

Erstes Paradoxon – Verdoppelung des Hirnwachstums bei Homo erectus versus langsame Entwicklung seiner Kognitionsphänomene

(Erster Teil einer vierteiligen Serie zur neurosystemischen Autonomie des Menschen)

von

alexander braidt, München 20. September 2025

Zusammenfassung

Zu lösen ist ein *Paradox* der Hominisation: Verdoppelung des Hirnvolumens bei Homo erectus – und doch dauerte das Entwickeln seiner Kognition Äonen. In fast zwei Millionen Jahren seines Hirnwachstums vollzog Homo erectus nur wenige *technologische Innovationen*. Deswegen scheint bei Homo erectus primär der biologische Mutation-Selektions-Prozeß zur *Evolvierung des Großhirns* nicht das Kumulieren von Erfahrung für seine Kognitionssteigerung verantwortlich zu sein. Der einzige gravierende Unterschied zwischen Affen- und Menschenhirn ist folgender: Der Anteil des Assoziationscortex stieg während der Homo-erectus-Evolution bis auf 80 %. Wie aber kann lediglich eine Vermehrung der *unspezifischen* Neuronen des Assoziationscortex bei Homo erectus die zu beobachtenden Kognitionsfortschritte erklären? Die Teil-Muster sinnlicher Wahrnehmung, die das Konnektom dem Assoziationscortex zuführt, werden mittels *unspezialisierter* Neuronen *intrakortikal* zu höheren Kognitionen evolviert. Diese informationsliefernden Neuralmuster können nur *evolviert* werden – nicht errechnet –, weil sie den Eigenschaften eines komplexen Hirnsystems unterliegen; und können nur *prozessual* evolviert werden, weil der Assoziationscortex *unspezifischen* Charakter besitzt – er statt neuronaler Strukturen Informationsmuster selektiert.

Somit gilt: Je größer die Neuronenzahl, desto mehr *Musterattraktoren* der Ordnungsgewinnung *können* gebildet werden, desto höher die Kognition. Ihre Zahl reichte bei Homo erectus vermutlich nicht hin, kontinuierlich erreichte, komplexe Kognition weiterzuentwickeln. Die extremen Zeiträume für Innovationen bei Homo erectus legen folglich nahe: Seine kognitiven Fortschritte, waren noch keinem kumulativen Lernprozeß zu verdanken, sondern vorwiegend der genetisch bedingten Hirn- und damit Neuronenzunahme. Homo erectus war kein Mensch. Vor dem Stopp des Hirnwachstums beim archaischen Homo sapiens muß nach allem *ein Systemumschlag im evolvierenden Großhirn* erfolgt sein. Denn beim Menschenhirn – das *konstant bleibt* – erkennen wir ein jederzeit *unbegrenztes Kognitions- vor allem aber Kreativitäts-Potential*, das bei Homo erectus fehlt.

Key terms: Homo erectus, Brain evolution, Association cortex, Corticalization, Complex systems, Hominization, Cognitive revolution, Structural constancy

1 Einleitung

Ein Paradoxon wirft Fragen auf

Das penible Untersuchen aller bedeutsamen Bedingungen der Homo-erectus-Evolution vermag Licht auf die alte Frage zu werfen, ob der Übergang von Homo erectus zu Homo sapiens ein rein gradueller sein kann oder ob diese sicherlich graduelle Evolvierung nicht in einen *qualitativen Sprung* mündete – wie ihn das Homo-erectus-Paradoxon signalisiert. Außerdem stellt sich die Frage, wie die bekannten Kognitionsfortschritte bei Homo erectus mit den Veränderungen in seinem Großhirn – das, wohlgemerkt, keine spezifisch neuen Hirnstrukturen kennt – zu korrelieren sind.

Gegenwärtig scheint allseits Einigkeit darin zu herrschen, daß die sich beschleunigende Kognitionsentwicklung des Menschen ihn trotz der Konstanz seines Gehirns keineswegs sprunghaft von tierischer Intelligenz abheben würde. Man glaubt, die Verwendung einer komplexen Sprache und von Symbolen, die Kumulation von Erfahrung, das Anpassen an kognitive Nischen, sowie die Ko-Evolution von Genen und Kultur reichten hin, sogar die Kreativitätsstufen der Zivilisationsentwicklung der Menschheit zu erklären (Gould 1980; Waals 1996; Hrdy 2009; Pääbo 2014; Trivers 2002; Tattersall 2014; Dawkins 1982; Deacon 1997; Stringer 2012; Tomasello 2014; Richerson & Boyd 2005; Laland 2015; Suddendorf 2013; Meaney 2010; Gilbert, Müller, Uller 2007) (Wobei für Gould, Tattersall und Stringer der Mensch ein Tier bleibt, während für Tomasello, Laland und Suddendorf graduelle Selbst-Entwicklung Homo erectus zum einzigartigen Menschen macht.)

Wer erkannte, daß man mit all diesen Kognitionsfaktoren just das zu erklären versuchte, was ohne entsprechend *komplexe* Hirnprozesse nicht erklärt werden kann? Denn jedes noch so erstaunliche, kognitive Phänomen muß ein neuro-prozessuales Pendant besitzen: So daß erst der Mensch – kein Tier – zu einer entwicklungsfähigen Sprache und zur Symbolbildung überhaupt fähig werden konnte; so daß nur er – kein Tier – sich zu einer unbeschränkten Anhäufung von Erfahrungen fähig zeigt, bis hin zum kreativen Überwinden bisheriger Erfahrung; so daß einzig und allein der Mensch – aber kein Tier – jeden Naturstoff und jede Naturenergie durch deren Umformung zu einer ‚Nische‘ machen kann; so daß der Mensch selbst aktiv die gesamte Welt seinen Bedürfnissen anpaßt, statt passiv einer Nische angepaßt zu werden – wie eben das Tier.

Bleibt das Erklärungselement Ko-Evolution (Lumsden & Wilson 1981, Richerson & Boyd 1985): Daß eine Ko-Evolution von Genen und Kultur ein Ding der Unmöglichkeit ist, scheint die Forschergemeinde nicht abzuschrecken. Ko-Evolution bei Darwin bedeutet die gegenseitige Anpassung durch Mutation und Selektion etwa zwischen Raub- und Beutetier. Erworbene Eigenschaften können prinzipiell

nicht vererbt werden: Epigenese – die als Paradebeispiel für die Ko-Evolution von Genen und Kultur angeführt wird – als bloßes Regulationsphänomen des Genoms stellt allerdings keine positive Genmutation durch Kultur dar: Dasselbe Gen wird lediglich für temporäre Umstände umweltgerecht (de-)aktiviert. Nach wie vor können Mutationen (bezüglich des Gehirns) keine erwünschte, kreative Entwicklung auslösen; und umgekehrt können kognitive Fortschritte keine positive Genomänderung bewirken. Ko-,Evolution‘ kann es nur auf rein biologischer Ebene geben. (So wie es Ko-,Entwicklung‘ nur auf kultureller Ebene geben kann). Alles andere läuft auf Lamarquismus hinaus, behauptet das mit dem Mutation-Selektionsprinzip unvereinbare Vererben erworbener Eigenschaften. Kultur und Erfahrung vermögen keine spezifischen Mutationen des Erbguts auszulösen, da diese *zufälliger* Natur sind. (Natürlich können Gene, z. B. zur Malariaresistenz, die Kultur partiell beeinflussen; und Kultur kann, z. B. durch Industriegifte, Gene mutieren lassen. Aber solche beschränkt einseitigen Wirkungen führen weder zu kultureller ‚Entwicklung‘ noch zu einer spezifisch genetischen ‚Evolution‘.)

Vor allem sagt die tautologische Erklärung kognitiver Fortschritte durch die jeweilige Kognition selbst nicht das geringste darüber aus, welche unerforschten Hirnprozesse stattfinden müssen, um die so erstaunlichen Kreativitätssprünge des Menschen überhaupt erst zu ermöglichen. Höchste kognitive Leistungen ohne entsprechend hohe Hirnleistungen zu verstehen, erweist sich als höchst unseriös. – Somit bleibt der Neurowissenschaft die Aufgabe erhalten, eine allen Tieren unmögliche, unentwegte Entwicklung der Kognition in kreativen Sprüngen zu entschlüsseln – zumal mit einem konstanten Gehirn.

Wir sind hier angetreten, ein *erstes* Paradoxon zu lösen: Mit enorm wachsendem Großhirn erfolgt bei Homo erectus über Jahrhunderttausende eine äußerst langsame Kognitionsentwicklung – trotz der Innovationen Faustkeil und dem Sprung von kontrollierten zu künstlichem Feuer. Dies wirkt umso erstaunlicher, als mit einem Gehirn, das von Homo sapiens an *substantiell* gleichbleibt, in der biologisch gesehen kurzen Zeit von Jahrtausenden eine sich zusehends beschleunigende Entwicklung seiner Kognitionsleistungen in kreativen Stufen zu verzeichnen ist. (*Ein zweites Paradoxon, dem der nächste Teil dieser Serie gewidmet ist.*)

2 Methodischer Ansatz

Aufbereiten zentraler Komponenten, um das Paradoxon der Homo-erectus-Evolution zu lösen

A Koordinieren der Kortikalisierung bei Homo erectus mit den gleichzeitig bekannten Kognitionsstufen

Die Paläoanthropologie hat in Afrika bisher neun fossile Speziesfunde der Gattung Homo – vor allem der Art Homo erectus – zu Tage gefördert, die zusammen-

genommen innerhalb rund zwei Millionen Jahren eine Enzephalisation des Gehirns von ca. 650 ccm auf nahezu das Doppelte von ca. 1280 ccm belegen:

Den Schädel von *Homo habilis* (KNM ER 1813 von Koobi Fora, Kenia) ca. 2,1 Millionen Jahre alt mit einem Volumen von ca. 650 ccm

Einen Schädel von *Homo rudolfensis* (KNM-Er 1470 aus Koobi Fora, Kenia) mit einem Alter von 1,9 Millionen Jahren und einem Volumen von 750 ccm

Einen Schädel von *Homo ergaster* (KNM-ER 3733, Kenia) von vor 1,9 bis 1,4 Millionen Jahren bei einem Hirnvolumen zwischen 750 und 900 ccm

Den ersten *Homo-erectus*-Schädel vom Turkanasee. 1,7 Millionen Jahre alt mit einem Hirnvolumen von ca. 850 ccm

Das *Homo-erectus*-Skelett (KNM-WT 15000 vom Turkanasee, Kenia) des so genannten Nariokotome-Jungen oder Turkana-Boys, 1,53 Millionen Jahre alt, dessen Hirnvolumen 880 ccm beträgt (was beim Erwachsenen 910 ccm entspräche)

Die Schädelkalotte (OH 9 aus der Olduvai-Schlucht, Tansania) eines *Homo erectus*, bekannt als ‚Chellean Man‘ mit einem Alter von 1,4 Millionen Jahren und der Hirngröße von ca. 1065 ccm

Die Schädelkalotte (OH 12 ebenfalls aus der Olduvai-Schlucht in Tansania) eines *Homo erectus*, geschätzt 1,2 Millionen bis 800 000 Jahre alt mit einem ungefähren Volumen von nur 750 ccm

Ein Schädelknochen (genannt Bodo 1 aus dem Mittleren Awash, Äthiopien), zwischen *Homo erectus* und archaischem *Homo sapiens* liegend, 640 000 +/- 30 000 Jahre alt mit einem Hirnvolumen von 1200 bis 1325 ccm

Dieser Fund wurde zwar zuletzt anatomisch *Homo heidelbergensis* zugeordnet (Tattersall 2015), der allerdings bisher nur als Vorläufer oder Variante des Neandertalers in Europa bekannt war. Da sowohl *Homo heidelbergensis* als auch der Neandertaler als anatomisch schwer abzugrenzende Varianten von *Homo erectus* angesehen werden, scheint es mehr als angebracht, den Bodo-Fund aus Äthiopien zum afrikanischen *Homo erectus* zu rechnen.

