

Das Genetische Grundgesetz

Erich Blechschmidt

Unsere heutige Stellungnahme zu Vesals Fabrica

Noch zu Beginn des 16. Jahrhunderts bestand eine Anatomische Vorlesung darin, daß der Anatom ex cathedra aus der Galenschen Anatomie den Studierenden vorlas, während der „Prosektor“ dazu an der Leiche demonstrierte. Dabei geschah es nicht selten, daß das Vorgelesene nicht zu dem an der Leiche Gezeigten paßte. In diesem Fall bekam das Buch recht, vom Leichenbefund wurde keine Kenntnis genommen. Erst Vesal († 1564), dessen berühmtes Werk „De humani corporis fabrica“ 1543 erschien, brach diese Gewohnheit. Er stellte erstmals durch gewissenhafte Prüfungen am Objekt klar, daß die Galensche Anatomie (Galen, † 201 n. Chr.) oftmals mit dem menschlichen Körper nichts zu tun hatte, sondern eine Darstellung von Befunden war, die nicht am Menschen, sondern am Tier erhoben und durch vielerlei Verwechslungen entstellt waren. Seit dieser „Aufklärung“ durch Vesal gilt die Anatomie des 16. Jahrhunderts auch heute noch als Fundament der modernen Medizin, auf dem unsere Begriffe vom menschlichen „Körper“ beruhen. Wie wir heute sagen, bestand das Geniale der Leistung Vesals darin, die Bedeutung des Leichnams für die Beschreibung von Lebensvorgängen erkannt zu haben. Erst Vesal entdeckte in dem Nachbild des Lebendigen, das wir als Leichnam bezeichnen, das für eine klare Vorstellung besonders geeignete Hilfsmittel, um vom möglichst Einfachen und möglichst Deutlichen und Übersichtlichen aus schrittweise zu genaueren Vorstellungen vordringen zu können. Nur ein Leichnam ist das uns ganz zur Untersuchung freigegebene nur Körperliche vom Menschen, das uns als naturgetreues Gleichnis seiner vielen Eigenschaften besonders gegenständliche sogenannte „objektive“ Feststellungen erlaubt, die auch heute noch die Grundlage sowohl der theoretischen als auch der praktischen Medizin sind.

Was stellte Vesal fest? Eine uns heute noch immer wieder in Erstaunen versetzende höchst merkwürdige Zergliederbarkeit des ganzen Organismus in kleine und kleinste, in ihrer Gestalt immer wieder von neuem rätselhafte Teile. An ihnen hat man bereits im 16. Jahrhundert begonnen, mit Erfolg verlässliche Tatsachen festzustellen, die zunächst an der Leiche dinglich zu zählen, räumlich zu messen und dann allmählich indirekt auch am Lebenden zu bestätigen waren. Vesal begann damit, die Beobachtungen, die schon große Ärzte des Altertums gewonnen hatten, zu präzisieren und damit erstmals planmäßig unsere Vorstellungen vom Lebenden zu vertiefen.

Von dieser erfolgreichen Vesalschen Anatomie ist mit der Entdeckung der experimentellen Methoden, die mit der Verfeinerung der Technik allmählich auch Messungen am Lebenden möglich machten, erst neuerdings von Interesse geworden, daß sie nur ein räumliches Zustandsbild, also nur eine Vorstellung davon gibt, was wir heute den deskriptiv-anatomischen Körperbau des Erwachsenen nennen, aber noch nichts über die Veränderungen der Zustände des Organismus aussagt, also noch nichts über die Vorgänge, die wir als Leistungen (organische Funktionen) bezeichnen. Hier ist folgendes zu bemerken. Trotz der seit Vesal erwiesenen zahllosen Fakten sind doch nicht die Gesetze gefunden worden, die wir für eine sichere Orientierung brauchen, um beim Kranken in das organische Geschehen tief genug eingreifen zu können. Die nur beschreibende (Vesalsche) Methode führt noch zu keinem Verständnis der Vielfalt der oft krankhaften Wachstumsleistungen im menschlichen Körper. Um hier Gesetzmäßigkeiten zu finden, sind noch weitere Methoden nötig. Sie suchen wir unter anderem in der Embryologie, und zwar auf Grund folgender Überlegungen. Die Anatomie betrifft, wenn sie bewußt zunächst unter möglichst klar kontrollierbaren Voraussetzungen nur im räumlich-geometrischen Sinn den menschlichen Körper als Gestalt zu beschreiben versucht (Morphologie), nur ein willkürlich ausgewähltes Stadium der Entwicklung, nämlich das des Erwachsenen. Dieses ist aber, nachdem heute das Elektronenmikroskop in kleineren Dimensionen als $\frac{1}{100\,000}$ mm zu untersuchen erlaubt, bereits so wenig übersichtlich, daß schon hier im bloß morphologischen Bereich die gedankliche Synthese durch Untersuchungen unter neuen Gesichtspunkten zu einer dringlichen Aufgabe geworden ist¹.

Erst durch Untersuchung wenige Millimeter großer und noch kleinerer menschlicher Keime ist jene erste Übersicht über den menschlichen Körperbau zu erhoffen, die wir zur Auffindung elementarer Gesetze des Organischen beim Menschen brauchen. Um dies zu erreichen, fehlten allerdings noch vor 20 Jahren untersuchbare menschliche Embryonen. Die geeigneten Stadien sind so winzig und daher so selten aufzufinden, daß wir sie nur ausnahmsweise zur Untersuchung bekommen und dann erst nach Anwendung besonderer Vergrößerungstechniken näher beschreiben können (s. Abb.). Da junge menschliche Keime (Eier und Embryonen) schon wenige Minuten nach dem Absterben entstellt sind, können sie nur nach Anwendung

¹ Der Verfasser hat als Anatom zu dem vorstehenden Thema u. a. folgende Arbeiten veröffentlicht:

