

Kapitel 13

Die Evolution des Menschen

Woher wir kommen und wie unsere eigene Evolutionsgeschichte abgelaufen sein möge, gehört sicher zu den faszinierenden Fragen. Die Biologie kann diese Frage beantworten helfen. Sie beinhaltet auch einen Kern eines der ältesten Dispute überhaupt - nämlich demjenigen zwischen Naturwissenschaft und Religion. Die Erkenntnis, dass seine Evolutionslehre auch über die Herkunft des Menschen Aufklärung geben wird, hat auch CHARLES DARWIN persönlich sehr beschäftigt¹. Hier wird auf die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Menschwerdung Bezug genommen.

13.1 Die Verwandtschaft des Menschen

Schon ein oberflächlicher Blick zeigt, dass der Mensch in die Verwandtschaftsgruppe der Affen (Primaten), speziell der grossen Affen (Schimpanse, Gorilla, Orangs) gehören muss - zu offensichtlich sind die Übereinstimmungen in Morphologie, Physiologie oder Verhalten (Fig.13.1).

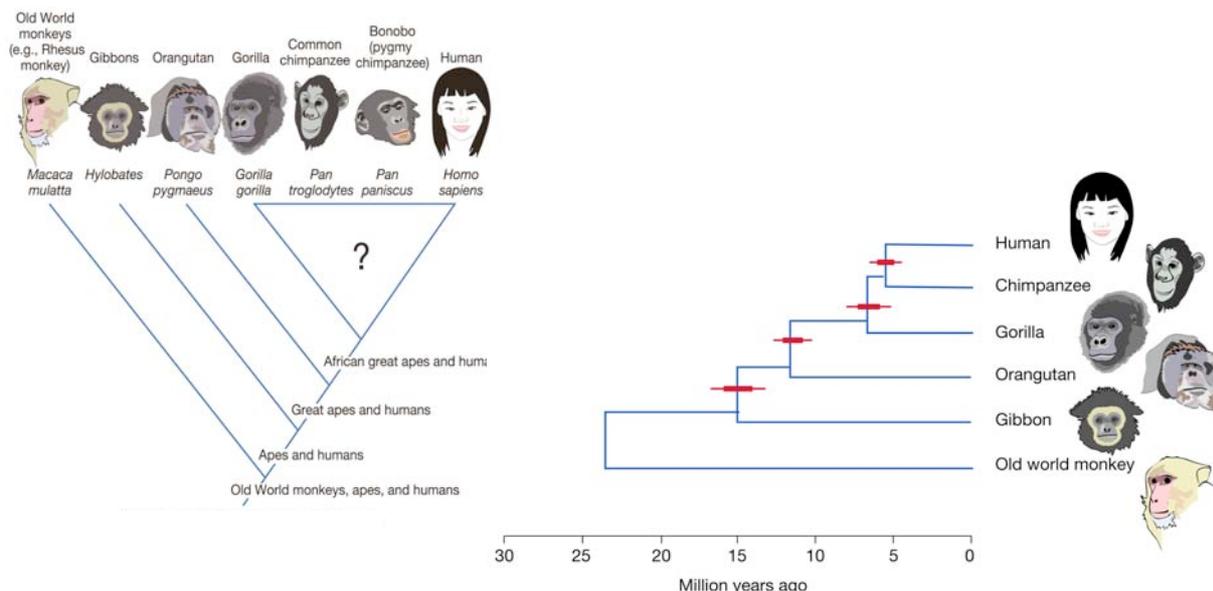


Fig 13.1 Links: Der allgemein akzeptierte Stammbaum der Primaten zeigt, dass der Mensch mit den grossen Afrikanischen Affen einen gemeinsamen Vorfahren hat. Die detailliertere Verwandtschaft dieser Gruppe wird laufend aktualisiert und verbessert. **Rechts:** Divergenzzeiten für die einzelnen Stammeslinien, anhand der molekularen Uhr.

Für die Gruppierung werden Synapomorphien von Mensch und Grossen Affen verwendet, wie z.B. verlängerter Schädel, Überaugenwülste, Form der Eckzähne, Struktur der Prämaxillaren, Handknochen, Milchdrüsen, etc. Auch die molekularen Daten stimmen mit diesen Klassifikationen überein.

