

Lehre und Forschung in der Biologie*

Von

A. FREY-WYSSLING, ETH Zürich

Die angewandten Wissenschaften der Medizin, der Pharmazie, der Agromie und der Forstwirtschaft bauen auf biologischen Erkenntnissen auf, die zur Zeit durch die erfolgreiche Forschung auf dem Gebiete der Molekularbiologie eine ungewöhnliche Ausweitung erfahren. Ferner hat die akut gewordene Gefährdung der Menschheit durch die Vergiftung und Zerstörung unseres Lebensraumes die Umweltbiologie in den Mittelpunkt der geistigen Auseinandersetzung gerückt. Die angeführten Problemkreise sind sehr verschiedener Natur, was auf die Vielgestaltigkeit der Wissenschaft vom Leben hinweist. Tatsächlich ist die Biologie kein eng umschriebenes Fach, wie oft angenommen wird, sondern entsprechend der vorgezeigten Tabelle ein System zahlreicher Wissenschaften (s. Tabelle).

Diese bilden ein hierarchisches System, das ausgehend von unserer Kenntnis der Molekülbausteine der lebenden Substanz (Molekularbiologie) in vier Stufen bis hinauf zur Gesellschaftslehre (Pflanzensoziologie) führt.

Historisch hat die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Lebewesen im mittleren Bereiche der Stufenleiter begonnen. Ursprünglich faszinierte die Mannigfaltigkeit der Formen, später interessierte man sich zusätzlich für ihre stoffliche Zusammensetzung. Aber erst durch die Berücksichtigung zeitlicher Veränderungen wurde die statische Betrachtungsweise der beschreibenden Biologie in die dynamische Wissenschaft der Physiologie (Formwechsel, Stoffwechsel, Energiewechsel) übergeführt. Auf der Stufe der Molekularbiologie wird die frühere Unterteilung nach morphologischen oder nach stofflichen Gesichtspunkten hinfällig, weil sich Moleküle gleicher Zusammensetzung je nach ihrer räumlichen Gestaltung (Isomerie, Konformation) stofflich verschieden verhalten können. Ebenso lässt sich in der Chemie das zeitliche Geschehen nicht ausklammern wie bei Strukturbetrachtungen, da ja die Stoffe durch ihre Reaktionen charakterisiert werden müssen.

Ähnliches gilt für die obersten Stufen unserer Tabelle, bei denen das Studium der Wirkung der Umweltfaktoren (Ökologie) oder der Beziehungen zwischen verschiedenen Organismen (Soziologie) nur in Funktion der Zeit sinnvoll erscheint.

Nach diesem Hinweis auf das vielschichtige Reich der Biologie möchte ich auf

* Abschiedsvorlesung vom 10. Juli 1970.

die Frage eintreten, wie das Interesse an ihrem mannigfachen Wissensstoff geweckt werden kann und wie er zu übermitteln ist.

Hiebei sollten wir uns von den Erfahrungen der Mittelschule leiten lassen, wo für die Einführung in die Biologie ein betont induktiver Anschauungsunterricht gepflegt wird, der im Gegensatz zu der deduktiven Lehrweise der exakten Wissenschaften steht. Die Biologie nimmt dadurch eine Sonderstellung ein, weil es nur wenige Fächer gibt, in denen man mit den Sinnen unmittelbar erfassbare Objekte in den Mittelpunkt der Darlegungen stellen kann. Seit die Chemie an der Mittelschule das wenig anschauliche Atommodell als Grundlage ihres Unterrichtes eingeführt hat [1] und damit ähnlich wie die Mathematik und die Physik mit abstrakten Begriffen arbeitet, scheint mir der biologische Anschauungsunterricht eine unerlässliche Ergänzung, um den Schüler zu lehren, genau zu beobachten, erschautes Beobachtungsgut einwandfrei zu beschreiben und zeichnerisch darzustellen.

Es ist erfreulich, dass die Studierenden heute den grossen Vorteil der direkten Beschäftigung mit dem Objekte erkannt haben und in Zytologie und Histologie den Gruppenunterricht am Mikroskop verlangen. Diese Bestrebungen sind sehr zu begrüßen. Der Erfolg einer solchen Umstellung des Hochschulunterrichtes von Vorlesungen auf vermehrte Übungen ist allerdings an folgende Voraussetzungen gebunden: Es müssen viele Lehrassistenten und genügend zweckdienliche Räumlichkeiten zur Verfügung stehen. Die erste Bedingung ist bei uns durch die Bemühungen der Behörden einigermaßen erfüllt worden, während für die biologischen Fächer die Raumnot an der ETH Zürich katastrophal ist¹. Im Gruppenunterricht am Objekte kann freilich nicht das gleiche Pensum wie in einer mit gleich vielen Stunden dotierten Vorlesung bewältigt werden. Die Studierenden müssen daher durch vorgeschriebene Literatuarbeit vorbereitet in den Übungen erscheinen. Bei dieser Unterrichtsart haben sie sich nicht wie bisher nur einmal jährlich an den Vordiplomprüfungen über ihre Kenntnisse auszuweisen, sondern ihre Studienarbeit steht laufend unter Kontrolle wie an unseren Mittelschulen und an den amerikanischen Universitäten. Frühere Generationen der ETH-Studentenschaft lehnten sich zwar seinerzeit gegen ein solches, wie sie sagten «unakademisches» System auf, doch hat sich in dieser Hinsicht offenbar ein Wandel vollzogen.

