallen oder -schlingen, denn dort finden sich zahlreiche Reste kleiner Antilopen. Größere Tiere dürften sie sogar schon mit Pfeil und Bogen erlegt haben. Dafür sprechen Größe und Form von in der Höhle gefundenen steinernen Spitzen sowie daran erkennbare Gebrauchsspuren. Diese Menschen waren versiert genug, um aus verschiedenen Zutaten neue Werkstoffe zusammenzumischen. Wadleys Arbeitsgruppe entdeckte an den Steinspitzen dunkle Reste von Klebsubstanzen, mit denen man sie vermutlich am Schaft eines Pfeils befestigte. Die chemischen Analysen der Klebstoffe ergaben eine Vielzahl an Komponenten verschiedener Herkunft. Um die Herstellungsverfahren und Zutatenlisten noch besser zu begreifen, mischten die Forscher unterschiedlich große



Ockerteilchen mit allen möglichen klebrigen Pflanzensäften und erhitzten die verschiedenen Mixturen über Holzfeuer. Sie konnten nur staunen: Jene Steinzeitmenschen entpuppten sich, wie sie schreiben, als kundige Chemiker, Alchemisten und Pyrotechniker.

An anderen Orten in Südafrika entdeckten Wissenschaftler in den letzten Jahren immer wieder neue Spuren von ähnlich frühen Erfindungen – wie auch von der Verwendung von Symbolik. Besonders Gra-

#### FAUSTKEILE AUS KENIA

**In Turkana in Kenia wurden diese zweiseitig bearbeiteten Steingeräte entdeckt. Sie sind fast 1,8 Millionen Jahre alt. Angefertigt hat sie vermutlich der *Homo erectus*.**

bungen in Höhlen an der Südküste sorgen oft für Aufsehen. Die Blomboshöhle etwa, wo der Archäologe Christopher Henshilwood von der University of the Witwatersrand bahnbrechende Entdeckungen mach-



te, bewohnten Jäger und Sammler vor rund 72 000 bis 100 000 Jahren. Diese Menschen fertigten Knochennadeln – vielleicht, um damit Fellkleidung zu nähen. Sie ritzten Muster in Ockerstücke und schmückten sich mit Ketten aus kleinen schimmernden Muscheln. Sie hatten sogar ein regelrechtes Künstleratelier, wo sie roten Ocker zermahlten, den sie dann in kleinen, aus Abalonemuscheln hergestellten Gefäßen aufbewahrten – die ältesten bekannten Behältnisse überhaupt.

Fundstücke aus einer etwas weiter westlich gelegenen Höhle bei Pinnacle Point sind noch älter. Hier erhitzen Menschen vor 164 000 Jahren Steine aus dem Silcret der Gegend (einem Gestein, das beim Verkitten von Sand und Kies durch Kieselsäure entsteht) kontrolliert im Feuer, wodurch diese eine Konsistenz erhielten, in der sie sich viel besser bearbeiten ließen. »Noch vor zehn Jahren hätten wir von solchen Entdeckungen nicht einmal geträumt«, kommentiert Henshilwood.

Trotzdem besaß der moderne Mensch kein Exklusivrecht in Sachen Technologien. Andere Menschenarten leisteten auch schon Beachtliches, etwa die Neandertaler, deren Entwicklungslinie sich vor über ei-

ner halben Million Jahren, vielleicht sogar noch deutlich früher, von der des *Homo sapiens* trennte. Ein Team um den Archäologen Paul Peter Anthony Mazza von der Università degli Studi di Firenze erkannte, dass Neandertaler vor etwa 200 000 Jahren ein Birkenrindenpech herstellten, mit dem sie scharfkantige Abschläge – quasi Steinmesser – an Holzgriffe klebten.

Andere Forscher beschrieben im November 2012 ähnliche Fertigkeiten von der südafrikanischen Fundstätte Kathu Pan 1. Sie glauben, dass dort gefundene 500 000 Jahre alte Steinspitzen zu Wurfspeeren gehörten. Jene Menschen könnten Vertreter von *Homo heidelbergensis* gewesen sein, dem letzten gemeinsamen Vorfahren von Neandertaler und *H. sapiens*. Noch viel früher lernten Menschen anscheinend Feuer zu beherrschen: als Wärmequelle und Schutz gegen Raubtiere. Darauf deuten eine Million Jahre alte Pflanzenasche und verbrannte Knochen bei der südafrikanischen Wonderwerkhöhle hin. Damals lebte der *Homo erectus*, eine noch ältere Menschenspezies.

