

Das embryonale Werden des Menschen

Im Ablauf vorgeburtlichen Werdens zeigt sich während der ersten Wochen eine auffallende Ähnlichkeit zwischen den Keimen des Menschen und verschiedener Wirbeltierklassen. Mit der Ausbildung der Gestalt treten jene Analogien dann zwar durch Sonderbildungen beim menschlichen Keimling etwas zurück, ohne daß aber schon wesensmäßige Unterschiede sicher erkennbar würden. Erst wenn sich die grundsätzlich andere Art des Welt-Erlebens beim Kind in dessen geistgeprägtem Verhalten anzukündigen beginnt, ist die Trennungslinie zwischen Mensch und Tier eindeutig zu ziehen. Indem sich so der Geist in den Gegebenheiten einer „Säugetierkonstitution“ offenbart und als in diese verwurzelt erscheint, stellt sich die Frage nach dem Anfang dieser Verbindung von Materie und Geist, durch die der Mensch konstituiert wird. Es ist dies mit anderen Worten die Frage nach dem Zeitpunkt der Geistbeseelung des werdenden Lebewesens¹, nach dem Beginn spezifisch menschlichen Lebens: Wann ist dieses in seiner nur ihm eigenen Besonderheit nicht mehr auf tierische Entwicklungsschemata zurückführbar und aus ihnen ableitbar? Wo beginnt sich die Diskontinuität in der Embryonalentwicklung von Mensch und Tier zu offenbaren?

Die ersten Phasen des Werdens

Voraussetzung für die Bildung eines neuen Lebewesens sind die Gameten, die männlichen und weiblichen Geschlechtszellen. Diese sind wie die übrigen Körperzellen *biologische Lebeseinheiten*, die durch Verdoppelung ihres informierenden Erbmaterials zu zwei Korpuskeln werden können. Während aber bei den meisten Körperzellen die anfängliche Totipotenz ihres Informationsgehaltes durch ihre Bestimmtheit zu besonderen Aufgaben innerhalb des Gesamtorganismus blockiert worden ist im Verlauf der vorgeburtlichen Entwicklung, bleibt in den Gameten die ursprüngliche Fähigkeit zur Ganzbildung eines neuen Lebewesens erhalten.

Diese Fähigkeit kann normalerweise jedoch erst in der Vereinigung zweier Geschlechtszellen aktuiert werden, wenn zuvor eine Vielzahl komplizierter Vorbedingun-

¹ Die Mehrzahl der Theologen vertritt zwar heute die von Albertus Magnus begründete Lehre der Simultanbeseelung, nach der der menschliche Keim bereits im Augenblick der Befruchtung durch die Geistseele informiert werde; jedoch sprechen für den aristotelisch-thomasischen Standpunkt der Sukzessivbeseelung, wonach erst in einem späteren Stadium der Embryonalentwicklung der noch nicht menschliche Keim geistbeseelt werde, von der Entwicklungsbiologie her gewichtigere Gründe.

gen erfüllt worden ist. Aus den beiden primär auf ihre Vereinigung determinierten Gameten wird dann die Zygote, die als neue biologische Lebeweinheit *dynamisch* auf Entwicklung und Werden ausgerichtet ist. Dadurch soll der neue, durch die Verschmelzung zweier verschiedener Erbgutteile vorgegebene Informationsgehalt der Zygote verwirklicht werden in einer höchstmöglichen Lebensform. So wird sich in dem einsetzenden Werdeprozeß eine „*zunehmende Komplexität*“ (Teilhard de Chardin) zeigen, die von dem einheitlichen Gefüge der Zygote über verschiedene Stufen hin zum differenzierten und funktionsfähigen Organismus des Menschen drängt. Denn „das Streben des Stoffes geht notwendig nach der höheren und vollkommeneren Wesensform, deren der Stoff teilhaft werden kann“ – ein Wort, das Thomas von Aquin auf alle stofflichen Werdeprozesse bezogen hat².

Im Verlauf der vorgeburtlichen Entwicklung werden vier für die Zukunft des werdenden Lebewesens entscheidende *Werdephasen* sichtbar, in denen sich Zustandsänderungen anbahnen, die über die spätere Seinsweise des Keims bestimmen. Dabei sollen sich jeweils komplexere Wirklichkeitsordnungen realisieren. Aber wie sich beim Sprung von einer Stufe zur anderen eine neue Dimension auftun kann, ist auch das Zurückfallen auf eine frühere Seinsschicht bis zur Vernichtung möglich.