1952 Funktionsentwicklung des Cortischen Organs, in: Archiv für Ohren-, Nasen-Kehlkopfheilkunde 162

1961 Die vorgeburtlichen Entwicklungsstadien des Menschen. Basel-New York (deutsch-englisch)

1964 (1) Der menschliche Embryo. Stuttgart, II. Auflage 1964 (deutsch-englisch)

1964 (2) Die Entwicklung des menschlichen Nervensystems (Die Entstehung der Gehirntätigkeit) Göttingen

1964 (3) Die Entwicklung der Organsysteme des Menschen, in: Mediz. Monatsschrift. Stuttgart

1964 (4) Neue Wege in der Embryologie. Bilddienst Deutsche Roche. Grenzach

1964 (5) Die Organe als lokale Wachstumsmodifikationen des Zellgewebes, in: Deutsche Medizinische Forschung German Medical research. Verlag für Gesamtmedizin, Berlin

1965 (1) Die Frühentwicklung des Menschen (S. 1: Die Entwicklung der Morphologie zu einem Lehrfach der Biologie) Göttingen

1965 (2) Wie der Mensch zu den Zahlen kam. Göttingen.

besonderer Vorsichtsmaßnahmen sinnvoll bearbeitet werden. Erst durch Vergleich solcher Keime in verschiedenen Stadien lassen sich durch Ermittlung der Gestaltänderungen hinreichend elementare (morphologisch faßbare) Funktionen des Organismus nachweisen und ihre Gesetzmäßigkeiten erkennen. Die Aufgabe, solche Gesetzmäßigkeiten zu finden, ist der Anatomie gestellt, nicht der Physiologie. Diese ist als junge Wissenschaft heute noch im Stadium der Befundsammlung, so daß die Frage, wo Gesichtspunkte für eine breitere Synopsis zu gewinnen sind, hier noch nicht an der Zeit ist.

Die Kinetische Anatomie

Ein junges menschliches Ei wiegt etwa 0,0004 mg und ein eben erkennbarer menschlicher Embryo, der ein Teil eines schon einen halben Monat alten und um ein Vielfaches gewachsenen menschlichen Eis ist, ist erst $\frac{1}{10}$ mm groß. Jedoch wird schon in diesen kleinen Dimensionen die für den Menschen charakteristische Organisation deutlich. Es beginnen schon hier die für das ganze spätere Leben maßgebenden lebendigen Leistungen (Funktionen). Nur eine Übersicht über die Anfänge dieser organischen Leistungen kann ein Verständnis für die späteren Funktionen des Erwachsenen vermitteln. Wir untersuchten zu diesem Zweck in den letzten Jahren eingehend die elementarsten Leistungen junger Keime, die Entwicklungsbewegungen. Um von der bisherigen Kenntnis der menschlichen Gestalt als Zustandsbild zu einer Kenntnis der Gestaltung als Bewegungsbild, d. h. zur Kenntnis räumlich exakt beschreibbarer Leistungen zu kommen, waren besondere Untersuchungsbedingungen zu berücksichtigen. Im besonderen mußten im Verlauf von jahrzehntelangen Vorarbeiten Schnittserienrekonstruktionen von weit mehr als 200 000 jeweils weniger als $\frac{1}{100}$ mm dicken mikroskopischen Präparaten hergestellt und genau messend miteinander verglichen werden, um die winzigen, aber für die Entwicklung charakteristischen Gestaltänderungen exakt genug körperlich bestimmen zu können. Um dies zu ermöglichen, waren spezielle graphische und kunststofftechnische Verfahren nötig, damit Schnittserienrekonstruktionen in geeigneten Vergrößerungen hergestellt werden konnten (Abbildungen 1964, 1 u. 4). Erst so konnte die herkömmliche klassische Zustandsanatomie (Deskriptive Anatomie) in Richtung zu einer morphologisch fundierten Gestaltungsanatomie (Kinetischen Anatomie) erweitert werden (1964, 1). Dies führte uns nun in Übereinstimmung mit den biophysikalischen und biochemischen Ergebnissen der neueren experimentellen Biologie auf einen Weg, Elementarleistungen des menschlichen Organismus (Wachstumsfunktionen) als „Grundfunktionen“ des Erwachsenen beschreiben zu lernen und damit, wie wir sehen werden, auf ein Genetisches Grundgesetz aufmerksam zu werden.

Hervorzuheben ist hier folgendes: In der Kinetischen Anatomie kann der bereits durch die Mathematik des 17. Jahrhunderts entdeckte Funktionsbegriff als Begriff von Beziehungen zwischen Variablen körperlich darstellbarer Größen biologisch angewandt werden. So lassen sich mit morphologischen, am Präparat anwendbaren Methoden durch Vermessung von körperlichen Veränderungen (Bewegungen der Körperteile im Verlauf ihrer Entwicklung) Funktionen im Sinne organischer Leistungen ermitteln. Diese im folgenden Entwicklungsbewegungen² genannten Leistungen waren bisher nicht bemerkt worden, weil man irrtümlich vorausgesetzt hatte, daß Organe nur durch experimentelle Untersuchungen am Lebenden auf Funktionen geprüft werden könnten. Mit dieser Annahme schieden bisher Embryonen als Untersuchungsobjekte aus. Als sich diese Annahme jedoch als Irrtum erwiesen hatte, beschritten wir neue Wege und gewannen neue Ergebnisse.

Der neue Organbegriff auf Grund kinetisch-anatomischer Untersuchungen

Seit den Anfängen der exakten Naturwissenschaft im 16. Jahrhundert wurden die Organe zunächst noch den alten antiken Hypothesen entsprechend als Eigenwesen verstanden, die sich für eigenmächtig gesteckte Ziele entwickeln würden. Durch die kinetisch-anatomischen Untersuchungen der Entwicklungsbewegungen menschlicher Embryonen ergab sich dementsgegen, daß sie natürliche Systeme des Organismus darstellen, die schon in ihrem nachweisbaren Ablauf der Entwicklung einem exakten Verständnis nähergebracht werden können (1961). Alle bisher untersuchten Organe stellen nämlich lokal miteinander vergleichbare Wachstumsmodifikationen des embryonalen Zellgewebes dar. Sie stehen tatsächlich zueinander, jedoch, wie wir sehen werden, nicht zu den Organen von Artverwandten des Menschen in engerer Beziehung.

