UNIVERSITÄT TÜBINGEN

41

Reden bei der feierlichen Übergabe des Rektorates zu Beginn des Sommersemesters am 9. Mai 1952

1.

Jahresbericht des scheidenden Rektors
Professor D. Dr. Helmut Thielicke

2.

Rede des neuen Rektors
Professor Dr. Erwin Bünning:
Ein Blick in die Lebensforschung

1952

J. C. B. MOHR (PAUL SIEBECK) TÜBINGEN

Ein Blick in die Lebensforschung

von Professor Dr. phil. ERWIN BÜNNING

Wenn wir in einer Zeit großer Fortschritte der biologischen Forschung auf die Anfänge der wissenschaftlichen Beschäftigung mit dem Leben zurückblicken, so müssen wir einräumen, daß der Entschluß zu dieser Forschung eine viel größere Leistung und vor allem ein viel größeres Wagnis darstellte als ihre uns so glänzend erscheinende Fortsetzung in der Gegenwart.

Das Leben erschien dem Menschen immer als eines der größten Geheimnisse, als ein Phänomen, dem eigentlich mit den Methoden der Analyse überhaupt nicht näher zu kommen sei. Fast möchte man sagen, es liege schon im Begriff des Lebens, daß es nicht analysiert werden kann. Denn zum Leben, wie wir selber als geistige Individuen es erleben, gehört im Gegensatz zum Leblosen das Aktive, das Schöpferische, das Freie. Leben ist gebunden an die nicht aus Stücken zusammensetzbare Einheit, an das Individuum. Zum Leben in jenem ursprünglichen, uns auch jetzt noch selbstverständlichen Sinne gehört das planmäßige, an Zielen orientierte Einsetzen von Mitteln.

Naturwissenschaftlich analysieren aber heißt doch, Teile aufsuchen, Teile, die allein nach den Gesetzen von Ursache und Wirkung einen Vorgang zwangsläufig entstehen lassen, ohne daß eine Spur von Freiheit erkennbar wäre.

Gewiß, wenn wir nur an den Menschen denken, so könnten wir doch meinen, nicht nur unser tägliches Erleben, sondern auch die Analyse ließe etwas von jenem Leben im ursprünglichen Sinne übrig, denn menschliche Handlungen bleiben immer noch weitgehend unberechenbar. Aber wenn wir zu niederen Tieren und gar zu den Pflanzen übergehen, so drängt sich uns der Eindruck auf, unser ursprünglicher Lebensbegriff sei nur das Produkt einer Illusion. Wenn der Zoologe die Entwicklung eines Tieres aus dem Ei oder der Botaniker die Entwicklung einer Pflanze aus einem Samenkorn untersucht, so darf dabei praktisch mit einer eindeutigen Voraussagbarkeit des Geschehens gerechnet werden. Wenn der Ex-

perimentator die Bedingungen nur ausreichend genau kontrolliert, wie es mit den jetzt in der Forschung üblichen technischen Einrichtungen möglich ist, so kann er mit einer fast verblüffenden Genauigkeit voraussagen, welche Form und Größe die Blätter haben werden, wieviele Blätter die Pflanze bilden wird, bevor die erste Blüte erscheint, und er kann oftmals auf den Tag genau errechnen, wann sich die erste Blüte öffnen wird.

Und diese genaue Voraussagbarkeit ist nicht nur ein Ergebnis der Beobachtung, sie ist eigentlich auch die notwendige Voraussetzung für das Vorhaben, den Lebensprozeß ebenso zu analysieren wie der Physiker einen anorganischen Prozeß in Teile auflöst. Wenn ein Vorgang nicht einem strengen Gesetz unterliegt, so können wir ihn nicht naturwissenschaftlich analysieren.

Hätten jene, die zuerst das biologische Experimentieren wagten, schon genau übersehen, daß das Analysieren den Verzicht auf eine Beschäftigung mit dem Leben im ursprünglichen Sinne erfordert, so wären sie wohl auf noch größere innere Zweifel gestoßen. Doch bevor wir untersuchen, ob dieser Verzicht wirklich bedeutet, jenen ursprünglichen Lebensbegriff für eine Illusion zu halten, wollen wir einen Blick auf die Analyse selber werfen, auf die Bemühungen, die Einzelfaktoren zu ermitteln, die für jene strengen Gesetze der Entwicklung verantwortlich sind.

