

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Ausgewählte Grundlagen der Botanik

Zertifikatskurs »Garten & Gesundheit – Gartentherapie«

Modul 2 Botanik und Gartenbau

Prof. em. Dr. Frank Horn

Impressum

Herausgeber:

Universität Rostock

Zentrum für Qualitätssicherung in Studium und Weiterbildung
überarbeitet im Mai 2014

Erarbeitet von:

Prof. em. Dr. Frank Horn

frank.horn@uni-rostock.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Zum Verständnis für Pflanzen in Geschichte und Gegenwart	1
1.1	Botanik im Kontext der Biowissenschaften	1
1.2	Ausgewähltes zur Geschichte der Botanik	2
1.3	Vom Ursprung des Lebens	12
1.4	Ausgewähltes zur Evolution der Pflanzen	14
1.5	Das Domänen- und Reiche-Konzept	24
1.6	Das Konzept Biodiversität	27
1.7	Das Konzept Agrobiodiversität	32
	Literatur zum ersten Kapitel	37
2.	Die Pflanze als lebender Organismus	43
2.1	Die Pflanzenzelle als ein System von Organellen	44
2.2	Zellbestandteile der Pflanzenzelle und ihre Funktion	46
2.3	Pflanzenzelle und Tierzelle im Vergleich – eine Übersicht	53
2.4	Die Pflanzenorgane der bedecktsamigen Blütenpflanzen (Angiospermae)	56
2.4.1	Die Wurzel – Strukturelle Differenzierung und funktionelle Anatomie	56
2.4.2	Die Sprossachse – Strukturelle Differenzierung und funktionelle Anatomie	60
2.4.3	Das Blatt – Blatttypen, Blattdifferenzierung und Gasaustausch	67
2.4.4	Die Blüte der Bedecktsamer – Vielfalt, Aufbau, Bestäubung und Befruchtung	75
2.4.5	Früchte, Samen, Keimung und Keimling	86
	Literatur zum zweiten Kapitel	98
3.	Ausgewählte Lebensprozesse der Pflanzen	
3.1	Aufnahme von Wasser durch die Wurzel – Diffusion, Osmose	
3.2	Wassertransport in der Pflanze und Wasserabgabe an den Laubblättern – Kohäsionstheorie, stomatäre und cuticuläre Transpiration	
3.3	Stofftransport organischer Substanzen im Leitbündelsystem	
3.4	Überblick zur Photosynthese grüner Pflanzen	

1. Zum Verständnis für Pflanzen in Geschichte und Gegenwart

1.1 Botanik im Kontext der Biowissenschaften

Als *Botanik* wird die Wissenschaft von den Pflanzen bezeichnet. Sie ist eine Disziplin der Biowissenschaften und den Naturwissenschaften zugeordnet.

Botanik als Fachgebiet an den Universitäten tritt häufig in den Richtungen Allgemeine und/oder Spezielle Botanik sowie Angewandte Botanik auf. Botanische Fragestellungen zum Nutzungsaspekt von Pflanzen sind der Angewandten Botanik zugeordnet und betreffen solche Gebiete wie Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Landschaftspflege und Umweltschutz.

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit Pflanzen ging von der Systematik aus. Sie beschrieb anfangs einzelne Taxa (Taxon ist eine in der Biologie als systematische Einheit erkannte Gruppe von Lebewesen) zur Wiedererkennung besonders von Heilpflanzen oder anderer Nutzpflanzen. Die erforschte Vielfalt wird in der *Pflanzenystematik* (sie umfasst Taxonomie und Paläobotanik) der Pflanzen aufgeklärt und natürliche Verwandtschaftsverhältnisse sichtbar gemacht. Beide Zweige der Pflanzenystematik benötigen genaue Kenntnisse der Gestalt der Pflanzen, die in einem weiteren Teilgebiet, der Pflanzenmorphologie, gewonnen werden. Die *Pflanzenmorphologie* wird in die Zweige Morphologie im engeren Sinne – sie beschäftigt sich mit dem äußeren Bau der Pflanzen; Anatomie – Aufklärung des inneren Baues der Pflanzen und Histologie – Gewebelehre sowie Zytologie – Lehre vom Feinbau der Zellen – unterteilt.

Im Laufe der Entwicklung der Botanik, besonders aufgrund weiterer Fragestellungen und Methoden, entstanden folgende Teilgebiete: *Pflanzenphysiologie* (Aufklärung von Funktionen und Leistungen von Pflanzen), *Geobotanik* (Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Verbreitung von Pflanzen und Pflanzengesellschaften sowie deren Abhängigkeit vom Standort) und die *Ökophysiologie der Pflanzen* (beschäftigt sich mit den entwicklungsgeschichtlich erworbenen Anpassungen von Pflanzen an die günstigen oder auch lebensfeindlichen Bedingungen ihrer jeweiligen Lebensräume).