Sogar schon Vorläufer der Gattung *Homo* könnten es zu Wege gebracht haben, primitive Steinwerkzeuge zu fertigen. Ein

von dem Paläoanthropologen Sileshi Semaw von der Indiana University in Bloomington geleitetes Team entdeckte in Äthiopien an zwei Stellen am Fluss Kada Gona Steine, die nach Ansicht der Forscher vor 2,6 Millionen Jahren zu Schabern behauen wurden. Sie hätten sich dazu geeignet, das Fleisch von Tierkadavern zu lösen. Das wären die bisher ältesten gefertigten Steinwerkzeuge überhaupt. Sie könnten von *Australopithecus garhi* oder einem seiner Zeitgenossen stammen. Auf uns wirken sie zwar noch reichlich grob und unbeholfen, aber, um aus einer Veröffentlichung der Kognitionsforscherin Liane Gabora von der kanadischen University of British Columbia und des Psychologen Scott Barry Kaufman von der New York University zu zitieren: »In einer Welt mit nichts als durch die Natur geformten Objekten dazu im Stande zu sein, sich etwas auszudenken und das dann in Realität umzusetzen, muss fast magisch gewirkt haben.«

Die geistige Kluft von den ersten Anfängen bis zu den Leistungen des modernen Menschen erscheint dennoch immens. Unstrittig ist, dass dieser große Schritt mit massiven Veränderungen des Gehirns einherging. Welche Entwicklungen das im Ein-



zelen waren, untersuchen Forscher unter anderem durch Vergleiche unseres Gehirns mit dem von Menschenaffen sowie auch von früheren Homininen. Deren Schädel-fossilien durchleuchten sie mit modernen Aufnahmetechniken, um die Schädelhöhle dreidimensional abzubilden und auszu-messen.

### Das neue Gehirn: Mehr als Größenzuwachs

Zunächst beeindruckt die reine Größenzu-nahme. Der *Homo sapiens* erreichte vor 100 000 Jahren mit durchschnittlich rund 1330 Kubikzentimetern praktisch das heu-tige Volumen. Dagegen hoben sich Gehir-ne von Australopithecinen mit schätzungs-weise um die 450 Kubikzentimetern noch wenig von Schimpansenhirnen ab. Der *Homo erectus* brachte es vor 1,6 Millionen Jahren mit im Mittel 930 Kubikzente-mern dann schon auf gut das Doppelte. Dean Falk, Paläoneurologin an der Florida State University in Tallahassee, meint dazu: »Setzt man die verschiedenen Hirngrößen in Beziehung zu den archäologischen Be-funden, ist der Zusammenhang nicht zu übersehen. Größe und Grad der Technolo-gie wie auch geistige Produktivität schei-

nen aufeinander bezogen.« Doch beim Ge-hirn veränderte sich während der Men-schenevolution außer dem Volumen noch anderes. Die Anthropologin Katerina Se-mendeferi von der University of California in San Diego widmete sich dem so genann-ten präfrontalen Kortex, jenem Bereich hinter der Stirn, der Denkprozesse und ziel-gerichtetes Handeln dirigiert. Nach Befun-den der Forscherin und ihrer Mitarbeiter haben sich hier – verglichen mit Schim-pansen und Bonobos – mehrere entschei-dende Teilbereiche stark umorganisiert. Das Brodmann-Areal 10 zum Beispiel, das an der Umsetzung von Plänen und der Ab-stimmung von Sinneseindrücken mit-wirkt, nimmt beim Menschen doppelt so viel Platz ein, wie bei einem rundum gleich-mäßigen Größenzuwachs zu erwarten wäre. Dabei sind die seitlichen Abstände zwischen den Neuronen in diesem Hirn-rindengebiet fast eineinhalbmal so groß wie bei den beiden Affenarten. Somit bleibt wesentlich mehr Platz für die Kabel, die Si-gnale empfangen und weiterleiten, also für Dendriten und Axone. Laut Falk erlaubt die lockere Anordnung mehr und weiter rei-chende Verknüpfungen, somit einen viel-schichtigeren und komplexeren Austausch

der Nervenzellen untereinander. Aber was macht ein kreatives Gehirn anders? Mit ei-ner Antwort tun sich die Experten noch schwer. Die Kognitionsforscherin Gabora erkennt jedoch in psychologischen Studi-en über kreative Menschen einen wichti-gen Anhaltspunkt. Demzufolge sind diese hervorragende Tagträumer. Müssen sie sich mit einer schwierigen Frage auseinan-dersetzen, so lassen sie den Geist erst ein-mal in viele Richtungen schweifen. Gedan-ken und Erinnerungen aller Art dürfen frei spielen. Dabei können Ähnlichkeiten und Zusammenhänge aufscheinen, die zu-nächst nur eine vage Idee hervorrufen. Ei-nen noch verschwommenen neuen Ge-danken betrachten diese Menschen nun aber genauer, und sie verwenden jetzt auch stärker analytische Denkmuster. Irgend-wann konzentrieren sie sich nur noch auf die wichtigsten Aspekte – und klügeln so schließlich etwas Passendes aus.

