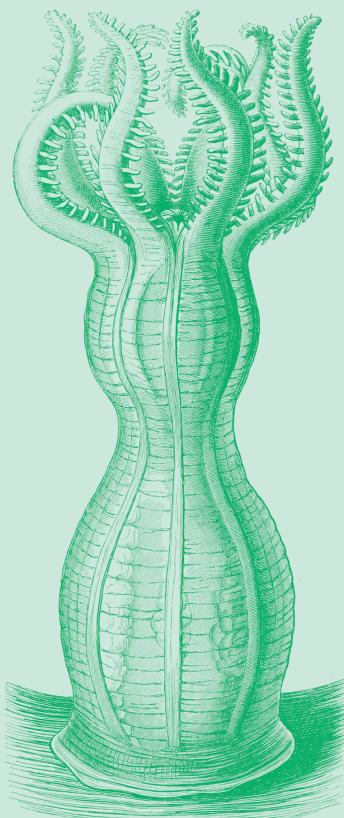


1

# EINFLÜSSE: WISSENSCHAFT IM UMBRUCH



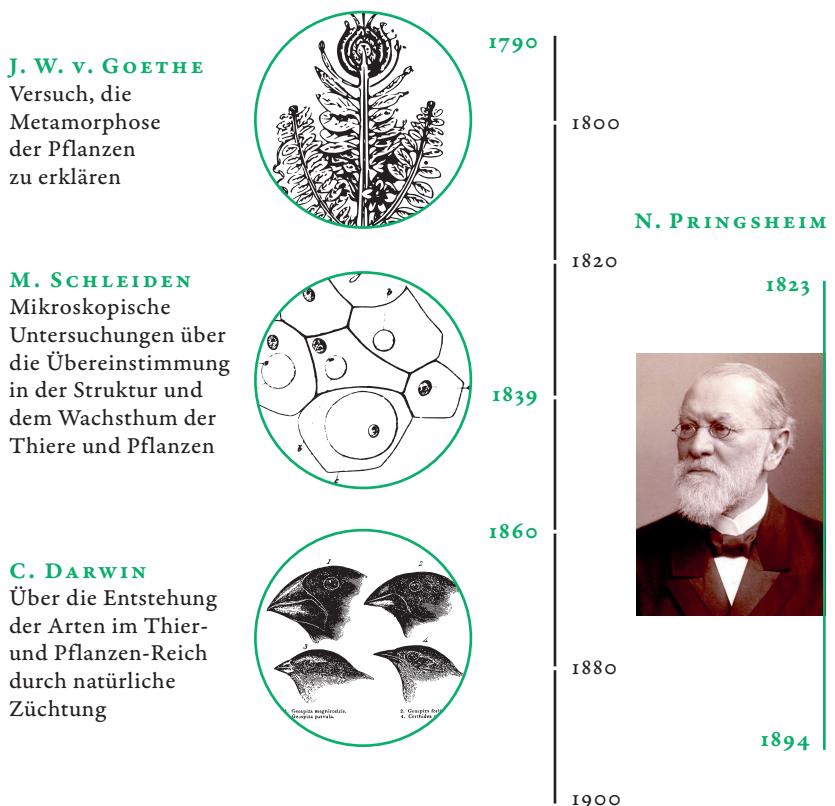
„Die Naturphilosophie gehört zu den ältesten, erhabensten und schönsten Beschäftigungen des menschlichen Geistes, und sie wird auch in der Zukunft immer ihre Anhänger finden. Denn sie vermag nicht nur das Verständnis für die Schönheit und Harmonie der Natur zu wecken, sondern auch tiefe Einsichten in die Struktur und Gesetzmäßigkeiten des Universums zu vermitteln.“

— Johann Wolfgang von Goethe, Maximen und Reflexionen (1833)

„Die moderne Naturwissenschaft hat uns gelehrt, dass wir nur dann wahres Wissen erlangen können, wenn wir uns auf die sinnliche Wahrnehmung und die systematische Überprüfung von Hypothesen stützen. Es ist nur durch die sorgfältige Anwendung von Methoden wie Beobachtung, Experiment und Mathematik möglich, unser Verständnis der Natur zu vertiefen und zu erweitern.“