Im Verlauf der Entwicklung vom Ei zum Neugeborenen finden wir jedes Organ mit kinetisch-anatomisch charakteristischen Merkmalen entstehen. Jede Zelle, jeder Zellverband, jedes physiologisch zunächst vielleicht noch unauffällige embryonale Organ läßt sich dabei kinetisch-anatomisch durch seine Entwicklungsbewegungen stets als Anteilhaber an den Gestaltungsbewegungen des ganzen Organismus nachweisen. Jedes menschliche Organ hat nachweislich bereits kinetisch Anteil an der Gestaltung des ganzen späteren menschlichen Körpers. Es wirkt gemeinsam mit allen übrigen Organen mit an den Gestaltungsbewegungen des ganzen Körpers. Es hat Gestaltungsfunktionen (1952). Verfolgt man die Entwicklungsbewegungen, so zeigt sich, daß der Bau eines Erwachsenen regelmäßig durch stufenweise Korrektur der Gestalt entsteht, die die vorangehende Entwicklungs-

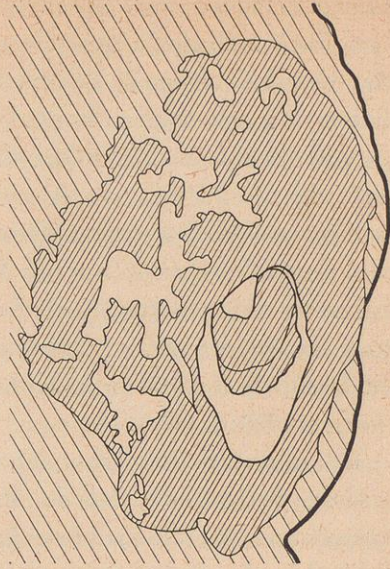
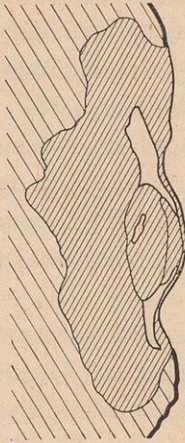
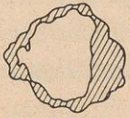
² Unter Entwicklungsbewegungen verstehen wir die morphologisch faßbaren Körperbewegungen, die sich im Verlauf der Individualentwicklung vollziehen, einschließlich ihrer nur experimentell zu ermittelnden submikroskopischen Stoffwechselbewegungen.

stufe kennzeichnet, mithin also durch Korrektur der anfangs durch ihre Kleinheit fast unbemerkbaren Gestalt des Eis (s. Abbildungen). Die körperlich bestimm- baren Leistungen des Erwachsenen sind deshalb auch Modifikationen der Leistungen des Eis und so bereits in der Frühentwicklung spezifisch menschliche Leistungen. Dies entspricht keineswegs den bisherigen Erwartungen der Physiologie. Es zeigte sich aber, daß die jeweiligen „Korrekturen“ des Bauplans und der dadurch ermöglichten Leistungen durch Ermittlung der Entwicklungsbewegungen klarer und übersichtlicher beschrieben werden können, als es durch experimentelle Untersuchungen am Lebenden möglich wäre. Die Entwicklungsbewegungen der einzelnen Organe, die in den Lage-, Form- und Strukturänderungen der Körperteile im Verlauf der Ausbildung des Körpers allmählich mehr und mehr differieren, lassen sich nicht voneinander trennen. Nur ein beliebiges Beispiel hierfür: Während der Krümmung (Einrollung) eines ca. 4 mm großen menschlichen Embryo (1961) legt sich der Kopf des Embryo, dessen geräumigstes Organ das Gehirn ist, mit dem Gesicht breit dem embryonalen Brust-Halsmassiv, dem sogenannten Herzwulst an. Im Rahmen dieser Entwicklungsbewegung wird die Mundhöhle zwischen Gehirn und Herzwulst quer verbreitert, so daß von jetzt ab die Lippen, bzw. die Mundspalte quer stehen. So sind Bildungen, die jeder vom Erwachsenen kennt, wie die für den Menschen charakteristische Stellung des Mundes, die Stellung der Mundwinkel zueinander, tatsächlich aus frühen Entwicklungsbewegungen unserem Verständnis näher zu bringen.

Wir dürfen sagen: das menschliche Antlitz scheint, nicht aus Zufall, schon früh von Hirn und Herz geprägt. Es entsteht, genau meßbar auf die Entwicklung des menschlichen Gehirns und Herzens abgestimmt. Es ist in jeder Phase seiner Entwicklung deswegen, weil schon die menschliche Eizelle nachweislich stets spezifisch menschlich ist und, wie bekannt, typisch menschliche Chromosomen enthält, von dem, was wir bei irgendeinem Artverwandten ‚Gesicht‘ nennen, nachweislich verschieden. Die Ähnlichkeiten, die wir zwischen Artverwandten feststellen können, sind in keinem Stadium der Entwicklung so groß, daß wir Identität annehmen dürften. Die Ähnlichkeit beruht auf der Gleichheit der Gesetze bei ganz verschiedenen Voraussetzungen.