Die erste Werdephase führt von einer Vielheit gleichwertiger biologischer Lebeweinheiten, die durch Furchungen aus der Zygote entstanden sind, zu einer sich organisierenden *Einheit* (Blastula), in der sich durch das Aufeinander-Einwirken der Zellen eine Differenzierung, eine Aufgabenteilung andeutet. Mit steigender Dichte der Verknüpfungen zwischen den Zellen wird in der zweiten Werdephase ein Zellgebiet als die eigentliche Keim- bzw. *Embryonalanlage* abgesondert. Die sich auf diese Weise zentrierende Blastozyste gewinnt in der dritten Phase durch die Implantation engen Kontakt zum mütterlichen Organismus und wird, indem sich innerhalb der Keimanlage ein Organisationszentrum herausbildet, in ihrer *Individualität* festgelegt. Die organisierte und zentrierte Einheit ist zu einer unteilbaren Ganzheit geworden, die sich als Individuum in ihrer Besonderheit nicht mehr verdoppelnd mitzuteilen vermag³.

Mit der Bildung des Individuums hat der Werdeprozeß zunächst einen Höhepunkt erreicht. Der Keim ist zum Einzelseienden geworden; in seiner konkreten Vereinzelung und individuellen Bestimmtheit kann er nun zu Recht ein Lebewesen genannt werden. Angewiesen auf die Kommunikation mit dem mütterlichen Umweltfeld wird er gerade durch sie zur stärkeren Abgrenzung seiner Individualität und zur Hinwendung auf sich selbst herausgefordert. Denn indem er sich auseinanderzusetzen beginnt mit den ihn umgebenden und beeinflussenden Faktoren, vermag er seine nur ihm zukommende Besonderheit zu erreichen. Je mehr sich aber der Keim auf sich selbst zu zentrieren beginnt, sich selber zuwendet dadurch, daß er sich von seiner Umwelt ab-

² Thomas v. Aquin, *Summa contra Gentiles* III, c. 22.

³ „Das embryonale Werden des Individuums“ war bereits Gegenstand einer früheren Arbeit, auf die bzgl. der Einzelheiten hingewiesen sei: s. diese Zschr. 181 (1968) 107–119.

hebt und unterscheidet, um so mehr gewinnt er Selbststand, bis er schließlich im Sich-Gegenwärtigsein über sich zu verfügen vermag. Wird dann in der Möglichkeit reflexiven Erkennens und freien Wollens das Phänomen des Geistes offenbar, ist der eigentliche Höhepunkt allen Werdens erreicht: *der Mensch*.

Mit dem Auftauchen des geistigen Phänomens, der Möglichkeit selbstbewußten Verhaltens bricht zwischen menschlichem und tierischem Werden eine Diskontinuität hervor, die aber erst in späteren Entwicklungsphasen nach der Geburt sichtbar wird. Während des embryonalen Werdens von Menschen und Säugetieren sind nämlich in den Verhaltensweisen noch weniger Unterschiede festzustellen als in der Ausprägung der Gestalt. Da jedoch das Phänomen des Geistes seinem Inhalt und Ausdruck nach auf bestimmte materielle Strukturen verwiesen ist, die schon im Embryo angelegt werden, muß sich schon mit deren Ausbildung der Wesensunterschied zwischen Tier und Mensch zu dokumentieren beginnen. Als materielles Substrat geistgewirkten Verhaltens ist das menschliche Gehirn bzw. Zentralnervensystem daher das Organ, in dessen Entstehungsgeschichte die Diskontinuität zum tierischen Werden frühzeitig faßbar sein müßte.

Die Anlage des Nervensystems

Am siebten Tag nach der Befruchtung legt sich die Blastozyste an die Schleimhaut der Gebärmutter an, um in sie einzudringen. Schon zu diesem Zeitpunkt ist in der Blastozyste die eigentliche Keimanlage, der Embryoblast, abzugrenzen von den übrigen Zellen, die dem Keimling später Nährstoffe zuführen sollen. Innerhalb der schildartigen Embryonalanlage sind weiterhin zwei Zellarten zu unterscheiden: die Oberseite besteht aus großen regellosen Zellen, die als zukünftiges *Ektoderm* zum Ausgangspunkt für die Bildung des Nervensystems werden; darunter sind kleinere, dunkle Zellen als primäres Entoderm zu erkennen, die sich maßgeblich an der Entwicklung der Verdauungs- und Atmungsorgane beteiligen sollen. Noch sind diese Zellen aber untereinander vertauschbar, so daß beispielsweise präsumptive Ektodermzellen auf die Unterseite des Keimlings verpflanzt, dort zu Entoderm werden.