Neben diesen fünf Teilgebieten der Botanik, die das Zentrum bilden, befassen sich viele weitere Forschungsrichtungen der Biologie, Nachbar- bzw. angewandte Wissenschaften mit botanischen Fragestellungen: z.B. Biochemie, Biophysik, Forstbotanik, Genetik, Gentechnologie, Heilpflanzenkunde (Pharmakognosie), Holzbiologie, Mikrobiologie, Molekularbiologie, Pflanzenzüchtung, Phytopathologie.

1.2 Ausgewähltes zur Geschichte der Botanik

Altertum

Die ersten Schriften, die im Altertum von Pflanzen handelten, waren die der Rhizotomen und Pharmakopolen im antiken Griechenland. Rhizotom (Wurzelschneider, Wurzelgräber oder Wurzler) ist die Bezeichnung eines Kräutersammlers im Altertum und im Mittelalter. Die Pharmakopolen als Arzneimittelhändler waren die Vorläufer der modernen Apotheker, die fertige Heilmittel auf den Markt brachten. Die Grundlagen ihrer Arbeit waren gelegentlich Aberglaube und vorgebliche Hexerei/Zauberei; sie leisteten aber auch entscheidende Beiträge zur Pflanzenheilkunde. Auch die Geponiker oder Georgiker scheinen einen guten Ruf gehabt zu haben. Sie beschäftigten sich mit bereits bekannten Gewächsen in dafür eigens angelegten Gärten mit dem Ziel, diese zu studieren und zu nutzen. Von deren Schriften über den Landbau sind allerdings keine erhalten geblieben. Hinweise darüber lassen sich bei THEOPHRASTOS von ERESOS (371-287 v. Chr.) und bei PLINIUS (23-79 n. Chr.) finden. Die Rhizotomen und Georgiker vertraten – aus heutiger Sicht – gewissermaßen die angewandte Botanik. Die erste wissenschaftliche Fassung der Botanik geht vermutlich auf ARISTOTELES (384-322 v. Chr.) zurück (Abb. 1.2/1). Sein Werk zur Theorie der Pflanzen, das verloren gegangen ist, wird von ihm selbst im 5. Buch seiner Tiergeschichte erwähnt. ARISTOTELES betrieb die Biologie als eine deduktive Wissenschaft (lat. *dēdūcere*, *dē* = davon, *dūcere* = leiten; vom Allgemeinen auf das Besondere schließen) und maß der Einzelbeobachtung keinen großen Wert bei. Er suchte das Wesen der Pflanze durch Vergleich mit dem dem Menschen nächststehenden Tier zu verstehen. Nach seiner Auffassung waren Pflanzen und Tiere so nahe miteinander verwandt, dass es in bestimmten Fällen, z.B. bei Meeresbewohnern, problematisch war zu bestimmen, ob es sich um ein Tier oder um eine Pflanze handelte. In der Organisation stimmten Pflanze und Tier insofern überein, als ihr Körper aus den Elementen entsteht (Vier-Elemente-Lehre: Feuer, Wasser, Luft, Erde) und je nach deren Beteiligung verschieden ist, beispielsweise mehr oder weniger feucht. Die Organe der Pflanzen bleiben immer einfacher als die der Tiere, Sinnesorgane fehlen ganz. Doch kann das Blatt als ein Organ zur Bedeckung der Frucht, die Wurzel als eines zur Nahrungsaufnahme, dem Mund analog, betrachtet werden. Wenn aber die Wurzel dem Mund entspricht, so bedeutet sie auch für die Pflanze den oberen Teil und so lässt sich an der Pflanze wohl oben und unten, aber nicht vorn und hinten, nicht rechts und links unterscheiden. Mit der Wurzel als Mund – so die Vorstellung von ARISTOTELES – nehmen die Pflanzen die Nahrung aus der Erde auf, und die Erde und die in ihr enthaltene Wärme dienen der Pflanze als eine Art Bauch, um die Nahrung so zuzubereiten, dass sie direkt zur Bildung neuer Pflanzensubstanz verwendet werden kann. Das folgt daraus, so deduzierte ARISTOTELES, dass die Pflanzen keine Exkremente von sich geben wie die Tiere. Wie sich ARISTOTELES die Natur der Pflanze rein

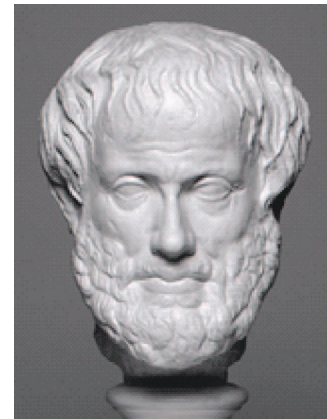


Abb. 1.2/1: ARISTOTELES (384-322 v. Chr.) Quelle: <http://viamus.uni-goettingen.de/pages/image-view/big?Object.Id:record:int=62>

