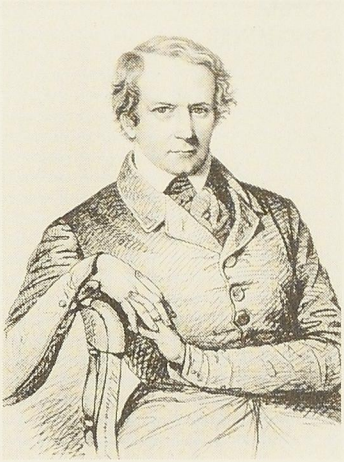
OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 275

# Klassische Schriften zur Zellenlehre

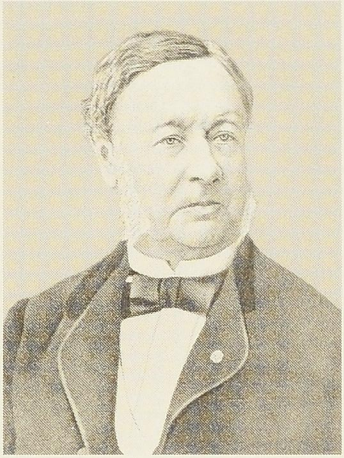
Matthias Jacob Schleiden
Theodor Schwann
Max Schultze

Verlag Harri Deutsch

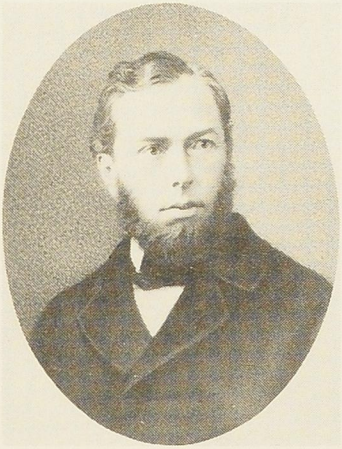
OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 275



Matthias Jacob Schleiden
5.4.1804 - 23.6.1881



Theodor Schwann
7.12.1810 - 14.1.1882



Max Schultze
25.3.1825 - 16.1.1874

# OSTWALDS KLASSIKER DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
## Band 275

# Klassische Schriften zur Zellenlehre

Matthias Jacob Schleiden
Theodor Schwann
Max Schultze

Eingeleitet und bearbeitet von
Ilse Jahn

Verlag Harri Deutsch

Das Porträt von Max Schultze wurde uns freundlicherweise vom Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin zur Verfügung gestellt.
[Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin
(Sigel: MfN d. HUB)
Historische Bild- u. Schriftgutsammlungen

Bestand: Zool. Mus.
Signatur: B I/556 (Portät Max Schultze)]

*Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek*

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

**ISBN 3-8171-3407-X**

Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und das Speichern und die Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.
© Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH,
Frankfurt am Main, 2003
1. Auflage Akademische Verlagsanstalt Geest & Portig, Leipzig
2. Auflage 2003
Druck: Rosch-Buch Druckerei GmbH, Scheßlitz
Printed in Germany

# Inhalt

Einführung und Erläuterung zur Geschichte der Zellenlehre und der Zellentheorie . . . . . 6

Literatur und Quellen . . . . . 40

Bemerkungen zur Edition . . . . . 45

1. Matthias Jacob Schleiden: Beiträge zur Phytogenesis (1838) . . . . . 46

2. Theodor Schwann: Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen (1839) . . . . . 79

Vorrede . . . . . 79

Inhaltsübersicht . . . . . 88

III. Abschnitt: Rückblick auf die vorige Untersuchung, der Zellenbildungsprozeß, Theorie der Zellen . . . . 90

3. Max Schultze: Über Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe (1861) . . . . . 131

Verzeichnis (Fremdwörter, Fachausdrücke, Übersetzungen fremdsprachiger Zitate) . . . . . 155

Personenregister . . . . . 162

# Einführung und Erläuterung zur Geschichte der Zellenlehre und der Zellentheorie

Von Ilse Jahn

Die ständig fortschreitende optische Erschließung neuer Strukturebenen in Organismen und die Erkenntnisse über die Funktionen der „Zellinhaltskörper" als Elementareinheiten der Lebensprozesse haben noch nicht die „Zelle" aus ihrer zentralen Rolle als morphogenetisches Grundelement im Leben der Organismen verdrängen können. Die Zytologie hat durch die Verbesserung der optischen, instrumentellen und analytischen Hilfsmittel zu immer tieferen Einsichten in die allgemeinen und speziellen Lebensfunktionen geführt und in der jüngsten Zeit bedeutende Beiträge auch zur „Biotechnologie", zur industriellen Produktion von Rohstoffen mittels Zellen, geleistet.

Doch im Verlauf ihrer Erforschungsgeschichte haben sich wiederholt der Begriff und das Konzept der „Zelle" geändert, so daß es nicht leicht ist, einen eindeutigen Beginn und eine kontinuierliche Entwicklung der Zellforschung zu rekonstruieren. Zu viele Einzelentdeckungen aus den verschiedensten biologischen Arbeitsrichtungen, die einen zeitlich und thematisch unterschiedlichen Ausgangspunkt hatten, sind letztlich in die Zytologie eingeflossen. Jedesmal, wenn eine neue Etappe der Erkenntnis erreicht war, wurde auch ein historischer Rückblick gegeben, und bereits von der Mitte des 19. Jh. an spiegeln sich in den unterschiedlichen historiographischen Darstellungen die verschiedenen Auffassungen vom Gegenstand wider.