Der Fund ‚Broken Hill Skull‘ (aus Kabwe, Sambia) wurde zunächst *Homo rhodesiensis* benannt, später zu *Homo erectus* gestellt. Sein Alter wird auf 299.000 ± 25.000 Jahre geschätzt, das Hirnvolumen liegt bei 1280 cm³

Fund	Taxonomische Zuordnung	Fundort	Alter (Jahre)	Hirnvolumen (ccm)	Anmerkung
KNM-ER 1813	<i>Homo habilis</i>	Koobi Fora, Kenia	ca. 2,1 Mio.	~650	Früher Vertreter der Gattung <i>Homo</i>
KNM-ER 1470	<i>Homo rudolfensis</i>	Koobi Fora, Kenia	1,9 Mio.	~750	
KNM-ER 3733	<i>Homo ergaster</i>	Kenia	1,9–1,4 Mio.	750–900	
ER 3883 (Turkana-Schädel)	<i>Homo erectus</i>	Turkanasee, Kenia	1,7 Mio.	~850	
KNM-WT 15000 („Turkana Boy“)	<i>Homo erectus</i>	Turkanasee, Kenia	1,53 Mio.	~880 (Kind) / ~910 (Erw.)	
OH 9 („Chellean Man“)	<i>Homo erectus</i>	Olduvai-Schlucht, Tansania	1,4 Mio.	~1065	
OH 12	<i>Homo erectus</i> (umstritten)	Olduvai-Schlucht, Tansania	1,2–0,8 Mio.	~750	Mögliche Unterart
Bodo 1	<i>Homo erectus</i> / <i>heidelbergensis</i>	Mittleres Awash, Äthiopien	640.000 ± 30.000	1200–1325	Übergangsform zu <i>Homo sapiens</i>
Broken Hill Skull (Kabwe)	<i>Homo erectus</i> / <i>rhodesiensis</i>	Sambia	299.000 ± 25.000	~1280	Spätform von <i>Homo erectus</i>

Einer Auswertung ist kritisch vorzuschicken: Immer noch ist die Datenlage sehr spärlich und kommende Funde könnten gravierende Unterschiede in der Gesamteinschätzung ergeben. Außerdem muß bei jeder Einzelbeurteilung berücksichtigt werden, daß die Datierungsspielräume teilweise erheblich sind. Künftig verbesserte Meßverfahren können auch von dieser Seite das Gesamtbild modifizieren. – Doch abgesehen von allen möglichen, mehr oder minder nebensächlichen Unwägbarkeiten, können wir als Resultate festhalten: Innerhalb 1,8 Mio. Jahren (von vor ca. 2,1 bis vor rund 300 000 Jahren) – vom frühesten *Homo habilis* bis zum letzten bisher gefundenen *Homo erectus* vor dem Auftreten des archaischen *Homo sapiens* – stieg das Großhirnvolumen bei *Homo erectus* auf rund das Doppelte an – von 650 auf rund 1300 ccm. Gemäß den gegenwärtigen, durchaus spärlichen Funden scheint vor 1,2 Millionen Jahren neben dem „Chellean Man“ (OH 9) und seinen 1065 ccm Hirnvolumen eine aus dem Trend fallende Unterart von *Homo erectus* OH 12 mit 750 ccm Volumen aufgetreten zu sein, die eine parallele Rückentwicklung der Hirngröße anzeigen würde. Da es sich aber durchweg um rare Zufallsfunde handelt, könnten auch mehr Fossilfunde die *Homo-erectus*-Kalotte OH 12 als bisher fehlinterpretierte andere Art der Gattung

Homo ausweisen. – Insgesamt gesehen verrät die Enzephalisation von Homo erectus für biologische Evolutionsvorgänge ein eminentes Tempo.

Eigentlich würde man erwarten, daß dann auch ein entsprechendes Entwicklungstempo in den Kognitionsleistungen zu verzeichnen wäre. Nehmen wir uns zur Überprüfung die Innovationsfortschritte von Homo erectus in fast zwei Millionen Jahren vor:

Erster Kognitionssprung: Zurecht läßt man die Gattung Homo mit Homo habilis beginnen, weil mit ihm ein qualitativ entscheidend neuer Schritt der Kognition zu beobachten ist: Erstmals benutzt ein Hominine natürlich vorkommende Steine nicht nur unbehauen, um etwa Nüsse zu knacken oder sie gegen Freißfeinde zu schleudern. Das tun bereits Menschenaffen und höchstwahrscheinlich haben das auch Australopithecinen praktiziert. Auf die Australopithecinen folgend ist Homo habilis die erste Art der Gattung Homo, die Steine mit ein oder zwei Schlägen grob zurechtschlägt, so daß sogenannte Chopper entstehen (vor ca. 2,1 Millionen Jahren): Werkzeuge, deren scharfe Kanten effizienter zur Materialbearbeitung eingesetzt werden können.

Allerdings dauert es ca. 400 000 Jahre bis wir eine neue Innovation feststellen können – obwohl das Hirnvolumen von Homo erectus inzwischen um fast ein Drittel, nämlich um 200 ccm zugenommen hat: Der Homo erectus vom Turkana-see fertigt inzwischen die ersten, grobschlächtigen Faustkeile der einsetzenden Steinkultur des Acheuléen. Fundort: Kokiselei 4, Westturkana, Kenia vor 1,76 Mio. Jahre (Lepre et al. 2011). Und: Konso-Gardula, Äthiopien, Datierung 1,75 Mio. Jahre (Beyene et al. 2013). – Diese Zeitspanne von fast 400 000 Jahren ist allerdings zu gewaltig, um anzunehmen, daß Homo habilis respektive erectus aus einem primitiven Chopper einen wenig geformten Faustkeil durch über Generationen tradierte, winzige Lernprozesse zu einem ersten Faustkeil geformt hätte.

Zweiter Kognitionssprung: Etwa 250 000 Jahre später finden sich auch Indizien für das passive Nutzen von (durch Blitz oder Sonne) natürlich entfachtem Feuer. Früheste Hinweise auf die Nutzung von Naturfeuer sind: Koobi Fora (FxJj20 AB, Kenia, vor ca. 1,5 Mio. Jahre (Bellomo 1994) sowie Chesowanja in Kenia vor 1,4 Mio. Jahre (Gowlett et al. 1981). Analoges wie für den ersten Kognitionssprung gilt demnach für die gut 600 000 Jahre, die die Gattung Homo, darunter vor allem Homo erectus, brauchte, um vom Beobachten von natürlich entstandenem Feuer, vor allem anhand kokehnder Restfeuer, zunächst zu deren passiver Verwendung zu gelangen.

Wenn der früheste Homo erectus bereits über elementare Ansätze menschlichen Denkvermögens verfügt hätte, die er durch kleinste Lernschritte bis zum Denkpotehtial von Homo sapiens *kulturell* entwickelnd (nicht biologisch evolvierend) steigerte – wie dies strikte Gradualisten behaupten (Tomasello 2019; Suddendorf

2013; Laland 2017; Deacon 1997; Harvati & Harrison 2006) –, dann hätten die beiden erwähnten Kognitionsstufen in stark traditionsverhafteten Gemeinschaften vielleicht Jahrtausende, vielleicht sogar Jahrzehntausende gebraucht – doch unmöglich Jahrhunderttausende: Immerhin vergrößerte sich sein Hirnvolumen in diesen 600 000 Jahren um bis dahin 400 ccm. Denn auch in sehr statischen Gemeinschaften des Menschen können wir über sehr lange Zeiträume feststellen, daß die bestehenden Fertigkeiten, die Gewohnheiten und Bräuche leicht variieren und modifiziert werden, wenn auch äußerst langsam; kleinste, unbewußte Erfahrungssplitter werden über lange Zeiträume völlig unabsichtlich angehäuft, um irgendwann einen kleinen, qualitativen Erfahrungsschritt zu vollziehen. Auch kleinste Lernprozesse können beim Menschen nicht über Jahrhunderttausende effektiv kumuliert werden, ohne qualitative Fortschritte zu zeitigen. – Folglich verfügte Homo erectus noch nicht über prinzipiell menschliche Kreativfähigkeiten.

Zwar kennen wir auch bei Homo sapiens große Zeiträume, in denen er kulturell nur wenige Innovationen hervorbrachte: So verblieb der Mensch für mindestens 200 000 Jahre auf der Entwicklungsstufe von Jägern und Sammlerinnen; so vom Erscheinen des archaischen Homo sapiens (wenn wir das mit dem Stopp des Hirnwachstums markieren) bis zum ersten Entstehen von Landwirtschaft im Fruchtbaren Halbmond vor ca. 12 000 Jahren. Doch trotz der gleichen, völlig naturverhafteten Reproduktionsstufe der Wildbeutekultur hat Homo sapiens in diesen 200 000 Jahren eine Vielzahl an kognitiven Leistungssteigerungen erbracht: Das Middle Stone Age mit Schabern, Kratzern, Sticheln und Messern (Jebel Irhoud); Grabbeigaben (Qafzeh, Israel); durchbohrte Muscheln und Angelhaken (Katanda, Kongo); geometrische Gravuren (Blomboshöhle, Südafrika); Höhlenmalereien (Sulawesi, Indonesien); Figurinen und Musikinstrumente (Geissenklösterle, Deutschland); Sägen und Nähnadeln; Pfeil und Bogen; Speerschleudern – um nur die bedeutendsten Innovationen zu nennen; kurz, alle paar Jahrtausende sind kreative Leistungen auszumachen, die schon wegen der Kürze der Zeit einzig und allein einem Gehirn zu verdanken sind – das *substantiell konstant* blieb. – Diese Vielzahl an Innovationen innerhalb 200 000 Jahren müssen wir konfrontieren mit nur einer oder zwei Innovationen von Homo erectus in 400 000 (Faustkeil) respektive 600 000 Jahren (Nutzen von natürlichem Feuer) – und diese traten höchstwahrscheinlich wegen eines um fast ein Drittel vergrößerten Großhirns auf und nicht primär wegen eigenständiger Kreativfortschritte.