Nach dem Abschluß der Implantation am 12. Tag ändert sich jedoch das Verhalten dieser Zellen rasch, wenn sie auf eine bestimmte, dann von ihrer Lage im Keim abhängige Entwicklungsrichtung hingeordnet werden. Diese Determination erfolgt von einem Zellgebiet aus, das sich als *Organisationszentrum* zwischen die Ektoderm- und Entodermschicht geschoben hat und danach im vorderen Anteil der Embryonalanlage lokalisiert ist. Als sogenannter Primitivknoten (bzw. -streifen) tritt es etwa ab 15. Tag nach der Befruchtung in Erscheinung und beginnt die Ausbildung der Organanlagen zu steuern. Wie entscheidend jenes Zellgebiet für die Organogenese ist, hatte schon Spemann an Amphibienkeimen in seinem berühmten Organisator-Experiment nachgewiesen. Verpflanzte er nämlich das Organisationsfeld eines Keimes in die künftige

Bauchseite eines anderen, so zwang es den Zellen seiner neuen Umgebung eine andere Entwicklungsrichtung auf, indem es sich so verhielt, als sei es nicht verpflanzt worden: es kam zur Ausbildung einer vollständigen zweiten Embryonalanlage an der Bauchseite des Amphibienkeimes.

Diese und ähnliche Austausch- und Transplantationsversuche haben ergeben, daß für die Entwicklung der embryonalen Grundgestalt eine *Induktionswirkung* notwendig ist, die zunächst von dem als Organisationszentrum bezeichneten Primitivknoten ausgeht. Bald werden aber von hier aus auch andere Zellgebiete dazu stimuliert, selbst auf benachbarte Zellstrukturen induzierend zu wirken. So wird durch ein vielfältiges Zusammenspiel induzierender und darauf spezifisch reagierender Zellgebilde das Fundament für eine geordnete Gesamtorganisation gelegt. Dabei ist neben dem besonderen Charakter des jeweiligen Induktors der Zeitpunkt der Determination entscheidend. Denn die entsprechenden Zellgebiete sind für Induktionsstoffe meist nur relativ kurzfristig reaktionsbereit.

Auch die Anlage und Ausbildung des Nervensystems wird durch zeitlich begrenzt wirkende Induktionssysteme bestimmt. Die ersten Spuren sind beim Menschen wie bei allen Wirbeltieren sehr früh zu erkennen. Im Gegensatz aber zur phylogenetischen Evolution, bei der das diffuse Nervensystem zum Ausgangspunkt der Differenzierung wird, erscheint in der Ontogenese der Säuger die Anlage des Zentralnervensystems vor der des peripheren Nervensystems. Durch die induzierende Wirkung des Organisationszentrums entsteht infolge Verdickung der über ihm liegenden Ektoderm-Zellschicht die sogenannte *Neuralplatte*. Diese ist zunächst unscharf begrenzt, läßt aber bald eine grobe regionale Gliederung erkennen, aus der sich später die verschiedenen Teile des Nervensystems bilden werden. Als Ausdruck der vollzogenen Determination entwickeln sich jetzt Transplantate aus der Neuralplatte an anderen Keimorten nur noch herkunftsgemäß, werden also auch dort zu Zellen eines Nervensystems. Allerdings ist diese Determination anfangs so plastisch, daß solche Transplantate in einem sauren oder alkalischen Milieu zwar zur Bildung von neuralen Strukturen neigen, in einem neutral reagierenden Medium jedoch zu Hautgebilden werden⁴.

Die nicht mehr ortsgemäße, sondern herkunftsgebundene Entwicklung von Transplantaten aus der Neuralplatte unterstreicht nicht nur die erfolgte Determination, sondern zeigt auch *autonome Tendenzen* zur Weiterentwicklung in der vom Organisator gewiesenen Richtung. Die weitere Entfaltung der Neuralplatte und ihre Aufgliederung in einzelne Teilgebiete scheint daher ihre eigene, auf dem Prinzip der Selbstorganisierung beruhende Leistung zu sein. Gleichzeitig sinkt in dieser Entwicklungsphase (am Ende der dritten Schwangerschaftswoche) die Bereitschaft der Ektodermzellen, sich durch das Organisationszentrum induzieren zu lassen, rasch ab.

Mit der zunehmenden Tendenz zur Selbstorganisation bilden sich innerhalb der Neuralplatte Zellfelder, die wiederum verschiedene induzierende Fähigkeiten besitzen.

⁴ A. Kühn, Vorlesungen über Entwicklungsphysiologie (Berlin 1965).

Währenddessen senkt sich die Neuralplatte in ihrer Mitte zur Neuralrinne. In ihr und ihren seitlichen Wällen werden als Ausdruck der regionalen Aufgliederung drei Zellbezirke sichtbar: die Anlagen eines vorderen und hinteren Hirnabschnitts, sowie des Rückenmarks. Diese induzieren nun in der sich allmählich zu einem Rohr schließenden Neuralrinne die Ausbildung des Gehirns.

Die Gehirn-Bildung

In jene Zeit der vierten Woche nach der Befruchtung fällt auch der Beginn eines unterschiedenen Längenwachstums des bis dahin erst 2 mm langen Keimlings. Besonders sein Kopfende, das sich durch Abheben von der Unterlage modelliert, eilt den übrigen Keimteilen voraus. Diese verstärkte Wachstumstendenz zeigt sich innerhalb der sich schließenden Neuralrinne in einer erheblichen Verdickung und Verbreiterung ihres vorderen Anteils, die vor allem Ausdruck der sich bildenden Augenanlagen sind. Am Ende der vierten Woche läßt dann das *Neuralrohr* des jetzt etwa 6 mm langen Embryos die zukünftige Gliederung des Gehirns in fünf Abschnitte erkennen.

