

Zufällig schlau

Erst das große Gehirn macht uns zum Menschen. Wie es kam, dass das Denkorgan zu wachsen begann? Darauf gibt es eine neue Antwort

VON ULRICH BAHNSEN



Als der Geist entstand, ging es nicht metaphysisch zu, eher konspirativ. In einem frühen Schlüsselmoment der Menschwerdung zündeten nahezu gleichzeitig all jene Gene, die gemeinsam ein einzigartiges Gehirn hervorbrachten. »Es waren Schläfer«, sagt Evan Eichler über diese Schalter im Erbgut. »Sie wurden nacheinander eingeschleust, dann ging es los.«

Was der Genomexperte von der University of Washington wie eine verdeckte Aktion beschreibt, ist die neue, spektakuläre Antwort auf eine Kernfrage der Menschwerdung: Welche evolutionären Kräfte bauten das schwächere Gehirn unserer affenartigen Vorfahren zu dem mächtigen Denkorgan des Homo sapiens aus? Wie konnte die Natur diesen biologischen Supercomputer entwickeln, der die abstrakten Höhen der Quantenphysik, der Multiversen-Theorie oder der Funktionen des menschlichen Genoms erklomm? Jetzt haben Wissenschaftler die Ereignisse weitgehend rekonstruiert, die das große Rätsel lösen: wie etablierte die Natur einst Kreativität und Denken, wie konstruierte sie das menschliche Gehirn, befähigt zu Bewusstsein und Gefühlen?

Klar ist: Sie erschuf ein unvorstellbar vielschichtiges Gebilde. Die Rechenkraft der Denkmaschine im Kopf beruht in etwa auf denselben Parametern wie die von Computern. So wie Prozessorzahl und -architektur deren Leistung bestimmen, beeinflussen die Menge der Nervenzellen und ihre Verflechtung die Denkkapazität. Der menschliche Geist zündet im endlosen Feuerwerk aus elektrochemischen Impulsen, die durch hochkomplexe Neuronennetze aus 100 Milliarden Zellen huschen. Und jetzt ist er da-

bei, sogar seine eigene evolutionäre Geschichte zu enträtseln.

Er muss dafür eine Reise in die Vorzeit antreten, fünf Millionen Jahre zurück. Damals lebte in Afrika eine Gruppe von Wesen, die wohl gerade dabei waren, allmählich zur Völkerschar des Australopithecus zu werden – des frühen Vormenschen in der Linie zum heutigen Homo sapiens. Lange bevor diese affenartigen Wesen als Zeitgenossen der berühmten Lucy auftraten, kam es in ihren Erbanlagen zu einer entscheidenden Panne (siehe Grafik). Bei der Teilung von Zellen verdoppeln sich gelegentlich Genabschnitte, was meist keine gravierenden Konsequenzen hat. Diesmal aber hatte sich im Chromosom

Schon lange schlummerten die Anlagen für ein größeres Hirn im Erbgut. Dann wurde der Schalter umgelegt

Nummer 15 nicht nur ein Abschnitt der Erbinformation vervielfältigt, sondern war auch noch verändert worden. So entstand eine neue Variante eines Gens, und zwar in enger Nachbarschaft zum Original. Lange Zeit scheint die Kopierpanne folgenlos geblieben zu sein. Erst später, vermuten die Wissenschaftler, vor etwa drei Millionen Jahren, erwachte der Schläfer durch weitere Mutationen zum Leben und leitete bei Vertretern der Gattung Homo das erste messbare Wachstum der Hirnrinde ein.

Einen dieser Pioniere haben Forscher womöglich gerade entdeckt, von ihm wurde aber bislang nur ein 2,8 Millionen Jahre alter Unterkiefer in der Einöde von Afar in Äthio-

pien gefunden. Bis ein ganzer Schädel dieses Wesens entdeckt wird, kann man über seine Hirngröße nur spekulieren. Die seit Langem bekannten frühen Vertreter jedenfalls – Homo habilis, erectus und rudolfensis – brachten es auf bis zu 900 Kubikzentimeter Volumen im Schädel. Ein glatte Verdoppelung gegenüber dem Australopithecus. War dies eine Folge der neuen Genvariante auf Chromosom 15?