In der genannten Entwicklungsphase führt die Krümmung des Embryo zu Faltungen im Bereich des Gesichts. Diese sind sowohl beim Menschen als auch bei seinen Artverwandten nur lokale Wachstumsmodifikationen des Zellgewebes, die sich erst aus der jeweils individualspezifischen Entwicklung in ihrem wirklichen Charakter verstehen lassen (1961). Die Faltungen ergeben sich sowohl in ihrer Ausrichtung (Lageentwicklung) als auch in ihrer Formbildung (Formentwicklung) als auch in ihrer inneren Gestaltung (Strukturentwicklung) aus den lokalen Entwicklungsbedingungen an den Rändern ihrer Körperregionen als Reaktionen auf die Wachstumsbedingungen, die sich selbst wieder aus vorgebildeten Anlagen ergeben. Das wachsende Herz (Zentrum des Gefäßsystems) sowie das wachsende

4, 7 und 9 Tage

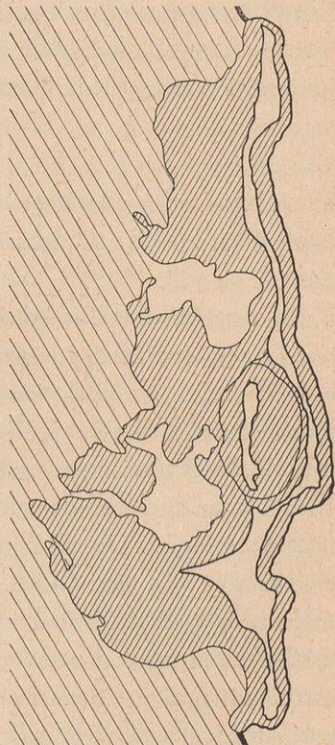
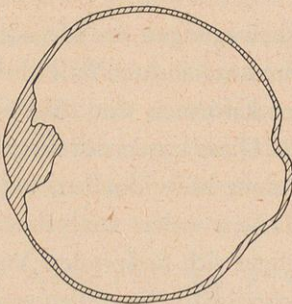


Oben: Menschliche Eier. Unten: zum Vergleich Eier von Rhesusaffen. Lineare Vergrößerung jeweils 170 mal. Flächenvergrößerung ca. 27 000 mal. Ei eng schraffiert, Uteruswand weit schraffiert. In beiden Reihen Stadien kurz vor und nach der Implantation. Die Zellgrenzen und die Zellkerne sind nicht dargestellt. Die Verschiedenheit beider Eiarten läßt sich trotz der gewählten geringen Übersichtsvergrößerung schon erkennen.

Oben nach Hertig und Rock (1949).

Unten nach Heuser und Streeter (1941).

Zum Teil aus Blechschmidt (1961).



9 und 10 Tage

Gehirn (Zentrum des Nervensystems) funktionieren so beim Menschen jeweils als typische Randbedingungen seiner Gesichtsbildung. Die embryonalen Gesichtsfalten des Menschen stellen in keinem Stadium der Entwicklung Kiemenbögen dar oder Falten, die mit solchen sinnvoll verglichen werden könnten. Die Gesichtsfalten entwickeln sich aus demselben Zellgewebe, aus dem sich auch andere Falten wie z. B. der Kehldeckel, die Augenlider und die zunächst häutigen Extremitätenanlagen als Wachstumsmodifikationen ausbilden (1961 u. 1964, 1). Sie können also sinnvoll und exakt nur mit diesen verglichen werden. Mit Kiemen von Fischen haben sie nichts zu tun. Auch die Kiemen von Fischen stammen ja nicht von Kiemen ab, sondern gehen selbst aus dem embryonalen Gewebe der Fische hervor. Es ist leicht, die typisch menschliche Form der embryonalen Gesichtsfalten nachzuweisen (1961 u. 1964, 1).

Der schon um die Jahrhundertwende von dem Anatomen His († 1904) bemerkte wichtige Sachverhalt, daß der Entstehungsort der Organe für ihre Eigenart charakteristisch ist, erlaubt heute den Schluß, daß die Organe trotz ihrer vermeintlichen Verschiedenheit im fertigen Organismus in Wirklichkeit doch nur verschiedene Erscheinungsbilder ihres Substrates sind. Wie wir durch die Experimente des Zoologen Spemann wissen, kann unter Umständen schon der mechanische Eingriff bei einer Transplantation eines jungen Gewebes in den noch lebenden Körper zu lokalen Begrenzungen der Entwicklungspotenzen im Sinne einer Determination führen, so daß allein ein technischer Eingriff schon Anlaß zu einer entscheidenden Entwicklungsbeeinflussung (Induktion) im Sinne bloßer Wachstumsmodifikationen werden kann. So äußerlich sind die Modifikationen des Zellgewebes, die wir herkömmlicherweise Organe nennen.

Die Entwicklungsbewegungen und die Ausdrucksbewegungen

Bei eingehender Untersuchung der Entwicklungsbewegungen des Menschen ließ sich feststellen, daß die organischen Formen in keinem untersuchten Fall bloße Formen (Formen an sich), sondern regelmäßig Ausdrucksformen sind. Sie sind unmittelbarer Ausdruck von Entwicklungsbewegungen. Diese lassen sich ihrerseits als mittelbare Äußerungen eines Stoffwechsels, d. h. eines individuellen, bei jedem Individuum spezifischen, submikroskopischen Geschehens weiter analysieren (Molekularbiologie). Die in den Entwicklungsbewegungen sich äußernden Vorgänge sind weder rein mechanisch noch rein chemisch beschreibbar. Sie stellen stets vielmehr biophysikalische oder biochemische Prozesse dar, also Vorgänge mit Gesetzmäßigkeiten unter besonderen Voraussetzungen. Die technisch faßbaren Lebenserscheinungen, von denen wir hier sprechen, haben, abgesehen von ihren formalen, mechanischen und chemisch bestimmbaren (sog. unspezifischen) Merkmalen, stets

Individualspezifität. Sie sind individualspezifische Varianten mit methodisch verschieden faßbaren Merkmalsgruppen. Dies besagt, daß ein Organismus nicht nur in räumlicher Hinsicht ein räumliches Ganzes und in zeitlicher Hinsicht ein zeitliches Ganzes ist, sondern daß er sich als ein und derselbe Organismus u. a. auch noch als ein materielles Ganzes beschreiben läßt. Auch hier gibt es Merkmalsgruppen, die zwar methodisch voneinander zu trennen sind, sachlich jedoch nicht. Spezifische und unspezifische Merkmale schließen einander nicht aus, sondern gehören im Gegenteil engstens zusammen.