Sicherlich, spekuliert die Forscherin, vermag ein größeres Gehirn besser frei zu assoziieren als ein kleineres, schon weil es mehr Zellen und Verbindungen besitzt. Es kann nicht nur allgemein mehr Reize ver-arbeiten, sondern auch für einzelne Ereig-nisse mehr Neurone nutzen. Gedächtnis-



inhalte werden dadurch differenzierter, und Eindrücke sind untereinander auf vielfältige Art verbunden. Um das zu veranschaulichen, entwirft Gabora das Bild, wie verschiedene Hominiden zu nah an einen Dornbusch geraten und sich kräftig ste-

chen. Ein Australopithecine hätte den verspürten scharfen Schmerz wohl als nebenächlich abgetan, sich die Ursache davon aber gemerkt, nämlich als nicht sehr angenehme Eigenschaft solch eines Strauchs, dem er zukünftig lieber aus dem Weg ge-

hen sollte – und nicht viel mehr. Schon ganz anders hätte ein *Homo erectus* reagiert. Er hätte auch den tiefen Riss beachtet und ihn den langen, harten und spitzen Dornen angelastet. Wenn er sich nun wieder einmal beim Jagen vergeblich abhetzte, wäre ihm vielleicht eingefallen, dass solche Dornen heftige Wunden reißen. Die Idee für eine neue Waffe war geboren: ein langes, dünnes Gerät mit harter Spitze – ein Speer.

Im normalen Alltag durfte sich ein großhirniger Hominine dem Tagträumen aber möglichst nicht allzu ausgiebig hingeben. Es kann hinderlich sein, wenn alles und jedes, was auf einen einströmt, sogleich an etwas anderes erinnert, ob wichtig oder unwichtig. Um in ihrer Welt zu überleben, benötigten unsere Vorfahren vor allem einen klaren analytischen Verstand. Folglich wurde es nunmehr nötig, leicht zwischen den beiden so verschiedenen Denkweisen zu wechseln. Es galt, Hirnmechanismen für

#### SIBUDUHÖHLE, SÜDAFRIKA

**In der Sibuduhöhle in Südafrika haben sich 77 000 Jahre alte Überreste von Ruhelagern erhalten.**





ein reibungsloses, fein abgestimmtes Hin- und Herschalten zu entwickeln, etwa über leicht veränderbare Mengen von Hirnbotschaften. Diese Entwicklung könnte nach Gaboras Ansicht beim *Homo sapiens* mehrere zehntausend Jahre beansprucht haben. Erst dann hätte das kreative Potenzial des großen Gehirns in vollem Umfang und wirklich nutzbringend bereitgestanden.

Diese Vorstellung prüfen die Forscherin und ihre Studenten jetzt mit Computersimulationen, mit denen sie das Umschalten eines Gehirns zwischen assoziativem und analytischem Denken imitieren. Dabei interessiert sie besonders, inwiefern es hilfreich sein kann, ein kognitives Gleis zu verlassen und die Dinge neu, aus ungewohnter Warte zu betrachten. »Es genügt nicht, einfach nur mehr Neurone zu besitzen«, sagt Gabora dazu. »Man muss die zusätzlichen grauen Zellen auch zu nutzen wissen.« Erst als diese Phase eintrat, vielleicht vor etwas mehr als 100 000 Jahren, erreichte der menschliche Verstand nach dieser These seine Sprengkraft. Nun kam es nur noch darauf an, ihn in die richtige soziale Umgebung zu versetzen, die ihm Nahrung gab.

Im Herbst 1987 beobachteten die Primatenforscher Christophe Boesch, heute am

Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig, und Hedwig Boesch-Achermann im Tai-Nationalpark des afrikanischen Staats Elfenbeinküste erstmals eine Schimpansin beim Ameisenfischen. Das Weibchen hielt bei einem Bodennest von Treiberameisen an und hob zunächst einen Zweig auf. Ein Ende davon steckte es dann in die lockere Erde über dem Nesteingang und wartete kurz, bis Soldatenameisen, die das Stöckchen im Pulk angriffen, annähernd zehn Zentimeter daran hochgekrabbelt waren. Jetzt zog die Schimpansin die Insekten heraus, beförderte sie geschickt mit einer Drehbewegung zum Mund und knabberte sie ab. Das Ganze wiederholte sie wieder und wieder.