Das Lehrziel der Biologie an der Mittelschule sollte neben dem Kennenlernen verschiedener Lebewesen, der Vermittlung notwendiger Kenntnisse über Naturzusammenhänge und Lebensvorgänge vor allem die Erweckung der Ehrfurcht vor dem Leben einschliessen. In unserem materialistischen Zeitalter werden durch Milieuveränderungen gedankenlos viele Lebensgemeinschaften von Pflanzen und Tieren zerstört, und man opfert, wie bei uns in Zürich, schonungslos die schönsten Baumbestände dem Verkehr. Der Biologieunterricht muss deshalb den Blick für die oft schwerwiegenden Folgen solcher Eingriffe in die Natur schärfen und zur Achtung vor den bedrohten Geschöpfen erziehen.

Andererseits darf die Ehrfurcht vor dem Leben vom Menschen nicht als Freibrief

¹ Zum Beispiel müssen heute die Mikroskopierübungen für 200 in 26 Gruppen eingeteilte Absolventen in Räumlichkeiten durchgeführt werden, die seinerzeit für nur 80 Studierende eingerichtet worden sind.

ÜBERSICHT DER BIOLOGISCHEN WISSENSCHAFTEN

| | | | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. STUFE <u>GESELLSCHAFTEN</u> ↑ | | | VERHALTENSBIOLOGIE PFLANZEN- SOZIOLOGIE OEKOLOGIE HYDROBIOLOGIE | (TIERPSYCHOLOGIE [†]) WALDBAU PFLANZENBAU UMWELTSCHUTZ GEWÄSSERSCHUTZ |
| III. STUFE <u>ORGANISMEN</u> ↓ | SYSTEMATIK TAXONOMIE | CHEMOTAXONOMIE | PATHOLOGIE PALÄONTOLOGIE PHYLOGENIE | PFLANZENSCHUTZ STRATIGRAPHIE IDENTIFIKATION DER ORGANISMEN |
| II. STUFE <u>ZELLEN</u> ↓ | ORGANOGRAFIE HISTOLOGIE ZYTOLOGIE | HORMONLEHRE HISTOCHEMIE ZYTOCHEMIE | ENTWICKLUNGSBIOLOGIE PHYSIOLOGIE ZELLBIOLOGIE | (MEDIZIN [†]) PHARMAZIE |
| I. STUFE <u>MAKROMOLEKÜLE</u> ↓ | ORGANELLOGRAFIE MEMBRANOLOGIE | ENZYMOLOGIE MOLEKULARBIOLOGIE | GENETIK | ZÜCHTUNG |
| | <u>MORPHOLOGIE</u> STRUKTURLEHRE | BIOCHEMIE STOFFLEHRE | BIODYNAMIK FUNKTION f (ZEIT) | <u>ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN</u> †) AN DER ETH NICHT UNTERRICHTET |

für seine eigene hemmungslose Vermehrung in Anspruch genommen werden. Wo immer eine Spezies Gelegenheit findet, sich explosionsartig zu vermehren, verdrängt sie alle ihre Kommensalen, worauf sie zufolge der Anhäufung der Produkte ihrer Lebenstätigkeit wie die «Hefe im Most» zugrunde geht. Die drohende Übervölkerung erfordert daher dringend eine angemessene Familienplanung. Weitere aktuelle biologische Probleme wie die Vergiftung unserer Umwelt durch Schädlingsbekämpfungsmittel, der Missbrauch von Drogen und Psychopharmaka, die künstliche Besamung, der chirurgische Organ austausch oder der bei Bakterien mögliche und für höhere Wesen einschliesslich des Menschen angestrebte künstliche Genaustausch erheben Anspruch auf grundsätzliche Erörterung.

Die Anwendung der Forschungsergebnisse auf diesen Gebieten kann die Persönlichkeitsrechte des Menschen schwer gefährden, so dass sie nur Praktikern mit höchstem Verantwortungsbewusstsein überlassen werden darf. Für die Erziehungsarbeit zur Formung des notwendigen Pflichtgefühls wird heute die Philosophie aufgerufen ([2], S. 44). Diese Tendenz der modernen Wissenschaft, die Lösung ethischer Probleme, die sie heraufbeschworen hat, anderen zuzuschieben, ist charakteristisch für unsere Zeit. Gewiss soll sich der Philosoph mit den erwähnten praktischen Fragen beschäftigen; aber er wird dies im Rahmen der allgemeinen Ethik tun, und man kann von ihm nicht verlangen, dass er besondere Anweisungen für die Handhabung der Entdeckungen der Physiker und Biologen entwickle. Die Warnung vor den Konsequenzen der neuzeitlichen biologischen Entdeckungen [3] und der naturentfremdeten Lebensweise unserer Gesellschaft ist die ureigenste Angelegenheit der Biologen selbst.

In dieser Hinsicht erinnere ich mich mit Dankbarkeit an die Mittelschullehrer, die uns bei geeigneter Gelegenheit auf die Folgen des Alkoholmissbrauchs aufmerksam machten oder, lange bevor es eine Lungenkrebsgefahr gab, das Rauchen für Jugendliche verdammt und durch ihr Beispiel auch den nötigen Erfolg erzielten. Ebenso ist in diesem Zusammenhang unser verehrter Botanikprofessor C. SCHRÖTER mit seiner Begeisterung für den Naturschutz zu nennen, hat er doch die Zerstörung unserer Umwelt durch den menschlichen Raffgeist vor mehr als einem halben Jahrhundert klar vorausgesehen. Solche Lehrerpersönlichkeiten, die es verstehen, aus dem Biologieunterricht heraus auf menschliche und ethische Probleme einzutreten, tun not. Sie werden vor allem auch auf spätere Nicht-Biologen einen nachhaltigen Einfluss ausüben und daher für die menschliche Gemeinschaft wertvoller sein als ultramoderne Biologen, die versuchen, den Vererbungskode sämtlicher Aminosäuren und die zur Zeit noch utopistische künstliche Manipulierung der Gene beim Menschen den Maturanden begrifflich zu machen.