— Hermann von Helmholtz, Über die Erhaltung der Kraft (1847)

NATHANAEL PRINGSHEIM wurde in einer Zeit geboren, als sich die modernen Naturwissenschaften gerade formierten. Das 19. Jahrhundert stand im Zeichen eines Paradigmenwechsels, der seine Wurzeln im 18. Jahrhundert hatte und das seit der Antike bestehende statische Weltbild verdrängte. In diesem Kapitel werde ich die Übergangsphase vom statischen zum dynamischen Weltbild beschreiben und die Schlüsseltheorien vorstellen, die Nathanael Pringsheims wissenschaftliche Arbeit prägten (siehe Abb. 1.1).



**Abb. 1.1. KAPITELÜBERBLICK „EINFLÜSSE“.** Wichtige Einflüsse auf das Schaffen von Nathanael Pringsheim, die in diesem Kapitel genauer beschrieben werden.

## 1.1 VOM STATISCHEN ZUM DYNAMISCHEN WELTBILD

*„Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war wüst und leer, und Finsternis lag auf der Tiefe; und der Geist Gottes schwebte über dem Wasser. Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es ward Licht.“*

— 1. Mose 1, 1 – 3 (Beginn des Alten Testaments, Lutherbibel)

BIS ZUM BEGINN des 19. Jahrhunderts herrschte die Annahme vor, dass der Ursprung allen Lebens auf die Schöpfungsgeschichte des Alten Testaments zurückgeführt werden kann und in der Bibel verlässlich dokumentiert ist. Basierend auf Untersuchungen biblischer Genealogien schätzten Theologen die Epoche der Schöpfung auf rund 4.000 Jahre vor Christus. Dies implizierte, dass sowohl die Erde als auch alle darauf lebenden Organismen seit dieser Zeit unverändert bestehen würden.

Das statische Weltbild manifestiert sich im biologischen Konzept der Präformation. Diese Vorstellung beruht auf der Annahme, dass ein Individuum nicht neu entsteht, sondern aus bereits vorhandenen Strukturen hervorwächst und sich entfaltet (Abb. 1.2.). Die Vorstellung einer im Wesentlichen unveränderten Welt geriet jedoch seit dem späten 18. Jahrhundert durch zahlreiche neue Entdeckungen ins Wanken. So fanden der schottische Geologe Charles Lyell und sein deutscher Kollege Karl Ernst Adolf von Hoff heraus, dass die Erdkruste nicht unveränderlich ist, sondern sich im Verlauf von Jahrtausenden kontinuierlich gewandelt hat.

**Abb. 1.2. HOMUNCULUS.** In einem statischen Weltbild war kein Platz für die Entwicklung von Neuem. Der Embryo ist im Spermium bereits präformiert und bildet sich durch Ausstülpung. Zeichnung von Nicolas Hartsoeker (1694).



Ebenso wurde die Idee der Konstanz des biologischen Lebens durch Naturforscher aus Frankreich und England in Frage gestellt. Jean-Baptiste Lamarck aus Frankreich war einer der frühen Befürworter der Idee, dass sich biologische Organismen im Laufe der Zeit transformieren können. Seine Theorie, bekannt als Lamarckismus, postulierte, dass Organismen im Verlauf ihres Lebens erlangte Eigenschaften an ihre Nachkommen weitergeben können. Obwohl der Lamarckismus heute weitestgehend abgelehnt wird, markiert er einen wichtigen Meilenstein in der Entwicklung des Evolutionskonzepts. Die britischen Naturforscher Charles Darwin und Alfred Russel Wallace legten schließlich eine Theorie vor, die besagt, dass sich Arten im Laufe der Zeit durch natürliche Selektion verändern und weiterentwickeln (siehe **ABSCHNITT 1.3**).