Schon in den 1960er Jahren hatte Jane Goodall die Fachwelt damit verblüfft, dass die Schimpansen des Gombe-Stream-Nationalparks am Tanganjikasee im Westen Tansanias mit Halmen oder Stöckchen Termiten aus ihren Behausungen angeln. Seitdem erweitert sich das bekannte Spektrum des Werkzeuggebrauchs in den verschiedenen Populationen dieser Primaten beständig. Außerdem unterscheidet er sich von Ort zu Ort. Schimpansen knacken Nüsse mit Steinen, die sie extra dazu mitnehmen;

sie benutzen Blätter, um Wasser aus Baumhöhlungen zu schöpfen; oder sie graben mit Stöcken Wurzeln aus und vieles mehr. Jedoch sieht es nicht so aus, als würden sie die Techniken weiterentwickeln und Neues daraus machen. »Ein Schimpanse kann einem anderen zeigen, wie man Termiten erwischt«, bemerkt Henshilwood. »Aber die Tiere verbessern ihre Methode nicht. Sie probieren nicht einfach mal verschiedene Sorten von Instrumenten zum Stochern aus. Sie tun nur immer wieder das Gleiche.«

Das gilt für den modernen Menschen ganz und gar nicht. Tagtäglich greifen wir fremde Ideen auf und passen sie den eigenen Bedürfnissen an. Eine Abwandlung kommt so zur anderen, bis am Ende etwas völlig Neues und oft ziemlich Komplexes entsteht. Die heutigen elektronischen Geräte beispielsweise erfand kein Einzelner. Viele Köpfe, viele Erfindergenerationen haben dazu beigetragen.

Anthropologen sprechen hier vom Sperrklinkeneffekt (englisch: ratchet effect). Sie meinen damit einen stufenweisen kulturellen Fortschritt, sozusagen den Sprung über die jeweils nächste Hürde. Demnach werden einzelne Fähigkeiten von einem zum anderen und über die Genera-

tionen weitervermittelt. Dabei treffen irgendwann mehrere verschiedene Entwicklungen zusammen – bis jemand eine zündende Idee hat, wie sich aus den verschiedenen Strängen etwas wirklich Neues machen lässt.

Dass – und auch weshalb – menschliche Kinder hierin gut sind und Affen versagen, zeigten Primatologen in einer im März 2012 erschienenen Studie, darunter Lewis Dean, der inzwischen bei der Londoner Physiological Society arbeitet. Die Wissenschaftler konfrontierten Kindergartenkinder sowie Schimpansen und Kapuzineraffen mit einer Kiste, die sich in drei jeweils zunehmenden Schwierigkeitsgraden immer weiter öffnen ließ. Die Kiste enthielt für jede bewältigte Stufe eine Belohnung, und der Lohn wurde mit der jeweils höheren Schwierigkeit besser. Von den insgesamt 55 Affen erreichte nur ein Schimpanse den schwersten Grad. Er brauchte dafür über 30 Stunden. Den Kindern fiel die Aufgabe dagegen fast leicht. Von den 35 Teilnehmern hatten es 15 nach zweieinhalb Stunden geschafft. Sicherlich half ihnen dabei, dass sie – völlig anders als die Affen – gemeinsam vorgingen. Sie redeten miteinander, ermutigten sich gegenseitig und

zeigten und erklärten einander auch, was sie schon begriffen hatten.

### Die Macht ausgedehnter sozialer Kontakte

Es leuchtet ein, dass sich unsere Vorfahren bei derartigen sozialen Kompetenzen und geistigen Fähigkeiten nicht schwer damit taten, Wissen und Fertigkeiten weiterzugeben. Dieser Aspekt ist für eine kulturelle Höherentwicklung zwar eine wesentliche Voraussetzung. Allerdings kann das allein nicht den gewaltigen Kultursprung erklären, der beim *Homo sapiens* vor 90 000 bis 60 000 Jahren in Afrika und vor 40 000 Jahren in Europa auffällt. Er erforderte wohl einen zusätzlichen An Schub. Nach Untersuchungen des Evolutionsgenetikers Mark Thomas vom Londoner University College und seinen Kollegen sorgte für diesen ein Bevölkerungszuwachs, der größere Gruppen und mehr Begegnungen zwischen ihnen mit sich brachte. Wie die Forscher in Modellen zeigen, geschieht es in einer großen Gruppe von Jägern und Sammlern eher als in einer kleinen, dass jemandem etwas Geniales einfällt und dass eine Neuerung überdauert. Vor allem aber stacheln sich konkurrierende, viel-

leicht auch befreundete Gruppen, die einander begegnen, gegenseitig zu Verbesserungen an, lernen voneinander und greifen Neuerfindungen begierig auf. Der enge Kontakt zu Nachbarn und der Austausch wären also entscheidend. Laut Thomas war überragende Schlaueit gar nicht so maßgeblich. Wichtiger für die rasante Kulturevolution wäre eine gute soziale Vernetzung gewesen.