Erstaunlich ist, daß sich bei allem Wandel der Konzeptionen der Name „Zelle" erhalten hat, seitdem er erstmals bei der Entdeckung entsprechender pflanzlicher Strukturen im 17. Jh. geprägt wurde, aber fast 200 Jahre lang die Vorstellungen auch irregeführt hat.

Es ist nicht verwunderlich, daß Zytologen, Embryologen, Bakteriologen, Algologen, Protozoologen etc. bei Literaturstudien immer wieder auf die Pioniere der „Zellenlehre" stießen und „Vorläufer" entdeckten, die bereits lange vor M. J.

Schleiden und Th. Schwann die Zellstruktur von Pflanzengeweben, das Vorkommen analoger tierischer Elemente (Bläschen, Körnchen, Kügelchen) und die Vermehrung von Zellen gesehen und teilweise richtiger gedeutet haben als Schleiden und Schwann. Vor allem ist im 20. Jh. wiederholt auf die frühzeitige Beschreibung von Zellen und der Übereinstimmung zwischen pflanzlichen und tierischen Strukturelementen durch J. E. Purkyně und seine Schüler hingewiesen worden (Heidenhain 1907, Studnička 1927, 1931, Hintzsche 1953, Frankenberger 1959, Krutá, Rothschuh, Stannard 1969), so daß ihnen teilweise die Priorität der „Zellentheorie" (= „Körnchentheorie" von Purkyně 1839) zugeschrieben wurde.
Inwieweit dadurch die Schleiden-Schwannsche „Zellenlehre" relativiert wird und was die eigentliche „Zellentheorie" beinhaltet, kann nur durch die Lektüre der „klassischen" Arbeiten selbst beantwortet werden. Wir betrachten sie trotz allem nach wie vor als einen Neubeginn in der Zellenforschung und als einen Markstein in der Geschichte der Biologie, zu dessen 150jährigen Jubiläum (1988) sie hier vorgelegt werden.
Um ihren Stellenwert in der Entwicklung der Zellenforschung zu verdeutlichen und klarer zwischen den Begriffen „Zellenlehre" und „Zellentheorie" zu unterscheiden, muß zunächst ein kurzer Rückblick auf die Vorgeschichte geworfen werden.

## Die Vorgeschichte

Die Entdeckung und Interpretation der Zellen als Bestandteil von Organismen und Organen ist mit der Erfindung und Weiterentwicklung des Mikroskops und der gesamten mikroskopischen Technik verbunden und hat ihren Ursprung im 17. Jh. Damals war in den Seefahrernationen England und Holland (zunächst für Teleskope) der optische Gerätebau entwickelt worden und hatte die Wissenschaftszentren Frankreichs und Italiens beeinflußt. Ab 1620 kamen die ersten zusammengesetzten Mikroskope – ebenfalls in Italien, Holland und England – in Gebrauch (vgl. E. Ruska 1979), und die Benutzung für wissenschaftliche Untersuchung auch biologischer Objekte wurde in Italien durch die ersten Akademien (*Accademia dei Lincei* (1601–1630, dann *Acc. del Cimento*), in England durch die *Royal Society* (ab 1662) gefördert. Unter dort führenden Na-

turforschern finden wir die ersten großen Mikroskopiker und auch diejenigen, die als erste die zellige Struktur in Pflanzenteilen erkannten, beschrieben und benannten. Der Engländer Robert Hooke bildete in seinem der neuen mikroskopischen Technik gewidmeten Werk „Micrographia" (1665) die Zellen an Dünnschnitten des Flaschenkorks ab und gab ihnen die – für dieses Objekt ganz zutreffende – Bezeichung „*cellula*" (Kämmerchen), da an diesem toten Pflanzengewebe wirklich der hohle Innenraum, von Wänden umschlossen, das markanteste Merkmal war. Darüber hinaus bildete Hooke auch schon die Zellen in lebenden Pflanzenteilen (Hollundermark, Stengeln und Blättern von Fenchel, Disteln, Schilf, Farn u. a.) ab, vermutete, daß sie mit Flüssigkeit zur Ernährung der Pflanzen gefüllt seien, und analogisierte das mit der Blutzirkulation bei Tieren, obwohl er keine Verbindung zwischen den Zellen erkennen konnte. Sein Landsmann Nehemia Grew, der den mikroskopischen Pflanzenstudien ein eigenes Buch widmete (Anatomy of Vegetables begun 1672, Anatomy of Plants 1682) und die Anatomie von Wurzeln, Stengeln, Blättern und Blüten mit weit über 100 Abbildungen darstellte, hatte für die Zellstrukturen zunächst die Bezeichnung „Poren" oder „Bläschen" gewählt, weil er den Vergleich mit Bierschaum heranzog. Da ihm die Bläschen jedoch nicht von einfachen Häutchen oder Membranen umschlossen schienen, sondern durch mehrere Lagen feinster „Fasern" miteinander vernetzt schienen wie bei einem Textilgewebe, prägte er für den Zellverband den Namen „Gewebe". Wie Grew widmete sich zur gleichen Zeit der italienische Anatom Marcello Malpighi der Pflanzenanatomie und veröffentlichte in seiner „Anatome plantarum" (1675) ebenfalls Abbildungen von zelligem Pflanzengewebe. Als Tieranatom verglich er pflanzliche und tierische Anatomie, vermutete bei Pflanzen analoge „innere Organe" für Atmung, Ernährung, Saftzirkulation, forschte nach deren physiologischer Funktion und gab den pflanzlichen Gewebestrukturen entsprechende Namen wie „Gefäße", „Tracheen", eine Problematik, die lange Zeit die botanische Forschung beeinflußte und einer einheitlichen Auffassung der Elementarorgane in der Pflanze im Wege stand (s. u.).