Für die ca. 8000 Jahre vom Entstehen der Landwirtschaft bis zum Auftauchen erster Hochkulturen gilt Analoges. Obwohl die weit effektivere Reproduktionsweise der Landwirtschaft erst sehr langsam, in mehreren Etappen entstand, wurden in diesem Zeitraum umstürzende Innovationen hervorgebracht: Steinerne Tempelbauten (Göbekli Tepe, Türkei), Häuserbau (Fruchtbarer Halbmond), die Domestikation von Tieren und Kultivierung von Pflanzen, der Pflug, die Töpferei, die Textilherstellung, das Rad, die Metallurgie und vieles mehr. Das heißt: Die Kognitionsentwicklung beschleunigte sich innerhalb nur noch 8 000 Jahren bei

stets konstantem Gehirn – verglichen mit der Innovationsleistung von Homo erectus in 600 000 Jahren bei sich jedoch enorm vergrößerndem Gehirn.

Dritter Kognitionssprung: Noch krasser ist bei Homo erectus die Zeitdifferenz zwischen der Anwendung von natürlich entstandenem Feuer und dem aktiven Entzünden von Feuer: Sie erstreckte sich von vor 1,5 Mio. Jahren (Bellomo 1994) bis vor 780 000 Jahren zur ersten uns bekannten kontrollierten Feuernutzung in Gesher Benot Ya'akov, Israel (Goren-Inbar et. Al. 2004). Es brauchte demnach 720 000 Jahre bis Homo erectus vom passiven zum aktiven Gebrauch des Feuers gelangte. Wir müssen allerdings berücksichtigen, daß zum künstlichen Herstellen von Feuer mehrere, sehr verschiedenartige Faktoren als spezifisch erforderlich erkannt und in funktionellen Bezug zueinander gebracht werden müssen: Äußerst leicht entzündliches, glimmfähiges Material ist zu suchen; ein möglichst windgeschützter Platz muß gewählt werden; die Eigenschaft von Feuerstein, beim Aufeinanderschlagen Funken zu erzeugen – welche sicher schon lange beim Zurechtschlagen eines Faustkeils bemerkt wurde –, muß kontrolliert eingesetzt werden.

Zum künstlichen Entzünden von Feuer war folglich bereits erhebliches Vorstellungsvermögen erforderlich, das sich nicht mehr gewaltig von der Bewußtheit des Homo sapiens unterscheiden haben kann. Allerdings hatte sich das Hirnvolumen von Homo erectus mit ca. 900 ccm vor 1,5 Mio. Jahren – als er begann passiv Feuer zu nutzen – bis zum Homo erectus mit bereits rund 1150 ccm vor 780 000 Jahren nochmals stark vergrößert: um 250 ccm, gut ein Viertel. – Erneut liegt aufgrund dieser Diskrepanz nahe, daß auch dieser kognitive Sprung zum aktiven Entzünden von Feuer nicht etwa kleinsten, kumulierten Erfahrungsschritten während 720 000 Jahren zuzuschreiben ist, sondern der neurophysiologischen Grundbedingung eines nochmals enorm vergrößerten Großhirns. Selbst der Homo erectus, der erstmals künstlich Feuer entfachte, war offenbar noch kein vollwertiger Mensch. – Das bestätigt zudem der letzte Kognitionssprung, bevor der archaische Homo sapiens auf den Plan trat:

Vierter Kognitionssprung: Der letzte Kognitionssprung des Homo erectus, ehe uns der archaische Homo sapiens begegnet, besteht im Herstellen von Wurf- und Stoßspeeren mit Steinspitzen (Wilkins et. al. 2012). Fundort war Kathu Pan 1 in Südafrika und ist etwa 500 000 Jahre alt. Wir verzeichnen demnach nochmals ca. 280 000 Jahre seit dem vorangegangenen Kognitionssprung ‚künstliches Feuer‘ vor 780 000 Jahren, ehe ein weiterer Kognitionssprung erfolgte. Erneut eine viel zu lange Zeitspanne um für diesen weiteren Innovationsschritt die menschliche Entwicklungsform des kumulativen Lernens verantwortlich machen zu können: Wieder mußte das Großhirn nochmals ordentlich um rund 100 ccm von 1150 auf 1250 ccm zulegen, damit dieser neue Kognitionssprung möglich wurde. – Der nächste Fundplatz von Projektilspitzen für Speere liegt in der Gademotta Formation (Äthiopien) und ist zwischen 280 000 und 250 000 Jahre alt (Sahle et. al. 2013). – Damit wären wir mit dem vorwiegend graduellen Hirnwachstum von

Homo erectus an die Scheide herangerückt, wo der archaische Homo sapiens in Jebel Irhoud (Marokko), in Äthiopien bei Omo und Herto (McCarthy, Lucas 2014) und auch Südafrika (Florisbad) in Erscheinung tritt (Bruner & Lombard 2020). Paradoxerweise bleibt von da an das Hirnvolumen von Homo sapiens mit rund 1 450 ccm bis zum Beginn des Holozäns ziemlich konstant – ein *zweites* Paradox.

Kognitiver Fortschritt	Fundorte / Belege	Alter (Jahre)	Hirnvolumen (ccm, ca.)	Erforderlicher Zuwachs (ccm)	Zeitspanne seit vorherigem Sprung
Chopper-Herstellung (<i>H. habilis</i>)	Koobi Fora (KNM-ER 1813), Kenia	~2,1 Mio.	650	–	–
Faustkeil (Acheuléen)	Kokiselei (Kenia), Konso (Äthiopien)	1,76 Mio.	850	+200 zu vorher	~400.000 Jahre
Nutzung von Naturfeuer	Koobi Fora (Kenia), Chesowanja (Kenia)	1,5–1,4 Mio.	1065	+400 insgesamt	~600.000 Jahre
Kontrolliertes / künstliches Feuer	Gesher Benot Ya'aqov (Israel)	~780.000	1150	+250 zu vorher	~720.000 Jahre
Speerfertigung (Steinspitzen)	Kathu Pan (Südafrika), Gademotta (Äthiopien)	500.000–280.000	1200–1280	+100 zu vorher	~280.000 Jahre

Das belegt auch für den letzten Evolutionsschritt von Homo erectus zum archaischen Homo sapiens, daß sich sein Hirnvolumen nochmals um fast ein Drittel von ca. 1 100 ccm auf 1 450 ccm erhöhen mußte – exponentiell damit die Neuronenzahl –, ehe wir ab der neuen Steinkultur des Middle Stone Age des archaischen Homo sapiens ein radikal neues Intelligenzphänomen feststellen können: das einer jetzt *kontinuierlichen*, außerdem sich permanent *beschleunigenden* Kognitions-Entwicklung – mit immer dem gleichen Gehirn; was das *zweite* Paradoxon menschlicher Intelligenz liefert. Auch für diese immerhin 200 000 Jahre der fortgesetzten Hirnevolution bei Homo erectus – die in etwa den 200 000 Jahren der kontinuierlichen Höherentwicklung von Kultur und Zivilisation der Menschheit seit dem Stopp seines Hirnwachstums entsprechen – gilt somit: Unmöglich konnte Homo erectus vor dem Auftreten des archaischen Homo sapiens über eine menschenähnliche Lern- und Kreativfähigkeit verfügt haben: Denn außer der Speerfertigung ist uns bis zum Beginn des Middle Stone Age vor rund 300 000 Jahren kein weiterer Kognitionsfortschritt bekannt.

Um diese Aussage zu unterstreichen, weisen wir auf ein noch erstaunlicheres Phänomen im kognitiven Geschehen bei Homo erectus hin, welches das charakte-

ristische Artefakt der Hominisation schlechthin betrifft: auf den Faustkeil der Achéuleen-Kultur (de la Torre 2016). Seine Form hat sich seit seinem frühesten Erscheinen vor 1,76 Mio. Jahren (Lepre et al. 2011) in Kokiselei (Kenia) und Konso (Äthiopien) bis zum ersten Auftreten des archaischen Homo sapiens in Jebel Irhoud (Richter, Grün, Joannes-Boyau et al. 2017) oder dem letzten Homo erectus des ‚Broken Hill Skull‘ aus Kabwe (Sambia) vor rund 300 000 Jahren kaum verändert. Aus einem sehr klobigen, mit wenigen beidseitigen Schlägen zu rechtgeschlagenen Faustkeil wurde in fast 1,5 Mio. Jahren gerade mal ein schlanker, durch viele Schläge flach geformter Faustkeil (McNabb, Cole 2015). Daneben fanden sich als zusätzliches Werkzeug lediglich große Schaber mit einer geraden Schneidekante (Konso-Gardula, Äthiopien), sogenannte Cleaver, etwas jünger mit einem Alter von 1,6 bis 1,5 Mill. Jahren (Beyene et al. 2013).

Dieser spezielle Befund bestätigt nachdrücklich: Wenn sich das Hirnvolumen von Homo erectus für die Zeit der Faustkeilproduktion in endlosen 1,5 Mio. Jahren von rund 800 ccm auf rund 1 300 ccm vergrößert – also um gut 60 % –, so erwartete man gemäß der Erfahrung zur Evolution höherer Säugetiere – von Koboldmakis gegenüber Menschenaffen etwa –, daß auch seine Kognitionsleistung entsprechend gewaltig anwachsen würde. Doch Homo erectus nutzte diese 1,5 Mio. Jahre, um aus einem groben gerade mal einen symmetrischen Faustkeil zu fertigen. Dürfen wir aus dieser Sachlage schließen, daß Homo erectus in homöopathischen Lerdosen diesen Fortschritt zuwege brachte? Liegt nicht vielmehr die schlichte Annahme nahe, daß das gewaltige Mehr an neurophysiologischer Kapazität, das heranwuchs, die unverzichtbare Bedingung für ein Mehr an Kognitionsleistung war?

Wenn dem so ist, dann wirft dies allerdings eine noch diffizilere Frage auf: Warum mußte das Homo-erectus-Hirn jeweils um die Hälfte oder ein Viertel zunehmen, ehe eine neue Kognitionsstufe zu verzeichnen ist? 200 ccm Zuwachs um vom Chopper zum Faustkeil zu gelangen; 400 ccm Zuwachs seit Homo habilis, um vom Beobachten zum Anwenden von natürlichem Feuer zu gelangen; 400 ccm Zuwachs seit dem Turkana-Boy, um vom Verwenden natürlichen Feuers zum Entzünden eines künstlichen zu gelangen; nochmals knapp 300 ccm an Zuwachs, um den letzten Kognitionssprung seit erstem künstlichen Feuer zur Speerfertigung zu vollziehen. Daß offenbar ein jeweils erhebliches Wachstum des Hirnvolumens vorausgesetzt war, ehe nach jeweils Jahrhunderttausenden ein neuer Kognitionssprung erfolgte, bedarf offenkundig einer tiefgreifenderen Erklärung als kleinster, kumulativer Lernschritte.

Alle Erklärungsversuche für das Homo-erectus-Paradoxon (siehe 4 Diskussion) erkennen erst gar nicht die prinzipiellen Probleme, die sich mit dem Widersinn zwischen extremer Hirnvergrößerung und äußerst langsamer, aber plötzlicher Kognitionssprünge bei Homo erectus auftun. *Einmal* sind die Zeitabstände zwischen den Innovationen zu groß, um einen kumulativen Lernprozeß ähnlich dem

menschlichen zuzulassen; ein solcher Lernprozeß würde unweigerlich zumindest nach Jahrzehntausenden zu kognitiven Resultaten führen – selbst in äußerst traditionsverankerten Gemeinschaften.

