

Die Evolution des Menschenhirns und ihre Bedeutung für die Sonderstellung des Menschen *

Von Hugo Spatz.

Max-Planck-Institut für Hirnforschung.

Der Mensch ist ein Doppelwesen. Er gehört der biologischen Welt an und gleichzeitig einer nur ihm eigenen Welt, der „Menschenwelt“. Karl Jaspers sagt: „Wir Menschen sind zugleich Natur und Geschichte. Unsere Natur zeigt sich in der Vererbung, unsere Geschichte in der Tradition“¹.

In dem vorausgegangenen Vortrag dieses Zyklus äußerte sich Herr Kollege Ankel vom Standpunkt der Biologie: „Es gibt für den Menschen nur einen Platz: er ist ein Wirbeltier, er ist ein Säugetier, er gehört unter den Säugetieren ganz zweifellos in die nächste Nähe derjenigen Affen, mit denen ihn schon Linné zur Gruppe der „Primates“, der Herrentiere, vereinigt hat.“ — Wir müssen uns zu dem engen Verbundensein mit dem Tier bekennen.

Es ist nicht ganz überflüssig, festzustellen, daß heute wohl niemand mehr an eine Abstammung des Menschen von den heute lebenden menschenähnlichen Affen denkt. Bereits Ernst Haeckel hat diesen Gedanken aufgegeben, obwohl er die unleugbaren Übereinstimmungen des Körperbaues betonte, denen allerdings

* Herrn Professor H. W. Gruhle in dauernder Verehrung und freundschaftlicher Verbundenheit gewidmet.

¹ Das Wort „Menschenwelt“ ist einer Schrift des verstorbenen Wiener Zoologen Otto Storch entnommen: „Die Sonderstellung des Menschen in Lebensabspiel und Vererbung.“ Springer, Wien, 1948. — Manche Ausführungen des vorliegenden Aufsatzes finden sich in einem früheren Beitrag zu diesen Nachrichten (H. Spatz, „Menschwerdung und Gehirnentwicklung“. Nachrichten der Gießener Hochschulgesellschaft **20**, 32—55 (1951)). — Karl Jaspers: Vom Ursprung und Ziel der Geschichte. R. Piper-Verlag, 1949.

auch viele Abweichungen gegenüberstehen. Die Pongiden (Gorilla, Orang Utan und Schimpanse) müssen sich durch einseitige Spezialisierung in Anpassung an die Schwing-Kletter-Fortbewegung in den Wäldern von ausgestorbenen menschenähnlicheren Formen entfernt haben. Bei den Jungen dieser Tiere sind die Zeichen der einseitigen Spezialisierung geringer ausgesprochen; sie haben mehr menschenähnliche Züge bewahrt. Die „Hominiden“, zu denen auch die ausgestorbenen Vorfahren des *Homo sapiens* gehören, haben den Weg dieser einseitigen Spezialisierung vermieden, die sozusagen in eine Sackgasse führte. Die Hominiden sind nicht, wie man früher meinte, „von den Bäumen herabgestiegen“. In diesem Sinne sprechen auch gerade Merkmale der erregenden letzten fossilen Knochenfunde in Südafrika. Die „Australopithecinen“ oder Praehomininen (Heberer), die (vor dem *Pithecanthropus erectus* aus Java und vor dem *Sinanthropus*) teilweise schon im Spät-Tertiär vor 1 Million Jahren oder mehr gelebt haben mögen, waren offenbar Steppengänger. Es ist schwer zu sagen, ob diese Geschöpfe „Noch-Tiere“ oder „Schon-Menschen“ gewesen sind, jedenfalls aber hatten sie morphologisch gesehen mehr menschenähnliche Züge als die heute lebenden Menschenaffen. Man ist nahe an die gemeinsame Wurzel herangekommen. Die fossilen Funde, die von der Existenz ausgestorbener Hominiden Zeugnis geben, sind zwar immer noch sehr lückenhaft; aber wir sind sicher, daß sie die Richtung weisen, aus der wir kommen.

Doch wenn wir auch alle Einzelheiten dieser von tierischen Primaten über fossile Hominiden zum Menschen unserer Zeit führenden Evolution wüßten, so würde das die Sonderstellung, die der Mensch, so wie er ist, gegenüber allen anderen Lebewesen erlangt hat, nicht berühren. Menschwerdung ist nach den Ergebnissen der Naturwissenschaft gebunden an die Abstammung vom Tier. Doch Menschsein liegt auf einer anderen Ebene.

Über die Sonderstellung des Menschen ist sehr viel geschrieben worden. Meist werden psychologische Merkmale in den Vordergrund gestellt. Doch hier gibt es grundsätzliche Schwierigkeiten.

Auf keinen Fall ist es statthaft, das Bewußtsein als Eigentümlichkeit des Menschen aufzufassen, Man kann Tiere durch Eingriffe in einen Zustand

versetzen, der dem Zustand der Bewußtlosigkeit beim Menschen durchaus ähnelt; man sagt dann mit Recht, das Tier verliert das Bewußtsein (und nach dem Rückgang der Schädigung erlangt es das Bewußtsein wieder). Merkfähigkeit und Gedächtnis sind elementare Leistungen. Aus bestimmten Verhaltensweisen höherer Tiere können wir mittels Analogieschluß folgern, daß sie seelische Regungen besitzen, die den unsrigen, wenn auch nicht gleich, so doch ähnlich sind, und die Experimente Köhlers haben ergeben, daß Schimpansen über die Fähigkeiten zu verstandesmäßigen Überlegungen verfügen.

Wir ziehen es vor, von einer Eigenschaft auszugehen, die zweifellos allen Lebewesen zukommt, das ist die Vererbung. Vererbung beruht auf der Weitergabe der Anlagen von Eigenschaften der Eltern auf ihre Nachkommen. Den Gesetzen der Vererbung unterliegen Mensch und Tier in gleicher Weise. Die Vererbung liegt der phylogenetischen Entwicklung, d. i. der Evolution, zugrunde. Die Entstehung neuer Gene durch Erbmutation und die von Darwin herausgestellte richtunggebende Wirkung der Auslese (Selektion) des jeweils bei den bestehenden Umweltbedingungen Nützlichen sind entscheidende Faktoren. Die Streitfrage, ob bei der sogenannten Makroevolution, d. h. bei Umwandlungen, die über die Entstehung von Arten hinausreichen, noch andere Faktoren wirksam sind oder nicht, wollen wir offenlassen. Jedenfalls besteht kein Grund zu der Annahme, daß beim Menschen die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung und der Evolution anders beschaffen sein könnten als beim Tier. Doch nun kommt das, was uns wesentlich erscheint: Der Mensch besitzt außer der biologischen Art der Weitergabe, die man Vererbung nennt, noch eine andere Art, die nur ihm eigen ist. Diese „neue Art der Weitergabe“, wie wir sagen wollen, besteht in der Übermittlung von im individuellen Leben erworbenen Erfahrungen und Fähigkeiten auf kommende Generationen, wobei Bildnerei, Sprache und Schrift eine führende Rolle spielen.

Es geht nicht an, hier von „Vererbung“ zu sprechen, wenn auch der Dichter sagt: „Was Du ererbt von Deinen Vätern hast, erwirb es, um es zu besitzen.“ Die neue Art der Weitergabe ist etwas ganz anderes als biologische Vererbung. Eher trifft Tradition das, was gemeint ist; es ist aber zu

befürchten, daß das Wort „Tradition“ die Vorstellung an Überlieferung, also an etwas Verflissenes, wachruft.

Die Entstehung von Erbmutationen liegt dem Vorgang der Evolution zugrunde. Die neue Art der Weitergabe führt auch zu einem fortschreitenden Vorgang, zur Entfaltung der Technik, der Geschichte und der Kultur. Oft spricht man bei diesem Werdegang auch von Evolution. Doch hier handelt es sich um etwas ganz Anderes als das, was Evolution ist. Das durch die neue Art der Weitergabe in Gang gesetzte Geschehen beruht zwar auf biologischen Voraussetzungen, aber die biologischen Faktoren, die bei der Evolution wirksam sind, der Erwerb neuer Gene und die Selektion, sind hier nicht mehr erforderlich. Hier besteht ein Ordnungssystem eigener Art.

Wir wissen, daß der Schimpanse, der von allen lebenden Geschöpfen wohl das am meisten menschenähnliche Großhirn besitzt, imstande ist, offenbar mit Überlegung, vorliegende Gegenstände als Werkzeug zu gebrauchen. Diese Leistung steht zweifelsohne hoch etwa über angeborenen, instinktiven Leistungen. Doch eines fehlt dem Schimpansen vollkommen, das ist die Fähigkeit zur Weitergabe eines Werkzeuges auf seine Nachkommen. Die Tat des Prometheus liegt vielleicht weniger darin, daß er das Feuer erfand, als darin, daß er, der Vorsorgende, die Kunst der Feuerbereitung weitergab. Das war der Anfang der Technik. Die Technik ist eine Schöpfung des Menschen, also Menschenwerk, und nicht das Produkt einer biologischen Evolution, die allerdings die Voraussetzung dazu gegeben hat. Das Werkzeug wird nicht nur weitergegeben, sondern es wird im Laufe von Generationen ständig vervollkommnet. An Stelle des Werkzeuges aus Naturstoff tritt zunehmend das aus Kunststoff. Der Werdegang der Technik vollzieht sich in einem — uns oft erschreckenden — Tempo, das mit dem Tempo biologischer Evolutionen nicht vergleichbar ist. Die Produkte der menschlichen Technik sind etwas ganz anderes als tierische Bauten, deren Vervollkommnung sich in unübersehbaren Zeiträumen vollzogen haben muß. Bauten der Tiere können Generationen überdauern, aber sie dienen immer nur der Anpassung an spezielle Umweltbedingungen. Während das Tier, wenn es nicht vom Menschen domestiziert ist, auf

eine bestimmte Umwelt eingestellt bleibt und an sie gebunden ist, befähigt die Technik den Menschen, sich weitgehend von der natürlichen Umwelt zu befreien. Er schafft sich seine Umwelt durch Anpassung der Natur an seine Wünsche.

Wir gingen von der Weitergabe des Werkzeuges aus. Ein weiterer Weg der Weitergabe führt über die bildnerische Darstellung, die mit den Höhlenzeichnungen in vorgeschichtlicher Zeit beginnt. Dies sind früheste Erzeugnisse der Menschen-Kunst, die nicht nach Nützlichkeit fragt. Endlich dienen Sprache und Schrift der neuen Art der Weitergabe. Es kann nicht näher ausgeführt werden, daß die menschliche Sprache — Herr Kollege Schmitt wird die Probleme der Sprache in einem eigenen Vortrag dieses Zyklus erörtern — etwas anderes ist als die nur dem Augenblick dienenden tierischen Verständigungsmittel, wenn sie auch ursprünglich aus solchen entstanden sein mag. Sprache, Schrift und Werke der Kunst geben von längst untergegangenen Generationen und ihren Gedanken Zeugnis. Es entsteht eine neue Art des Gedächtnisses, das überindividuelle Gedächtnis der Menschheit. Wir wissen von der Vergangenheit. Die dem Menschen eigene Verlangsamung des Wachstums und der Reifung (Retardationsprinzip von Bolk) begünstigen die Einwirkung des historisch Gewordenen durch Erziehung und Prägung. — Geschichte ist nicht Evolution im biologischen Sinn.