Doch lassen Sie mich nun die Situation der Biologie an der Hochschule darlegen. Die Vermittlung biologischen Wissens anhand der in der Tabelle aufgeführten Disziplinen wird als thematischer Unterricht bezeichnet, im Gegensatz zum systematischen Unterricht der überlieferten Fächer Zoologie, Botanik und Mikrobiologie mit ihren Untereinheiten wie Entomologie, Mykologie oder Virologie. Man kann die neue Gliederung als horizontale, die hergebrachte dagegen als vertikale Einteilung der Biologie bezeichnen. Die erste befasst sich mit Problemkreisen, die zweite jedoch mit den Organismen und deren Vorstufen, die sich in

der Natur vorfinden. Während für die Forschung die Probleme im Vordergrund stehen, muss der Unterricht im Dienste der angewandten Wissenschaften von den Tieren, Pflanzen und Mikroben ausgehen, mit denen es die Praxis zu tun hat.

Bei dieser Sachlage ist es erstaunlich, dass man, um den Biologieunterricht zu entlasten, den amerikanischen Slogan «Do away with Botany and Zoology» weltweit übernommen hat. Als Ersatz für Tier- und Pflanzenkunde soll Allgemeine Biologie gelehrt werden. Diese Wissenschaft behandelt, gewissermassen als Integral, alle wichtigen Prinzipien und Probleme der Biologie [Zellbau, Befruchtung, Vererbung, Physiologie (Enzyme, Hormone), Ökologie, Evolution] an ausgewählten Beispielen. Ein interessanter Leitfaden dieser Art ist das Lehrbuch von P. A. TSCHUMI für schweizerische Mittelschulen [4]. Es erläutert alle aktuellen Fragen von Bau und Funktion der biologisch wichtigen Moleküle (DNS, RNS, ATP) bis hinauf zu Ökologie und Populationsgenetik. Ein ähnliches Programm wird den untersten Semestern («freshmen» und «sophomores») der amerikanischen Universitäten neben Geschichte, Muttersprache und anderen allgemein bildenden Fächern geboten. Da an jenen Universitäten der Abschluss umfassender Bildung, der bei uns mit der Maturität attestiert wird, erst am Ende des zweiten Studienjahres erreicht wird, ergibt sich, dass eine solche «Allgemeine Biologie» vor allem einer ersten Orientierung dient und daher nicht in die Tiefe dringen kann. Für den Biologen können deshalb derartige Kurse nur als Einführung gelten, die eigentlich mit der Maturität abgeschlossen sein sollte.

Für eine Vertiefung und für die Erwerbung spezieller Kenntnisse, die das Wesen eines Fachstudiums ausmachen, sieht sich der Biologiestudent indessen unweigerlich vor die horizontale Aufgliederung der Disziplinen und die sie senkrecht überkreuzende systematische Einteilung der Lebewesen gestellt. Es wird empfohlen, sich vorerst den Zellen und Molekülen zuzuwenden und erst anschliessend sich mit den Organismen und deren Vergesellschaftung zu beschäftigen. Trotzdem mich ein solches Ausbildungsprogramm mit grosser Genugtuung erfüllen muss, da ich als Vertreter der allgemeinen Botanik meinen Unterricht stets auf die Vermittlung jener Basiskenntnisse ausgerichtet habe, sehe ich eine Gefahr in der angebahnten Entwicklung. In den Vereinigten Staaten ist bereits ein Überangebot an Biologen, die ihr Studium auf die erste Stufe beschränkt haben, vorhanden. In der Oktobernummer 1969 der Zeitschrift *Science* [5] steht hinsichtlich des Stellenmarktes zu lesen: «Molecular biology had passed its peak demand about 1968, but there is a growing demand for ecologists.» Tatsächlich hat denn auch in den Vereinigten Staaten das Ökologiestudium einen unerwarteten Auftrieb erfahren, da die idealistische Jugend mithelfen möchte, wissenschaftlich und praktisch gegen die grossen Missstände unserer Zeit wie Luftverpestung, Smog, Wasserverunreinigung, Lärm, Waldvernichtung, Bodendegradation und Naturzerstörung anzukämpfen. Diese Aufgaben sind vordringlich, denn wenn nicht alle Kräfte eingesetzt werden, könnte es passieren, dass auf der Welt als Folge von Übervölkerung, Technokratie und Megalogigantismus ein menschenwürdiges Dasein verunmöglicht wird, noch bevor wir gelernt haben werden, auf welche Weise die üblen Gene der Menschheit wie Machthunger und Profitgier künstlich gegen ethisch wünschenswertere auszutauschen sind. Diese Perspektiven sind allbekannt. Aber weiteste Kreise kommen kaum über ein die aktive Mitwirkung

umgehendes «man sollte . . .» hinaus, oder sie belächeln sogar entsprechende Anstrengungen. Welches ist z. B. die Haltung von uns Laboratoriumsbiologen zur Diskriminierung der «Feld-, Wald- und Wiesen-Biologen» in der aktuellen Diskussion über «moderne Biologie» [6], oder wie steht es mit der Einstellung der Zuhörer, die sich belustigen, wenn ein Wirtschaftskapitän die Naturschützer als «Schilfröhrliverein» [7] apostrophiert?