Als erste tierische Zellen wurden im 17. Jh. die Blutkörperchen beschrieben, die man bei mikroskopischer Betrachtung von

Kapillargefäßen sah. Diese Studien waren durch Harveys Theorie vom Blutkreislauf angeregt worden, die damals noch keineswegs allgemein akzeptiert war. Sowohl Malpighi als auch die zwei maßgeblichen holländischen Mikroskopiker Jan Swammerdam und Antoni van Leeuwenhoek beschrieben in Kapillaren die runden oder ovalen kleinen Partikel im Blut, und letzterer bildete 1702 in Blutkörperchen von Fischen sogar die Zellkerne ab, von ihm als Lichtfleck bezeichnet. Doch gab es damals keinerlei gedankliche Verbindung zwischen diesen Beobachtungen und denen an Pflanzenzellen. Erst recht gab es solche Assoziationen nicht bei Leeuwenhoeks Darstellungen von Bakterien, Algen und Protozoen oder bei seiner Entdeckung der Spermatozoen („Samentierchen"), die als Einzelorganismen aufgefaßt wurden (1773).

Nichts kann wohl anschaulicher als die Spermatozoen-Studien den langen Weg verdeutlichen, der von der ersten Beobachtung und Benennung der Pflanzen-Zelle bis zu einer allgemeinen Zellenlehre im 19. Jh. führte und der nicht nur von der mikroskopischen Technik, sondern auch von den theoretischen Konzeptionen abhängig war.

A. van Leeuwenhoek, der seine erstaunlichen Entdeckungen nicht mit einem eigentlichen (zusammengesetzten) Mikroskop, sondern mit einfachen Lupen machte und dadurch optische Artefakte besser vermeiden konnte, erzielte durch seine besondere Herstellungstechnik Lupen mit bis zu 270facher linearer Vergrößerung (Ford 1981). Damit gelangen ihm die zahlreichen Beobachtungen an Spermatozoen des Menschen wie auch vieler Tiere (Hunde, Schafe, Frösche, Fische und Insekten), in denen er durch die Vergrößerung innere Strukturen zu erkennen glaubte. Sie wurden bald mit der Beobachtung von Embryonen in Eiern verglichen und schienen die „Präformationstheorie" zu stützen, wonach die künftigen Organismen in Ei oder Sperma schon fertig vorgebildet seien. Diese Theorie beherrschte über 100 Jahre die Vorstellungen über die Entwicklung der Organismen, aber die Entdeckung Leeuwenhoeks hatte ihre Anhänger in zwei einander bekämpfende Lager gespalten. Die Kontroversen über die Frage, ob der Embryo in Ei oder Sperma vorgeprägt liege, regte auch im 18. Jh. weitere Forschungen darüber an, zumal auch der Philosoph Leibniz auf Seiten Leeuwenhoeks dazu philosophisch Stellung genommen hatte und maßgebliche