theoretisch konstruiert, zeigt sich auch an seinen Vorstellungen zur Fortpflanzung. Da er nämlich bei den Tieren sah, dass die Geschlechter getrennt sind, sich aber durch ihr Bewegungsvermögen vereinigen können, so folgerte er aus der Unbeweglichkeit der Pflanzen, dass bei ihnen die Geschlechter vereinigt sind, dass sie aus sich selbst zeugen, ohne einen Befruchtungsstoff auszustoßen. In seinen Vorstellungen zu Pflanzen sind Realistisches und Phantastisches miteinander vermischt. Während ARISTOTELES seine botanischen Lehrvorstellungen im Wesentlichen auf deduktivem Wege gewann, bevorzugte sein Schüler THEOPHRASTOS (Abb. 1.2/2) nach dem Tode von ARISTOTELES einen anderen Erkenntnisweg, nämlich den induktiven Weg (spätlat. *inductivus* = „als Voraussetzung geeignet“; zu Verb *inducere*, *in* = ein-, hinein-; *ducere* = ziehen, führen. Bei der induktiven Methode wird von begründeten Einzelaussagen auf eine allgemeine Aussage geschlossen.). THEOPHRASTOS hatte die Vorstellung, dass das Ausgehen von irgendeiner Theorie zu keiner wirklichen Erklärung des Einzelfalles führt. So war THEOPHRASTOS der erste Biologe, der rein naturwissenschaftlich geforscht hat. Aus der Menge der philosophischen und naturwissenschaftlichen Werke von THEOPHRASTOS sind besonders zwei Werke von Interesse: »*Peri phyton historia*« (*Historia plantarum* = Pflanzengeschichte; dies entspricht unserer heutigen allgemeinen Botanik, also Morphologie, Anatomie, Vorkommen und Systematik der Pflanzen) und »*Peri aition phytikon*« (*De causis plantarum* = Über die Ursachen der Pflanzen oder besser: Von den Lebensbedingungen der Pflanzen; dies entspricht heute eher einer Art Pflanzenphysiologie und praktischer Botanik). Die botanischen Werke von THEOPHRASTOS waren für das ganze Altertum bis zum Beginn der Neuzeit von großer Bedeutung. Ein kleiner Exkurs in den Inhalt seiner *Historia plantarum* (Pflanzengeschichte) lässt Folgendes erkennen. Die Pflanzengeschichte (insgesamt neun Bücher) beginnt mit der Anatomie unter der Bezeichnung »Von den Teilen der Pflanzen und deren Verschiedenheiten«. Während die äußeren Unterschiede wenig genau bezeichnet sind, werden als innere Teile beschrieben: Saft, Fasern, Adern, Fleisch, Holz, Rinde und Mark. Die Pflanzen werden eingeteilt in Bäume, Sträucher, Stauden, Kräuter – fruchtbare und unfruchtbare – blühende und blütenlose – immergrüne und laubabwerfende – dem Vorkommen nach in Land- und Wasserpflanzen. Das zweite bis fünfte Buch handelt von den Holzpflanzen, von der Verwendung der Hölzer und von der Fortpflanzung. Die Halbsträucher und Stauden, die in wilde und zahme („Kranzblumen“), dornige und dornlose eingeteilt werden, sind im 6. Buch dargestellt. Die Krautpflanzen werden im 7. Buch als Gemüse und Getreide unterschieden. Zu den Getreiden rechnet THEOPHRASTOS im 8. Buch auch die Hülsenfrüchtigen. Das 9. Buch handelt von Harz, Milchsafte, Gewürzen und den Heilkräften der Kräuter und Wurzeln.



Abb. 1.2/2: THEOPHRASTOS (371-287 v. Chr.) Quelle: <http://www.iep.utm.edu/theophra>

»Das zweite Werk (in 6 Bänden) betrachtet die Pflanzenwelt mehr von der physiologischen Seite und mit Rücksicht auf Garten- und Feldbau. Das 1. Buch behandelt die Entstehung, Vermehrung und das Wachstum der Pflanzen, das 2. Buch die Einflüsse der Witterung, des Bodens und anderer äußerer Umstände auf Wachstum und Fruchtbildung und das Leben überhaupt. Das 3. Buch spricht über Feld- und Gartenbau, das 4. über Samen und Keimung und das 5. Buch über die ungewöhnlichen

Erscheinungen, wie Krankheit und Verletzung, sowie auch die künstlich durch den Gärtner hervorgerufenen Veränderungen. Das 6. Buch endlich handelt von Duft und Geschmack und beginnt mit einer philosophischen Betrachtung darüber, was diese beiden Eigenschaften eigentlich sind und wie sie entstehen; es handelt ferner von ihren Verschiedenheiten, die teils durch den Ursprung aus verschiedenen Pflanzen, teils durch den Einfluß der äußeren Verhältnisse bedingt sind.«

(Quelle: Möbius, M: Geschichte der Botanik. Von den Anfängen bis zur Gegenwart. Stuttgart: Gustav Fischer Verl., 1968, S.8)

Nach dieser wissenschaftlichen Botanik im Altertum, die wesentlich durch THEOPHRASTOS vertreten wurde, folgte eine pharmazeutische Botanik. Ihre Vertreter waren Ärzte, die somit die Tätigkeit der alten Rhizotomen fortsetzten.