Allerdings ist dann die Anlage des End- bzw. *Großhirns* ein noch sehr kleiner Teil des Vorderhirns, der vor den Augenanlagen liegt. Aber bald schon beginnt jener Teil sehr lebhaft zu wachsen und sich während der folgenden Wochen seitlich zu den beiden späteren Großhirnhemisphären auszubuchten. Diese überdecken beim Menschen nach und nach in einzigartiger Weise die übrigen Hirnteile, so daß ihre außerordentlich große Wachstumsgeschwindigkeit und ihre übermächtige Ausbildung zum charakteristischen Merkmal menschlicher Hirnbildung werden.

Mit dem äußeren Wachstum geht die Ausdifferenzierung der ursprünglichen Ektodermzellen parallel. Erste Vorstufen von *Nervenzellen* sind schon vor dem Schluß des Neuralrohrs nachweisbar. Der eigentliche Zeitpunkt und die Faktoren, die ihren unterschiedlichen Bau bestimmen, sind allerdings ebenso unbekannt wie die Ursachen, die das Zustandekommen des später vielfältigen Nervenmusters zwischen Körperperipherie und Gehirn bewirken. Erste Anzeichen einer Nerventätigkeit sind bisher an einem knapp sechs Wochen alten Keim von 20 mm Länge beobachtet worden, dessen Nackenmuskel sich nach Reizung eines bestimmten Nervenbezirks anspannte (Robinson und Tizard, 1966).

Obwohl sich auch in der Großhirnrinde erste Determinationen zu Nervenzellen schon im zweiten Schwangerschaftsmonat erkennen lassen, ist ihr komplizierter Ausreifungsprozeß jedoch mit der Geburt ebensowenig abgeschlossen wie die sog. Markreifung der Nervenfasern. Dies ist insofern von Bedeutung, als von dem Grad der Ausdifferenzierung und Verteilung einzelner Zellarten innerhalb der Hirnrinde deren unterschiedliche Architektur und Funktionsfähigkeit abhängen. Dagegen beginnt die Furchung des Großhirns, die als Ausdruck unterschiedlichen Dickenwachstums innerhalb seiner Rinde gedeutet wird, erst am Ende des 5. Monats. Bis zu diesem Zeitpunkt

ist die Oberfläche des menschlichen Gehirns glatt und gleicht darin den Gehirnen niederer Säuger. Die Bildung von Furchen und Windungen ist mit dem Ende der Schwangerschaft abgeschlossen.

Mit der Ausdifferenzierung des Gehirns müßte das spezifisch Menschliche in der embryonalen Entwicklung mehr und mehr hervortreten, wenn das Zentralnervensystem wirklich das materielle *Substrat des Geistes* ist. Zwar ist die mächtige Ausbildung des Großhirns zusammen mit den schon am Ende des zweiten Monats auftretenden Besonderheiten an Wirbelsäule und Gliedmaßen ein bedeutendes Charakteristikum im Werden des Menschen, aber trotzdem sind Vorbehalte zunächst notwendig. Denn das Phänomen des menschlichen Geistes ist nicht ausschließlich auf materielle Strukturen zurückführbar und nicht hinreichend aus der gestaltlich-funktionalen Ausprägung des Nervensystems zu erklären. So hat die vergleichende Hirnforschung gezeigt, daß nicht nur Schädelkapazität und Hirnvolumen kein sicheres Kriterium zur Unterscheidung von Mensch und Tier sind, sondern daß auch Anordnung, Größe und Form der Nervenzellen von Mensch zu Mensch sehr verschieden sind, wodurch unterschiedliche Gehirngewichte ohne Schaden für das geistgeprägte Verhalten kompensiert werden. Ebenso wenig werden die sog. Hirnindizes ein Maß für geistige Qualitäten sein können⁵.

Struktur und Funktion des menschlichen Gehirns bieten also keine letztlich ausreichende und sichere Begründung für das geistige Phänomen. Daher werden noch unbestimmbare Verbindungen zwischen den Nervenzellen – insbesondere innerhalb des Großhirns und zu dessen untergeordneten Gebieten – und die Höhe ihrer Funktionstüchtigkeit als Charakteristika des menschlichen Geistes vermutet. Zudem scheinen sich die Nervenverbindungen beim Menschen durch eine größere Plastizität und Unbestimmtheit auszuzeichnen.

