

M Ü N C H E N E R
U N I V E R S I T Ä T S R E D E N

NEUE FOLGE HEFT 23

486. Stiftungsfest
der Ludwig-Maximilians-Universität München
am 5. Juli 1958

Ansprache des Rektors
EGON WIBERG

Festvortrag des Professors
ADOLF BUTENANDT

„Das Leben als Gegenstand chemischer Forschung“

M A X H U E B E R / V E R L A G /
M Ü N C H E N



486. Stiftungsfest
der Ludwig-Maximilians-Universität München
am 5. Juli 1958

Ansprache des Rektors
EGON WIBERG

Festvortrag des Professors
ADOLF BUTENANDT

„Das Leben als Gegenstand chemischer Forschung“



MAX HUEBER VERLAG
MÜNCHEN

ANSPRACHE DES REKTORS EGON WIBERG

Die Geburtstagsfeier unserer Alma mater fällt in diesem Jahr in eine besonders festliche Zeit, die Zeit der 800-Jahr-Feier unserer Landeshauptstadt München. Sie werden es daher verstehen, daß der Rektor darauf bedacht war, in diesem Jahre dem Jubiläum der Stadt München ein ebenbürtiges Jubiläum der Universität München zur Seite zu stellen. Und er hat in der Tat ein solches bedeutsames Jubiläum aufgefunden.

Denn im Jahre 1458, also vor genau 500 Jahren, faßte der bayerische Herzog Ludwig der Reiche — der nicht nur reich an irdischen Gütern, sondern auch reich an edlen Gaben des Geistes und des Herzens war — den Entschluß, in Ingolstadt eine Universität nach dem Muster der Wiener und damit mittelbar nach dem Vorbild der Pariser Universität zu gründen. Er legte seinen Plan dem in diesem Jahre zum neuen Oberhaupt der katholischen Kirche gewählten Papst Pius II. vor, und Pius II. gab seine Zustimmung zur Universitätsgründung. Somit schlug vor genau 500 Jahren die geistige Geburtsstunde unserer Alma mater, und das Reiterbild im Tympanon des mittleren Portals der Universität an der Amalienstraße erinnert uns noch heute an den Wittelsbacher Gründer unserer Universität, Ludwig IX., Herzog von Bayern-Landshut.

Nach langer, durch kriegerische Verwicklungen gestörter Vorbereitungszeit konnte 14 Jahre später, am 26. Juni 1472 die Ingolstädter Universität in Gegenwart Ludwigs des Reichen und seines 17 jährigen Sohnes Georg (des späteren Gründers des nach ihm benannten Georgianums) eingeweiht werden; zu einer Zeit also, da Amerika noch auf seine Entdeckung durch Christoph Kolumbus wartete.

13 Professoren und 489 Studenten zogen damals in Ingolstadt ein, dessen Reize und Vorzüge als Universitätsstadt Ludwig der Reiche dem Papst in beredten Worten gepriesen hatte, während Carl Prantl in seiner Universitätschronik diesen herzoglichen Überschwang dahingehend modifizierte, daß die örtliche Lage Ingolstadts „keineswegs abschreckend auf den Besuch fremder Studierender“ gewirkt habe.

Die Zahl der Professoren vermehrte sich gar bald, die Zahl der Studierenden blieb verhältnismäßig konstant und schwankte in den ersten 3½ Jahrhunderten des Bestehens der Universität zwischen 300 und 600, um erst dann, nach ihrer Verlegung nach München, stark anzuwachsen.

Schon in den Anfangsjahrzehnten ihres Daseins hatte die Universität Ingolstadt ebenso wie in den darauffolgenden Jahrzehnten zunehmend um ihre innere Ordnung zu kämpfen. Denn obwohl bereits die ersten Universitäts-Statuten den Studenten unter Strafandrohung z. B. verboten, auf den Straßen zu schreien oder unanständige Lieder zu singen, sich zu Würfel- und Kartenspiel in Wirtshäuser zu begeben, Racheakte für erlittene Strafen an Rektor und Senat auszuüben oder sonstige Verbal- und Realinjurien zu begehen, wurden die Klagen über mehr und mehr einreißende Mißstände unter der Studentenschaft von Jahr zu Jahr bewegter. Offensichtlich traten die Rektoren, die den vierten Teil der eingehenden Straf gelder als persönliche Einnahmen verbuchen durften, den Übelständen nicht mit der erforderlichen Energie entgegen, zumal in jenen Zeiten auch S t u d e n t e n Rektoren sein konnten, was während der Ingolstädter Zeitperiode nicht weniger als 36 mal der Fall war. Zudem gingen offenbar die Professoren den Studenten mit gutem „Vorbild“ voran, da beispielsweise eine im Jahre 1507 von Herzog A l b r e c h t IV. durchgeführte Revision der Universitäts-Statuten den Fleiß der Professoren dadurch zu heben suchte, daß unentschuldigte Versäumnisse bei der Abhaltung von Kollegstunden mit einem Abzug an der Besoldung geahndet werden sollten, und da im gleichen Jahre den Professoren verboten werden mußte, bewaffnet in den Senat zu kommen.

Mit dem Jahre 1518 begann die Universität Ingolstadt eine bedeutsame Rolle in der Geschichte der Reformation zu spielen. Martin Luther hatte seine 95 Thesen an der Schloßkirche zu Wittenberg angeschlagen. J o h a n n v o n E c k , der 8 Jahre zuvor von Freiburg nach Ingolstadt übersiedelt war und hier drei Jahrzehnte hindurch als geistige Macht dominierte, antwortete mit 18 Gegenthesen, die zu der berühmten Leipziger Disputation vom Jahre 1519 führten. Als Martin Luther die von Johann von Eck aus Rom nach Ingolstadt überbrachte päpstliche Bulle ins Feuer warf, sah sich Eck dazu bewogen, die bayerische Regierung zu einem Religionsedikt gegen die Lutheraner zu veranlassen. Die Universität Ingolstadt wurde damals zu einem — wohl etwas übereifrigen — Vollstrecker dieser Edikte und schritt gegen zahlreiche Dozenten wegen ketzerischer Lehren ein, wobei die Denunziationen und Strafmaßnahmen einander ablösten und selbst vor den Buchbindergesellen nicht halt machten, die verdächtige Schriften e i n g e b u n d e n hatten.

Damit hatte die Universitätsstadt Ingolstadt schon zu Beginn des großen Religionsstreites eine eindeutige Position bezogen. Dies trat drei Jahrzehnte später noch augenfälliger in Erscheinung, als vom Jahre 1550 ab der kurz zuvor gegründete Jesuitenorden gar mächtig in die Universitätsgeschichte eingriff und im Laufe von 40 Jahren bestimmenden Einfluß auf die t h e o l o g i s c h e und insbesondere die p h i l o s o p h i s c h e Fakultät gewann.

Von der juristischen Fakultät wird aus jener Zeit berichtet, daß sich die Klagen über einen mangelnden Fleiß ihrer Mitglieder ständig vermehrten, während die medizinische Fakultät damals an dem Ubelstande litt, daß das grundlegende Studium der Anatomie von der Zahl der Leichen hingERICHTETER ÜBELTÄTER abhing, so daß — um die drastischen Worte von Max Haushofer, dem Chronisten unserer Universität, zu gebrauchen — nur dann „tüchtig studiert“ werden konnte, wenn „fleißig geköpft“ wurde. Ebenso bot das Leben und Treiben der Studenten in der Festung Ingolstadt dem Geschichtsschreiber wenig Veranlassung zur Freude. Trunksucht und Raufhändel, sogar mit tödlichem Ausgang, waren nicht selten, und es sollte noch lange dauern, bis bessere Zeiten für die Universität kamen.

Die folgenden anderthalb Jahrhunderte der Ingolstädter Universität sind mit geistigen Auseinandersetzungen zwischen den allmählich auch in der juristischen Fakultät wachsenden Einfluß gewinnenden Mitgliedern des Jesuitenordens und ihren weltlicher eingestellten Gegnern sowie mit allerlei kriegerischen Verwicklungen des Landes ausgefüllt. Der Ausbruch des dreißigjährigen Krieges, in dessen Verlauf die Festung Ingolstadt 1632 durch den Schwedenkönig Gustav Adolf vergeblich belagert wurde und der verwundete, aber unbesiegte Feldherr Tilly im Hause eines Ingolstädter Professors starb, brachte zusammen mit mancherlei Seuchen die Universität in arge Bedrängnis. Wenn man die im Jahre 1642 neu erlassenen Unversitäts-Statuten liest, wonach es den Studenten verboten wurde, mit gezogenen Degen zu spazieren, zur Nachtzeit zu schießen oder Bomben zu werfen, Fenster einzuschlagen, mit dem Degen auf die Steine zu hauen usw., so wird die zunehmende, kriegsbedingte Verrohung der studentischen Sitten offenkundig. Zudem nahm die Zahl der Studenten stark ab, so daß beispielsweise die medizinische Fakultät im Jahre 1647, also am Ausgang des dreißigjährigen Krieges, nur noch über einen einzigen Studenten verfügte. Ähnliches galt von den Professoren. So bekleidete in den Jahren 1599—1603 ein einziger Professor einen Lehrstuhl der medizinischen Wissenschaft, eine Monopolstellung, die er erfolgreich zur mehrmaligen Aufbesserung seines Gehaltes ausnutzte.

1705 wurde Ingolstadt im Verlaufe des spanischen Erbfolgekrieges vom österreichischen Sieger in Besitz genommen und erst ein Jahrzehnt später dem in seine Herrschaft wieder eingesetzten bayerischen Kurfürsten Maximilian II. unterstellt. Der österreichische Erbfolgekrieg brachte der Stadt Ingolstadt und damit der Universität weitere Not, nämlich eine Besetzung der Stadt mit bayerischem und französischem Militär im Jahre 1742 und eine Einnahme der Stadt durch die österreichischen Gegentruppen im darauffolgenden Jahre.

Eine Periode glänzenden Aufstiegs begann dann für die Ingolstädter Universität im Jahre 1746, also vor rund 200 Jahren, mit dem Regierungstritt

des bayerischen Kurfürsten Maximilian III., des Begründers der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Dieser Aufschwung ist untrennbar verbunden mit dem Namen dieses hochsinnigen Fürsten, der die Ingolstädter Universität vom einengenden Zwange weltanschaulich gebundener Denkweise löste und ihr jene Freiheit der Lehre und Forschung schenkte, die für eine Universität lebensnotwendig ist.