Die Abstammungslehre des vorigen Jahrhunderts sah nur quantitative Unterschiede zwischen Tier und Mensch. Sie hat zu wenig daran gedacht, daß in dem kurzen Zeitraum von einigen Jahrtausenden (der auf die viel längere, dunkle Zeit der Vorgeschichte folgte) etwas Unvergleichbares, Neues in die Welt eingetreten ist, die Geschichte.

Die Menschenwelt unterscheidet sich von der nicht-menschlichen Welt des Lebendigen ebenso grundsätzlich wie diese von der anorganischen Welt — und doch sind alle drei auseinander entstanden und bleiben miteinander verbunden. Die Unterschiede betonen, heißt nicht die Zusammenhänge verkennen.

Nicht nur von naturwissenschaftlicher, sondern auch von geisteswissenschaftlicher und literarischer Seite ist immer wieder der Versuch gemacht worden, Analogien zwischen den beiden prinzipiell verschiedenen Vorgängen,

zwischen biologischer Entwicklung einerseits und geschichtlichen Abläufen andererseits, aufzustellen. Schon in der Antike finden sich solche Analogieversuche. Herr Kollege L a s s e n wird auf solche Beispiele hinweisen. Die häufigen Bemühungen, Insektenstaaten und menschliches Sozialleben zu vergleichen, gehören hierher. Aus moderner Zeit sei als Beispiel S p e n g l e r s „Untergang des Abendlandes“ mit dem Vergleich zwischen Werden und Vergehen der Pflanze und dem Ablauf menschlicher Hochkulturen erwähnt. -- Solche Analogien mögen einen dichterischen Wert besitzen, wissenschaftlich betrachtet sind sie u. E. immer bedenklich. Für irreführend halten wir die kritiklose Übernahme gewisser biologischer Prinzipien, wie etwa das der Auslese des im Kampf ums Dasein Nützlichen, auf das Sozialleben des Menschen. Der Zoologe P o r t m a n n (Basel), der übrigens auch an der uneingeschränkten Wirksamkeit dieses Prinzips innerhalb der Biologie zweifelt, hat anschaulich auf das Unheil hingewiesen, das durch solche Vermischungen hervorgerufen werden kann.

Da der Mensch von tierischen Vorfahren abstammt, muß die Menschwerdung auf einem biologischen Evolutionsvorgang beruhen. Die „Menschenwelt“ ruht auf einem biologischen „Unterbau“. Es fragt sich, worin ist dieser Evolutionsvorgang zu suchen? welches ist der entscheidende Schritt der zum Menschen führenden organischen Umwandlung; kann von einem „Spezialorgan“ des Menschen gesprochen werden?

G e h l e n ² hat als biologische Besonderheit des Menschen den durchgehenden Mangel an hochspezialisierten Organen herausgestellt. Es sei an das Beispiel der menschlichen Hand erinnert, das schon Herr Kollege A n k e l erwähnte. Man kann sagen: diese Hand bewahrt — im Gegensatz etwa zur Hand der Menschenaffen — einen undifferenzierten, fast embryonalen Charakter. Ähnliches gilt von vielen anderen menschlichen Organen, die eine einseitige spezialistische Ausbildung vermissen lassen. Trifft man aber mit einer solchen negativen Feststellung das Wesentliche der menschlichen Organisation? Kann die Sonderstellung des Menschen durch Mangelercheinungen erklärt werden? Man muß u. E. fragen, warum kann die menschliche Hand einen allgemeinen, unspezialisierten Charakter behalten, warum erfahren Unterkiefer, Gebiß und Behaarung beim Menschen, wenn wir mit den tierischen Primaten vergleichen, sogar eine Rückbildung? Hierauf gibt es

² Arnold G e h l e n : Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt. Bonn, 4. Aufl., 1950.

nur eine Antwort: weil die Evolution des menschlichen Gehirns die Voraussetzungen mit sich bringt, welche die Emanzipation von einer bestimmten Umwelt gestatten. Der Mensch benötigt, um wieder beim gewählten Beispiel zu bleiben, nicht die Kletterhand der Menschenaffen; durch Mittel der Technik ist ihm jede Frucht erreichbar. Wenn der Mensch das Werkzeug erfunden hat und seine Weitergabe, so verdankt er das nicht der vielseitig verwendbaren Hand, sondern der Organisation seines Gehirns, das die Hand dirigiert. Der moderne Mensch kann sogar den Verlust der Hand teilweise durch Mittel der Technik ersetzen. Nie berührt der Verlust der Hand das eigentlich Menschliche, das Menschsein; denken wir daran, daß es Künstler gibt, denen beide Hände fehlen³. Spezialorgane der Tiere dienen einer einseitigen Lebensweise und sind auf eine ganz bestimmte Umwelt eingestellt, sei es zum Klettern auf Bäumen, sei es zum Leben im Wasser, zum Graben in der Erde oder zum Zerreißen der Beute. Beim Menschen wird durch Leistungen des Gehirns der „Mangel“ solcher Spezialorgane mehr als ausgeglichen: Unser Sehorgan ist nicht so einseitig ausgebildet wie das bestimmter Tiere, aber mit technischen Erfindungen, die auf Leistungen des Gehirns beruhen, kann der Mensch besser in die Ferne und in die Nähe sehen als jedes Tier. Von Natur aus, d. h. nach seiner Organisation, gar nicht zum Fliegen eingerichtet, hat der Mensch in knapp 3 Generationen es fertiggebracht, schneller und höher zu fliegen als jeder Vogel. Er braucht keine Flügel. Die allen Warmblütern eigene Regulation der Körpertemperatur ist beim Menschen nicht vollkommen, aber Mittel der Technik gestatten es ihm, am Äquator ebenso zu leben wie an den Polen. Der Mensch ist dem Gorilla an Körperkraft weit unterlegen und sein rückgebildetes Gebiß ist eine recht unzulängliche natürliche Waffe; doch der Mensch

³ S. dagegen die Meinung von F. A. Kipp (Höherentwicklung und Menschwerdung. Hippokrates-Verlag, 1948). Er schreibt: „Das Menschsein beruht mindestens ebenso sehr auf dem Bau der Hand, wie auf der Struktur des Gehirns, die gewöhnlich in etwas einseitiger Weise in den Vordergrund gestellt wird. Die Hand ist das Organ, das dem Menschen eine freie Betätigung ermöglicht. Das Denkvermögen des Menschen würde ohne den offengelassenen Charakter der Hand keinen Wirkungsbereich haben.“ Eben das glauben wir nicht.

schaftt sich mit Hilfe der Technik selber künstliche Waffen, die unendlich viel wirksamer sind als alle natürlichen. — Von Wert oder Unwert ist hier nicht die Rede.

Seit Broca und Wernicke wissen wir, daß die Sprache, also das vornehmste Mittel der „neuen Art der Weitergabe“, an die Intaktheit von bestimmten, bei den höchsten Menschenaffen nicht voll ausgebildeten unteren Abschnitten des Stirnhirns und von Teilen des Schläfenhirns gebunden ist. Man kam, wenn auch viele Einzelheiten strittig sind, zu einer „Zuordnung“⁴ bestimmter Komponenten der Sprache zu bestimmten Abschnitten des Gehirns.

Das wichtigste Ergebnis der Zuordnungslehre der letzten Jahre ist aber die Erkenntnis, daß doppelseitige anatomische Schäden unterster Teile der Stirn- und Schläfenlappen, d. i. des „Basalen Neocortex“, unter Verschonung der Sprache und bei erhaltener formaler Intelligenz zwangsläufig zu Störungen des Charakters und der Persönlichkeit führen. Hier wird der Mensch in seinem innersten Kern getroffen, nicht nur als homo faber, sondern auch als homo sapiens. Der Schluß ist erlaubt, daß der Basale Neocortex in besonderem Maße in Beziehung steht zu seelischen Fähigkeiten des Menschen, die man wohl die höchsten nennen darf. Was unter Basalem Neocortex verstanden werden soll, wird S. 70 gesagt werden.

Wir kommen zu dem Schluß: Das Spezialorgan des Menschen ist sein Gehirn, genauer gesagt, das ihm eigene Großhirn. Durch Leistungen dieses einen Organes wird die Bewahrung eines allgemeinen Charakters anderer Organe ermöglicht. Durch die Evolution seines Gehirns ist der Mensch zum Menschen geworden⁵. Die Sonderstellung des Menschen hat diese Organ-Evolution zur Voraussetzung.

⁴ Wir sagen Zuordnung. Die aus dem Mittelalter stammende Vorstellung von einer „Lokalisation“ irgendwelcher Funktionen in Teilen des Gehirns sollte vermieden werden.

⁵ Leider stehen die Forscher, die sich mit Problemen der Menschwerdung beschäftigen, meist der Hirnforschung ferne.

Man wird gegen die Heraushebung des Gehirns als des menschlichen Spezialorganes Einwände erheben. Man wird sagen: außer der Entfaltung des Großhirns gibt es noch viele andere Eigentümlichkeiten der menschlichen Organisation, die eine Ganzheit darstellt. Man wird die organischen Umwandlungen nennen, die dem aufrechten Gang zugrunde liegen. Tatsächlich hat man den Erwerb des aufrechten Ganges einmal sozusagen in den Mittelpunkt der Menschwerdung stellen wollen. Doch die Argumente, die hierfür zu sprechen schienen, sind neuerdings widerlegt worden. Außerdem betrifft der Verlust des aufrechten Ganges durch Lähmungen auch wieder nicht das eigentlich Menschliche; bei bestimmten Schäden des Gehirns aber ist dies der Fall. — Gewiß ist der menschliche Organismus eine harmonische Ganzheit. Doch der dem Pythagoräer Alkmaion zugesprochene Satz hat recht: ἐν τῷ ἐγκεφάλῳ τὸ ἡγεμονικόν zu deutsch: im Gehirn liegt die Führung.

Alkmaion aus Kroton in Unteritalien lebte ca. 600 Jahre vor Christi Geburt. Seine hohe Meinung von der Bedeutung des Gehirns blieb in der Antike ziemlich vereinzelt. Sie widersprach der aristotelischen Lehre.

Was wissen wir von der Evolution des Menschenhirns?

