

Berliner Botaniker in der Geschichte der Biochemie

Dr. Ekkehard Höxtermann, Institut für Biochemie der Universität Köln,
Zülpicher Str. 47, 5000 Köln 1

Arbeiten über die Geschichte der Biochemie an der Berliner Universität (1) beziehen sich in der Regel auf acht verschiedene Institutionen der Universität sowie der Landwirtschaftlichen und Tierärztlichen Hochschule, die 1934 der Universität angegliedert wurden. In jenen Laboratorien, Kliniken und Instituten wirkten bedeutende Forscher (Übersicht 1). Die Heimstätten der frühen Biochemie an der Universität Berlin sind typisch. Sie verdeutlichen anschaulich ihre wichtigsten Wurzeln:

- Die Organische bzw. Naturstoffchemie,
- die Klinische Chemie,
- die Pathologische Chemie,
- die Humanphysiologische Chemie,
- die Tierphysiologische Chemie und schließlich
- die Gärungschemie.

Es fällt auf, daß in der Übersicht 1 botanische Einrichtungen fehlen. Auch das ist typisch, ist es doch eine eher normale Situation in der Historiographie der Biochemie, daß von etwaigen botanischen Wurzeln kaum die Rede ist - und das, obwohl klassische biochemische Forschungsthemen wie Eiweißstoffwechsel und Hefegärung zugleich im Zentrum botanischer Forschungen standen. So waren Pflanzenkeimlinge für die Naturstoffchemiker des 19. Jh. ebensolche Standardobjekte wie etwa die Coli-Bakterien für die Biochemiker des 20. Jh. Circa die Hälfte aller natürlich vorkommenden Aminosäuren wurde als Hydrolyseprodukt in Sämlingen entdeckt (4); und so wie die Keimungsphysiologie zur Erforschung des Proteinmetabolismus beitrug, beförderte die Entwicklungsgeschichte der Pilze das Verständnis der alkoholischen Gärung.

Ist es demnach eine "Unterlassungssünde", wenn die Quellen der Biochemie nahezu ausschließlich bei der Organischen Chemie, der Medizin und der Tierphysiologie gesucht werden? Um mir darüber klar zu werden, analysierte ich, einen überschaubaren Rahmen suchend, am Beispiel der Berliner Universität Art und Umfang botanischer Arbeiten, die sich mit der Natur und Struktur von Zellinhaltsstoffen sowie dem Stoff- und Energiewechsel der Pflanzenzellen befaßten. Das betraf

Übersicht 1

Stätten präbiochemischer und biochemischer Forschung in der Geschichte der Berliner Universität (1810 - 1945) und ihre bedeutendsten Vertreter (2, 3)

I. und II. (ab 1885) MEDIZINISCHE KLINIK der CHARITÉ

Vorsteher	1810-1813	Johann Christian Reil (1759-1813)
chem.Ass.	1810-1813	Georg Carl Ludwig Sigwart (1784-1864)
Vorsteher	1840-1859	Johann Lucas Schoenlein (1793-1864)
chem.Ass.	1840-1843	Franz Simon (1807-1843)
chem.Ass.	1844-1851	Wilhelm Heintz (1817-1880)
Vorsteher	1859-1885	Friedrich Frerichs (1819-1885)
chem.Ass.	1860-1873	Wilhelm Valentiner (1830-1893)
Ass. (I.)	1878-1885	Paul Ehrlich (1854-1915)
Ass. (II.)	1885-1889	Paul Ehrlich
Vorst.(II)	1885-1902	Carl Gerhardt (1833-1902)
Ass. (I.)	1896-1906	Leonor Michaelis (1875-1949)

CHEMISCHE ABTEILUNG des PATHOLOGISCHEN INSTITUTES der CHARITÉ

Vorsteher:	1856-1861	Felix Hoppe-Seyler (1825-1895)
	1861-1868	Wilhelm Kühne (1837-1900)
	1868-1872	Oskar Liebreich (1839-1908)
	1872-1921	Ernst Salkowski (1844-1923)
Ass.	1900-1909	Carl Neuberg (1877-1956)
Vorsteher	1921-1933	Peter Rona (1871-1945)
Mitarb.:	1922-1923	Rudolf Schoenheimer (1898-1941)
	1922-1928	Ernst Mislowitzer († 1895)
	1924-1933	Robert Ammon († 1902)
	1924-1926	David Nachmansohn (1899-1983)
	1924-1927	Fritz Lipmann (1899-1986)
	1924-1928	Ken Iwasaki († 1891)
	1925-1926	Hans Krebs (1900-1981)
	1927-1928	Hans Hermann Weber (1896-1974)
	1930-1933	Ernst Chain (1906-1979)
Vorsteher	1934-1945	Karl Hinsberg († 1894)