Man kann sich die Antwort leicht machen und sagen, uns sei ja schon bekannt, daß für jeden einzelnen Entwicklungsschritt ein bestimmter Erbfaktor, ein sog. Gen, verantwortlich ist. Es gäbe doch Erbfaktoren, so wird man sagen, die etwa bei Pflanzen die Größe und alle Formeigentümlichkeiten der Blätter, die Farbe und Fleckung der Blüten, die Geschwindigkeit jedes einzelnen Entwicklungsschrittes usw. determinieren. In 50 Jahren intensiver genetischer Forschung ist diese notwendige Verknüpfung jeder Entwicklungsbesonderheit mit den Erbfaktoren aufgedeckt worden. Und in jüngster Zeit haben wir sogar weitgehende Einblicke in die Wirkungsweise jener Gene gewinnen können; wir wissen, daß sie auf die Produktion von Fermenten einen entscheidenden Einfluß haben. Die Fermente aber sind ja die Katalysatoren, die Regler aller Stoffwechselvorgänge, und von diesen wiederum ist jeder Entwicklungsschritt abhängig. Das alles ist richtig; aber mit dieser Feststellung, mit dieser Auffindung einer lückenlosen Kette vom Erbfaktor bis zum fertig ausgebildeten Merkmal, sind die ent-

wicklungsphysiologischen Probleme noch lange nicht gelöst. Die schwierigsten Fragen bleiben; ja, sie sind durch jene Ergebnisse gerade erst deutlich geworden. Eine der Fragen ergibt sich aus der während der Entwicklung eintretenden Differenzierung. Die Erbfaktoren sind immer und in jeder einzelnen Zelle eines Tieres oder einer Pflanze in gleicher Ausstattung vorhanden, einerlei, ob es sich um die Zelle einer Wurzel handelt, oder um die eines Sprosses, eines Blattes oder einer Blüte. Und doch leisten die einzelnen Zellen ganz verschiedenartige Dinge. In der Pflanze bilden einige Zellen Blattgrün und ermöglichen so die Synthese organischer Stoffe, andere nehmen als Wurzelhaare Nährsalze auf, andere verdicken sich, um Festigungs- und Leitungsbahnen aufzubauen, noch andere produzieren Öl oder Farbstoffe für den Schauapparat der Blüten.

Gerade bei den Pflanzen können wir uns leicht davon überzeugen, daß diese so unterschiedlichen Leistungen möglich werden, obwohl auch im hochdifferenzierten Organismus noch alle Zellen die gleichen Erbanlagen besitzen; denn mit den Pflanzen gelingt leichter als mit den meisten Tieren das Regenerationsexperiment. Wenn wir einzelne Zellen aus dem Gewebeverband isolieren, so können sich aus ihnen trotz der vorhergegangenen Differenzierung wieder vollständige Organismen entwickeln. Jedem bekannt ist z. B., daß der Gärtner aus den Blättern vieler Pflanzen neue Individuen mit Sprossen, Wurzeln, Blättern und Blüten entstehen lassen kann. Mit feinen Methoden können wir aber auch einzelne Zellen oder Zellgruppen aus den verschiedensten Geweben isolieren, wir können sie auf einem künstlichen Substrat unter sterilen Bedingungen im Reagenzglas kultivieren und erreichen, daß sich aus ihnen mit einer erstaunlichen Regenerationsleistung wieder jedes beliebige andere Organ entwickelt. Selbst Zellen, die etwa durch Ausbildung einer kräftigen Membran die Festigungsfunktion übernommen hatten, können diese Membrangerüste wieder abbauen; die so hoch differenzierten und spezialisierten Zellen werden erneut embryonal und können dann wieder alles leisten, was die unspezialisierte Eizelle einmal leisten konnte.