Physiologen wie H. Boerhaave und A. v. Haller die Präformationstheorie in ihren Lehrbüchern vertraten. Obwohl mithin im gesamten 18. Jh. Spermien und Eizellen Gegenstand mikroskopischer Untersuchungen waren, hinderten die philosophischen Konzeptionen neben der mangelhaften mikroskopischen Technik Fortschritte in ihrer Deutung.
Ein gewisser Umschwung hatte sich jedoch durch Caspar Friedrich Wolff angebahnt, der in seiner „Theoria generationis" (1759) ein gegenteiliges, aber ebenfalls extremes Konzept verteidigte, als er die Bildung des Embryo aus einer ganz homogenen Grundsubstanz annahm. Er untersuchte die Entstehung der Pflanzenorgane aus ersten Anfängen und sah deutlich die Scheitelzellen am Vegetationspunkt, den er jedoch als homogene gallertartige Masse beschreibt, in der zunächst Bläschen (*vesicula*) entstehen. Erst im Verlauf ihrer Vergrößerung sollen sie aneinanderstoßen und die „Zellen" bilden; das weitere Wachstum der Pflanzen geschehe durch Vergrößerung der Zellen und Gefäße sowie durch ihre Neubildung in der homogenen Interzellularsubstanz. Erst durch Wolff, dessen Angriffe gegen die Präformationstheorie neue mikroskopische Studien provozierten, wurde der Terminus „Zelle" (neben dem der „Gefäße") in der botanischen Literatur heimisch, obwohl er auch schon in dem botanischen Lehrbuch von Chr. G. Ludwig (1742) bei seiner Darstellung des sich bildenden Pflanzengewebes aus „Fasern" mitverwendet wird (Möbius 1937). C. F. Wolffs Arbeiten kennzeichnen einen grundlegenden Wandel im Denken, wenngleich sich seine Theorie der Epigenese erst nach seinem Tod allmählich durchzusetzen begann. Er führte die „genetische Methode" (von Goethe so bezeichnet) in das Studium organismischen Wachstums ein, nämlich die Suche nach den Anfängen und den Bildungsgesetzen anstelle der Beschreibung fertiger Organe und Organismen. Die vergleichenden Untersuchungen an tierischen Keimlingen (Hühnerembryonen), bei denen Wolff die allmähliche Bildung der Blutgefäße und des Herzens, der Nieren und des Darmkanals, der Wirbelsäule und der Extremitäten beobachtete, führten ebenfalls zur Darstellung des ungeformten ersten Anfanges, des „Keimflecks", als einer Masse „einfacher aufeinandergehäufter Kügelchen", eine Bezeichnung, die sich um 1800 häufig bei mikroskopischen Beobachtungen findet und verschieden gedeutet wurde (Hughes 1959).

Es lag in der Natur der Untersuchungsobjekte und dem Stand der mikroskopischen Technik, aber ebenso mancher philosophischer Anschauungen, daß im 18. Jh. zwar wiederholt pflanzliche Zellen gesehen und beschrieben wurden, trotz aller durchaus üblicher Vergleiche mit tierischer Anatomie und Physiologie in dieser Hinsicht keine Analogien entdeckt wurden. So regte z. B. die Monadenlehre von G. W. Leibniz die Suche nach „Elementareinheiten" und die Deutung mikroskopisch kleiner Korpuskeln, Körnchen, Kügelchen und Zellen als die die Organismen aufbauenden „Monaden" an, ohne daß nachträglich entschieden werden kann, was die einzelnen Mikroskopiker gesehen und gemeint haben. So finden sich schon bei dem Halleschen Philosophen Chr. v. Wolff, der in seinen Lehrveranstaltungen über Experimentalphysik und Optik in der ersten Hälfte des 18. Jh. auch Mikroskopierübungen durchführte, Beobachtungen über Keimung, Wachstum, Wurzelbildung von Pflanzen, deren Bläschen- oder Zellstrukturen er auf der Grundlage der Monadenlehre mit der Neubildung von Pflanzenteilen in Verbindung brachte (1723, 1743).

In der Folgezeit waren es bis zum ersten Drittel des 19. Jh. gerade die physiologischen Fragestellungen, die auch die mikroskopischen, histologischen Studien intensivierten, aber einer einheitlichen Auffassung der Elementarteile pflanzlicher und tierischer Organe hinderlich waren. Suchte man doch geradezu nach der Spezifik von Geweben und Gewebeelementen bezüglich ihrer physiologischen Funktion. Das gilt ebenso für die funktionelle Einteilung tierischer Gewebe in drei Gruppen durch A. v. Haller (1757), der außer Muskel- und Nervenfasern noch das „Zellgewebe" (*tela cellulosa*) als Grundgerüst unterschied, wie für die 21 verschiedenen einfachen Elemente in der neuen Gewebelehre von X. Bichat (1801), von der die Histologen des 19. Jh. ausgingen.

Das trifft aber genauso für die Botaniker zu, für die um 1800 die Fragen nach der Ernährung, Atmung, Assimilation durch die chemischen Versuche über Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff in den Blickpunkt rückten und die mutmaßlichen Pflanzenorgane für den Gasaustausch und den Stofftransport von neuem interessant wurden. So benutzte der Leipziger Botaniker Joh. Hedwig ein selbst entworfenes und von dem Universitätsmechanikus S. G. Hofmann konstruiertes zu-

sammengesetztes Mikroskop nicht nur zur Untersuchung der Kryptogamen und ihrer Sexualorgane, sondern auch zum Studium der Spaltöffnungen, die er als Atmungsorgane beschrieb (1797), während A. v. Humboldt mit einem gleichen Mikroskop eine Vielzahl von Spaltöffnungen („Spaltgefäßen") mit ihren verschiedenen Schließzellen beobachtete und ihnen richtiger eine Funktion im Wasserhaushalt der Pflanzen zuschrieb (1798). Noch viel umstrittener war die Funktion der seit dem 17. Jh. bekannten „Tracheen", der Spiral- und Tüpfelgefäße, deren physiologische Aufgaben man aus der Kenntnis ihrer Struktur abzuleiten hoffte. Die Unsicherheit war der Anlaß für akademische Preisaufgaben, die die pflanzenanatomischen Forschungen stimulieren, primär aber die Fragen nach der Saftbewegung und dem Stofftransport klären sollten. Drei aus einer Göttinger Preisaufgabe (1804) hervorgegangene Arbeiten werden zur Vorgeschichte der Zellenlehre immer wieder genannt: die des Anatomen Rudolphi, der sich gegen die Ableitung der Spiralgefäße aus Zellgewebe aussprach (1807), die Preisschrift „Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen" von H. F. Link (1807) und die Arbeit „Vom inwendigen Bau der Gewächse" von L. Chr. Treviranus (1806). Während Link überzeugt war, daß auch Fasern und Gefäße aus dem Zellgewebe entstehen, jedoch ihre Entwicklung nicht beobachten konnte, erkannte Treviranus den Ursprung der Tüpfelgefäße aus Zellen.