Unter seiner Regentschaft tauchte auch im Jahre 1769 zum ersten Male der Gedanke einer Verlegung der Universität aus dem öden, beengten Leben der Festung Ingolstadt nach München auf, ohne damals allerdings auf Gegenliebe zu stoßen. Doch verließ die Idee einer Verlagerung der Universität von da ab nicht mehr die Gemüter und Herzen der Beteiligten, wobei neben München auch Landshut in Erwägung gezogen wurde, dessen Regierung im Jahre 1779 aufgelöst worden war und dem man dafür eine Entschädigung geben wollte.

Als der Ingolstädter Stadtrat die Nachricht von einer beabsichtigten Verlegung der Universität vernahm, beschwor er die Regierung — „durch so eine entsetzliche Nachricht ganz erstaunend darniedergeschlagen“, wie er sich charmant übertreibend ausdrückte —, eine Maßnahme zu vermeiden, die den gänzlichen Verfall der bürgerlichen Gesellschaft nach sich ziehen werde. „Unsere Weiber und Kinder ringen mit uns die Hände und seufzen und weinen über das Elend, so über uns donnert, und das nahe und unausbleibliche Verderben droht“. Der akademische Senat der Universität sprach sich, falls die Regierung auf einer Verlegung bestehe, für die Hauptstadt München aus. Hiergegen legte die juristische Fakultät Verwahrung ein. In der Hauptstadt müßten ihre ohnehin zurückgesetzten Mitglieder in elendeste Lage und bedrängteste Hausumstände geraten. „Dort, wo durch den beständigen Zuwachs der Bevölkerung auch die Teuerung der Viktualien überhand nehmen muß“, würde es unmöglich sein, „die zum Dozieren erforderliche Heiterkeit des Geistes nicht zu verlieren“. Die philosophische und die theologische Fakultät bedrohe dieser Nachteil weniger, denn sie bestünden aus Mitgliedern „ohne zahlreiche Familie“, und die Mediziner seien imstande „sich durch besser sich abwerfenden Geldertrag zu indemnisieren“. Für die Juristen aber bedeute die Translokation von Ingolstadt nach München den materiellen Untergang.

Nun, die Universität befindet sich heute in München, und die juristische Fakultät existiert gleichwohl noch immer. Wir dürfen daraus die freudige Schlußfolgerung ziehen, daß es seinerzeit auch den Juristen in München gelungen ist, sich durch reichlicher fließenden Gelderwerb zu indemnisieren und sich durch weise Beschränkung des Familienzuwachses die zum Dozieren unerläßliche Heiterkeit des Geistes zu bewahren.

Übrigens hatten auch die Theologen gegen die Verlegung nach München zahlreiche Einwendungen, weil die der Gottesweisheit Beflissenen „in

der weitschichtigsten und zahlreichsten Hauptstadt" — München zählte damals immerhin schon 37 000 Einwohner! — „kaum oder gar nicht“ überwacht werden könnten und „Lehrer und Lernende in dem Toben und Lärmen der Welt zu viele Zerstreuungen“ und Versuchungen fänden. So wurden die Pläne einer Verlegung der Universität Ingolstadt zunächst ad acta gelegt.

Als dann allerdings 20 Jahre später der Ausbruch des zweiten französischen Revolutionskrieges erneut die Festung Ingolstadt bedrohte, fanden sich die Professoren der verschiedenen Fakultäten wieder, in der einmütigen Erkenntnis, daß der enge Festungsgürtel die Geister beklemme und die Universität verlegt werden müsse. Ihre Bitte um rasche Verlagerung in die offene Stadt Landshut wurde vom Münchener Ministerium sofort bewilligt, so daß der Landshuter Stadtrat im Mai 1800 die akademischen Schätze auf Leiterwägen in die freigemachten Räume seiner Stadt befördern konnte. Dies geschah unter der Regentschaft des Kurfürsten Maximilian IV., der 1806 als Maximilian I. den neugeschaffenen bayerischen Königstron bestieg und dessen Büste hier in dieser Apsis die Reihe der bayerischen Könige eröffnet. Aus der Ludwigs-Universität zu Ingolstadt wurde damit, 328 Jahre nach ihrer Gründung, die „Ludwig-Maximilians-Universität“ zu Landshut. Freudig begrüßten damals die Professoren den glücklichen Vollzug „der Flucht aus dem Kerker, in welchem bisher die Musen schmachteten“.

Die Landshuter Periode unserer Universität, die nur $\frac{1}{4}$ Jahrhundert währte, begann mit 172 und endete mit 758 Studenten. Der Aufschwung der Universität, der gegen Ende der Ingolstädter Zeit unter Kurfürst Maximilian III. so verheißungsvoll eingesetzt hatte, setzte sich in Landshut unter der freihheitlichen Führung von Maximilian IV. und seines reformfreudigen Ministers Montgelas, trotz mancher Zwistigkeiten innerhalb des Lehrerkollegiums, weiter fort. War doch die Verlegung mit einer entscheidenden Verjüngung der Professorenschaft und einer völligen Neuorientierung des Lehrbetriebes verbunden, und trat doch auch bei den Studenten eine entscheidende Wendung zur Besserung ein, als ob — ich zitiere Max Haushofer — „die ganze Universität einen Wust von häßlicher Erinnerung, von mittelalterlicher Rohheit und Finsternis wie ein Gewand von sich streifen konnte, als sie Ingolstadt verließ“. So entwickelte sich an den Sonntagen ein fröhliches akademisches Leben auf dem Hofberg, an dessen Hängen nach einem wenig galanten Verslein des Odendichters und Universitätsprofessors Jakob Balde das Rebengelände „natürlichen Essig weint“.

Trotz allen Aufschwungs nahm aber der schon oft diskutierte Plan einer Verlegung der Universität nach München immer festere Gestalt an, um schließlich im Jahre 1826 unter Ludwig I., dem Sohne Maximilians I., seine beglückende Verwirklichung zu finden. Auf die Sturm- und Drangperiode

der Kinder- und Lehrjahre in I n g o l s t a d t und die Wander- und Gesellenjahre in L a n d s h u t folgten damit die Meisterjahre des vollen Mannesalters in M ü n c h e n. Denn von der Verlegung nach München her datiert die geistige und räumliche Ausweitung unserer Universität, deren Studentenzahl im ersten Münchener Jahr 1600 betrug und zur Zeit auf nahezu 16 000 angewachsen ist. Was würde wohl Max Haushofer zu dieser Entwicklung sagen, er, der vor 70 Jahren nach Anwachsen der Münchener Studentenzahl auf 3800 kopfschüttelnd feststellte, daß diese Zahl „wahrhaft staunen-erregend“ sei und die Frage aufdränge, „ob denn eine derartige Menge studierter Leute überhaupt einen geeigneten Wirkungskreis finden“ könne.

Das München, in das die Universität 1826 einzog, war 50 Jahre zuvor, beim Erlöschen der b a y e r i s c h e n Linie des Wittelsbacher Hauses mit Kurfürst Maximilian III., trotz dessen Fürsorge für Kunst und Wissenschaft noch immer eine altbayerische Kleinstadt mit bäuerlichen Sitten und Gebräuchen. Seitdem aber die p f ä l z i s c h e n Wittelsbacher unter den Kurfürsten Karl Theodor und Maximilian IV. Besitz von den rechtsrheinischen Landen ergriffen, strömte zunehmend rheinisches Blut, rheinische Art, rheinische Gedankenwelt in die altbayerischen Lande ein: in den Staat, die Kirche, die Gesellschaft, die Familie, die Wirtschaft, die Kultur, das geistige Leben. Auch Franken und Schwaben schickten in immer größerer Zahl Stammesvertreter nach München und gewannen damit wachsenden Einfluß auf das politische, wirtschaftliche und geistige Leben der Stadt. Dazu kam ein nord-, mittel- und südwestdeutscher Einschlag, eine Folge des Hineinwachsens Bayerns in Deutschland, begonnen unter König Maximilian I., fortgesetzt unter Ludwig I. und vollendet mit der Reichsgründung zur Zeit Ludwigs II.

Ein Symbol dieser Umschichtung des bayerischen Staates und Staatsvolkes ist das München des 19. Jahrhunderts. Und in dieses München mit seiner sich immer wieder jugendlich erneuernden Oberschicht, seinen ständig mit Bauten, Denkmälern und Kunstschätzen sich füllenden Straßen und Plätzen zog die Universität nunmehr ein. Hier kam sie in engste Berührung mit der Akademie der Wissenschaften und den wissenschaftlichen Einrichtungen des Staates: der Hof- und Staatsbibliothek, der Sternwarte, dem chemischen Laboratorium, dem mathematisch-physikalischen Kabinett, der zoologischen Sammlung, dem Mineralienkabinett, dem Botanischen Garten. Hier erlebte sie eine innere Auffrischung durch Berufung neuer großer Gelehrter — auch aus dem „Ausland“, d. h. aus außerbayerischen Gebieten — unter Ludwig I., der damals auf Wissenschaftler und Künstler wie ein Zaubermagnet wirkte und München zu einem Mittelpunkt romantischer Geistigkeit machte, die auch auf die innere Entwicklung der hier tätigen Professoren und Studenten bestimmenden Einfluß gewann.

Die Jahre der Regentschaft König M a x i m i l i a n s II., des Sohnes Ludwig I. und Schöpfers des Maximilianeums, bedeuteten einen weiteren glän-

zenden Aufstieg der Universität, der dann unter Ludwig II. und unter Prinzregent L u i t p o l d allmählich in eine Periode stiller, aber segensreicher organisatorischer und kultureller Betreuung überging, deren wir uns auch heute noch erfreuen.

