

Menschwerdung und Gehirnentwicklung.*)

Von Hugo Spatz.

(Max-Planck-Institut für Hirnforschung.)

Mit zwei Tafeln (Taf. I und II).

Das Rätsel der Menschwerdung ist das dritte der großen Rätsel neben dem Rätsel vom Werden des Weltalls und neben dem der Entstehung des Lebens und der Vererbung. Die Jahrhunderttausende der sogenannten menschlichen Vorgeschichte erscheinen — selbst wenn es sich bestätigen sollte, daß das Vorkommen menschenähnlicher Wesen bis in die letzte Periode des Tertiärs, also bis um einige Millionen Jahre, zurückverfolgbar ist — sehr klein im Vergleich mit den Zahlen der Vergangenheit des Lebens auf diesem Planeten oder gar mit den Zahlen der Vergangenheit des Weltalls, von welchen Herr Kollege Ullrich soeben gesprochen hat. Die wenigen Jahrtausende unserer Geschichte sind bei einem solchen Vergleich winzig. Und doch müssen wir gerade in diesen Jahrtausenden der Geschichte eine, durch die Vorgeschichte angebahnte, grundsätzlich neue Epoche sehen.

Naturwissenschaftlich betrachtet ist der Mensch zunächst ein Glied der lebendigen Natur. Warum war für Goethes Weltanschauung seine Entdeckung, daß auch beim Menschen ein Zwischenkieferknochen nachweisbar ist, so bedeutungsvoll? Weil sie ihm ein Beweis für seine Erkenntnis war, daß „eine innere ursprüngliche Gemeinschaft aller Organisation“ besteht, welche auch den Menschen einschließt. Später ist dann unter dem Einfluß Darwins das Problem der Abstammung des Menschen schärfer gefaßt worden. Fast alle Biologen sind sich heute darin einig, daß der Mensch kontinuierlich mit tierischen Formen zusammenhängt.

*) Festvortrag vor der Gießener Hochschulgesellschaft am 15. 7. 1950 (mit Erweiterungen).

Wir müssen uns zu unserer tierischen Herkunft und zur Verbundenheit mit dem Tier bekennen. Die Versuche mancher Forscher, wie z. B. E. D a c q u é's oder M. W e s t e n h ö f e r's, für den Menschen einen „Eigenweg“ zu retten, der ihn vom Beginn des Lebens auf der Erde aus den übrigen Lebewesen herausgehoben haben soll, halten nach unserer Meinung der Kritik nicht stand — und doch sind wir davon überzeugt, daß mit der Menschwerdung etwas grundsätzlich Neues in die Welt des Lebendigen eingetreten ist.

Die näheren Ahnen des heutigen Menschen sind im Kreise ausgestorbener Primaten, nämlich der sogenannten fossilen Hominiden, zu suchen. In den letzten Jahrzehnten sind wieder neue, eindrucksvolle Befunde bekannt geworden, die von der Existenz früher menschenähnlicher Wesen Zeugnis ablegen. Die in der letzten Eiszeit und Zwischeneiszeit lebenden „Neanderthaler“, die Formen des Pithecanthropus und Sinanthropus, wie sie vor etwa einer halben Million Jahren in Java und China gelebt haben, sowie endlich die wohl noch früheren Australopithecinen Südafrikas können hier lediglich dem Namen nach genannt werden. An eine Abstammung des Menschen von den heute lebenden Menschenaffen, von den Anthropomorphen, denkt heute niemand mehr; die lebenden Menschenaffen stellen einen Seitenzweig mit ausgesprochen einseitiger Spezialisierung (Schwingkletter-Anpassung) dar, und nichts spricht dafür, daß von da aus allenfalls noch ein Weg zum Menschen führen könnte. Wie wir später sehen werden, ist es möglich, auch etwas über die Gehirne fossiler Hominiden auszusagen (S. 47). Freilich, unser Wissen ist z. Z. trotz der neuen Befunde immer noch äußerst lückenhaft. Doch eines steht fest: Je früher die Funde von Überresten morphologisch menschenähnlicher Wesen sind (von Wesen, die mehr Menschenähnlichkeit besessen haben, als die heute lebenden anthropomorphen Affen), desto unverkennbarer treten tierische Züge hervor.

Diese Tatsache erscheint uns wichtiger als die Beantwortung der Frage, ob die eine oder andere Form einen direkten Ahnen des heutigen Menschen darstellt oder nicht, und wichtiger als die andere strittige Frage, ob die Australopithecinen bereits als Hominiden anzusprechen sind, oder ob man sie besser als „Prähominiden“ (H e b e r e r) von den eigentlichen Hominiden

abtrennt. Spricht nicht gerade die Tatsache dieser Uneinigkeit unter den Fachleuten im Sinne des Bestehens einer Kontinuität zwischen Menschen und tierischen Primaten?

Worin unterscheidet sich der Mensch vom Tier? Sicher in vielen Merkmalen der Einheit von Leib und Seele; doch was ist biologisch das Entscheidende? Mit Recht wird heute von verschiedenen Seiten betont, daß der menschliche Organismus keineswegs an bestimmte Umwelteinflüsse speziell angepaßt ist. Es wird das Nichtspezialisiertsein des menschlichen Organismus hervorgehoben, gerade auch bei der Gegenüberstellung zu den höheren Affen. Wenn der Mensch die Fähigkeit erworben hat, sich von der Anpassung an die Umwelt so weitgehend unabhängig zu machen, so soll der Mangel seiner Organisation dies veranlaßt haben, und gerade das Fehlen der Organspezialisierung soll, so sagen einige, die Eigenheit des Menschen ausmachen. Dem muß entschieden widersprochen werden. Der Mangel allein erklärt nicht die Emanzipation von der Umwelt; eine solche Schlußfolgerung geht u. E. am Wesentlichen vorbei. Auch der Mensch hat, wie alle Geschöpfe, von der Natur ein Spezialorgan erhalten, ein Organ, das zwar in verschiedenen Stufen bereits bei den Tieren vorkommt, das aber beim Menschen allein in einem bestimmten Anteil eine ausgesprochen spezialistische Ausbildung erfahren hat. Dies Spezialorgan des Menschen ist sein Großhirn, genauer gesagt, es sind dessen gewaltig ausgebildeten späteren Anteile. Wenn man von Menschwerdung spricht, muß an die Entwicklung des Großhirns gedacht werden.

Das menschliche Großhirn ist das Werkzeug, dem wir die Befreiung von der Umwelt verdanken. In seiner besonderen Organisation sind die Voraussetzungen zur Entstehung der Technik gegeben — und zu noch höheren spezifisch menschlichen Leistungen (s. Schluß). Die Technik, ein Produkt seiner besonderen Intelligenz, ermöglicht es dem Menschen, auf spezialistische Ausbildung mancher Organe zu verzichten und natürliche Mängel mehr als auszugleichen. Das Auge des Menschen ist nicht so spezialistisch gebildet, wie die Sehorgane vieler Tiere, aber die menschliche Technik hat Mittel gefunden, die uns gestatten, auf Ferne und Nähe mehr zu sehen als jedes Tier. Der Mensch überholt mit sei-

nen Hilfsmitteln das schnellste Pferd; nachdem er im Laufe von nur drei Generationen das Luftreich erobert hat, fliegt er höher und schneller als jeder Vogel und im Überqueren der Ozeane ist er jedem Fisch überlegen. Seine natürliche Temperaturregulation ist nicht ideal, aber Mittel der Technik (Kleidung usw.) ermöglichen es ihm, sowohl am Äquator dieses Planeten zu leben als an dessen Polen. Der Mensch kann sich mit dem Schimpanse im Erklettern von Bäumen nicht messen, aber doch ist ihm jede Frucht erreichbar. Der Mensch ist dem Gorilla an Körperkraft weit unterlegen und sein Gebiß ist eine recht unzulängliche natürliche Waffe; doch der Mensch schafft sich selber mit Hilfe der Technik künstliche Waffen, die viel wirksamer sind als alle natürlichen. Die Fertigkeit zu diesen Erfindungen hat das Vorhandensein eines kompliziert ausgebildeten Großhirns zur Voraussetzung und sie gehen dem Menschen verloren, wenn ihm durch Krankheit dieses Organ genommen wird; denn es ist nicht ersetzbar und nicht regenerationsfähig.