Thomas und seine Kollegen simulierten dies zunächst für Europa. Aus genetischen Daten der heutigen Bevölkerung erschlossen sie die Menschenzahl und Bevölkerungsdichte für *Homo sapiens* am Beginn des Jungpaläolithikums, also zu jener Zeit, als die moderne Kultur in Europa aufblühte. Ähnliche Berechnungen machten sie dann für afrikanische Populationen, wobei sie deren Wachstum und Bevölkerungsver-schiebungen einbezogen. Heraus kam, dass die Menschheit in Afrika vor gut 100 000 Jahren die gleiche Dichte erreichte, wie sie später im frühen Jungpaläolithikum in Europa herrschte. Die Simulationen zeigten auch, wie stark umfangreiche soziale Netze die Kreativität antreiben.

Eine im November 2012 veröffentlichte archäologische Studie untermauert dies.



Vor rund 71 000 Jahren hinterließ der *Homo sapiens* am Pinnacle Point an der afrikanischen Südküste scharfe, nur ein paar Zentimeter lange Steinspitzen, so genannte Mikrolithen – vermutlich von Pfeilen. Dafür erhitze man Silcretbrocken vor der weiteren Bearbeitung auf eine bestimmte Temperatur, wodurch sich leichter Splitter davon abschlagen ließen. Die fertig bearbeiteten Schneiden wurden dann mit selbst gemachtem Klebstoff an Holz- oder Knochenschäften befestigt. Bestimmte Steine durch Hitze besser verarbeitbar zu machen, war in der Region schon seit mehreren zehntausend Jahren üblich. Andere Fertigkeiten kamen hinzu, und nun kombinierte man verschiedene Technologien zu einem neuen, ausgefeilten Gerät. Die Erfindung von Pinnacle Point wurde in Südafrika nachweislich länger als 10 000 Jahre tradiert. Schon 2011 schrieben die Archäologen Fiona Coward von der University of London und Matt Grove von der University of Liverpool: »So wie Viren nur unter bestimmten Bedingungen gedeihen, erfordert die Verbreitung kultureller Innovationen ein passendes, und zwar ein besonderes soziales Umfeld. Vor allem braucht es dazu große, vernetzte Populationen, die sich ge-

genseitig ›anstecken‹ können.« Das bringt uns in die heutige Welt zurück. Nie lebten gleichzeitig so viele Menschen. Wir drängen uns in Riesenstädten und haben eine Unmenge Wissen und Erfindungen angehäuft, die täglich anwachsen. Die elektronischen sozialen Netze befördern einen rascheren Informationsaustausch als je zuvor. Das Innovationstempo beschleunigt sich zunehmend. Moden, Alltagsgegenstände, Architektur wechseln schneller denn je. Selbst die »Mona Lisa« verwandeln heutige Künstler nach eigenen, frischen Ideen. <

(Spektrum der Wissenschaft, Juni 2013)

Brown, K. S. et al.: An Early and Enduring Advanced Technology Originating 71,000 Years Ago in South Africa. In: *Nature* 491, S. 590 – 593, 2012

Falk, D.: Hominin Paleoneurology: Where Are We now? In: *Progress in Brain Research* 195, S. 255 – 272, 2012

Gabora, L., Kaufman, S. B.: Evolutionary Approaches to Creativity. In: Kaufman, J. C., Sternberg, R. J. (Hg.): *The Cambridge Handbook of Creativity*. Cambridge University Press, Cambridge 2010, S. 279 – 300

Wadley, L. et al.: Middle Stone Age Bedding Construction and Settlement Patterns at Sibudu, South Africa. In: *Science* 334, S. 1388 – 1391, 2011