Ich muß es mir im Rahmen dieser Feierstunde versagen, auf die geheimen Wechselbeziehungen zwischen Universität und Stadt während dieser Münchener Periode unserer Alma mater näher einzugehen. Aber ich bin dessen gewiß: könnten sie aus der Vergangenheit zu uns zurückkehren, jene großen Gestalten einer großen Münchener Universitätsvergangenheit, wie Fraunhofer, Ohm, Röntgen, Wien, Sommerfeld; Liebig, Baeyer, Willstätter, Wieland; Ringseis, Pettenkofer, Nußbaum, Kraepelin, Sauerbruch; Görres, Heigel, Oncken; Döllinger, Möhler, Sailer; Amira, Savigny, Feuerbach, Mittermaier; Schmeller, Voßler; Brentano, Weber; Goebel, Hertwig; Schelling, Thiersch, Baader; Furtwängler, Wölfflin; Lindemann, Carathéodory; Drygalski und wie sie alle heißen mögen, sie würden in Erinnerung an die hier verbrachten Münchener Jahre mit uns einstimmen in eine Liebeserklärung an München, jenes München, das damals auch i h r e Arbeit beflügelte und dessen 800-jähriges Bestehen wir in diesen Tagen so freudigen Herzens feiern: das München eines François de Cuvilliés, Franz Bustelli und Enrico Zuccalli, eines Hans Pfitzner, Max Reger und Richard Wagner, eines Moritz v. Schwind, Carl Spitzweg und Franz v. Lenbach, eines Paul Heyse, Thomas Mann und Gottfried Keller, eines Hans v. Bülow, Felix Mottl und Richard Strauß, eines Egid Asam, Johann Baptist Straub und Ignaz Günther!

Gott segne diese wundersame Stadt! Er erhalte uns auch den Münchener, jene liebenswerte Mischung von ach! so rauher Schale und ach! so goldenem Herzen, wie sie auch unter den Professoren — und den Beamten! — unserer Universität in so charakteristischen und wohlbekannten Beispielen vertreten ist.

Möge München auch in Zukunft mit seiner Universität untrennbar verbunden bleiben, und lassen Sie mich schließen mit jenen Worten, mit denen Papst Pius II. vor 500 Jahren der Errichtung unserer Universität in Ingolstadt zustimmte und für die der R ö m i s c h e B r u n n e n auf dem Geschwister-Scholl-Platz vor der Ludovico-Maximiliana gleichsam ein Symbol ist:

„Die Stadtschmücke sich mit dem Geiste der Wissenschaft und erzeuge Männer, hervorragend an Reife des Urteils, umgeben mit jeder Zier der Tugend, wohl unterrichtet, daß da sei ein immerströmender Quell der Kenntnisse, aus dessen Fülle jeder schöpfen möge, der von Durst nach Wissen getrieben wird!“.

„DAS LEBEN ALS GEGENSTAND CHEMISCHER FORSCHUNG“

Festvortrag von Adolf Butenandt

Die Frage, was Leben sei, ist von der denkenden Menschheit sehr unterschiedlich beantwortet worden — je nachdem, ob man die Antwort aus mythologischer, theologischer, philosophischer oder naturwissenschaftlicher Sicht zu geben versuchte.

In unserem Thema „Das Leben als Gegenstand chemischer Forschung“ steht „Leben“ naturgemäß nicht im Sinne des vieldeutigen Urbegriffs, mit dem der Mensch seine eigene Daseinsform in ihrer Sonderstellung gegenüber allen anderen Organismen zu umschreiben versucht, wir sprechen vom „Leben“ ausschließlich in der Definition des Naturwissenschaftlers. Das zu betonen, mag überflüssig erscheinen — es geschieht dennoch, um unser Thema zu erläutern und seine Grenzen aufzuzeigen; es geschieht, um uns am Anfang unserer Betrachtungen zu der erkenntniskritischen Lehre zu bekennen, nach der wir mit der Wahl der Methodik, die wir zur Analyse irgendeines uns begegnenden Phänomens verwenden, von vornherein den Ausschnitt aus der ganzen Wirklichkeit bestimmen, den allein wir mit eben dieser gewählten Methode zu erfassen vermögen. Gerade die Analyse des Phänomens „Leben“ führt uns zu der Erkenntnis, daß auch die von der Naturwissenschaft verwendete Methodik — wie eine jede — nur einen begrenzten Aspekt der Wirklichkeit, nicht aber die ganze Wirklichkeit darbietet; ist doch „das gesamte unräumliche Geschehen, in dem sich das menschlich-geistig-geschichtliche Leben realisiert, der Zuständigkeit dieser Methodik entzogen“ (Th. Litt¹⁾).

Trotz dieser Begrenzung unseres Aspektes ist es nicht leicht, eine naturwissenschaftliche Definition des Lebens zu geben. Zweifellos haben wir von der Erfahrung auszugehen, daß es in der naturwissenschaftlich faßbaren Welt kein Leben „als solches“, sondern nur lebende Organismen gibt. Das bedeutet, daß sich alle naturwissenschaftlich analysierbaren Lebenserscheinungen an stofflichen Systemen hoher Ordnung und individuellen Charakters abspielen, die uns auf dieser Erde als „Lebewesen“ vom Einzeller bis zu den hochentwickelten Vielzellern des Tier- und Pflanzenreiches entgegen-treten. Damit aber geht die Frage nach der naturwissenschaftlichen Definition

¹⁾ Th. Litt, „Naturwissenschaft und Menschenbildung“, Heidelberg 1954.

des „Lebens“ über in das schon klarer formulierbare Problem: „Welche Eigenschaften müssen individuelle stoffliche Ordnungssysteme aufweisen, damit wir sie als „lebend“ bezeichnen?“

Individualität und stoffliches Ordnungsgefüge allein machen noch kein Lebewesen: Atome, Moleküle, Kristalle, sie erfüllen diese Bedingungen, aber wir bezeichnen sie nicht als lebend, selbst dann nicht, wenn z. B. ein Stein im Garten eines Japaners diesem noch heute ein echter Gesprächspartner sein kann! Auf den ersten Blick will es uns nicht so schwierig erscheinen, anzugeben, welche Eigenschaften diesen anorganischen Ordnungssystemen gegenüber den Lebewesen noch fehlen — ein näheres Studium aber zeigt, daß es gar nicht so leicht ist, die einfachste Organisationsform anzugeben, die wir mit Fug und Recht noch als lebend bezeichnen dürfen, und unsere Gegenwart ist Zeuge eines Meinungsstreites über die Frage nach der Struktur des einfachsten Lebewesens, nach der Grenze zwischen belebter und unbelebter Natur.

1839 hat **Theodor Schwann** (in Löwen) mit seinem Buche: „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Thiere und Pflanzen“ der Zellentheorie den Weg geebnet, welche bis auf den heutigen Tag die lebenden Zellen, abgegrenzte, zumeist kernhaltige Plasmabezirke, als die elementaren lebenden Individuen, als einfachste Träger des Lebens ansieht. Gerade in diesen Tagen aber schreibt z. B. **Paul Bordet**²⁾ aus dem von Löwen nicht weit entfernten Brüssel in einem Aufsatz über das Palais der Naturwissenschaften auf der Weltausstellung 1958: Viele „zwingt uns zu einer gründlichen Revision des Begriffes von der kleinsten Lebenseinheit, der uns nicht mehr an die Zelle als unteilbares Ganzes geknüpft erscheint“. — Worin liegen die Gründe für diesen Versuch, die Zellentheorie zu entthronen, und sind sie berechtigt? Im folgenden wird versucht aufzuzeigen, daß vom Gesichtspunkt des biologischen Chemikers aus auch heute noch die Zelle als die kleinste lebende Einheit begriffen werden muß, und daß Zweifel daran nur aus falscher Interpretation neu erworbener biochemischer Erkenntnisse erwachsen sind.

Erinnern wir uns zunächst daran, welche Eigenschaften — außer ihrer Individualität, ihrem Ordnungsgefüge und ihrer geprägten Form — eine Zelle als belebt erscheinen lassen. Es sind im wesentlichen deren drei:

1) Lebende Zellen zeigen einen dauernden **Stoffwechsel**, d. h. sie ändern sich aus inneren Ursachen fortgesetzt. Physikalisch-chemisch können wir sie als im „Fließgleichgewicht“ befindliche „offene Systeme“ bezeichnen; es sind Systeme, die durch fortgesetzte Aufnahme und Abgabe von Stoffen mit der Umgebung im Austausch stehen. Über gewisse Zeiträume hin können die Zellen — wie auch die Zellenstaaten, höhere Organismen — sich in

²⁾ Paul Bordet, Naturwiss. Rundschau 11, 228 (1958).

einem „stationären Zustand“ befinden, in dem Größe, Struktur und Stoffbestand konstant zu bleiben scheinen und sich der Stoffwechsel auf die Verbrennung der Nahrungsstoffe innerhalb dieses Gefüges zu beschränken scheint; aus dem Abbau der Nahrungsstoffe wird die Energie für die Aufrechterhaltung der Struktur und für alle denkbaren Lebensäußerungen gewonnen. Aber die Biochemie unserer Tage lehrt, daß auch der stationäre Zustand einer Zelle im Stoffbestand und in der Struktur sehr wenig echte statische Elemente enthält, sondern daß er fast ganz als dynamisches Geschehen aufzufassen ist: eine lebende Zelle schmilzt ihre Strukturen dauernd ein, zieht Struktur- und Formelemente immer wieder in den abbaubenden Stoffwechsel ein und baut dafür aliquote Teile der Struktur neu wieder auf. Die Zelle selbst ist „in ständigem Umsatz befindlicher Stoff“ — daß sie in diesem dynamischen Geschehen durch eine wohl aufeinander abgestimmte Regelung aller Prozesse ihre äußere Form und die sichtbare innere Struktur behält — so daß ihr Zustand fast statisch erscheint — ist eines der großen chemischen Geheimnisse des Lebens, das allein uns schon davor bewahren sollte, oberflächliche Vergleiche eines lebenden Systems mit einer energieverbrauchenden und Arbeit leistenden Maschine zu wagen!