Auch K. Sprengels „Anleitung zur Kenntnis der Gewächse" (1802) behandelt das Zellgewebe vorrangig unter funktionellem Aspekt und vermutet, daß die Gefäße aus Zellen entstehen, die er im traditionellen Sinne als Höhlen auffaßte. Die in Zellen beobachteten Stärkekörner hielt er (1812) für Jugendstadien neuer Zellen, was Schleiden kritisch vermerkt.

Ebenso stehen in P. Moldenhauers „Beyträgen zur Anatomie der Pflanzen" (1812) die Gefäße und ihre Funktionen im Mittelpunkt der Untersuchungen, wenngleich auch er die Epidermiszellen mit Spaltöffnungen korrekt wiedergibt und isolierte Einzelzellen beschreibt; insgesamt stellte er aber ein aus „Fasern" gebildetes „Gewebe" einer zelligen Substanz, dem *Parenchym*, gegenüber (wie Grew), gab sich über deren Entstehung ebensowenig Rechenschaft wie über die der verschiedenartigen Gefäße.

Demgegenüber hatte Chr.-F. Mirbel in einer „Theorie der pflanzlichen Organisation“ (1808), in der er 5 Arten von „Gefäßen“ unterschied, alle Gewebearten aus jungem Zellgewebe abgeleitet und dann 1831 an *Marchantia* die Entstehung von Zellen in den Brutknospen beobachtet, wobei er drei Formen der Zellbildung (superzellulär, intrazellulär und interzellulär) unterschied, Auffassungen, mit denen sich Schleiden ebenfalls auseinandersetzte.

In den ersten drei Jahrzehnten des 19. Jh. waren auch unter dem beherrschenden Einfluß naturphilosophischer Ideen Auffassungen über die Zelle als Ausgangsform niederer Lebewesen in Form von Urzeugung oder als Grundorgan höherer Pflanzen verbreitet. L. Oken faßte in seinem „Lehrbuch der Naturphilosophie“ (1808–11) die Pflanze als „Cumulation von kleineren Pflanzen“ auf und begann seine Vorlesung über Physiologie (1815) mit der Behandlung der „Zelle“; in seiner populären „Naturgeschichte für alle Stände“ (1835) finden sich viele Abbildungen von Pflanzenzellen und -geweben. Sein gleichgesinnter Fachkollege D. G. Kieser – von Schleiden mehrfach zitiert – widmete sich in zwei Werken den Bildungsgesetzen der Zellen: in den „Grundzügen der Anatomie der Pflanzen“ (1815) wird der Aufbau der Pflanzen aus Grundelementen geschildert und in einer Abhandlung „über die ursprüngliche und eigenthümliche Form der Pflanzenzellen“ (1818) das Entstehen der Zellformen aus physikalischen Gesetzmäßigkeiten abgeleitet und naturphilosophisch interpretiert. So erläutert er die Umbildung der ursprünglich kugeligen Form zum Rhombendodekaeder als idealer „Urform“, die dann in verschiedener Weise modifiziert wird in die „Metamorphosen“, die Holz-, Bast-, Mark- und Rindenzellen. Jede Zelle ist für Kieser „ein vollkommen organisierter und individualisierter Körper“.

Aus dem gleichen naturphilosophischen Gedankengut flossen die von C. H. Schultz-Schultzenstein vertretenen Ansichten über den Urzeugungsprozeß, wobei er die Entstehung einfachster Lebensformen mit Kristallisationsprozessen verglich (1823). Analogien waren in diesen Jahrzehnten beliebt, vor allem die Vergleiche zwischen Pflanzen und Tieren, woraus auch die Überbewertung des Milchsaftes der Pflanzen als „Lebenssaft“ und quasi als Nährmedium für die Elementarorgane der Pflanzen resultierte.

Im folgenden Jahr (1824) stellte H.-J. Dutrochet in seinen vergleichenden anatomischen und physiologischen Untersuchungen der inneren Struktur der Tiere und Pflanzen (Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité) eine neue Theorie über die Zusammensetzung der pflanzlichen und tierischen Gewebe aus unzähligen „Bläschen" auf, wobei er Muskel-, Nerven-, Gehirnzellen mit Gewebe von Pflanzen und Wirbellosen verglich. Er glaubte zu diesem Zeitpunkt die pflanzenanatomische Forschung an ein Ende gekommen, was für die optischen Hilfsmittel tatsächlich zutraf. Wenige Jahre später gab es im Mikroskopebau einen Wendepunkt, so daß nach 1830 ein neuer Aufschwung einsetzte.