Diese hohe Meinung von der Bedeutung des Großhirns ist freilich noch nicht allgemein verbreitet. Sie gehört keineswegs zu dem alt überlieferten Bestand unseres Wissens. Das Gehirn des Menschen — das wir mit Ehrfurcht nennen — galt im Altertum meist als unedler Körperteil. Die Bibel kennt überhaupt kein Wort für dieses Organ. Tatsache ist, daß wir von seiner Tätigkeit keine unmittelbare Empfindung haben. Das Herz dagegen, dessen Pochen wir in Leid und Freud so deutlich verspüren, das Herz imponierte von altersher als „Seelenorgan“. Durch keinen geringeren als Aristoteles ist diese Meinung auch in die antike Wissenschaft eingeführt worden und die Folgen davon haben, sehr zu ungunsten des Gehirns, viele Jahrhunderte lang nachgewirkt. Obwohl bereits der alexandrinische Arzt Erasistratos (etwa 304 bis 250 v. Chr.) den besonderen Windungsreichtum der Großhirnrinde beim Menschen erkannte, hat man — dank der autoritativen Ablehnung durch Galen (129—201 n. Chr.) — gerade von diesem Teil des Gehirns noch am Beginn der Neuzeit eine höchst geringe Meinung gehabt. Diese Geringschätzung hat sich selbst bis in die Zeiten von F. J. Gall (1758—1828), der gegen dieses Vorurteil auftrat, noch vielfach erhalten. Erst in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts setzte sich, unter dem Druck immer neuer Forschungsergebnisse, die Erkenntnis langsam durch, daß die Großhirnrinde eine Summe von, wie wir heute wissen, auch morphologisch unterscheidbaren Organen darstellt, denen jeweils bestimmte körperliche und seelische Teilfunktionen zuzuordnen sind. Die Ergebnisse der „Zuordnungslehre“ (besser als „Lokalisationslehre“) am Men-

schenhirn stammen zum größten Teil aus der Medizin; sie sind heute noch nicht genügend in die allgemeine Biologie eingedrungen. Bei dem Zweig der Anthropologie, der sich speziell mit der Menschwerdung beschäftigt, spielt zwar der Schädel seit langem eine sehr große Rolle, aber sein Inhalt, das Gehirn, tritt dabei heutzutage meist in den Hintergrund¹⁾. Doch die Probleme der Hirnforschung sollten nicht auf einen kleinen Kreis von Spezialisten beschränkt bleiben; soweit sie die Menschwerdung betreffen, sind sie allgemein-menschliche Fragen.

Das Großhirn wurde dem Menschen nicht als vollendetes Werkzeug verliehen, sondern es hat sich in einem langen Werdegang, den wir freilich heute erst in großen Zügen zu überblicken vermögen, vielleicht in vielen Millionen Jahren, aus einfacheren tierischen Formen herausentwickelt. In der Entfaltung des komplizierten Großhirns ist der entscheidende Vorgang in Richtung auf die Menschwerdung zu suchen. Wir können sagen: Mit der spezifischen Entwicklung seines Großhirns ist der Mensch zum Menschen geworden. Wenn dies richtig ist, so taucht bei der Frage nach der Zukunft der Menschheit das Problem einer eventuellen Weiterentwicklung des Menschenhirns auf.

Diesem Gedankengang wird widersprochen werden. Von manchen Anthropologen wird die Meinung vertreten, daß bei der Menschwerdung nicht die Bildung eines bestimmten Organes, wie etwa des Gehirns, sondern der Erwerb einer bestimmten Funktion eine entscheidende Rolle gespielt habe. Sie meinen z. B. den Erwerb des aufrechten Ganges. Der aufrechte Gang, der von manchen überhaupt als Ausgangspunkt für die spezifisch menschliche Konstruktion gedacht wird, soll u. a. auch eine Umwandlung der knöchernen Schädelbasis mit der Bildung des sogenannten Clivuswinkels (Abb. 1a) zur Folge gehabt haben. Dies hat als weitere mechanische Folge, so wird gesagt, ein Aufklappen der Schädelwölbung nach sich gezogen. Das Aufklappen der Schädelwölbung soll dann — gewissermaßen als Nebenerscheinung (?) — dem Großhirn die Möglichkeit zur Ausdehnung gegeben haben. Dieser Gedankengang (der wegen seiner Einfachheit zunächst vielleicht bestechend wirken mag) hat indessen der Kritik nicht standgehalten. Aufrechter Gang kommt auch ohne jene Umbildung der

Schädelbasis im Tierreich vor; dagegen hat es sich gezeigt, daß die für den Menschen charakteristische Umbildung des Schädelgrundes von der Entfaltung des Großhirns abhängig ist (D a b e - l o w ²). Das Gehirn ist es, welches sein Gehäuse formt ³). Noch mehr als die Steilstellung des Clivus ist die Ausbildung der vorderen und mittleren Schädelgruben Eigentümlichkeit des Menschenschädels (Abb. 1a). Die Entstehung dieser Gruben am Schädelgrund geht mit der Entfaltung ganz bestimmter Großhirnrindenteile Hand in Hand. Dies sind die basalen (= unteren) Abschnitte der Stirn- und Schläfenlappen samt ihren Polen, welche wir unter der Bezeichnung „Basale Rinde“ ⁴) zusammenfassen (Abb. 2b). Die Basale Rinde formt die vorderen und die mittleren Schädelgruben, denen sie so dicht aufliegt, daß ein Ausguß dieser Gruben das Relief der entsprechenden Hirnwindungen wiedergibt (Abb. 2a und b).

Manche Autoren betonen die Bedeutung der menschlichen Hand für die Menschwerdung; die menschliche Hand bewahrt eine nicht spezialisierte Form, die eine vielseitige Beweglichkeit zuläßt. F. A. Kipp ⁵) behauptet diese Bedeutung nicht nur für Menschwerdung, sondern auch für Menschsein. Er sagt: „Das Menschsein beruht mindestens ebenso sehr auf dem Bau der Hand, wie auf der Struktur des Gehirns...“ Doch die Erfahrung lehrt die Unrichtigkeit dieses Satzes. Völliger Verlust der Hände, selbst wenn angeboren, beeinträchtigt nicht das Menschsein, selbst nicht das Vermögen zu künstlerischem Ausdruck, wie viele Beispiele beweisen. Ferner: Die menschliche Hand ist völlig gebrauchsunfähig, wenn ein bestimmtes, ganz kleines Gebiet in der motorischen Region der Großhirnrinde (im Falle des Rechtshänders für die rechte Hand in der linken, für die linke Hand in der rechten Hemisphäre) ausfällt; dagegen ist beim Verlust einer Hand, aber bei erhaltenem Zentrum, eine gewisse Wiederherstellung der Leistung durch eine sinnvolle Apparatur möglich. Es ist sicher richtig, daß es Wechselbeziehungen zwischen der Hand und den entsprechenden Gebieten der Großhirnrinde gibt; so, wie alle Teile des Organismus im Dienste eines Ganzen stehen und aufeinander eingestellt sind, so sind auch bei der Bildung der Hand

und der Entwicklung entsprechender Felder der motorischen Rinde Wechselbeziehungen (Korrelationen) anzunehmen. Doch bei der Funktion kommt es wesentlich auf das Großhirn an. Auch hier besteht der seherische Satz zurecht, den der Pythagoräer Alkmaion (aus Kroton in Unteritalien) vor fast 2½ Jahrtausenden ausgesprochen haben soll: ἐν τῷ ἐγκεφάλῳ τὸ ἡγεμονικόν (= „Im Gehirn liegt die Führung“).

Vielleicht hätte die Menschheit ohne den Besitz der Hand nicht den Grad der Technik erreicht, den sie heute erlangt hat; es fragt sich nur, ob das für unser Menschentum so abträglich wäre.

Der Erwerb der menschlichen Sprache muß bei der Menschwerdung eine entscheidende Rolle gespielt haben. Doch diese Fähigkeit ist auch wieder an die Ausbildung eines bestimmten Substrates in der Großhirnrinde gebunden. Seitdem der Franzose Paul Broca (1824—1880) nachgewiesen hat, daß die Erkrankung eines bestimmten Gebietes des Stirnhirns nahe der Basis (Fuß der unteren Stirnhirnwindung), beim Rechtshänder links, eine Störung der motorischen Sprache nach sich zieht, hat es sich erwiesen, daß sowohl im Stirnhirn, als auch im Schläfenhirn in der Umgebung der großen seitlichen Hirnfurche am Übergang von der Basis zur Konvexität eine Region zu suchen ist, deren Läsionen verschiedenartige Formen der Aphasie nach sich ziehen. Vergleichende anatomische Untersuchungen haben gelehrt, daß das von Broca gefundene frontale Sprachgebiet in der unteren Stirnhirnwindung und seine Nachbarschaft beim heutigen Menschen ausgedehnter ist als bei den höchststehenden tierischen Primaten und offenbar auch bei gewissen fossilen Hominiden (nach Schädelausgüssen zu urteilen, S. 48) ⁶⁾. Menschwerdung ohne Erwerb der Sprache ist nicht denkbar; jedoch Menschsein ist nicht notwendig an den Besitz der sogenannten äußeren Sprache gebunden. Bei den im späteren Leben vorkommenden Formen der Aphasie, welche durch lokale Krankheitsherde innerhalb der Sprachzentren hervorgerufen werden, kann bemerkenswerter Weise trotz Verlust der Sprache die menschliche Persönlichkeit nahezu erhalten bleiben. Es ist so, als wäre dem Menschen ein Ausdrucksmittel genommen, ohne daß das Menschliche selber an-

getastet würde. Johannes Lange hat in solchen Fällen von „Werkzeugstörung“ gesprochen.