Bislang ist es Forschern nicht gelungen, das Erbgut eines der frühen Hominiden zu rekonstruieren. Sicher ist aber, dass nicht nur moderne Menschen das Gen in der neuen Variante besitzen, sondern auch deren archaische Verwandte, etwa der Neandertaler und die erst kürzlich entdeckten Denisova-Menschen. Und deren Großhirnrinde war ebenso voluminös wie die des Homo sapiens.

Vor wenigen Wochen nun gaben Wissenschaftler zweier deutscher Max-Planck-Institute (MPI) im Fachblatt *Science* Untersuchungen bekannt, die klären, wie das fehlkopierte Gen das Wachstum des Affenhirns befeuert haben dürfte. Die Teams von Wieland Huttner und Svante Pääbo in Dresden und Leipzig haben die Arbeitsweise des Gens unter die Lupe genommen. Ihr Befund: Es ist besonders aktiv in jenen Vorläuferzellen, die im Embryo die Anlage für die Großhirnrinde bilden. Als die Max-Planck-Forscher Mäuse-Embryonen mit dieser Erbanlage versahen, geschah Erstaunliches: Die Hirnrinde der Embryonen wuchs in den behandelten Bereichen rasant heran und faltete sich walnussartig auf – wie ein Menschenhirn. Offenbar treibt die neue Erbanlage auch im Maushirn die Zahl der

Kortexneuronen in die Höhe. Unklar ist indes, ob die veränderten Tiere auch schlauer sind. Huttner und seine Kollegen wollen nun transgene Mäuse züchten und auch deren kognitive Leistung untersuchen.

Anscheinend sind solche zufällig entstandenen verdoppelten Erbinformationen in der Evolution immer wieder ein wirksamer Treiber für Innovationen gewesen. Weil es noch ein Original gibt, kann die Kopie so lange ohne Folgeschäden im Organismus mutieren, bis ein Code entsteht, der plötzlich eine neue organische Funktion steuert.

Auch der Ausbau der kognitiven Leistung auf dem Weg zum modernen Menschen war offenbar von einer ganzen Reihe solcher Ereignisse begleitet. Schon 2009 hatten zwei Forscherteams einen sogenannten Copy-Code entdeckt, der nur im Menschen vorkommt, diesmal aber im Chromosom 1. Dort erlebte ein Gen in der Frühphase der Homo-Völker gleich eine ganze Serie von Doppelungen, verkündeten Evan Eichler und seine Kollegen in zwei Veröffentlichungen im Fachjournal *Cell*: Eine Vervielfältigung ereignete sich schon vor 3,5 Millionen Jahren – sie erschuf die Varianten A und B eines Gens; 2,4 Millionen Jahre vor unserer Zeit entwickelte sich dann aus Version B die Variante C. Und vor 900 000 Jahren kam es zum letzten Kopierereignis: Die B-Variante wurde erneut kopiert und verändert – Version D entstand.

Experimente in genetisch veränderten Mäusen zeigten: Den wirklich durchschlagenden Effekt hatte wohl vor allem der Einbau von Variante C. Sie dürfte nämlich im Hirn von Homo erectus und Co eine andere wichtige Veränderung bewirkt haben: Die Nervenzellen vernetzten sich auf einmal weit besser als zuvor, weil sie mehr Kontakte untereinander



Zufällig schlau

der bilden konnten. Auf diese Weise hatte die Evolution diesmal nicht die Zahl der Prozessoren erhöht, sondern die Rechnerarchitektur verbessert und so die Rechengeschwindigkeit erhöht.

Millionen Jahre dauerte es also, bis verschiedene genetische Neujustierungen an entscheidenden Stellen im Erbgut angekommen waren. Eine ganze Reihe davon haben die Wissenschaftler jetzt lokalisiert. Erst im Konzert, so glauben Forscher wie Evan Eichler, haben sie die Expansion des Gehirns vorangetrieben. Am Ende war das Denkorgan des modernen Homo sapiens fertig.

Vollständig ist das Puzzle aber noch nicht. In der Fachwelt kursieren bereits Berichte von der Entdeckung einer weiteren Erbanlage, die dem Wachstum des Gehirns kräftig nachgeholfen haben soll. Zudem haben offenbar nicht nur Innovationen im Genbestand die Evolution des Hirns ermöglicht. Zusätzlich veränderte sich die Steuerung verschiedener Erbanlagen entscheidend.