Spektrum  
der Wissenschaft

KOMPAKT

FÜR NUR  
€ 4,99



# DIE TIEFSEE

Mare incognitum unseres Planeten

Mittelozeanische Rücken: Feuer unter dem Wasser

Marinezensus: Ungeheure Vielfalt

Bildergalerie: Bizarre Kreaturen

HIER DOWNLOADEN

# Der Urmensch in uns

von Winfried Henke



Svante Pääbo

**Die Neandertaler und wir**

Aus dem Englischen von  
Sebastian Vogel

Verlag: S. Fischer, Frankfurt a. M. 2014

ISBN: 9783100605207

22,99 €

**B**edeutungslosigkeit ist eines der häufigsten Berufsleiden von Wissenschaftlern, aber der vielfach preisgekrönte Mediziner und Paläogenetiker Svante Pääbo, Direktor am Max-Planck-Institut für Evolutionäre Anthropologie Leipzig, ist schon seit seiner Doktorandenzeit dagegen immun. Zwar wurde sein »Beitrag über den Nachweis von DNA in altägyptischen Mumien«, 1984 in dem DDR-Periodikum »Das Altertum« veröffentlicht, kaum zur Kenntnis genommen. Aber als er dieselben Befunde ein Jahr später in »Nature« publizierte, geriet er in den Fokus der Fachwelt. Es war der Beginn einer steilen Karriere, die durch Meilensteine wie die Entschlüsselung mitochondrialer Neandertaler-DNA und die Sequenzierung des Neandertalergenoms gekennzeichnet ist.

Rückblickend auf drei Jahrzehnte beschreibt der schwedische Evolutionsforscher in seiner Biografie nicht nur die bahnbrechenden Innovationen und häufigen

Rückschläge in der Paläogenetik, eines von ihm entscheidend konstituierten und mitgeprägten Fachgebiets. Er schildert auch die komplexen Rahmenbedingungen heutiger Spitzenforschung, Konkurrenzkämpfe und den Druck der Medien. Ferner berichtet er über seine persönlichen Interessen und bekennt sich freimütig zu seiner Bisexualität.

Bereits als Jugendlicher war Pääbo von der Archäologie begeistert. Als 13-Jähriger mit seiner Mutter zu den ägyptischen Pyramiden gereist, studierte er zunächst begeistert Ägyptologie, bald aber auch Medizin. Die biochemische Grundlagenforschung, mit der er dort in Berührung kam, faszinierte ihn dann doch weit mehr, zumal er in der Ägyptologie keine Zukunft sah.

## Experimentelles Neuland

Seine ersten Versuche hatten den Charme von »Jugend forscht«. Um die Isolation von DNA aus altem Gewebe zu erproben, kauf-



te er eine Kalbsleber und mumifizierte diese im Laborofen. Die Ergebnisse ermutigten ihn zu entsprechenden Untersuchungen an menschlichen Mumien, unter anderem aus den Staatlichen Museen zu Berlin. Er bewarb sich erfolgreich um eine Postdoc-Stelle bei dem Biochemiker Allan Wilson von der University of California, Berkeley, für Pääbo ein »Halbgott«. Forschung an Neandertalerfossilien ließ aber noch auf sich warten – zu groß war das Risiko der Verunreinigung durch neuere DNA, zu gering die Chance, aus wenigen Milligramm Probenmaterial hinreichend aussagekräftiges Erbgut zu isolieren. Erst der technische Fortschritt erlaubte neue Perspektiven; die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) bot eine bis dato unerreichte Effizienz beim Vervielfältigen von DNA. Doch die Gefahr von Fehldiagnosen blieb – und Pääbos Furcht davor, ein regelrechter Verfolgungswahn, zieht sich als Spannungsbogen durch sein Werk.

1990 erhielt der Autor einen Ruf auf den Lehrstuhl für Allgemeine Biologie an der Universität München. Augenzwinkernd bekennt er, der Biologie nie auf Universitätsniveau studiert hat, wie er wegen seiner forschenden Äußerung gegenüber einem

Kollegen aus der Zoologie, Insekten seien doch keine Tiere, denn unter solchen habe er sich »Lebewesen mit Pfoten, Fell und am besten noch Schlappohren« vorgestellt, von Lehrverpflichtungen in zoologischer Systematik befreit wurde und größere Freiräume für seine Forschung bekam. Er und seine Arbeitsgruppe zielten zunächst darauf ab, »Authentizitätskriterien« zu formulieren, also Regeln, um sicherzugehen, dass man beim Isolieren alter DNA auch tatsächlich solche gewinnt. Die Einrichtung eines Reinraums hatte dabei höchste Priorität, da sich die Ergebnisse anderer Labors, etwa DNA-Sequenzen von Dinosauriern, teils als gravierende Fehlbestimmungen herausgestellt hatten.