CHEMISCHE ABTEILUNG (ab 1928 PHYSIOLOGISCH-CHEMISCHES INSTITUT) des PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES der CHARITÉ

Vorsteher:	1877-1883	Eugen Baumann (1846-1896)
	1883-1895	Albrecht Kossel (1853-1927)
	1895-1909	Hans Thierfelder (1858-1930)
	1909-1937	Hermann Steudel (1871-1967)
	1937-1951	Karl Lohmann (1898-1978)

I. CHEMISCHES INSTITUT der UNIVERSITÄT

Direktor	1892-1919	Emil Fischer (1852-1919)
----------	-----------	--------------------------

PHYSIOLOGISCHES INSTITUT der TIERÄRZTLICHEN HOCHSCHULE

Direktor	1908-1911	Emil Abderhalden (1877-1950)
----------	-----------	------------------------------

Übersicht 1 (Fortsetzung)

CHEMISCHES LABORATORIUM der LANDWIRTSCHAFTLICHEN HOCHSCHULE

Vorsteher: 1898-1909 Eduard Buchner (1860-1917)
1909-1918 Jakob Meisenheimer (1876-1934)

CHEMISCHE ABTEILUNG des TIERPHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES der
LANDWIRTSCHAFTLICHEN HOCHSCHULE

Vorsteher 1909-1913 Carl Neuberg (1877-1957)

CHEMISCHES LABORATORIUM des HYGIENISCHEN INSTITUTES der
CHARITÉ

Volontär- 1930-1933 Erwin Chargaff (✱ 1905)
ass.

hauptsächlich die Untersuchungen mikrochemisch orientierter Pflanzenanatomien und auf zellulärer Ebene arbeitender Pflanzenphysiologen. Pflanzenanatomie und -physiologie sind gemeinhin in der Allgemeinen Botanik vereint, so daß insgesamt sechs Institute der Allgemeinen Botanik aus der Geschichte der Humboldt-Universität zu Berlin näher zu betrachten waren (Übersicht 2).

Es ging mir dabei nicht nur um die Arbeiten der Lehrstuhlinhaber, Direktoren und Abteilungsleiter, sondern auch um die der Extraordinarien und Privatdozenten, Assistenten und Doktoranden - war doch zu vermuten, daß neben den im allgemeinen bekannten Forschungsgebieten der Ordinarien quasi in ihrem Schatten Untersuchungen zum genannten Problemkreis gemacht wurden, die weniger bekannt sind. Über die Arbeitsgebiete dieses weit gefaßten Personenkreises an den verschiedenen allgemeinbotanischen Einrichtungen der Universität verschaffte ich mir anhand von Würdigungen, Nachrufen, Schriftenverzeichnissen und Archivalien einen Überblick, um den einzelnen Forschungen dann durch das Studium der Originalarbeiten auf die Spur zu kommen. Die wegen der Literaturbeschaffung in dem noch bibliotheksgeteilten Berlin mühsamen Recherchen erhellten schließlich einige Forschungsbereiche, die die Herausbildung und Entwicklung der Biochemie mehr oder weniger beeinflussten. An wenigen ausgewählten Beispielen soll verdeutlicht werden, welche Fragestellungen diesen Forschungsgebieten zugrunde lagen (5).

1. "Mikroskopisch-chemische" Studien zum inneren Bau und Leben der Pflanzenzelle (6)

Hermann Schacht (1814-1864), von 1850 bis 1860, zuletzt als Privatdozent in Berlin, veröffentlichte 1852 sein Werk "Physiologische Botanik. Die Pflanzenzelle, der innere Bau und das Leben der Gewächse". Im Untertitel heißt es weiter:

Übersicht 2

Institute der Allgemeinen Botanik in der Geschichte der Humboldt-Universität zu Berlin

- 1873-1911 Pflanzenphysiologisches Institut der Universität, zugleich
1881-1934 Botanisches Institut der Landwirtschaftlichen HS
1934-1968 Institut für Landwirtschaftliche Botanik der Univ.
- 1881-1934 Pflanzenphysiologisches Institut,
ab 1894 Institut für Pflanzenphysiologie und
Pflanzenschutz der Landwirtschaftlichen Hochschule
- 1878-1948 Botanisches Institut,
ab 1914 Pflanzenphysiologisches Institut der Univ.
- 1960-1968 Institut für Allgemeine Botanik der Universität
-

"Nach eigenen vergleichenden, mikroskopisch-chemischen, Untersuchungen bearbeitet." Schacht stand in der Tradition der induktiven Botanik seines Lehrers Matthias Jacob Schleiden (1804-1881). Als erfahrener Mikroskopiker und langjähriger Apotheker mit soliden chemisch-analytischen Kenntnissen behandelte er die Einwirkung chemischer Agenzien auf pflanzliche Zellen zum ersten Male zusammenhängend und erschöpfend.