Der Verstand als Denkanlage im Sinne der formalen Intelligenz hat beim Neandertaler oder bei früheren fossilen Hominiden zur Erfindung des Feuers, der Instrumente und schließlich der Anfänge der Technik geführt. Daß die Intelligenz, einschließlich Merkfähigkeit⁷⁾ und Gedächtnis, an die Großhirnrinde gebunden ist, wird von niemandem mehr bestritten. Einer Herabsetzung der Intelligenzleistungen begegnen wir besonders als Folge allgemeiner (also nicht örtlich beschränkter) Schädigungen der Großhirnrinde; es ist begreiflich, daß hiermit auch eine Senkung des Persönlichkeitsniveaus verknüpft ist.

Obwohl der Verstand an dem Aufbau der menschlichen Gesamtpersönlichkeit beteiligt ist, stehen ihm doch andere Seiten des Seelischen gegenüber, die sicher nicht weniger wichtig sind. Man kann diese etwa unter dem Begriff „Charakter“ zusammenfassen, wenn man damit mit H. W. Gruhle den „Aufbau der dauernden Eigenschaften des Gemütes und Willens“ versteht, wobei wir den instinktiven Willen nicht vergessen wollen. Mehr als die Intelligenz bestimmt der Charakter das eigentlich Menschliche, das „Wesen“ des Menschen. Hier taucht die Frage auf: Hat denn der Charakter auch etwas mit dem Gehirn zu tun? Ein Philosoph, und zwar kein geringerer als Arthur Schopenhauer (ein erstaunlich guter Kenner der Hirnforschung seiner Zeit), hat dies entschieden geleugnet. Schopenhauer betont, daß zwar der Intellekt nachgewiesenermaßen von der Unversehrtheit des Gehirns abhängt, daß aber der Charakter, die Affekte, der unbewußte Wille und das Temperament mit dem Gehirn gar nichts zu tun hätten. Es gebe keinen Fall im Schrifttum, der beweisen würde, daß durch eine Gehirnläsion eine Umwandlung des Charakters hervorgerufen worden sei. So sagte Schopenhauer vor etwa 100 Jahren. Doch wie steht die Frage heute?

Es ist m. E. das theoretisch wichtigste Ergebnis der Zuordnungslehre der letzten sechs Jahrzehnte⁸⁾, daß wir uns heute der Erkenntnis nicht mehr verschließen können, daß der Charakter des Menschen zwangsläufig durch ganz bestimmte örtliche

(glücklicherweise seltene) Läsionen des Gehirns verwandelt werden kann, wobei es bei chronischem Verlauf u. U. zu einer unaufhaltsamen Senkung des Niveaus der Persönlichkeit kommt. Besonders eindrucksvoll ist es, wenn in solchen Fällen nicht nur die Wahrnehmung und die Motilität, sondern auch die Sprache und die formale Intelligenz samt Merkfähigkeit und Gedächtnis erhalten geblieben sind und die Fähigkeit zu mehr automatischen Verrichtungen, u. U. auch zur Fortsetzung einfacher Berufstätigkeit, weiterbesteht, während die ethischen Hemmungen, das, was wir „Gemüt“ nennen, das feinere Taktgefühl, die Selbstbesinnung und die damit zusammenhängende höhere Urteilsfähigkeit sowie auch vorher bestandene Fähigkeiten zu schöpferischen Leistungen schwer beeinträchtigt sind. Hier ist der Mensch in seinem innersten Kern getroffen; die Fassade bleibt erhalten. Auch für den Fachmann ist das Erlebnis eines solchen Abbaues einer Persönlichkeit immer von neuem wieder erschütternd. Durch eine bestimmte Hirnläsion wird dem Menschen das eigentlich Menschliche entzogen. Dies ist mehr als Werkzeugstörung.

Welchen Sitz haben solche Hirnläsionen? Bei den hier gemeinten, seltenen Krankheitsfällen liegt eine doppelseitige Schädigung der Pole und der basalen Abschnitte des Stirnlappens vor; eine ähnliche Wirkung hat nach meiner persönlichen Meinung auch eine doppelseitige Läsion polarer und basaler Anteile des Schläfenlappens. Zusammengefaßt ist es also die S. 37 erwähnte Basale Rinde (genauer: basaler Neocortex, Abb. 2), deren doppelseitige Schädigung (bei genügender Intensität) so schwerwiegende Folgen nach sich zieht. Die moderne Medizinische Technik hat es dem Menschen ermöglicht, die frontalen Anteile dieser Hirnabschnitte auszuschalten (sogenannte Leukotomie); der Begründer dieses operativen Eingriffes wurde vor kurzem dafür mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Wir meinen, daß die Ausführung einer solchen Operation (oder einer ihrer Modifikationen) für den Arzt wohl die größte Verantwortung bedeutet, die er zu übernehmen vermag.

Die der vorderen und mittleren Schädelgrube (Abb. 1a) eng anliegende Basale Rinde hat bis vor kurzem die Aufmerksamkeit

nur wenig auf sich gezogen. Diese war seit Gall ganz auf die Rinde der Konvexität des Großhirns hingelenkt. In den Lehrbüchern spielt die Basale Rinde heute noch eine ganz kümmerliche Rolle. Die Physiologen haben sie lange Zeit als „stumm“ erklärt, bis die menschliche Pathologie in neuerer Zeit hier Wandel geschaffen hat. Ausgehend von der Gehirnentwicklung und ihrer Bedeutung für die Menschwerdung werden wir jetzt fragen: Wie steht es mit der Entwicklung der „Basalen Rinde“? Die Frage ist neu, denn man hat sich bisher mit diesem Gebiet eben nur wenig beschäftigt. Zur Beantwortung der Frage müssen wir erst etwas weiter ausholen.

Wir müssen uns zuerst vergegenwärtigen, daß das Gehirn in der Phylogenese (Stammesgeschichte), ähnlich wie in der Ontogenese (Keimesgeschichte), nicht allenfalls in seinen verschiedenen Teilen gleichmäßig zunimmt. Vielmehr ist die Entwicklung⁹⁾ der Teile eine ganz ungleichmäßige; bestimmte Abschnitte des Hirnstammes, welche allen Wirbeltieren gemeinsamen, elementaren Leistungen dienen, legen sich auch in der Ontogenese sehr früh an, andere folgen später und erst zuletzt entfalten sich diejenigen Teile, welche für die betreffende Art charakteristisch sind (entsprechend der v. Baer'schen Regel). Für unsere Fragestellung werden also die zuletzt auftretenden Teile des Menschenhirns wesentlich sein. Doch wir müssen zuerst von den früheren sprechen.

Auf frühen Stufen der Tierreihe und auch in frühen Phasen der menschlichen Embryologie ist der Hirnstamm verhältnismäßig (d. h. auf die Gesamtgröße des Gehirns bezogen) sehr groß, während das Großhirn sehr klein ist. Der Hirnstamm gliedert sich entwicklungsgeschichtlich in Zwischenhirn, Mittelhirn und Rautenhirn; dieses zerfällt in Brücke, Kleinhirn und verlängertes Mark, welches letzteres zum Rückenmark überleitet. Die relativ große Ausdehnung in früheren Stadien gilt auch für den vordersten, an das Großhirn grenzenden Abschnitt des Hirnstammes, nämlich für das Zwischenhirn (so benannt, weil es später zwischen den Hemisphären des Großhirns¹⁰⁾ liegt) und besonders für einen Abschnitt des Zwischenhirns, den „Hypothalamus“. Mit guten Gründen wird diesem eine Bedeutung für das Instinkt-

Leben zugesprochen; der Hypothalamus steht in unmittelbarer Verbindung mit der Hypophyse (Hirnanhangdrüse), welche eine Schlüsselstellung im Blutdrüsen-System einnimmt; hier berühren sich also das endokrine System und das Zentralnervensystem. Der Hypothalamus wird ausgesprochen früh angelegt, während der darüber gelegene Abschnitt des Zwischenhirns, der Thalamus, sich teilweise erst später stärker entwickelt, wenn sich diejenigen seiner Kerne entfalten, die zu bestimmten Großhirnrindenfeldern in engen Beziehungen stehen. Das Zwischenhirn als Ganzes tritt, ebenso wie das Mittelhirn, auf frühen Stufen an der äußeren Oberfläche des Gehirns hervor; beide Hirnteile „prominieren“, z. B. bei menschlichen Embryonen im zweiten Schwangerschaftsmonat oder bei niederen Wirbeltieren. Auf späteren Stufen der Ontogenese und Phylogenese¹¹⁾ werden Zwischenhirn und Mittelhirn, wie wir gleich sehen werden, allmählich in die Tiefe verdrängt, sie werden, wie wir sagen wollen, „supprimiert“ (S. 43). Auch bei der Differenzierung der mit dem Mikroskop feststellbaren Gewebsbestandteile eilt der Hirnstamm (von bestimmten späteren Anteilen, wie den genannten Thalamuskernen, dem Brückenfuß und den Kleinhirnhemisphären abgesehen) in der Entwicklung voraus, während das Großhirn (von den sogenannten Riechhirnanteilen abgesehen) sehr stark nachhinkt.