2) Als zweite Eigenschaft einer lebenden Zelle wollen wir die mit Wachstum, Entwicklung und Fortpflanzung bezeichneten Phänomene zusammenfassen. Chemisch können wir diese Erscheinungen auf die Fähigkeit der Zelle zurückführen, ihren spezifischen Stoffbestand zu vermehren, ihn — in einer Grenzbetrachtung — identisch zu verdoppeln und im Vorgang einer geordneten Teilung auf zwei neue Zell-Individuen zu verteilen, die beide ihre kennzeichnenden Strukturen neu entwickeln. Welche Entwicklungsstadien eine Zelle durchläuft, was sie an spezifischen Strukturen auszubilden vermag, wird durch die Herkunft der Zelle bestimmt: Der Tochterzelle werden von der Mutterzelle Grundbedingungen für eine ganz bestimmte Entwicklung übertragen; diesen Vorgang bezeichnen wir als Vererbung. Diese übertragenen „Grundbedingungen“ sind an spezifische Stoffe gebunden, die „Erbfaktoren“ oder „Gene“, deren Summe wir als „Erbgut“ einer Zelle definieren. Die stoffliche Konstanz des Erbgutes bewirkt die Konstanz der Eigenschaften in der Generationenfolge; die Fähigkeit des Erbgutes, sich nach vorgegebenen Gesetzen in gewissem Umfange ändern, „mutieren“ zu können, enthält die Möglichkeit zur Ausbildung neuer Eigenschaften und Entwicklungsschritte.

3) Als dritte charakteristische Eigenschaft einer lebenden Zelle erscheint ihre Reizbarkeit, das Vermögen, auf bestimmte äußere Einwirkungen mit bestimmten Lebensäußerungen, sinnvollen „Reaktionen“, zu antworten. Ein bewußt einfach gewähltes Beispiel für eine Reaktion auf Reiz finden wir in typischen Bewegungserscheinungen.

Die Zellentheorie definiert als kleinste lebende Einheit jenes individuelle Ordnungsgefüge, das alle diese Eigenschaften geregelt in sich vereinigt: den Stoffwechsel, den Formwechsel mit den Phänomenen von Wachstum, Entwicklung und Fortpflanzung, und die Reizbarkeit.

Die Entwicklung der experimentellen Biologie in unserem Jahrhundert ist nun treffend dadurch zu kennzeichnen, daß es durch Anwendung chemischer Methoden in der Analyse von Lebensvorgängen in steigendem Maße gelungen ist, aus der Gesamtstruktur lebender Zellen kleinere stoffliche Bereiche, stoffliche Teilstrukturen des Ganzen, herauszulösen und in einer Form zu isolieren, in der sie auch außerhalb der Zelle, *in vitro*, alle Funktionen zu leisten vermögen, die sie in der intakten lebenden Zelle sinnvoll zu erfüllen haben.

Wir wollen einige derartige aus lebenden Zellen isolierte Funktionseinheiten näher betrachten, sie als typische Beispiele für die angedeutete Entwicklung unserer biochemischen Wissenschaft nehmen und uns fragen, was sie im Gesamtgefüge der Lebenserscheinungen bedeuten.

Wir beginnen mit Beispielen aus dem **S t o f f w e c h s e l**. Ein Stoffwechselvorgang, der seit ältesten Zeiten von Menschen zur Befriedigung ihrer Lebensbedürfnisse systematisch verwendet wurde, ist die **a l k o h o l i s c h e G ä r u n g**, d. i. die Zersetzung von Zucker durch Mikroorganismen, Hefarten, unter Bildung von Alkohol und Kohlensäure. Dieser Prozeß, von **P l i n i u s** „*fermentatio*“ genannt, wird von der Hefezelle durchgeführt, um Energie für ihr individuelles Leben zu gewinnen. Da nämlich der Energieinhalt (die sog. „freie Energie“) der Endprodukte (Alkohol und Kohlensäure) geringer ist als der Energieinhalt des Ausgangsmaterials (Zucker), wird beim Ablauf der alkoholischen Gärung Energie für die Lebensvorgänge der Zelle verfügbar. Das freilich interessierte die Menschen beim Ansetzen ihrer Gärbottiche wenig, sie waren — und sind — in erster Linie am Endprodukt der Gärung, dem Alkohol, interessiert, um mit ihm berauschende Getränke zu bereiten, und nur wenige Jünger des Gerstensaftes und Liebhaber edler Tropfen wissen, daß für die Biochemie die alkoholische Gärung zu einer Modellreaktion grundsätzlicher Art für die Aufklärung des Ablaufs von Stoffwechselvorgängen geworden ist, und daß sich in der wissenschaftlichen Analyse des Gärungsvorganges ein Meinungsstreit ereignete, der in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts zwischen München und Paris ausgetragen wurde!

J u s t u s v o n L i e b i g, auf der Höhe seines Ruhmes 1852 nach München berufen und Gründer unserer großen chemischen Schulen, wurde heuer beim Festakt zum 800. Geburtstag unserer Stadt unter den Geistern gefeiert,

die im 19. Jahrhundert hier Kultur-Geschichte machten. In der Frage nach dem Wesen der alkoholischen Gärung verfocht er die Auffassung, daß zwar die Hefe am Gärprozeß beteiligt sei, aber nur durch einen „toten Teil“, der bei ihrem Zerfall frei werden könne. Er fußte in der Verteidigung seiner später „mechanische Theorie der Gärung“ genannten Lehre auf den Vorstellungen des großen Skandinaviers, des Schweden *Berzelius*, der mit der Begründung der Lehre von der Katalyse der Lebensforschung einen ungewöhnlichen Impuls gegeben hat. Wir verstehen unter einem Katalysator einen chemischen Stoff, der reaktionsträge chemische Verbindungen durch seine nur in Spuren benötigte Gegenwart zu einer in meßbarer Geschwindigkeit verlaufenden chemischen Umsetzung bringen kann. Scheinbar nimmt der Katalysator an der chemischen Reaktion gar nicht teil, nach *Berzelius* wirkt er durch seine „bloße Gegenwart“. Wir wissen heute, daß der Katalysator in die Reaktion eingeht, daß er Zwischenverbindungen mit den Reaktionspartnern bildet, deren Reaktionsträgheit in eben dieser Bindung an den Katalysator erniedrigt wird, und daß die chemische Umsetzung in der Folge so abläuft, daß der Katalysator wieder unverändert frei wird. *Berzelius* äußerte die geniale Idee, daß die im Stoffwechsel der lebenden Zellen ablaufenden chemischen Reaktionen durch die Gegenwart von Katalysatoren der lebendigen Substanz, durch „Biokatalysatoren“, ermöglicht würden. Heute ist uns diese Vorstellung eine selbstverständliche, nachdem Hunderte solcher Biokatalysatoren aus Zellen isoliert, in ihrem Bau und in ihrer Wirkung genau bekannt sind. Wir nennen sie „Fermente“ oder „Enzyme“, eben weil uns die Analyse der Gärung (lat. „fermentatio“) durch die Hefe (griech. ζύμη, zyme) wesentlich geholfen hat, ihr Geheimnis zu ergründen. In moderner Ausdrucksweise hat *Liebig* mit seiner „mechanischen Theorie der Gärung“ die heute bewiesene Auffassung verteidigt, daß die Gärung ein fermentativer Prozeß ist, der nicht an lebende Hefezellen geknüpft ist, sondern mit Hilfe der aus den Zellen zu isolierenden Biokatalysatoren — kleinsten stofflichen, molekularen Struktureinheiten — auch im Reagensglas (ohne Anwesenheit lebender Zellen) ablaufen kann.

In Paris widersprach *Louis Pasteur* dieser Meinung entschieden; nach ihm ist der chemische Vorgang der Gärung an eine Lebenstätigkeit gebunden („essentiellement un phénomène corrélatif d'un acte vital“); „sie fängt mit dieser an und hört mit ihr auf; geistige Gärung tritt nie auf ohne gleichzeitige Bildung, Entwicklung und Vermehrung von Hefe oder fort-dauerndes Leben fertiger Hefe“³⁾). *Pasteur* hatte nach dem damaligen Stand der experimentellen Forschung gute Gründe für seine „vitalistische Theorie der Gärung“; viele namhafte Fachleute gaben ihm recht, aber die klarsten Köpfe standen auf Seiten *Liebigs*; kein Geringerer als *Wöhler* in Göttingen hatte schon Jahre früher in *Liebigs* „Annalen der Chemie“

³⁾ F. Lieben, „Geschichte der Physiologischen Chemie“, Leipzig und Wien 1935, S. 235.

eine anonyme, äußerst unterhaltend zu lesende „Vorläufige briefliche Mitteilung“ erscheinen lassen, in der er die vitalistische Lehre in seltsamer Weise lächerlich macht, die Bierhefe mit Zucker fressenden Infusorien vergleicht, die in ihrem Innern den Weingeist in Bläschen aufbewahren, die in gefülltem Zustand wohl die Form einer Champagnerbouteille besäßen . . .⁴⁾.

Glücklicherweise ist in den Naturwissenschaften diese Art der Publikation nicht die gültige Methode, um einen Meinungsstreit zu entscheiden; hier spricht allein das Experiment! Vielleicht dürfen wir in diesem Jubiläumsjahr Münchens besonders stolz darauf sein, daß nicht nur Münchens Liebig in der Folge Recht bekam, sondern daß das entscheidende Experiment — 24 Jahre nach Liebigs und 2 Jahre nach Pasteurs Tod — 1897 auch in München und durch einen Sohn dieser Stadt gelang: Eduard Buchner hat in den Räumen des alten physiologischen Instituts unserer Universität (in einem Mörser, der bis zu seiner Vernichtung durch die Bombenangriffe des letzten Krieges als kostbares Gut verwahrt wurde) Hefe mit Kieselgur und Quarzsand zerrieben und daraus durch Auspressen unter hohem Druck einen sicher von lebenden Zellen freien Preßsaft gewinnen können, der die normale Vergärung von Zucker bewirkte. „Es ist bewiesen, daß es zur Einleitung des Gärungsvorganges keines so komplizierten Apparates bedarf, wie ihn die Hefezelle vorstellt. Als Träger der Gärwirkung ist vielmehr eine gelöste Substanz, zweifelsohne ein Eiweißkörper, zu betrachten; derselbe soll als Zymase bezeichnet werden“ (E. Buchner)⁵⁾. Das war ein gewaltiger Schritt in Neuland, er wurde 1907 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Mit Buchners Entdeckung der zellfreien Gärung war ein Rest der Lehre von der *vis vitalis*, der geheimnisvollen Lebenskraft, die hinter den chemischen Prozessen der Zellen wirken sollte, endgültig überwunden. Wir wollen uns einen Augenblick rückschauend erinnern, daß sie bis zum Jahre 1828 noch für die Synthese eines jeden organisch-chemischen Stoffes in der Natur verantwortlich sein sollte. Beginnend mit der Synthese des Harnstoffs durch Wöhler (1828) aber hatte man gelernt, die Bau- und Betriebsstoffe der Lebewesen im Laboratorium aufzubauen; ein sich an diese Entdeckung anschließender Siegeszug der organischen Chemie führte zur Erkenntnis, daß der Chemiker grundsätzlich jede Substanz, die in Lebewesen vorkommt, mit seinen Laboratoriumsmethoden synthetisieren kann — Welch glanzvolle Leistungen weisen Münchens Laboratorien auf dem Wege zum Ausbau dieser Erkenntnis auf! Wir denken an Adolf von Baeyer, Richard Willstätter, Hans Fischer; wir denken an Heinrich Wieland, den wir vor einem Jahr, an seinem 80. Geburtstag, noch unter uns wußten.