Darin also liegt ein tieferes Geheimnis der Entwicklung, beim Tier ebenso wie bei der Pflanze: Die Differenzierung, die Bildung der verschiedenartigen Organe und Gewebe mit deren so verschiedenartigen Funktionen, tritt ein, obwohl jede Zelle jede Erbanlage behält. Und darüber hinaus bringt der Laie den Biologen in

große Verlegenheit, wenn er ihn z. B. nach der Entgegennahme einer ausführlichen Erklärung über die Rolle der Erbfaktoren bei der Bildung der blauen oder roten Blütenfarbstoffe fragt: Ja, aber warum ist nun etwa ein Blütenblatt an einer Stelle rot, an der anderen weiß, und warum sind alle Flecken oft zu einem charakteristischen Muster zuammengefügt? Das ist natürlich eine Frage, die auf ein Grundproblem der Differenzierung verweist, einerlei, ob sie nun so bescheiden ist, nur an jene Flecken anzuknüpfen oder ob sie auf eine andere Regelmäßigkeit und Harmonie der Formbildung und Differenzierung bei Pflanzen, Tieren und Menschen verweist.

Zwei für die Entwicklung jeder Pflanze und jeden Tieres charakteristische Erscheinungen also bleiben noch recht rätselhaft: Einmal die Differenzierung zu verschiedenartigen Zellen, Geweben und Organen trotz gleicher Ausstattung aller Zellen mit den Erbfaktoren, und zweitens die noch mehr überraschende Regelmäßigkeit dieser Differenzierungen, die Tatsache, daß, kurz gesagt, jede dieser ohnehin rätselhaften Differenzierungen immer am »richtigen« Ort erfolgt.

Die Regenerationsexperimente geben uns zugleich einen Hinweis, wo wir die Lösung des Problems zu suchen haben. Die Differenzierung geht zurück, wenn die Zelle isoliert wird. Also müssen irgendwie die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Zellen im gesamten Gewebeverband dafür verantwortlich sein, daß normalerweise einzelne Anlagen aktiv werden, andere ruhen bleiben usw. Die gesamte Nachbarschaft einer Zelle ist es, die sie veranlaßt, einige ihrer Potenzen zu realisieren, andere schlummern zu lassen. Wollen wir einen Einblick in diese Wechselwirkungen gewinnen, so können wir uns etwa die Vorgänge in einer Knospe der Pflanze ansehen. In dieser Knospe finden wir nach Entfernung aller blattartigen Hüllen den sog. Vegetationspunkt, der aus vollembryonalen, noch nicht zu bestimmten Formen und Funktionen differenzierten und determinierten Zellen besteht. Hier sind auch alle Zellen gleichartig; sie teilen sich lebhaft. In einer gewissen Entfernung von der Spitze des Vegetationspunktes aber beginnt die Differenzierung. Z. B. müssen sich natürlich neue Blätter bilden. Wir finden mit dem Mikroskop höckerartige Vorwölbungen, also Gewebeanschwellungen, die den Anfang der Entstehung von Blättern darstellen. Und es ist nicht nur dieses plötzliche Auftreten einer

neuartigen Bildung, das uns überrascht, vielmehr müssen wir uns zugleich über die Regelmäßigkeit der Anordnung dieser Blattanlagen wundern. Die jungen Anlagen stehen am Vegetationspunkt nicht willkürlich verteilt, sondern sie bilden ein bestimmtes Muster, welches so fest determiniert ist, daß die spätere Stellung der fertigen Blätter einem zahlenmäßig exakt formulierbaren Gesetz folgt, es ist ein Muster, das ebenso regelmäßig und harmonisch erscheint, wie etwa jene Farbmuster auf Blüten oder wie die Anordnung von Gliedmaßen und anderen Organen bei Tieren.