Um das Auftreten des Geistes in der phylogenetischen Evolutionsreihe veranschaulichen zu können, hat man das zu vermutende Ereignis, mit dem die sogenannte Zerebralisation oder Kephalisation begonnen hat, als „Umschlagspunkt“, „kritischen Punkt“ oder „Zustandsänderung“ umschrieben. Da auch in der frühen Ontogenese des menschlichen Gehirns, nämlich in der Anlage des Nervensystems und in seiner Gliederung, Entwicklungsstufen nachzuweisen sind, die auf einen gemeinsamen Gehirn-Bauplan innerhalb der Wirbeltierreihe deuten, scheint es in der Embryonalentwicklung des Menschen gleichfalls eine ähnlich wichtige Phase zu geben. In dieser Zeit müßte die Entscheidung über die mögliche Vollkommenheit des Gehirns und damit über die menschliche Spezifizierung grundsätzlich und wesensmäßig fallen, was anhand von Ergebnissen aus der Mißbildungsforschung gezeigt werden soll.

⁵ A. Portmann, zit. n. P. Overhage u. K. Rahner, *Das Problem der Hominisation* (Freiburg 1961) 259.

Fehlformen der Entwicklung

Mißbildungen sind Veränderungen an einem bzw. mehreren Organen oder am ganzen Körper, denen Abweichungen von der normalen Entwicklungsrichtung innerhalb des embryonalen Werdens zugrundeliegen. Diese Abweichungen können bedingt sein durch Erb- oder Milieufaktoren, deren jeweilige prozentuale Beteiligung an Mißbildungen jedoch kaum zu bestimmen sein dürfte, da von den Fehlbildungen nicht mehr auf deren einzelne Ursachen zurückgeschlossen werden kann. Zudem gibt es über die Häufigkeit der auf Mißbildungen zurückführbaren *Keimsterblichkeit* keine genauen Zahlenangaben. Denn auch die Gesamtsterblichkeit innerhalb der Embryonalzeit ist beim Menschen nicht exakt feststellbar, da gerade im ersten Monat nach der Befruchtung viele Keime unbemerkt abgehen. Untersuchungen an Tieren haben einen Keimverlust zwischen 40 und 50 % bis zur Geburt ergeben. Da mit steigender Evolutionshöhe auch die Störanfälligkeit der Embryonalentwicklung zunimmt, dürfte – wie schon Pfaundler 1939 vermutete und neuere Untersuchungen von Hertig u. a. nahelegen – der intrauterine Fruchttod beim Menschen (auch ohne dessen aktives Eingreifen) ein häufigeres Ereignis sein als die Geburt eines lebenden Kindes⁶.

Ein Fünftel bis ein Viertel der befruchteten Eier scheint auf Grund schwerer Störungen entweder in der Eianlage oder im mütterlichen Organismus schon vor oder bei ihrer Einnistung in die Gebärmutter zugrunde zu gehen. Nachdem so die Keime mit abwegiger Gesamtanlage ausgesondert worden sind, beginnt bei den implantierten Keimen die schon beschriebene Anlage der großen Organsysteme, womit über die embryonale Grundgestalt entschieden wird. Jede Organanlage durchläuft aber in ihrer Entwicklung kritische Momente, während derer sie besonders empfindlich auf schädigende Faktoren reagiert. Experimentelle Eingriffe in die Keimentwicklung von Tieren haben nicht nur grundsätzlich gleichartige Fehlbildungen wie beim Menschen hervorgerufen; sie haben auch gezeigt, daß zu bestimmten Zeiten nur bestimmte Organe geschädigt werden.

Durch kurzfristige Röntgenbestrahlung von Mäuse-Keimlingen zu verschiedenen Entwicklungszeiten konnten L. B. und W. L. Russel 1954 deren *kritische Phase* für Fehlbildungen bestimmen. In der Präimplantationszeit wird die Großzahl der befruchteten Eier getötet. Mit Beginn der Organentwicklung am 6. Tag nimmt die Zahl der Keimtode rapid ab, die der Mißbildungen steigt dafür steil an. Nachdem sich die Organe differenziert haben, fällt die Mißbildungsrate vom 13. Tag an ebenso rasch wieder ab, die Keimlinge zeigen nur noch geringgradige Schädigungen⁷. Da die beobachteten Mißbildungen menschlichen Fehlbildungen entsprechen, läßt sich nach Korrelieren beider Entwicklungsabläufe die kritische Phase auch beim Menschen bestimmen. Diese erstreckt sich etwa vom Beginn der dritten bis zur zehnten Woche nach

⁶ H.-D. Pache, Pränatale Gefährdung, in: Hdb. d. Kinderheilk. (Berlin 1966) 1094–1103; G. Martius, Die pränatalen Schädigungen des Kindes, in: Klinik d. Frauenheilkd., Bd. 3 (München 1965) 69–164.