¹ Charles Darwin (1874): *The Descent of Man*. Crowell, New York

Die Evidenz für die Phylogenese der Grossen Affen und des Menschen (die Dreieckzone in Fig.13.1) ist etwas umstrittener, vor allem weil die Daten z.T. widersprüchlich sind. Ein Konsens ist der Stammbaum nach Fig.13.2. Dabei ist der Mensch eine Schwestergruppe von Schimpanse und Bonobo, welche zusammen einen gemeinsamen Vorfahren haben, der sich von den anderen grossen Affen getrennt hat. Die systematische Gliederung der Gruppe wird deshalb heute so gesehen:

Ordnung **Primaten**

Superfamilie: **Hominoidea**

Familien:

Hylobatidae (*Hylobates* (Gibbons))

Hominidae

Unterfamilien:

Ponginae (*Pongo*) (Orang Utan)

Homininae (*Gorilla, Pan, Homo*)

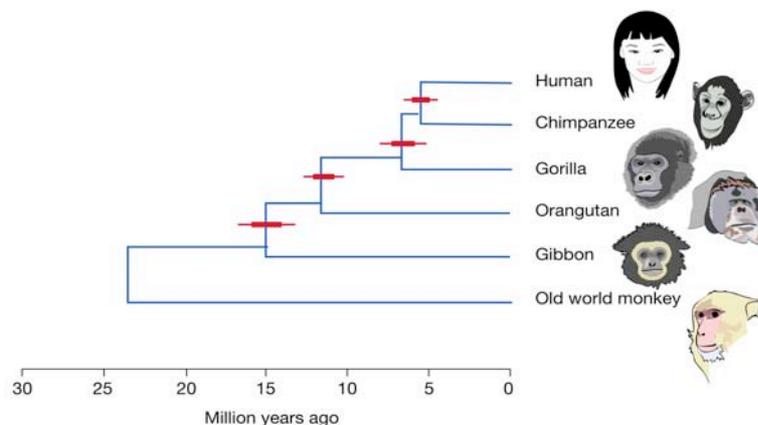


Fig 13.2 Stammbaum des Menschen und der Grossen Affen, basierend auf DNA-Sequenzen. Mensch und Schimpansen haben sich vor ca. 4.6 - 5 Mio J getrennt; beide zusammen spalteten sich vor ca. 5 - 7 Mio J von den anderen Affen ab. Neueste Funde aus dem Tschad (*Sahelanthropus tchadensis*) datieren die ersten Hominiden beträchtlich früher (6- 7 Mio J) und würden demnach die Abspaltung von den Schimpansen ebenfalls früher ansetzen.

13.2 Geographischer Ursprung des Menschen

Die enge stammesgeschichtliche Verwandtschaft des Menschen mit den Grossen Affen Afrikas legt es nahe, dass der Mensch (die Gattung *Homo*) in Afrika entstanden ist. Obwohl die Fossilienreihe für den Menschen spärlich ist, wird diese These gestützt durch entsprechende Funde (neue Funde werden laufend gemacht dank intensivem Forschungsaufwand). Die Fossilienreihe ist zwar nicht lückenlos, zeigt aber deutlich alle Übergänge zwischen der Morphologie der Grossen Affen und derjenigen des modernen Menschen (Fig.13.3).

Zwar können Fossilien sehr genau datiert werden, doch ein dauerndes Problem ist deren Einordnung in bestimmte Linien. Ein Grund ist, dass die Evolution des Menschen sehr komplex war und mehrere Linien/ Arten von Vorfahren gleichzeitig nebeneinander gelebt haben. Dementsprechend ist auch die Taxonomie (Namensgebung) der fossilen Formen sehr umstritten und momentan einem häufigem Wechsel unterliegend. Z.B. wurde die bisherige Gattung *Australopithecus* für die grazilen Formen

beibehalten, die robusten Formen (z.B. *A. boisei*) aber neu der Gattung *Paranthropus* (*P. boisei*) zugeordnet. Während die grazilen Formen in die Stammeslinie des Menschen gehören, sind die robusten Formen ausgestorben.