Er setzte sich zum Ziel "eine genaue Untersuchung sämtlicher Zellenarten nach einer und derselben Methode unter Anwendung aller jetzt bekannten und als brauchbar erprobten Hilfsmittel" (7), worunter er das Mikroskop und neuere Verfahren der mikrochemischen Naturstoffanalyse verstand. Schacht war der erste, der den Aufschwung der Naturstoffchemie in den 1840er Jahren in Verbindung mit leistungsfähigeren Mikroskopen mit bis zu 800facher Vergrößerung für eine qualitative, topochemische Zellstrukturanalyse fruchtbar machte, anhand spezifischer Zersetzungs-, Löslichkeits- und Färbungsunterschiede den Bau einzelner Zellkompartimente und die Natur verschiedener Zellinhaltsstoffe aufklärte und den Stoffumsatz im Verlaufe der Zellentwicklung zu ergründen suchte.

In analoger Weise, aber mit wesentlich einfacheren Mitteln hatte schon Julius Meyen (1804-1840), von 1834 bis 1840 Extraordinarius der Universität Berlin, versucht, die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzenzellen aufzuklären.

2. "Molecular-physicalische Untersuchungen vegetabilischer Membranen" (8)

Als den Zellforschern etwa um 1880, vor allem dank der Arbeiten von Ernst Abbe (1840-1905), allmählich klar wurde, daß den lichtmikroskopischen Strukturuntersuchungen physikalisch bedingte Auflösungsgrenzen gesetzt sind, die weit über der Molekülgröße der zellulären Bau- und Betriebsstoffe liegen, gelang es auf indirektem Wege, zur Aufklärung des Feinbaus der Zellstrukturen beizutragen. Auf Anregung Simon Schwendeners (1829-1919), mit dessen Berufung auf den Lehrstuhl für (Allgemeine) Botanik 1878 (bis 1910) in Berlin eine Schule der Physiologischen Pflanzenanatomie entstand, befaßten sich seine Doktoranden Hermann Ambronn (1856-1927) und Albrecht Zimmermann (1860-1931) mit "molecular-physicalischen Untersuchungen vegetabilischer Membranen" (9). Die Fortschritte der chemisch-präparativen Mikrotechnik, d.h. neue Fixier-, Färb- und Schnittmethoden, sowie physikalisch-optische Neuerungen wie die Polarisationsmikroskopie ermöglichten es Ambronn (ab 1882) und Zimmermann (1883/84), aus den optischen Eigenschaften der Zellwände auf ihren micellaren Feinbau zu schließen. Fast 60 Jahre nach der Postulierung doppelbrechender, kristallähnlicher Stärke- und Zellwandmicelle (1858, 1862) durch Carl Nägeli (1817-1891) gelang es Ambronn 1916/17 in Jena, für die Fachwelt völlig unerwartet, doch noch die Micellartheorie zu bestätigen (10).

Die eng mit Ambronn's Namen verbundene Zeit der indirekten Feinstrukturanalysen, denen neben polarisationsmikroskopischen auch verschiedene röntgentechnische Methoden zugrunde lagen, ging vorüber, als sich in den 30er Jahren unseres Jh. mit Hilfe der Elektronenmikroskopie ein direkter Zugang in die sublichtmikroskopische Region öffnete.

3. Studien zur Natur und Entwicklungsgeschichte gärender Zellen (11)

Meyen referierte 1838 die bekannte Arbeit Theodor Schwanns (1810-1882) über Zuckerpilze als Verursacher der Bier- und Weingärung (12). Wie es für Meyen charakteristisch war, hatte er Schwanns Beobachtungen experimentell überprüft und dabei drei morphologisch unterscheidbare Arten des Zuckerpilzes, den er in latinisierter Form *Saccharomyces* nannte, entdeckt. Ihm wurde bewußt, daß die Gärungsforschung erst dann entscheidend voranschreiten wird, wenn größere Kenntnisse über Leben und Entwicklung der niederen Pilze gewonnen sein werden:

Hierbei möchte ich die Botaniker auffordern, endlich auch auf die Entwicklung der niederen Pilzformen ihre Beobachtung zu lenken, ein Gegenstand, welcher im höchsten Grade belohnend sein wird. (13)

Dieser Forderung entsprach 35 Jahre später Oscar Brefeld (1839-1925), der sich 1874 bis 1878 als Privatdozent gerade in Berlin umfassend mit der Hefegärung befaßte. Er bemängelte, daß die Gärungsfrage zu einseitig von der chemischen Seite, kaum jedoch von der botanischen verfolgt werde.