Ihren Höhepunkt erreichte die pflanzliche Arzneimittellehre mit DIOSKORIDES (1. Jh. n. Chr.) Er war ein griechischer Arzt, der im Gefolge römischer Kriegsheere viele Länder durchreiste und dabei Erfahrungen auf dem Gebiet der Pflanzenkunde sammelte. Er gilt als der berühmteste Pharmakologe des Altertums. Sein Werk (fünf Bücher) »De materia medica« ist zwar eine Arzneimittellehre und ist mit den Werken von THEOPHRASTOS nicht zu vergleichen, aber es ist das reichhaltigste Werk in Beziehung auf die spezielle Botanik. Die um die 500 besprochenen Arten galten jahrhundertlang als ein vollständiges Repertorium aller Pflanzen.

Mittelalter

Die ersten Ansätze eigenständiger Beobachtungen gehen auf die Äbtissin Hildegard von BINGEN (1099-1179) zurück (Abb. 1.2/3). Sie beschrieb über 300 Gewächse und versah sie im lateinischen Text mit deutschen Bezeichnungen, von denen einige noch bis ins letzte Jahrhundert hinein in deutschen Mundarten (Rheingau) benutzt wurden.

Neuzeit

Mit dem Beginn der Neuzeit verbreitete sich, besonders von Florenz ausgehend, eine neue kulturelle Strömung, die Renaissance. Mit dem Begriff Renaissance wird eine historische Epoche des Übergangs vom Mittelalter zur Neuzeit bezeichnet, der zwischen 1400 und 1600 stattfand. In kultureller Hinsicht steht der Begriff für eine Wiederbelebung antiker Ideale in Literatur, Philosophie, Wissenschaft und besonders in der Kunst. Ihren Ursprung nahm die Renaissance in Italien, wo es bereits gut funktionierende Stadtkommunen und ein selbstbewusstes Handelsbürgertum gab. In dieser Epoche löste man sich von der doktrinären Denkweise (Scholastik) des Mittelalters und begann, klassisches Gedankengut aufzunehmen und weiter zu entwickeln. In Oberitalien wurden die ersten Universitäten und mit ihnen die ersten Botanischen Gärten der Neuzeit gegründet:



Abb. 1.2./3: Hildegard von BINGEN (1099-1179) Quelle: <http://saints.sqpn.com/saint-hildegard-von-bingen/>

Padua (1543 oder 1544), Pisa (1545), Bologna (1567). Im übrigen Europa wurden die ersten in Leiden (1577), Montpellier (1593) und Heidelberg (1597) angelegt. Ihr Einfluss bestand darin, das Studium der Pflanzen von der Buchgelehrsamkeit auf die Untersuchung lebender Pflanzen zu lenken. Mittelpunkt der Erforschung waren zum einen die jeweilige Landesflora, zum anderen fremdländische Pflanzen, die in den Gärten kultiviert wurden. Der Garten in Pisa wurde von Luca GHINI (1490-1556) angelegt. Ihm wird auch das Verdienst zugeschrieben, als Erster Pflanzen gepresst, getrocknet und so in Herbarien konserviert zu haben. Das älteste erhaltene Herbarium stammt von seinem Schüler CIBO (1532). Die botanische Forschung konzentrierte sich auf die Universitäten, stand aber meist im Dienste der Medizin, was bis ins 19. Jahrhundert so blieb. Die Erfindung des Buchdrucks förderte die Verbreitung wissenschaftlicher Literatur ganz entscheidend (Johannes GUTENBERG, Mainz 1450).

Die Zahl beschriebener Pflanzenarten stieg rapide an:

1532: Otto BRUNFELS (1488-1534)	– 800 Arten
1552: Hieronymus BOCK (1498-1554)	– 240 Arten
1551: Adam LONITZER [LONICERUS] (1528-1586)	– 879 Arten
1552: Rembert DODOENS [DODONAEUS] (1516/17-1585)	– 884 Arten
1586: Jacques DALÉCHAMPS (1523-1588)	– über 3000 Arten

Otto BRUNFELS, Hieronymus BOCK und Leonhard FUCHS (1501-1566) werden als die »Väter« der deutschen Botanik aufgefasst. Die Hauptkriterien zur Erkennung von Arten waren bei ihnen makroskopische Blüten- und Fruchtmerkmale. Mit der Flut andersartiger Pflanzen, die die Entdecker, Naturforscher und andere von ihren Reisen mitbrachten, begann die Suche nach einem allgemeinen Prinzip der Einteilung der Pflanzen, welches den wissenschaftlichen Austausch erleichtern sollte. Konrad GESNER (1516-1565), bekannt geworden als Begründer der modernen Zoologie, war auf botanischem Gebiet der erste, der Blüten und Fruchtteile einer näheren Betrachtung würdigte, dieselben mehrfach abbildete und ihren Wert für die Bestimmung von Verwandtschaftsbeziehungen erkannte.