## Die Herausbildung der „Zellenlehre" in der Botanik und die Entstehung der „Beiträge zur Phytogenesis" von M. J. Schleiden (1838)

Während der Gebrauch von einfachen Lupen im 18. Jh. bei Botanikern allgemein gebräuchlich war, schon um die für die Linnésche Bestimmungsmethode und die Klassifizierung nach seinem Sexualsystem nötigen Befruchtungsorgane erkennen zu können, bot die Benutzung zusammengesetzter Mikroskope solange keine Vorteile, wie die Kombination von Linsen bereits bei geringerem Vergrößerungseffekt nicht nur Verzerrungen der Objekte bewirkte, sondern auch ungenügende Helligkeit sowie optische Verfälschungen des Bildes durch farbige Ränder, Interferenzringe und-figuren, die Newton für unvermeidbar gehalten hatte, aufwies. Erst kurz vor 1800 gelang in Holland die Herstellung achromatischer Linsen auch für Mikroskope und um 1825 in England die Kontruktion achromatischer Objektive mit kurzer Brennweite, die die Farb- und Öffnungsfehler bei stärkerer Vergrößerung vermieden, während in Italien der Physiker J. B. Amici um 1820 durch Einbau von Spiegeln wie beim Spiegelteleskop bessere Bildqualitäten erreichte. Die Bemühungen um leistungsfähigere zusammengesetzte Mikroskope im ersten Viertel des 19. Jh. erfolgten jedoch nicht primär aus physikalischem, technischem oder ökonomischem Interesse (wie etwa die Lupenschleiferei, die auch durch das Textilgewerbe stimuliert wurde). Sie gingen vielmehr Hand in Hand mit den an-

wachsenden physiologischen Streitfragen in Medizin und Botanik. Waren es in der Botanik die Probleme des Stoffwechsels, des Wachstums und der Befruchtung, die die mikroskopische Pflanzenanatomie förderten und mittelbar die Zellenforschung bedingten, so führten in der Medizin und Zoologie vor allem Fragen der Embryologie und der Nerven- und Stoffwechselphysiologie zum Bedürfnis intensiver mikroskopischer Forschung, so daß die Fortschritte mikroskopischer Technik in der Zusammenarbeit zwischen Biologen (Medizinern, Anatomen, Physiologen) und Optikern bzw. mechanischen Werkstätten bestanden. Das traf auf J. Hedwig und seine Zusammenarbeit mit Hoffmann in Leipzig zu, das gilt für die Kooperation zwischen dem Mediziner Th. Hodgkin und J. J. Lister, dem Konstrukteur des ersten achromatischen, korrigierten Mikroskops (1827), zwischen dem Mediziner Selligue und dem Instrumentenbauer Chevalier in Paris (1824), zwischen Amici und den Pariser Werkstätten, bevor er seine eigene in Florenz gründete (1831).

Der Verbesserung der Instrumente folgte ihre serienmäßige kommerzielle Herstellung, eine Voraussetzung für die breitere Anwendung mikroskopischer Untersuchungen. Als leistungsfähige optische Werkstätten profilierten sich um 1830 die Mikroskopebauer Chevalier und Oberhäuser in Paris, Amici in Modena und Florenz, Plössl in Wien und Pistor und Schieck in Berlin, deren Instrumente die wesentlichen Beiträge zur Begründung einer Zellenlehre leisteten.

Maßgebliche wissenschaftliche Probleme wurden vor allem an den zwei Lehrstühlen für Physiologie – bei J. E. Purkyně in Breslau (heute Wrocław) und Prag und bei Joh. Müller in Berlin – von einem größeren Schülerkreis bearbeitet, die miteinander in Erfahrungsaustausch standen, während es vergleichbare botanische Schulen im ersten Drittel des 19. Jh. nicht gab, da die wenigen sich erst aus der Medizin oder der „Naturgeschichte“ emanzipierenden botanischen Lehrstuhlinhaber sich vorrangig der Systematik und der Botanischen Gärten zu widmen hatten.

Über die Situation an der erst 1810 gegründeten Universität Berlin, die der Mutterboden für die Begründung der „Zellentheorie“ wurde, sagte Schleiden in einem Brief an Schlechtendal (Dez. 1837): „So viele Botaniker auch in Berlin leben, so verfolgt doch jeder so ganz und gar seinen eigenthüm-