Ein spektakulärer Beweis glückte gerade erst dem Wissenschaftlerteam um Debra Silver von

der Duke University in North Carolina. Die Forscher hatten einen von mehreren winzigen Abschnitten im Erbgut untersucht, die den Experten seit Jahren Rätsel aufgeben. Sie enthalten keine Information für Eiweiße, wie es Gene sonst tun. Trotzdem werden die Buchstabenfolgen in diesem Element bei Säugetieren strikt beibehalten und an die Nachkommen weitergegeben – ein deutlicher Hinweis, dass sie eine wichtige Rolle spielen und nicht ohne Schaden mutieren können. Im Menschen aber zeigen sich gerade in diesen Erbgutsequenzen besonders viele Veränderungen. Offenbar dienen diese Regionen als Ankerplätze für Steuerungsproteine von Genen und beschleunigen das Ablesen der genetischen Information stark.

Silver und ihre Kollegen hatten sich eine bestimmte Region auf dem Chromosom 3 genauer angesehen. In 16 Positionen unterscheidet sich die menschliche Version von der Codeabfolge beim Schimpansen. Diese Unterschiede bewirken Erstaunliches: Als die Duke-Forscher die Region

bei der Maus durch das humane Pendant ersetzen, wuchs die Großhirnrinde der Tiere glatt um zwölf Prozent. Detaillierte Untersuchungen zeigten, dass die eingefügte Region das Tempo der Zellteilung stark beschleunigt. Im embryonalen Maushirn benötigten die Stammzellen des Großhirns statt zwölf nur noch neun Stunden, um sich zu teilen und zwei Tochterzellen hervorzubringen. »Wir sehen jetzt einige der genetischen Veränderungen auf dem Weg zum modernen Menschen«, sagt der Münchner Evolutionsgenetiker Wolfgang Enard. »Und man stellt fest: Sie haben tatsächlich das Gehirn verändert. Es wird größer.«

Doch warum wurde es zum Erfolgsmodell? Ein großes Hirn ist ein immens kostspieliger Luxus. Ein werdender Mensch im Mutterleib muss in jeder Minute mindestens 250 000 neue Nervenzellen bilden, in jeder Sekunde 10 000 neue Verbindungen zwischen ihnen aufbauen. Mehr noch als bei technischen Großrechnern ist der Energiehunger des Gehirns enorm – über zehnmal größer als der von anderen Körper-

geweben. Bei einem fünfjährigen Kind hat das Organ in etwa die endgültige Größe erreicht – und verbraucht zwei Drittel der zugeführten Kalorien. Auch bei Erwachsenen ist der größte Konsument das Denkorgan: Es stellt keine zwei Prozent der Körpermasse, beansprucht aber bis zu einem Viertel des Grundumsatzes an Nährstoffen.

»Ein großes Hirn ist ein Vorteil, aber es ist auch unheimlich teuer«, sagt Philipp Gunz, »das muss man sich erst mal leisten können.« Den riesigen Kortex, meint der Fachmann für Hirnevolution am MPI für evolutionäre Anthropologie in Leipzig, konnten die Vertreter der Gattung Homo nur mit der Umstellung auf Fleischnahrung befriedigen. »Wachstum beobachten wir erst mit den ersten Hominiden, also Homo habilis«, sagt Gunz. Allerdings sei zugleich auch deren Körper deutlich gewachsen. Den großen Spurt hat das Gehirn wohl erst in den vergangenen 600 000 Jahren hingelegt: Ab dem Homo heidelbergensis habe eine »echte Vergrößerung um ein ganzes Drittel eingesetzt«. Zunächst hat das Luxus-Organ wohl nur das nackte

Überleben gesichert. Menschen sind ziemlich wehrlose Tiere. Sie haben keine Reißzähne, Hörner oder Klauen. Als Sprinter bei einem Angriff oder der Flucht ist ihre Bilanz erbärmlich. Was sie aber haben, ist ihr Gehirn – ein effektives Überlebensinstrument und eine furchterregende Waffe.

ANZEIGE

Stimmt's?

Die Kolumne von Christoph Drösser
können Sie auch hören, täglich 6.50 Uhr.



Die Entstehungsgeschichte des Gehirns ist noch lange nicht fertig geschrieben. Klar ist inzwischen aber: Die Entwicklung des herausragenden Überlebensinstruments folgte keinem großen Plan. Die Evolution trieb bloß ihr immerwährendes Spiel im Erbgut unserer Vorfahren, und am Ende stand das Organ des Geistes bereit.