Unbedingt muss daher ein vermehrtes Interesse für Freilandbiologie und Ökologie geweckt werden. Mit der biologischen Grundausbildung der ersten und zweiten Stufe unserer Tabelle kann man nicht unter Umgehung der dritten direkt in die vierte Stufe einsteigen. Die amerikanischen Ökologieprofessoren beklagen sich, dass viele Graduates keine Ahnung von den Organismen haben, mit deren Biotop sie sich befassen möchten. Die Zeit, wo es für den Pflanzenphysiologen eine Ehrensache war, keine Pflanzen zu kennen, oder sich der experimentierende Zoologe rühmte, *Drosophila* sei die einzige ihm bekannte Tiergattung, dürfte somit ausgespielt haben. Denn wenn die Biologen dazu aufgerufen sind, den Lebensraum der Menschheit zu retten, dürfen sie die Mannigfaltigkeit der Lebewesen, die diesen Raum beanspruchen, nicht ignorieren. Die Wissenschaften der Stufen III und IV müssen daher ihren eigenen Studiengang entwickeln, der aus zeitlichen Gründen nicht auf jenen der Stufen I und II aufgepfropft werden kann.

Dies führt nach meiner Meinung notgedrungen zu einer Parallelisierung des Biologieunterrichtes. Ausgehend von der Zellenlehre sollte die eine Richtung absteigend ins molekulare Gebiet und die andere aufsteigend in die Regionen der Vielzeller und der biologischen Diversifikation vorstossen.

Grob schematisch lässt sich das Fernziel dieser beiden Unterrichtsgebiete auf die Bemühung um die Lösung der beiden Grundprobleme der Biologie zurückführen. Das eine besteht in der Frage nach der Entstehung des Lebens, die auf molekularer und prokaryontischer Ebene diskutiert werden muss, und das zweite ist das Geheimnis der Menschwerdung, die phylogenetisch und ontogenetisch frühestens mit der Vielzellbildung und den damit einsetzenden Spezialisierungserscheinungen beginnt. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es sicher abwegig, die Problemkreise der Biologie unter Betonung der Modelle des Einzellers auf die erste Stufe, einschliesslich Zellbiologie, zu beschränken und die höheren Stufen vom Anfängerunterricht auszuschliessen. An den beiden Zürcher Hochschulen wurde seit ihrer Gründung dieser Zweiteilung Rechnung getragen, indem für die Pflanzenkunde je zwei selbständige Institute, einerseits für Allgemeine Botanik und andererseits für Spezielle Botanik, entwickelt worden sind.

Nach den Postulaten der «modernen Biologie» wird es indessen in Zukunft «keine Institute im herkömmlichen Sinne mehr geben». Diese sollen durch ein einziges Biologiedepartement ersetzt werden, das aus einer Anzahl Forschungsgruppen besteht. Man verspricht sich daraus eine grössere Beweglichkeit, indem entsprechend dem Fortschritte der Wissenschaft neue Gruppen eingeschaltet und veraltete ausgemerzt werden können. Auch wird eine Vereinfachung der Administration erwartet. An allen neuen Universitäten sind solche biologische Departemente gegründet worden. Sie umfassen vorläufig meistens nur eine kleine Anzahl von durch Professoren geleitete Forschungsgruppen. In La Trobe (Australien) waren es

z. B. vor zwei Jahren deren drei, in York (England) sind es derzeit vier und in Santa Cruz (Kalifornien) fünf. Überall besteht indessen die Tendenz, die Zahl der Interessengebiete zu vermehren. Im Biologiedepartement der Staatsuniversität von Pennsylvania ist daher die Anzahl der ordentlichen Professoren auf 24 und an der Harvard-Universität gar auf 33 angewachsen.

Von der Abschaffung der Institute für Zoologie, Botanik und Mikrobiologie erhoffen die Behörden finanzielle Einsparungen. Dies ist indessen ein Wunschtraum, denn die Interessen der Biologie sind so vielschichtig und die anzuwendenden Laboratoriums- und Freilandmethoden in den vier Stufen so vielgestaltig, dass für eine umfassende Hochschulbiologie mindestens 30 Professoren notwendig sind (vgl. Harvard-Universität). An der ETH Zürich sind zur Zeit einschliesslich der Molekularbiologie (an den Instituten für Mikrobiologie, Zoologie, Entomologie, Allgemeine Botanik, Spezielle Botanik und Geobotanik) bereits 23 Biologieprofessoren tätig. Diese Dotierung entspricht jener einer ganzen Abteilung (englisch «Division» oder «School of Biology»).

Die Kontroverse Institute oder Departement soll hier nur für die ETH Zürich erörtert werden. Geschichtlich sind ihre Institute aus Lehrstühlen entstanden, die sich mit experimenteller Forschung zu befassen wünschten. Diese Entwicklung ist keineswegs zum Abschluss gelangt. In neuerer Zeit sind z. B. an der Forstschule eine Anzahl Institute geschaffen und an der Abteilung für Maschineningenieure ist soeben das Institut für Materialwissenschaften mit vier Arbeitsgruppen gegründet worden. Es wäre daher eine inkonsequente Politik, wenn man für die Biologie mit der Verschmelzung vorhandener Institute einen bestehenden Entwicklungsprozess rückgängig machen wollte.