lichen Weg, daß hier eigentlich ein *bellum omnium contra omnes* [Krieg aller gegen alle] und keine Schule existiert . . ." In Berlin treffen wir zu dieser Zeit einen großen Teil derjenigen Botaniker an, die bereits zur Vorgeschichte der Zellenlehre genannt wurden: die zwei ersten Preisträger der Göttinger Preisaufgabe (s. o.), K. A. Rudolphi (in Berlin als Ordinarius für Anatomie und Physiologie berufen und kaum mehr botanisch tätig) und H. F. Link (seit 1815 Ordinarius und Direktor des Botanischen Gartens, aber vielseitig physiologisch und mikroskopisch-anatomisch interessiert), weiterhin – ebenfalls in der Medizinischen Fakultät – der naturphilosophisch geprägte K. H. Schultz-Schultzenstein als o. Honorarprofessor für Physiologie und Botanik und der Ordinarius für „Vergleichende Physiologie" Joh. Horkel, M. J. Schleidens Onkel und sein Mentor bei den ersten mikroskopischen Untersuchungen. Schließlich muß als vielleicht wichtigster Fachkollege Schleidens der Schüler von H. F. Link, F. J. F. Meyen, genannt werden, der von 1834–40 als außerord. Professor für Botanik in der Phil. Fakultät wirkte und sich von der Studentenzeit an und als prakt. Arzt (ab 1826) mit pflanzenphysiologischen und -anatomischen Themen befaßte. Seine Arbeiten und Lehrbücher führen direkt zur Zellenlehre hin und waren eine der Grundlagen für Schleiden: „Methodische Arbeiten zur mikroskopischen Präparationstechnik" (1828) und „Anatomisch-physiologische Untersuchungen über den Inhalt der Pflanzenzellen" (1828), „Die Phytotomie" (1830), „Über die Bewegung der Säfte in den Pflanzen" (1834), „Über die Secretionsorgane der Pflanzen" (1837) und „Neues System der Pflanzen-Physiologie" (3 Bde. 1837–39). Meyen arbeitete zunächst mit einem englischen Mikroskop mit 200facher Vergrößerung und fertigte die Schnitte – wie damals allgemein üblich – freihändig mit dem Skalpell an. Seine Abbildungen sind eigenhändig gezeichnet und stellen „wirkliche Gesamtbilder des zellulären Aufbaus der Organe" und der verschiedenen Gewebearten dar (Mägdefrau 1973).

Die „Phytotomie" kann man als Lehrbuch über den Bau der Pflanzen aus „Zellgewebe" betrachten und kennzeichnet eigentlich schon die Existenz einer „Zellenlehre" zu Beginn des vierten Jahrzehnts des 19. Jh., wenn man darunter den Aufbau des pflanzlichen Organismus aus Zellen versteht. Wie

Schleiden in seiner Arbeit mehrfach betont, handelte es sich jedoch bei Meyen um die deskriptive Darstellung der ausgebildeten Gewebe, die er (wohl nach dem Vorbild der medizinischen bzw. tieranatomischen Gewebelehre) in verschiedene Gewebearten einteilt, und zwar nach der Form ihrer Zellen: zunächst in unregelmäßiges und regelmäßiges; bei letzterem unterscheidet er *Merenchym* und *Parenchym*, *Prosenchym* und *Pleurenchym* (=faserförmige Zellen). Außerdem beschreibt er Harz-, Schleim- und Luftgänge, Drüsen und die Milchröhren, die er mit dem Blutgefäßsystem der Tiere analogisiert, sowie Zellinhaltskörper wie Stärkekörner, Kristalle, Chlorophyllkörner (=grüne Bläschen) und die Zellsaftbewegung. Wie eng für Meyen die Darstellung der Zellgewebe mit den Fragen der physiologischen Funktionen der Pflanzenorgane verknüpft waren, zeigt sein dreibändiges „Neues System der Pflanzen-Physiologie" (1837–39), das von Schleiden vorwiegend zitiert wird.

Die Anregung zur mikroskopischen Forschung und zur Beschäftigung mit der Anatomie und Physiologie der Pflanzen war also in Berlin (wo außerdem noch bedeutende Taxonomen wie C. S. Kunth, J. F. Klotzsch, K. H. Th. Koch wirkten) außerordentlich groß, wurde durch fachübergreifenden Erfahrungsaustausch wie z. B. mit den zoologisch forschenden Medizinern Chr. G. Ehrenberg, Joh. Müller und J. Henle (s. u.) gefördert, die sich in den 30er Jahren zunehmend intensiv mit mikroskopischen Studien beschäftigten, und durch die Entwicklung der bald berühmten optischen Werkstätten von Pistor und Schieck auch technisch unterstützt.

Ein Spiegel für die vorrangig interessierenden Themen und den Meinungsaustausch zwischen Botanikern, Medizinern (Zoologen) und Mineralogen sind die Vortragssitzungen der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, deren Protokolle in den entscheidenden Jahren zwischen 1835 und 1839 einen hohen Prozentsatz mikroskopischer Demonstrationen aufzeigen. Zu den regelmäßigen Teilnehmern gehörten Horkel, Link, v. Buch, Weiß, Joh. Müller und Ehrenberg, die häufig Vorträge hielten, und ab Ende 1837 auch M. J. Schleiden als Gast. Während Ehrenberg fast in jeder Sitzung „Infusorien" (meist Einzeller) sowie das Nervensystem wirbelloser Seetiere mikroskopisch demonstrierte, zeigte Joh. Müller 1836 Knochenschliffe und den Bau des