Zum ändern finden ja wenige Kognitionsfortschritte statt – aber auffällig abrupt, ohne erkennbar graduelle Vorstufen.

Außerdem wissen wir, was keiner der (unter 4 *Diskussion* behandelten) Forschungsansätze schwerpunktmäßig thematisiert, daß sich das Homo-erectus-Hirn trotz gewaltiger Volumenzunahme neurophysiologisch und strukturell in nichts vom Schimpansenhirn unterscheidet. Es kommt also keinerlei neue, bisher unbekannte neurophysiologische Spezialisierung hinzu. Im Gegenteil: Das gewaltige Wachstum des *unspezifischen* Assoziationscortex ist es, das die Enzephalisation bei Homo erectus wesentlich zu einer *Kortikalisierung* macht.

Um mit diesen empirischen Informationen gewinnbringend umgehen zu können, ist es unerlässlich, zwei bisher in der Evolutionären Anthropologie völlig vernachlässigte, wenn nicht ignorierte Grundsachverhalte für die folgende Analyse aufzubereiten: die *Hyperkomplexität* des Großhirns sowie *Unspezifität* und *Intrakortikalität* des Assoziationscortex.

B Prozessuale Folgen der nicht berücksichtigten Grundtatsache: Hyperkomplexität des Großhirns

Die *wichtigste*, elementare *Grundtatsache*, von der die Neurowissenschaft und daher auch die Evolutionäre Anthropologie auszugehen hätte, ist folgende: Das Gehirn (zumindest) höherer Tiere, stellt ein *komplexes System* dar, das – wohlge-merkt – *diametral entgegengesetzt* zu einem Elektronikrechner operiert (Edelman 1987, Sporns 2011, Chialvo 2010). Zwar wird weithin der Begriff der Komplexität locker im Munde geführt, doch selten berücksichtigt, welche exquisiten Eigenschaften er impliziert, die jede mechanistische und rein formallogische Betrachtungsweise analog zur Elektrotechnik verbieten.

Erstens: Alle Anfangsbedingungen des Neurosystems Gehirn sind *unbestimmt* – sowohl seine Umwelt als auch seine Sinneswahrnehmungen wie vor allem seine elementare Einheit, das Neuron; das Neuron besitzt tausende *veränderliche* Synapsen zur Signalaufnahme, viele Dendriten zu ihrer Weiterleitung an den Zellkörper, wo sie probabilistisch zu einem *schwankenden* Aktionspotential verarbeitet werden, um über mehrere Axone an verschiedene Neurone weitergeleitet zu werden (Lea-Carnall, Tanner, Montemurro 2023). – Mehr *Uneindeutigkeit* geht eigentlich kaum, und Aufgabe der Neurowissenschaft müßte sein, zu zeigen, wie nichtsdestotrotz die Ordnungszustände spezifischer, höherer Kognition zustande kommen können.

Zweitens: All die genannten elementaren Parameter – Umwelt, Sinnesrezeptoren, Neuronen – gehen untereinander *iterative Wechselwirkungsprozesse* ein, wobei, wie gesagt, die Einzelparameter allesamt *unbestimmten* Charakter besitzen. Diese ergeben ein hyperkomplexes, daher *nichtlineares* System, das im krassen Gegensatz zu dem formallogisch-linearen System der Mechanik eines Elektronikrechners zumindest auf mittlere Sicht nicht mehr exakt berechenbar und vorhersehbar ist.

Drittens: Dieses komplexe, nichtlineare Neuralsystem Gehirn operiert mit Milliarden Neuronen als Elementareinheiten von Unten nach Oben – von unbestimmt zu eindeutig, von ungeordnet zu geordnet –, muß demnach als dominant sich selbst regelndes System verstanden werden. Die einfachen Muster dieser Selbstregelung, führen zu Ordnungszuständen der Selbstorganisation, die wiederum, wie wir noch sehen werden, zu höheren Ordnungsstufen der Kognition evolviert werden (Kadmon 2025). – Das Hirnsystem kennt demnach keinerlei eindeutig vorausgesetzten Daten, Algorithmen und Schaltpläne, anhand derer von Oben nach Unten verborgene Muster errechnet werden könnten.

Viertens: Das Großhirn bildet aus Teilmustern der sinnlichen Wahrnehmung stabile Muster. Bei der Weiterverarbeitung – vor allem mit den Mustern des Gedächtnisses und des limbischen Systems – schwanken die beteiligten Parameter allein schon durch die ständige Veränderung der Umweltsituation. Darum erleidet eine anfänglich stabile Periode eines Gesamtmusters – der Kognitionsleistung – eine Aufgabelung in zwei mögliche Mustervarianten. Da die Wechselwirkung mehr oder minder schwankender Parameter andauert, folgt immer schneller eine Gabelung der andern, was mathematisch gesprochen zu Bifurkationen führt. – Die große Systemleistung des Gehirns besteht unter diesen Gegebenheiten darin, aus den ständig entstehenden Mustervarianten wieder eine stabile Kognitionsleistung zu generieren (Hesse, Gross 2014).

Fünftens: Diese Stabilisierung der schwankenden Neuralmuster trotz ständiger Wechselwirkung hin zu mehr oder minder eindeutigen Kognitionsleistungen gelingt aber bei weitem nicht immer. Häufig münden die Bifurkationen zu immer mehr alternativen Mustervarianten in einen *Chaoszustand*. In den meisten Fällen führt das gleichzeitig stattfindende *prozessuale* Evolvieren der vielen Mustervarianten, gestärkt durch Selbstregelung und Selbstorganisation, wieder zu einem selektierten, effektiveren Neuralmuster, das stabil genug ist, um praktiziert zu werden. Wichtig ist, zu verstehen, daß das Selektieren und dadurch Evolvieren von instabilen Mustervarianten, das drohende *Chaoszustände* konterkariert, *kein neurophysiologischer* Prozeß ist, sondern ein *primär rein prozessualer von Aktionspotentialen*. Eine massenhafte Wiederholung gleicher oder gleichartiger Neuralprozesse stärkt indes auch die neurophysiologische Struktur (an den Synapsen vor allem).

Sechstens: Da das Leben aus dem Bewältigen komplexer Situationen besteht, treten immer wieder tatsächliche Chaosphasen im Großhirn auf, die weder durch den Selbstregelungs- noch den Selbstorganisations- noch den Muster-Evolvierungsprozeß wieder stabilisiert werden können. Bleibt die Zufuhr an immer neuen Mustervarianten aufgrund eines offenen Problems bestehen, damit der neurosystemische Chaoszustand, so *kippt* dieser chaotische Prozeß manchmal in einen unvorhersehbar neuen, eventuell *höheren Ordnungszustand*, der mit allen bisherigen, stabilen Mustern und also Kognitionsformen bricht: Ein *qualitativer Kognitionsprung* ist eingetreten (Chialvo 2010). Erst recht solche Qualitätssprünge der Kognition (wie heliozentrisches Weltbild, Hypothese der Gravitationskraft, Portionscharakter der Lichtwelle etc.) sind aus den bekannten Anfangsbedingungen der kognitiven Problemstellungen ganz prinzipiell weder errechenbar noch vorhersehbar. Denn sie sind *unableitbare* Resultate eines komplexen, informationellen Musterevolvierungsprozesses – ganz wie die biologische Evolution der Lebenswelt insgesamt stets von neuem völlig unvorhersehbare Qualitätssprünge hervorbrachte (wie Sinnesorgane, Wirbelsäulen, Nervenzellen, Gehirne, Landtiere, Säuger, Assoziationscortex etc.).

Auf einen Nenner gebracht: Die Leistungen des Neuralsystems Gehirn können *wegen seiner Komplexität* weder errechnet sein noch im Besonderen für eine mittlere Zeitspanne prognostiziert werden. Der in der Evolutionären Anthropologie und sogar der Hirnforschung dominierende Vergleich des Menschenhirns mit dem Computer erweist sich somit seriös betrachtet – selbst wenn man bloß einen Modellvergleich meint – als extrem *kontraproduktiv*, wesentlich in die Irre führend. (Lediglich Elementarverhalten wie Reflexe, Instinkthandlungen, Prägungen etc. ähneln exakten Rückkopplungsprozessen, schaltplangesteuert oder Rückkopplungsschleifen folgend.) Denn Gehirn und Computer operieren prinzipiell *in allem entgegengesetzt*: wechselwirkend unbestimmt versus mechanisch eindeutig, komplex versus kompliziert, von Unten versus von Oben, selbstregelnd versus gesteuert usw.

Diese Fakten ernst genommen, erliegt das Gros der Hirnforscher und der Evolutionären Anthropologen jahrzehntelang einem mechanistischen Modell, solange darauf beharrt wird, das Menschenhirn lediglich als komplizierteren Computer zu verkennen (Changeux 2004; Dehaene 2014; Deacon 2012; Dennett 2017; Hofstadter & Dennett 1981; Pinker 2010; Roth 2016; Gazzaniga 2018; Mainzer 2020). Wenn sich herausstellt, daß ausgerechnet der *uneindeutige Charakter* der Mustergewinnung im Gehirn (die unbestimmten Ausgangsbedingungen), ausgerechnet die prognosefeindliche *Auffächerung* in Mustervarianten (Bifurkationen) und ausgerechnet der *Chaoszustand* (Attraktorenbildung), in den die sich potenzierenden Bifurkationen geraten können, Grundvoraussetzung für die geradezu mysteriös sich steigernden Kognitions- und Kreativsprünge menschlicher Entwicklung sind: Spätestens dann wird überdeutlich werden – die Neuralprozesse

des Menschenhirns, sind erst anhand der unberechenbaren Eigenschaften komplexer Systeme zu verstehen.

C Systemische Folgen der unberücksichtigten Grundtatsache: Unspezifik und Intrakortikalität des Assoziationscortex

Die *nächste*, nahezu ebenso bedeutende *Grundtatsache*, die sowohl die Evolutionäre Anthropologie als auch die Hirnforschung notorisch vernachlässigt, ergibt sich mit dem *Assoziationscortex*. Bei Analyse der Homo-erectus-Evolution wird er so gut wie nie auch nur erwähnt (dagegen: Buckner & Krienen 2013; Herculano-Houzel 2016; zu letzterer: siehe „*Diskussion*“). Tatsächlich sind mit ihm drei äußerst folgenreiche Eigenschaften gegeben:

Erstens geht das enorme Größenwachstum des Großhirns bei Homo erectus fast ausschließlich auf die Zunahme des Assoziationscortex, darunter des Frontalcortex, zurück. Beim Menschen nimmt er bis zu 80 % des Großhirns ein, was bedeutet: Was sich qualitativ an der Kognition – Vorstellen, Voraussehen, Planen etc. – bei Homo erectus und dann vor allem beim Menschen ändert, muß essentiell mit der Prozeßweise des Assoziationscortex zu tun haben.