Diese „Retardation der Großhirnentwicklung“ gegenüber der Zwischenhirnentwicklung beträgt nach eigenen Untersuchungen bei menschlichen Embryonen weit mehr als ein halbes Jahr, wenn man als Maßstab den Verbrauch der, der Zellvermehrung dienenden „Keimschicht“ nimmt. Auch die „Markreifung“, d. h. die Differenzierung der die Nervenfasern umhüllenden Markscheiden, beginnt zuerst in Rückenmark und Hirnstamm, während das Großhirn selbst in Stadien, in welchen es in der Massenentfaltung bereits vorgerückt ist und prominiert, noch lange marklos bleibt. Der Verbrauch der Keimschicht vollzieht sich im Bereich des Großhirns beim Menschenkind erst in den ersten Monaten nach der Geburt, und zwar hier auch wieder in den zuerst zur Entfaltung kommenden Abschnitten. Mit der Markreifung ist die Differenzierung des Großhirngewebes aber noch lange nicht abgeschlossen.

Die Retardation der Großhirnentwicklung wird nicht nur durch den späteren Beginn des Entwicklungsvorganges, sondern auch durch sein exquisit langsames Tempo verursacht; erst viele Jahre nach der Geburt kann man von einem Abschluß sprechen. Die Retardation, die beim Menschen in be-

sonderem Maße ausgesprochen ist, stellt, ebenso wie die langsame geistige Reifung des Kindes, eine menschliche Eigentümlichkeit dar (Bolk). Einzelne Abschnitte des Gehirns unterscheiden sich also ontogenetisch sehr stark voneinander, sowohl bezüglich des Zeitpunktes als bezüglich des Tempos ihres Wachstums.

Wenn das Großhirn sich auszudehnen beginnt, können die früher angelegten Teile, der Hirnstamm als ganzes und das Zwischenhirn im besonderen, im Wachstum nicht Schritt halten. Sie werden relativ immer kleiner, d. h. die gegenseitigen Größenverhältnisse verschieben sich jetzt zuungunsten des Hirnstammes. wie dies Grünthal¹²⁾ speziell für den Hypothalamus gezeigt hat. Hand in Hand mit dieser Verschiebung der Größenverhältnisse kommt es zu einem zunehmenden Abrücken des Hirnstammes von der Oberfläche des Gehirns. Diesen Vorgang bezeichnen wir, wie oben angedeutet, mit „*Suppression*“¹³⁾. Jetzt ist es das Großhirn, welches prominiert. Die *Suppression* (und teilweise „*Intussuszeption*“) macht sich zuerst an dem dem Großhirn benachbarten Zwischenhirn bemerkbar. Beim erwachsenen Menschen schließlich kommen vom Hirnstamm nur die entwicklungs geschichtlich späten Kleinhirnhemisphären mit dem knöchernen Gehäuse in Berührung.

Von der Großhirnrinde sind bei niederen Wirbeltieren erst solche Anteile angelegt, welche mit dem Geruchsvermögen (und wohl noch mit anderen, noch nicht genauer erforschten elementaren Funktionen (Oralsinn u. a.) zu tun haben. Man kann diese frühen Anteile unter der Bezeichnung „*Altrinde*“ (= Paläo- und Archicortex) zusammenfassen; den Gegensatz dazu bildet der *Neocortex*, also die Neurinde, im Sinne Ludwig E d i n g e r s (1855—1915), des bedeutenden Frankfurter Hirnforschers. Die *Altrinde*¹⁴⁾ interessiert uns hier nicht weiter. Die Neurinde stellt bei den Reptilien eine ganz kleine Anlage dar. Erst in der Reihe der Säugetiere kommt es dann zu dem e i n d r u c k s v o l l e n Ph ä n o m e n der zunehmenden Entfaltung des *Neocortex*. Bei niederen Säugetieren, wie bei den Beuteltieren und bei den Insektenfressern (z. B. dem Igel), ist der *Neocortex* — allerdings meist noch in ungefurchtem Zustand — im Vergleich zu den Reptilien schon ganz ansehnlich, doch er steht an Ausdehnung noch

weit hinter dem Paläocortex zurück¹⁵⁾. Bereits bei den niederen Säugetieren kommt es mit der Ausdehnung des Neocortex zur Suppression des Archiocortex, während der Paläocortex erst bei höheren Säugetieren allmählich supprimiert wird.

Innerhalb des Neocortex sind (wieder auf Grund phylogenetischer und ontogenetischer Feststellungen) ebenfalls frühere und spätere Anteile unterscheidbar. Auch hier wiederholt sich dann das Spiel der späteren, prominenten und der früheren, jetzt supprimierten Anteile. Zu den frühen Anteilen („Primärgebieten“) des Neocortex gehört die Sehrinde, die Hörrinde, die sensible und die motorische Rinde; dazu kommt noch die im primitiven Zustand an der äußeren Oberfläche weit ausgedehnte, in ihrer Funktion auch heute noch rätselhafte Inselrinde. Bei niederen Säugetieren, z. B. beim Igel, setzt sich der Neocortex fast lediglich aus solchen frühen Anteilen zusammen (K. Brodman¹⁶⁾). In der Ontogenese fallen diese meist durch ihre verhältnismäßig frühzeitige Markreifung auf (‘Primordialgebiete‘ von P. Flechsig); z. Zt. der Geburt des Menschenkindes sind sie markhaltig, während der übrige Neocortex fast noch marklos ist.

Besonders bei den höheren Primaten¹⁷⁾ breiten sich endlich zunehmend diejenigen Anteile des Neocortex aus, die wir als die späteren bezeichnen und die für unsere Betrachtung die wesentlichen sind. Bei ihrer Entfaltung wird nun ein Teil der früheren Gebiete des Neocortex supprimiert. Dieses Schicksal erfährt in besonders eindrucksvoller Weise die Insel, welche jetzt — relativ klein geworden — einem Nabel vergleichbar, ganz in die Tiefe der großen seitlichen Hirnfurche versinkt. Auch die am temporalen Abhang gelegene Hörrinde kann beim Menschen nur sichtbar gemacht werden, wenn man diese Furche künstlich eröffnet. Ferner wird beim Menschen für gewöhnlich auch die Sehrinde bis auf einen kleinen, am Pol des Hinterhauptlappens gelegenen Rest in die Furche zwischen den beiden Hemisphären supprimiert, während noch bei den Menschenaffen ein weit größerer Teil der morphologisch gut abgrenzbaren Sehrinde noch frei an der äußeren Oberfläche liegt (Brodman). Andere Gebiete der früheren Anteile des Neocortex, wie die motorische und die sen-

sible Rinde, verbleiben zwar größtenteils an der äußeren Oberfläche und zwar an der Konvexität, aber sie verlieren beim Menschen, wie wir sehen werden, die Fähigkeit, sich an der Schädelinnenseite zu imprimieren (S. 46). Zu den spätesten Anteilen des Neocortex gehört die Basale Rinde. Soweit ich sehe, ist sie zu einem erheblichen Teil — es ist gerade hierüber noch wenig gearbeitet worden — Neuerwerb des Menschen. Die Basale Rinde gehört auch größtenteils zu den Gebieten, welche in der menschlichen Ontogenese zuletzt markreif werden, entsprechend den Terminalgebieten von P. F l e c h s i g¹⁸). Wie ich zu zeigen versucht habe, kommt es bei der Entfaltung der Basalen Rinde (sowohl in späteren Phasen der menschlichen Foetalentwicklung als auf späteren Stufen der Tierreihe) zu einer gegensinnigen „Rotation“ ihrer frontalen und temporalen Anteile um eine Achse, welche durch die in der Ausdehnung stehenbleibende Insel geht. Die Rotation bewirkt, daß beim Menschen schließlich der Schläfenlappenpol die hinteren Abschnitte des basalen Stirnhirns — beide ursprünglich durch die Insel weit voneinander geschieden — überlagert. Der Vorgang der Wölbung der Konvexität des Großhirns, auf den hier nicht näher eingegangen werden kann), beginnt, im ganzen gesehen, etwas früher als derjenige der Rotation der Basalen Rinde. Auch in der Konvexitätsrinde sind späteste Anteile des Neocortex enthalten, besonders im unteren Scheitellappen. Doch die auf der Scheitelhöhe liegenden oberen Anteile gehören zu den früher angelegten Anteilen des Neocortex und dies gilt noch mehr für die in der interhemisphärischen Furche supprimierten Teile (Segmentbildung der Konvexitätsrinde nach Christfried J a k o b²⁰)). Durch die Wölbung der letzteren und durch die Rotation der Basalen Rinde zusammen kommt es beim heutigen Menschen zur Annäherung der Hemisphären an die Gestalt der Kugel (W e i d e n r e i c h²¹). Es ist ein Zeichen für das frühe Stadium, in welchem sich unsere heutigen Kenntnisse von der Entwicklung des Menschenhirns befinden, wenn hier bekannt werden muß, daß wir zur Zeit von diesen wichtigen Vorgängen erst ganz unvollkommene Vorstellungen besitzen, die hier in sehr subjektiver Fassung vorgetragen worden sind.