⁴⁾ F. Lieben, loc. cit. S. 233.

⁵⁾ E. Buchner, Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 30, 117 (1897) u. 31, 568 (1898).

Man wußte am Ende des vorigen Jahrhunderts gut, daß man die Stoffe der lebenden Welt im Laboratorium synthetisieren kann, aber man sah auch, daß die dazu verwendeten Methoden von denen der lebenden Zelle grundverschieden waren. Hohe Temperaturen und Drucke sowie der Einsatz sehr reaktionsfähiger Partner, die dem physiologischen Geschehen fremd sind, waren nötig. Es ist daher verständlich, daß sich die Lehre von der *vis vitalis* zunächst in das Feld der Reaktionsabläufe zurückzog, bis sie an der Schwelle zum neuen Jahrhundert durch Buchner auch hier vertrieben wurde.

Die Entdeckung der zellfreien Gärung öffnete den Weg, um den Übergang von Zucker in Alkohol und Kohlensäure nun in allen seinen Einzelheiten zu studieren und zu verstehen. Dazu bedurfte es einer Fülle von Arbeit bis in unsere Tage hinein. Wir dürfen es als Glanzleistung biochemischer Forschung bezeichnen, daß wir heute sehr eingehende Kenntnisse vom Ablauf der alkoholischen Gärung und über ihren biologischen Sinn besitzen. Das Molekül Traubenzucker wird in einer komplizierten Reaktionsfolge über nicht weniger als etwa 12 verschiedene Abwandlungsprodukte geführt, und für jeden einzelnen chemischen Reaktionsschritt wird ein besonderes Ferment bereitgestellt. Die Zymase Buchners hat sich als ein sehr komplexes Gemisch von vielen Gärungsfermenten erwiesen. Man hat jedes Zwischenprodukt des Gärungsablaufs und jedes an der Gärung beteiligte Ferment rein darstellen können, jeden einzelnen Reaktionsschritt vom anderen trennen und die einzelnen Schritte wieder zum Gesamt Ablauf kombinieren können. Und noch mehr: man vermag *in vitro* die Reaktionen physiologisch so korrekt ablaufen zu lassen, daß man auch die Energie, welche die Zelle aus dem Gärungsprozeß gewinnt und um deretwillen sie ihn „erdachte“, in gleicher Ausbeute und in derselben Form fassen kann, als ob dieses Reaktionsgeschehen sich *in vivo* vollzöge. Man lernte dabei, daß die Energie, die aus dem Ablauf biochemischer Prozesse zu gewinnen ist, stets zunächst in Form einer bestimmten, sogenannten „energiereichen“ Verbindung in der Zelle gestapelt wird. Diese Verbindung — wir wollen sie ohne nähere Erläuterung einmal ATP nennen — wird im Ablauf aller energieliefernden Reaktionen aus einem Trägermolekel und anorganischer Phosphorsäure unter „Einbau“ der zu gewinnenden Energie synthetisiert. Durch Rückspaltung des energiereichen ATP in seine Komponenten kann die in ihm gestapelte Energie wieder gewonnen und für chemische, mechanische oder kalorische Leistungen der Zelle verwendet werden.

Die Summe dieser Erkenntnisse über den Ablauf und das Wesen der einen Gärungsreaktion hat diese zum klassischen Modell für das grundsätzliche Geschehen gemacht, das sich im Ablauf des Zell-Stoffwechsels vollzieht.

Inzwischen hat die Biochemie gleich detaillierte Kenntnisse über den Ablauf zahlreicher anderer Stoffwechselprozesse lebender Zellen gewonnen.

Ob wir das Schicksal von Zuckern, Fetten oder Eiweißstoffen, ob wir ihren Abbau oder ob wir ihre Synthese im Chemismus der lebenden Substanz verfolgen, immer begegnet uns dasselbe Prinzip: ein Ausgangsstoff A wird über zahlreiche faßbare Zwischenstufen B, C, D, E . . . abgewandelt und stufenweise in einzelnen Reaktionsschritten in das gewünschte Endprodukt übergeführt, und jeder einzelne Reaktionsschritt wird von einem spezifischen Ferment als Biokatalysator ermöglicht und gesteuert. Führt eine Reaktion zur Gewinnung von Energie, so wird diese in Form der erwähnten energiereichen Verbindung ATP gestapelt, die wir als Art chemischen „Akkumulator“ ansehen dürfen; eine chemische Reaktion, die Energie benötigt (z. B. beim Aufbau neuer Strukturelemente), deckt ihren Energiebedarf aus dem ATP-Vorrat der Zelle, verläuft also unter Rückspaltung von ATP-Molekeln. Für unsere Betrachtungen wichtig ist vor allem die Tatsache, daß man die einzelnen Fermente als chemische Stoffe von Eiweißcharakter aus der Zelle isolieren kann, und daß diese molekularen Eiweiß-Strukturen auch außerhalb der Zelle ihre Stoffwechselleistung vollziehen können. Aus der Fülle von Beispielen, die wir dazu noch betrachten könnten, wählen wir noch ein für unsere Fragestellung besonders bedeutsames aus.

Weitaus größere Energiebeträge als aus einem ohne Beteiligung von Sauerstoff verlaufenden Gärungsprozeß vermag die Zelle aus dem Abbau der Nahrungssubstanz mit Hilfe von Sauerstoff, aus deren Verbrennung zu Wasser und Kohlensäure zu gewinnen. Die Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft zur Durchführung dieser Verbrennungsprozesse, verbunden mit der Abgabe der entstandenen Kohlensäure, bezeichnen wir als „A t m u n g“. Jede sauerstoffbedürftige Zelle atmet. Wir erinnern uns gleich, wie stark wir den Begriff des Atmens als mit dem Leben verbunden empfinden! Nun ist es möglich geworden, unter Anwendung moderner, bei tiefer Temperatur arbeitender Zellfraktionierungsmethoden aus Cytoplasma kleine, an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit liegende Struktureinheiten zu isolieren, deren morphologischer Bau uns durch das Elektronenmikroskop erschlossen wurde. Es handelt sich um schlauchförmige Körperchen, die als Mitochondrien bezeichnet werden. Isolierte Mitochondrien atmen! Sie nehmen Sauerstoff auf und verbrennen mit dessen Hilfe im Reagensglas unter zellphysiologischen Bedingungen ihnen von uns angebotene Nahrungssubstrate zu Wasser und Kohlensäure. Daß die isolierten Mitochondrien ihre physiologische Funktion ganz unversehrt erfüllen, verraten sie uns besonders durch ihre Fähigkeit, die hohen Energiebeträge, die bei der Verbrennung der Substrate verfügbar werden, als energiereiches ATP zu stapeln. Man hat erkannt, daß die gesamte Atmung einer lebenden Zelle und der mit ihr verbundene oxydative Abbau von Nahrungssubstraten nur durch die Mitochondrien-Strukturen im Cytoplasma erfolgt; sie bestehen aus sinnvoll

miteinander vereinigten Fermenten, den Fermenten der biologischen Oxydation.

Die Isolierung der Gärungsenzyme und die Analyse ihrer Funktion im Reagensglas ist stets als eine rein chemische Angelegenheit betrachtet worden, die — wie wir hörten — gegen das Wirken einer Lebenskraft ausgewertet wurde. Überraschenderweise erhoben sich nach der Isolierung der Mitochondrien, *in vitro* atmender Teilstrukturen der Zelle, Stimmen, welche die Frage stellten, ob die Mitochondrien nicht lebendige Strukturen seien, ob wir nicht die Auffassung von der Zelle als der kleinsten chemischen Einheit revidieren müßten. Kann man sich tote Strukturen denken, welche atmen?

Solch eine Frage stellen, heißt, die erhobenen chemischen Befunde nicht zuende durchdacht zu haben und sich von einer im Unterbewußtsein herrschenden Koppelung von Leben und Atmen getäuscht zu sehen. Zwar sind die Mitochondrien höhere Struktureinheiten als einzelne isolierte Gärungsfermente, aber sie sind doch nichts anderes als eine Anzahl von sinnvoll miteinander zu einer Funktionseinheit verbundener Fermente, und die Verbrennung von Zuckerderivaten mit Sauerstoff zu Wasser und Kohlensäure ist im Grundsätzlichen kein mehr oder weniger komplizierter chemischer Prozeß als die Abwandlung von Zucker in Alkohol und Kohlensäure. Das zeigt sich besonders eindeutig daran, daß der Biochemiker die Mitochondrien schrittweise weiter zerteilen und damit auch ihre Funktionsmöglichkeit schrittweise weiter einengen kann. In etwas vereinfachter Darstellung darf man sagen, daß es grundsätzlich gelingt, aus den Mitochondrien das Wasserbildende System herauszulösen und von dem Kohlensäure-bildenden, oder das atmende Fermentsystem von dem die Energie auffangenden ATP-bildenden System zu trennen. Schließlich vermag man die Mitochondrien in alle ihre Einzelfermente aufzutrennen. Daran erkennt man, daß auch hier weder ein neuer Raum für eine Lebenskraft, noch die Möglichkeit bleibt, Mitochondrien als Lebewesen zu bezeichnen. Immerhin eröffnet uns die Analyse der Mitochondrien aber einen ersten Weg, die Bedeutung der Struktur für die Funktion und das sinnvolle Zusammenspiel von Biokatalysatoren anzugehen; darauf ist zurückzukommen.