Die Grundlagen der wissenschaftlichen Systematik, Carl von LINNÉ und die binäre Nomenklatur

Andrea CESALPINO (1519-1603), italienischer Mediziner und Botaniker, gilt als Vorbereiter auf diesem Gebiet. Ausgehend von klar abgrenzten Merkmalen, die auf der Einteilung von ARISTOTELES basierten (Wuchsform, Fruchtbau), entwickelte er ein einheitliches Pflanzensystem. Dieses sollte die natürliche systematische Ordnung der Pflanzen von den »unvollkommenen« Kryptogamen hin zu den »vollkommenen« Bäumen widerspiegeln. Der Arzt und Botaniker Gaspard BAUHIN (1560-1624) beschrieb 1623 6.000 Pflanzen, wobei er deren Klassifikation vereinheitlichte. Er nutzte solche Unterscheidungsmerkmale von THEOPHRASTOS wie Früchte, Verwendung, Spross und teilte die Großgruppen der Pflanzen hiernach ein, wobei er eine Entwicklung von den Monokotylen (Einkeimblättrigen) zu den »vollkommenen« Bäumen wahrnahm. Andere Einteilungsmerkmale wurden vom französischen Mediziner und Botaniker Joseph Pitton de TOURNEFORT (1656-1708) herangezogen, nämlich die Teile der Blütenhülle. Verwachsungen der Blütenbestandteile und die Stellung des Fruchtknotens sah er als geeignete Einteilungsmerkmale an.

John RAY (1628-1705), britischer Theologe, Naturforscher und »Vater« der englischen Botanik, zog für seine Einteilung ebenfalls Blütenmerkmale heran. Er nahm eine klare Trennung zwischen Monokotyledonen und Dikotyledonen vor, unterschied aber immer noch zwischen Kräutern und Bäumen. 1703 stellte er Regeln auf, die heute noch zu den Grundprinzipien der Systematik gehören.

Carl von LINNÉ (Abb 1.2/4) stellte unter Nutzung der Erkenntnisse seiner Vorgänger in seinem Buch „Systema naturae“ (1735) eine logische Klassifikation vor und unterteilte die Natur in die drei Reiche Pflanzen, Tiere und Mineralien (Abb. 1.2/5). Er wurde damit zum eigentlichen Begründer der modernen Systematik und Taxonomie. Wie kam es dazu? Linnaeus reiste 1735 nach Holland – dem damals in den Naturwissenschaften führenden Land – und promovierte dort in Hardewijk zum Doktor der Medizin. Als Vorsteher einer großen Gartenanlage des Bankiers CLIFFORD in Hastekamp fand er die Muße, sein Hauptwerk, das »Systema naturae« (System der Natur), auszuarbeiten. Es erschien noch im gleichen Jahr unter dem latinisierten Namen Carolus LINNAEUS. Es umfasste 1735 im ersten Entwurf 549 Arten mit Abbildungen und machte LINNÉ mit einem Schlag weltbekannt. Die 12. Auflage erschien 1766 und um-



Abb. 1.2/4: Carl von LINNÉ (1707-1778.) Quelle: <http://gruenwort.de/wunderwelt-botanik/botaniker/linne-4/>

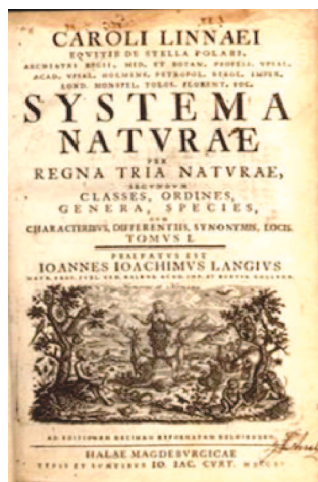


Abb. 1.2/5: Carl von LINNÉ's Werk „Systema naturae“ (1735) Quelle: http://www.salamanderland.at/eigene.Schriften/Linne_Bio.htm

fasste bereits 5890 Arten mit Abbildungen. Seitdem gibt es die weltweit gültige Nomenklatur (Namensbezeichnung) der Pflanzen. Bis dahin wurden Pflanzen mitunter mit Namen bezeichnet, die aus zehn, ja zwanzig Wörtern bestanden. So hieß z.B. die »Echte Katzenminze« damals *Nepeta floribus interrupte spicatus pedunculatis* (Nepeta mit gestielten Blüten in unterbrochener Ähre) – LINNÉ nannte sie *Nepeta cataria* (auf Katzen wirkend), womit er eine bekannte Eigenschaft der Pflanze hervorhob. So heißt sie auch heute noch. Es hatte zwar vorher schon Bemühungen gegeben, eine Vereinfachung der Katalogisierung zu erreichen – z.B. bei Konrad GESNER im 16. Jh., aber erst LINNÉ'S System konnte sich durchsetzen. Bei ihm erhielt jeder Organismus zwei Namen (= binäre Nomenklatur), den Gattungsnamen (dem Familiennamen vergleichbar, immer mit großem Anfangsbuchstaben) und den Artnamen (dem Vornamen vergleichbar, durchgängig kleingeschrieben). Am Beispiel der Christrose *Helleborus niger* L: *Helleborus* bezeichnet die Gattung, *niger* die Art. Das »L« ehrt Carl von LINNÉ als Namensgeber (Pflanzenentdecker werden noch heute durch die Kurzform ihres Namens angeführt.). Die Gattungen vereinigte er in Ordnungen und Klassen. Die von LINNÉ 1735 eingeführte binäre Nomenklatur wird in der Botanik international einheitlich verwendet. Seit 2012 wird die neueste Version als »Internationaler Code der Nomenklatur für Algen, Pilze und Pflanzen« bezeichnet. Das System der Pflanzen beispielsweise wurde von LINNÉ nur nach der Ausbildung der Fortpflanzungsorgane aufgestellt, bei denen er Verteilung, Zahl

und Verwachsung der Staub- und Fruchtblätter zur Einteilung heranzog. Da dieses System nicht die Verwandtschaft zwischen den Pflanzen belegte, wurde es als »künstliches« System bezeichnet.