Die (Gährungs-)Frage ist eine physiologische und hat als solche chemische und morphologische Kenntnisse zu ihrer Voraussetzung. (14)

Sowohl Pasteur wie Liebig, beide Chemiker, haben ganz vergessen zu beobachten, wie sich denn die Hefe bei der Gärung verhält. Nach Pasteur soll sie wachsen, nach Liebig soll sie nicht wachsen, aber Pasteur hat nicht gesehen, daß sie wächst und Liebig hat nicht beobachtet, daß sie nicht wächst. Sie haben die Frage chemisch mit Gewichtsbestimmungen zu lösen gesucht... - ich will sie jetzt botanisch lösen mit dem Mikroskope, statt mit der Waage. (15)

Diese entwicklungsgeschichtliche Sicht brachte Brefeld gezielt in die Gärungsforschung ein. Er war auf der Suche nach verwandtschaftlichen Beziehungen niederer, gärender Pilze von phylogenetischen Fragen zur Gärungsfrage gelangt und berücksichtigte als einer der ersten ihre ontogenetische Dimension, ihre variable Ausprägung im Verlaufe der Zellentwicklung. Infolgedessen beschrieb er erstmals morphologische und physiologische Unterschiede wachsender und absterbender, gärender und abgeorener Hefe und gab zu bedenken, daß neben den eigentlichen Gärungsprodukten auch Substanzen anderer Vorgänge, wie z.B. von Absterbeprozessen, in den Gärmedien zu erwarten seien.

In einer Auseinandersetzung mit Moritz Traube (1826-1894) fand Brefeld 1876 zu einer Auffassung der Gärung als einem fermentativen Redoxprozeß, dem ein intrazellulärer und isolierbarer "Gährstoff" zugrunde liegen müsse. Ferner begriff er Gärungen als energieliefernde Prozesse und erkannte ihre Universalität im Pflanzenreich, als auch Organe höherer Pflanzen unter Luftabschluß Gärungserscheinungen zeigten (16). Brefeld vertrat für einen Botaniker des Jahres 1876 eine bemerkenswerte Ansicht über die Gärung und reihte sich an der Seite Traubes in die kleine Schar der Fermentologen ein, als es gerade die Physiologischen Chemiker mehrheitlich vorzogen, eine Ganzheitswirkung des Protoplasmas anzunehmen.

4. Untersuchungen über das Chlorophyll (17)

Zur gleichen Zeit, als Brefeld die Hefegärung untersuchte, wandte sich Nathanael Pringsheim (1823-1894), seit 1868 nach einem Ordinariat in Jena wieder in Berlin, der Chlorophyllfrage zu. Ihn interessierte vorrangig die "Lichtwirkung und Chlorophyll-Function in der Pflanze" (18). Er verband mikro-

skopische Studien mit ausgedehnten spektralanalytischen Untersuchungen, die unter anderem zu der Erkenntnis führten, daß die gelblichen Farbstoffe etiolierter Pflanzen eine Vorstufe des Chlorophylls enthalten. Der beachtenswerten Entdeckung der Protochlorophyllide (1874) folgte 1879 aber bedauerlicherweise die Postulierung der abwegigen "Schirmtheorie" der Chlorophyllfunktion. Derzufolge schirme Chlorophyll den schädigenden Einfluß des Lichtes auf das Protoplasma ab, das bei hohen Lichtintensitäten angeblich durch eine Atmungssteigerung verbrenne.

Hier zeigt sich ein sehr mechanisches Grundverständnis zell-physiologischer Lebensprozesse, aber zugleich auch das Dilemma der Chlorophyllforscher, nach über 100 Jahren seit der Entdeckung der Rolle des Blattgrüns beim Gaswechsel der Pflanzen noch immer bezüglich der Wirkungsweise des Chlorophylls im Dunkeln zu tappen.

Durch Pringsheim angeregt, befaßte sich sein Privatassistent Alexander Tschirch (1856-1939), von 1881 bis 1890 Leiter des chemischen Labors am Pflanzenphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule, mit dem Chlorophyll. Als Pharmazeut war sein hauptsächliches Forschungsanliegen

die chemische Durschforschung der Drogen nach den Methoden der modernen Chemie mit dem besonderen Ziele, die therapeutischen Wirkstoffe aufzudecken und deren günstigste Extraktion aufzuzeigen. (19)

Tschirch bemühte sich intensiv, aber leider vergebens um die Extraktion und Reindarstellung von Chlorophyll. Ein Zink-Zeretzungsprodukt betrachtete er schließlich als "Reinchlorophyll" (20). Er bemerkte resigniert,

daß das Chlorophyll keine Aufgabe für einen Anfänger ist. Es erfordert einen in allen Sätteln gerechten, mit allen Hunden gehetzten, mit allen Wassern getauften Chemiker. (21)