Es folgten die erfolgreiche Isolierung fossilen tierischen Erbmateri als, beispielsweise vom Riesenfaultier, aber Pääbos Herz hing nicht daran. Er fürchtete, zu einem »Zoologen wider Willen« zu werden, und nahm sein ursprüngliches Ziel in Angriff, die Untersuchung der Geschichte des Menschen. Eines der ersten menschlichen Analyseobjekte war die Gletschermumie »Ötzi«, und 1996 gab es erstmals grünes Licht für eine Probenentnahme aus dem Oberarmknochen des Neandertaler-Ty-

pusexemplars. 1997 wechselte Pääbo nach Leipzig ans neu gegründete Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie. Von da an ging er das ambitionierte Projekt an, Kern-DNA aus Neandertaler-Fossilien zu gewinnen. Und hatte, obwohl kaum für möglich gehalten, Erfolg damit.

### Hürden des Forscherdaseins

Eingehend erzählt Pääbo, wie er seine Arbeitsgruppe aufbaute und einfühlsam zu führen lernte. Er beschreibt die spezifische Diskussionskultur im Team, emotionale Höhenflüge und sentimentale Tiefen; er schildert Hindernisse und unerwartete Fügungen bei der Finanzierung von Projekten sowie das nervenaufreibende Aushandeln von Kooperationen zwecks Beschaffung von Fossilmaterial, das nach der Maxime »der wahre Egoist kooperiert« zu funktionieren scheint. Zudem berichtet er, wie er Joint Ventures aufkündigte, etwa mit dem Genetiker Edward M. Rubin vom Lawrence Berkeley National Laboratory, und hinterher befürchtete, zu viel preisgegeben zu haben und das wissenschaftliche Wettrennen zu verlieren.

Detailliert befasst sich der Autor mit dem Neandertaler und – unterwartet aus-

führlich – auch mit dem rätselhaften sibirischen Denisova-Menschen. Er vergleicht diese genetisch mit dem modernen Menschen und dem Schimpansen und zeigt damit ein Stück weit, was den Menschen zum Menschen macht. Das Fazit: Die Paläogenetik öffnet neue Fenster in die Vergangenheit, die konventioneller Paläoanthropologie immer verschlossen bleiben. Dies gezeigt zu haben, ist Pääbos bleibendes Verdienst als Protagonist dieser Disziplin.

Aber einige Kritik sei doch erlaubt. Zunächst erweckten Fachpublikationen aus Pääbos Gruppe den Eindruck, es habe keine Vermischung zwischen Neandertalern und modernen Menschen gegeben. Wenn die genomischen Befunde nun doch eine, wenn auch sehr geringe Vermischung nahelegen, wäre da seitens des Autors nicht ein Hinweis auf das »Out-of-Africa-Modell mit Hybridisierung« geboten gewesen, das 1984 vom Hamburger Paläoanthropologen Günter Bräuer vorgestellt wurde und eine solche Verschmelzung nahelegte? Zudem sind Pääbos Aussagen über die Defizite der späten Nachkriegsanthropologie in Deutschland wissenschaftshistorisch oberflächlich und unzulässig verallgemei-

nernd, was auch für seine vernichtende Einschätzung taxonomischer Forschung gilt. Aber wie hatte der exzellente Biochemiker Erwin Chargaff treffend geschrieben: » ... die neue Wissenschaft, die aus der Verschmelzung von Chemie, Physik und Genetik hervorging, das heißt die Molekularbiologie, ist herrisch geblieben und dogmatisch.«

Neandertaler sind seit ihrer Entdeckung biologische und mythologische Gestalten. Die Paläogenetik handelt nur über erstere, und zwar nicht in ihrer lebhaften Erscheinungsform, sondern in Form ihrer Überreste und ihres Probenmaterials – salopp formuliert, in ihrer »pürierten« Gestalt. Das mag einige interessierte Laien enttäuschen, aber für diejenigen, die Spitzenforschung hautnah miterleben wollen, ist Pääbos höchst aufschlussreicher und überwiegend unterhaltsam und spannend geschriebener Band ein Muss. <

Der Rezensent war bis 2010 Akademischer Direktor am Institut für Anthropologie der Universität Mainz und ist Mitglied der Leopoldina sowie der Leibniz-Sozietät.

Spektrum  
der Wissenschaft

KOMPAKT

FÜR NUR  
€ 4,99

# ERDBEBEN UND VULKANE

Unsere unruhige Erde

Das Zeitalter der Megabebeben  
Notfallplanung am Vesuv  
Der Einfluss des Klimawandels

HIER DOWNLOADEN



GALERIE DER STEINZEITKUNST

# Kunst & Kratzer

von Jan Dönges

Wer schuf das erste Kunstwerk? Archäologische Funde aus aller Welt weisen auf einen frühen Beginn schöpferischer Tätigkeit. Doch mitunter ist auch bei Deutung und Datierung ein wenig Kreativität gefragt: Nicht immer ist die künstlerische Absicht offensichtlich.