Moderne Systematik

Der entscheidende Durchbruch des modernen Evolutionsgedankens kam mit dem britischen Naturforscher Charles Robert DARWIN (1809-1882) (Abb.1.2/6). Sein Werk »On the Origin of Species«, veröffentlicht am 24. November 1859, löste eine wissenschaftliche Revolution aus. Die Systematik bekam vor dem Hintergrund der Deszendenztheorie (Theorie der gemeinsamen Abstammung) nach DARWIN und Alfred Russel WALLACE (1823-1913) einen dynamischen Charakter. Ihre Kernaussage kann wie folgt formuliert werden:

Die heutige Vielzahl der Arten von Tieren und Pflanzen hat sich aus einer geringen Zahl von Arten, vielleicht nur einer einzigen, entwickelt. Alle heute lebenden Organismen stellen eine über Vorfahren-Nachfahren-Beziehungen verbundene Abstammungsgemeinschaft dar. Über lange Zeiträume hinweg kommt es durch Artaufspaltungen zur einer Vervielfältigung und Veränderung von Arten.

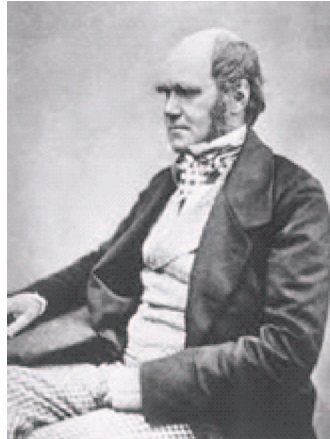


Abb. 1.2/6: Charles DARWIN (1809-1882) Quelle: <http://www.vebidoo.de/darwin+derbeagle>

Evolutionsforschung im Sinne der Deszendenztheorie versucht also Fragen zu beantworten, die den historischen Verlauf der Evolution auf unserem Planeten betreffen. Ausdruck finden diese Antworten unter anderem in den Versuchen, Verwandtschaftsverhältnisse zu rekonstruieren.

DARWIN und WALLACE haben postuliert, dass alle Organismen in einem hierarchischen System von natürlichen Gruppen (Abstammungsgemeinschaften) geordnet werden können. Diese Hierarchie der Verwandtschaftsbeziehungen hat sich über die geologischen Epochen entwickelt. Entscheidend in der von DARWIN formulierten Theorie (v.a. »On The Origin of Species«) waren vier Hypothesen:

- **Veränderlichkeit** (Variabilität): die Organismen unterliegen einem ständigen Veränderungsprozess. Es treten zufallsmäßig positive und negative Variationen auf.
- **Gemeinsame Abstammung** (common descent): alle Organismen stammen durch einen kontinuierlichen Verzweigungsprozess von gemeinsamen Vorfahren ab.
- **Kontinuierlichkeit**: Die Evolution ist ein allmählicher Prozess. Es findet keine sprunghafte Entwicklung statt.
- **Natürliche Auslese** (natural selection): die am besten angepassten Individuen zeugen am meisten Nachkommen. Dadurch werden schlechter angepasste Formen verdrängt. Zufällig aufgetretene positive Veränderungen werden also begünstigt, ne-

gative werden ausgemerzt. Neutrale Veränderungen werden von dem Prozess der Selektion nicht beeinflusst.

19. und 20. Jahrhundert

Im 19. Jahrhundert entwickelten sich die Paläobotanik und Arealkunde als Nachbardisziplinen der Systematik; sie brachten zusätzliche Aspekte in die Klassifikation mit ein. Neue Methoden wie mikroskopische Untersuchungen und das Berücksichtigen anatomischer Merkmale kamen hinzu. Im 20. Jahrhundert und zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurden dann verstärkt auch Methoden und Erkenntnisse aus der Zytologie, Genetik, Molekularbiologie, Embryologie, Pollenanalytik und Phytochemie in die systematische Forschung einbezogen. Der britische Botaniker John HUTCHINSON (1884-1972) war einer der ersten, welcher seiner Klassifikation auch phylogenetische Gesichtspunkte zu Grunde legte (»The families of flowering plants«, 1926), er sah jedoch noch eine taxonomische Trennung zwischen krautigen und verholzten Pflanzen vor. Der deutsche Entomologe Willi HENNIG (1913-1976) begründete mit seinem Werk »Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik« (1950) die Kladistik. Er konstatierte, dass allein über Homologien und Konvergenzen die Verwandtschaft nicht zu erkennen ist, und legte die monophyletische Gruppe als Zusammenfassung aller von einer gemeinsamen Stammart abstammenden Individuen fest. In den 1970er Jahren hat sich aus der Phylogenetischen Systematik der Cladismus entwickelt, der im wesentlichen auf den gleichen theoretischen Grundlagen beruht, sich aber deutlich vom methodischen Ansatz unterscheidet. Eine wichtige Rolle im modernen Cladismus spielen Computerprogramme, mit denen Datenmatrices v.a. nach dem Prinzip der Parsimonie (Sparsamkeit) ausgewertet werden wie Hennig86 (interaktives, phylogenetisches Analyse-Programm), PAUP.