Wir können einiges über die Gehirne fossiler Hominiden aussagen und zwar nicht nur über ihre Größe, sondern wenigstens teilweise auch etwas über die unterschiedliche Ausbildung der Oberfläche einzelner Hirnteile. Für die Hirnforschung ist nicht so sehr die Außenseite des Schädels als die Innenseite von besonderem Interesse; an ihr formen sich nämlich Teile der Oberfläche des Gehirns ab. Durch Ausgüsse der Hirnschädelhöhle, des Endokranium, kann man das Negativ der Impressionen der Windungen (*impressiones gyrorum*) in ein Positiv überführen, welches das Relief der Gehirne wenigstens teilweise widerspiegelt. Wir glauben, daß bereits das heute vorliegende, freilich noch geringe Material von Endokranialausgüssen bei fossilen Hominiden, mit gebotener Vorsicht, einige Schlüsse bezüglich des Differenzierungsgrades der Gehirne dieser Geschöpfe gestattet (S. 71).

Bei den Praehomininen (Australopithecinen), deren Alter von Le Gros Clark⁶ auf über 1 Million Jahre geschätzt wird,

⁶ W. E. Le Gros Clark: *History of the primates*. Brit. Museum. 2. Aufl. London 1950. Siehe ferner G. Heberer: *Neue Ergebnisse der*

faßte das Endocranium ca. 600 ccm, d. h. kaum mehr als durchschnittlich das der großen, heute lebenden Menschenaffen; nach dem, was über Endokranciausgänge bekannt geworden ist (Shepers), war die Gehirnoberfläche aber komplizierter gebildet als bei den Menschenaffen. Der Gebrauch des Feuers und selbstgeschaffener Werkzeuge konnte bei den Praehomininen bisher nicht sicher nachgewiesen werden. — Bei der Pithecanthropus-Sinanthropus-Gruppe, bei denen ein Alter von ca. $\frac{1}{2}$ Million Jahren angenommen wird, beträgt das Fassungsvermögen des Endocranium ca. 900 ccm. Der Pithecanthropus mag bezüglich seiner Hirnmasse und nach anderen anatomischen Gegebenheiten auf einer Stufe etwa in der Mitte zwischen den heutigen Menschenaffen und dem Homo sapiens gestanden haben. Beim Sinanthropus (China) werden durchschnittlich etwas höhere Zahlen für das Fassungsvermögen des Endocranium angegeben als beim Pithecanthropus (Java). Für den Sinanthropus ist der Gebrauch des Feuers und von selbstgefertigten Steinwerkzeugen nachgewiesen. — Die Hominiden vom Neandertaltypus — das Alter wird von Le Gros Clark auf mehr als 70 000 Jahre angegeben — weisen überraschenderweise ein Fassungsvermögen des Endocranium von durchschnittlich 1450 ccm auf; diese Zahl liegt sogar etwas über dem Durchschnitt beim rezenten Europäer. Diese Tatsache ist zunächst überraschend, da sie nicht allenfalls mit einer höheren Körpergröße dieser Geschöpfe erklärt werden kann. Wurde das Gehirn des Neandertalmenschen vielleicht nicht voll ausgenutzt?

Versluys⁷ hat bereits diese Frage gestellt. Er geht davon aus, daß die Cephalisationsstufe des Neandertalers die gleiche gewesen sein dürfte wie die unsere (?) und kommt zu dem Schluß, „daß das Großhirn des Neandertalers und anderer ausgestorbener Urhominiden an Größe und an Anzahl der Neuronen erheblich die Bedürfnisse dieser Menschen überstieg“. Versluys schließt ferner, daß die Zunahme des Gehirns bei der Evolution, sei sie

menschlichen Abstammungslehre. Musterschmidt, Göttingen, 1951. G. H. R. v. Koenigswald: Begegnungen mit dem Vormenschen. Diederichs 1955.

⁷ J. Versluys: „Hirngröße und hormonales Geschehen bei der Menschwerdung.“ Verlag W. Maudrich, 1939.

kontinuierlich, sei sie sprungweise (Dubois)⁸ erfolgt, zuerst da war und daß erst dann das Organ allmählich zunehmend ausgenutzt wurde. Dieser Gedanke kehrt heute in allgemeiner Form öfters wieder. Rensch⁹ äußert sich: „In funktioneller Beziehung sind wohl überhaupt die Gehirne von höheren Wirbeltieren zu viel weitgehenden Leistungen befähigt, als sie ausgenutzt werden.“ Die nämliche Annahme dürfte auch bezüglich rezenter Rassen gelten, die unter primitiven Verhältnissen leben. Manchmal zeigt es sich, daß Angehörige solcher Rassen, in ein entsprechendes Milieu versetzt, den gesteigerten Anforderungen gerecht zu werden vermögen. Endlich werden wir auch fragen, nützt denn der Kulturmensch unserer Tage sein Gehirn, etwa alle möglichen Verbindungen der Neurone untereinander, ganz aus? Gibt es nicht Reserven, die sich u. U. zu ungewöhnlichen Leistungen befähigt erweisen? Gewisse moderne Erfahrungen der Neurochirurgie legen den Schluß nahe, daß es tatsächlich so ist. Unter bestimmten günstigen Voraussetzungen kann eine ganze Hemisphäre des menschlichen Großhirns weitgehend entbehrt werden; die geistige Leistungsfähigkeit ist überraschend gering gemindert. Man muß sich vorstellen, daß die erhaltene andere Hemisphäre für den Defekt eintritt und Funktionen übernimmt, die ihr normalerweise fremd sind. D. h. jede Hemisphäre muß über funktionelle Reserven verfügen, die im Notfall mobilisiert werden können. Wir können auf die theoretischen Konsequenzen, die sich hieraus ergeben, nicht eingehen.

Setzt man die Entstehung der Praehomininen mit 1 Million Jahre oder mehr an, so ist dies immer noch wenig, gemessen mit den Zahlen, die für die Entstehung der niedersten Tiere oder gar für die Entstehung des Lebens genannt werden; der Mensch ist

⁸ E. Dubois (1930) suchte zu zeigen, daß bei den Säugern eine sprungweise Größenzunahme durch Verdoppelung des Großhirns eine Rolle spielte. Eine Verdoppelung des von ihm aufgestellten Cephalisationsfaktors wird von ihm auch beim Vergleich von Pithecanthropus und Homo sapiens sowie beim Vergleich von Anthropomorphen und Pithecanthropus als wahrscheinlich bezeichnet. Da das Prinzip der sprungweisen Verdoppelung auf Widerspruch gestoßen ist, soll hierauf nicht eingegangen werden.

⁹ B. Rensch: „Hirngröße und Lernfähigkeit.“ Arbeitsgemeinschaft f. d. Forsch. d. Landes Nordrhein-Westfalen. Karl-Arnold-Festschrift, 1955.

ein später Bewohner dieses Planeten. Doch wie klein erscheint gegenüber der genannten Zahl die Spanne von 6 000 bis höchstens 10 000 Jahren, die wir als die historische Zeit bezeichnen. Für die Sonderstellung des Menschen sind aber diese letzten 10 000 Jahre entscheidend.

Erst in dieser Periode hat der Mensch die neue Art der Weitergabe erworben und sich damit eine neue Welt geschaffen. Es wird nun allgemein angenommen, daß in diesem Zeitraum die Evolution des Gehirns keine Fortschritte mehr gemacht hat. Wie einleitend von uns betont wurde, ist der Werdegang, der mit dem Erwerb der neuen Art der Weitergabe eingeleitet wurde, unabhängig von dem Erwerb neuer Gene und der Wirkung der Selektion (s. S. 55)¹⁰. Der Fortschritt der Technik, der Aufstieg der Kultur und die Entfaltung des menschlichen Geistes sind, wie betont, von Vorgängen der biologischen Evolution zu scheiden. Eine zunehmende Ausnützung des Gehirns und eine Steigerung seiner Leistungsfähigkeit wird dabei im Spiele sein, aber eine organische Fortentwicklung ist bisher nicht nachgewiesen¹¹.

Wir zitieren einen Absatz aus einem soeben erschienenen Aufsatz von J. Gottschick, „Entwicklung und Leistungsentfaltung des Menschenhirns“, Nervenarzt, 1955. Der Autor sagt: „Mindestens für die letzten 10 000 Jahre der Menschheitsgeschichte fehlen eindeutige Hinweise für eine morphologische Fortentwicklung des Menschenhirns, während in diesem Zeitraum der Mensch in der materiellen Kultur vom Steinwerkzeug bis zum Düsenflugzeug und in der geistigen von unklaren Vorstellungen über das Fortleben der Seele bis zu den Konzeptionen etwa der Quanten- und Relativitätstheorie gelangen konnte.“

Die Frage, ob in historischer Zeit eine Weiterentwicklung des Menschenhirns erfolgte oder nicht, ist unabhängig von dem Problem, ob dieses Organ überhaupt den Höhepunkt seiner Evolution erreicht hat oder ob ihm noch eine zukünftige Entfaltung bevorstehen mag. Wir neigen auf Grund gewisser Beobachtungen

¹⁰ Siehe auch bei Rensch: Neuere Probleme der Abstammungslehre. 2. Aufl. F. Enke. Ferner G. G. Simpson: The meaning of evolution. Oxford University Press, London, 1950.

¹¹ Ich persönlich bin nicht restlos davon überzeugt, daß gar keine Veränderungen des Gehirns in historischer Zeit eingetreten sind. Diese Frage kann z. Z. nicht entschieden werden. Ausgedehnte Vergleiche des Endocranium (an Ausgüssen) liegen noch nicht vor.

zur Bejahung der letztgenannten Möglichkeit. Wir wollen uns dieser Frage zuwenden.

Bei den folgenden sehr gekürzten Darlegungen gehen wir von morphokinetischen Vorgängen während der Keimesentwicklung aus. Diese Ausführungen betreffen also die Ontogenese des menschlichen Gehirns. Es steht fest, daß zwischen ontogenetischen Reihen und der Tierreihe (bzw. u. U. phylogenetischen Reihen) Parallelen vorkommen. Wir werden jeweils Hinweise hierauf geben.

Vor fast 140 Jahren schrieb der Heidelberger Anatom Friedrich Tiedemann in einer Monographie über die Bildungsgeschichte des Gehirns: „Es ergibt sich, daß die Bildung des Hirns im Embryo und Fetus während den verschiedenen Monaten der Schwangerschaft die Hauptbildungsstufen durchläuft, worauf das Hirn der Tiere das ganze Leben hindurch gehemmt erscheint. Daher kann es denn nicht mehr bezweifelt werden, daß die Natur bei der Bildung und Entfaltung des Hirns im menschlichen Fetus, so wie in der Tierreihe, nach einem und demselben Hauptgesetz verfährt.“ 50 Jahre nach Tiedemann hat Ernst Haeckel sein „Biogenetisches Grundgesetz“ (ohne Bezugnahme auf die Hirnbildung) aufgestellt, wonach die Ontogenese ganz allgemein eine kurze Rekapitulation der Phylogenese ist. Heute wissen wir, daß hier kein Gesetz vorliegt, sondern eine Regel mit vielen Ausnahmen, die meist durch Anpassung an das intrauterine Leben gedeutet werden. Trotz dieser Einschränkung bleibt die Regel wichtig genug, gerade für die Gehirnbildung. — Bezüglich des Unterschiedes zwischen dem allgemeineren Begriff der „Tierreihe“ und dem speziellen der „Phylogenese“ s. bei Spatz, „Edinger und die Vergleichende Anatomie des Gehirns“. Wiss. Mikroskopie (im Druck).