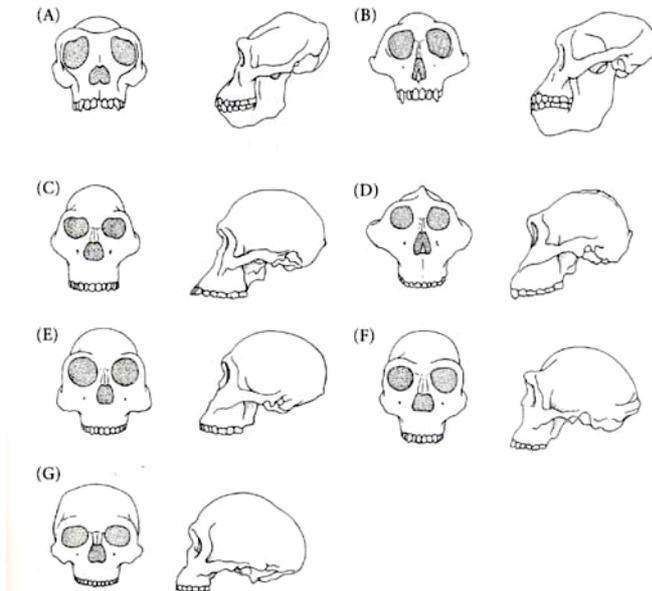


Fig 13.3 Die Schädel afrikanischer Fossilien zeigen alle Übergänge von den Grossen Affen zum modernen Menschen
 A: *Pan troglodytes* (Schimpanse),
 B: *Australopithecus afarensis* (3-3.9 Mio J);
 C: *A. africanus* (2.4-2.8 Mio J);
 D: *A. (Paranthropus) boisei* (1.4-2.3 Mio J);
 E: *Homo habilis* (1.6 - 1.9 Mio J);
 F: *H. erectus* (=H.ergaster) (1.5-1.8 Mio J);
 G: *H. sapiens* (rezent).

Fig 13.4 Spuren in fossiler vulkanischer Asche von *Australopithecus afarensis* (datiert auf 3.6 Mio J) zeigen, dass zwei Individuen aufrecht nebeneinander hergegangen sind. Die These des aufrechten Gangs wird auch durch den entsprechenden Bau des Beckens etc. gestützt.



Verhaltensspuren werden bei allen Lebewesen sehr selten fossilisiert. Es ist deshalb ein Glücksfall, dass Spuren aufrechtgehender Australopithecinen gefunden wurden (Fig.13.4). Dies zeigt, dass wichtige Elemente der Menschwerdung schon relativ alt sind.

Die meisten Hominiden-Fossilien wurden bislang in Ostafrika gefunden. Neueste Entdeckungen (*Sahelanthropus tchadensis* im Jahre 2001) in der Sahara des Tschad datieren die ersten Formen möglicherweise beträchtlich früher, als bis jetzt bekannt, nämlich auf 6 - 7 Mio J (was aber mit der molekularen Evidenz der Fig. 13.2 kompatibel ist). Es ist jedoch bislang unklar, in welche Linie *Sahelanthropus* gehört, d.h. ob es ein direkter Vorfahre in der Linie ist, die zu *H. sapiens* führt. Immerhin suggeriert der Fund, dass es zu jener Zeit eine Anzahl von Hominiden-Formen mit einer relativ grossen geographischen Verbreitung in Afrika gegeben haben muss.

Der tiefere afrikanische Ursprung des Menschen kann als gesicherte These gelten, da alle verfügbaren Daten darauf hindeuten. Immer wieder umstritten ist dagegen der weitere Verlauf der Evolution, die zur Gattung *Homo* führte und dessen geographische Ausbreitung.

13. 3 Die Evolution der Gattung *Homo*

Die Einordnung der Fossilien und der molekularen Evidenz ergibt ein Bild einer sehr heterogenen Evolutionsgeschichte über die letzten ca. 5 Mio J in der näheren Verwandtschaft des Menschen. Entscheidende Schritte sind wohl vor ca. 2-3 Mio J geschehen, als sich die Gattung *Homo* von den anderen Stammeslinien getrennt hat (Fig.13.5).