Seit den 1980er Jahren hat die molekulare Systematik immer mehr an Bedeutung gewonnen und ist heute eine vorherrschende Methode. Auch in der molekularen Systematik wird mit cladistischen Verfahren gearbeitet (Prinzip der Sparsamkeit [Parsimonie]). Es werden aber auch andere Analyseverfahren angewendet wie die Maximum-Likelihood-Methode (parametrisches Schätzverfahren), das Distanzmatrix-Verfahren (im Rahmen von Clusteranalysen).

Gegenwart

1998 wurde von der »Angiosperm Phylogeny Group« ein modernes System der Pflanzen vorgestellt, das sogenannte APG-System. Es basiert in der Hauptsache auf molekulargenetischen Daten und gliedert sich in mehrere Großgruppen. Das APG-System ist nicht abgeschlossen, sondern unterliegt durch die aktuelle internationale Forschung auf diesem Gebiet einem ständigen Wandel – 2009 wurde das APG-III-System vorgestellt.

Nach den heutigen Nomenklatur-Regeln werden in der Botanik die Namen aller Rangstufen geregelt; in der Zoologie nur bis zur Überfamilie. Für die Endungen der Rangstufen in Botanik und Zoologie gibt es verschiedene Regelungen (s. Abb. 1.2/7). In der Botanik wird der Name des Erstbeschreibers der Art in Klammern gesetzt und der Name des revidierenden

Autors danach aufgeführt, *Aethusa cynapium* L. subsp. *Cynapoides* (Bieb.) Simk. (Hundspetersilie) heißt demnach: Die Originalbeschreibung des Taxon *cynapoides* stammt von Bieberstein, Simonkay veröffentlichte die jetzt gültige Kombination. In der Botanik wird eine Unterart durch den Zusatz »subsp.« gekennzeichnet.

Rang	Pflanzen	Pilze	Tiere
Abteilung/Stamm	-phyta	-mycota	
Unterabteilung	-phytina	-mycotina	
Klasse	-atae (oder -opsida)	-mycates	
Unterklasse	-idae	-anae	
Überordnung	-anae	-anae	
Ordnung	-ales	-ales	häufig: -formes bei Krebsen häufig: -acea bei Insekten häufig: -optera
Unterordnung	-ineae	-ineae	
Überfamilie	nicht gebräuchlich		-oidea
Familie	-aceae	-aceae	-idae
Unterfamilie	-oideae	-oideae	-inae
Tribus	-eae	-eae	-ini
Subtribus	-inae	-inae	-ina
Gattung (Genus)	keine festgelegten Endungen		
Art (Species)	keine festgelegten Endungen		
Infraspezifische Taxa	keine festgelegten Endungen		

Abb. 1.2/7: Endungen zur Bezeichnung linnaeischer Ränge in einer Klassifikation (n. MUNK, Katharina [Hrsg.] 2000).

In der Geschichte eines Kernfaches der Botanik, der Pflanzensystematik, erschöpft sich natürlich nicht die Geschichte dieses umfangreichen Fachgebietes. Pflanzenphysiologie, Geobotanik und Ökophysiologie der Pflanzen entwickelten sich als Teildisziplinen erst später, besonders aber ab dem 19. und im 20. Jahrhundert.

Das Weidenbaum-Experiment von Johan van HELMONT (1577-1644)

Auf einen Meilenstein in der Geschichte der Pflanzenphysiologie soll verwiesen werden, nämlich auf das Weidenbaum-Experiment von Johan van HELMONT (Abb. 1.2/8). Seine Forschungsergebnisse dazu wurden posthum durch seinen Sohn Franciscus MERCURIUS in »Ortus Medicinae« im Jahre 1648 veröffentlicht.



Abb. 1.2/8: Johan van HELMONT (1577-1644) Quelle: <http://www.britanica.com/EBchecked/media/149163/Jan-Baptista-van-Helmont>

Die Photosynthese ist wahrscheinlich einer der wichtigsten Prozesse, die auf der Erde auftreten; alles Leben hängt davon ab. Unser gegenwärtiges Wissen zur Photosynthese ist ein Ergebnis vieler Experimente und Theorien, die über mindestens 300 Jahre zurückreichen. Die Spur zur Entdeckung der Photosynthese reicht bis zu van HELMONTS Experiment zurück. Für seine Zeit war van HELMONT ein aufgeschlossener, neugieriger Gelehrter, der seine Beobachtungsgabe und seinen Verstand benutzte.