Die Basale Rinde formt, wie wir oben sahen, die vordere und mittlere Schädelgrube am Schädelgrund. Damit gelangen wir endlich zu einem Phänomen, das uns besonders erregt: Wir gehen von der allgemeinen Feststellung aus, daß Großhirnwindungen (wie auch andere Hirnteile) die Fähigkeit haben können, sich an der Innenseite des Hirnschädels (Endocranium) derart abzuformen, also zu „imprimieren“, daß ein Ausguß des Endocranium die Formen der entsprechenden Windungen wiedergibt. Windungsabdrücke der Großhirnrinde = „Impressiones gyrorum“ finden sich bei manchen höheren Säugetieren, wie Huftieren und Raubtieren, außerordentlich deutlich an der Innenseite des Schädeldaches; sie entsprechen also den Windungen der Konvexität des Großhirns. Dagegen sind die Impressionen an der Innenseite des Schädelgrundes viel geringer; (u. U. imprimieren sich hier noch Anteile des später supprimierten Paläocortex, während vom basalen Neocortex eben noch ziemlich wenig vorhanden ist). Es ist nun eine höchst bemerkenswerte und bisher völlig rätselhaft gebliebene Tatsache, daß es beim Menschen der Heutzeit nahezu umgekehrt ist: Hier fallen besonders tiefe Impressionen im Gebiet der vorderen und mittleren Schädelgrube an der Schädelbasis auf (Abb. 1a); diese rühren nachweislich von der Impression der Basalen Rinde her. Die Gehirnwindungen und das durch Ausguß des Schädels des gleichen Individuums gewonnene Positiv der Impressiones gyrorum entsprechen sich genau²²⁾ (Abb. 2a u. b). Am Übergang von der Basis zur Kalotte, z. B. im Gebiet des Schädels über den Sprachregionen und dem unteren Parietalbereich, sind zwar Impressionen vorhanden, aber sie sind viel geringgradiger, als diejenigen an der vorderen und mittleren Schädelgrube. Auf der Höhe des Schädeldaches endlich, fehlen die Impressionen beim Menschen — normale Bedingungen vorausgesetzt — überhaupt (Abb. 1b), obwohl doch hier auch Windungen an der Oberfläche prominieren. Bei dem Versuch, diese merkwürdigen Unterschiede zu erklären, bin ich (im Gegensatz zu bisher üblichen mechanischen Vorstellungen) zu folgender evolutionistischen Hypothese gelangt: Die Fähigkeit zur Impression an der Schädelinnenseite kommt jeweils solchen

prominenten Hirnteilen — supprimierte Teile können sich überhaupt nicht imprimieren — zu, die sich auf der betreffenden Stufe der Tierreihe in Ausdehnung befinden. Der Grad der Impression ist ein Ausdruck des Grades der „Propulsion“ der korrespondierenden Hirnteile. Wenn bei den oben genannten Säugetieren sich Impressionen so überaus deutlich an der Innenseite des Schädeldaches finden, so entspricht dies der Propulsion der anliegenden Konvexitätsrinde bei diesen Tieren. Wenn uns beim heutigen Menschen die tiefen Impressionen an der vorderen und mittleren Grube des Schädelgrundes auffallen, so entspricht dies der Propulsion der anliegenden Basalen Rinde. Das Fehlen der Impressionen an der Innenseite des Schädeldaches ist uns ein Zeichen dafür, daß die entsprechenden Anteile der Konvexitätsrinde beim rezenten Menschen offenbar voll ausgebildet sind und damit ihre Propulsivität verloren haben. Bei den lebenden Menschenaffen treten die Impressionen meist überhaupt wenig hervor. Nach unserer Voraussetzung würde das die Annahme bestätigen, daß bei diesem Seitenzweig der höheren Primaten die Großhirnentwicklung bereits mehr oder weniger zum Stillstand gelangt ist.

Es gibt niedere Wirbeltiere, z. B. Fische, bei welchen das Gehirn als Ganzes das Endocranium nicht ausfüllt, so daß auch keine Impression zustande kommen kann. Auf Grund unserer Hypothese ist hier anzunehmen, daß die gesamte Gehirnentwicklung zum Stillstand gelangt ist. — Beim Menschen tritt Liquor zwischen Hirnteile, die sich nicht imprimieren, und die Schädelinnenseite. Die sich stark imprimierende Basale Rinde ist durch ihren relativen Mangel an äußerem Liquor ausgezeichnet.

Die Fähigkeit in Ausdehnung begriffener Hirnteile, sich an der Schädelinnenseite abzuformen, hat der Hirnforschung neue Wege eröffnet. Wir können uns bei vielen ausgestorbenen Wirbeltieren, deren Gehirne vor Hunderttausenden oder Millionen Jahren vermodert sind, ein Bild von den äußeren Formen der Gehirne rekonstruieren dadurch, daß wir mit Hilfe des Schädelausgusses das Negativ der Eindrücke in das Positiv des imprimierenden Gehirnreliefs zurückverwandeln²³). Auf diese Weise wissen wir heute auch einiges von den Gehirnen der fossilen Hominiden, von welchen in

der Einleitung die Rede war. Die bei uns noch viel zu wenig bekannte Wissenschaft von der Paläoontologie des Gehirns, die „Paläoneurologie“, als deren Pionierin die Tochter Ludwig Edingers, Tilly Edinger²⁴⁾ hervorgetreten ist, beruht auf dem Studium künstlicher (und manchmal auch natürlicher) Schädelausgüsse.

An dem von Ariens Kappers untersuchten Ausguß des Schädeldaches des javanischen *Pithecanthropus erectus* von E. Du Bois sieht man im Bereich der Hirnkonvexität das Positiv von Impressionen, die bei Ausgüssen von normalen Schädeln heutiger Menschen nicht so deutlich sind und nicht so weit scheidelwärts reichen. Umgekehrt finden wir am Ausguß der Schädelbasis bei einem von D. Black beschriebenen *Sinanthropus* (E), bei dem etwas von der Schädelbasis erhalten ist, nur recht dürftige Impressionen der Basalen Rinde. Wenn man Schädelausgüsse von verschiedenen fossilen Hominiden und vom heutigen Menschen in einer Reihe nebeneinander stellt, wie dies Tilney⁵²⁾ getan hat, so fällt uns auch hier (von Tilney nicht erwähnt), die geringe Ausdehnung der Basalen Rinde bei den fossilen Hominiden auf, wenn allerdings gleichzeitig auch die Wölbung noch nicht vollendet ist. Es sieht also so aus — wenn wir unsere Hypothese zugrunde legen — als sei bei den fossilen Hominiden die Ausdehnung der Hirnkonvexität noch teilweise im Gange (propulsiv), während die Ausbildung der Basalen Rinde erst begonnen hat. Man wird bei dem Problem der Menschwerdung mehr wie bisher an die Evolution der Basalen Rinde des Neocortex zu denken haben. —

Vergangenheit weist auf Zukunft hin. Es taucht jetzt die Frage auf: Hat das Gehirn des Menschen in der Gegenwart den Höhepunkt seiner Entwicklung erreicht oder trägt es vielleicht die Potenz zu zukünftiger Entfaltung in sich? Man kann an dieses Problem mit nüchterner naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise herantreten, wenn man dabei auch nicht über Vermutungen hinauskommt. Der Wiener Hirnforscher Constantin v. Economo²⁶⁾ (1876—1931) sah in der Entwicklung späterer Anteile des Neocortex (= des „Isocortex“) den Ausdruck einer „Orthogenese“.