Zweitens besitzt der Assoziationscortex *unspezifischen* Charakter im glatten Gegensatz zum sensomotorischen Cortex. Heißt: Seine ca. 15 Milliarden Neuronen sind nicht wie die Neuronen des auditiven oder taktilen Cortex hoch spezialisiert, sondern sind alle mehr oder weniger *unspezialisiert, normiert*. Schon hier wird klar: Die höheren kognitiven Leistungen der Gattung Homo resultieren weder aus verbesserten noch neuen spezialisierten Hirnstrukturen, sondern aus der *Wechselwirkung* des bei Menschenaffen, bei Homo erectus und beim Menschen weitgehend gleich gebliebenen sensomotorischen Cortex mit dem sich immerzu vergrößernden Assoziationscortex.

Drittens erbringt der Assoziationscortex seine Leistungen keineswegs wie die Sinnesorgane und ihr dazugehöriger sensomotorische Cortex, indem ständig neue Sinnesinformationen aus der Umwelt hereinströmen und durch hochspezialisierte neurophysiologische Strukturen bedarfsgerecht verarbeitet werden. Vielmehr prozessiert der Assoziationscortex, ohne mit der Umwelt *direkt* in Kontakt zu treten, vorwiegend *intrakortikal* mit den schon vorgefertigten neuronalen Mustern des sensomotorischen Cortex, aber auch des limbischen Systems und des Thalamus bzw. Hirnstamms.

Im folgenden Abschnitt „*Resultate*“ wollen wir all die sich bisher ergebenden Fragen analytisch einer radikal neuen, *neurosystemisch* gestützten Lösung zuführen, die plausibel erscheint. – Was die bisherige Evolutionäre Anthropologie, die sich im Kleinklein verliert, nicht thematisiert hatte, waren die elementaren Faktoren,

die den hier entwickelten Problemen zugrunde liegen. Ohne sich über das Elementare klar zu sein, können die großen Fragen – was ist der Mensch? was bedeutet die Konstanz seines Gehirns? wie prozessiert es wesentlich? besteht ein qualitativer Sprung zwischen Mensch und Tier? usw. – niemals beantwortet werden.

Wir haben methodisch das Hirnwachstum bei Homo erectus den Zeiträumen bis zu neuen, erbrachten Kognitionsleistungen *gegenübergestellt*. Und wir haben methodisch die wichtigsten Eigenschaften der *Komplexität* von jedem Großhirn als unübergehbare Kriterien weiterer Analyse charakterisiert. Dies taten wir, um sie methodisch mit den ebenso bedeutenden *Elementareigenschaften* des Assoziationscortex zu verbinden. – Damit wurde das Feld bereitet, um durch weitere Analyse, weitere plausible Hypothesen zu liefern.

3 Resultate

Die Lösung des Paradoxons liegt in den Charakteristika der System-Komplexität des Assoziationscortex

Wir sollten von der Oberfläche zum Kern des Geschehens vordringen: ins Gehirn. Dort muß für die Außerordentlichkeit der vorhin methodisch aufbereiteten Fakten – abrupte Kognitionssprünge in sehr langen Zeitabständen trotz ständig wachsenden Großhirns – eine neurosystemische Erklärung gefunden werden. – Auf dem Wege dorthin sind endlich folgende Problemfelder der Evolutionären Anthropologie aufzugreifen, die bisher so gut wie unberücksichtigt blieben:

Erstens:

Auch das Homo-erectus-Hirn – wie danach das Homo-sapiens-Hirn – unterscheidet sich weder im architektonischen Strukturaufbau noch in der Spezifik seiner neurophysiologischen Substanz vom Schimpansenhirn, dem uns nächsten der Menschenaffen. – Woher rührt also das umstrittene Phänomen der unerhörten Kreativsprünge beim Menschen – dessen Gehirn noch dazu unverändert blieb? Jahrzehnte einer experimentell immer mehr verbesserten Hirnforschung haben keinerlei nennenswert originäre Hirnstrukturen beim Menschen ausfindig gemacht. Es scheint an der Zeit zu sein, einen radikal neuen Forschungsansatz zu Fragen der Kognitionsentwicklung zu wagen; Fragen, die dieses *zweite* Paradoxon schon bei Homo erectus aufwirft. Eine Wissenschaft, die stets nur alte Überzeugungen zu bestätigen versucht, verliert das eigentliche Ziel von Wissenschaft aus den Augen: Die *Ungereimtheiten* des alten Realitäts-Modells durch essentiell neue Erkenntnisse zu beseitigen. – Der neue Forschungsansatz sollte den Stier bei den Hörnern packen und sich dazu bekennen, was sich am Großhirn während der Hominisation nachweislich auffällig verändert hat: *Statt neuer, spezifischer Neurostrukturen* das pure Wachstum des Assoziationscortex und damit

eine exponentielle Zunahme der Zahl *unspezialisierter Neuronen*, die vor allem der rein prozessualen Weiterentwicklung der Sinnesinformationen dienen können.

Zweitens:

Was sich auffällig während der Homo-erectus-Evolution bezüglich Gehirns änderte, war die Verdoppelung des Hirnvolumens insgesamt; fast ausschließlich aber ging dieser Großhirnzuwachs auf das Wachstum des Assoziationscortex zurück – was Herculano-Rouzel aus dem Blick gerät. – Wenn tatsächlich das enorme Wachstum des Assoziationscortex für unser *erstes* Paradoxon verantwortlich sein sollte, dann legt dies nahe, sich mit den systemischen Konsequenzen näher zu beschäftigen, die die *charakteristischen Eigenschaften des Assoziationscortex* nach sich ziehen. Vor allem sind diese Eigenschaften im Rahmen der allgemeinen Prozeßweise eines hyperkomplexen Systems zu berücksichtigen, das der Assoziationscortex unzweifelhaft vorstellt.

Drittens:

Bis Homo erectus jeweils einen neuen Kognitionssprung vollzog (Faustkeil, natürliches dann künstliches Feuer, Speerfertigung) dauerte es zumindest Jahrtausende, während sein Gehirn sich nahezu kontinuierlich enorm vergrößerte (um die Hälfte, um ein Viertel u. ä.) Dies führte uns zu der Einsicht, daß seine Kognitionssprünge unmöglich *kumulativen* Lernleistungen wie beim Menschen zu verdanken sein konnten, sondern primär der *exponentiell gestiegenen Neuronenzahl*, die das Wachstum vor allem des Assoziationscortex mit sich brachte. – Aber wie? Denn dieser Sachverhalt wirft die gravierende Frage auf: Wie kann eine lediglich – wenn auch erheblich – vergrößerte Zahl *unspezialisierter Neuronen* für eine höhere Stufe der Kognition verantwortlich sein?

Viertens:

Ein Assoziationscortex entstand evolutionär, weil er die Teilmuster des immer differenzierteren, sensomotorischen Cortex wieder zu integrieren und zu synchronisieren vermochte. Alle Cortices zusammen bilden den bei der Evolution der Säugetiere immer größer werdenden Neocortex. Eine zufällig überproportionale Vergrößerung des Assoziationscortex – bei Homo erectus – erwies sich im Selektionsprozeß als kognitiver Vorteil (Buckner & Krienen 2013). Denn die gewissermaßen beliebig nutzbare Kapazität des Assoziationscortex ermöglichte, unter verschiedenartigen Wahrnehmungen derselben Sache die allgemeinste herauszufiltern und im Gedächtnis zu verankern. Spätestens an dieser Stelle muß klar sein, daß diese kognitive Leistung primär von den *Eigenschaften eines elementar komplexen Neuralsystems* abhängt. Die informationellen Teilmuster der sinnlichen Wahrnehmung werden noch durch die fixen Rahmenbedingungen der Sinnesrezeptoren und der spezialisierten Sinneszellen auf probabilistische Weise ziemlich stabil reproduzierbar: gleiche Sinnesreize, gleiches sinnliches Teilmuster (von Kante, Textur, Bewegung, Helligkeit etc.). – Während diese Teilmuster zu einer konsistenten Wahrnehmung integriert und synchronisiert wurden, vermag der

erweiterte Assoziationscortex aus den vielen, ähnlichen Varianten der Wahrnehmung die *optimalste Variante* zu selektieren, die sich im Gedächtnis verankert.

Wie gelingt diese *neurosystemische Selektion* – da es sich ja aufgrund der Uneindeutigkeit aller beteiligten und wechselwirkenden Faktoren um ein hochgradig komplexes System handelt? Der Assoziationscortex liefert aufgrund der Teilmuster sinnlicher Wahrnehmung fortlaufend ähnliche, neuronale Muster von Einzelwahrnehmungen. Hunderte, tausende oder mehr Neuronen, bilden ständig schwankende Neuralmuster, die sich untereinander in *Wechselwirkung* befinden, wobei hierarchisch das effizienteste Muster, das sich bei der sinnlichen Wahrnehmung am besten bewährt, synaptisch gefestigt wird. Die *rein prozessualen Varianten*, deren Zahl riesig ist – jedes Neuron oszilliert bis zu 500-mal in der Sekunde durch Aktionspotentiale – erlöschen oder werden nur sehr schwach synaptisch verankert und dadurch quasi selektiert (Meyer-Ortmanns 2023). – Das Prinzip der biologischen Evolution – weniger effiziente Varianten werden ausgesiebt – setzt sich offenkundig auch in der *Informationsevolution im Gehirn* fort. (Wir Menschen kennen dasselbe Prinzip als Schneckentempo von bewußtem Versuch und Irrtum.)

Fünftens:

Mit den frühen Säugetieren und dem Evolvieren des Neocortex beginnt das *Gewinnen höherer, flexiblerer Kognitionsleistungen* als bloßer Wahrnehmung und instinkthaftem Reagieren: Mit dem gewaltigen Vergrößern des Assoziationscortex bei Homo erectus über das Volumen zum Herstellen hochdifferenzierter, dennoch stabiler Wahrnehmung hinaus entstand ein überschüssiges kortikales Potential. Dieser Neuronenüberschuß konnte genutzt werden, um die zum Erinnern verankerten stabilen Umweltwahrnehmungen *verquickt* mit den kognitiven Leistungen des limbischen Systems und des Hirnstamms quasi auf Verhaltensmöglichkeiten hin auszuloten. Zwar haben wir es bereits beim Integrieren und Synchronisieren der Teilmuster sinnlicher Wahrnehmung mit einem komplexen System zu tun; doch werden die Teilmuster über die *ständige Rückkopplung mittels des Konnektoms* probabilistisch stabilisiert.

Anders beim Gewinnen höherer Kognitionsleistungen: Sie müssen durch die *unspezialisierten* Neuronen des Assoziationskortex *rein intrakortikal* erbracht werden, ohne daß (unmittelbar) eine stabilisierende Rückkopplung mit der Umweltwahrnehmung möglich ist. (Die Unspezialisiertheit der Assoziationscortex-Neuronen, gewährleistet gewissermaßen, daß *inhaltlich* an den Sinnesinformationen nichts mehr verändert werden kann.) – Damit haben wir es im weiteren *dominant* mit den oben gezeigten Eigenschaften des *komplexen* Systems unspezialisierter Neuronen zu tun; grundlegend mit der *iterativen Wechselwirkung* der zunächst relativ stabilen Neuralmuster des Gedächtnisses etc., die sehr schnell in einen *nichtlinearen Prozeß* geraten (Shew & Plenz 2013).