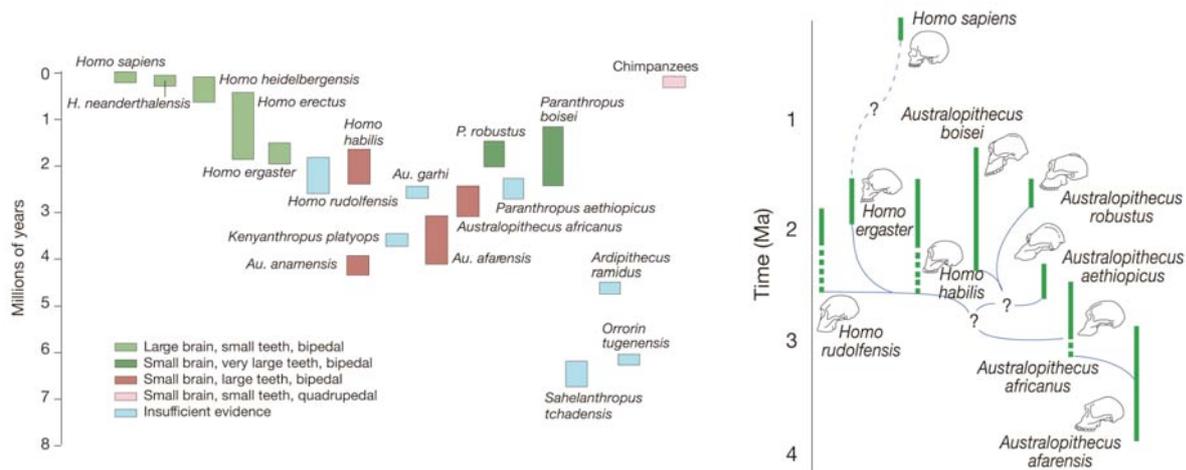


Fig 13.5 Links: Einordnung der fossilen afrikanischen Formen in das Zeitschema. **Rechts:** Hypothetischer Stammbaum der Gattung *Homo*, basierend auf einem Kladogramm von morphologischen Strukturen.

Die nähere Betrachtung der Stammeslinien zeigt auch, dass über die letzten Millionen Jahre mehrere Stammeslinien von Hominiden parallel nebeneinander existiert haben müssen. Davon hat nur die Linie von *Homo* überlebt (Fig.13.5). Über die Gründe des Aussterbens der anderen Linien wissen wir nichts.

In der Gattung *Homo* wiederum lassen sich verschiedene Formen unterscheiden (Fig.13.6), nämlich:

- i. *H. habilis* (1.6 - 1.9 Mio J): Übergangsform von *Australopithecus*, dem die ältesten Formen noch ähneln.
- ii. *H. erectus* (*H. ergaster*) (1.5- 1.8 Mio J): Werkzeuggebrauch, Kenntnis des Feuers, größeres Schädelvolumen. Diese Form breitet sich als erste (ca. 1.1 Mio J) von Afrika in andere Regionen aus (Asien: Java-Mensch, Peking-Mensch; möglicherweise der kürzliche Fund einer Zwergform auf der Insel Flores; auch Südeuropa).
- iii. *H. neanderthalensis* (30'000 - 70'000 J): In Europa. An die Kälteperioden des Pleistozäns angepasste, robuste Form.
- iv. *H. sapiens* (erste Formen ab 200'000 J; modernste Formen ab ca. 100'000 J): Schädelvolumen wie moderner Mensch, ausgeprägtes Kinn. Zuerst in Afrika, dann Mittlerer Osten, SO-Asien und Europa.

Die Besiedlung von Europa und den anderen Kontinenten erfolgt also von Afrika aus, in mindestens zwei Wellen. Das hat dazu geführt, dass verschiedene Arten von *Homo* zu unterschiedlichen Zeiten nebeneinander gelebt haben. Neueste molekulare Daten zeigen, dass z.B. *H. neanderthalensis* eine Seitenlinie im Stammbaum darstellt, welche vor ca. 30'000 J aus unbekanntem Gründen ausgestorben ist. Diese Form hat jedoch vorher über viele Jahrtausende parallel zu *H. sapiens* in Europa gelebt. Es gibt bis jetzt auch keine Evidenz einer genetischen Vermischung (Hybridisierung) der beiden Formen.

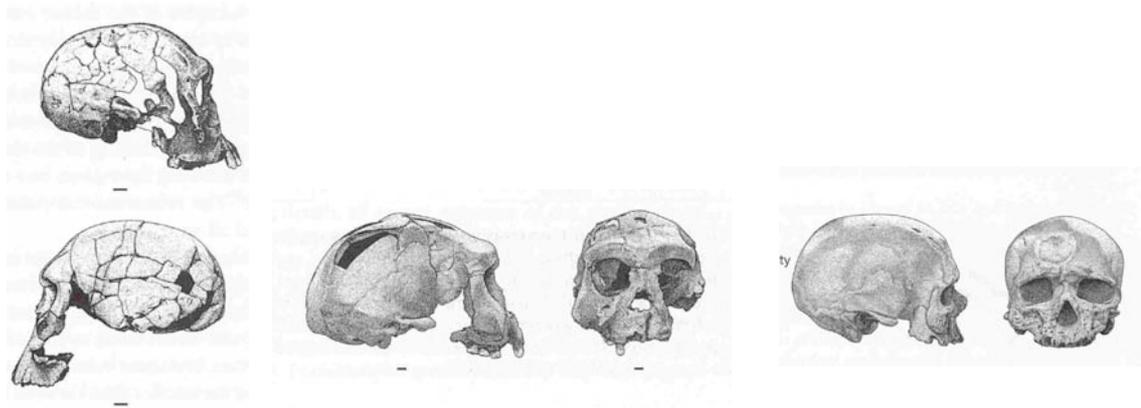


Fig 13.6 Drei Vertreter der Gattung *Homo*: **Links:** *H. habilis (ergaster)*. **Mitte:** *H. erectus*. **Rechts:** *H. sapiens*.