Bekanntlich setzt sich das Gehirn aus einer großen Anzahl von Teilorganen zusammen, die hierarchisch übereinander aufgebaut sind. Bei der ontogenetischen Entwicklung vollziehen sich Wachstum, Differenzierung und Reifung (z. B. des Vorganges der Myelogenese) der verschiedenen Teile zu verschiedenen Zeiten. Dem strukturellen Aufbau entspricht eine chronologische Aufeinanderfolge der Teile.

Auf frühen Phasen eilt der Hirnstamm im Wachstum voraus. Er wächst in frühen Stadien schneller als das Gesamthirn. Der Hirnstamm enthält vorwiegend solche Zentren, die elementaren, allen höheren Wirbeltieren gemeinsamen Funktionen dienen. Er bildet den Hauptbestandteil des „Althirns“ (Paläencephalon von Ludwig Edinger) und bleibt in der Wirbeltierreihe ziemlich

konstant, verhält sich also konservativ. Dem Hirnstamm steht das **Großhirn** gegenüber, dessen von **Edinger** als **Neurinde** (**Neocortex**) bezeichneter Anteil in der Säugetierreihe ausgesprochen wandlungsfähig ist und bei den höheren Formen eine erstaunliche progrediente Entfaltung erfährt¹². In der Ontogenese setzt ein beschleunigtes Wachstum der Großhirnhemisphären erst dann ein, wenn sich das Wachstumstempo des Hirnstammes zu verlangsamen beginnt. Während beim Hirnstamm die Differenzierung (gemessen am Aufbruch der indifferenten Keimschicht¹³) bereits in der Mitte der Schwangerschaft mehr oder weniger abgeschlossen ist, wird ein entsprechender Zustand vom retardierten Großhirn erst nach der Geburt langsam erreicht.

Unsere Fig. 2 und 4 zeigen Gehirne von menschlichen Feten im Vergleich mit dem Gehirn des erwachsenen Menschen (Abb. 3 u. 5), auf annähernd gleiche Größe gebracht. Die drei Hauptabschnitte des Hirnstammes sind erkennbar: das Rautenhirn (einschl. des Kleinhirns) ist weiß gelassen, das Mittelhirn ist durch waagrechte Striche gekennzeichnet und das Zwischenhirn, der höchste Abschnitt des Hirnstammes, auf den das Endhirn = Großhirn folgt, ist durch kleine Punkte angegeben. Man sieht die große Ausdehnung der drei Hirnstammabschnitte bei den Feten und ihre relative Verkleinerung beim Erwachsenen. — Das Großhirn gliedert sich in einen früheren paläencephalen Anteil, der u. a. das Riechhirn enthält, und einen späteren neencephalen Anteil, den schon erwähnten Neocortex. Der paläencephale Anteil ist auf unseren Figuren in 2 Areale gegliedert (von denen das eine durch große dunkle Punkte auf hellem und der andere durch weiße Punkte auf dunklem Hintergrund gekennzeichnet ist); wir gehen auf diese Unterscheidung aber nicht ein, sondern fassen

¹² Es gibt niedere Säugetiere, wie z. B. den Igel, die sich seit vielen Millionen Jahren konservativ verhalten haben. Der Neocortex, dessen Ausmaße bei den fossilen Formen am Endokranialausguß bestimmbar sind, bleibt hier auch bei den rezenten Formen klein. Das Gegenteil ist z. B. in der Pferdereihe der Fall (**Tilly Edinger**, 1948).

¹³ **W. Kahle**: Studien über die Matrixphasen und die örtlichen Reifungsunterschiede im embryonalen menschlichen Gehirn. *Dt. Z. Nervenhk.* **166**, 273—302 (1951).

beide Areale unter der Bezeichnung „Altrinde“ (Paläocortex)¹⁴ zusammen. Der durch graue Tönung hervorgehobene Neocortex, der bei den höheren Säugetieren eine ausgesprochen progrediente Entwicklungstendenz aufweist, ist bei dem Fetus der Abb. 2 noch klein im Vergleich mit dem Hirnstamm; er ist auch zuerst kleiner als der Paläocortex. Beim Erwachsenen ist der Neocortex weitaus der größte Teil des Gehirns und er hat alle anderen Teile überwachsen.

Bei dem Fetus der Abb. 2 liegen obere Anteile des Mittelhirns und des Zwischenhirns oberflächlich. Das Mittelhirndach prominent — ganz ähnlich wie es bei niederen Wirbeltieren, z. B. beim Frosch der Fall ist — groß und frei an der Oberfläche des Organes (Abb. 2 bei MD). Beim erwachsenen Menschen ist das Mittelhirndach relativ (im Vergleich zur Gesamtgröße des Gehirns) klein geworden und es ist ganz in die Tiefe versenkt. Es wird vom mächtig entfalteten Großhirn überdeckt, das nachweislich auch einen Teil seiner Funktionen übernommen hat. Das Mittelhirn ist nun, wie wir sagen wollen, „supprimiert“, d. h. in die Tiefe versenkt und überdeckt. Die *Suppression* vollzieht sich ganz allmählich und es gibt sowohl in der Ontogenese wie in der Tierreihe viele Zwischenphasen. — Ähnlich verhalten sich obere Anteile des Zwischenhirns, die auf Abb. 2 noch teilweise an der Oberfläche zu sehen sind, während sie beim Erwachsenen wieder völlig in der Tiefe liegen (Abb. 3). Auf das Schicksal der basalen Anteile des Hirnstammes werden wir auf S. 69 zurückkommen.

Etwas später als die genannten Anteile des Hirnstammes wird ein Teil der Großhirnrinde, die Insel, supprimiert. Wir vergleichen jetzt Abb. 4 und Abb. 5. Die Insel ist ein altertümlicher Großhirnteil, der unmittelbar oberhalb der Grenze zwischen Paläocortex und Neocortex (Fissura rhinica lateralis) gelegen ist (auf den Abbildungen ist die Insel mit J bezeichnet). Beim Fetus der Abb. 4 liegt das Inselgebiet — ähnlich wie bei vielen niedrigen Säugetieren — in relativ großer Ausdehnung an der Gehirnoberfläche. Beim erwachsenen Menschen ist die Insel (sie verdient jetzt erst

¹⁴ Die Bezeichnung wird in der Literatur vielfach in einem anderen Sinn gebraucht.

ihren Namen) relativ klein geworden und in die Tiefe versenkt. Sie wird jetzt von den umgebenden stärker wachsenden Windungen des Neocortex, wie durch einen Klappdeckel (Operculum) zugedeckt. Die Abb. 5 zeigt die Insel, nachdem die umgebenden Windungen künstlich auseinandergezogen wurden.

Der Neocortex gliedert sich auch wieder in frühere, mehr elementaren Funktionen dienende Anteile und in spätere, denen kompliziertere, integrierende Leistungen zugeordnet werden. Zu den früheren Anteilen gehören u. a. die viscerale, die akustische und die optische Rinde. Diese Rindenteile, die in der Markreifung vorgehen, finden wir beim erwachsenen Menschen ganz oder größtenteils supprimiert, so daß man sie bei der Betrachtung von außen ohne die Eröffnung von Furchen nicht sehen kann. Die viscerale Rinde liegt in der Tiefe der Furche zwischen den beiden Hemisphären; die Hörrinde (i. e. S.) ist in die Fissura lateralis Sylvii versenkt und liegt im Bereich der sogenannten Querwindungen in der Nachbarschaft der Insel unter dem genannten Operculum (Abb. 5); von der Sehrinde endlich befindet sich der weitaus größte Teil in hinteren Abschnitten der interhemisphärischen Furche und nur ein kleiner Teil kommt am Hinterhauptspol an die Oberfläche (Abb. 5).

Aus den bisherigen Feststellungen, die durch viele andere ergänzt werden könnten, lassen sich folgende morphokinetische Prinzipien ableiten:

1. Entwicklungsgeschichtlich frühere Hirnteile, die sich ursprünglich an der Oberfläche ausdehnen (prominieren) werden später mit nachlassendem Wachstumstempo sukzessive in die Tiefe versenkt und zugedeckt (Suppression)¹⁵.

2. Mit der Nach-Innen-Verlagerung früher Hirnteile breiten sich spätere Teile an der Oberfläche aus, die ursprünglich klein waren und zu einem späteren Termin intensiv zu wachsen be-

¹⁵ Eine solche Nach-Innen-Verlagerung ist von der Bildung anderer Organe her bekannt und wird als „Internation“ bezeichnet (A. Remane: „Die Grundlagen der Vergleichenden Anatomie und der Phylogenetik“, Leipzig, 1952.

ginnen. Sie sind es, die zuletzt an der Oberfläche prominieren¹⁶.

Diese Gesetzmäßigkeiten gelten nicht nur für die Ontogenese des Menschenhirns, sondern ebenso auch für die Entfaltung des Gehirns in der Säugetierreihe.

In der Tierreihe gibt es nun außer der Suppression noch einen anderen, bisher kaum berücksichtigten Modus der Nach-Innen-Verlagerung: Bestimmte frühere Hirnteile rücken von der Oberfläche gegen die Tiefe zu ab, ohne daß sie verdeckt werden. Sie bleiben also bei der Betrachtung des herausgenommenen Organes sichtbar; sie sind aber doch in Richtung nach Innen verlagert. Wir nennen diesen Vorgang „Retraktion“; er ist mit dem der Suppression durch Übergänge verbunden¹⁷. Die Oberfläche des Organes wird durch die Wand der Schädelhöhle, des Endokranium, angezeigt, der das Gehirn ganz eng anliegt oder von der es sich in verschiedenem Ausmaß retrahieren kann. Im ersten Fall kommt es zur Impression an der knöchernen Endokranialwand, im anderen Fall bleibt sie aus.

Die Impressionen lassen sich, wie bereits S. 60 vermerkt, durch den Endokranialausguß wieder in ein Positiv zurückführen, welches das Hirnrelief widerspiegelt. Bei niederen Säugetieren können sich auch die Anteile des Hirnstammes und des hier meist ausgedehnten Paläocortex imprimieren, weil sie oberflächlich liegen. Beim Menschen ist dies ganz anders. Hier sind ausgedehnte Hirnteile von der Endokranialwand abgerückt, wobei der Zwischenraum durch Gehirnflüssigkeit ausgefüllt wird (Bildung der sogenannten Zisternen). Diese retrahierten Hirnteile verlieren ebenso wie die supprimierten die Fähigkeit zur Impression. Wenn man Ausgüsse vom Endokranium herstellt, so erscheinen die entsprechenden Stellen glatt (Abb. 6a), während an anderen Stellen ein Relief auftritt, das genau dem Gehirnrelief entspricht (Abb. 7a Fr. + T.). Wir haben zu zeigen gesucht, daß allen retrahierten (und daher nicht impressionsfähigen) Hirnteilen, ebenso wie den supprimierten,

¹⁶ In früheren Phasen erweist sich also der Hirnstamm im Vergleich zum Wachstum des Gesamthirns als positiv allometrisch. Später wird er negativ allometrisch, während jetzt das Großhirn positiv allometrisch wächst.