Die Entdeckung der Veränderungen in der belebten und unbelebten Natur führte zu einem einschneidenden Paradigmenwechsel hin zu einem dynamischen Weltbild mit ganz neuen Fragen und Herausforderungen. Einer der bekanntesten Naturforscher dieser Zeit war Alexander von Humboldt, der zahlreiche wissenschaftliche Expeditionen nach Südamerika und in verschiedene europäische Länder unternahm. Humboldt trug dazu bei, die Welt als ein dynamisches und vernetztes System zu verstehen und nicht als eine Sammlung isolierter Elemente.

Einer der ersten historisch denkenden Philosophen war Georg Wilhelm Friedrich Hegel. Im Zentrum seiner Geschichtsphilosophie stand der Gedanke des dialektischen Prozesses. Hegel argumentierte, dass die Welt und alles in ihr einem kontinuierlichen Wandel und einer ständigen Entwicklung unterliegen, und nicht in einem starren, statischen Zustand verharren.<sup>1</sup>

Auch die Biologie erlebte im 19. Jahrhundert einen Paradigmenwechsel, indem Entwicklungsfragen immer stärker in den Vordergrund

**... PRÄFORMATION** Begriff aus der Geschichte der Entwicklungsbiologie. Er bezieht sich auf die überholte Vorstellung, dass ein Organismus bereits vor der Befruchtung in Miniaturform in der Eizelle oder dem Spermium vollständig vorhanden ist und sich lediglich vergrößert. Diese Ansicht wurde später durch das Konzept der „Epigenese“ ersetzt, welches besagt, dass sich ein Organismus aus undifferenziertem Gewebe entwickelt und während der Entwicklung neue Strukturen bildet.

rückten. Im Zentrum dieses Interesses standen zwei Kernthemen: Die Entwicklung des einzelnen Individuums, bekannt als Ontogenese, und die Entwicklung der Arten in der sogenannten Phylogenetese (Abb. 1.3.–1.4.). Die Wissenschaftler dieser Zeit machten es sich zur Aufgabe, die Prozesse, die zur Entstehung und Entwicklung von Organismen führen, eingehend und systematisch zu untersuchen. Dies umfasste Fragen zur Zellteilung, zur Bildung von Organen und Geweben sowie zur Artbildung. Wichtig zu erkennen ist, dass hier zwei Ebenen von Ursachen zu unterscheiden sind. Auf der einen Seite stehen die unmittelbaren („proximaten“) Ursachen, die die Gestaltentfaltung in der Ontogenese erklären. Hierzu zählen physiologische, aber auch genetische Faktoren, die zu dieser Zeit noch weitgehend unbekannt waren. Auf der anderen Seite sind sogenannte letzte oder „ultimate“ Ursachen für den evolutiven Wandel verantwortlich. Ultimate Ursachen sind vor allem selektionierende Faktoren wie geographische Barrieren, die auf der Ebene von Populationen wirken. Diese differenzierte Betrachtungsweise ermöglichte es den Wissenschaftlern, einen tieferen Einblick in die komplexen Prozesse des Lebens zu erlangen und ein umfassendes Bild von der Dynamik der Natur zu entwickeln. Das neue Verständnis ging weit über die statischen Vorstellungen der Vergangenheit hinaus und eröffnete völlig neue Perspektiven auf die Welt des Lebens.<sup>2</sup>

Bei der Erforschung der unmittelbaren, also proximaten Ursachen der Ontogenese, nimmt die Zelltheorie des Botanikers Matthias Schleiden

... **PHYLOGENES (STAMMESGESCHICHTE)** Historische Entwicklung von Arten oder Gruppen von Arten im Laufe der Evolution.

... **PROXIMATE UND ULTIMATE URSACHEN** Der Evolutionsbiologe Ernst Mayr prägte die Begriffe „proximate“ (unmittelbare) und „ultimate“ (letztendliche) Ursachen, um verschiedene Ebenen der Onto- und Phylogenetese von Organismen zu charakterisieren. Proximate Ursachen, zu denen genetische, zelluläre, physiologische und Umweltfaktoren gehören, bestimmen die individuelle Entwicklung eines Organismus. Ultimate Ursachen betreffen evolutive Prozesse, wobei die natürliche Selektion ein herausragendes Beispiel für Faktoren ist, die die Entwicklungspfade einer Art prägen.