Für die Beurteilung dieser Frage gilt es vorerst festzustellen, was eigentlich ein «herkömmliches Institut» ist. Offenbar stellt man sich darunter das im Verschwinden begriffene europäische System vor, wo ein Direktor diktatorisch einen Stab von Untergeordneten und das ganze Lehrgebiet einer Wissenschaft beherrscht. Solche Grossinstitute hat es indessen an der ETH überhaupt nie gegeben. So ist z. B., wie bereits erwähnt, die Botanik in zwei Institute aufgeteilt worden, zu denen sich 1958 das Institut für Geobotanik als dritte Institution gesellt hat, so dass die Gebiete der Zellenlehre (II), der Organismenlehre (III) und der Gesellschaftslehre (IV) in logischer Weise vertreten sind. Ferner wird an den Instituten der ETH das Kollegialsystem angestrebt, und an manchen ist es bereits verwirklicht, d. h. das Institut wird nicht mehr durch eine Einzelperson, sondern durch das Gremium der Institutsprofessoren geleitet.

Die Behauptung, die Institute seien erstarrt und daher unfähig, mit der Entwicklung der Forschung Schritt zu halten, gilt für die ETH kaum. Es ist richtig, dass an vielen Universitäten die Spezielle Botanik den Anschluss an die Genetik verpasst hat, so dass ihre botanischen Gärten museal geworden sind und ihre ureigenste Angelegenheit, nämlich die experimentelle Lösung des Artbildungsproblems von den Genetikern übernommen worden ist. Solche Fehlgänge sind an unserer Hochschule jedoch vermieden worden. C. SCHRÖTER hat die Bedeutung der aufstrebenden Pflanzensoziologie frühzeitig erkannt und sie gefördert; auch gehört er durch seine Planktonarbeiten zu den Mitbegründern der modernen Hydrobiologie.

E. GÄUMANN führte als Forschungsaufgabe die Pflanzenpathologie in die Spezielle Botanik ein und verlieh dem Institute dadurch einen starken Auftrieb. J. SEILER und H. ULRICH verdanken wir den Ausbau der Genetik am Institut für Zoologie und P. BOVEY die Einführung der Tierphysiologie am Institut für Entomologie. Das Institut für Landwirtschaftliche Bakteriologie ist durch die Bemühungen von T. WIKÉN und L. ETTLINGER zu einem vielseitigen Institut für Mikrobiologie entwickelt worden. C. CRAMER hat anlässlich der Gründung der Landwirtschaftlichen Abteilung an der ETH schon vor hundert Jahren (1871) den Lehrstuhl für Allgemeine Botanik durch Schaffung eines Institutes für Pflanzenphysiologie ausgebaut, und der Sprechende war bemüht, in der Zytologie den Anschluss an die makromolekulare Chemie zu finden².

Die Einführung neuer Forschungsrichtungen verlangt eine Reduktion der angestammten Tätigkeit und eine stete Anpassung des Unterrichtes an die neuen Gegebenheiten. Diese Konzentration auf das Neue und Wesentliche ist unerlässlich, wenn eine sterile Aufblähung eines Institutes vermieden werden soll. Zur Zeit der Gründung der Polytechnischen Schule im Jahre 1855 umfasste z. B. die Allgemeine Botanik nach der Definition von C. W. NÄGELI alles, was mit dem damals verbesserten Lichtmikroskop erforscht werden konnte, und sein Nachfolger C. CRAMER lehrte bis 1901 in diesem Sinne. Mein Vorgänger, P. JACCARD, hat indessen den Unterricht in Kryptogamenkunde (d. h. Phykologie und Mykologie) abgegeben, und in neuerer Zeit wurden auch die Holzanatomie sowie (1968) das Fach «Tropische und subtropische Kulturpflanzen» aus unserem Lehrprogramm ausgeklammert. Übrig bleibt die Beschäftigung mit den Problemkreisen Struktur und Funktion der Zellen im allgemeinen und der pflanzlichen Gewebe im besonderen. Auf Grund seiner Forschungsrichtungen könnte daher das Institut für Allgemeine Botanik, das ich heute meinen Nachfolgern übergebe, ebensogut als Institut für pflanzliche Zellbiologie bezeichnet werden. Da ich indessen der Meinung bin, es komme weniger auf den neuzeitlichen Klang des Namens einer Institution als auf ihre Leistungen und ihre Tradition an, habe ich eine solche Namensänderung nicht angestrebt.

Das grösste Problem für die Organisation der Hochschulbiologie bilden die sehr verschiedenen Ansprüche, welche einerseits die Forschung und andererseits der Unterricht stellen. In der Forschung haben sich autonome Arbeitsgruppen, die in vorderster Front mit auswärtigen Teams konkurrieren, als erfolgreichste Institution erwiesen. Diese Gruppen verlieren jedoch erfahrungsgemäss das Interesse an einem Übersichtsunterricht. Sie finden vor allem die Vermittlung ihrer speziellen Anliegen wichtig. Falls nun 30 Arbeitsgruppen angestrebt werden, führt dies zu einer unmöglichen Aufsplitterung des Lehrangebotes. Gruppen ähnlicher Arbeitsrichtung³ müssen sich daher zu Interessenkreisen zusammenschliessen, um den Unter-

² Dieses Übergangsgebiet wurde 1938 «Submikroskopische Morphologie» genannt [8], von den Amerikanern dann als Teilgebiet der «Biophysik» betrachtet und vom Biophysiker ASTBURY schliesslich 1952 zur «Molekularbiologie» [9, 10] erhoben.

³ Auch in der Forschung sind Gruppierungen notwendig. Für das in Entstehung begriffene Biozentrum der Universität Basel wird z. B. folgende Organisation in Aussicht genommen [13]: «Jede Fachrichtung wird in drei bis fünf Gruppen aufgeteilt», wobei die Gruppenleiter die Fach-

richt innerhalb eines solchen Gebietes zu organisieren. Der übergeordnete Lehrplan wird in Zusammenarbeit mit den Studierenden von der Abteilung ausgearbeitet. Die Gestaltung der Anfängervorlesungen, des Gruppenunterrichtes, von Spezialkursen, Kolloquien und Exkursionen ist jedoch mit Vorteil dem entsprechenden Interessenskreise zu überlassen, der dann eben die Funktion eines Institutes ausübt.