¹⁷ Die Insel ist anfänglich nur retrahiert, später wird sie auch supprimiert.

gemeinsam ist, daß sie bei der Entwicklung vorangeeilt sind. Retrahiert ist beim Menschen die gesamte Basalseite des Hirnstammes (Abb. 7a bei Hst.), während die Oberseite, wie wir sahen, supprimiert ist. Man kann also sagen, daß der gesamte Hirnstamm nach innen verlagert ist und sich daher nicht mehr imprimieren kann. Retrahiert ist ferner das Paläocerebellum und der gesamte Paläocortex einschl. des Tractus olfactorius¹⁸. Der Lobus parolfactorius Edingers, der bei niederen Säugetieren, wie z. B. beim Igel, ein mächtiges, an der Oberfläche prominierendes Gebilde darstellt, dem an der Endokranielwand eine „Impressio parolfactoria“¹⁹ entspricht, ist beim Menschen ganz klein geworden und liegt (als Tuber olfactorium) zutiefst am Boden einer Zisterne.

Endlich retrahieren sich beim Menschen auch Teile des Neocortex. Es sind wieder solche, die mehr elementaren Funktionen dienen und die früher reif werden, ähnlich wie die genannten supprimierten Anteile des Neocortex. Es handelt sich um die Großhirnrinde an der im Wachstum vorangehenden Konvexität der Hemisphären, zu der u. a. die durch frühe Markreifung ausgezeichneten motorischen und sensiblen Rindenfelder gehören (Abb. 5). Es ist schon seit langem aufgefallen, daß die Rinde an der Konvexität der Hemisphären an der Innenseite der Kalotte (von einem Übergangsgebiet zur Basis abgesehen) beim Menschen keine Impressionen hervorruft, während die Impressionen bei Huftieren, Raubtieren sowie bei niederen und mittleren Affen an der Konvexität besonders deutlich sind. Der Endokranielausguß ist beim Menschen an der Konvexität glatt, während er bei den genannten Tieren das Hirnrelief widerspiegelt (vgl. Abb. 6a u. 6b).

Wir fragen jetzt, welches sind diejenigen Teile des Menschenhirns, die — nicht supprimiert und nicht retrahiert — sich am stärksten an der Endokranielwand imprimieren? Es ist der Basale Neocortex. Dies zeigt der Ausguß von Abb. 7a.

¹⁸ V. Smith-Agrada: „Über die Verteilung der Impressiones gyrorum an der Innenseite des Gehirnschädels des Menschen.“ Dt. Z. f. Nervenheilk. **173**, 37—68 (1955).

¹⁹ E. Simon: „Vordere und mittlere Schädelgrube bei Laboratoriums- und Haussäugetieren.“ 1. Mitteilung. Acta Anatomica **22**, 97—127 (1954).

Unter der Bezeichnung „Basaler Neocortex“ — auf S. 59 war von ihm schon die Rede — habe ich diejenigen Anteile des Stirn- und Schläfenhirns zusammengefaßt, die bei der Betrachtung des Gehirns von der Basis erkennbar sind. Die Abb. 1b zeigt, daß diese Teile beim erwachsenen Menschen mächtig ausgebildet sind, während beim Fetus der Palaeocortex noch einen beträchtlichen Raum fordert (Abb. 1a). Wenn wir in der Säugetierreihe hinabsteigen, so stellen wir fest, daß der Basale Neocortex zunehmend kleiner wird. Bei manchen niederen Säugetieren, wie z. B. beim Igel, sieht man überhaupt nichts von ihm. Hier beschränkt sich der Neocortex völlig auf die Konvexität der Hemisphären, wo er wie eine Kappe obenauf sitzt, während an der Basis nur der mächtige Paläocortex zu sehen ist.

Die Ausdehnung des Neocortex nach basal ist meist mit einem Vorgang verbunden, den wir als „gegensinnige Rotation des Stirn- und Schläfenhirns“ bezeichnen²⁰. Auf der Abb. 3 deuten die Pfeile die Richtung der Rotation an (um eine durch die im Wachstum zurückbleibende Insel gelegte Achse). Beim Erwachsenen ist die Rotation vollzogen (Abb. 5). Wie man sieht, überdecken jetzt vordere Anteile des Schläfenlappens hintere Anteile des unteren Stirnhirns. Man vgl. auch mit Abb. 1a, wo die letztgenannten Teile noch durch dazwischen liegenden Paläocortex und die freiliegende Insel voneinander geschieden sind, während sie sich beim Erwachsenen überdecken (Abb. 1b). Der Basale Neocortex wird ganz zuletzt fertig. Es erweist sich sowohl bezüglich der Windungsbildung als bezüglich der Markreifung im Vergleich zum Neocortex der Konvexität als retardiert.

Die hochgradige Ausbildung des die vordere und mittlere Schädelgrube formenden Basalen Neocortex ist ein Merkmal des Menschenhirns²¹. Die geringere Ausbildung beim Schimpanse und besonders beim Gorilla zeigen, an Hand von Endokranielausgüssen, die Abb. 8a und Abb. 8b.

²⁰ S p a t z : Gegensätzlichkeit und Verknüpfung bei der Entwicklung von Zwischenhirn und Basaler Rinde. Allg. Z. f. Psychiatr. 125 (Kleist-Festschrift), 166—177 (1949).

²¹ Eine gute Ausbildung des Basalen Neocortex findet sich ferner bei den Walen und beim Elefanten.

Soweit das bisher vorliegende, allerdings spärliche Material von Endokranialausgüssen früher fossiler Hominiden einen Schluß zuläßt, ist bei diesen der Basale Neocortex weniger ausgebildet als beim rezenten Menschen. Dies zeigt ein Vergleich der Basalansicht des Ausgusses vom *Homo rhodesiensis* mit der Basalansicht eines Ausgusses vom modernen Menschen (Abb. 7b und Abb. 7a)²².

Die Menschenaffen sind merkwürdigerweise durch eine allgemeine geringe Impressionsfähigkeit ausgezeichnet. Abb. 8a zeigt die Verhältnisse beim Gorilla, Abb. 8b beim Schimpanse, wo etwas mehr von Impressionen zu sehen ist. Wir deuten dies so, daß bei manchen Anthropomorphen die Gehirnevolution überhaupt mehr oder weniger zum Stillstand gelangt ist.

Wie schon seit langem aufgefallen ist, imprimierte sich die entwicklungsgeschichtlich frühere Konvexitätsrinde bei fossilen Hominiden in größerer Ausdehnung als durchschnittlich beim rezenten Menschen (wenn auch lange nicht so ausgedehnt wie etwa bei den niederen und mittleren Affen). Ich deute dies so, daß bei den fossilen Hominiden die Konvexitätsrinde teilweise (besonders frontal) noch in der Entfaltung stand, während sie beim rezenten Menschen den Höhepunkt der Evolution überschritten hat.

Die Fähigkeit zur Impression bzw. ihr Mangel stehen nach unserer Meinung also in einem Zusammenhang mit der Evolution²³. Früher angelegte Hirnteile verlieren bei höher differenzierten Formen die Impressionsfähigkeit, die sie früher besessen haben, durch Nach-Innen-Verlagerung infolge Retraktion und Suppression. Der entwicklungsgeschichtlich besonders späte Basale Neocortex zeigt beim rezenten Menschen die größte Ausbildung und den höchsten Grad der Impression.

²² H. Spatz: Gehirn und Endocranium. *Homo* 5, 49—52 (1955). — Weiteres u. a. bei F. Tilney: *The Brain from ape to man*. P. B. Hoeber, New York II. Vol. 861—936 (1928) und A. Riens Kappers, *Anatomie du système nerveux*. Masson, Paris 1947.

²³ Mit der Wirkung der Schwerkraft kann die Impressionsfähigkeit keinesfalls zusammenhängen. Durch diese Annahme wäre weder das Auftreten der Impressionen an der Schädeldecke bei so vielen Säugetieren, noch ihr Fehlen an der Basis des Hirnstammes beim Menschen zu erklären.

Zusammengefaßt lautet unsere Hypothese: Die Impressionsfähigkeit an der Wand des Endokranium ist ein Indikator für die Prominenz und damit für die den entsprechenden Hirnteilen — auf der betreffenden Stufe — zukommende Ausdehnungstendenz (Propulsion). — Das Fehlen der Impressionsfähigkeit ist ein Indikator für die Nach-Innen-Verlagerung, sei es durch Suppression, sei es durch Retraktion, und damit für den Verlust der Propulsivität (der entsprechenden Hirnteile bzw. des gesamten Gehirns).

Im Ausdruck „Propulsion“ ist ein Hinweis auf die Zukunft enthalten. Wir kommen damit auf die S. 63, u. aufgeworfene Frage zurück: Hat das Menschenhirn den Höhepunkt seiner Evolution erreicht oder gibt es Anhaltspunkte für eine zukünftige Weiterentwicklung? Zukunftsprognosen sind in der Biologie problematisch und man kann hier nur mit Wahrscheinlichkeitsgraden rechnen. Der oben skizzierte Gedankengang macht es uns wahrscheinlich, daß die Evolution des Menschenhirns noch nicht allseits abgeschlossen ist (wie wir dies für den Gorilla und für viele niedere Wirbeltiere annehmen möchten), sondern daß eine lokale Weiterentwicklung möglich ist. Während für die paläencephalen Anteile des Hirnstammes und für den Palaeocortex des Großhirns sowie auch für die supprimierten und retrahierten Anteile des Neocortex wenig Aussicht auf Weiterentwicklung zu bestehen scheint, gibt es Anhaltspunkte dafür, daß die prominenten basalen Anteile der neocortikalen Stirn- und Schläfenlappen („Basaler Neocortex“) den Keim zu weiterer, zukünftiger Entfaltung in sich tragen. Sie werden am spätesten gebildet und sie erreichen beim Menschen den höchsten Grad der Impression (an der vorderen und mittleren Schädelgrube). Wie auf S. 59 erwähnt wurde, besteht Grund zu der Annahme, daß diese Gebiete mit spezifisch menschlichen seelischen Leistungsfähigkeiten in irgendeinem Zusammenhang stehen.