Das Studium dieser Ordnung von Blattanlagen liefert uns Aufschlüsse, die für das Verständnis aller analogen Formregelmäßigkeiten im Pflanzen- und Tierreich wichtig sind, handle es sich nun um die Harmonie der Anordnung von Geweben oder von ganzen Organen, Gliedmaßen usw. Jene Gewebewülste, die die jungen Blattanlagen darstellen, entstehen, weil in einer gewissen Entfernung von der eigentlich embryonalen Spitze des Vegetationspunktes neue Zellteilungen auftreten, also eine Rückkehr zur Embryonalität erfolgt. Entscheidend wichtig ist dabei, daß ein embryonaler Zellkomplex allgemein in seiner Nähe keine weiteren Komplexe dieser Art duldet, ihre Entstehung also aktiv unterdrückt. Darum können jene Blattanlagen erst in einer gewissen Entfernung vom Vegetationspunkt entstehen und darum müssen sie untereinander gewisse Mindestabstände einhalten. Dieses Prinzip der wechselseitigen Hemmung von Organanlagen, die so oft nichts anderes sind als Zellwucherungen, ist bei der Formbildung von Pflanzen und Tieren überaus wichtig. Es ermöglicht die Entstehung der Regelmäßigkeit von Blattanlagen und auch die Schaffung der Regelmäßigkeiten im anatomischen Aufbau von Pflanzen und Tieren.

Es mag zunächst paradox erscheinen, daß bei der Entwicklung jedes Lebewesens Hemmungen eine so große Rolle spielen. Aber wenn wir genauer überlegen, wird dieses Resultat weniger verwunderlich. Wir hatten ja schon gesehen, daß keine Zelle bei der Entwicklung ihre ursprünglichen Potenzen verliert, also die Entwicklung weitgehend in der Unterdrückung von Potenzen bestehen muß. Vor allem gehört dazu die Unterdrückung der Teilbarkeit. Ohne diese Hemmung, die auch im erkrankten Organismus fehlen kann, kommen krebsartige Geschwülste, aber keine Differenzierungen von Organen und Geweben mit begrenztem Wachs-

tum zustande. Das Problem liegt also, kraß formuliert, bei den genannten Beispielen nicht in der Frage, warum das embryonale Gewebe der Pflanzen und der Tiere an einzelnen Stellen Organe wie Blätter oder Gliedmaßen hervorwachsen läßt; es liegt vielmehr umgekehrt in der Frage, welche Hemmungen verhindern, daß eine übernormale Menge solcher Differenzierungen entsteht oder gar alle Gewebe formlos wuchernd hervorwachsen.

Die hier notwendigen Hemmungen kann nicht nur ein tumorauslösender Faktor, sondern auch der Experimentator ausschalten. Wir können z. B. durch bestimmte Chemikalien die normalerweise der Teilbarkeit auferlegten Hemmungen soweit unterdrücken, daß sich das in einem Reagenzglas auf künstlichem Substrat kultivierte, aus der Pflanze herausgelöste Gewebe unbegrenzt weiterteilt. In solchen Gewebekulturen finden wir also, weil jene Hemmungen ausgeschaltet sind, unbegrenzte Teilungen, aber eben auch nur Teilungen; es können sich zwangsläufig keine Differenzierungen, keine Organbildungen usw. einstellen, denn deren Bildung setzt ja die Existenz jener Hemmungen voraus. Das im Reagenzglas kultivierte Gewebe bleibt potentiell zeitlich unbegrenzt leben; wir können es Jahre hindurch immer wieder auf ein frisches Substrat übertragen und dabei ein Lebensalter und eine Substanzproduktion beobachten, die die bei der normalen Pflanze erreichten Werte erheblich übersteigt. Auch im kultivierten Gewebe können wir durch entsprechende Variation der Bedingungen die Hemmungen wieder aktiv werden lassen. Dann sehen wir zwangsläufig das erneute Auftreten aller Arten der Gewebedifferenzierung, die Bildung von Wurzeln, Sprossen, Blättern usw.; und dann kommen auch die normalen Alterungserscheinungen wieder zum Vorschein, denn das Altern, dieses ist uns jetzt klar, ist der für eine normale Formbildung unabdingbar zu zahlende Preis. Ein Gewebe des pflanzlichen, tierischen und menschlichen Körpers muß hemmungslos wuchern, oder es schreitet durch die ihm im gesunden Körper auferlegten Hemmungen zur Differenzierung als der ersten Stufe der Alterung.

Es bedarf kaum einer besonderen Hervorhebung, daß solche Studien an Gewebekulturen nicht nur zum Verständnis der normalen Formbildungen, sondern auch zur Gewinnung von Einblicken in pathologische Vorgänge bei pflanzlichen, tierischen und menschlichen Geweben wichtig sind.