Dieser Chemiker war später bekanntlich Richard Willstätter (1872-1942). Trotz vieler tausend Spektralbeobachtungen gelang Tschirch der Durchbruch in der Chlorophyllisolierung und -strukturaufklärung nicht. Sein, für jene Zeit verzeihlicher Hauptirrtum war, daß er übereinstimmenden oder analogen Spektren zwingend auch gleiche Strukturen zugrunde legte, was gerade bei den Porphyrinen im Falle vieler Substituenten nicht zutrifft. Dennoch waren einige seiner Einzelbefunde von grossem Wert. So wies er entgegen der Behauptung namhafter Zeitgenossen nach, daß Chlorophyll eisenfrei ist. Trotzdem war der Farbstoff, wie am "Reinchlorophyll" demonstriert, in der Lage, Metalle fest und komplex zu binden. Durch Verseifen des Chlorophylls hatte Tschirch zudem bereits Phytol gewonnen,

ohne es jedoch erkannt zu haben. Sodann ging die vergleichende Untersuchung der Chlorophyllabbauprodukte mit einer kritischen Sichtung der umfangreichen Literatur einher, was zu einer Vereinfachung der Pigmentterminologie führte. Tschirch stand ein ausgezeichnet eingerichtetes Chemielabor zur Verfügung, das zu dem 1881 gegründeten Pflanzenphysiologischen Institut von Albert Bernhard Frank (1839-1900) gehörte (22).

5. Untersuchungen der Stickstoffassimilation der Pflanzen (23)

Frank interessierte sich besonders für die Stickstoffassimilation der Pflanzen. Er versuchte über anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Studien (ab 1885), die Bildung der luftstickstoffbindenden Wurzelknöllchen bei den Hülsenfrüchtlern zu ergründen. Da es ihm nicht gelang, die Wurzelinfektion und -knöllchenbildung und die Wandlung der eingedrungenen Mikrobazellen in amorphe Bakterioide zu beobachten, glaubte er irrtümlicherweise, daß die Bindung des atmosphärischen Stickstoffes eine allgemeine Eigenschaft niederer wie höherer Pflanzen darstelle und die Bodenmikroorganismen lediglich stimulierend wirkten.

Eine glücklichere Hand hatte Frank bei der Erforschung der symbiontischen "Pilzwurzeln" verschiedener Waldbäume, die er 1885 entdeckt und "Mycorhiza" (sic!) genannt hatte. Experimente zur Stoffaufnahme erbrachten, daß der Pilz dem Baum als Wasser- und Nährstofflieferant dient.

Gewisse Baumarten... (stehen) in ihrem gesamten Wurzelsystem mit einem Pilzmycelium in Symbiose, welches ihnen Ammendienst leistet und die ganze Ernährung des Baumes aus dem Boden übernimmt. (24)

Im Ergebnis dieser Arbeit prägte Frank 1885 unter ernährungsphysiologischem Gesichtspunkt die Begriffe "Autotrophie" und "Heterotrophie", die er aber nicht nach unserem heutigen Grundverständnis, sondern mehr im ökologischen Sinne gebrauchte. Autotrophe Pflanzen waren für ihn autarke, symbiosefreie "Selbsternährer", während heterotrophe Pflanzen "die Ernährung aus dem Erdboden mit Hilfe eines anderen Wesens zeigen" (25). Diese enge, einseitig auf die Nährstoffaufnahme der Pflanzenwurzeln ausgerichtete Begriffsbestimmung wurde dann 1897 von Wilhelm Pfeffer (1845-1920) auf die allgemeine organismische Ernährungsweise übertragen (26).

6. Untersuchungen der Mineralstoffernährung und Kohlendioxidassimilation der Pflanzen (17, 23)

Die Stickstoffassimilation der Pflanzen spielte auch nach den Arbeiten Franks eine zentrale Rolle innerhalb der Berliner Botanik. Kurt Noack (1888 - 1963), von 1931 bis 1956 auf dem

Lehrstuhl für Pflanzenphysiologie, wäre zu nennen. Sein besonderes Interesse galt der Mineralstoffernährung der Pflanzen. Nachdem die lebenswichtige Bedeutung der Haupt- und Spurenelemente erkannt worden war, untersuchte Noack, in welchen Zellkompartimenten die Mineralstoffe akkumuliert werden und wirken (27), und welche zellphysiologische Bedeutung sie haben könnten. Die spezielle Wirkung und Rolle einzelner Mikro-nährstoffe wurde unter besonderer Berücksichtigung von Kohlenstoff-, Stickstoff- und Schwefelstoffwechsel sowie von Wachstum und Entwicklung untersucht. Der Übergang von höheren Pflanzen zu einzelligen Algen erleichterte die Aufklärung der komplizierten Beziehungsgefüge. So erkannte Noacks Assistent André Pirson (geb. 1910) 1937 an Chlorellakulturen die Bedeutung von Mangan als essentielles Spurenelement und dessen Funktion bei der photosynthetischen Sauerstofffreisetzung (29). Wenn auch die chemophysiologischen Arbeiten Noacks und seiner Mitarbeiter die molekularen Wirkungsmechanismen der Mineralstoffe nicht direkt offen legten, so konnte doch deren Wirkungsbereich bedeutend eingegrenzt werden, was dann weiterführende, biochemische Analysen erleichterte.