Der Gedanke, daß eine lokale Weiterentwicklung des Menschenhirns möglich ist, wurde bereits einmal, vor 25 Jahren, von C. v. Economo in seiner Hypothese von der „Progressiven Cerebration“ geäußert. Economo schrieb: „Die Möglichkeit ist gegeben, daß neue Organe in der Hirnrinde entstehen und neue, bisher ungeahnte psychische Fähigkeiten vom Menschengeschlecht

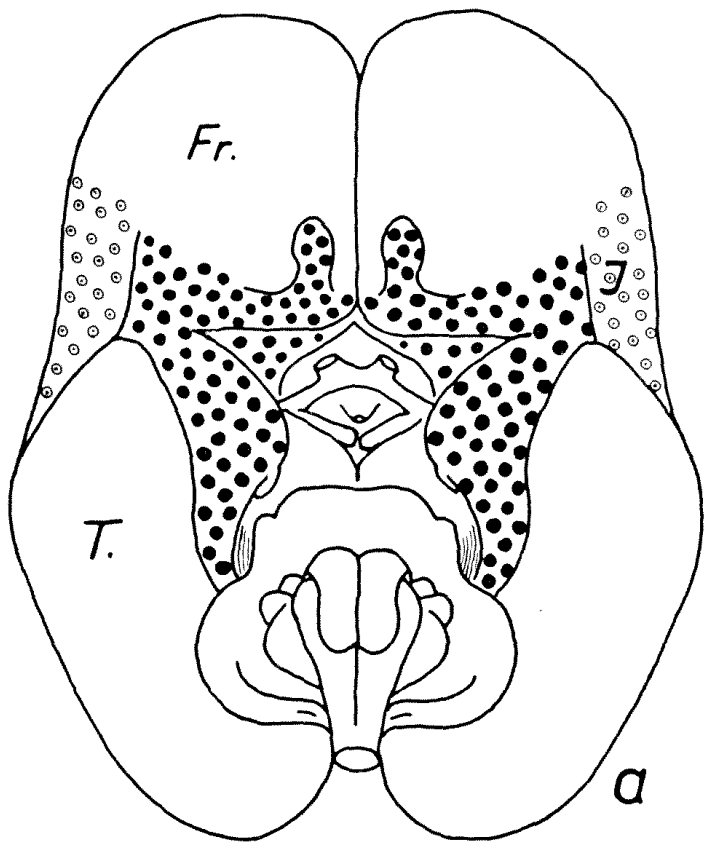


Abb. 1a: Gehirn eines menschlichen Embryos ca. aus der Mitte der Schwangerschaft unter Benützung einer Abbildung von G. Retzius, von der Basis gesehen. Palaeocortex (durch dunkle Punkte gekennzeichnet) relativ ausgedehnt. Insel (J) noch nicht supprimiert. Basaler Neocortex weiß gelassen (Fr. Anteil des Stirnlappens; T. Anteil des Schläfenlappens); die beiden Anteile sind noch durch Palaeocortex und Insel voneinander geschieden.

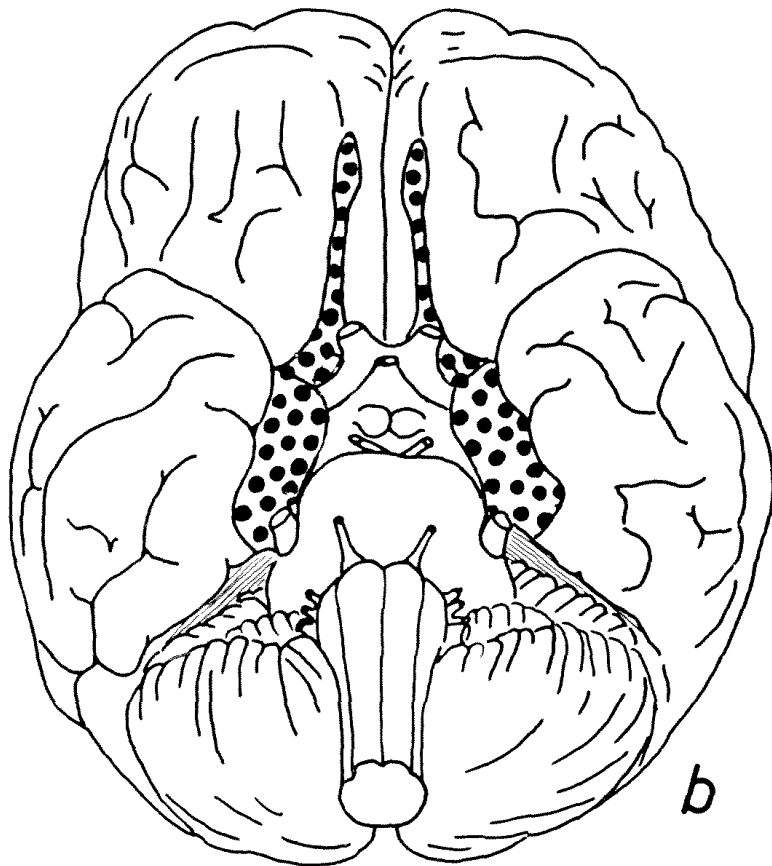
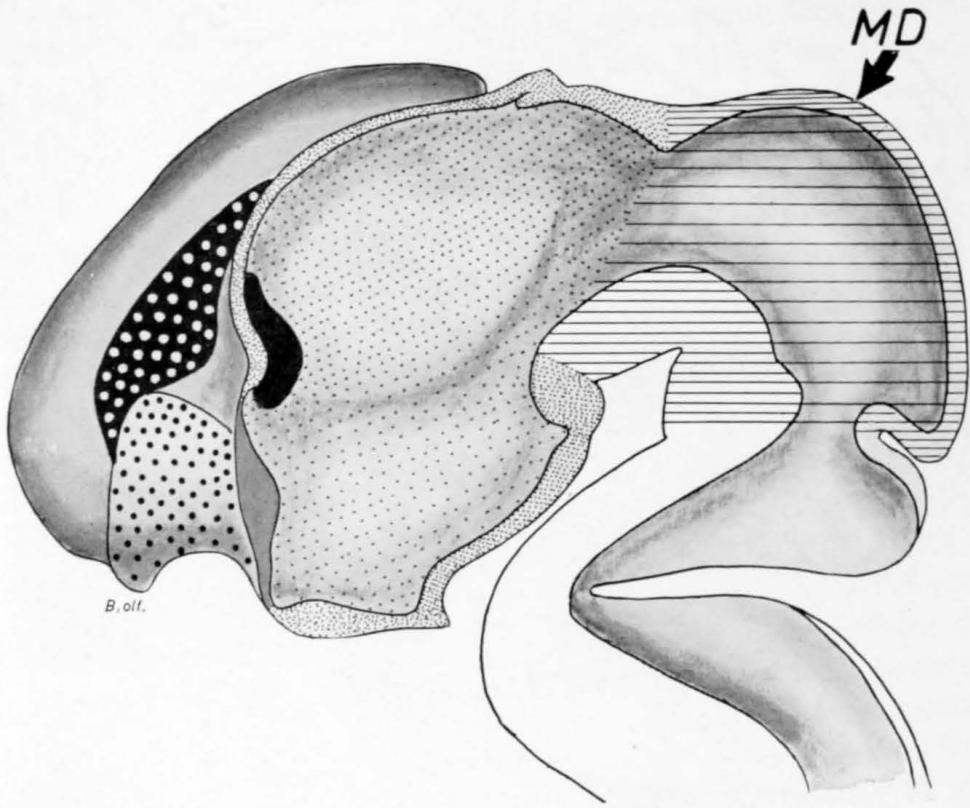


Abb. 1b: Gehirn vom erwachsenen Menschen, von der Basis gesehen. Palaeocortex relativ klein geworden und retrahiert. Insel supprimiert und daher nicht sichtbar. Mächtige Entfaltung und Prominenz des Basalen Neocortex; Schläfenlappenpol hat hintere Teile des Basalen Stirnlappens überwachsen (Rotation vollzogen).









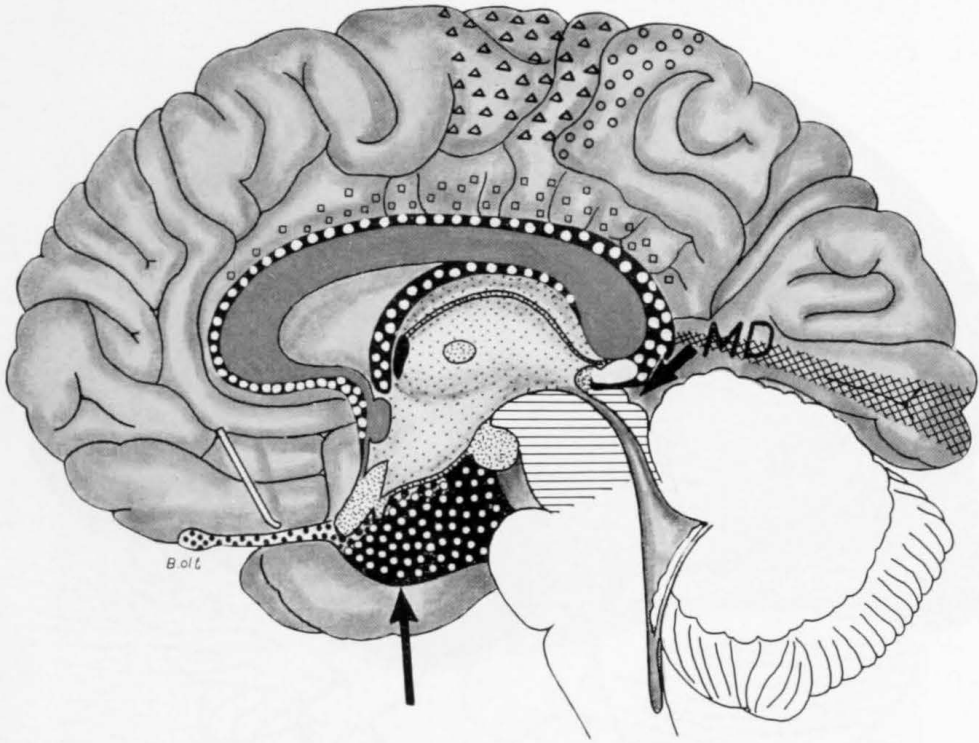
- | | | | |
|---|----------------|---|------------------------------------|
|  | = Neocortex |  | = Mittelhirn |
|  | = Palaeocortex |  | = Rautenhirn |
|  | | <i>MD</i> | = Mittelhirndach |
|  | = Zwischenhirn | <i>B.olf.</i> | = Bulbus olfactorius (Riechkolben) |

Abb. 2: Gehirn eines menschlichen Embryos ca. vom Anfang des 3. Monats unter Benützung des Modells Ha 3 (27 mm Steißscheitellänge) von F. Hochstetter. Ansicht von innen.



Fissura palaeo-
neocorticalis



= motorischer Neocortex



= visceraler Neocortex



= sensibler Neocortex



= optischer Neocortex

Abb. 3: Gehirn vom erwachsenen Menschen von innen gesehen.
Sonstiges wie auf Abb. 2.