Ich habe nur eine Art der Hemmung, nämlich die wechselseitigen Hemmungen von Orten der Embryonalität besonders erwähnt. Um das Bild wenigstens etwas zu vervollständigen, möchte ich noch auf eine andere Art der Hemmung eingehen. In einem bestimmten Entwicklungsstadium bilden die Pflanzen Blüten. Die Fähigkeit hierzu hat die Pflanze natürlich von ihren Eltern geerbt, also schon im Samen besessen. Um aber die Potenz zu realisieren, um also wirklich Blütenbildung eintreten zu lassen, müssen zahlreiche Bedingungen verwirklicht sein; z. B. weiß jeder, daß die Pflanze ein gewisses Alter erreicht haben, und daß eine bestimmte Jahreszeit bestehen muß. Es ist uns jetzt schon klar, daß wir vom entwicklungsphysiologischen Standpunkt aus eigentlich wie bei jeder anderen Formbildung fragen sollten: Warum bilden sich nicht sofort nach der Keimung der Pflanze an allen ihren Teilen Blüten? Die Potenz ist doch von Anfang an vorhanden? Die hier wirksamen Hemmungen gehen von den Blättern aus. Von ihnen werden Hormone und andere noch unbekannte Substanzen gebildet, die in die übrigen Teile der Pflanze wandern und dort neben vielen anderen Vorgängen die Blütenbildung regulieren. Diese von den Blättern gelenkte Hemmung läßt sich durch äußere Einflüsse, die auf die Blätter einwirken, verstärken oder abschwächen. Namentlich wissen wir, daß das auf die Blätter einwirkende Licht in überaus komplizierter Weise die Produktion dieser Hormone beeinflußt und dadurch die Blütenbildung je nach den besonderen Bedingungen fördern oder hemmen kann.

Wenn die blattbedingte Hemmung experimentell oder infolge besonderer Lebensbedingungen ausgeschaltet wird, so können wir damit unter geeigneten Bedingungen erreichen, daß wieder etwas Pathologisches eintritt, nämlich ein Blühen im jüngsten Entwicklungsstadium, gelegentlich schon unmittelbar nach der Keimung. Bekannt ist z. B. auch, daß von den Knospen jeder Pflanze Hemmungen ausgehen, die das Austreiben der sehr viel zahlreichen normalerweise ruhend bleibenden Reserveknospen verhindern. Beseitigt der Gärtner durch das Beschneiden der Bäume diese für die normale Formbildung notwendige Hemmung, so treiben die ruhenden Knospen aus, und es kann sich der für eine dichte Hecke typische pathologische Wuchs einstellen. Wenn tierische oder pflanzliche Parasiten diese Hemmung beseitigen, so bilden sich zwangsläufig die in Bäumen oft zu beobachtenden Hexenbesen.