Gestalt und Gestaltung sowie Gestaltungen und ihr Ausdrucksgehalt lassen sich nicht wie körperliche Dinge, die in kausalem (körperlich trennbarem) Zusammenhang miteinander stehen, voneinander trennen. Mit diesem Befund sind wir dem Kern unseres Themas, der Frage nach möglichen Gesetzen der Entwicklung bereits näher gekommen, indem wir jetzt zunächst zu dem sogenannten Ausdrucksproblem Tatsachen beibringen können. Hiermit greifen wir ein Thema auf, mit dem sich die Biologie schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts befaßte, als Goethe erstmals das Thema Morphologie in den Bereich der Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften einführte.

Goethes Auffassung ist deshalb interessant, weil Goethe, der bei seinen wissenschaftlichen Studien vor allem die unmittelbare Anschauung liebte und deshalb die Benutzung des Mikroskops völlig ablehnte, lebendige Gestalt und mathematische Formen für absolut unvereinbar hielt und damit etwas aus dem Blickfeld verlor, was schon die Renaissance kannte. Solange die geometrischen Methoden, die bereits Leonardo da Vinci um die Wende des 16. Jahrhunderts bei seinen anatomischen Untersuchungen benutzte, noch nicht prinzipiell in die Biologie eingeführt waren, fehlte die Möglichkeit, den Begriff „Physiognomik“ morphologisch zu präzisieren und damit objektiv prüfbare Aussagen über den wissenschaftlich faßbaren Charakter einer organischen Gestalt, bzw. Gestaltung geben zu können. Solche Aussagen sind jedoch heute, wenigstens mit Vorbehalt, möglich. Wir kommen heute auf Grund der genannten neueren Denkweise in der Embryologie mehr und mehr dahin, die Grundlage der Physiognomik nicht in der Psyche zu suchen, sondern im Körper. Was der Körper ausdrückt, das nennen wir Psyche, und was die Seele um sich mitzuteilen braucht, das nennen wir den Körper. Jede mathematische Entdeckung und jede reine Idee wäre unmöglich, könnte sie nicht mittelbar oder unmittelbar dargestellt, also somatisch mitgeteilt werden (1965, 2).

Eine Neufassung des Begriffs der organischen Leistungen

Mit Hilfe entwicklungs-kinetischer Untersuchungen konnten Frühfunktionen des menschlichen Keims ermittelt und nachgewiesen werden, daß auf diesen embryonalen Leistungen regelmäßig die späteren bisher in der Physiologie analysierten

Organfunktionen des Erwachsenen aufbauen. Die Untersuchung der Entwicklungsbewegungen zeigt, daß nach der Geburt keine Leistung ausgeübt wird, die nicht schon vor der Geburt in primitiver, individualspezifischer Weise vollzogen war. Beispielsweise ließ sich feststellen, daß die Entstehung der Lippen schon bei menschlichen Embryonen, die kaum einen Zentimeter groß sind, eine Leistung im Sinne einer Körperfunktion dieses Embryo ist. Die Bewegung des nachgeburtlichen Saugens ist eine Weiterentwicklung der vorgeburtlichen Entwicklungsbewegung der Lippen. In Fortsetzung dieser Saugbewegung bedeutet schon die Entstehung der Zahnkeime nachweisbar eine Bewegung primitiven Beißens (1964, 2). Ähnlich ließ sich feststellen, daß die Entstehung der menschlichen Hand als Teilgeschehen der Entwicklung des ganzen Embryo ein primitives Greifen ist, dessen Weiterentwicklung bis zum „Begreifen“ führt. Es gibt Beobachtungen, die dafür sprechen, daß eine individualspezifisch besonders frühe embryonale Innervation der Hand eine Voraussetzung für die Entwicklung mathematischer Begabung ist, das soll heißen, daß allein chromosomenbedingte erbliche Anlagen von Begabungen nicht nachzuweisen sind und daß gerade für die wesentlichen Embryonalvorgänge, die für die Eigenart eines Menschen bezeichnend sind, die ganzen frühembryonalen Leistungen unentbehrlich sind. Schon ein 20 mm großer menschlicher Embryo, dessen Hand kaum 3 mm lang ist, hält diese fast wie ein Erwachsener, der zum Gruß die Hand gibt (1961, Abb. 395).

Wie schon an anderer Stelle gezeigt wurde (1961, 1964), ist die Entstehung und erste Entfaltung der menschlichen Lunge unter anderem die Folge einer Abflachung des Zwerchfells und einer Erweiterung des wachsenden Thorax, wodurch im Prinzip schon die späteren Atembewegungen vorgezeichnet werden. Bereits die Entstehungsprozesse der Gelenke sind bei etwa 2 cm großen menschlichen Embryonen Wachstumsbiegungen, mit denen sich schon embryonal, in ihrer Spezifität erkennbar, die späteren Willkürbewegungen anbahnen. Auch die Sinnesorgane und alle übrigen untersuchten Organe machen hier keine Ausnahme. Der Mensch besitzt nicht Augen und Ohren, um sehen und hören zu können, sondern der Mensch hört und sieht, weil sich Augen und Ohren entwickelt haben. Es ist in diesem Sinne richtig, wenn es heißt, „wer Ohren hat, der höre“. Es wäre aber anatomisch unrichtig, wenn es hieße: „es ist zweckmäßig zu hören, darum muß der Mensch Ohren haben“. Diese Hinweise sind wichtig zur Beurteilung der Entwicklung von Instinkten. Alle untersuchten Sinnesorgane haben charakteristische Wachstumsfunktionen, die die späteren Sinnesfunktionen schon embryonal durch wesentliche Leistungen einleiten. Wenn nicht schon die embryonalen Nervenzellen der Augen und Ohren in früher Embryonalzeit in rhythmischen Folgen zu spezifischen Wachstumsprozessen erregt würden und bestimmte Wachstumserregungen durch ihre Stoffwechseltätigkeit zu nervösen Zentren leiteten, könnten die Sinnesorgane auch nach der Geburt nicht funktionieren. Nachweislich setzt Sehen und Hören eine Entwicklung des Sehens und Hörens schon lange vor dem Entstehen bewußter Lei-