⁷ Zit. n. G. Töndury, Embryopathien (Berlin 1962).

der Befruchtung. Die während dieser Zeit zufällig von Röntgenstrahlen getroffenen menschlichen Keime zeigen überdies bei der Geburt häufig ebensolche Schädigungen ihres Phänotypus, wie sie bei der Maus durch Bestrahlung zwischen dem 8. und 13. Tag erzielt wurden. Allerdings differenzieren sich die einzelnen Organanlagen unterschiedlich, so daß je nach dem Zeitpunkt, an dem innere oder äußere schädigende Faktoren wirksam werden, verschiedenartige Mißbildungen resultieren. Besonders zu Beginn ihrer Ausdifferenzierung sind die entsprechenden Zellen am stärksten störanfällig, dagegen nimmt mit zunehmendem Reifegrad ihre Empfindlichkeit ab.

Aus dem 16. Jahrhundert wird von einem Mann mit zwei Köpfen berichtet, der dreißig Jahre alt geworden sei⁸. Bedeutend häufiger als solche vielleicht möglichen Doppelbildungen ist jedoch das Fehlen von Schädel- und Gehirnteilen. Büchner konnte durch kurzfristigen Sauerstoffmangel an Hühnerkeimen nachweisen, daß solche *Fehlbildungen am Zentralnervensystem* durch früh wirksam werdende Störungen hervorgerufen werden, nämlich schon am ersten Tag der Bebrütung. Wurde dagegen erst am 2.-4. Bebrütungstag Sauerstoff zeitweise entzogen, so beobachtete er stattdessen Mißbildungen und Fehlen von Gliedmaßen. Denn „da die Stoffwechselprozesse innerhalb des Keimes immer dort am intensivsten sind, wo besondere Strukturbildungen bevorstehen, entwickeln sich durch Störung des embryonalen Stoffwechsels phasenspezifisch gerade an den Stellen Mißbildungen, an denen die chemische Differenzierung bestimmter Strukturen im Gange ist“⁹.

Neben Sauerstoffmangel, der beim Menschen durch abwegige Implantation des Keimes oder durch ungenügende Sauerstoffsättigung des mütterlichen Blutes zu erwarten ist, dürften aber auch Störungen im Erbgefüge verantwortlich sein für das Auftreten von Gehirnmißbildungen, da diese bei Geschwistern zehnmal häufiger zu finden sind als in der Allgemeinbevölkerung (Hanhart, 1967). Während mit weniger schweren Mißbildungen des Zentralnervensystems schon bei einem von 200 Neugeborenen zu rechnen ist, tritt die *Anenzephalie*, das Fehlen wesentlicher Gehirnteile, nur bei einem von 1000 auf. Allerdings bleiben dabei die schon vorher abgegangenen Keime unberücksichtigt, so daß Gehirndefekte insgesamt keine Seltenheit sind. Am häufigsten ist das Vorderhirn mit dem Großhirn betroffen, zusätzlich dann Zwischen- und Mittelhirn; bei einer Minderzahl der Keime fehlt die ganze Gehirnanlage und der knöcherne Schädel. Entscheidend für das Ausmaß der Schädigung ist der Differenzierungsgrad des Neuralrohres. Unterbleibt beispielsweise schon die Schließung des Neuralrohres, so wird sich lediglich eine rudimentäre Gehirnplatte entwickeln. Dagegen führen Schädigungen nach der Aufgliederung des Neuralrohres in die fünf Hirnabschnitte nur zu meist weniger schweren Ausdifferenzierungsstörungen der betroffenen Teile, so daß der 20. bis 40. Tag nach der Befruchtung die entscheidende Zeit für schwere Fehlbildungen des Gehirns sein dürfte.

⁸ Zit. n. D. Starck, Embryologie (Stuttgart 1965) 152.

⁹ F. Büchner, Die angeborenen Mißbildungen des Menschen, in: Deutsche med. Wschr., 1956, 1341.

Leider sind genauere und längere Beobachtungen der Funktionsmöglichkeiten von Anenzephalen in Abhängigkeit von ihrem anatomischen Gehirnsubstrat noch selten (Monnier, 1953). Fehlen zusätzlich größere Teile des Schädeldaches, so wird die Geburt meist nur wenige Tage überlebt. Fehlen dagegen bloß Hirnteile, kann bei sorgfältiger Pflege mit einer mehrmonatigen Lebenserwartung gerechnet werden, in der sich allerdings meist ein Hydrozephalus (Wasserkopf) ausbildet, der dem Leben schließlich ein Ende setzt. Im Vergleich zu normalen Neugeborenen (Großhirnwesen) fällt beim Mittelhirnwesen, dem das ganze Vorderhirn fehlt, die mangelnde Periodizität zwischen Wach- und Schlafzuständen auf. Zwar reagiert es auf äußere Reize und ist zu mancherlei Leistungen fähig, die denen eines Großhirnwesens gleichen, aber sie sind insgesamt bedeutend undifferenzierter und mangelhaft der Umwelt angepaßt. So entspricht ein Mittelhirnwesen in seinen Äußerungen einem etwa drei Monate alten Embryo, ohne allerdings dessen höhere Entwicklungsstufen je erreichen zu können.