Neben den durch Hormone bedingten Hemmungen spielen für die normale Formbildung der Pflanze und des Tieres, also für die notwendige auswählende Realisierung der Potenzen, aber auch hormonale Faktoren eine Rolle, die einzelne dieser Potenzen besonders fördern. Viele dieser fördernden Substanzen sind uns bekannt geworden. Auch in ihre Wirkungsweise haben wir schon einen beachtlichen Einblick gewinnen können. Dabei ist es recht bemerkenswert, daß manche dieser Regulatoren, wie etwa die Vitamine, dieselben sind, die auch der tierische Körper benutzt. Diese Tatsache ist nicht nur interessant, weil auch in ihr die grundsätzliche Übereinstimmung der elementaren physiologischen Vorgänge in der Pflanze und im Tier zum Ausdruck kommt; sie ist vielmehr auch aufschlußreich, weil sie uns einen Hinweis darauf gibt, daß solche Substanzen oft zu Unrecht als entscheidende Regulatoren ganz spezieller Vorgänge angesehen wurden, als seien sie gleichsam ausschließlich für diese speziellen Vorgänge geschaffen. Wenn man beobachtet, daß das Fehlen eines Vitamins oder Hormons in der Pflanze oder im Tier und Menschen eine bestimmte Ausfallerscheinung, eine bestimmte pathologische Störung verursacht, so ist man geneigt, jener Substanz die spezielle Funktion der Verhinderung eben jenes Ausfalls zuzuschreiben. Es ist das eine ähnliche Tendenz, die immer wieder auch bei der Beurteilung der pflanzlichen Entwicklung aufgetreten ist. Man war oft geneigt, für die Bildung jedes einzelnen Organs einen spezifischen stofflichen Regulator anzunehmen, also etwa eine spezifische Substanz für die Bildung von Wurzeln, von Blättern, Blüten, Sprossen usw. Die Analyse aber hat gezeigt, daß es Stoffe mit derart spezifischen Funktionen nicht gibt. Alle Hormone, Vitamine usw. des pflanzlichen Körpers greifen an einer viel mehr elementaren Stelle in das Geschehen ein, sie sind an grundlegenden Stoffwechselvorgängen beteiligt, sie bestimmen, ob bei einem Abbau oder einer Synthese von Stoffen der eine oder der andere Weg eingeschlagen wird. Und jene Regulatoren greifen dabei oft in genau der gleichen Weise in den Stoffwechsel der Tiere und Pflanzen ein, so daß es nur eine Frage der praktischen experimentellen Möglichkeiten ist, ob man es vorzieht, eine entsprechende Untersuchung an der Pflanze oder am Tier vorzunehmen.

Dieses Resultat wird noch interessanter, wenn wir daran denken, daß die Bildung der einzelnen Hormone und Vitamine, so wie die

Bildung der Fermente an die Erbfaktoren, die Gene, gebunden ist, ja, dieses *die* Funktion der Gene ist. Also dürften auch die Gene der so verschiedenartigen Lebewesen wenigstens zu einem großen Teil ähnlicher Natur sein. Wenn etwa mehrere Pflanzenarten ein und dasselbe Gen besitzen, das für die Bildung von Vitamin B_1 notwendig ist, so können sie dadurch vielerlei verschiedene Entwicklungsprozesse beeinflussen, indem dieses Vitamin seinerseits zwar immer an der gleichen und genau bekannten Stelle in den Zuckerabbau eingreift, aber die dadurch bedingte chemische Veränderung je nach den übrigen in der Zelle gegebenen Bedingungen ganz verschiedenartige weitere Folgen haben kann.

Diese Ergebnisse sind in mehrfacher Hinsicht wesentlich. Hat sich zunächst einmal die Hypothese als unhaltbar erwiesen, daß die Differenzierung in die einzelnen Organe, Gewebe usw. durch eine komplizierte Entmischung der Erbanlagen entsteht, so sehen wir jetzt, daß sogar schon der zugrunde gelegte Gedanke falsch war, für jeden Entwicklungsabschnitt, für jedes Organ usw. liege in der embryonalen Zelle gewissermaßen ebenso ein besonderes Gen, ein Hormon, ein organbildender Stoff usw. bereit, wie der übermodernen Hausfrau für jede Speise eine Büchse. Der lebende Organismus arbeitet nicht gleichsam mit Konservenbüchsen, die, jeweils ausgesucht durch einen jener Hausfrau analogen aber unsichtbaren Planer, an die richtige Stelle gelangen müssen. Der Organismus bringt es vielmehr fertig, aus nicht spezialisierten, ganz elementaren, fast primitiven Komponenten, die zu einem großen Teil allen Zellen der höchsten und der niedersten Arten gemeinsam sind, allein durch deren harmonisch aufeinander abgestufte Wirkung immer wieder etwas ganz anderes entstehen zu lassen. So sind, um nur ein Beispiel zu nennen, die sog. Wuchsstoffe der Pflanzen, die selber eine einfache synthetisch leicht gewinnbare Substanz darstellen, je nach ihrer Konzentration und ihrem Zusammenwirken mit anderen Substanzen entscheidend dafür mitverantwortlich, daß die Pflanze wächst, daß sie Wurzeln bildet, daß ihre Knospen und Knollen ruhen bleiben, und daß sie zu anderer Zeit austreiben, daß das Fruchtfleisch anschwillt, und daß die Früchte nicht vorzeitig abfallen, daß die Pflanze auf Lichtreize reagiert und sie sich im Schwerefeld der Erde orientieren kann.