Alle Formen vor *H. ergaster* und *H. erectus* waren auf Afrika beschränkt. Die verschiedenen Auswanderungswellen aus Afrika haben aber zu Spekulationen über eine **multi-regionale Entstehung** moderner Menschen geführt. Tatsächlich erscheinen diese Formen nahezu gleichzeitig (gemessen auf der geologischen Skala!) in Südafrika, im Kaukasus, China und auf Java (ca. 1.6 - 1.9 Mio J). Es ist deshalb prinzipiell möglich, dass sich die modernen Formen des Menschen mehrfach in verschiedenen Regionen unabhängig evoluiert haben, statt uniform auf eine einmalige Auswanderung aus Afrika mit nachfolgender Radiation (**Out-of-Africa- Hypothese**) zurückzugehen (Fig. 13.7).

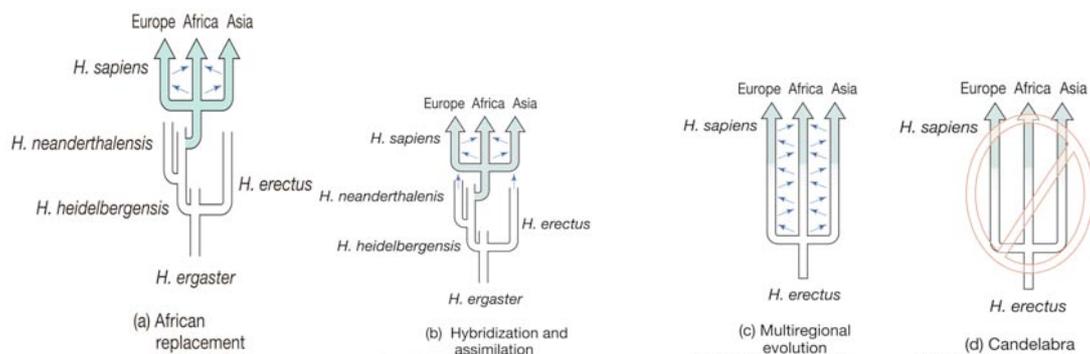


Fig 13.7 Verschiedene Szenarien der Evolution des modernen Menschen (*H. sapiens*). **(a) (African replacement)** *H. sapiens* entstand in Afrika und migrierte relativ spät (200'000 J) nach Europa und Asien, wo er die lokalen Formen verdrängte. **(b) (Assimilation)** Ähnlich wie unter a) entstand *H. sapiens* in Afrika, hat sich jedoch in Europa und Asien mit den schon vorhandenen Formen hybridisiert. **(c) (Multiregional evolution)** *H. sapiens* entstand mehrfach unabhängig in den verschiedenen Regionen, jedoch unter ständigem Genfluss untereinander. **(d) (Kandelaber)** ähnlich wie bei c), jedoch ohne Genfluss und in strikter Isolation. Version d) ist allerdings wenig wahrscheinlich. Die Daten sind am ehesten mit Version a) kompatibel.

Die Hypothesen der Fig.13.7 sind immer noch umstritten. Die Daten unterstützen jedoch zunehmend die Out-of-Africa Hypothese (Fig.13.7a), wonach *H.sapiens* in Afrika entstand und sich danach ausgebreitet hat ohne Hybridisierung mit den dort vorhandenen Formen.

Beispielsweise erfordert die Multiregionale Hypothese (Fig.13.7c) eine Trennung der Linien schon um ca. 1.8 Mio J. Die molekulare Uhr datiert diese Spaltung jedoch auf einen Zeitraum von ca. 300'000 - 700'00 J, was eher mit der Out-of-Africa Hypothese vereinbar ist. Der längere Zeitraum wäre zwar mit starkem Genfluss unter den multiregionalen Populationen vereinbar, jedoch müsste ein Genfluss rasch

die (beobachtete) Differenzierung zwischen Populationen erodieren (vgl. Kap. 4). Für die Out-of-Africa Hypothese spricht auch, dass afrikanische Populationen weltweit die höchste genetische Diversität aufweisen, während Populationen in anderen Regionen genetische Untergruppen davon sind. Alle heutigen Formen von *H. sapiens* in anderen Teilen der Welt müssen sich demnach im Verlaufe der letzten 100'000 Jahre (Auswanderung aus Afrika) differenziert haben (Fig.13.8).