Nach den Stufen unserer Übersichtstabelle gibt es vier solche Interessengebiete, von denen sich jedes vom Niveau der Zellenlehre⁴ an aufwärts in die Bereiche der Pflanzen- und Tierkunde aufteilt. Eine zweckdienliche Organisation der Biologie wird daher mindestens sieben Institute umfassen müssen.

Den an der ETH z. Z. bestehenden biologischen Instituten der Abteilung X für Naturwissenschaften werden von fünf anderen Abteilungen (Abt. IV, V, VI, VII und VIII) Lehrverpflichtungen übertragen. Da sich die angewandten Wissenschaften mit Organismen beschäftigen, benötigen die meisten von ihnen vor allem den Lehrstoff der Stufen II–IV unserer Tabelle. Dabei muss zum Teil Wissensgut aus Gebieten vermittelt werden, in denen zur Zeit die Forschung einen gewissen Stillstand zeigt, wie z. B. in der Anatomie. Weil in solchen Fachgebieten keine spektakulären neuen Forschungsergebnisse vorliegen, wird der sie vermittelnde Anfängerunterricht als wenig dankbar empfunden. Deshalb ist es schwer, dafür die notwendige Anzahl Unterrichtsassistenten zu gewinnen. Früher als selbstverständlich angesehene Dienstleistungen werden ja heute vielfach ausgeschlagen mit der Begründung: «Ich bin doch nicht der PESTALOZZI.» Dieser beschämende Ausspruch ist eine unrühmliche Äusserung der derzeitigen wenig hilfsbereiten Wohlstandsgesellschaft. In einem Institute mit einer kleinen Anzahl von Forschungsgruppen kann derartigen Schwierigkeiten begegnet werden, indem kein Unterschied zwischen Forschungs- und Unterrichtsassistenten gemacht wird, so dass alle Mitarbeiter für die Anfängerübungen herangezogen werden, wo sie Gelegenheit haben, ihre didaktischen und pädagogischen Fähigkeiten zu erproben.

Nachdem die Vermassung als die grosse Schwierigkeit des neuzeitlichen Hochschulbetriebes erkannt worden ist, sollte man nicht ohne Not die kleinen übersichtlichen Institute zerschlagen. Im Gegensatz zu den Kontaktschwierigkeiten in einem Riesendepartement kennen sich auf Institutsebene alle wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter persönlich. Dank der gemeinsamen Unterrichtsarbeit, gemeinschaftlicher Exkursionen und interner Institutsanlässe wird ein Geist gegenseitiger Hilfsbereitschaft zwischen den Gruppen geschaffen. Durch die intensive Zusammenarbeit können daher nicht nur die wissenschaftliche Ausbildung gefördert, sondern vor allem auch gleichzeitig die heute der Verkümmernungsgefahr ausgesetzten altruistischen Fähigkeiten des Menschen entwickelt werden. Man darf daher in

richtung gemeinsam mit einem für beschränkte Zeit gewählten «Chairman» vertreten. Diese Konzeption entspricht genau der Organisation, wie sie an zahlreichen Instituten der ETH Zürich bereits verwirklicht ist.

⁴ Wer einen Leitfadern der Zytologie konzipiert, wird sofort feststellen, dass heute die Zellenlehre nicht mehr in einem einzigen Bande umfassend darstellbar ist, da sich die Differenzierungen der Pflanzenzelle (z. B. Schliesszellen der Spaltöffnungen oder Siebröhrenelemente) von jenen der tierischen Zelle (z. B. Muskelzellen, Nervenzellen) grundlegend unterscheiden [11, 12].

Abwandlung eines bekannten Zitates von GOTTHELF sagen: «Im Institute muss beginnen, was in der Forschung leuchten soll.»

Damit sind wir bei einem Hauptanliegen meines Themas angelangt, nämlich bei der Frage, was kann die Beschäftigung mit Biologie dem Studierenden in menschlicher Hinsicht bieten? Ich habe schon erwähnt, dass sie zur Ehrfurcht vor der Natur führen sollte. Man dürfte erwarten, dass uns die Einsicht in die zahlreichen wahrhaft erstaunlichen Ergebnisse der biologischen Forschung Anlass zu dieser Geisteshaltung gebe.

Die Wissenschaft hat vermocht, die Synthese spezifischer Eiweissstoffe durchzuführen, solche Proteinmoleküle abzubilden und deren Aktivität bei Enzym- und Immunreaktionen im Elektronenmikroskop direkt zu verfolgen. Die Zelle ist in verschiedenste, im Lichtmikroskop unsichtbare Kompartimente eingeteilt, deren Membranen Substrate und Enzyme voneinander trennen, diese jedoch beim metabolischen Umtrieb (turnover) aktiv zusammenführen; nach dem Zelltode verlieren sie aus Mangel an Energiezufuhr ihre Trennfunktion und geben den Zelleib der Autolyse preis. Besondere Organelle sorgen für den intrazellulären Stofftransport, die intrazelluläre Verdauung und die zelluläre Stoffausscheidung. Die aus der Histologie bekannte Arbeitsteilung durch Differenzierung ist somit bereits auf der Stufe der Zelle vorweggenommen. Man hat erkannt, dass jedem Gen ein Enzym entspricht und dass durch die Einwirkung ionisierender Strahlen auf die Nukleotide Genmutationen zustande kommen. Der Genetiker kann die Vererbungssubstanz ad oculos demonstrieren und durch Paarungsversuche der Desoxyribonukleinsäure-Fadenmoleküle die Gene auf einem nur 2 Millionstel mm breiten Strang lokalisieren.