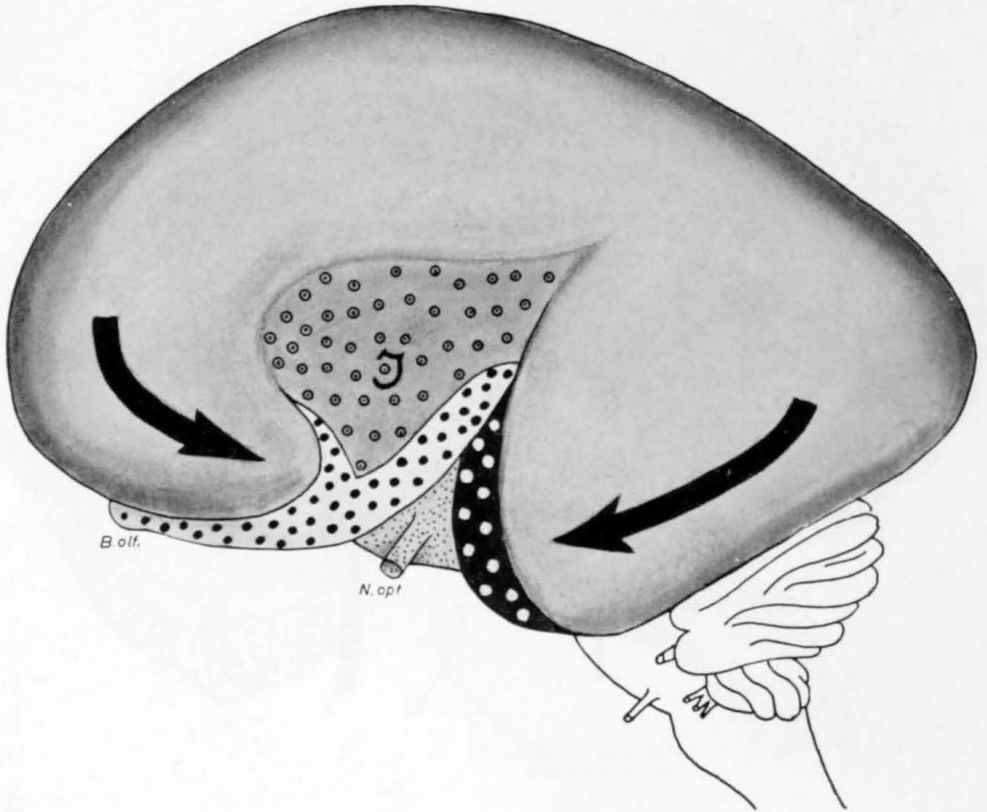
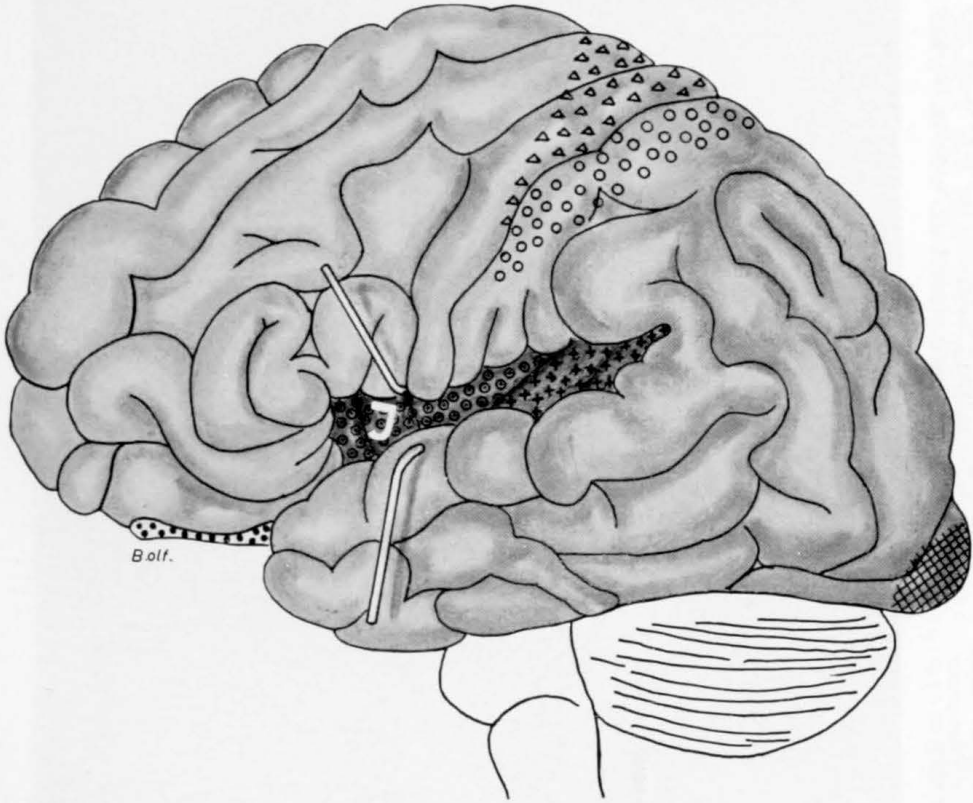


Abb. 4: Gehirn eines menschlichen Embryos ca. vom Anfang des 5. Monats. Unter Benützung der Abb. 551 des Lehrbuches der Entwicklungsgeschichte von H. K. Corning. Ansicht von der linken Seite. J = Insel. Die Pfeile sollen die Richtung der Rotation der Stirn- und Schläfenlappen anzeigen. Sonstiges s. Abb. 2.



= akustischer Neocortex

Abb. 5: Gehirn vom erwachsenen Menschen. Ansicht von der linken Seite. Die Fissura lateralis Sylvii ist durch Haken künstlich eröffnet, um die supprimierte Insel (J) zu zeigen. Sonstiges bei Abb. 2 und 4.

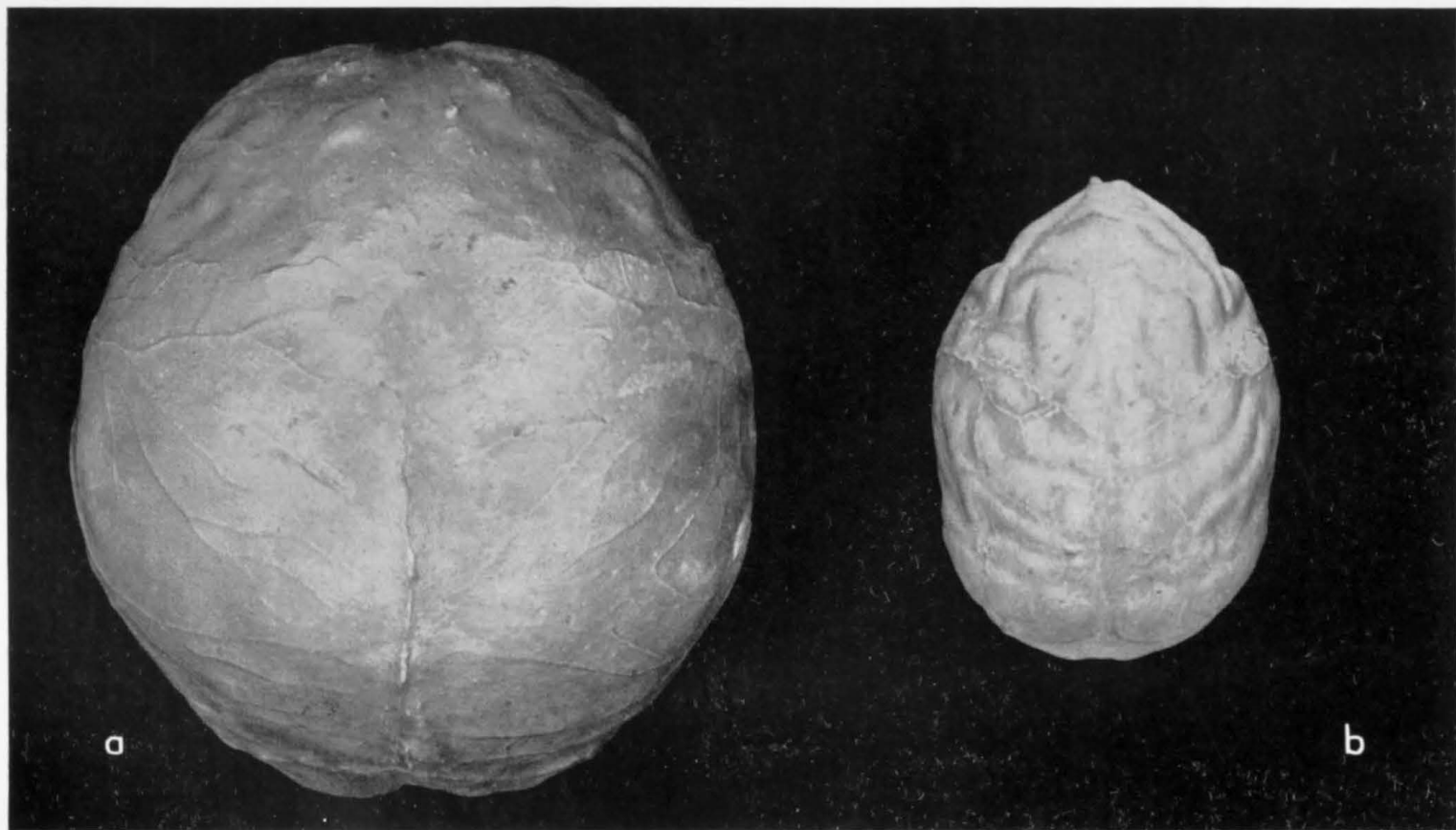


Abb. 6a: Mensch, Endokranialausguß. Ansicht von oben. Nur im frontalen Übergangsgebiet sind seichte Impressionen erkennbar.

Abb. 6b: Pavian, Endokranialausguß. Ansicht von oben. Die Rinde der Konvexität hat sich überall deutlich imprimittiert.