Noack eröffnete aber vor allem eine erneute fruchtbare Phase der Photosyntheseforschung an der Universität. Die Anregungen für seine Chlorophyllarbeiten erhielt er unmittelbar aus der Biochemie, vor allem von Hermann von Tappeiner (1847-1927), Otto Warburg (1883-1970) und Richard Willstätter. Weitreichende Befunde Noacks waren die Erkenntnis der photooxidativen Schutzfunktion der Carotinoide, der Bindungsverhältnisse von Chlorophyll *in vivo* sowie der Protochlorophylle als natürliche Chlorophyll-Vorstufe.

Es ist augenfällig, daß Noack bestrebt war, zellphysiologische Erkenntnisse, wie sie in der Medizin und Tierphysiologie gewonnen wurden, auf die Pflanzenphysiologie zu übertragen und analogen Zusammenhängen im Stoff- und Energiewechsel der Pflanzen nachzuspüren.

7. Arbeiten über die Physiologie der Zellteilung und die Wirkung von Zellteilungshormonen (30)

Eine solche einheitliche Betrachtung der Lebensprozesse bei Tier und Pflanze zeichnete auch Gottlieb Haberlandt (1854-1945), von 1910 bis 1923 Direktor des Botanischen bzw. Pflanzenphysiologischen Universitätsinstitutes, aus. Als Amtsnachfolger Schwendeners ebenfalls ein Hauptvertreter der Physiologischen Pflanzenanatomie, die Bau und Funktion der Gewebe in ihrer Einheit sah, beobachtete er 1913 bei anatomischen Studien von Speicherzellen der Kartoffel Geweberegionen mit erhöhten Zellteilungs-raten. Im Ergebnis einfacher Experimente wies er 1921 mit mikroskopischen Mitteln eindeutig nach, daß die verstärkten Zellteilungen durch chemische Stoffe indu-

ziert werden, die er unter Bezugnahme auf Ernest Starling (1866-1927), William Bayliss (1860-1924) und Hans Fitting (1877-1970) Zellteilungshormone nannte (31). Wie sich in den 50er Jahren zeigte, hatte Haberlandt damit die Cytokinine entdeckt.

8. Phytopathologische Untersuchungen selektiver Substanzwirkungen und spezieller Stoffumsätze (32)

Schließlich sei noch erwähnt, daß besonders auch von phytopathologischen Fragestellungen stoffwechselphysiologische und biochemische Betrachtungen ausgingen. So wurde Wilhelm Ruhland (1878-1960), von 1896 bis 1911, zuletzt als Privatdozent in Berlin, durch die selektive Wirkung fungizider Substanzen auf Probleme der Membran- und Plasmapermeabilität, auf Fragen der Stoffaufnahme, des Stofftransportes und der Stoffabgabe aufmerksam.

Untersuchungen der wundinduzierten Gummosis bei Gehölzen sowie der Zuckerspeicherung bei Rüben, die von der Herz- und Trockenfäule befallen waren, führten zudem zum Kohlenhydratstoffwechsel. Ruhland, dessen ursprüngliche Neigungen der Speziellen Botanik galten, gelangte auf diesem Wege um 1910 zum pflanzlichen Stoffwechsel in seiner ganzen Komplexität. In Weiterverfolgung dessen begründete er dann in Leipzig eine Schule der chemischen Physiologie des Stoffwechsels der Pflanzen.

9. Phytopathologische Untersuchungen zur Phytophthora-Resistenz der Kartoffel (33)

Ebenfalls mit phytopathologischen Untersuchungen befaßt, stieß Karl Otto Müller (1897-1978), von 1924 bis 1945 Dozent an der Landwirtschaftlichen Hochschule und Universität, auf ein noch unbekanntes antipathogenes Abwehrprinzip der Pflanzen. 1928 begonnene experimentelle Arbeiten über die Phytophthora-Resistenz der Kartoffel verwiesen auf die unspezifische Wirkung parasiteninduzierter Abwehrstoffe, die Müller 1940 als "Phytoalexine" bezeichnete (34). Diese Annahme fand eine großartige Bestätigung, als 1960 das erste Phytoalexin isoliert werden konnte. Heute sind bereits über 250 Phytoalexine bekannt, die in ihren Eigenheiten mit den Interferonen der Säugetiere vergleichbar sind.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, daß auch die Botanik den Boden bereitete, in dem die Biochemie als eigenständige Disziplin Wurzeln schlug:

- i Qualitative mikrochemische Zellstrukturanalysen erhellten die Zusammensetzung der Zellstrukturen, ihre funktionelle Bedeutung und z.T. auch einige Umsätze von Zellinhaltsstoffen.
- ii In dem Maße, wie die Zelle experimentell zugänglich wurde, wurden klassische Fragestellungen der Pflanzenphysiologie konsequent auch auf die zelluläre Ebene übertragen. Vor allem quantitative Arbeiten im Rahmen einer chemischen Physiologie des Stoffwechsels der Pflanzen förderten die Biochemie. Es sei daran erinnert, daß Kurt Mothes (1900-1983), der den ersten Lehrstuhl für Biochemie der Pflanzen im gesamten deutschsprachigen Raum in Halle innehatte, ein Schüler Ruhlands war.
- iii Im allgemeinen spielten Botaniker, verglichen mit Naturstoffchemikern oder Medizinern, keine Vorreiterrolle bei der Herausbildung der Biochemie. Spezifische, dem Leben der Pflanzen eigene Erscheinungen wie der Gaswechsel im Licht oder der Lebenszyklus niederer Pilze waren aber Gegenstand originärer chemophysiologischer und biochemischer Untersuchungen von Botanikern, so daß speziell in der Photosynthese- und Gärungsforschung auch Botaniker zum Verständnis der molekularen Strukturen und Mechanismen beitrugen.
- iv Botaniker förderten im besonderen Maße die Erkenntnis der Einheitlichkeit der Organismenreiche und der Allgemeingültigkeit biochemischer Prozesse, indem sie für Mensch und Tier gesicherte Zusammenhänge auch im Leben der Pflanzen aufspürten, wie dies etwa bei der Übertragung des Hormon- und Abwehr-Konzeptes der Fall war.
- v Letztlich führten besonders auch phytopathologische Untersuchungen zu biochemischen Arbeiten.

Bemerkenswert ist, daß auch in der Botanik wie in der Medizin und Zoologie die Biochemie durch Cytologie, Physiologie und Pathologie hervorgebracht wurde. In Analogie zu Medizin und Zoologie bedeutete die Untermauerung der botanischen Forschung mit den methodischen und theoretischen Fortschritten der exakten Naturwissenschaften eine Förderung der Biochemie. Etwa in den 20er und 30er Jahren unseres Jh. wurde die Kenntnis der physikalischen und chemischen Grundlagen eines physiologischen Problems immer mehr ein Gebot auch der Allgemeinen Botanik.

Es gab in der Geschichte der Humboldt-Universität zu Berlin keine durchgängige Traditionslinie der Pflanzenbiochemie, die gar zu einer Institutionalisierung geführt hätte. Dennoch lieferte die Botanik beachtenswerte Facetten, die im historischen Bild der Biochemie an der Universität nicht unterschlagen werden dürfen.

Anmerkungen und Literatur

- (1) Wenn im folgenden von der Geschichte der Berliner Universität die Rede ist, dann meine ich die der hauptstädtischen Universität, die ab 1948 als Humboldt- und Freie Universität getrennte Wege ging. Es liegt mir fern, Alleinvertretungsansprüchen einer der beiden das Wort zu reden.
- (2) Günter Sauer, Samuel Rapoport, Günther Rost, "Zur Geschichte der Biochemie in Berlin," NTM - Zeitschrift zur Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin, 1 (1960), 119-147.
- (3) Michael Engel, "Aus der Frühgeschichte der Biochemie in Berlin, 1790-1850," Mitteilungen der Fachgruppe Geschichte der Chemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Nr. 3 (1989), 11-26.
- (4) Marcel Florkin, "A history of biochemistry. IV. Early studies on biosynthesis," Comprehensive Biochemistry, 32 (1977), hier 145ff.
- (5) Um den Rahmen dieses Quellenverzeichnisses nicht zu sprengen, wird im folgenden auf zusammenfassende Darstellungen des Autors verwiesen, über die die einzelnen Originalarbeiten zugänglich sind.
- (6) Ekkehard Höxtermann, "'Mikroskopisch-chemische' Studien zum inneren Bau und Leben der Pflanzenzelle," NTM - Schriftenreihe zur Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin, 27 (1990), 45-56.
- (7) Hermann Schacht, Physiologische Botanik. Die Pflanzenzelle, der innere Bau und das Leben der Gewächse. Nach eigenen vergleichenden, mikroskopisch-chemischen, Untersuchungen bearbeitet. Berlin 1852, hier S. 2.
- (8) Ekkehard Höxtermann, "'Molecular-physicalische Untersuchungen vegetabilischer Zellmembranen' im Rahmen der Berliner Physiologischen Pflanzenanatomie," NTM - Schriftenreihe zur Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin, 28 (1991), H. 2, im Druck.
- (9) Albrecht Zimmermann, "Molecular-physicalische Untersuchungen. (I), (II) und (III)," Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1 (1883), 533-540; 2 (1884), 124-129, XXXV-LII.
- (10) Hermann Ambronn, "Ueber das Zusammenwirken von Stäbchen- und Eigendoppelbrechung. I, II und III," Kolloid-Zeitschrift, 18 (1916), 90-97, 273-281; 20 (1917), 173-185.

