

Georg Schwedt

WILEY-VCH

Chemie für alle Jahreszeiten

Einfache Experimente mit pflanzlichen Naturstoffen



Georg Schwedt
Chemie für alle Jahreszeiten

200 Jahre Wiley – Wissen für Generationen

John Wiley & Sons feiert 2007 ein außergewöhnliches Jubiläum: Der Verlag wird 200 Jahre alt. Zugleich blicken wir auf das erste Jahrzehnt des erfolgreichen Zusammenschlusses von John Wiley & Sons mit der VCH Verlagsgesellschaft in Deutschland zurück. Seit Generationen vermitteln beide Verlage die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung und technischer Errungenschaften in der jeweils zeitgemäßen medialen Form.

Jede Generation hat besondere Bedürfnisse und Ziele. Als Charles Wiley 1807 eine kleine Druckerei in Manhattan gründete, hatte seine Generation Aufbruchsmöglichkeiten wie keine zuvor. Wiley half, die neue amerikanische Literatur zu etablieren. Etwa ein halbes Jahrhundert später, während der „zweiten industriellen Revolution“ in den Vereinigten Staaten, konzentrierte sich die nächste Generation auf den Aufbau dieser industriellen Zukunft. Wiley bot die notwendigen Fachinformationen für Techniker, Ingenieure und Wissenschaftler. Das ganze 20. Jahrhundert wurde durch die Internationalisierung vieler Beziehungen geprägt – auch Wiley verstärkte seine verlegerischen Aktivitäten und schuf ein internationales Netzwerk, um den Austausch von Ideen, Informationen und Wissen rund um den Globus zu unterstützen.

Wiley begleitete während der vergangenen 200 Jahre jede Generation auf ihrer Reise und fördert heute den weltweit vernetzten Informationsfluss, damit auch die Ansprüche unserer global wirkenden Generation erfüllt werden und sie ihr Ziel erreicht. Immer rascher verändert sich unsere Welt, und es entstehen neue Technologien, die unser Leben und Lernen zum Teil tiefgreifend verändern. Beständig nimmt Wiley diese Herausforderungen an und stellt für Sie das notwendige Wissen bereit, das Sie neue Welten, neue Möglichkeiten und neue Gelegenheiten erschließen lässt.

Generationen kommen und gehen: Aber Sie können sich darauf verlassen, dass Wiley Sie als beständiger und zuverlässiger Partner mit dem notwendigen Wissen versorgt.



William J. Pesce
President and Chief Executive Officer



Peter Booth Wiley
Chairman of the Board

Georg Schwedt Chemie für alle Jahreszeiten

**Einfache Experimente
mit pflanzlichen Naturstoffen**



WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Autor**Prof. Dr. G. Schwedt**Landsberger Str. 29
53119 Bonn

■ Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Printed in the Federal Republic of Germany

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Satz primustype Robert Hurler GmbH, Notzingen

Druck Strauss GmbH, Mörlenbach

Bindung Litges & Dopf GmbH, Heppenheim

Umschlaggestaltung Adam-Design, Weinheim

Wiley Bicentennial Logo Richard J. Pacifico

ISBN 978-3-527-31662-5

Vorwort

Wer heute ein einführendes Lehrbuch der Botanik (z. B. von Dieter Heß: Allgemeine Botanik – UTB basics, Ulmer, Stuttgart 2004 oder das umfangreichere Werk von U. Lüttge, M. Klue, G. Bauer: Botanik, 5. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2005) in die Hand nimmt, wird schon beim Blättern feststellen, dass in den Abbildungen chemische Formeln einen wesentlichen Umfang einnehmen. Allgemeine Botanik ist vor allem auch eine Biochemie der Pflanze.

In diesem Buch werden *auf einfache Weise durchführbare Versuche* beschrieben, welche die Entdeckung von wesentlichen Pflanzeninhaltsstoffen ermöglichen. Verbunden wird damit sowohl eine *Einführung in die Naturstoffchemie* als auch eine *allgemeine Botanik* und auch *Heilpflanzenkunde*. Ergänzend wird jeweils anhand von Zitaten aus historischen Büchern auf die *Kulturgeschichte* der jahreszeitlich ausgewählten Pflanzen eingegangen. Zu einzelnen Pflanzen bzw. den Jahreszeiten wurden auch *Gedichte* ausgewählt, welche eine spezielle *Blütenlese* darstellen sollen – oder, wie es in einer Anthologie heißt, die „dazu einladen möchte, Blumen, Blüten und Gärten einmal mit dem geistigen Auge des Dichters zu betrachten“ (Gudrun Bull – s. Literaturverzeichnis).