Dabei bemerkte er die Widersprüche der auf der Scholastik begründeten dogmatischen Wissenschaft der experimentellen Forschung, so wie sie mit den damaligen Erkenntnissen und Mitteln ausgeübt wurde. Er dachte unter anderem über die Frage nach »Wie wachsen Pflanzen?« Die zeitgenössischen wissenschaftlichen Vorstellungen darüber waren, dass Pflanzen durch »Verzehr« von Erde wachsen. Um seine Vermutung nachzuweisen, nahm van HELMONT dazu einen Weide-Schössling von bekanntem Gewicht (2,5 kg), den er in eine genau abgewogene Menge Erde (100 kg) pflanzte. Nach fünf Jahren wog das Bäumchen 84,5 kg, während das Gewicht der Erde sich kaum merklich verringert hatte (99,94 kg). Van HELMONT zog daraus die inkorrekte Folgerung, dass sich das Wasser zum Gießen des Bäumchens in pflanzliche Substanz umgewandelt habe. Heute gehört es zum Allgemeinwissen, dass die Gewichtszunahme vor allem auf das von der Pflanze bei der Photosynthese aus der Luft aufgenommene Kohlenstoffdioxid zurückzuführen ist. Auch wenn van HELMONT'S Folgerung nicht korrekt war, so kann sein experimentelles Vorgehen als der erste (geschichtlich nachweisbare) Versuch zum Einsatz einer wissenschaftlich quantitativen Methode angesehen werden, das heißt, durch exaktes Messen etwas zu erfahren oder zu beweisen.

Zusammenfassung: Gegenwart und Geschichte der Botanik | Summary

Botanik ist die Wissenschaft von den Pflanzen und eine Disziplin der Biowissenschaften. Zu den Kerngebieten der Botanik zählen die Pflanzensystematik, die Pflanzenmorphologie, die Pflanzenphysiologie, die Geobotanik und die Ökophysiologie der Pflanzen. Mit botanischen Fragestellungen befassen sich auch Nachbardisziplinen und angewandte Wissenschaften.

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit Pflanzen ging von der Pflanzensystematik aus. In der Antike wurden von Kräutersammlern und Arzneimittelhändlern Wissen über Pflanzen zusammengetragen und in der Heilkunde eingesetzt. Der griechische Gelehrte ARISTOTELES (384-322 v. Chr.) trug maßgeblich zur Begründung und Entwicklung der Botanik bei. Sein Schüler THEOPHRASTOS (371-287 v. Chr.) gilt als erster Biologe, der rein naturwissenschaftlich geforscht hat. Die Auseinandersetzung mit der aristotelischen Naturlehre, die teils spekulativen Charakter hatte, prägte die Naturwissenschaft des Spätmittelalters und der Renaissance.

Mit Carl von LINNÉ (1707-1778), besonders mit der von ihm eingeführten binären Nomenklatur mit Gattungs- und Artnamen, kam der Durchbruch zu einer weltweit gültigen Namensbezeichnung für Pflanzen und Tiere und zu einer wissenschaftlichen Systematik. Die Arbeiten von Charles DARWIN (1809-1882) etablierten zahlreiche Versuche, die Verwandtschaftsverhältnisse bei Organismen evolutiv zu begründen und in einem hierarchischen System abgestufter Verwandtschaften widerzuspiegeln. In der Gegenwart wird die pflanzensystematische Forschung durch das verstärkte Einbeziehen von Methoden aus der Zytologie, Molekularbiologie, Genetik und weiteren Disziplinen geprägt.

Fragen

1. Welche Teilgebiete der Biologie bilden den Kern der Botanik? Was wird von diesen Teilgebieten im Einzelnen erforscht?
2. Kennzeichnen sie den Beitrag von ARISTOTELES und seines Schülers THEOPHRASTOS zur Entwicklung der Botanik. Worin unterscheiden sich beide in ihrer Naturbetrachtung?
3. Was ist unter »binärer Nomenklatur« zu verstehen? Stellen sie die Handhabung der binären Nomenklatur an einem Beispiel dar. Erläutern sie ihre weltweite Bedeutung für biologisches Arbeiten.
4. Worin bestehen die Verdienste von Carl von LINNÉ für die biologische Forschung?
5. Welche Kernaussage enthält die Deszendenztheorie von Charles DARWIN und Alfred RUSSEL?
6. Warum wird das System von LINNÉ als ein »künstliches« System angesehen?
7. Wodurch unterscheidet sich die heutige phylogenetische Systematik von der LINNÉschen Systematik?
8. Was ist unter »monophyletischer Gruppe« zu verstehen?
9. Wählen sie eine ihnen bekannte Pflanze aus. Ermitteln sie deren lateinische Bezeichnungen und ordnen sie diese systematisch bis in die obersten Rangstufen (Organismenreiche) ein.
10. Versuchen sie herauszufinden, was van Helmont in seinem »Weidenbaum-Experiment« korrekt ausgeführt hat und was inkorrekt ist.