Zusammenfassend können wir sagen: Die Entwicklung ist eigentlich gar keine Ent-Wickelung, wie es sich die sogen. Präformisten

einmal vorgestellt hatten. Was wir Entwicklung nennen, ist vielmehr eine Epigenese, nicht eine Ent-Faltung im Kleinen vorgeformter Organe, sondern eine ständige Neuschöpfung von Formen durch bloße quantitative Variationen des Gegeneinanderwirkens aller in der Zelle von ihrer Entstehung bis zu ihrem Tode unverändert vorhanden bleibenden Anlagen.

Darin also müssen wir das eigentliche Geheimnis der Entwicklung eines Individuums sehen: Es ist nicht ein irgendwie besonders rätselhafter lebendiger Faktor in der Zelle, der wie der Handwerker mit dem Baumaterial umsichtig wirtschaftet. Nicht gibt es, wie immer wieder in der Analogie zu dem an Zwecken orientierten Schaffen des überlegenden Menschen behauptet wird, in den Zellen steuernde Zentren in der Gestalt sog. Dominanten oder Entelechien, oder wenigstens in der Form lebender Moleküle. Wo immer man nach einem solchen Dämon, nach einem solchen lebenden Zentrum gesucht hat, hat man es nicht finden können, und was man dafür hielt, erwies sich bei der weiteren Analyse wieder nur als ein Faktor unter vielen anderen, die in ihrer Wechselwirkung das ergeben, was der Physiologe als Leben bezeichnet.

Dieses Resultat ist, genau besehen, nicht so überraschend; es konnte eigentlich gar nicht anders sein. Denn der Entschluß zur Analyse bedeutet eben: Wir *wollen* das Geschehen nicht so betrachten als sei es ein Mittel zur Erreichung vorgestellter Zwecke. Wir *wollen* es als Naturwissenschaftler so nicht beurteilen, obwohl eine derartige Beurteilung mindestens für die menschlichen Handlungen sehr viel einfacher und einleuchtender, und gewiß auch nicht weniger berechtigt ist als die des Naturforschers. Wir wollen eben bei der Analyse das Geschehen bis zur äußersten Konsequenz nur als Produkt des Gegeneinanderwirkens von Atomen und Molekülen auffassen.

Nicht zufällig ist trotz aller Fortschritte in dieser Art des Betrachtens, also trotz aller Einblicke in die kausalen Wechselwirkungen, jenes Wesen des naturwissenschaftlichen Wagnisses immer wieder übersehen worden und immer wieder wurde versucht, im physiologischen Organismus ein dirigierendes Zentrum zu finden, ein Zentrum, das wie der schöpferische Geist die ihm gebotenen Mittel nach einem Plan einsetzt. Dieses Bemühen erklärt sich nicht aus dem Zwang irgendwelcher Ergebnisse der Analyse, sondern es dient im Gegenteil dazu, trotz unserer fortschreitenden Einblicke in das physiologische Getriebe die Berechtigung unserer alten Vor-

stellung vom Wesen des Lebens zu erhalten, zu zeigen, daß die Forschung, auch innerhalb des Physiologischen, Raum läßt für die Vorstellung wahren, mit Freiheit und der Fähigkeit zur Überwindung bloßer Zwangsläufigkeit verbundenen Lebens.

Die Forschung zwingt uns aber, einen anderen Weg zu gehen. Nicht nur konnten im Organismus keine dirigierenden Zentren gefunden werden, sondern alle Strukturen, denen man glaubte eine solche Funktion mehr oder weniger zuschreiben zu dürfen, mögen es nun die Vitamine, die Hormone, die Fermente oder die Gene gewesen sein, alle diese Strukturen haben sich bei näherer Analyse als lediglich gleichberechtigte Partner in der unübersichtlichen Wechselwirkung zahlreicher Faktoren erwiesen. Jeder dieser Faktoren greift nur gemeinsam mit vielen anderen an einer elementaren Stelle in dieses Getriebe ein.