Das *Labor zu den vier Jahreszeiten* soll auch den Ausspruch Liebig's deutlich werden lassen: „Chemie ist alles – nichts geht ohne Chemie“. Die vorgestellten Experimente erfordern nur jeweils wenig an Pflanzenmaterial. Es werden nur allgemein verbreitete Pflanzen verwendet. Es werden Anregungen zu Versuchen gegeben, die über die ausführlich beschriebenen Beispiele hinausgehen. Sie sollen auch zu *botanischen Exkursionen*, zur Entdeckung bekannter und für den Einzelnen auch unbekannter Pflanzen anregen. Die Experimente sind überwiegend für eine Durchführung *im Freien* geeignet, auch in einem *Schulgarten* oder sogar *Botanischen Garten* – so wie bereits Goethe in seinem Garten in Weimar mit Pflanzenextrakten (-farben) experimentierte (s. Kapitel 1).

Die *chemische Ausrüstung* wird in Kapitel 1.6 beschrieben. Zur *Pflanzenpräparation* werden ein (Taschen)Messer (oder Rasierklinge, in einem Korken gehalten), eine Nadel (ebenfalls in einem Halter wie z. B. einem Holzstab) sowie eine Pinzette benötigt.

Georg Schwedt, Januar 2007

Inhaltsverzeichnis

Einleitung – ein persönlicher Rückblick 1

1 Pflanzenchemie – Biochemie der Pflanzen 4

- 1.1 *Naturstoffe aus Pflanzen* 5
 - Sekundäre Pflanzenstoffe 5
 - Ätherische Öle (Gemische aus Terpenen und Phenylpropanen) 6
 - Fette Öle 6
 - Alkaloide (stickstoffhaltige, meist basische Naturstoffe) 6
 - Xanthophylle und Flavonoide (gelbe Blütenfarbstoffe einschließlich der Anthocyanidine) 6
 - Gerbstoffe (Catechin-Gerbstoffe und Tannine) 7
 - Harze (Gemenge meist terpenoider Exsudate) 7
 - Saponine (Triterpen- und Steroid-Saponine) 7
 - Bitterstoffe 8
 - Primäre Pflanzenstoffe 8
 - Stärke 9
 - Pektine 10
- 1.2 *Johann Wolfgang Goethe* 13
 - Goethes Beiträge zur Pflanzenchemie 15
 - Vorarbeiten zu einer Physiologie der Pflanzen 16
 - Aus der Geschichte von Goethes botanischen Studien 17
 - Farbenlehre und Pflanzenchemie 18
 - Experimente mit Pflanzenfarben 19
 - Goethes Visionen zur Pflanzenchemie 22
 - 1.3 *Kräuterbücher* 22
 - Leonhart Fuchs' „New Kreüterbuch“ 23
 - Dioskurides' „Kräuterbuch“ 24
 - Adam Lonicers „Kreuterbuch“ 24

- Nicolai Lemerys „Vollständiges
Materialien-Lexicon“ 25
- 1.4 *Pflanzen der Hildegard-Medizin* 25
- 1.5 *Schmeil und Kosch als frühe „Popularisierer“ der
Botanik* 29
 - Otto Schmeil 29
 - Alois Kosch 29
- 1.6 *Das Naturstoff-Labor – Konzept, System und Praxis* 31
 - Allgemeine Praxis 34
 - Lösungsmittel, Reagenzien, Lösungen 35
 - Beobachtbare Phänomene 35
 - Löslichkeiten 35
 - Reaktionen mit Natriumcarbonat (Soda) 36
 - Reaktionen mit Eisen(III)-salzlösung 36
 - Reaktionen mit Natriumcarbonat/Percarbonat
(Oxidation) 37
 - Reaktionen mit Dithionit/Natriumcarbonat
(Reduktion) 37
 - Reaktionen mit Iodlösung 37
 - Trübung oder Fällung durch eine Seifenauflösung 37
- 1.7 *Mineralstoffe* 37
 - Kalium 38
 - Kalium als Pottasche aus Stroh 38
 - Calcium 39
 - Kieselsäure 41
- 1.8 *Organische Säuren* 41
 - Wein- und Citronensäure 41
 - Oxalsäure 43
 - Ascorbinsäure 43
- 1.9 *Kohlenhydrate* 44
 - Stärke 44
 - Mono- und Disaccharide 45
- 1.10 *Fette Öle – ä(etherische) Öle* 46
 - Pflanzen mit höheren Gehalten an ätherischen
Ölen 47
- 1.11 *Pflanzenfarbstoffe* 48
 - Chlorophylle 48
 - Flavonoidfarbstoffe: Flavone und Anthocyane 50

- Gelb blühende, verbreitet wachsende Pflanzen 53
- Rot und blau blühende, verbreitet wachsende Pflanzen 54
- Quercetin und Morin 54
- Carotinoide / Xanthophylle 55
- Chinonfarbstoffe 58
- Curcumin und Betanin 58
- 1.12 *Pflanzenphenole und -phenolcarbonsäuren* 59
- 1.13 *Saponine* 63
 - Verbreitete, auch zu Heilzecken genutzte Pflanzen mit höheren Saponingehalten 63