... **ONTOGENESE** Entwicklung eines Individuums von der befruchteten Eizelle bis zum erwachsenen Organismus.

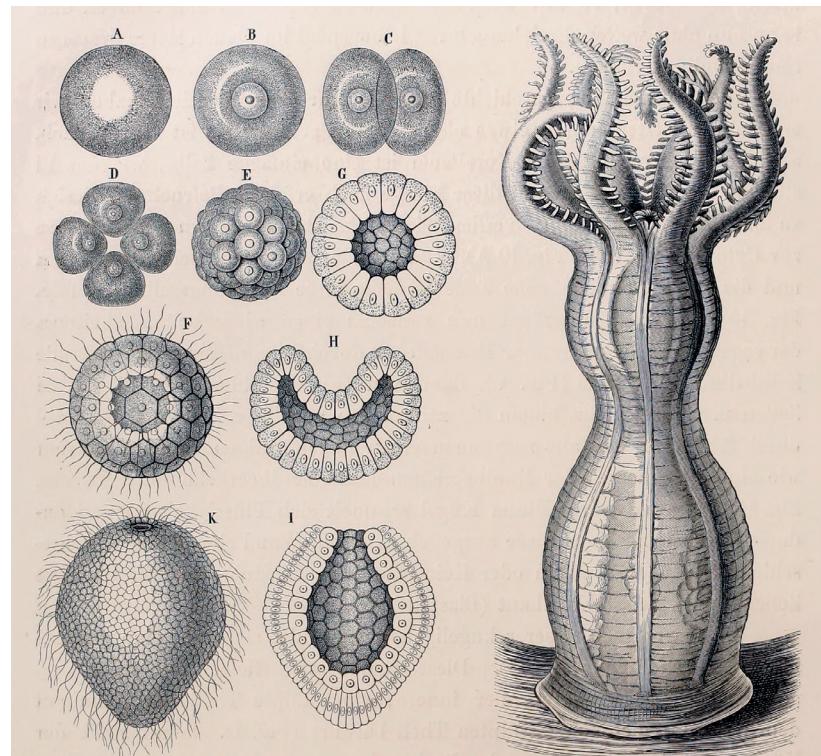


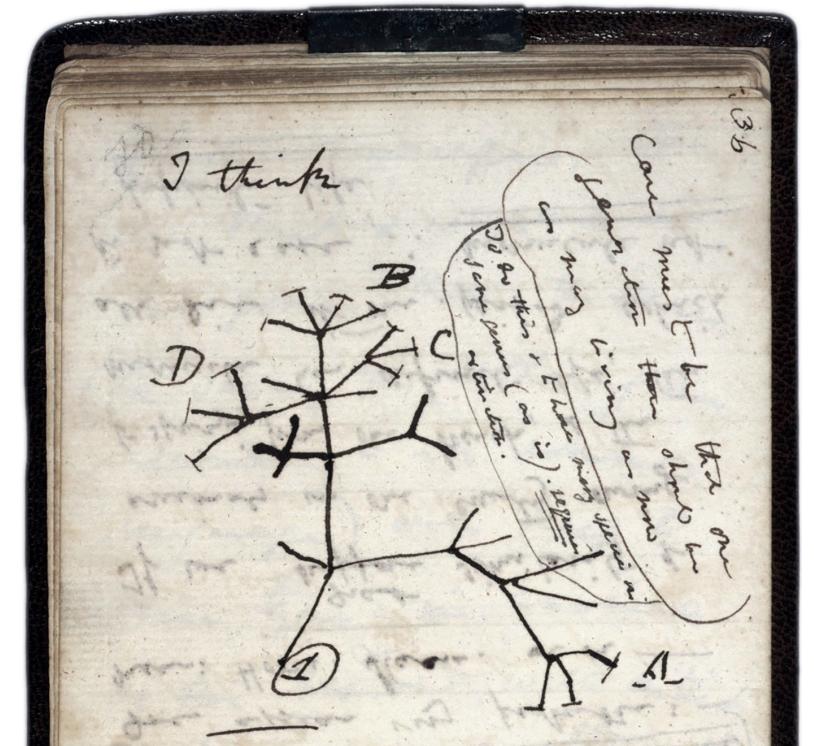
Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 10. Entwicklungsgeschichte einer achtzähligen Einzelkoralle, *MONOXENIA DARWINII*, Haeckel, Fig. 11. Alle hier abgebildeten Entwicklungsstufen sind aus der Magenhöhle von verschiedenen Personen der *Monoxenia* entnommen und stark vergrößert. A das befruchtete Ei, eine einfache Cytode (oder kernlose Zelle), Monerula. B dasselbe Ei, mit neugebildetem Kern, die erste Furchungszelle, Cytula. C–E Eifurchung. C Zweitteilung der Cytula. D Vierteilung derselben. E Maulbeerkeim oder Morula. F Keimhautblase oder Blastula. G Dieselbe im Durchschnitt. H Dieselbe in Einstülpung begriffen, im Durchschnitt. I Gastrula oder Magenlarve im Durchschnitt. K Dieselbe Gastrula, von der Oberfläche gesehen. Fig. 11. Die entwickelte *Monoxenia*.