Knorpels, 1837 Zeichnungen über „die genesis der Wirbel, bes. der Fische“ (s. u.) und Anfang 1838 die „Struktur der Geschwulste“; Link referierte 1835 und 1836 über pflanzliches „Amylum“ (Stärke) und über „Spiralgefäße in der Haut einiger Samen“ und im Mai 1836 über die „Bewegung der Körner in den Papillen des Stigma der Tulpe“. Zu diesem Thema äußerte sich im Juni 1836 auch Horkel und berichtete dann von seinen Studien über die Befruchtung, wobei er nicht nur bei *Mono-*, sondern auch bei *Dikotylen* das Eindringen der Pollenschläuche durch den Kanal des Griffels bis zu den Samenanlagen und in die *Mikropyle* beobachtet habe. Er belegte die verschiedenen seit Jahren diskutierten Auffassungen über den Befruchtungsvorgang mit Literatur. So hatte *Amici* (1823) den Pollenschlauch aus dem Pollenkorn wachsen sehen, Ad. Brogniart (1827) das Eindringen des Pollenschlauchs durch den Griffel und schließlich 1830 Amici auch seinen Eintritt in die *Mikropyle*. Trotzdem war auch die ältere Auffassung im Gespräch, wonach die Pollen auf den Narbenpapillen zerplatzen und ihr Inhalt (kleine Körnchen) durch Öffnungen in den Papillen zu den Samenanlagen gelangen sollten, eine Vorstellung, die offenbar Link in seinem Vortrag noch vertreten hatte.

Dieses Problem der Befruchtung wurde also in Berlin kontrovers diskutiert, als M. J. Schleiden sein Studium bei seinem Onkel an der Berliner Universität fortsetzen wollte.

Matthias Jacob Schleiden, 1804 als Sohn eines Hamburger Arztes geboren, hatte zunächst in Heidelberg Jura studiert, 1826 dort promoviert und sich 1827 als Rechtsanwalt in Hamburg niedergelassen. Berufliche Depressionen mit einem Nervenzusammenbruch veranlaßten 1832 einen Berufswechsel. Er nahm in Göttingen das Medizinstudium auf, das er nach 5 Semestern im Sommer 1835 in Berlin fortsetzte. In Göttingen war er durch den Pflanzensystematiker F. G. Bartling zur Botanik geführt worden, widmete sich aber in Berlin kaum der systematischen Richtung, sondern unter dem Einfluß seines Onkels Horkel physiologischen Fragen und mikroskopisch-anatomischen Studien. Aus der aktuellen Streitfrage über Befruchtung und Keimesentwicklung (s. o.) entstand seine erste Arbeit „Einige Blicke auf die Entwicklungsgeschichte des vegetabilischen Organismus bei den Phanerogamen“ (Wiegmann's Arch. f. Naturgesch. 3, 1837, S. 289–320) mit der

irrtümlichen Ansicht, daß der Pflanzenembryo in der Spitze des Pollenschlauches entstehe, die damals außer Horkel und Schleiden auch noch die österreichischen Botaniker Endlicher und Unger sowie die Berner Professoren Valentin und Wydler teilten, die sich ebenfalls mit Studien zur Embryo- und Zellbildung befaßten. Erst Schleidens zweite Veröffentlichung zu diesem Thema, „Über die Bildung des Eichens und die Entstehung des Embryo's bei den Phanerogamen" (Nova Acta Leopoldina 19, P. 1, 1939), löste allgemeinen Widerspruch – auch in Berlin durch Meyen – aus und intensivierte die mikroskopischen Forschungen, die nur langsam zur Berichtigung führten, besonders durch Amici (1847), Hofmeister (1849), Radlkofer (1856), zur endgültigen Klärung aber eigentlich erst 1884 durch E. Strasburger (Möbius 1937, Mägdefrau 1973).

Die allgemeine Anerkennung der Zellenlehre und ihre spätere Modifizierung trug dazu nicht unwesentlich bei.

Die Arbeit Schleidens „Beiträge zur Phytogenesis" (1838), die jene einleitete, war eigentlich ein Nebenprodukt der Studien über die Befruchtung und ging nicht primär von pflanzenanatomischen Fragestellungen aus. Daraus ist es zu verstehen, daß Schleiden seine Befunde über die Zellbildung am Embryosack gewann, in dem es die „freie Zellbildung", die er offenkundig beobachtete, als Ausnahmefall gibt, wenn auch nicht in der von Schleiden beschriebenen Weise. Vor allem resultierte aus diesen Untersuchungen aber wohl der wichtigste Grundgedanke dieser klassischen Arbeit, der ihr erst diese Bedeutung als Ausgangspunkt einer neuen Problemsicht gab: die Forderung, daß das Studium der Entstehung und Weiterentwicklung der Zelle den Schlüssel für die Entstehung aller übrigen Gewebeteile und letztlich für die Gestaltbildung der gesamten Pflanze enthält.

Die morphogenetische Bedeutung der Zelle und ihres Kerns war der Hauptaspekt dieser Zellenlehre, die damit neu begründet wurde, obwohl die Kenntnis der Zellen als Strukturelemente (neben anderen Bauteilen) und vereinzelt auch als Ursprung für Gefäße längst vorlag.

Einen entscheidenden Impuls für diese neuen Gedankengänge bekam Schleiden von dem englischen Botaniker Robert Brown – der schon 1831 (1833) den Zellkern beschrieben und als *nucleus cellulae* benannt hatte – als er auf