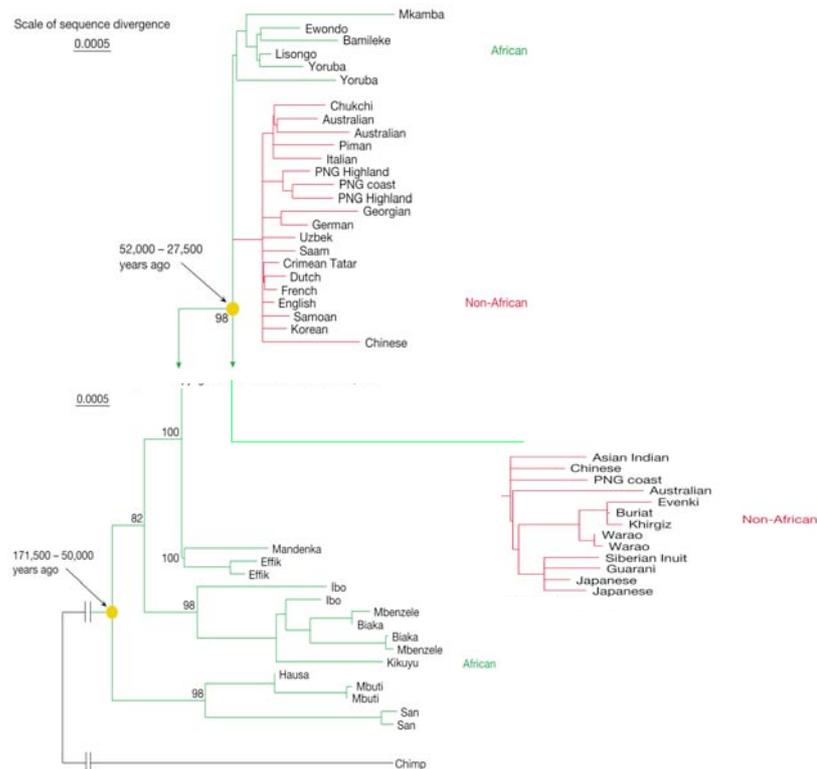


Fig 13.8 Stammbaum verschiedener Formen von *H. sapiens*, basierend auf mtDNA-

10.4 Die Evolution spezifisch menschlicher Eigenschaften

Die Frage was den Menschen ausmacht ist vermutlich so alt wie die Menschheit selbst und ist auch heute noch Gegenstand weltanschaulicher Auseinandersetzungen. Aus biologisch-anthropologischer Sicht gibt es aber sicherlich einer Reihe von Merkmalen, die beim Menschen speziell ausgeprägt sind. Hier seien zwei Beispiele genannt.

a) Werkzeuggebrauch

Der Gebrauch von Werkzeugen ist zwar auch von Tieren bekannt (Schimpansen, Finken), doch ist die Nutzung durch den Menschen deutlich komplexer und elaborierter. Die frühestens Funde (2.3 Mio J) sind Steinwerkzeuge mit scharfen Klingen (Fig.13.9). Diese liegen damit zeitlich in der Zone des Übergangs von *Australopithecus* zu *Homo*. Ihre Hersteller können bis heute nicht genau zugeordnet werden.

Die besondere Morphologie des menschlichen Daumens (Muskulatur, Knochenform) eignet sich gut zur feinen Manipulation von Gegenständen. Diese Morphologie unterscheidet sich vom Schimpansen und sind auch im fossilen Beleg deutlich mit *Homo* assoziiert.