**Abb. 1.3. ONTOGENESE.** Ontogenese der Koralle *Monoxenia darwinii*. Diese Korallenart des Roten Meeres wurde erstmals von Ernst Haeckel beschrieben. Mit dem Zusatz „darwinii“ drückte Haeckel seine Verehrung für Charles Darwin aus. Abgebildet sind die ersten Stadien der Entwicklung und die erwachsene Koralle. Originalzeichnung von Ernst Haeckel.

sowie des Anatomen und Physiologen Theodor Schwann eine zentrale Stellung ein. Diese wird im darauffolgenden **ABSCHNITT 1.2** erläutert. Charles Darwin und Alfred Russel Wallace hingegen waren entscheidend bei der Aufklärung der grundlegenden ultimaten Mechanismen der Phylogenetische Begriffe beteiligt, ein Thema, das in **ABSCHNITT 1.3** eingehender behandelt wird. Es ist allerdings zu beachten, dass die Biologie des 19. Jahrhunderts – zu Zeiten Pringsheims und Darwins – oft durch eine Vermengung und Verwechslung von proximaten und ultimaten Ursachen charakterisiert war.



**Abb. 1.4. PHYLOGENESSE.** Skizze eines phylogenetischen Baums aus einem Notizbuch von Charles Darwin.

## ZELLTHEORIE VON SCHLEIDEN UND SCHWANN

ZU BEGINN DES 19. JAHRHUNDERTS wurde die Präformationstheorie widerlegt (**Abb. 1.1.**). Anstatt dieser stellten Wissenschaftler fest, dass während der Ontogenese – der individuellen Entwicklung eines Organismus von der Befruchtung bis zur vollständigen Reife – eine Neubildung von Form und Gestalt auftritt (**Abb. 1.3.**). Trotz dieses Durchbruchs benötigte es jedoch noch einige Zeit, um das volle Ausmaß der Rolle biologischer Zellen in diesen Prozessen zu verstehen.

Die Zelle, als Grundelement allen Lebens und Basiskomponente aller Organismen – sowohl im Pflanzen- als auch im Tierreich – stellt die Urform des Lebens dar. Was uns heutzutage geläufig erscheint, war 1838/39, als die Zelltheorie von Matthias Schleiden und Theodor Schwann eingeführt wurde, eine bahnbrechende Hypothese.<sup>3</sup> Schleiden demonstrierte, dass Pflanzen aus Zellen bestehen, während Schwann aufdeckte, dass Zellen auch für die Ontogenese von Tieren essenziell sind (**Abb. 1.5. – 1.6.**). Heutzutage ist bekannt, dass neue Zellen durch Zellteilung entstehen und dass die Spontanzeugung, das heißt die Bildung von Zellen aus unbelebter Materie, unmöglich ist.