Abb. 1a

Abb. 1b

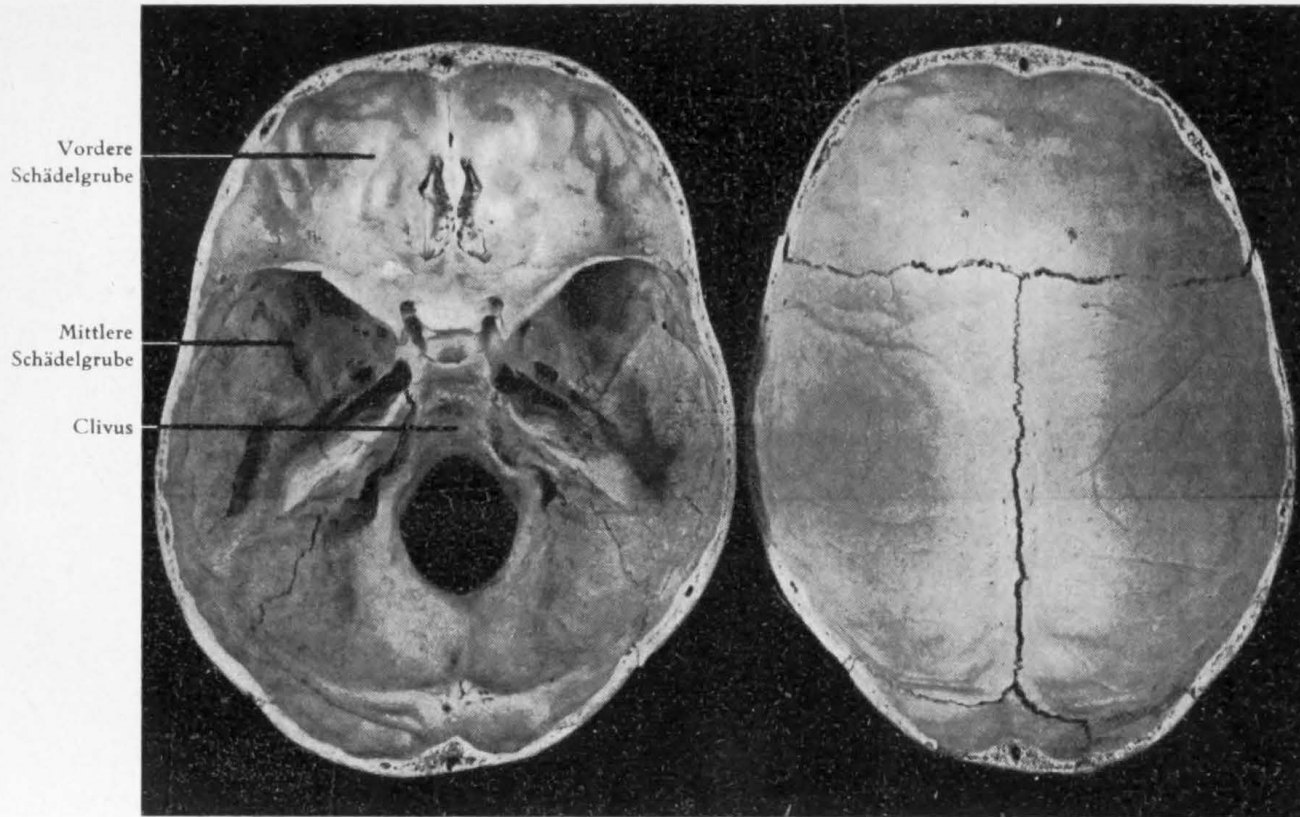


Abb. 1a) Das Innere der Schädelbasis beim Menschen. Man sieht den zum großen Hinterhauptsloch führenden Abhang der Schädelbasis, den Clivus. Sehr deutlich sind die Windungseindrücke (Impressiones gyrorum) an der vorderen Schädelgrube, welche durch den Stirnhirnanteil der Basalen Rinde hervorgerufen werden und diejenigen der mittleren Schädelgrube, welche den basalen Anteilen des Schläfenlappens entsprechen. Die hintere Schädelgrube, welche das Kleinhirn beherbergt, und besonders die Schädelbasismitte zeigen keine Eindrücke, da der Hirnstamm durch Liquor von der Schädelbasis geschieden wird.

Abb. 1b) Das Innere des Schädeldaches. Man sieht Knochennähte und Gefäßeindrücke, jedoch Windungseindrücke nur am Übergang zur Basis (gegen den Sägerand zu, besonders im Stirnteil).

Abb. 2a

Abb. 2b

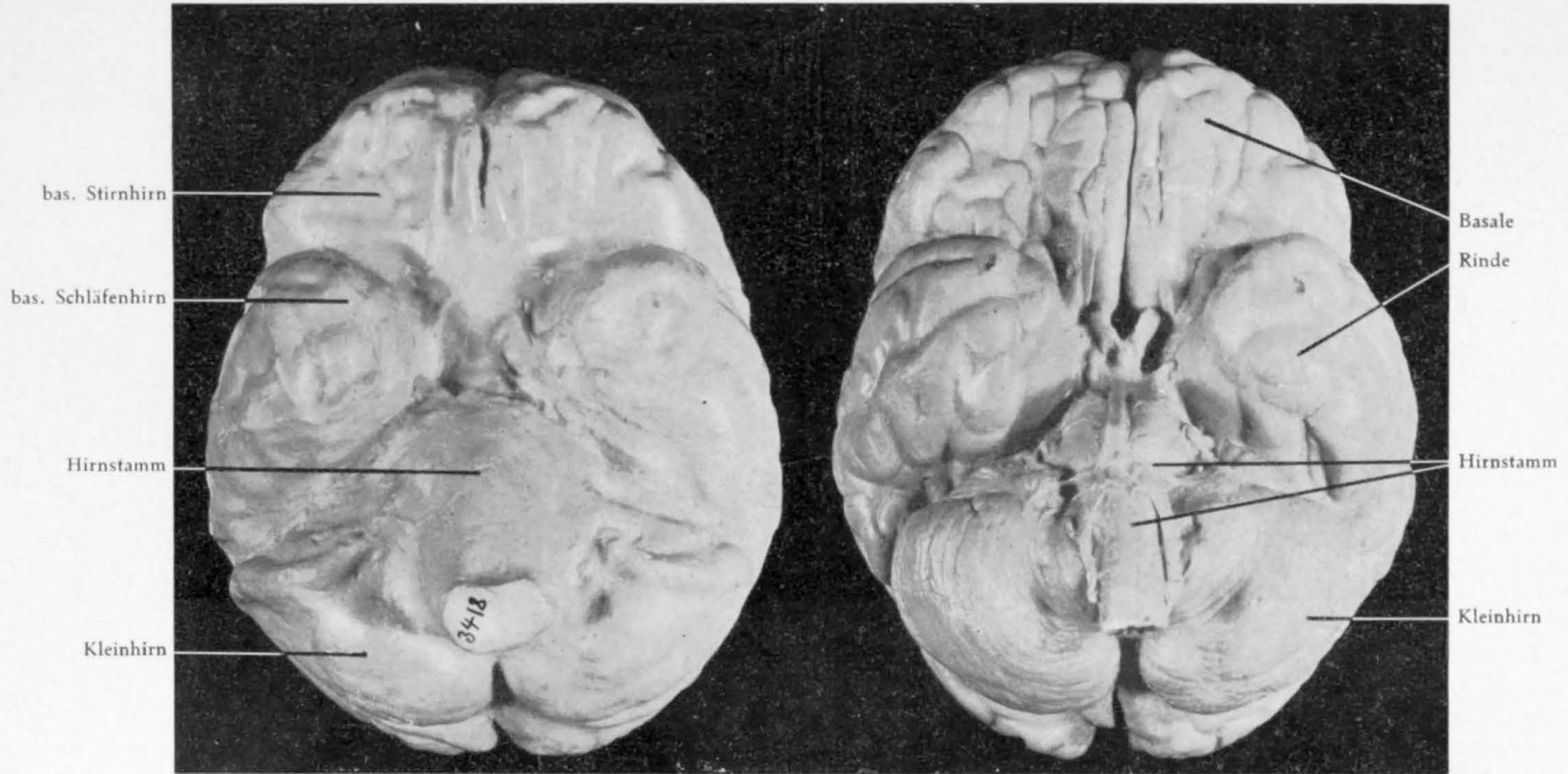


Abb. 2) Schädelausguß (2a) und Gehirnabformung (2b) vom nämlichen Fall (nach Spatz und Stroescu). Man sieht wie das Positiv der Impressiones gyrorum der vorderen und mittleren Schädelgrube im Schädelausguß (2a) den Windungen der Basalen Rinde der Stirn- und Schläfenlappen (2b) genau entspricht. Im Gegensatz zur Basalen Rinde ist das Relief des Hirnstammes am Schädelausguß nicht erkennbar, obwohl hier eine größere Masse auf dem Knochen lastet; die Oberfläche des nicht propulsiv wachsenden Hirnstammes wird durch Liquor vom Schädel getrennt. — Zu Ausguß und Abformung wurde das Poller'sche Verfahren verwandt.

d. h. einer in einer bestimmten Richtung — unabhängig von wechselnden Umwelteinflüssen — fortschreitenden Entwicklung. Da die Orthogenese in einer einmal eingeschlagenen Richtung verharret, kam E c o n o m o zur Idee der „progressiven Cerebration“. Er nahm an, daß sich die für das Menschenhirn charakteristischen Regionen auch in Zukunft fortschreitend weiter entfalten werden. Die Möglichkeit ist gegeben, so meint E c o n o m o , daß neue Organe in der Hirnrinde entstehen und neue, bisher ungeahnte psychische Fähigkeiten vom Menschengeschlecht erworben werden könnten. — Es wird nicht gesagt, ob dabei an Fortschritte des Intellektes gedacht wird oder an eine (so wünschenswerte) Vervollkommnung des Charakters.