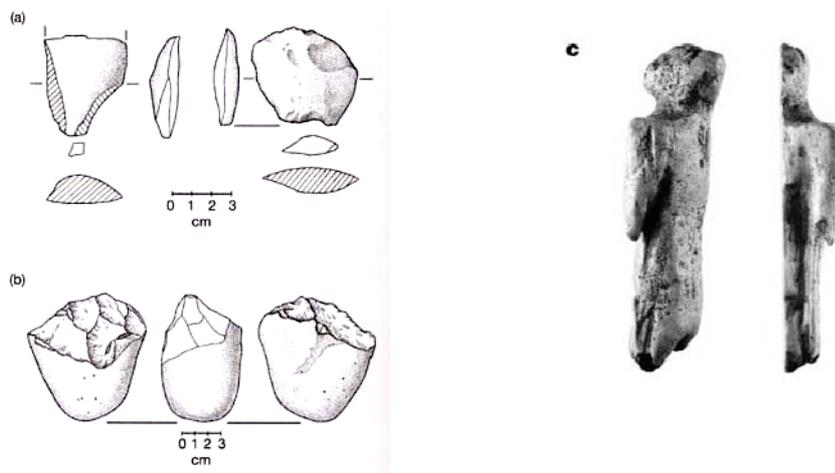


Fig 13.9 Links: Die ältesten menschlichen Werkzeuge: Steinwerkzeuge aus Oldowan (Äthiopien) (2.3 Mio J). Sie besitzen scharfe Kanten und dienen wohl als Messer. **Rechts:** Figurative Gegenstände aus Elfenbein ("Kunst") (Schwäbische Alp, ca. 30'000 J).

b) Sprache

Auch die Sprache im Sinne der abstrakten Kommunikation ist nicht auf den Menschen beschränkt (z.B. Tanzsprache der Honigbiene). Doch sind die Sprachfähigkeiten des Menschen deutlich komplexer. Sprache beim Menschen ist primär eine akkustische Kommunikation. Damit stellt sie physiologische Anforderungen an die Lauterzeugung (Kehlkopf, Stimmbänder) und an das Gehör. Dazu kommen Anforderungen an die neuronale Verarbeitung der Signale im Gehirn.

Einzigartig für den Menschen ist es in der Tat, dass die Sprachfähigkeit in einer bestimmter Hirnregion konzentriert ist. Die homologe Region bei Schimpansen dient zur Erkennung von Rufen und akkustischen Signalen, jedoch nicht zur Erzeugung von Lauten. Die Spezialisierung dieser Gehirnregionen auf Sprachkommunikation ist bei *Homo* einzigartig. Wichtige anatomische Merkmale

des Menschen umfassen auch die Lage des Kehlkopf („abgesenkt“) und Form des Hyoidknochens (Zungenbein) als Ansatzpunkt für die Muskulatur, die beim Sprechen wichtig ist (Fig.13.10).

Das Alter der Sprachentstehung ist naturgemäss schwierig zu schätzen. Anatomische Befunde zeigen, dass *H. neanderthalensis* die Voraussetzungen zur Sprachbildung hatte (Fig.13.10). Auch das grosse Hirnvolumen bei *Homo* könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich Sprache schon früh entwickelt hat (vielleicht vor 2 Mio J?).

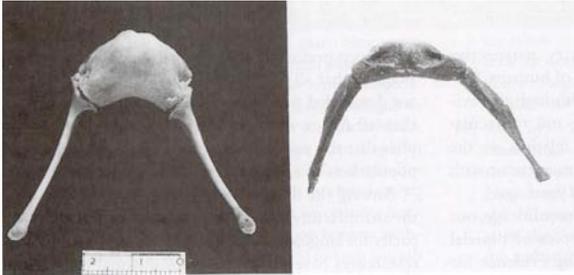


Fig 13.10 Bau des Zungenbeins bei *H. neanderthalensis* (links: 60'000 J) und bei einem Schimpansen (rechts). Das Zungenbein gehört zur Struktur des Kehlkopfs und verankert die Zungenmuskeln, welche für das Sprechen essentiell sind. Das Zungenbein von *H. neanderthalensis* ist praktisch identisch mit demjenigen moderner Menschen.

10.5 Die polymorphe Art *Homo sapiens*

Homo sapiens ist eine einzige Art, die jedoch in vielen Morphen (Hautfarbe, Behaarung, Körpergrösse, Kultur, etc.) existiert. Es gibt keine physiologische reproduktive Isolation zwischen den einzelnen Varianten, es existieren aber kulturelle und soziologische Barrieren. Entsprechend lässt sich nicht ein einziger, gültiger Typus für *H. sapiens* definieren. Vielmehr ist es die Vielfalt, welche unsere Art ausmacht. Dieses Phänomen als solches ist jedoch nicht ungewöhnlich und kommt bei vielen Tier- und Pflanzenarten in verschiedenem Ausmass vor. Der menschliche Polymorphismus ist jedoch historisch, kulturell, politisch und sozial mit vielen zweifelhaften Assoziationen (und Untaten!) belastet.