Die Zelltheorie von Schleiden und Schwann erlaubte es, biologische Entwicklungsprozesse auf Basis der Interaktionen zwischen Zellen zu beschreiben. Der bedeutende Berliner Mediziner Rudolf Virchow verdichtete 1855 die zentrale Aussage der Zelltheorie auf das Prinzip: „omnis cellula a cellula“ – jede Zelle entsteht aus einer bereits bestehenden Zelle. Virchow erweiterte die Theorie zur „Zellularpathologie“ in der Medizin und postulierte, dass Krankheiten auf Störungen in Körperzellen basieren.<sup>4</sup> Dies stellte ein revolutionäres Konzept dar, da seit der Antike Krankheiten auf Störungen des Gleichgewichts der Körpersäfte zurückgeführt wurden.

Schleiden und Schwann waren tatsächlich nicht die ersten, die durch histologische Untersuchungen – also die mikroskopische Analyse der Struktur von Gewebe – erkannten, dass biologisches Gewebe aus Zellen besteht. Diese Ehre gebührt dem Engländer Robert Hooke, der bereits

## LESEPROBE

Weitere Seiten dieses Kapitels

stehen in der vollständigen Fassung zur Verfügung

von Esenbeck und der Zoologe Johannes Müller die enthusiastischsten (Abb. 1.12. und 1.13.). Esenbeck war ein glühender Verehrer Goethes, den er im Jahr 1819 in Weimar auch persönlich traf. Zu Goethes Ehren benannte Esenbeck Pflanzenarten nach dem Geheimrat (Abb. 1.14.). Er formulierte in Anknüpfung an Goethes idealistische Morphologie eine erweiterte „physiologische Metamorphosenlehre“. Diese Lehre lenkte den Blick nicht nur auf die äußereren Lebensformen der Pflanzen, sondern auch auf deren inneren Bau und die physiologischen Zusammenhänge, die mit den Lebensfunktionen verbunden sind.<sup>12</sup> Johannes Müller entwickelte ab den 1820er Jahren in Bonn eine naturphilosophisch orientierte „neue Physiologie“ und begründete später in Berlin eine darauf aufbauende Schule. Seine Schüler Helmut von Helmholtz und Rudolf Virchow folgten jedoch ihrem Lehrer nicht, sondern vertraten einen ausgeprägten physikalischen Reduktionismus, wodurch sich die Spaltung zwischen Naturhistorikern und Physiologen weiter verstärkte.<sup>13</sup>

Die Naturphilosophie konzentriert sich auf die Untersuchung von Aspekten der Realität, die über das sichtbare und messbare Phänomen hinausgehen und sucht nach tieferen, oft metaphysischen Verbindungen. Im 19. Jahrhundert, einer Zeit der rasanten Entwicklung und Spezialisierung in den Naturwissenschaften, wurde dieser Ansatz zunehmend kritisiert. Die Wissenschaftler jener Zeit legten großen Wert auf Hypothesen, die durch empirische Daten und experimentelle Überprüfungen gestützt werden konnten – eine Vorgehensweise, die scheinbar im Widerspruch zur eher spekulativen Naturphilosophie stand. Trotz dieser Kritik hat die Naturphilosophie bedeutsame Beiträge zur Philosophie und zum allgemeinen Verständnis der Welt und unserer Existenz geleistet. Ihr metaphysischer Charakter, ihre Betonung der Ganzheitlichkeit und der dynamischen Prozesse, ihre interdisziplinäre Herangehensweise und ihr erweiterter Blickwinkel, der über das rein Messbare hinausgeht, haben tiefgreifende Einblicke und neue Perspektiven eröffnet. Diese Beiträge haben zu einem tieferen Verständnis von Komplexität in der Natur und zu wichtigen Debatten über das Verhältnis von Wissenschaft, Philosophie und Metaphysik beigetragen.<sup>14</sup>

## PRINGSHEIMS FORSCHUNGSANSATZ

Pringsheim war mit den vielfältigen Denkströmungen seiner Zeit bestens vertraut. Seine Lehrer an der Universität Breslau waren Pioniere des mechanistischen Weltbildes, aber auch der Naturphilosophie (vgl. ABSCHNITT 2.2).