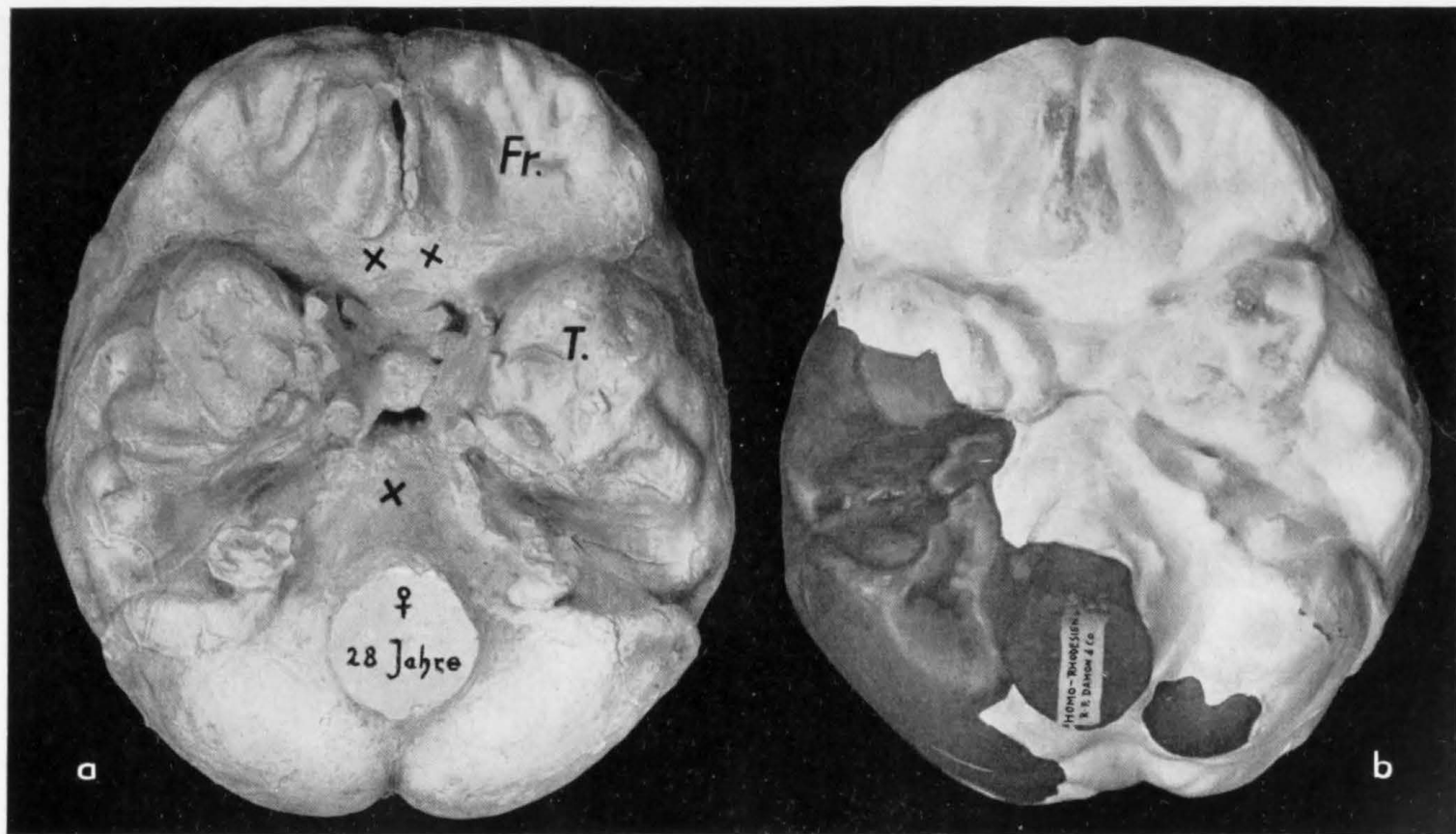


Abb. 7a: Mensch von der Basis gesehen, aus Smith-Agreda. Fr. = Stirnhirnanteil des Basalen Neocortex; T. = Schläfenhirnanteil des Basalen Neocortex; beide imprimieren sich sehr intensiv. X = Retrahiertes Hirnstamm nicht impressionsfähig. XX = Retrahiertes Riechhirn und entwicklungsgeschichtlich ältere Teile der Umgebung nicht impressionsfähig.

Abb. 7b: Homo rhodesiensis von der Basis gesehen. Basaler Neocortex noch nicht voll entfaltet (relative Schmalheit des neokortikalen Schläfenlappens). Abb. 7a u. 7b stellen Endokranilausgüsse dar.

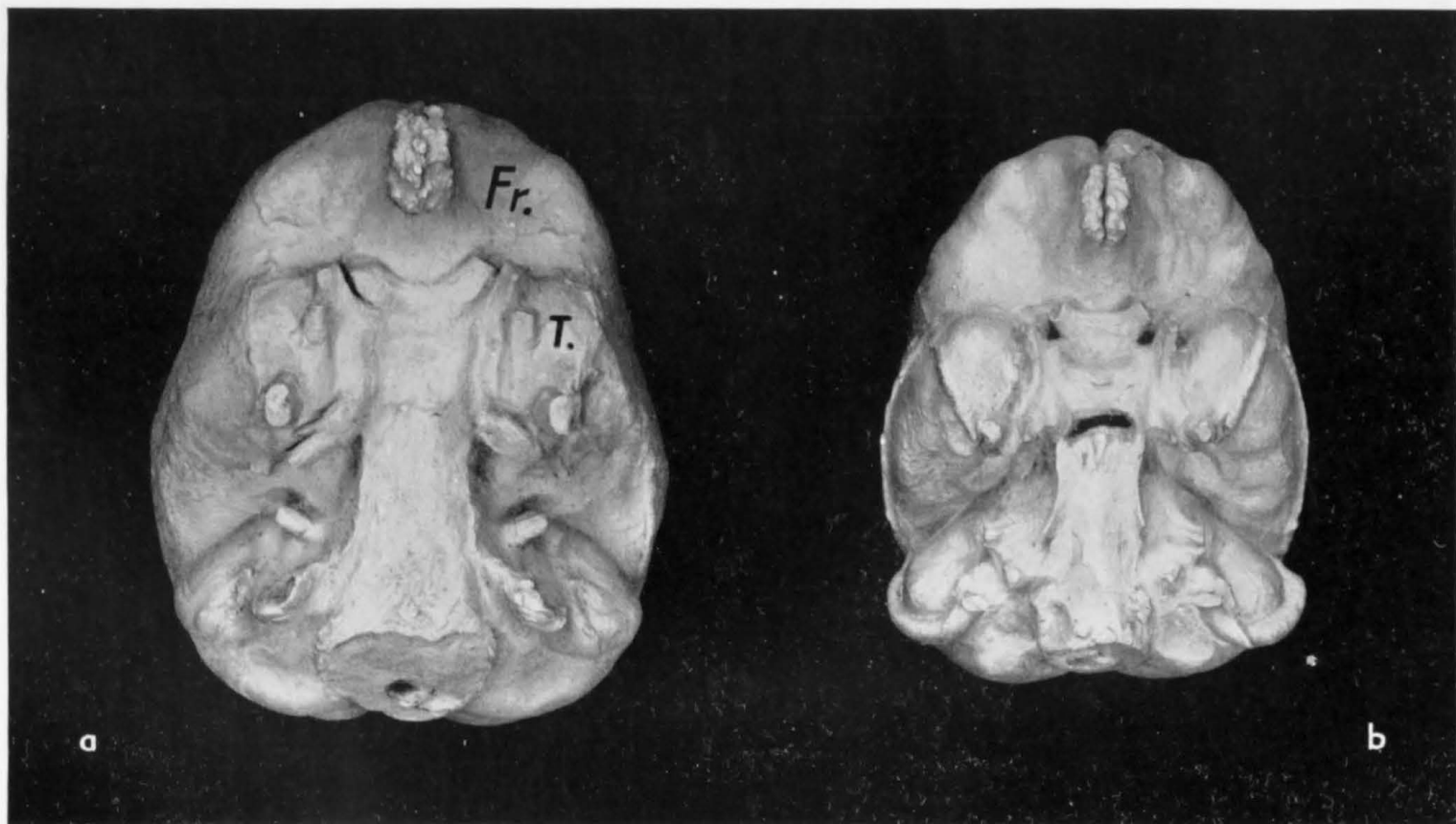


Abb. 8a: Gorilla. Ansicht von der Basis. Geringe Ausbildung des Basalen Neocortex. Schädelbasismitte relativ breit. Stark vortretendes Rostrum. Allgemein schlechte Impressionsfähigkeit.

Abb. 8b: Schimpanse. Ansicht von der Basis. Etwas bessere Ausbildung des Basalen Neocortex. Einzelne Impressionen. Beide Bilder sind Endokranialausgüsse.

erworben werden.“ „Neue Möglichkeiten des Daseins“²⁴, so fährt er fort, „könnten sich damit eröffnen.“ *Economio* ist auf einem anderen Weg, als wir, nämlich auf dem Weg der Vergleichenden Architektonik der Großhirnrinde zu dem Gedanken einer zukünftigen Fortentwicklung des Menschenhirns gelangt. Er denkt u. a. besonders an die agranuläre Praefrontale Region. Der Basale Neocortex in unserem Sinne — er ist keine architektonische Einheit — hatte zu *Economos* Zeiten noch kaum das Interesse erweckt; er galt als „stummes“ Gebiet. Der morphokinetische Forschungsweg, den wir hier beschritten haben, lag *Economio* fern. Dieser Weg ist nach unserer Meinung aussichtsreich, aber wir sind uns bewußt, daß das zur Zeit vorliegende Tatsachenmaterial erst einen Anfang darstellt. — Bemerkenswert ist es, daß man auf verschiedenen Wegen zu ähnlichen, wenn auch nicht denselben Schlußfolgerungen gelangt ist. Morphokinetische und architektonische Forschung könnten sich gegenseitig ergänzen.

Schluß.

Der Gedanke, daß eine zukünftige Entfaltung des Menschenhirns möglich, vielleicht sogar wahrscheinlich ist, dürfte wohl niemanden ganz unberührt lassen.

Die Aussicht, daß unser Gehirn den Höhepunkt seiner Evolution noch nicht erreicht hat, mag den Pessimisten vielleicht erschrecken. *Le Gros Clark* deutet am Ende seiner zitierten Schrift die Gefahren an, die den Menschen heute bedrohen. Er schließt mit dem Satz: „he may become extinct.“ Die Möglichkeit einer ethischen Vervollkommnung der Menschheit wird von den Pessimisten verneint.

Der Optimist mag dagegen anführen, daß gerade der Basale Neocortex, für den engere Beziehungen zu den höchsten seelischen Fähigkeiten des Menschen wahrscheinlich gemacht sind, nach der hier vertretenen Meinung den Höhepunkt seiner Entfaltung noch nicht erreicht hat.

²⁴ Die populäre Bezeichnung des Gehirns als „Denkorgan“ ist in mehrfacher Hinsicht höchst einseitig.

Doch, wie dem auch sein mag, wir werden uns nicht darauf verlassen, daß die Natur uns irgend einmal, vielleicht in fernster Zukunft, organische Voraussetzungen zum Erwerb neuer seelischer Eigenschaften geben wird. — Wir wollen uns darauf besinnen, wie kurz der Zeitraum ist, in dem die auf der Evolution des Menschenhirns beruhende „neue Art der Übertragung“ wirksam geworden ist. Was sind 6000, was sind 10 000 Jahre? Der Optimist wird sagen: warum sollen wir schon so nahe am Beginn verzagen?

Ist es aussichtsreich, Freiheit aus der Unbestimmbarkeit der Bewegungen der Elektronen abzuleiten? Ist die Frage nach Freiheit in der nicht-menschlichen biologischen Welt sinnvoll? Der Mensch ist ein Doppelwesen. Obwohl mit der biologischen Welt verhaftet, hat er sich eine eigene, dem Tier verschlossene Welt geschaffen, in der eigene Ordnungen bestehen. Nur hier gilt die Frage nach Freiheit. Wir sind bestrebt, so zu handeln, als ob wir Freiheit hätten. Wenn uns aber Freiheit zukommt, dann auch Verantwortung — auch für die Zukunft.