stungen voraus. Dies war in der bisherigen Physiologie und Psychologie nicht bekannt, weil hier kinetisch-anatomische Grundlagen fehlten. Eine „Zweckmäßigkeitslehre“ ist nach dem Gesagten deshalb in der Biologie unangebracht. Hier muß zu sauberstem philosophischem Denken gemahnt werden. Entwicklungsvorgänge haben eine ganz andere Bedeutung als die, bestimmte Zwecke zu erreichen. Kein einziger Entwicklungsvorgang läßt sich aus einer bewußten Absicht, einem „Zweck“ erklären und verstehen.

Die sogenannten kompensatorischen Entwicklungsvorgänge. Beiträge zur Genetik

Mit den genannten Befunden liefert die Kinetische Anatomie einen Beitrag zur Entwicklungsphysiologie. Es zeigte sich nämlich, daß kein Organ die früher angenommene Fähigkeit zur Selbstdifferenzierung besitzt. Selbstdifferenzierung gibt es tatsächlich nicht. Kein entwicklungskinetisch genauer untersuchtes Organ läßt eine isolierbare Eigenform nachweisen, sondern stets nur eine Anpassungsform, d. h. eine funktionelle Gestalt, die Zeichen eines Wirkungszusammenhangs der Organe untereinander und so ein Hinweis darauf ist, daß alle Differenzierungen nur relativ zueinander entstehen (Prinzip der relativen Differenzierung). In den genauer geprüften Entwicklungsphasen erweisen sich Differenzierungen bevorzugt als gegensätzlich wirkende Prozesse. Wieder ein Beispiel: Bei etwa 10 mm großen menschlichen Embryonen wölbt das schneller wachsende Gehirn die dünne langsamere wachsende Haut nach außen vor. In Fortsetzung dieser Körperbewegung zieht sich das Rückenmark am unteren Körperende des Embryo von der Haut zurück. Dadurch spitzt sich der Embryo an seinem unteren Körperende zu, während er sich umgekehrt am Kopfende verbreitert. Die Zuspitzung wurde früher als Rekapitulation der bei Tieren beobachteten Schwanzbildung aufgefaßt. Sie hat aber in Wirklichkeit nichts mit einer solchen zu tun, sondern stellt vielmehr einen kompensatorischen Entwicklungsvorgang zur Kopfbildung dar, also auch wieder nur eine lokale Wachstumsmodifikation im Zellgewebe.

Ähnliche zueinander gegensätzliche (kompensatorische) Entwicklungsvorgänge sind vielfältig nachweisbar: Verdickung der Haut im frühembryonalen Entwicklungsbereich der Fußsohle und gleichzeitige Verdünnung der Haut im Bereich des embryonalen Fußrückens, Entstehung der Zunge durch Erhebung der Zungenschleimhaut über die Anlage des Mundbodens und gleichzeitig Entstehung der Unterzungendrüsen als Einsenkungen der Schleimhaut in das Innere des Mundbodens; ferner: Vorwölbung der embryonalen Fingerbeere und kompensatorische Einsenkung der Haut im Bereich des Nagelbetts; weiter: Verdickung des Hinterhirns am Boden seines Ventrikels und gleichzeitig Verdünnung des Dachs des Ventrikels. Entsprechendes zeigen schon die frühembryonalen Zellen selbst. Die Untersuchung der Entwicklungsbewegungen schon der frühen Zellen des Eis (Blastome-

ren) hat ergeben, daß die äußere Schicht dieser Zellen, ihr Zytoplasma, bereits in diesem frühen Stadium Hauptträger von Anpassungsvorgängen ist, während umgekehrt der Zellkern mit seinen stabilen, besonders großmolekular gebauten Chromosomen als Hauptträger der Vererbung, d. h. des relativ Bleibenden funktioniert. Bei allen Differenzierungen werden die Zellkerne zunächst weniger verändert als das Zytoplasma. Dieses weist mit der Zunahme der Differenzierung schnell mikroskopisch deutliche Veränderungen auf. Was wir später in den einzelnen Körperregionen eines z. B. 10–20 mm großen Embryo an Knorpel, Muskeln, Nervenanlagen finden, wird darum zunächst besonders an der Zytoplasmastruktur deutlich. Wächst das Ei, so vermehren sich die Zellen. Dabei teilen sich die Zellkerne. Ihre Chromosomen zeigen Entwicklungsbewegungen, die u. a. als Mitosen bekannt sind. Hier gewinnt die Kinetische Anatomie für die Probleme der Genetik besonderes Interesse. Es ist wahrscheinlich geworden, daß im Kernsaft infolge der verschiedenen Gestalt der erblich vorgegebenen Chromosomen in bedeutendem Unterschied zu „rein physikalischen“ Flüssigkeiten keine ungeordneten Molekularbewegungen (Brownsche Molekularbewegungen) ablaufen, sondern viel geordnetere „Stoffwechselbewegungen“. Diese können an bestimmten Stellen senkrecht zu den Längsachsen der Chromosomen auf die Chromosomen zu und an anderen Stellen von diesen weg gerichtet sein. Auch Komponenten parallel zu den Hauptrichtungen der Chromosomen sind möglich. Stets liegen die Chromosomen, in verschiedenen Entwicklungsphasen verschieden, jeweils in einem besonderen Feld von unsichtbar winzigen Teilchenbewegungen. Sie haben die Bedeutung, während der Kernteilung den Chromosomen nur bestimmte Bewegungen zu ermöglichen. Auch hier ist die Ordnung größer, als man bisher angenommen hat.