Wir verlassen nun den Stoffwechsel und wenden uns aufregenden Ergebnissen zu, die von der Biochemie im Bereich der *Viruserkrankungen* erschlossen wurden. Als Viren bezeichnet man Krankheitserreger, die mikroskopisch unsichtbar, viel kleiner als Bakterien sind und sich im Gegensatz zu diesen nicht auf künstlichem, unbelebtem Nährboden züchten lassen. Sie vermehren sich nur innerhalb lebender Zellen, die durch ihren Befall „erkranken“. Viele gefürchtete Infektionskrankheiten bei Mensch, Tier und Pflanze werden durch Viren hervorgerufen, z. B. Masern, Pocken, Kinderlähmung, Mumps und Influenza beim Menschen; Rinder-, Schweine- und Geflügelpest, Hunde-

staupe, Maul- und Klauenseuche bei Nutztieren; Blattroll-, Kräusel-, Vergilbungs- und Mosaik-Krankheiten bei Pflanzen. Auch Bakterien haben ihre Viruskrankheiten, hervorgerufen durch „Bakteriophagen“.

Die Biochemie entwickelte Methoden zur Reindarstellung von Viren und erkannte, daß viele Viren chemische Stoffe sind, die in reiner Form oft prachtvoll kristallisieren. Als erstes kristallisiertes Virus wurde der Erreger der Tabakmosaikkrankheit (1935, Stanley), als neuestes Glied in einer langen Reihe kristallisiertes Virus der Kinderlähmung (1955, Schwertd und Schaffer) dargestellt. Die chemische Untersuchung reiner Viren zeigte, daß es unter ihnen Vertreter von verhältnismäßig einfachem Bau gibt: es sind sehr große chemische Moleküle, die nur aus Eiweiß und Nucleinsäure bestehen. Letztere ist eine lange kettenförmige Verbindung, die sich aus vielen gleichartig gebauten Kettengliedern zusammensetzt. Jedes Kettenglied („Nucleotid“) besteht aus Phosphorsäure, Zucker und einer organischen Base. Nucleinsäure wurde zuerst aus Zellkernen isoliert und trägt daher ihren Namen.

Welch scheinbar unüberbrückbarer Widerspruch: Chemische Stoffe, kristallisierbar und mit definierbarem Molekulargewicht, die sich im Reagensglas des Chemikers in nichts von anderen hochmolekularen Stoffen ähnlicher Art unterscheiden, mit chemischen und physikalischen Methoden vollständig analysierbar und in ihrem Wesen grundsätzlich durch eine chemische Formel beschreibbar — aber dennoch in lebenden Zellen vermehrungsfähig! Mit wohl größerem Recht als bei den bisher besprochenen Beispielen erhebt sich hier die Frage, ob Viren primitivste Lebewesen, gar Glieder zwischen lebloser und belebter Materie seien. Der Streit zwischen Liebig und Pasteur wiederholt sich in unseren Tagen auf einer anderen Ebene stofflicher Strukturen! Viele Biologen halten heute in der Tat die Viren für lebende Organismen von primitivster Organisation, und kein Geringerer als einer unserer führenden Biologen, Max Hartmann⁶⁾, gehört zu ihnen, wenn er ausspricht, daß die „Viren jetzt als die einfachste Ausprägung und Verwirklichung lebender Systeme betrachtet werden müssen“.

Der Biochemiker kann ihnen keinesfalls folgen; er sieht vielmehr in seiner Entdeckung kristallisierter Viren und der Ermittlung ihrer Konstitution eine glückhafte Begegnung mit weiteren isolierten Teilstrukturen der lebenden Zelle — diesmal sind es keine Fermente, welche bestimmte Stoffwechselreaktionen auslösen, es sind chemische Strukturen, welche eine andere Teilfunktion belebter Organisation isoliert zu erfüllen vermögen, eine Funktion aus dem Bereich der Wachstums-, Entwicklungs- und Fortpflanzungsphänomene.

⁶⁾ Max Hartmann, „Die Erforschung des Lebendigen im XX. Jahrhundert“, in „Forscher und Wissenschaftler im heutigen Europa“, Oldenburg u. Hamburg 1955, S. 167.

Dieser Schluß erscheint zunächst vielleicht kühner als die Annahme, Viren seien belebte Organismen, primitiver als einfache Zellen. Aber dem ist nicht so; man findet nämlich, daß einfache Viren alle Eigenschaften besitzen, die man schon den E r b f a k t o r e n innerhalb der lebenden Zellen zusprechen mußte, ohne sie isolieren zu können. Vergleichen wir die Eigenschaften beider!

Erbfaktoren (Gene) sind Teile des Erbgutes. Da das Erbgut einer jeden Zelle sich vor einer Zellteilung verdoppelt, damit es an die Tochterzellen ungeschmälert weitergegeben werden kann, muß der Zellteilung eine Verdoppelung, eine „identische Reproduktion“, aller Erbfaktoren vorausgehen. Erbfaktoren können sich somit in lebenden Zellen selbst vermehren. Für die Viren machten wir eine völlig gleichlautende Aussage.

Die Biochemie erkannte, daß Erbfaktoren chemisch aus Nukleinsäuren bestehen, deren Moleküle die Form langer Ketten haben. Eine jede Kette hat Tausende von Einzelgliedern (Nucleotide), aber es existieren nur 4 verschiedene Gliedertypen. Die Reihenfolge, in der diese 4 Glieder aufeinander folgen, entscheidet darüber, wie ein Gen chemisch reagiert, d. h. welche Funktion es in der Zelle ausübt. Die Nukleinsäure der Gene ist am Genort an Eiweiß gebunden. — Alle Viren enthalten — wie schon angedeutet — als integrierenden Bestandteil Nukleinsäure; ohne Zweifel ist die Spezifität eines Virus — wie die eines Genes — durch seinen Nukleinsäuretypus bedingt, die jeweilige Virusnukleinsäure entscheidet über die Funktionsbreite des Krankheitserregers. Auch in den Viren ist die Nukleinsäure an Eiweiß gebunden.

Die Vermehrungsfähigkeit von Nukleinsäure aus Zellkernen oder aus Viren in lebenden Zellen erklärt man sich aus ihrer Molekülstruktur in gleichartiger Weise: Jede Nukleinsäure-Kette kann als eine Art Matrize wirken, indem sie aus dem sie umgebenden Milieu einzelne Kettenglieder an sich zieht und diese zu einer ihr komplementären Molekülkette verknüpft. Durch Wiederholung des Prozesses an der neuen Matrize ist die ursprüngliche Kette identisch reproduziert.

Das Erbgut einer Zelle entscheidet darüber, welche Stoffe eine Zelle insgesamt zu bilden und für den Aufbau ihrer Strukturen zu verwenden vermag; das Erbgut entscheidet über den gesamten Umfang an chemischen Reaktionen, die in einer Zelle ablaufen können. Da der Umfang an möglichen chemischen Reaktionsabläufen durch die Art der Fermente bestimmt wird, die eine Zelle beinhaltet, so kann man zwingend folgern, daß die Summe der im Erbgut vereinigten Erbfaktoren über die Ausstattung einer Zelle mit Fermenten entscheidet. In der Tat haben biochemische Untersuchungen über die Wirkungsweise der Erbfaktoren ergeben, daß Gene für die Bildung aktiver spezifischer Fermente in der Zelle verantwortlich sind. Der

Verlust eines Erbfaktors führt jeweils zum Verlust einer spezifischen Fermentaktivität und damit zum Ausfall einer bestimmten, von eben diesem Ferment abhängigen Reaktion. Da Fermente Eiweißstoffe von spezifischer Struktur sind, gewinnen wir mit diesem Ergebnis zugleich die so wichtige Erkenntnis, daß in der Struktur einer Nukleinsäure-Kette die Information, das „Code“-System, für den Aufbau eines Eiweißstoffes enthalten ist.

Ein gleiches gilt für die Nukleinsäuren eines Virusteilchens. Bei einigen Virusarten (z. B. bei Coliphagen und beim Tabak-Mosaik-Virus) ist überzeugend gezeigt worden, daß zur Infektion einer Wirtszelle mit dem Virus gar nicht das ganze Virusteilchen, sondern nur seine Nukleinsäure nötig ist. Sie allein enthält die Information über das ganze Virusteilchen und teilt diese Information gewissermaßen der Wirtszelle mit; diese stellt unter dem Befehl der Virus-Nukleinsäure ihren ganzen Stoffwechsel darauf ab, neue Virusteilchen zu fabrizieren, und zwar nicht nur deren Nukleinsäure, sondern auch deren Eiweiß, dessen Natur der nur von Nukleinsäure befallenen Wirtszelle völlig unbekannt war. Man kann nicht überzeugender zeigen, daß Erbfaktoren- und Virus-Nukleinsäuren in ihrem Molekülbau die gesamte Information für den Aufbau spezifischer Eiweißstoffe tragen und der lebenden Zelle in gleicher Art ihre Befehle aufzwingen und dadurch zu Merkmalsprägen werden.

Alle diese Feststellungen ermöglichen uns einen tiefen Einblick in das Phänomen des Wachstums; sie erklären uns, wie spezifische Strukturen verdoppelt und wie schließlich Gleiches von Gleichem erzeugt wird. Wir können aber zugleich auch die Gesetze kennen lernen, nach denen Ausnahmen von der Regel „Gleiches erzeugt Gleiches“ vorkommen, denn Erbfaktoren und Viren gleichen sich auch darin, daß sie sich ändern, „mutieren“ können und sich in der veränderten Gestalt fortpflanzen. Die Mutation ist aufzufassen als eine kleine Änderung der Nukleinsäure-Struktur, die sich als eine Art „Fehlprägung“ bei der Vermehrung der Nukleinsäure nach dem Matrizenprinzip ereignen kann; vielleicht ist die Mutation durch den Einbau besonderer Kettenglieder oder durch eine andere Reihenfolge der die Kette bildenden Glieder bedingt. Nachdem man reine Nukleinsäure aus Viren darstellen kann, steht die experimentelle Forschung unmittelbar vor der Möglichkeit, Nukleinsäure im Reagensglas chemisch zu verändern und auf diese Weise „mutierte Nukleinsäure“ darzustellen. Man kann erwarten, daß sie eine lebende Zelle mit anderen Informationen versieht, als die normale Ausgangsform es tat: die Zelle wird mutierte Viren erzeugen!