Das Vorkommen von Anenzephalen, die als spontane Fehlbildungen formal den experimentell erzeugten tierischen Mißbildungen entsprechen, ermöglicht es, Rückschlüsse auf entwicklungsphysiologische Mechanismen zu ziehen. Fehlbildungen werden demnach in derselben Entwicklungsphase determiniert wie die zugehörigen Normalprozesse; ein Gehirndefekt hat also seinen Ursprung zur selben Zeit wie die vollkommene Anlage von Gehirnteilen. Ob jedoch die normale Gehirnentwicklung eintritt oder eine Fehlbildung, hängt ursächlich ab sowohl von der genetischen Information des Keimes, die schon im Gameten entsprechend geschädigt worden sein kann, wie auch von den Umwelteinflüssen, mit denen der Keim zu eben diesem Zeitpunkt konfrontiert wird. Ist in dieser kritischen Phase zwischen dem 20. und 40. Schwangerschaftstag die Entscheidung aber zugunsten einer normalen Gehirnentwicklung gefallen, so ist sie grundsätzlich und wesensmäßig ebenso endgültig wie eine eventuelle Entscheidung dagegen. Bei Fehlbildungen des Gehirns wird dann die vielleicht ursprüngliche Potenz zur vollständigen Gehirnbildung blockiert und eingeschränkt auf eine enge prospektive Bedeutung der vorhandenen Zellen, die in der Entwicklung meist sehr rasch als endgültiges Stadium erreicht ist. Dabei dürften das entsprechende Induktionssystem oder die auf dieses reagierenden Zellen ausfallen.

Der embryonale Mensch

Lassen sich auch geistige Leistungen des Menschen in ihrer Immaterialität nicht ausschließlich auf Funktionshöhe und Funktionstüchtigkeit des Gehirns beziehen, so sind sie dennoch zumindest ihrem Inhalt und Ausdruck nach an geordnete elektrochemische Abläufe innerhalb des Zentralnervensystems gebunden. Als Ausdrucksfeld des Geistes, in dem sich dessen Potenzen aktualisieren können und müssen, besitzt daher das Gehirn seine überragende Bedeutung im menschlichen Körper. Da es das Organ ist, das allein geistgeprägtes Verhalten und sprachliche Ausdrucksformen ermöglicht, wodurch

sich der Mensch in seiner nur ihm eigenen geschichtlichen Daseinsform zu realisieren und zu erleben vermag, muß es in seiner besonderen Existenzweise auch notwendige Voraussetzung für die menschliche Spezifität sein. Dazu bedarf es aber eines *Minimums an Nervensubstanz* und einer bestimmten Entwicklungshöhe seines Nervensystems.

Dem Großhirn kommt dabei offensichtlich eine entscheidende Rolle zu, weil es nicht nur das übergeordnete Integrationsgebiet ist, sondern auch weil von ihm die Befähigung zu den spezifisch menschlichen Leistungen wesentlich abzuhängen scheint. Gehirnoperationen, die wegen bösartiger Tumoren notwendig wurden, haben gezeigt, daß nur *eine* Großhirnhälfte entfernt werden kann, ohne den Menschen in seinem Wesen entscheidend zu schädigen. Mußte nämlich zusätzlich ein Teil der anderen Hemisphäre mitabgetragen werden, so trat neben erheblichen Störungen verschiedener Körperfunktionen auch eine bis zum Tode anhaltende Bewußtlosigkeit auf. Das Minimum an Gehirnschubstanz, das notwendig ist zum Wirken des Geistes, ist jedoch damit noch nicht sicher bestimmt und bisher auch nicht bestimmbar, weil die verbliebenen Großhirnstrukturen zumindest die (nicht meßbare) Möglichkeit zu geistgewirkten Vorgängen offen lassen. Denn nicht nur der aktuelle Vollzug geistiger Potenzen, sondern auch schon die Befähigung dazu ist Kriterium menschlichen Personseins.

Auf einer zu geringen *Ausbildungshöhe des Nervensystems* wird allerdings selbst die Möglichkeit personaler Verwirklichung nicht mehr zu erwarten sein. So kann bei Mittelhirnwesen oder noch stärker geschädigten Keimen auf Grund des völligen Fehlens eines Vorderhirns nicht mehr mit einer Befähigung zum Personsein, zum spezifisch Menschlichen gerechnet werden. Die Entwicklungshöhe ihres Zentralnervensystems, die spätestens bis zum Ende des dritten Embryonalmonats erreicht wird, ist ihre endgültige. Die dadurch möglichen Funktionsweisen sind äußerst einfach, der Umwelt nicht ausreichend anpassungsfähig und wegen ihrer ausgebildeten Starrheit unzureichend selbst für ein primitives späteres Eigenleben. In ihrem nervlichen Substrat ist daher erst recht keine Möglichkeit zu geistgeprägtem Verhalten und Selbstbewußtsein denkbar, so daß ihre Existenz als die spezifisch menschlicher Wesen zumindest fragwürdig ist.