Pringsheim setzte sich zum Ziel, die Entwicklung von Pflanzen auf der Grundlage der Zelltheorie zu erforschen und orientierte sich hierbei vor allem an Schleiden und Schwann (siehe ABSCHNITT 1.2). Pringsheims Forschungsansatz war mechanistisch, was bedeutet, dass er biologische Prozesse als Resultate physikalischer und chemischer Mechanismen verstand. Organismen betrachtete er als Produkte miteinander interagierender Komponenten, die nach den Gesetzen der Physik und Chemie funktionieren.

Pringsheim kritisierte die Naturphilosophie vehement, die ihm an der Breslauer Universität durch Nees von Esenbeck vermittelt wurde. In seiner Dissertation betonte Pringsheim explizit, dass metaphysische Lehren nicht existieren.<sup>15</sup> Doch hat von Esenbeck Pringsheim auch positiv beeinflusst, denn Esenbeck war einer der ersten Forscher, der sein Augenmerk auf „Niedere Pflanzen“ legte. Die Entwicklung dieser Pflanzen wurde zu Pringsheims Hauptforschungsschwerpunkt (KAP. 3).

Zugleich vertrat Pringsheim aber eine idealistische Evolutionstheorie ganz im Goetheschen Sinne, die die Höherentwicklung von Organismen als morphologische Entfaltung eines Urtyps ansieht (ABSCHNITT 1.4). Diese Entfaltung, so nahm er an, sei unabhängig vom Überlebenskampf und werde von einer „inneren Lenkkraft“ gesteuert. Im Gegensatz dazu geht die modernen Evolutionsbiologien davon aus, dass Ähnlichkeiten zwischen Organismen eher auf gemeinsame Abstammung und evolutorielle Prozesse hinweisen und nicht auf eine ideelle Formverwandtschaft, wie sie Pringsheim vorschlug.

Pringsheims Forschung stellt somit einen Übergang zwischen älteren, idealistisch geprägten Perspektiven und der modernen, auf empirischen Daten basierenden Biologie dar. Sie illustriert die Veränderung des Verständnisses von Evolution und Entwicklung über die Zeit hinweg und

unterstreicht, wie unterschiedliche Denkschulen die wissenschaftliche Praxis beeinflussen können.

Pringsheim zeichnete sich durch exzellente Fertigkeiten in der Mikroskopie und wissenschaftlichen Illustration aus. Dabei zog er Nutzen aus signifikanten technologischen Fortschritten in der Herstellung von Mikroskopen zu Beginn des 19. Jahrhunderts. In dieser Zeit wurden neue Materialien und Fertigungstechniken eingeführt, die die Qualität der Mikroskop-Objektive erheblich verbesserten und eine höhere Auflösung und Vergrößerung der Proben ermöglichen. Diese Fortschritte ebneten den Weg für Pringsheims akribische Studien und bildeten die Grundlage für seine bahnbrechenden Entdeckungen in der Pflanzenbiologie.

## ANMERKUNGEN

- 1 Mayr 2002, 164.
- 2 Ebd., 99.
- 3 Junker 2004, 72 – 74.
- 4 Virchow 1855.
- 5 Hermann von Helmholtz, zit. n. Mayr 2002, 148.
- 6 Junker 2004, 103 – 104.
- 7 Ebd., 66.
- 8 Mayr 2002, 441.
- 9 Goethe 1820.
- 10 Goethes Werke 1948, Bd. 11., 322 – 323.
- 11 Mägdefrau 2013, 153 – 154.
- 12 Zit. n. Hoepfner 1994.
- 13 Mayr 2002. Virchow war übrigens auch der Patenonkel von Rudolf Ladenburg, einem Enkel Nathanael Pringsheims, der seinen Namen zu Ehren Rudolf Virchows erhielt (vgl. **ABSCHNITT 2.8.2**).
- 14 Karafyllis 2017.
- 15 „Doctrinae metaphysicae non existunt.“