Die Gene als Bezugssysteme eines Stoffwechselfelds. Die Erhaltung des Stoffwechsels

Sobald die reifen Geschlechtszellen, die in den menschlichen Keimdrüsen normalerweise nur wenige Tage lebensfähig sind, durch die Befruchtung eine Entwicklungsfähigkeit für viele Jahrzehnte erhalten, entstehen die ersten Wachstumsmodifikationen. Hier zeigt sich nun die Gültigkeit eines bisher unbeachteten Genetischen Grundgesetzes. Das besagt, daß die Erhaltung eines Organismus als Individualität eine Erhaltung des Stoffwechsels ist. Die Erhaltung wird durch die Gene gewährleistet. In welcher Weise, beschreibt die Molekularbiologie. Was wir Entwicklung nennen, sind danach Reaktionen, die sich als Kompensationen von Reizen auffassen lassen (Kompensationen von Entwicklungsreizen). Voraussetzung für diese Entwicklung ist die Befruchtung und damit bereits die Existenz eines individuellen Lebewesens. Das naturwissenschaftlich hier nicht interessierende Problem der Entstehung des Lebens ist dabei ohne Belang. Im Gegenteil, die Idee des Lebens

wird in der Biologie vorausgesetzt. Ebenso wie Kant den Raum- und Zeitbegriff als Erfahrungen a priori feststellte, wird in der Biologie das Leben als a priori nicht erst durch Lernen erworbene Erfahrung vorausgesetzt.

Schon die ersten zelligen Unterteilungen des Keims (Bildung des Blastomeren-eis, 1964, 1) stellen eine kompensatorische Leistung dar, die die Erhaltung des noch jungen Organismus gewährleistet. Die ersten Tochterzellen des menschlichen Eis (die menschlichen Blastomeren) sind regulationsfähige Anlagen. Jede Blastomere ist bereits ein Organ. Jedes dieser Organe unterscheidet sich bei den üblichen mikroskopischen Untersuchungen zunächst noch kaum merklich von seinem Nachbarorgan. Es ist durch Zwischenzellsubstanz mit seinem Nachbarorgan verbunden. Die Zwischenzellsubstanz stellt ein intermediäres Stoffwechselfeld dar. Wird dieses frühzeitig noch im 2-Zellstadium zerstört, so entfallen gegenseitige Hemmungen der Stoffwechselfähigkeit der beiden Zellen, kenntlich daran, daß die Blastomeren sich wieder selbständig entwickeln, ähnlich wie ursprünglich das noch einzellige Ei. Durch die Zerstörung der Zwischenzellsubstanz entstehen Zwillinge. Normalerweise ist das Blastomerenstadium das wichtigste gewebliche Stadium, das wir vom Menschen kennen, das erste Stadium, in dem sich der zur Entwicklung kommende Organismus gegenüber seinem ursprünglichen Zustand deutlich modifiziert zeigt. Wir kennen klinisch zahlreiche Stoffwechselstörungen, die schon diese Frühentwicklung abnorm beeinflussen und damit eine Entwicklung als ein Reaktionsgeschehen beweisen. Durch den Ablauf der Frühentwicklung nimmt der Keim mit seiner allmählichen Umgestaltung schrittweise die Korrekturen seines ursprünglichen Bauplans vor. Seine frühe Gestalt zeichnet dabei alle späteren Gestaltungen vor. Für die ablaufenden Entwicklungsbewegungen gelten Rahmengesetze, die nur das Erscheinungsbild, aber nicht die Individualität, das Wesen, des Organismus ändern.

Wie schon in der anorganischen Welt des noch nicht sichtbar Lebendigen die Wirkung beliebiger Kräfte davon abhängt, auf was sie jeweils an ihrem Angriffsort treffen, so hängt auch beim lebenden Keim die jeweilige Bedeutung, insbesondere funktionelle Bedeutung der Entwicklungsreize davon ab, auf welches durch die Befruchtung vorgegebene Entwicklungssubstrat die Reize treffen. Daher stellen nicht die Gene allein, sondern das ganze in vivo Funktionen ausübende Ei eine unentbehrliche Voraussetzung für die Entwicklung dar (Lückenlosigkeit der Entwicklungsphasen in der Individualentwicklung). Nach allen bis jetzt gesicherten Beobachtungen kommen ohne örtliche Entwicklungsreize keine Genwirkungen vor. Die Gene sind für alle Entwicklungsreize das notwendige Bezugssystem. Da die Gene, wie wir durch die moderne Genetik wissen, linear angeordnet sind, die Organe des Embryo und des Erwachsenen dagegen nicht, so sind verständlicherweise keine direkten Beziehungen zwischen den morphologischen Merkmalen der Gene einerseits und denen der definitiven Organe andererseits denkbar. Die genbedingte Entwicklung halten wir deshalb für eine von außen angeregte Umwandlung der

einzelligen Anlage. Sie erscheint uns deshalb mit so äußerlichen Charakterisierungen, wie z. B. Lageentwicklung, Formentwicklung und Strukturentwicklung, beschreibbar. Die Erbanlagen, die wir Gene nennen, können nach dieser Vorstellung nur wirken, wenn sie ein Stoffwechselfeld um sich haben, in dem sie zu wirken vermögen. Die räumlichen Ausmaße dieses Stoffwechselfeldes sind ebenso wie die räumliche Ordnung der im Stoffwechselfeld ablaufenden Teilchenbewegungen für den Ablauf der Entwicklung unabdingbar.