Daraus folgt andererseits jedoch positiv, daß im embryonalen Werden des Menschen schon mit der irreversiblen Anlage des Großhirns bzw. mit dem Beginn ihrer Ausbildung die *menschliche Spezifität* erreicht wird. Zwar hat dann das sich entwickelnde Großhirn seine Funktionsfähigkeit noch nicht erlangt und bleibt in seinen einzelnen Nervenzellgebieten isolierten Schädigungen gegenüber verwundbar, so daß geistige Potenzen vielleicht nur teilweise aktualisiert werden können. Aber in seiner ihm jetzt als Ganzem eigenen Entwicklungsrichtung, durch die seine Befähigung zu geistgewirktem Verhalten grundgelegt wird, ist es letztlich nicht mehr störbar. Der Zeitpunkt, zu dem sich diese entscheidende Wende vollzieht, dürfte im Werden des embryonalen Menschen zwischen dem 20. und 40. Entwicklungstag liegen. Auch hier ist eine zumindest nicht faßbare Plastizität in der Ausprägung der Großhirn-Anlage anzuneh-

men. Zudem variieren gerade in jener kritischen Phase die Reifungsprozesse zeitlich von Keim zu Keim.

Zwischen der vierten und sechsten Woche nach der Befruchtung entscheidet sich also die menschliche Spezifität. Hier wird mit der Anlage des Großhirns die Diskontinuität des menschlichen Werdens zum tierischen erstmals sichtbar im Vorgriff nämlich auf den Wesensunterschied, der durch den Geist begründet ist. Mit diesem Zeitpunkt, bis zu dem schon mehr als ein Viertel der ursprünglich befruchteten Eier abgestorben sind, hat das embryonale Werden seinen eigentlichen Höhepunkt, von dem aus es nur mehr Weiterentwicklung und Wachstum gibt, erreicht: den embryonalen Menschen, der sich in seiner erlangten Personalität mehr und mehr entfalten soll.

Rückblickend läßt das embryonale Werden des Menschen eine zunehmende Komplexität erkennen mit der Tendenz, sich zu organisieren, zu zentrieren, zu individualisieren und schließlich zu personalisieren. Diesen inneren Dimensionen entsprechen charakteristische Phasen, in die sich das Werden auf Grund entwicklungsphysiologischer Ergebnisse gliedern läßt. Aus der Vereinigung zweier lebender biologischer Korpuskeln, die sich in ihrer spezifischen Bedeutung als Keimzellen nicht wesensmäßig von anderen Körperzellen unterscheiden, wird eine dynamisch auf das Werden ausgerichtete Lebenseinheit. In deren genetischer Information leuchtet zwar eine höchstmögliche Wesensform auf, deren Realisation im Werdeprozeß jedoch oft genug nicht gelingen wird. Durch Furchungen entsteht zunächst eine Vielheit gleichartiger Korpuskeln, die sich langsam im Einwirken aufeinander zu organisieren beginnen, bis mit der Ausbildung der Embryonalanlage eine zentrierte höhere Einheit vorliegt. Verließ die Entwicklung bis zu diesem Zeitpunkt autonom, so gewinnt der Keim nun durch die Implantation in die mütterliche Schleimhaut Kontakt mit seiner Umgebung, die ihn zur Auseinandersetzung mit ihren Einflüssen zwingt. Dadurch und mehr noch durch die Lokalisierung eines Organisationszentrums, das auf die verschiedenen Zellbezirke induzierend-determinierend wirkt und eine Mehrfachbildung ausschließt, wird der Keim zu einer unteilbaren und unmitteilbaren Ganzheit, zum Individuum. Aber noch zeigt sich in diesem Lebewesen keine Diskontinuität zum Tierischen, ist die menschliche Spezifität noch nicht festgelegt. Zuvor muß irreversibel das Gehirn als materielles Substrat geistgeprägten Verhaltens – von Selbstbewußtsein und Selbstverfügung – gebildet werden. Durch die Induktionswirkung des Organisationszentrums wird zunächst aus einer Zellschicht die Neuralplatte, die bald autonome Tendenzen zeigt. Diese bewirken eine regionale Gliederung des sich zu einem Rohr schließenden Neuralmaterials, wodurch die späteren Abschnitte des Zentralnervensystems angelegt werden. Aus dem vorderen Hirnabschnitt modelliert sich schließlich die entscheidende Anlage des Großhirns. Indem damit mögliche Fehlentwicklungen zu großhirnlosen Lebewesen ausgeschlossen sind, hat das embryonale Werden des Menschen sein höchstes Ziel in der Befähigung des Keimes zum menschlichen Personsein erreicht.