Gemäß einer konkreten Aufgabe, die sich durch die existentielle Lage stellt, *regeln* sich passende Wahrnehmungsmuster anhand der den Rahmen dazu liefernden Erinnerungen, *zunächst selbst*. Gleichzeitig *organisieren* sie sich *selbst* zur kognitionsheischenden Situation. Ein Beispiel: kokelndes Feuer, *zufällig* vorhandene leicht entzündliche Stoffe, Feuersteine, mit denen sich erfahrungsgemäß Funken schlagen lassen, windgeschützte Bedingungen usw. Je mehr die Zahl unspezifischer Neuronen zunimmt, desto eher kann aus der instabilen Wechselwirkung zwischen der Wahrnehmung von erlöschendem Feuer, von nur vorübergehendem Nutzen des Feuers und der Erfahrung des durch entzündliche Stoffe genährten Feuers *in einem chaotischen Prozeß ein wieder stabiler, neuer Attraktor der flüchtigen Vorstellung* eines ‚dauerhaften Feuers‘ gebildet werden (Priese-mann, Wibrál, Valderrama et al. 20014).

Damit wird bezüglich einer höheren Kognition – wie dem Entzünden künstlichen Feuers – eine Teil-Vorstellung geschaffen. Analoges gilt für alle anderen dazu notwendigen Parameter. Sind alle nötigen Teil-Vorstellungen wirklich geworden, erhöht sich bei Homo erectus die Wahrscheinlichkeit, daß mit noch mehr Neuronen, die Wechselwirkung aller Einzel-Attraktoren einer temporären Vorstellung durch viele selektierte Varianten von ineffektiven Attraktoren ein fixer Attraktor der Gesamtvorstellung ‚künstliches Entzünden von Feuer‘ hervorgeht (Cocchi, Gollo, Zalesky & Breakspear 2017). (Natürlich bedarf dieser intrakortikale Prozeß werdender Kognition der empirischen Rahmenbedingung fortwährenden Versuchs und Irrtums. – Außerdem stelle ich hier eine Hypothese vor, die sich empirisch aus den bekannten uneindeutigen Eigenschaften des Neuralsystems als einem komplexen modellhaft ergibt, auch wenn sie noch nicht im Detail überprüfbar ist.)

Ca. eine Million Jahre lang nutzt Homo erectus natürlich entstandenes Großfeuer, das zu kleinen Restfeuern herabbrannte. Offenkundig verfügte er noch nicht über ein dauerhaftes und komplexes Vorstellungsvermögen, das die Ungeheuerlichkeit des künstlichen Entzündens von Feuer – weit über das Nähren und Bewahren von vorhandenem Feuer hinaus – denkbar machte. Schließlich genügte die Zahl der bislang erworbenen unspezifischen Neuronen noch nicht, über die stabilen Attraktoren einzelner Komponenten zum potentiellen Entzünden eines Feuers hinaus – es gibt besonders leicht entzündliches Material – die Funken des Feuersteins ähneln dem Glühen des feinen Brennmaterials – glimmende Späne können durch Anblasen zu Lodern gebracht werden etc. –, alle Komponenten in einem komplexen wechselwirkenden System prozessieren zu lassen. Da es keinen logisch ableitbaren Weg von zwei oder mehr Komponenten zu einem eindeutigen Resultat ‚künstliches Feuer‘ gibt, müssen erst genügend Neuronen beim blinden Wachstum des Assoziationscortex entstanden sein, die den *nichtlinearen Wechselwirkungsprozeß* von mehreren neuralen Musterattraktoren spezifischer Faktoren leisten können (Hinterberger & Kolleg*innen 2016).

Denn für jedes komplexe System gilt: Je mehr unterschiedliche Faktoren respektive Parameter am wechselwirkenden System beteiligt sind, desto mehr Bifurkationen, mögliche Geschehensvarianten treten auf, desto mehr Kapazität muß das System besitzen, um diese flutartig zunehmenden Varianten quasi auszuprobieren. Wenn aber keine tragfähige Lösung durch die Bildung eines stabilen, dauerhaften Attraktors entsteht – tritt *Chaos* ein. Die *großen Rahmenbedingungen* verhindern, daß Chaos bestehen bleibt. Ausgerechnet das Chaos bringt das *objektiv kreative Momentum*: Nur der *Chaoszustand im Neuralsystem* vermag alle zuvor geltenden Erfahrungen (sprich gespeicherte Musterattraktoren) zu pulverisieren, um eine *nicht vorhersehbare, rechnerisch nicht ableitbare Lösung* zu generieren (Halde-
man & Beggs 2005): Kontrolliertes Entzünden – von leicht entzündlichem Stoff – an windgeschütztem Ort – durch gezieltes Funkenschlagen mit einem Feuerstein. (Natürlich wird das Entstehen dieser Vorstellung mittels eines hinreichend großen Assoziationscortex durch millionenfaches Praktizieren von Teilschritten dieses komplexen Prozesses gefördert.)

Der extrem sich vergrößernde Assoziationscortex bei Homo erectus liefert mit seinen *unspezialisierten* Neuronen und dominant *intrakortikalen* Wechselwirkungsprozessen neuronaler Mustervarianten ein klassisches, elementar komplexes System. In ihm gilt: Je mehr Parameter wechselwirken, desto größer muß die Prozeßkapazität sein, um sie zu bewältigen. Und da die möglichen Wechselwirkungen und die Nichtlinearität des Gesamtsystems exponentiell mit der zunehmenden Zahl der kognitiven Parameter anschwellen, erklärt diese Eigenschaft komplexer Systeme auch, warum das Großhirnwachstum bei Homo erectus Jahrhunderttausende lang anhalten mußte – ehe wieder ein höherer Kognitionssprung gelang: Je mehr einfache Kognitionsleistungen aufgrund eines sich graduell vergrößernden Assoziationscortex möglich und praktiziert wurden, desto mehr Parameter mußten wechselwirkend berücksichtigt werden, um höhere Kognitionssprünge zu erbringen. Das erforderte wiederum eine exponentielle Menge an prozessualer Evolvierungsleistung, die ein exponentielles Mehr an unspezifischen Neuronen voraussetzte. Das *prozessuale* Bewältigen linear zunehmender Kognitionsparameter erfordert *exponentielles* Neuronenwachstum, was nicht ad hoc gegeben war. Daher das andauernde Hirnwachstum, ehe ziemlich abrupt wieder ein größerer Kognitionssprung auftrat.

Sechstens:

Bis zum Beginn des Middle Stone Age, als die Abschlüge beim Fertigen des 1,5 Mill. Jahre tradierten Faustkeils zu Schabern und Kratzern verfeinert wurden, war das Hirnvolumen von Homo erectus auf rund 1 300 ccm angewachsen. Hätte dies extreme Hirnwachstum weiter erfolgen sollen, um alle folgenden Kognitionssprünge auf diesem Weg zu erbringen – wie Stichel, Messer, Grabbeigaben, Harpunen usw. bis heute –, dann wäre eine physisch und energetisch untragbare Höchstgrenze schnell erreicht gewesen. Aber auch das Anschwellen der hochstabilen Musterattraktoren im auf 80 % des Großhirns vergrößerten Assoziations-

cortex konnte nicht uferlos weitergehen. Vielmehr liegt nahe, daß ein systemischer Kipppunkt im bis dahin dominant sich selbst regelnden Basissystem eintrat. Nicht zuletzt der Stopp des Großhirnwachstums beim vor 200 000 Jahren auftretenden archaischen Homo sapiens, deutet darauf hin. – Gleichzeitig tritt allerdings das *zweite* Kognitionsparadoxon hervor: Ausgerechnet mit dem Ende des Hirnwachstums beim archaischen Homo sapiens (Rightmire 2004), der Homo erectus ablöste, setzte mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Middle Stone Age eine sich von damals bis heute unentwegt steigernde, ja sogar beschleunigende Kognitionsentwicklung mit periodischen Kreativsprüngen ein.

Aus den obigen Tabellen ist zudem folgende Tatsache leicht ersichtlich: Gegen Ende des Hirnwachstums bei Homo erectus verlangsamte sich der Hirnzuwachs – während umgekehrt Kognitionssprünge in kürzerer Periode erfolgten. Schon dies Phänomen nährt die Hypothese, daß sich ein neuronaler Systemsprung anbahnte, denn einige Jahrtausende später begann eine beschleunigte, andauernde Kognitionsentwicklung – obwohl das Großhirn substantiell gleichblieb.

Folgenreiche Schlüsse aus diesen Einzelfakten

Schwerwiegende Tatsache ist: Über den sensomotorischen Cortex, das limbische System und den Hirnstamm von Menschenaffen und Homo erectus hinaus wurden *keine originär spezifischen Großhirnstrukturen* gebildet, um etwa höhere Kognitionssprünge zu meistern. Warum aber keine originären neurophysiologischen Strukturen für originäre, kognitive Aufgaben zunehmender Vorstellungskraft? Keineswegs deswegen nicht, weil die Vielzahl der möglichen, spezifischen Kognitionsformen, die zu erwarten wären, das Wachstum eines solchen Gehirns schnell überfordern würden – auch wenn dem so gewesen wäre.

Vielmehr ist dies schon aus einem *prinzipiellen* Grund unmöglich: Unsere Sinnesorgane sind, wie wir wissen, keineswegs perfekt, können uns nur ein bestimmtes Spektrum der äußeren Wirklichkeit übermitteln. Aber sie sind anhand allgemeinsten physikalischer und chemischer Eigenschaften der Außenwelt genetisch angepaßt worden. Und wie sehr sich die Inhalte dieser Wirklichkeit kreativ sogar ändern mögen – etwa neue Tier- und Pflanzenarten, aber auch revolutionäre Naturphänomene –, sie bleiben durch beliebige Variation und Kombination unsere Sinne eingeschränkt wahrnehmbar – wenn auch vielleicht rätselhaft. (Sieht ein der Zivilisation ferngebliebener Stamm von Eingeborenen erstmals eine Kamera, so nimmt er deswegen diese genauso wahr, wie der Ethnologe, der sie längst kennt und versteht.)

Radikal anders verhält es sich mit den höheren Lösungen kognitiver Probleme – wie das Einzäunen einer Weide; oder gar kreativen Sprüngen – wie Schrift oder Mathematik –, für die es in der zuvor erfahrenen Wirklichkeit so gut wie keine

Vorformen gibt und geben kann – schlicht, weil sie wesentlich originäre und künstliche Produkte der Vorstellung sind, die auf chaotischen Denkprozessen fußen. Warum? Höhere Kognition hat keine schnell erlernbare Ursache-Wirkungskette zur Aufgabe – wie: Speer tötet Antilope –, die ständig konkret erfahrbar wäre. Höhere Kognition hat *sinnlich nicht vorwegzunehmende fiktionale Realitäten* zur Aufgabe. Die unsinnlichen Beziehungen, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen dieser Aufgabe sind – auch mittels der Vorstellung – als noch nicht reale Möglichkeiten oder Wahrscheinlichkeiten durchzuspielen; im schwierigsten Fall auch unüberwindlich scheinende Widersprüche mittels des bifurkationalen Evolvierens komplexer Muster durch Chaosphasen hindurch, was eine unrealistisch scheinende, kreative Lösung möglich macht. – Die *Unspezifik* und *Intrakortikalität* des riesenhaften Assoziationscortex allein sind die Garanten für das Gelingen solcher *substantiell rein prozessualen* Kognitionssprünge.