Aus biologischer Sicht kann *H. sapiens* in verschiedene Morphen gegliedert werden (die auch als „Rassen“ bezeichnet werden) und welche sich morphologisch und genetisch unterscheiden lassen. In der Anthropologie / Ethnologie bezeichnet man solche Rassenkreise z.B. als kaukasisch (Europa, Westasien), negroid (Afrika, südlich der Sahara) oder mongolid (Ostasien, Amerika). Auch wenn sich solche Gruppierungen mit geeigneten Merkmalen unterscheiden lassen, gibt es dennoch schwierige Probleme bei der Klassifikation. Ein Grund ist, dass die Variation (morphologisch und genetisch) innerhalb der Gruppe für einzelne Merkmale oft grösser als zwischen den Gruppen. Nicht alle Klassifizierungen stimmen deshalb überein.

Die Gruppierung der Morphen von *H. sapiens* und deren geographische Verbreitung lässt sich jedoch aus der Evolutionsgeschichte des Menschen verstehen. Vor noch 10'000 Jahren umfasste *H. sapiens* nur ca. 10 Mio Individuen in allen Erdteilen. Lokale Adaptationen, genetische Drift, sexuelle Selektion müssen damals zur Ausprägung von Unterschieden geführt haben. Eine schnelle Differenzierung aufgrund dieser Evolutionsprozesse ist damit durchaus zu erwarten (vgl. Kap. 4).

Vor ca. 8'000 Jahren bildete sich in Vorderasien die Landwirtschaft aus (neolithische Transition). Die Menschen werden sesshaft, gekoppelt mit Genfluss durch Migration zwischen den einzelnen Populationen. Die Daten für die europäische Region deuten darauf hin, dass die landwirtschaftliche Kultur sich mit der Wanderung der Ackerbau-betreibenden Individuen ausgebreitet hat. Diese kulturelle Errungenschaft ist vermutlich nicht durch Tradition der Wanderungswelle sozusagen „vorausgeeilt“. Darauf deutet die geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit für den Ackerbau hin (ca. 1 km pro Jahr).

Parallel dazu hat sich auch die Indogermanische Sprachfamilie aus Vorderasien nach Europa ausgebreitet. Zudem verteilen sich die heute zu beobachtenden Genfrequenzen in europäischen Populationen entsprechend der historischen Ausbreitung des Ackerbaus (Fig.13.10).

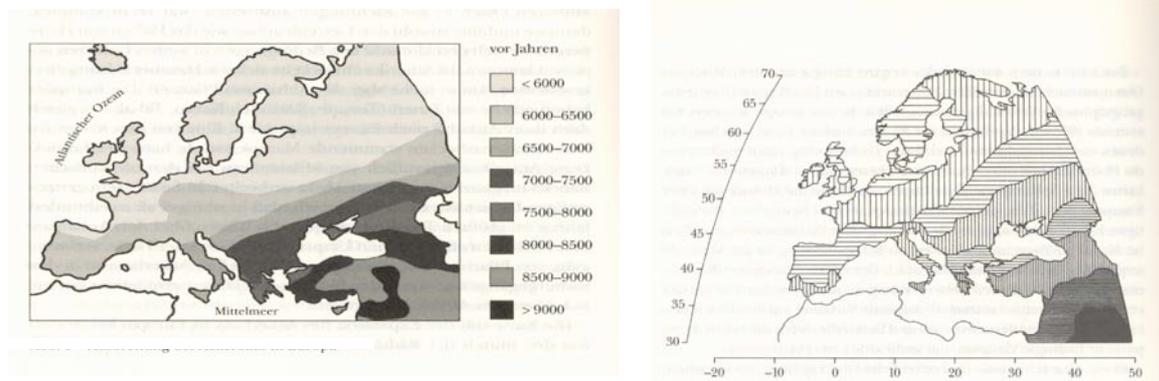


Fig 13.10 Links: Historische Ausbreitung des Ackerbaus aus Vorderasien nach Europa (vor 9'000 bis 6'000 J).
Rechts: Verteilung der Genfrequenzen in modernen europäischen Populationen.

Biologisch gesehen ist *H. sapiens* eine enorm anpassungsfähige Art, die sich fast alle Lebensräume erobert hat. Ihre Evolutionsgeschichte ist relativ schnell vonstatten gegangen. Aufgrund ihrer geographischer Ausbreitung und nachfolgender lokaler Differenzierung hat *H. sapiens* einen sehr hohen Grad an Polymorphismus erreicht. Alle diese Ereignisse haben in einer Zeiperiode von maximal ca. 200'000 Jahren stattgefunden als die moderne Form *H. sapiens* sich nicht nur in Afrika ausbreitete und weiterentwickelte, sondern auch diesen Kontinent verliess und bis in die entferntesten Regionen des Planeten vorstieß.