Die irrtümliche Lehre von einem sogenannten Biogenetischen Grundgesetz. Spezialisismus und Biologie

Gegenüber dem genannten Genetischen Grundgesetz ist das bekannte von Haeckel formulierte sogenannte Biogenetische Grundgesetz aus mehreren Gründen nicht vertretbar. Zunächst, weil die Haeckelsche Auffassung den Befunden nicht entspricht. Seiner Zeit waren die jüngeren menschlichen Stadien noch größtenteils unbekannt. Was Haeckel unter Vergleichbarkeit von Embryonalstadien verstand, beruhte weder auf zahlenmäßig ausreichenden noch auf genügend bearbeiteten Beobachtungen. Wer die Haeckelschen Vorstellungen von der Rekapitulation der Phylogenese während der Ontogenese an den heute bekannten menschlichen Embryonen prüft, findet keine Bestätigung, sondern merkt im Gegenteil, daß sich ein menschliches Ei in jedem Stadium seiner Entwicklung von dem eines Artverwandten des Menschen leicht unterscheiden läßt. Das früher noch offene Problem, ob ein menschlicher Keim im II. Embryonalmonat oder schon früher als Mensch aufzufassen sei, ist seither geklärt, weil wir heute wissen, daß ein menschliches Ei, vom menschlichen Samen befruchtet, ein menschlicher Organismus ist und es auch während seiner ganzen Entwicklung vom Tag der Befruchtung bis zum Tode bleibt. Diese Feststellung werden wir im folgenden noch ergänzen und deutlicher sagen. Während zwar die Organe verschiedener Lebewesen einander ähnlich sind, haben sie doch keine direkten Beziehungen zueinander. Nur die Beziehungen zwischen Organen ein und derselben Eizelle sind eng. Sie lassen sich regional-vergleichend untersuchen (Abbildungen 1961).

Wie wir beim Menschen gesehen haben, besteht zwischen einem faltenförmigen embryonalen Augenlid und einer ebenfalls faltenförmigen Extremitätenanlage kinetisch-anatomisch engste Verwandtschaft. Jedoch besteht z. B. zwischen diesen Organen und denen von Fischembryonen kein exakt faßbarer Zusammenhang, auch dort nicht, wo wir willkürlich wegen ein paar auffälliger Merkmale die Organe bei verschiedenen Lebewesen mit gleichen Anatomischen Namen bezeichnen. Welche Beziehungen (vielleicht!) zwischen der Extremität eines Menschen und der Extremität eines Artverwandten bestehen, ist nicht einmal annäherungsweise exakt feststellbar. Deshalb verlangt die Kinetische Anatomie eine viel schärfere Trennung der Begriffe Phylogenese (Stammesentwicklung) und Ontogenese (Individualent-

wicklung) als bisher. Das heißt nicht, daß wir an der Phylogenese zweifeln. Sie ist eine durch Befunde wohlbegründete Annahme. Allein historische Darstellungen sind viel zu lückenhaft, um exakt naturwissenschaftliche Daten der Entwicklung eines Organismus zu liefern. Die Phylogenese des Menschen, d. h. die sehr lange Vorgeschichte heute nachweisbarer Entwicklungsvorgänge eines Menschen, ist keine zureichende Erklärung für die Ontogenese. Wer etwa glaubt, die Geschichte der Schifffahrt studiert und die Konstruktion eines modernen Schnellschiffes dadurch hinreichend verstanden zu haben, daß er sich vom Historiker sagen läßt, daß im 19. Jahrhundert das Dampfschiff allmählich das damals noch übliche Segelschiff „verdrängt“ habe, irrt sich, und wer meint, aus dieser Entwicklungs-„Geschichte“ gar die Funktionen einer komplizierten Schiffskonstruktion in der naturwissenschaftlich notwendigen Weise ausreichend beurteilen und wirklich verstehen zu können, irrt sich noch mehr. Wer die Funktionen eines modernen Schnellschiffes kennenlernen will, muß die modernen Methoden der Technik studieren und noch dazu ihre heutigen naturwissenschaftlichen Grundlagen kennen und diese richtig und sehr exakt anzuwenden wissen.

Es ist ein grober Irrtum zu meinen, man könne die Ontogenese auf Grund von Darwins Entdeckung des Wandels der Arten mit der Phylogenese erklären. Wer so denkt, gleicht einem Chemiker, der glaubt, er könne z. B. die Rostbildung dadurch erklären, daß er historisch ermittelt, daß Eisen schon im Altertum rostete. Er täuscht sich. Rostbildung ist heute wie im Altertum ein Prozeß, der nur auf Grund exakt naturwissenschaftlicher Kenntnisse verstanden werden kann. Ebenso genügt auch auf biologischem Gebiet die historische Darstellung nicht. Um verantwortlich und mit Erfolg in Lebensvorgänge eingreifen zu können, müssen wir mehr von der Entwicklung wissen als nur, daß es sie auch schon früher gab. Heute wie früher gelten dieselben Gesetze. Diese in der Embryologie zum Verständnis der ontogenetischen Entwicklungsvorgänge aufzuzeigen, ist unsere heutige Aufgabe in der Humanembryologie.

Selbstverständlich weiß man auch in der Naturwissenschaft, daß das Wesen des Lebens tiefer liegt, als wir ahnen. Mit unseren bisherigen Untersuchungsmethoden fassen wir (tatsächlich) nicht das Leben, sondern nur einige seiner Äußerungen, z. B. seine Erscheinungs-„Form“. Sie in einer besonderen objektiven, möglichst für jedermann erkennbaren Weise zu verdeutlichen, bemühen wir uns in der heutigen Embryologie.

Was wir in der Embryologie Leben nennen, ist eine der unmittelbar gewissen und deshalb für uns selbstverständlichen Voraussetzungen der modernen Biologie, aber für uns kein Problem. Dies heißt keineswegs, daß die Naturwissenschaft schöpferische Leistungen nicht anerkenne und damit das Schöpferische ablehne. Im Gegenteil:

Mehr denn je sind wir heute davon überzeugt, daß der Körper ohne den Geist nicht wirken und daß der Geist sich ohne den Körper nicht mitteilen kann.