## EIN WILDSCHWEIN AUS OSTASIEN

Forscher um Max Aubert von der australischen University of Wollongong haben Höhlenmalereien aus den Kalkkarsthöhlen von Maros auf der indonesischen Insel Sulawesi datiert. Ihre Ergebnisse zeigen eindeutig, dass in Ostasien Menschen bereits sehr früh Höhlengemälde schufen. Einige der typischen Darstellungen von Händen und Jagdtieren sind womöglich vor rund 40 000 Jahren entstanden und damit noch vor ihren berühmteren europäischen Pendants.







STUART FINLAYSON

## KUNST VOM NEANDERTALER

In Gorham's Cave, einer einst von Neandertalern bewohnten Höhle in Gibraltar, sind Forscher auf diese Felsgravur gestoßen. Sie könnte den ersten Nachweis dafür liefern, dass auch der Neandertaler sich im weitesten Sinne künstlerisch betätigte. So jedenfalls interpretiert das Forscherteam um Clive Finlayson vom Gibraltar Museum den Fund. Die Materialschichten, die der Künstler durchschnitt, als er im hintersten Winkel der Höhle die Gravur in den Fußboden ritzte, legen den Wissenschaftlern zufolge nahe, dass das Muster rund 39 000 Jahre alt ist. Damit stammt es aus einer Zeit, zu der der moderne Mensch die Südspitze des heutigen Spaniens noch nicht erreicht hatte.





## **VEREWIGTE SEEHUNDE**

Ein Team um José Luis Sanchidrián von der Universidad de Córdoba hat Malereien in der Nerja-Höhle im Süden Spaniens anhand von Kohle aus ihrem direkten Umfeld auf mindestens 42 000 Jahre datiert. Das würde bedeuten, dass die Abbildungen von niemand anderem als dem Neandertaler angefertigt worden sein konnten. Denn nach derzeitigem Forschungsstand lebte zu dieser Zeit niemand sonst in dieser Gegend.





### **GEOMETRIE IN OCKER**

In der Blombos-Höhle in Südafrika hinterließen vor rund 75 000 bis 100 000 Jahre frühe moderne Menschen dieses Zeugnis ihres Kunstschaffens: einen Block aus Ocker, der mit erkennbar regelmäßigen Schnitten versehen ist. Dieser und weitere Funde deuten auf ein überraschend frühes Aufflackern modernen Denkens hin, denn ähnliche Artefakte finden sich andernorts erst viele Jahrtausende später.



0 1 cm



0 2 cm

### FLÖTE AUS GÄNSEGEIERKNOCHEN

In der Höhle »Hohle Fels« auf der Schwäbischen Alb fanden Archäologen um Nicholas Conard von der Uni Tübingen diese Knochenflöte. Solche komplexen Musikinstrumente belegen, dass der Mensch vor rund 35 000 Jahren nicht nur anatomisch, sondern auch in seinem Denken vollständig modern war.





0 1 cm

### ÄLTESTE FRAUENDAR- STELLUNG DER WELT

Nur rund 70 Zentimeter von der Flöte entfernt stießen die Archäologen 2008 auf diese Venusfigur. Die »Venus von Hohle Fels« wurde vor mindestens 36 000 Jahren aus Mammutelfenbein geschnitzt. In der Region fanden die Ausgräber noch weitere figürliche Darstellungen aus dieser Zeit, darunter die Statue eines Löwenmenschen.





## DER BEGINN

### SYMBOLISCHEN DENKENS?

Auf dieser bereits 1890 in Trinil, Java, bei Ausgrabungen gesammelten Muschel entdeckten Forscher um Josephine Jorrens von der Universität Leiden jetzt rätselhafte Ritzzeichnungen. Wurden sie absichtlich angefertigt – wovon die Forscher ausgehen –, handelt es sich bei dem zwischen 430 000 und 540 000 Jahre alten Fund um den ältesten Beleg von Kunst: Demnach hätte bereits der *Homo erectus* ein rudimentäres Verständnis für die künstlerische Veränderung seiner Umwelt gehabt.



**Spektrum**  
der Wissenschaft

# DIE WOCHE

DAS WÖCHENTLICHE WISSENSCHAFTSMAGAZIN

## Das Kombipaket im Abo: App und PDF

Jeden Donnerstag neu! Mit News, Hintergründen, Kommentaren und Bildern aus der Forschung sowie exklusiven Artikeln aus »nature« in deutscher Übersetzung. Im Abonnement nur 0,92 € pro Ausgabe (monatlich kündbar), für Schüler, Studenten und Abonnenten unserer Magazine sogar nur 0,69 €.

JETZT ABONNIEREN!