- (11) Ekkehard Höxtermann, "Über 'Gährung' und 'gährende Pflänzchen' - Aus den Anfängen der Gärungsforschung im 19. Jahrhundert," NTM - Schriftenreihe zur Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin, 29 (1992), im Druck.
- (12) Julius Meyen, "Jahresbericht über die Resultate der Arbeiten im Felde der physiologischen Botanik von dem Jahre 1837," Wiegmanns Archiv für Naturgeschichte, 4.2 (1838), 1-186.
- (13) Meyen, "Jahresbericht," 102.
- (14) Oscar Brefeld, "Ueber Gährung. I. Untersuchungen über Alkoholgährung," Landwirtschaftliche Jahrbücher, 3 (1874), 65-108, hier S. 74.
- (15) Brefeld, "Gährung, I.," 81.
- (16) Oscar Brefeld, "Ueber Gährung. III. Vorkommen und Verbreitung der Alkoholgährung im Pflanzenreiche," Landwirtschaftliche Jahrbücher, 5 (1876) 281-341.
- (17) Ekkehard Höxtermann, "'Es ist, als säße ein Kobold in dem Chlorophyll...' - Zur Geschichte der Photosyntheseforschung an der Berliner Universität," Beiträge zur Geschichte der Humboldt-Universität zu Berlin, 27 (1991), 9-59.
- (18) Nathanael Pringsheim, "Über Lichtwirkung und Chlorophyll-Function in der Pflanze," Monatsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, (1879), 532-546.
- (19) Th. Sabalitschka, "Alexander Tschirch," Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 59 (1941), (67)-(108), hier S. (77) f.
- (20) Alexander Tschirch, Untersuchungen über das Chlorophyll. Berlin 1884.
- (21) Alexander Tschirch, Erlebtes und Erstrebtes. Lebenserinnerungen. Bonn 1921, hier S. 194.
- (22) Albert Bernhard Frank, "Das Pflanzenphysiologische Institut der Königlichen Landwirtschaftlichen Hochschule," Sitzungsberichte des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg, 24 (1882), 102-109.
- (23) Ekkehard Höxtermann, "Stickstoffassimilation und Mineralstoffernährung der Pflanzen - Ernährungsphysiologische Forschungen in der Geschichte der Botanik an der

Berliner Universität, "Beiträge zur Geschichte der Humboldt-Universität zu Berlin, 27 (1991), 60-79.

- (24) Bernhard Frank, "Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze," Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 3 (1885), 128-145, hier S. 129.
- (25) Frank, "Wurzelsymbiose," 143.
- (26) Martin Möbius, Geschichte der Botanik. Von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart (1937). 2.Aufl., Stuttgart 1968, S. 276.
- (27) Für die chemische Analyse der Zellkompartimente bedienten sich Noacks Mitarbeiter einer besonderen "präparativ-chemischen Methodik", einer Kombination von fraktionierter Zentrifugation und chemisch-quantitativer Mikroanalyse, die Wilhelm Menke (geb. 1910), Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut, entwickelt hatte (28).
- (28) Wilhelm Menke, "Untersuchung der einzelnen Zellorgane in Spinatblättern auf Grund präparativ-chemischer Methodik," Zeitschrift für Botanik, 32 (1938), 273-295.
- (29) André Pirson, "Ernährungs- und stoffwechselphysiologische Untersuchungen an Fontinalis und Chlorella," Zeitschrift für Botanik, 31 (1937), 193-267.
- (30) Ekkehard Höxtermann, Wolfgang Haß, Dieter Kowalick, Ernst-Eckhard Krüper, "'Entwicklung ist alles!' - Gottlieb Haberlandt 1854 - 1945," Gleditschia, 6 (1978), 61-84, Tf. I-VI.
- (31) Gottlieb Haberlandt, "Wundhormone als Erreger von Zellteilungen," Beiträge Allgemeine Botanik, 2 (1921), 1-53.
- (32) Ekkehard Höxtermann, "Wilhelm Ruhland und seine Leipziger 'Schüler' in Berlin," NTM - Schriftenreihe zur Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin, 28 (1991) 95-107.
- (33) Ekkehard Höxtermann, "Karl Otto Müller (1897-1978) und die Entdeckungsgeschichte der Phytoalexine," Journal of Phytopathology, 132 (1991), im Druck.
- (34) Karl Otto Müller, H. Börger, "Experimentelle Untersuchungen über die Phytophthora-Resistenz der Kartoffel. Zugleich ein Beitrag zum Problem der 'erworbenen Resistenz' im Pflanzenreich," Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 23 (1940), 189-231, hier S. 223.