Damit ist der Versuch, etwas von jenem Leben im ursprünglichen Sinne in die Physiologie hineinzuretten, gescheitert. Aber eine neue, vor der biologischen Forschung nicht einmal geahnte Welt hat sich dabei aufgetan, die Welt des physiologischen Lebens, die wahrhaft ans Wunderbare grenzende Erscheinung, daß aus zahlreichen Teilvorgängen, von denen jeder einzelne uns immer einfacher dünkt, je mehr wir ihn aus dem großen Getriebe isolieren, daß aus solchen Teilvorgängen allein durch die besondere Art ihres Zusammenwirkens ohne einen in der Zelle lokalisierten Lenker jenes Organische wächst, welches uns dem Geistigen so analog erscheint, daß wir hier wie dort von Leben sprechen. So eigentlich kann man das Hauptergebnis der biologischen Forschung kennzeichnen: Je mehr wir untersuchen, um so mehr entthronen wir jeden Bestandteil der Zelle, um so mehr entschwindet das alte Bild, nach dem es in der Zelle einige besonders entscheidende Moleküle mit einer typisch vitalen Struktur geben sollte, die wir niemals synthetisieren können. Aber mit jedem einzelnen Abstrich von jenen alten aus der Analogie zum menschlichen Handeln geformten Bildern des körperlichen Lebens wurde zugleich das neue Bild deutlicher, wurde klarer, wie wunderbar die Koordination der Teile und der Teilvorgänge ist, die in ihrer Wechselwirkung aus dem sog. »Unwahrscheinlichen«, aus dem scheinbar Unmöglichen, das Notwendige werden läßt.

Aber wenn wir so das Leben im ursprünglichen Sinne des Wortes, das Leben im Sinne des frei schöpferischen Gestaltens, im Sinne

eines Handelns, das nicht Spielball gegeneinander wirkender lebloser Kräfte ist, wenn wir einen solchen Lebensbegriff immer mehr aus der Biologie ausgeschaltet haben, so hat sich uns dadurch nicht nur der über die Natur gehängte Schleier ein wenig gelüftet. Der Gewinn ist noch größer. Jene Ausschaltung des ursprünglichen Lebensbegriffs aus der Biologie bedeutet nicht, ihn als eine Illusion erkannt zu haben. Das haben zu Unrecht jene gemeint, die entweder der Biologie vorwarfen, sie vernichte das Leben und sei dadurch grundsätzlich auf dem Irrweg, oder die zwar nicht die Biologie verdammen wollten, dann aber forderten, wir sollten gleichsam nach geistigen Zentren, und seien diese auch nur sogen. lebende Moleküle, in der Zelle suchen. Vor dieser Alternative stehen wir nicht. Wir vermeiden sie, wenn wir unseren Weg folgerichtig zu Ende gehen: Nachdem wir einmal erkannt haben, was wir unter Leben im physiologischen Sinne verstehen, wird umso klarer, daß jenes wahre Leben, welches schon vor der Zeit der biologischen Forschung bekannt war, von den Biologen überhaupt nicht gemeint ist. Diesen mit dem Beginn der biologischen Forschung notwendig vollzogenen Verzicht klar zu erkennen, scheint mir nicht nur der einzige Weg zu sein, um die biologische Forschung von jahrhunderte alten Hemmnissen zu befreien. Dieser Verzicht, klar erkannt, führt nicht nur zu einem Besinnen auf das Wesen und die notwendige Begrenzung der eigenen Arbeit, sondern er schafft damit zugleich das sicherste Fundament, von dem aus wir erkennen, wie sehr eigentlich der Bereich des lebendigen Geistes über dem der Natur steht. Zu vermeiden also, die in jenem Reich herrschende Freiheit in der Zwanglsäufigkeit der Natur wiederzusuchen, heißt zugleich, jene Freiheit vor dem Angriff zu schützen, sie sei ja der natürlichen Zwangsläufigkeit zuwider.

Nur wenn wir die erlebte Freiheit nicht in der analysierten Natur wiedersuchen, werden wir sowohl der Naturforschung die Hindernisse aus dem Weg räumen, als auch jener Freiheit, jenem eigentlichen Leben, das der Biologe nicht untersucht, den ihm gebührenden erhabenen Platz zuweisen können.