Diese spektakulären Erfolge der Forschung haben zwei typische Zeitströmungen zur Folge. Die eine besteht in der erwähnten Geringschätzung des Anfängerunterrichtes. Es herrscht die Meinung, die Zeit des erfolgreichen Forschers sei zu kostbar für die Erteilung von Einführungsvorlesungen. Dies sei die Aufgabe von Mittelschullehrern. Wo aber soll man solche Lehrkräfte hernehmen, wenn wir an der Hochschule nur noch Spezialisten ausbilden und in ihnen den für das Lehramt notwendigen Enthusiasmus nicht wecken?

Forschung und Lehre müssen an der Hochschule gleichberechtigt bleiben. Ohne lebendigen Kontakt mit der aktuellen Forschung würde die Lehre erstarren und verdorren. Umgekehrt kann aber die Lehre nicht ausschliesslich der Übermittlung der neuesten Entdeckungen dienen. Der Forscher muss daher gewillt sein, in seinem Fachgebiete über den gesamten für die angewandten Wissenschaften notwendigen Grundlagenstoff zu lehren. Das Postulat, der Forscher brauche kein Lehrer zu sein, kann nur für Institutionen zutreffen, die keiner akademischen Schule angeschlossen sind. An der Hochschule gilt es jedoch, die gestellte Doppelaufgabe zu erfüllen. Dass dies bei vollem Einsatz möglich ist, zeigen Persönlichkeiten wie der Zoologe K. VON FRISCH oder der amerikanische Chemiker L. PAULING, die sowohl in der Forschung als auch im Grundlagenunterricht [14] Spitzenleistungen erzielt haben. Während indessen dem erfolgreichen Forscher alle möglichen nationalen und internationalen Anerkennungen und Preise winken, hat nie jemand daran gedacht, etwa einen Preis zu stiften, der auf bedeutende Leistungen als Lehrer aufmerksam machen würde. Es lohnt sich, über diese Diskriminierung der Lehre nachzudenken, weil ja die

Qualität des wissenschaftlichen Nachwuchses in erster Linie vom Einsatz des Lehrtalentes der Akademiker abhängt!

Die zweite Strömung im Kielwasser unserer erstaunlichen Erfolgswissenschaft führt zu einer gewissen Überheblichkeit. Wenn man heute Artikel über «moderne Biologie» liest, begegnet man der gleichen Euphorie, die zur Blütezeit der materialistischen Weltanschauung vor dem ersten Weltkriege herrschte. Damals stützte man sich für die Deutung biologischen Geschehens auf die aufblühende physikalische Chemie. Die damaligen Erklärungsversuche haben sich jedoch vielfach als hinfällig erwiesen, weil ein übergeordnetes Prinzip des zellulären Energiehaushaltes in unvorhergesehener Weise entropieverringende Vorgänge durchzuführen vermag.

Heute gelten nun die Nukleotide, d. h. die Bausteine der Enzyme, der Energieträger und der kodifizierten Erbsubstanz, als die Quintessenz der Biologie. Und weil die neuen Erkenntnisse an Mikroben gewonnen worden sind, wird die Mikrobiologie zum Inbegriff unserer Wissenschaft erklärt, von welcher aus man glaubt, bis hinauf zum Menschen extrapolieren zu dürfen.

Dabei wird ein Hauptprinzip der Biologie missachtet, nämlich die Feststellung, dass das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile. Dieser Grundsatz gilt zwar bereits in der Chemie, denn die Moleküle besitzen ja völlig andere Eigenschaften als die Elemente, aus denen sie aufgebaut sind. Die Ursachen jener Unterschiede lassen sich indessen wissenschaftlich ergründen. Wenn sich dagegen Makromoleküle zu Zellorganellen, Zellen zu Geweben oder Individuen zu Gesellschaften mit ganz bestimmten Funktionen zusammenfügen, sind neben Kohäsionskräften, long range forces, dem Koordinationsstreben und anderen Prinzipien rätselhaft Gestaltungskräfte im Spiele, deren Natur noch unbekannt ist. Gewiss werden solche morphogenetische Leistungen durch Gene ermöglicht. Aber dies ist keine Erklärung, sondern nur eine Feststellung, denn man hat im Gegensatz zu den nachgewiesenen direkten Eingriffen der Gene in den Stoffwechsel bislang, ausser bei Viren, keine solchen kausalanalytisch-deterministischen Zusammenhänge der Formbestimmung gefunden. Wohl kennen wir die innige Wechselbeziehung zwischen Ernährung und Wachstum, d. h. die untrennbare gegenseitige Abhängigkeit von Stoff- und Formwechsel, aber im einzelnen bleibt völlig unbekannt, wie z. B. die Kambiumzellen als Folge ihrer Differenzierung zu Gefässgliedern, Holzfasern und Speicherzellen in der Gattung *Fagus* Buchenholz, bei *Quercus* dagegen Eichenholz erzeugen.