Es liegt nahe, den Grundgedanken E c o n o m o s , unserer Hypothese von der Propulsivität imprimierender Hirnteile entsprechend, speziell auf die Basale Rinde anzuwenden, die sich beim rezenten Menschen so auffällig am Schädelgrund einprägt und deren Läsion so verhängnisvolle Folgen für das Menschsein hat. Wir kommen zu der Vermutung, daß beim Menschenhirn besonders die Basale Rinde — im Zusammenhang mit den ihr entsprechenden Thalamuskernen des Zwischenhirns — den Keim zu zukünftiger Weiterentwicklung in sich trägt.

Die Vorstellung der radikalen Darwinisten — es sei dahingestellt, ob sie sich immer mit Recht auf Darwin berufen — nach welcher bei der Makroevolution auch das bekannte zufallsbedingte Spiel zwischen angeblich richtungslosen Erbmutationen und der richtunggebenden Auslese des jeweils zur Umwelt Passenden genügen soll, begegnet heute manchen Einwänden. Der „Selektionsismus“, d. h. die Ausleselehre, soweit sie einen Totalitätsanspruch erhebt, ist mit der Orthogenese schwer vereinbar, da hier ein Fortschreiten in einer gegebenen Richtung auch bei wechselnden Umweltbedingungen stattfindet und da es dabei manchmal sogar zu höchst unzweckmäßigen und anpassungswidrigen Organbildungen kommt. Die Entwicklung des Menschenhirns bereitet der radikalen Durchführung der Lehre von der Auslese des Passenden besondere Schwierigkeiten²⁷⁾. Es ist hier nicht der Ort, um näher auf

diese schwierigen Probleme einzugehen. Wir glauben nicht, daß bei der Evolution des Menschenhirns die Annahme von primär wirksamen inneren Fortbildungskräften zu umgehen ist; diese sind letzten Endes in ihrem Wesen unaufgeklärt. Bezüglich der zur Bildung der Basalen Rinde führenden Kräfte werden wir das gleiche zugestehen müssen.

Wenn mechanische Vorgänge eine Rolle spielen, wie bei der Suppression früherer Hirnteile, die in der Nachbarschaft prominierender späterer Hirnteile mit stärkerer Ausdehnungstendenz liegen, so sind sie nach unsrer Auffassung eine Folge innerer Formbildungskräfte, die an diesen zu einem späteren, bei jenen zu einem früheren Zeitpunkt wirksam werden. Für die Bildung der Windungen und Furchen ist übrigens das gleiche Prinzip anzunehmen (wobei stets in Rechnung gesetzt wird, daß die begrenzte Ausdehnung der Schädelkapsel einer beliebigen Ausdehnung der Hirnoberfläche Grenzen setzt).

S c h l u ß .

Der *Homo faber* hat sich durch die Erfindung der Technik weitgehend von der Anpassung an die Umwelt befreit. Wohl kann auch der intelligente Schimpanse, wie die Experimente von Wolfgang Köhler (1921) so eindrucksvoll bewiesen haben, mit Überlegung ein Werkzeug erfinden und es für den Augenblick gebrauchen. So wird ein Schimpanse auch einmal das Feuer entzünden können — aber er wird es nie bewahren und nie übermitteln. Es fehlt ihm die *Vorsorge des Prometheus*. Die von Generation zu Generation übermittelte und immer höher gesteigerte menschliche Technik, die etwas ganz Anderes ist als der vorübergehende Gebrauch eines Werkzeuges, hat neben die biologische Anpassung an die Umwelt die Anpassung der Umwelt an die Willkür des Menschen gesetzt. Ganz neue Möglichkeiten des Daseins haben sich damit eröffnet — ungeheuer erhebende und schrecklich bedrohende.

Durch den Erwerb der Sprache, die etwas ganz Anderes ist als tierisches Verständigungsmittel, sowie durch Schrift und Bild hat der *Homo sapiens* die Möglichkeit erworben, auf das geistige Leben der Nachwelt einzuwirken und geistige Güter zu übermitteln. Aus der Gegenwart beeinflußt er die Zukunft. Die Bibel

und die Schriften eines Laotse und eines Platon bewegen noch heute den Menscheng Geist. Das gleiche gilt auch für älteste Schöpfungen hoher Kunst. Mit dem Tier hat der Mensch die Übermittlung von Anlagen auf dem Wege der biologischen Vererbung gemeinsam; der neue Weg der Übermittlung aber eignet nur dem Menschen. Auch der Naturforscher kann an dieser Tatsache nicht vorübergehen. So sehr wir auch suchen, wir finden in der übrigen Welt des Lebendigen nichts Vergleichbares. So sehen wir in der Menschwerdung den Beginn einer grundsätzlich neuen Epoche.

Die neben die biologische Vererbung tretende neue Möglichkeit der Übermittlung hat zur Entfaltung des Menscheng Geistes geführt. Auf ihm — nicht auf der Intelligenz, die auch dem Tier zukommen kann — beruht die Sonderstellung des durch die Abstammung mit dem Tier verbundenen Menschen gegenüber allen anderen Lebewesen. Mit der Geschichte ist das Neue entstanden, das mit der Menschwerdung während der Vorgeschichte begonnen hat. Neben die Natur ist die außernatürliche Welt des Geistes getreten, die der Mensch selber, und zwar wunderbarer Weise im Laufe nur einiger Jahrtausende, geschaffen hat; wir setzen hinzu — dank der Entwicklung des Menschenhirns.

Bei dem Problem Menschwerdung und Gehirnentwicklung durchflechten sich natur- und geisteswissenschaftliche Betrachtungsweisen. Biologische Entwicklung und geschichtliche Umwandlung gehorchen verschiedenen Gesetzen. Sie müssen einander aber doch gegenseitig beeinflussen. Zur Einwirkung der natürlichen Umwelt auf den Leib, und damit auf das Gehirn, muß eine Rückwirkung des Geistes auf den Leib treten. Wie diese Rückwirkung geschieht, vermögen wir uns freilich nicht vorzustellen.

*

Die Beschäftigung mit der Vergangenheit des Menschenhirns und Gedanken über die mögliche Zukunft desselben werfen schließlich unausweichbar Fragen auf, welche über die Grenzen einer kausalen Betrachtung hinausführen. An dieser Grenze kann man als exakter Naturforscher Halt machen. Doch

auch als Naturforscher sind wir Menschen, wie andere auch, und als solche drängen sich uns Fragen einer anderen Betrachtungsweise auf — ob wir wollen oder nicht. Bei einer wertfreien kausalen Betrachtung, deren anerkannte Feststellungen für alle verbindlich sind, fragen wir nach Ursache und Wirkung, nach einfacheren und komplizierteren Strukturen und Funktionen sowie nach anpassungsfördernden und anpassungshemmenden Einflüssen. Bei einer wertenden Betrachtung, der freilich diese Verbindlichkeit nicht zukommt, fragen wir nach niederen und höheren Leistungen, nach Ziel und Sinn und endlich beim Menschen nach Gut und Böse.

Als Naturforscher können wir uns mit der Feststellung begnügen, daß in ihrem letzten Wesen unaufgeklärte innere Formbildungskräfte der Entfaltung des Menschenhirns, ohne welche Menschwerdung nicht denkbar ist, zugrunde liegen. Wenn wir aber den Schritt über die Grenze gewagt haben, werden wir fragen: was ist das Ziel dieser Kräfte, die durch Evolution des Menschenhirns das Werkzeug für die Entfaltung des Menschengeistes geschaffen haben? Von der Naturwissenschaft kommend haben wir die Frage nach der Zukunft des Menschenhirns und damit nach neuen Möglichkeiten des Menschseins aufgeworfen. Jetzt aber erhebt sich die Frage: was ist die Bestimmung des Menschseins?

Menschen mit doppelseitiger lokaler Schädigung der Basalen Rinde des Großhirns erleiden keinen Verlust der formalen Intelligenz, aber die Persönlichkeit ist in ihrem innersten Kern getroffen und die nur dem Homo sapiens eigenen, nicht mit Nützlichkeitsmaßstäben meßbaren Fähigkeiten der Selbstbesinnung und des Gewissens sind gestört. Ein Rückgang im Menschlichen ist erfolgt. Wenn der Basalen Rinde (und den mit ihr verknüpften Hirnstammteilen) wirklich die Potenz zu weiterer Entfaltung innewohnt, sollte dann nicht dieses Organ (heute sicher noch ein recht unvollkommenes Instrument), wenn auch in noch so ferner Zukunft, zur Annäherung an eine höhere Stufe der Vernunft dienen können — der Vernunft als Harmonie zwischen Verstand und Trieben? Bedenken wir, daß

wir noch ganz am Anfang der Epoche stehen, die dem Menschen eine neue, dem Tier verschlossene Welt eröffnet hat!