Wir erkennen die volle Gültigkeit der Parallele Virus — Gen, und wir folgen: Viren sind in ihrer Funktion und ihrem Bau isolierte Teilchen von Erbgut-Strukturen; vielleicht sind sie einmal durch extreme Rückbildung lebender Zellen bis auf diesen Rest an Erbgut-Struktur entstanden. Keineswegs sind sie belebt. Kommt die Nukleinsäure eines Virus in eine geeignete

Wirtszelle, so ergänzt diese Nukleinsäure gewissermaßen den normalen Nukleinsäurebestand der lebenden Zelle durch ein neues zusätzliches Glied. Die in der Folge eintretenden Ereignisse werden durch die Summe der nun vorliegenden Informationen ausgelöst, die z. T. dem Erbgut, z. T. der Virusnukleinsäure entstammen. Am Ende der ausgelösten Reaktionsketten stehen neue Virusteilchen. Ob dieser Prozeß zum Stillstand kommt und eine gewisse Zahl von neu entstandenen Viren sich dauernd als stille „Parasiten“ in der normal weiterlebenden Zelle aufhalten — oder ob die Zelle sich in der fortlaufenden Herstellung von Viren erschöpft und stirbt, das hängt von den miteinander reagierenden stofflichen Systemen ab. Die Natur bietet uns für beiderlei Geschehen zahlreiche Beispiele.

Zur Abrundung des entworfenen Bildes, in dem Viren mit Teilen der Erbgutstrukturen parallelisiert wurden, mag der ergänzende Hinweis dienen, daß es in immer erfolgreicher zu gestaltenden Versuchen gelingt, aus Mikroorganismen Teile ihrer Erbstruktur (als Nukleinsäure) zu isolieren und in andere lebende Mikroorganismen hineinzubringen. In zahlreichen Fällen ist es auf diese Weise gelungen, das vorhandene Erbgut der Wirtszellen zu „erweitern“ und diesen dadurch zusätzlich neue Eigenschaften zu geben, die sich neben den schon vorhandenen erhalten und in der Generationsfolge durchsetzen, sich also „vererben“. So kann man z. B. gewisse membranfreie, „kapsellose“ Mikroorganismen (Pneumokokken-Typen) dadurch in kapselbildende Arten verwandeln, daß man sie in ihrem Nährmedium mit der Nukleinsäure aus geeigneten kapselbildenden Typen versorgt. Durch den Einbau der ihr fremden Nukleinsäure aus kapselbildenden Organismen in ihren eigenen Bestand gewinnt die Zelle die Fähigkeit zur Synthese einer komplizierten, aus hochmolekularen Zuckern aufgebauten Membran, mit der sie sich umkleidet; von deren Struktur „ahnte“ sie vorher nichts, die neu assimilierte Nukleinsäure gab ihr zu dem Prozeß der Kapselbildung die Information, mit deren Hilfe neue Fermente synthetisiert und neue Stoffe aufgebaut wurden. Die Parallele mit dem Geschehen nach Virusinfektion ist evident; daß wir den Fall, in dem die Zelle an der Produktion von Viren zugrunde geht, als „Krankheit“ beklagen, den Fall der Transformation einer Zelle in eine andere mit neuen Eigenschaften als sinnvolles Ereignis preisen, ist menschlich — aber biologisch doch eine durch nichts begründete Bevorzugung eines Objektes vor dem anderen.

Fermente, Mitochondrien, Viren, Gene — steigend kompliziertere Teilstrukturen des Lebendigen — erfüllen als solche nur Teilfunktionen im Leben einer Zelle — als belebt dürfen wir sie nicht bezeichnen.

Wir werfen noch einen Blick in die Analyse von Reizerscheinungen. Dazu wählen wir Bewegungsvorgänge, die auf Reize ausgelöst werden. Auch sie können wir heute als chemische Reaktionen an definierten Teilkonstruktionen der Zelle analysieren.

Schon seit etwa einem Jahrhundert ist bekannt (Kühne, 1868), daß man mit Salzlösungen aus quergestreiften tierischen Muskeln große Mengen eines viskosen Eiweißstoffes extrahieren kann, den man Myosin nennt. Myosin bildet langgestreckte Fadenmoleküle, die man im Elektronenmikroskop sehen kann und aus denen sich makroskopisch sichtbare Fäden formen lassen (H. H. Weber, 1934).

Myosin läßt sich in zwei Komponenten zerlegen, in eine leichtere und eine schwerere, hochviskose, „Actomyosin“ genannte Fraktion. Der ungarische Biochemiker Szent-Györgyi entdeckte 1941, daß Actomyosin-Fäden in einer verdünnten Salz-(Kaliumchlorid)-Lösung sich auf bloßen Zusatz von ATP, der schon erwähnten Energiereserve-Substanz aller Zellen, schnell kontrahieren — wie eine Muskelfaser in vivo. Szent-Györgyi⁷⁾ selbst sagt zu diesem Experiment: „Zu sehen, daß Myosin sich kontrahiert, und zu sehen, wie eine der ältesten und geheimnisvollsten Lebensäußerungen, die Bewegung, zum erstenmal in vitro mit isolierten Bestandteilen des kontrahierenden Systems ausgelöst werden konnte, war die erregendste Erfahrung meiner Forscherlaufbahn“.

In der Tat ist es erregend! Und die weitere Geschichte dieser Entdeckung wurde noch erregender, als es gelang, die chemischen Grundstrukturen, an die im gesamten Organismenreich die Bewegung gebunden scheint, noch vollkommener zu isolieren (H. H. Weber und Hoffmann-Berling). Man vermag ganze kontraktile Zellen, Muskelfasern oder auch isolierte Geißeln und Flagellen, mit denen sich Einzeller oder Spermien durch systematisches Schlagen fortbewegen, mit einer wässrigen Lösung von Glycerin zu extrahieren und auf diese Weise alle Stoffe und Strukturen zu entfernen, die nicht zur chemischen Bewegungssubstanz gehören. Die in Glycerin unlöslichen, zurückbleibenden leblosen „Bewegungsmodelle“ zeigen in Gegenwart gewisser Salze (Magnesium-Ionen) auf Zugabe von ATP als energieliefernde Substanz Bewegungsabläufe, die sich von den entsprechenden Vorgängen in den lebenden Systemen nicht unterscheiden.

Wird ein kriechendes Wechseltierchen, eine Amöbe, elektrisch oder mechanisch gereizt, so bewegt sie sich nicht mehr fort, sondern kontrahiert sich zu einem runden Gebilde. Diese Kontraktion ist mit der Verkürzung einer Muskelzelle prinzipiell identisch. Das läßt sich direkt zeigen, wenn man die kontraktile Strukturen in der angegebenen Weise isoliert, d. h. die Zellen durch Extraktion mit Glycerin in entsprechende „Bewegungsmodelle“ umwandelt. Diese verkürzen sich nach Zugabe von ATP wie die Muskelmodelle und runden sich ab wie im Leben.

Viele Versuche zeigen, daß die kontraktile Prozesse in Zellen und Muskelmodell prinzipiell gleich sind. Ein isoliertes Muskelmodell kontrahiert sich und

⁷⁾ A. Szent-Györgyi, „Chemical Physiology of Contraction in Body and Heart Muscle“, New York, 1953, Seite 3.

erschläft wieder, allein unter der Wirkung natürlicher Stoffe, die man auf sie einwirken läßt. Bewegungsmodelle aus Geißeln (z. B. Spermatozoenschwänze einer tropischen Heuschreckenart) werden durch ATP zum rhythmischen Schlagen und Peitschen gebracht. Alle diese Vorgänge sind im Film festgehalten, und kein Zuschauer kann die Bewegungen, die er beim Ablauf dieses Films im Bilde sieht, von denen belebter Organismen unterscheiden. Dennoch handelt es sich nur um isolierte Strukturen, aufgebaut aus Eiweißmolekülen, die in ihrem Bau das Geheimnis der Formänderung enthalten. Die Molekülfäden können sich unter Verwendung der im ATP steckenden chemischen Energie kontrahieren und können aus dem kontrahierten Zustand wieder in die gestreckte Form zurückgehen. Durch die Isolierung der Vorgänge aus der lebenden Zelle kann man ihren Chemismus studieren und in chemischen Gleichungen fassen, die uns zugleich eine Aussage über die Größe des Energiebedarfs und seine Deckung gestatten.

Wieder steht man vor der Frage: Können Strukturen, die sich im Reagensglas des Experimentators sichtbar rhythmisch bewegen, unbelebt sein? Sie sind es in der Tat

Wir brechen hier in der Auswahl der Beispiele ab, die sich zahlreich vermehren ließen. Sie sollten uns zeigen, daß die Biochemie in steigendem Maße gelernt hat, Teilstrukturen der lebenden Substanz zu isolieren und ihre Funktion außerhalb der lebenden Zelle zu studieren. Keines dieser Teilsysteme, so vollendet es auch in vitro dieselbe Aufgabe zu leisten vermag wie im Verband des Lebens, ist als belebt anzusprechen. Was aber erfahren wir aus dem Studium dieser Teilfunktionen?

Die ausgewählten Beispiele stehen repräsentativ für chemische Grundvorgänge, die sich im ganzen Organismenreich immer in prinzipiell gleicher Weise abspielen. Es gibt nur ein Leben, eine lebende Materie — sie beruht auf der Verwendung weniger Grundprinzipien, die sich — für den Einzelfall modifiziert — in allen Objekten der belebten Welt wiederfinden lassen. Die einfachste Gestalt aber, in der sich alle für das Leben kennzeichnenden Grundprinzipien zum gemeinsamen Wirken vereinigen, ist erst die Zelle. Sie zeigt den dynamischen und energieliefernden Stoffwechsel, die Fähigkeit zur identischen Reproduktion ihrer spezifischen Strukturen und Bewegung — sie enthält alle diese — und weitere — Teil-Phänomene in sinnvoll miteinander gekoppelter Weise. Die eingangs gestellte Frage, ob die Chemie in der Analyse der Lebensvorgänge die Zellentheorie zu entthronen vermochte, ist — wie ich glaube — eindeutig zu verneinen.