Die biologische Evolution sämtlicher Tierarten könnte unendlich lange Zeit Gene zufällig mutieren lassen – nie würde eine *jeweils spezifische, neurophysiologische Struktur* für Schrift, Mathematik, Metallurgie, Spindel, Webstuhl usw. usf. entstehen können. Eben, weil kognitiven Innovationen eine originäre, kreative *Evolvierung* bloßer Information auf *rein prozessualen* Wege vorhergeht. (*Im dritten Teil dieser Serie, werden wir sehen: Mittels eines gänzlich abstrakten und symbolischen Vorstellungsraums der Autonomie, der unberechenbare Chaosphasen nutzen kann*). – Kurz: Für Welten, die weder neuro-systemisch noch konkret aus Vorhandenem ableitbar oder berechenbar sind, kann es *prinzipiell keine biologisch evolvierten, spezifischen Neuralstrukturen* geben. Die jahrzehntelange Suche nach *spezifischen, neurophysiologischen Hirnstrukturen* für menschliche Intelligenzleistungen wie nach *spezifischen Genen* oder Genvarianten, die *sozusagen paßgenau* für die Kreativität des Menschen verantwortlich seien, scheint methodisch kaum mehr zielführend zu sein.

Jetzt bekommt die überproportionale Vergrößerung des Assoziationscortex einen evolutionären Sinn: Denn der biologische Trial-and-Error-Prozeß der Gattung Homo demonstrierte, daß sich die abstrakten, kognitiven Lösungen, die die massenhaften Wechselwirkungsprozesse des unspezifisch und intrakortikal operierenden Assoziationscortex anboten, konkret und real bewährten – nicht immer, aber oft genug.

Wenn aber analog mit dem extrem wachsenden Assoziationscortex dauerhaft stabile Musterrattractoren der Vorstellung massenhaft zunehmen, kann dann das bis dahin dominant sich selbst regelnde und selbst organisierende Neuralsystem wie bisher unbeeinträchtigt weiterprozessieren? Und da gesteigerte Kognitionsleistungen von Homo erectus nach langen kognitiven Pausen zuletzt häufiger auftraten, müßte dann nicht das Wachstum des Assoziationscortex fort dauern? Das Gegenteil trat bekanntlich ein: Trotz der bis dahin erbrachten kognitiven Vorteile, endete die Vergrößerung des Assoziationscortex vor ca. 200 000 Jahren.

Ein äußerst starkes Indiz dafür, daß vor dem Ende des Großhirnwachstums im Assoziationscortex *prozessual* ein *systemischer Umschlag* erfolgte. Und dieser Verdacht wird bekräftigt durch das kommende, *entgegengesetzte* Kognitionsphänomen: Mit dem übergangsweisen archaischen Homo sapiens kündigt sich eine *unaufhörlich* beschleunigende kognitive *Kreativentwicklung* an, trotz – nein: *wegen* einem bei Homo sapiens *substantiell* konstanten Großhirn. Dies *zweite* Paradoxon läßt sich kaum anders als durch einen zuvor erfolgten, *prozessualen Systemumschlag* erklären.

4 Diskussion

Als Paradefall eines Paradoxons blieb die langsame Kognitionsentwicklung von Homo erectus trotz gewaltigen Hirnwachstums in der Fachwissenschaft keineswegs unbemerkt. Allerdings sind die verschiedenen Lösungsansätze äußerst disparat und wirken allesamt nicht gerade überzeugend, vielmehr wie Einfälle aus Verlegenheit:

– *Ein* Erklärungsversuch verweist auf die Tatsache kleiner, verstreuter Populationen, die eine hinreichende Werkzeugfunktion durch stark bindende Tradition stabilisieren würden (Powell, Shennan & Thomas 2009). Diese Erklärung vergißt, daß sich Gleiches für die frühen Populationen von Jägern und Sammlerinnen des Homo sapiens bis zur neolithischen Revolution sagen läßt; doch diese schufen auf weit auseinanderliegenden Kontinenten innerhalb von Jahrtausenden eine Innovation nach der andern – ohne daß ihr Gehirn dazu wachsen mußte.

– Die *nächste* Erklärung kommt ausgesprochen kühn daher: Sie behauptet einfach, Jahrhundertausende lange Stasis bedeute keinen kognitiven Stillstand, weil ja die Achéuleen-Technik Kennerschaft und sukzessive Planung unter starker Beteiligung des präfrontalen Cortex erfordere (Stout, Toth, Schick & Chaminade 2008). Kaum jemand bestreitet dagegen die hohe Achéuleen-Fertigkeit; dafür ignoriert diese Richtung: Zweifellos erforderte eine sich kulturell entwickelnde Kultur des Middle Stone Age eine zunehmend *noch höhere* Spezialisierung und *noch weitreichendere* Planung – dies aber ohne jedes Hirnwachstum in weit kürzerer Zeit.

– Eine *dritte* Erklärung trägt eher phantastische Züge, ohne sie überzeugend belegen zu können: Handäxte würden als soziale oder gar sexuelle Signale fungieren, die den konservierenden Charakter von Attraktoren trügen; oder Handäxte wären das Ergebnis neutraler Prozesse um funktionale Plateaus herum, weswegen ihre Produktion einer Stasis unterliegen würde (Corbey, Jagich, Vaesen, & Collard 2016). – Warum die Faustkeilproduktion in der Kulturentwicklung schon des frühen Homo sapiens – bei der innovativen Produktion von Sägen, Harpunenspitzen,

Stieläxten etc. – diesem Attraktorplateau nicht unterworfen waren, trotz Stasis des Gehirns, beziehen diese Autoren nicht ein, um beides gegeneinander abzuwägen.

– Ein *vierter* Erklärungsversuch für die Stasis der Faustkeilproduktion bei Homo erectus beschreibt das Phänomen zwar richtig, besteht aber in einer Black Box: Ein spätes Tuning des Arbeitsgedächtnisses würde den sehr langsamen Übergang zu der schnelleren Kognitionsentwicklung durch Homo sapiens bewirken (Wynn & Coolidge 2005). – *Erstens* übersieht dieser Vorschlag, daß Innovationen bei Homo erectus durchaus erfolgten, aber in überlangen Zeitabständen – die damit ein jedesmal langsames Tuning des Arbeitsgedächtnisses als Erklärung von abrupten Sprüngen der Kognition ausschließen. *Zweitens*: Was ein Tuning des Arbeitsgedächtnisses kognitiv überhaupt leisten kann und wie ausgerechnet ein Ende dieses Tunings bei Homo sapiens sogar eine sich beschleunigende Kognitionsentwicklung ermöglicht, problematisieren auch sie nicht.

Daß die einfachste und naheliegendste Erklärung oft die richtige ist, gilt auch in der Hominisationstheorie: Auch wenn das Großhirn von Homo erectus schnell wuchs, während Kognitionssprünge auf sich warten ließen – es hatte schlicht den *einzigartigen Systemcharakter des Menschenhirns* noch nicht erreicht (der Gegenstand des *dritten* Teils dieser Serie ist). – Diese anhand der referierten Einzel-fakten sich aufdrängende Hypothese würde das Paradoxon der Homo-erectus-Evolvierung erklären.

*

Mit dem numerischen Skalieren der Primatenhirne genießt Herculano-Rouzel in der Fachwelt höchste Reputation, weil das die herrschende Überzeugung, das Menschenhirn sei in nichts besonders, scheinbar untermauert. In ihrer zentralen Arbeit bilanziert sie:

„Diese Studien zeigten auch, dass das menschliche Gehirn in seiner zellulären Zusammensetzung keine Ausnahme darstellt, da es genauso viele neuronale und nicht-neuronale Zellen enthält, wie man es von einem Primatengehirn dieser Größe erwarten würde. Darüber hinaus enthält die sogenannte überentwickelte menschliche Großhirnrinde nur 19 % aller Gehirnneuronen, ein Anteil, der dem anderer Säugetiere ähnelt. Was die absolute Anzahl der Neuronen betrifft, hat das menschliche Gehirn jedoch zwei Vorteile gegenüber anderen Säugetiergehirnen: Im Vergleich zu Nagetieren und wahrscheinlich auch zu Walen und Elefanten ist es nach den sehr ökonomischen, platzsparenden Skalierungsregeln aufgebaut, die auch für andere Primaten gelten; und unter den ökonomisch aufgebauten Primatengehirnen ist es das größte und enthält daher die meisten Neuronen.“ (Herculano-Houzel 2009, S. 1)

Ein tatsachenbasiertes Hinterfragen ihrer Aussagen muß allerdings zu dem *gegenteiligen* Ergebnis kommen, daß das menschliche Gehirn gerade „in seiner zellulären Zusammensetzung“ sehr wohl eine Ausnahme darstellt: Die von Herculano-

Houzel ausgewählten Daten zur neuronalen *Zusammensetzung* des menschlichen Gehirns sind präzise – doch in ihrer Analyse fehlen *unerklärlicher Weise drei* entscheidende Faktoren:

Erstens der enorme Enzephalisationseffekt, der das menschliche Gehirn im Tierreich *singulär* macht (gegenüber Säugetieren vergleichbarer Größe das 2,5-fache beim Menschenaffen, das 5-7-fache beim Menschen); ihre Verallgemeinerung „wie man es von einem Primatengehirn dieser Größe erwarten würde“ verbirgt dies.

Zweitens die Tatsache, daß nicht das Großhirn insgesamt (sensomotorischer Cortex plus Assoziationscortex insgesamt), sondern der Assoziationscortex den entscheidenden Entwicklungsschub erfahren hat: die *Kortikalisation* (von 50 % beim Menschenaffen auf 80 % beim Menschen; bei 6 Milliarden Cortexneuronen des Schimpansen gegenüber ca. 15 Milliarden beim Menschen). – *Entsprechend höher* ist demnach der Neuronenanteil des Assoziationscortex beim Menschen; mit der Pauschalangabe „Großhirnrinde“ – und der diminutiven Zahl „nur 19 %“ – wird das ausgeblendet, worauf es ankommt: Der *unspezifische*, grundlegend *intrakortikal* prozessierende Assoziationscortex macht fast die gesamte, außerordentliche Großhirnzunahme bei Homo erectus und damit beim Menschen aus.

Drittens, daß gerade dessen *unspezifische* Neuronen eine prozessuale, qualitativ *offene*, weil *intrakortikale* Arbeitsweise ermöglichen. Die Datenlage bei Herculano-Houzel ist präzise, verschweigt allerdings den *exquisiten Prozeßcharakter* des Assoziationscortex – der, von ihr ungewürdigt, überproportional zunimmt.

Ihre summarische Aussage zum Menschenhirn: „... unter den ökonomisch aufgebauten Primatengehirnen ist es das größte und enthält daher die meisten Neuronen“ ist zwar richtig, blendet allerdings die *drei* wichtigsten Besonderheiten aus – überproportionale Neuronenzahl insgesamt, überproportionale Neuronenzahl des Assoziationscortex und schließlich dessen *exquisite* Prozeßweise.