An dergleichen Probleme schliesst sich die Frage an, ob die Evolution durch gerichtete oder, worauf Eingriffe mit ionisierenden Strahlen hinweisen, durch ungerichtete Mutationen zustande kommt. Im zweiten Falle wäre sie das ausschliessliche Produkt des Zufalls. Die Selektion liest dann aus den zahllosen Möglichkeiten nach dem Prinzip von «trial and error» das geeignete aus und eliminiert das weniger geeignete. Während jedoch die Experimente, welche diese Anschauung stützen, noch keine hundert Jahre alt sind, haben die phylogenetischen Vorgänge annähernd eine Milliarde Jahre gedauert! Inwieweit man die kurzfristigen Beobachtungen auf derartig gewaltige Zeiträume übertragen darf, muss dahingestellt bleiben.

Ähnlich schwierig ist die Beurteilung der Bedeutung der Diploidie. Bei Haplonten werden alle Mutationen sofort manifest, weshalb z. B. der Brotschimmel *Neurospora* ein unschätzbare Objekt der Vererbungsforschung geworden ist. Bei den Diplonten

bleiben jedoch rezessiv mutierte Gene bei Allogamie so lange heterozygot verborgen, bis sie durch Inzucht homozygot herausmenden. Ist dieser Bremsmechanismus, der eine allzu rasche revolutionäre Veränderung des Erbgutes verhindert und daher im Sinne einer konservativen Erhaltung bestehender Eigenschaften wirkt, für die Evolution entscheidend oder gleichgültig?

Nach meiner Meinung sollte der Hinweis auf solche zur Zeit unlösbare Probleme einen wichtigen Bestandteil des Biologieunterrichtes bilden, damit der angehende Forscher nicht nur grosse Genugtuung über die erzielten Erfolge empfinde, sondern vor allem auch das Staunen über das weite Feld stets neu auftauchender Rätsel lerne.

Der Biophysiker DELBRÜCK soll gesagt haben: Die Biologie sei viel zu schwierig für die Biologen [6]. Das heisst mit anderen Worten, nur dem Gedankengut der Physik und der Chemie Verpflichtete sollen imstande sein, die Probleme der Biologie zu lösen. Man muss sich jedoch bewusst bleiben, dass die exakten Wissenschaften eine ausschliesslich materialistische Betrachtung des Lebens zeitigen. Es liegt mir ferne, den Materialismus zu preisen oder zu verdammen, aus dem einfachen Grunde, weil ja unser Verstand in den Naturwissenschaften nur materiell bewiesene Tatsachen als wahr und richtig anerkennen kann. Das betont materialistische Denken und Handeln führt indessen letzten Endes zu jener Entmenschlichung, unter der wir heute alle leiden. Hier ist die Biologie dazu berufen, notwendige Korrekturen anzubringen, indem sie neben die Leistungen der gegenwärtigen Forschung stets die neuen Probleme stellt, welche die Entdeckungen mit sich bringen. Dadurch wird die Forschung zu einem abschlusslosen Unterfangen gestempelt, was den hochgemuten Wissenschaftler zur Demut zwingen sollte.

Ich möchte daher mit einer fernöstlichen Lebensregel schliessen, die noch stets Beherrigung verdient, trotzdem heute die westliche Erfolgsbotschaft «Ex occidente lux» die alte Heilsbotschaft aus dem Osten abgelöst hat. Es handelt sich um ein indonesisch-malaysisches Gleichnis, das sich mit dem Wert der überhängenden Rispen des reifenden Reises befasst. Es lautet:

Ambil ilmu dari padi

Lebeh berisi

Lebeh menunduk

Lasse dich vom Reise belehren!

Je gehaltvoller er ist,

Desto bescheidener neigt er sein Haupt zur Erde.

Literatur

1. CHRISTEN, H. R. (1968). Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie. Sauerländer, Aarau.
2. KELLENBERGER, E. (1970). Die Biologie von morgen. Schweiz. Hochschulztg. 43, 34.
3. HEITLER, W. (1961). Ethik der Naturwissenschaft, in «Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis», S. 84. Vieweg Paperback, Braunschweig.
4. TSCHUMI, P.-A. (1970). Allgemeine Biologie. Lehr- und Arbeitsbuch für schweizerische Mittelschulen. Bd. III. Sauerländer, Aarau.

5. NELSEN, B. (1969). A Surplus of Scientists? The Job Market Is Tightening. *Science* 166, 582.
6. MEYER, KURT (1969). Wegbereiter der Molekularbiologie. *Neue Zürcher Ztg.* Nr. 636, S. 27, 22. Oktober 1969.
7. Diskussionsabend der Gemeinde Meilen vom 13. März zur Vorbereitung der Gemeindeversammlung vom 25. März 1970.
8. FREY-WYSSLING, A. (1938, 1957). Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate. Borntraeger, Berlin 1938. *Macromolecules in Cell Structure*. Prather Lectures 1956. Harvard Univ. Press, Cambridge Mass. 1957.
9. ASTBURY, W. T. (1952). *Adventures in Molecular Biology*. The Harvey Lectures 1950/51, 3. Thomas, Springfield.
10. ASTBURY, W. T. (1961). *Molecular Biology or Ultrastructural Biology*. *Nature* 190, 1124.
11. FREY-WYSSLING, A. and MÜHLETHALER, K. (1965). *Ultrastructural Plant Cytology*, Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
12. CLOWES, F. A. L. and JUNIPER, B. E. (1968). *Plant Cells*. Botan. Monographs Vol. 8. Blackwell, Oxford and Edinburgh. Ref. in *Science* 165, 683 (1969).
13. PLETSCHER, A. (1970). Biozentrum der Universität Basel. *Neue Zürcher Ztg.* Nr. 246, S. 22, 1. Juni 1970.
14. PAULING, L. (1953). *General Chemistry*. W. H. Freeman and Co., San Francisco.