Jedoch erhebt sich damit eine neue Frage. Ist die lebende Zelle, als einfachste Gestalt des Lebendigen, nur eine Kombination von isolierten funktionellen Teilstrukturen oder ist sie mehr als das, ist „das Ganze mehr als die Summe der Teile“? — Der Biochemiker kann zunächst nur analytisch

arbeiten; er ist überzeugt, nur über das Verständnis der Teile zum Sinn des Ganzen vordringen zu können. Hier liegt die Wurzel für die Berechtigung, in mühseliger, oft sehr spezieller Arbeit kleine Ausschnitte aus dem sehr komplexen Ganzen isoliert zu studieren. Von dem Sinn dieses Weges war auch **Liebig** durchdrungen, als er an **Berzelius** schrieb: „Möchte es mir gelungen sein, auch anderen die tiefe Überzeugung einzuflößen, daß die Chemie allein in die Lebensvorgänge Licht zu bringen vermag“⁸⁾. Zweifellos aber gewinnt jede spezielle Kenntnis ihren Sinn erst, wenn wir sie in ein Ganzes einzufügen vermögen. Es ist eine uns dauernd bewegende Sorge, daß unser Einzelwissen sich ständig vermehrt und dahinter das Begreifen des im Ganzen verborgenen liegenden Sinnes zu verschwinden droht.

So wie eine chemische Verbindung mehr ist und andere Eigenschaften besitzt als die Summe der in ihr enthaltenen Elemente, so wie die chemische Struktur hochmolekularer Stoffe mehr ist und andere Eigenschaften besitzt als die Summe der sie aufbauenden chemischen Verbindungen, so ist ganz gewiß eine lebende Zelle mehr als das bloße Nebeneinander von funktionell spezialisierten Teilstrukturen! Nach erfolgter Analyse der Teilstrukturen stehen wir vor der Aufgabe, ihren Einbau in eine höhere strukturelle Ordnung zu verstehen, und erkennen zu lernen, welche **neue** zusätzliche Funktionen und Leistungen sich aus dem Aufbau von ganzen Zellstrukturen, Gewebestrukturen, organismischen Strukturen ergeben.

Glücklicherweise dürfen wir schon heute Zeuge sein vom Beginn einer neuen Arbeitsrichtung, die sich um den Sinn und die Bedeutung der Strukturen höherer Ordnung für den Ablauf der Lebensvorgänge bemüht. Sie steht noch am Anfang; wird sie uns einmal erkennen lassen, warum in einer lebenden Zelle alle Einzelvorgänge auf das Ganze abgestellt sind, warum ihr Zusammenspiel **geregelt** ist?

Wenn ein lebendes System „am Leben bleiben“ will, so darf jeder Teilprozeß im System — gleich welcher Art — nur solange und in solch einem Umfang ablaufen, wie es dem ganzen System dient. Um das zu erreichen, faßt die Zelle alle chemischen Prozesse zu Zyklen, „Kreisvorgängen“, zusammen; der ganze Chemismus der lebenden Zelle kann in einfacher Art als solch ein Zyklus beschrieben werden: Die Nukleinsäuren des Erbguts produzieren spezifische Eiweißstoffe, die ihrerseits als Fermente chemische Reaktionen steuern, deren Endprodukte zu einem Teil wieder als Ausgangsstoffe für die Synthese von Fermenten und Nukleinsäuren dienen. So ist jeder Prozeß vom anderen abhängig. Der Abbau und die Synthese von Stoffen, d. h. die Umsatzgröße des ganzen Zyklus, richtet sich nach dem Bedarf des Ganzen — jede Störung, ein Zuviel oder Zuwenig, führt zu Disharmonien,

⁸⁾ Justus Liebigs und Friedrich Wöhlers Briefwechsel in den Jahren 1829 bis 1873, Braunschweig 1888, Seite 215.

die lebensbedrohend den Zyklus unterbrechen, den Tod herbeiführen können. Ohne eine, jeden Prozeß einschließende „biologische Regelung“ kann das Ganze nicht funktionieren, ohne diese kann der lebende Zustand einer Zelle nicht gegenüber ständigen Störungen aus der Umwelt aufrecht erhalten werden. Hier stehen wir vor einem neuen, entscheidenden Phänomen, dessen Analyse unser Physiologe Richard Wagner⁹⁾, dem wir wesentliche Beiträge zu der als „Kybernetik“ bezeichneten Arbeitsrichtung verdanken, zu dem Schluß führte: „Wo der erste Regelmechanismus war, war das erste Leben“.

Wir wissen nicht, auf welchem Wege die Zelle als biologisch ganzheitlich geregeltes Miteinander vieler Teilfunktionen im Laufe der Erdentwicklung entstanden ist. Auch wenn wir lange Zeiträume für ihre allmähliche Entstehung auf der Erde zur Verfügung haben — die Geburt der ersten Zelle wird, trotz allem, was wir an Teilen ihres Wesens entschleiern konnten, dem nur kausalanalytisch Denkenden ein extrem unwahrscheinliches Ereignis bleiben.

Das möchten wir zum Abschluß bescheiden bekennen: nur der Forscher, der in sich und in den ihm anvertrauten Schülern und Studenten alle Charaktereigenschaften pflegt und entwickelt, durch die der Mensch sich vom Tier unterscheidet, der den Erkenntnisdrang, dem wir in unseren Darlegungen folgten, verbindet mit Bescheidenheit und die Liebe zu allen Geschöpfen Gottes auf unserer Erde mit Ehrfurcht vor den letzten, nicht mehr mit unserem Denken zu erschließenden Geheimnissen, wird den Auftrag recht erfüllen, der ihm geworden ist; nur er wird, durch seine Arbeit innerlich bereichert, den letzten Sinn ahnen, der uns offenbart wird in der „geprägten Form, die lebend sich entwickelt“.

⁹⁾ Richard Wagner, „Probleme und Beispiele biologischer Regelung“, Stuttgart 1954, Seite 217.

Münchener Universitätsreden

Neue Folge

Heft 1

Michael Schmaus

Beharrung und Fortschritt im Christentum

Groß 8°. Mit einem Bild des Verfassers, 24 Seiten, geh. DM 1.50

Heft 2

Bruno Huber

Das Prinzip der Mannigfaltigkeit in der belebten Natur

Groß 8°. 12 Seiten, geh. DM —.70

Heft 3

Hugo Grau

**Gedanken über die gegenwärtige Sicht der Anatomie am
Beispiel des Nervensystems**

Groß 8°. Mit 4 Abbildungen, 20 Seiten, geh. DM 1.20

Heft 4

Hans Nawiasky

Max von Seydel

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 5

Theodor Maunz

Toleranz und Parität im deutschen Staatsrecht

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 6

Aloys Wenzl

Immanuel Kants bleibende Bedeutung

Groß 8°. 12 Seiten, geh. DM —.80

Heft 7

Karl von Frisch

Symbolik im Reich der Tiere

Groß 8°. 14 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 8

Alfred Marchionini

Die moderne Klinik innerhalb der universitas litterarum

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

MAX HUEBER / VERLAG / MÜNCHEN

Münchener Universitätsreden

Neue Folge

Heft 9

Emil K. Frey

Chirurgie, Forschung und Leben

Groß 8°. 12 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 10

Rede des Rektors Prof. Dr. Alfred Marchionini

Ehrenpromotion von Prof. Dr. Pasteur Vallery-Radot

und

Rede des Herrn Professors Dr. Pasteur Vallery-Radot-Paris

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 11

Professor Erich Valentin

Mozart in seiner und unserer Zeit

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 12

Übergabe der Verwaltung des Maximilianeums

Melchior Westhues

Über den Schmerz der Tiere

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 13

Feier des 150. Geburtstages von Adalbert Stifter

Hermann Kunisch

Mensch und Wirklichkeit bei Adalbert Stifter

Groß 8°. 16 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 14

Nikolaus Monzel

Was ist Christliche Gesellschaftslehre?

Groß 8°. 24 Seiten, geh. DM 1.50

Heft 15

Die Schweizer Gastvorlesungen

vom 7. bis 9. Mai 1956 in der Universität München

Groß 8°. 36 Seiten, geh. DM 2.50

Heft 16

Romano Guardini

Das Licht bei Dante

Groß 8°. 12 Seiten, geh. DM 1.—

MAX HUEBER / VERLAG / MÜNCHEN

Münchener Universitätsreden

Neue Folge

Heft 17

**Ansprache des Rektors Melchior Westhues beim
484. Stiftungsfest der Ludwig-Maximilians-Universität**

Groß 8^o. 12 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 18

Friedrich Klingner

Würde der Dichtkunst

Groß 8^o. 12 Seiten, geh. DM 1.—

Heft 19

Sigmund Freud

Gedenkfeier anlässlich der 100. Wiederkehr seines Geburtstages

Groß 8^o. 40 Seiten, geh. DM 2.50

Heft 20

485. Stiftungsfest der Ludwig-Maximilians-Universität München
am 22. Juni 1957

Ansprache des Rektors Friedrich Klingner

Festvortrag des Professors Rudolf Pfeiffer

Von der Liebe zu den Griechen

Groß 8^o. 22 Seiten, geh. DM 1.50

Heft 21

Egon Wiberg

Vom Stein der Weisen

Groß 8^o. 20 Seiten, geh. DM 1.50

Heft 22

Alfred Marchionini

**Selbstaufopferung im Dienste der praktischen und
wissenschaftlichen Heilkunde**

Groß 8^o. 28 Seiten, geh. DM 2.—

Heft 23

486. Stiftungsfest der Ludwig-Maximilians-Universität München
am 5. Juli 1958

Ansprache des Rektors Egon Wiberg

Festvortrag des Professors Adolf Butenandt

Das Leben als Gegenstand chemischer Forschung

Groß 8^o. 28 Seiten, geh. DM 2.—

MAX HUEBER / VERLAG / MÜNCHEN