Zusammengenommen bedeutet dieses Ausblenden, daß nicht Nebensächlichkeiten verfehlt werden, sondern die *differentia specifica* des Menschenhirns. Was entsteht, ist keine bewusste Fälschung, wohl aber ein Ausblenden wesentlicher Kriterien der Analyse. Dies legt eine falsche Fährte – und verhindert dadurch, das Wesen des Menschenhirns dort zu suchen, wo es tatsächlich zu finden ist: in der *gigantisch gesteigerten Neuronenzahl* vor allem des *unspezifischen Assoziationscortex*.

(Der zweite Teil dieser Serie zur Hominisation wird anhand des zweiten, mehrmals erwähnten Paradoxons – Hirnkonstanz versus Kreativentwicklung – den Hinweis auf einen Umschlag im Neuralssystem von Homo sapiens zusätzlich bestätigen.)

The author declares that there are no commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Literaturliste

- Bellomo, R. V. (1994): *A methodological approach for identifying archaeological evidence of fire resulting from human activities*. Journal of Archaeological Science 21(5): 523–553.
- Beyene, Y. et al. (2013): *The characteristics and chronology of the earliest Acheulean at Konso, Ethiopia*. PNAS 110(5): 1584–1591. doi:10.1073/pnas.1221285110
- Buckner, R. L., & Krienen, F. M. (2013). The evolution of distributed association networks in the human brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(12), 648–665.
- Bruner, E., & Lombard, M. (2020). The skull from Florisbad: A paleoneurological report. *Journal of Anthropological Sciences*, 98, Article 98014. <https://doi.org/10.4436/JASS.98014>
- Changeux, J.-P. (2004). *The physiology of truth: Neuroscience and human knowledge*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Chialvo, D. R. (2010). "Emergente komplexe neuronale Dynamik". Naturphysik. 6 (10): 744– 750. doi : 10.1038/nphys1803
- Cocchi L., Gollo L.L., Zalesky A. & Breakspear M. „Criticality in the brain: a synthesis of neurobiology, models and cognition.“ *Progress in Neurobiology* 2017;158:132–152. DOI 10.1016/j.neurobio.2017.07.002
- Coolidge, F. L., & Wynn, T. (2005). *Working memory, its executive functions, and the emergence of modern thinking*. Cambridge Archaeological Journal, 15, 5–26. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959774305000016>
- Corbey, R., Jagich, A., Vaesen, K., & Collard, M. (2016). *The Acheulean handaxe: more like a bird's song than a Beatles' tune?* Evolutionary Anthropology, 25, 6–19.
- Dawkins, R. (1982). *The Extended Phenotype*. Oxford: Oxford University Press.
- Deacon, T. W. (1997). *The Symbolic Species: The Co-evolution of Language and the Brain*. New York: W. W. Norton.
- Deacon, T. W. (2012). *Incomplete nature: How mind emerged from matter*. New York, NY: W. W. Norton.
- Dehaene, S. (2014). *Consciousness and the brain: Deciphering how the brain codes our thoughts*. New York, NY: Viking.
- Dennett, D. C. (2017). *From bacteria to Bach and back: The evolution of minds*. New York, NY: W. W. Norton.
- DeSilva, J., Fannin, L., Cheney, I, Claxton, A., Ilieș, I., Kittelberger, J., Stibel, J., Traniello, J. (2023 June 22). Human brains have shrunk: the questions are *when* and *why*. Front. Ecol. Evol., Sec. Evolutionary Ecology of Social Behavior. Volume 11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1191274>
- Edelman, G. M. (1987). *Neuraldarwinismus: Die Theorie der neuronalen Gruppenauswahl*. Basic Books.
- Gazzaniga, M. S. (2018). *The consciousness instinct: Unraveling the mystery of how the brain makes the mind*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.

- Gilbert, S. F., & Epel, D. (2015). *Ecological Developmental Biology: The Environmental Regulation of Development, Health, and Evolution* (2nd ed.). Sunderland, MA: Sinauer.
- Goren-Inbar, N. et al. (2004): *Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel*. *Science* 304(5671): 725–727.
- Gould, S. J. (1980). *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History*. New York: W. W. Norton.
- Gowlett, J. A. J., Harris, J. W. K., Walton, D., Wood, B. A. (1981): *Early archaeological sites, hominid remains and traces of fire from Chesowanja, Kenya*. *Nature* 294: 125–129.
- Grün, R., Brink, J. S., Spooner, N. A., Taylor, L., Stringer, C. B., Franciscus, R. G., & Murray, A. S. (1996). Direct dating of Florisbad hominid. *Nature*, 382(6591), 500–501. <https://doi.org/10.1038/382500a0>
- Haldeman C. & Beggs J.M., „Critical Branching Captures Activity in Living Neural Networks and Maximizes the Number of Metastable States.“ *Physical Review Letters* 2005;94(5):058101. DOI 10.1103/PhysRevLett.94.058101
- Herculano-Houzel, S. (2016). The Human Advantage: How Our Brains Became Remarkable
- Herculano-Houzel, S. (2009). The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 31. DOI: 10.3389/neuro.09.031.2009
- Hesse, J., Gross, T. (2014-09-23). "Selbstorganisierte Kritikalität als grundlegende Eigenschaft neuronaler Systeme". *Grenzen in System Neurowissenschaft*. 8: 166. doi : 10.3389/fnsys.2014.00166
- Hinterberger, T. & Kolleg*innen (2016): *Catching the Waves – Slow Cortical Potentials as Moderator of Voluntary Action*. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 68:639–652. DOI 10.1016/j.neubiorev.2016.06.023
- Hofstadter, D. R., & Dennett, D. C. (Eds.). (1981). *The mind's I: Fantasies and reflections on self and soul*. New York, NY: Basic Books.
- Hrdy, S. B. (2009). *Mothers and Others: The Evolutionary Origins of Mutual Understanding*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kadmon, J. Effiziente Kodierung mit chaotischen neuronalen Netzen: Eine Reise von der Neurowissenschaft zur Physik und zurück. *Hu Arenas* 88, 869–880 (2025). <https://doi.org/10.1007/s42087-025-00507-9>
- Kohn, M., & Mithen, S. (1999). *Handaxes: products of sexual selection?* *Antiquity*, 73, 518–526.
- Laland, K. N., Uller, T., Feldman, M., Sterelny, K., Müller, G. B., Moczek, A., ... Jablonka, E. (2015). The extended evolutionary synthesis: Its structure, assumptions and predictions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1813), 20151019. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1019>
- Lepre, C. J. et al. (2011): *An earlier origin for the Acheulian*. *Nature* 477: 82–85. doi:10.1038/nature10372
- Lea-Carnall, C. A., Tanner, L. I., Montemurro, Marcelo A. (2023). Noise-modulated multistable synapses in a Wilson-Cowan-based model of plasticity.

- Front. Comput. Neurosci., 02. Februar 2023 Band 17 – 2023.
<https://doi.org/10.3389/fncom.2023.1017075>
- Lepre, C. J. et al. (2011): *An earlier origin for the Acheulian*. *Nature* 477: 82–85.
doi:10.1038/nature10372
- Lumsden, C. J., Wilson, E. O. (November 1981). *Genes, Mind, And Ideology*.
<https://doi.org/10.1002/j.2326-1951.1981.tb02009.x>
- McCarthy, R. C., Lucas, Lynn (2014) A morphometric re-assessment of BOU-VP-16/1 from Herto, Ethiopia.
<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.05.011>
- Mainzer, K. (2020). *Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?* München: C. H. Beck.
- Meaney, M. J. (2010). Epigenetics and the biological definition of gene × environment interactions. *Child Development*, 81(1), 41–79.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01381.x>
- Meyer-Ortmanns, H. (2023) Heteroclinic networks for brain dynamics. *Front. Netw. Physiol.*, 08 November 2023. Sec. Networks in the Brain System. Volume 3 - 2023 <https://doi.org/10.3389/fnetp.2023.1276401>
- Müller, G. B. (2007). Evo–devo: Extending the evolutionary synthesis. *Nature Reviews Genetics*, 8(12), 943–949. <https://doi.org/10.1038/nrg2219>
- McNabb, J., & Cole, J. (2015). The mirror cracked: Symmetry and refinement in the Acheulean handaxe. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 3, 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.06.004>
- Pääbo, S. (2014). *Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes*. New York: Basic Books.
- Pinker, S. (2010). *The stuff of thought: Language as a window into human nature*. New York, NY: Penguin.
- Powell, A., Shennan, S., & Thomas, M. G. (2009). *Late Pleistocene demography and the appearance of modern human behavior*. *Science*, 324, 1298–1301.
- Priesemann V., Wibral M., Valderrama M., et al. „Spike avalanches in vivo suggest a driven, slightly subcritical brain state.“ *Frontiers in Systems Neuroscience* 2014;8:208. DOI 10.3389/fnsys.2014.00108
- Richerson, P. J. & Boyd, R. (2005). *Not by Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Richter, D., Grün, R., Joannes-Boyau, R. et al. (2017). The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age. *Nature* 546, 293–296. <https://doi.org/10.1038/nature22335>
- Rightmire, G. P. (2004). Brain size and encephalization in early to Mid-Pleistocene Homo. *American Journal of Physical Anthropology*, 124(2), 109–123. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10346>
- Roth, G. (2016). *Wie das Gehirn die Seele macht*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Sahle, Y., Morgan, L. E., Braun, D. R., Atnafu, B., & Hutchings, W. K. (2013). *Early stone-tipped projectiles from the Ethiopian Rift Valley*. *PNAS*, 110(5), 1584–1589.

- Shew W.L. & Pleniz D. (2013). „The functional benefits of criticality in the cortex.“ *The Neuroscientist*;19(1):88–100. DOI 10.1177/1073858412445487
- Sporns, Olaf (2011). The human connectome: a complex network.
DOI: 10.1111/j.1749-6632.2010.05888.x
- Stout, D., Toth, N., Schick, K., & Chaminade, T. (2008). *Neural correlates of Early Stone Age toolmaking*. Phil. Trans. R. Soc. B, 363, 1939–1949.
- Stringer, C. (2012). *Lone Survivors: How We Came to Be the Only Humans on Earth*. New York: Times Books.
- Suddendorf, T. (2013). *The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals*. New York: Basic Books.
- Tattersall, I. (2002): *The Monkey in the Mirror*, Oxford University Press, S. 74
- Tomasello, M. (2014). *A Natural History of Human Thinking*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- de la Torre, I. (2016). *The origins of the Acheulean: past and present perspectives on a great transition*. Phil. Trans. R. Soc. B, 371, 20150245.
- Trivers, R. L. (2002). *Natural Selection and Social Theory: Selected Papers of Robert Trivers*. Oxford: Oxford University Press.
- de Waal, F. (1996). *Good Natured: The Origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wilkins, J., Schoville, B.J., Brown, K.S., & Chazan, M. (2012). *Evidence for early hafted hunting technology*. Science, 338(6109), 942–946.
- Wynn, T. (2017). *The palaeolithic record and the origins of human imagination*. In T. Wynn & F. Coolidge (Eds.), *Cognitive Models in Palaeolithic Archaeology* (pp. 13–30). Oxford University Press.

Letzte Bearbeitung: München 20. September 2025