Diese Welt bedeutet Freiheit — und damit Verantwortung. Wenn sich Gehirnentwicklung und Entfaltung des menschlichen Geistes wechselseitig beeinflussen, so können wir zuletzt auch der ernstesten der Fragen nicht ausweichen: Was ist der Sinn unseres persönlichen Daseins? Was können wir, was sollen wir als menschliche Einzelwesen, die wir als Unfreie der Natur und als Freie dem Geist angehören, tun, um unserer Verantwortung bei diesem geheimnisvollen Werdegang gerecht zu werden? — Naturforschung ist ethisch neutral, aber sie führt zur Pforte der Ethik.

Anmerkungen:

¹⁾ Man vergleiche z. B. die äußerst dürftige Behandlung des Gehirns in den auf die Menschwerdung bezüglichen Kapitel des bekannten vorzüglichen Sammelwerkes von G. Heberer: Die Evolution der Organismen. Jena 1943. Mehr bietet B. Rensch: „Neuere Probleme der Abstammungslehre“. Enke 1947.

²⁾ A. Dabelow: Beziehungen zwischen Gehirn und Schädelbasisform bei den Mammaliern. Gegenbaur's morphologisches Jahrbuch 67, 84 (1931).

³⁾ E. Landau: Anatomie des Großhirns, formanalytische Untersuchungen. Ernst Bircher, Bern 1923. (Litt.) — Daß es daneben auch Wirkungen von Seiten des Schädels gibt, ist zweifellos.

⁴⁾ H. Spatz: Über die Bedeutung der Basalen Rinde. Z. Neur. 158, 208—232 (1937).

⁵⁾ F. A. Kipp: Höherentwicklung und Menschwerdung. Hippokrates-Verlag 1948. Der Autor — viele andere sind ähnlicher Ansicht — meint, daß das Gehirn gewöhnlich in etwas einseitiger Weise in den Vordergrund gestellt werde. Die Ergebnisse der Pathologie aber haben gezeigt, daß das Großhirn als materielles Substrat gerade für diejenigen Leistungen unentbehrlich ist, die als eigentlich menschlich anzusprechen sind. Menschsein ist an die Gegenwart des Großhirns gebunden, so wie Menschwerdung nicht ohne die Entwicklung, d. h. die Vergangenheit, des Großhirns denkbar ist. Sehr verbreitet ist die Meinung, das Blutdrüsenystem sei für das Seelenleben mindestens ebenso wichtig als das Gehirn — diese Autoren vergessen dabei, daß die endokrinen Organe über das Gehirn auf psychische Vorgänge einwirken. Dabei spielt u. E. auch ein zentripetaler Weg von der Hypophyse zum Hypothalamus eine wichtige Rolle.

⁶⁾ C. U. Ariens Kappers: Anatomie du système nerveux. Haarlem 1947. — E. Grünthal: Zur Frage der Entstehung des Menschenhirns. S. Karger, Basel 1948.

⁷⁾ Die Merkfähigkeit, als Vermögen, das Erleben der Gegenwart mit Erlebnisreihen der Vergangenheit in Zusammenhang zu bringen, scheint nach E. G a m p e r auch durch lokale Herde im Zwischenhirn gestört werden zu können.

⁸⁾ L. Welt: Über Charakterveränderungen des Menschen infolge Läsionen des Stirnhirns. Arch. klin. Med. 42 (1888). — K. Kleist: Gehirnpathologie, Leipzig 1934. — H. Spatz l. c. — G. Schaltenbrand: Das Lokalisationsproblem der Hirnrinde: Dt. Med. Wschr. 75, 533 (1950) (s. dort auch Diskussionsbemerkung von K. Conrad und H. Spatz).

⁹⁾ Mit „Entwicklung“ ist im Folgenden vielfach sowohl Ontogenese als Phylogenese gemeint.

¹⁰⁾ „Großhirn“ wird hier gleich „Telencephalon“ der Embryologie gebraucht.

¹¹⁾ Der Entdecker dieser Parallelität bezüglich des Gehirns war Fr. T i e d e m a n n : Anatomie und Bildungsgeschichte des Gehirns im Foetus des Menschen nebst einer vergleichenden Darstellung des Hirnbaues in den Tieren. Nürnberg 1816 (genau 50 Jahre vor E. H a e c k e l's erster Mitteilung über das „Biogenetische Grundgesetz“).

¹²⁾ E. Grünthal: Über Unterschiede im Gehirnbau der Anthropoiden und des Menschen und das eigentlich Menschliche am Gehirn. Fortschr. Neur. u. Psychiatr. 8, 261 (1936). — Ders.: Zur Frage der Entstehung des Menschenhirns. S. Karger, Basel 1948. — Ferner: R. Diepen: D. Z. f. Nervenhk. 159, 340 (1948).

¹³⁾ H. Spatz: Über Gegensätzlichkeit und Verknüpfung bei der Entwicklung von Zwischenhirn und „Basaler Rinde“. Allg. Z. Psychiatr. 125, 166 (1949).

¹⁴⁾ Besser würde es eigentlich „Frührinde“ und „Spättrinde“ heißen.

¹⁵⁾ Anzeichen einer ähnlich geringen Ausdehnung des Neocortex fand T. E d i n g e r an Schädelausgüssen fossiler Vertreter höherer Säugetiere (Eohippus).

¹⁶⁾ K. Brodmann: Vergleichende Lokalisationslehre. Ambrosius Barth 1909.

¹⁷⁾ Bei mehreren Ordnungen der höheren Säugetiere, u. a. bei den Cetaceen, kommt es, gewissermaßen konvergierend, zur Entfaltung späterer Anteile des Neocortex; doch nur bei den höheren Primaten erreicht dieser Vorgang den Grad der Vollendung, welcher schließlich zur Ausbildung des menschlichen Spezialorgans führt.

¹⁸⁾ P. Flechsig: „Gehirn und Rückenmark auf myelogenetischer Grundlage.“ G. Thieme, Leipzig 1920.

¹⁹⁾ H. Spatz s. unter ¹³⁾.

²⁰⁾ Chr. Jakob: Vom Tierhirn zum Menschenhirn, I. Teil. I. F. Lehmann, München 1911.

²¹⁾ F. Weidenreich: Apes, giants and man. The University of Chicago Press 1946.

²²⁾ H. Spatz und G. J. Stroescu. *Nervenarzt* 7, 426—437 (1934). Die bereits Andreas Vesal bekannte genaue Korrespondenz zwischen Windungen und Impressionen ist gelegentlich bezweifelt worden. Als letzter hat M. Joset, *Acta anatomica* 11, 83—103 (1950) die Korrespondenz mit Hilfe einer exakten Methodik nachgewiesen. — Bezüglich der mechanistischen Erklärungsversuche des Auftretens der Impressiones gyrorum und ihres Ausbleibens siehe u. a. bei G. Schwalbe: *Neurologie* 1881. Diese Hypothesen sind leicht zu widerlegen.

²³⁾ Das in der knöchernen Schädelkapsel eingeschlossene Gehirn der Wirbeltiere ist das einzige Organ, welches derart rekonstruiert werden kann, während die Paläontologie sonst über die Formen der Weichteile nur ausnahmsweise etwas auszusagen vermag.

²⁴⁾ Tilly Edinger: Die fossilen Gehirne. Springer 1929, sowie: *Evolution of the horse brain. Memoir 25 of the Geological Society of America* 1948.

²⁵⁾ Fr. Tilney: *The brain from apes to man. Volume II* Paul Höber 1928. Die Frage, ob in geschichtlicher Zeit das Menschenhirn Veränderungen erfahren hat, wird meist verneint, sollte aber mit Hilfe der Schädelausgußmethode erneut an größerem Material unter modernen Gesichtspunkten geprüft werden.

²⁶⁾ C. v. Economo: Der Zellaufbau der Großhirnrinde und die progressive Cerebration. *Ergeb. Physiologie* 29, 83—128 (1929).

²⁷⁾ J. Versluys, „Hirngröße und hormonales Geschehen bei der Menschwerdung“. (Maudrich, Wien, 1939.) Siehe dort Näheres über Bolk und Dubois. — B. Rensch (1947) sucht Überspezialisierung und Exzessivbildung als allometrisch bedingte Nebenerscheinungen der Körpergrößensteigerung zu erklären. U. E. ist dies bei der Gehirnentwicklung nur teilweise möglich; bei den Miniaturgehirnen der Riesensaurier ergeben sich Schwierigkeiten, weil man sich schwer vorstellen kann, daß kleinere Vorfahren relativ noch kleinere Gehirne gehabt haben sollen.

Manche der am Schluß geäußerten Gedanken berühren sich mit Ansichten von F. Büchner, „Kosmos, Tier und Mensch“ (K. Alber, Freiburg i. Br., 1949) und A. Portmann, „Vom Ursprung des Menschen“ (Reinhardt, Basel) sowie teils von P. Lecomte du Noüy, „Die Bestimmung des Menschen“ (Stuttgart 1948). Lecomte du Noüy nennt das Gehirn das Organ der Intelligenz, des Gewissens und der Menschenwürde und das Werkzeug der weiteren Entfaltung. — Vom Verf. über das gleiche Thema: *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz* (im Druck).