2 Frühling (März, April, Mai) 65

- 2.1 *Der Haselstrauch – und seine „Kätzchen“* 67
- 2.2 *Forsythie – das Goldglöckchen* 70
- 2.3 *Märzveilchen – die Duftenden* 72
- 2.4 *Frühlings-Scharbockskraut – gegen Skorbut* 75
- 2.5 *Das Echte Lungenkraut – mit roten und blauvioletten Blüten* 77
- 2.6 *Zwiebelschale – Farbstoffe für Ostereier* 80
- 2.7 *Gemeiner Löwenzahn – die Pusteblume* 82
- 2.8 *Großes Schöllkraut – ein Mohngewächs* 85

3 Sommer (Juni, Juli, August) 89

- 3.1 *Gänseblümchen – Maßliebchen genannt* 91
- 3.2 *Schachtelhalm – ein Fossil mit scharfen Kanten* 93
- 3.3 *Weißer, gelber, roter Blüten – über dem grünen Klee* 95
 - 2. Rot-Klee 97
 - 3. Gemeiner Hornklee 98
- 3.4 *Klatschmohn – der Feuer-Mohn* 99
- 3.5 *Rhabarber – mit Anthrachinonen und Oxalsäure* 100
- 3.6 *Sauerampfer – mit dem „Sauerkleesalz“* 104
- 3.7 *Schafgarbe – nicht nur für Schafe* 107
- 3.8 *Echtes Labkraut mit dem Labferment* 110
- 3.9 *Mädesüß – mit Honigduft* 111
- 3.10 *Brenn- und Taubnessel* 113
 - Brennnessel 114
 - Taubnessel 116

- 3.11 *Kamille – von echt bis stinkend* 119
- 3.12 *Rainfarn* 123
- 3.13 *Gemeine Wegwarte – die blaue Blume am Wegesrand* 126
- 3.14 *Blut- und Gilb-Weiderich* 128
- 3.15 *Weidenröschen – das Schmalblättrige* 130

4 Herbst (September, Oktober, November) 133

- 4.1 *Laubfärbung und Laubfall* 135
- 4.2 *Weinlaub – rote Blätter* 137
- 4.3 *Holunderbeeren: Anthocyane und Flavonoide* 139
- 4.4 *Hagebutten: Carotin und Lycopin* 142
- 4.5 *Weintrauben/-beeren: Anthocyane, Flavonoide und Gerbstoffe* 144
- 4.6 *Kartoffeln – die Erdäpfel* 147
- 4.7 *Die Echte Walnuss mit Juglon und Tanninen* 152
- 4.8 *Die Rosskastanie: Saponin Aescin und Stärke* 156
- 4.9 *Kiefern-/Fichtenzapfen: Tannine und Lignine* 160

5 Winter (Dezember, Januar, Februar) 165

- 5.1 *Immergrün: Lebensbaum und Efeu* 167
 - Lebensbaum 168
 - Efeu 170
 - Buchsbaum 174
- 5.2 *Grünkohl/Braunkohl – der Kohl mit vielen Namen* 175
- 5.3 *Zitrusfrüchte – aus heißen Ländern* 177
- 5.4 *Banane – seit dem Altertum bekannt* 180
- 5.5 *Möhre / Karotte – die gelbe Rübe* 183
- 5.6 *Gewürze aus fernen Ländern* 184
 - Gewürznelken 184
 - Ingwer 186
 - Anis 186
- 5.7 *Baumrinden und -hölzer* 187

Anhänge 191**Anhang 1 192***Literaturverzeichnis* 192**Anhang 2 196***Verzeichnis der Basis-Experimente* 196**Anhang 3 197***Strukturformeln häufig genannter Naturstoffe* 197*Anthocyane* 197*Betacyane (Betalaine)* 197*Carotinoide* 198*Catechine* 198*Chlorophyll a und b (Chlorin-Grundgerüst; Chlorin:
2,3-Dihydroporphyrin)* 199*Chlorophylle c (Porphyrin-Gerüst)* 199*Crocetin (und Crocin)* 200*Curcumin* 200*Flavone und Flavonole* 200*Gerbstoffe – spezielle Tannine* 201*Juglon* 201*Saponine* 201 *Aescin (Triterpen-Saponin)* 202*Xanthophylle (Sauerstoffderivate der Carotine)* 202**Register 205**

Einleitung – ein persönlicher Rückblick

Meine erste Veröffentlichung vor fast fünfzig Jahren – in der Jugendzeitschrift *Rasselbande* in der Ausgabe vom 8. Oktober 1958 –, erschien nicht über ein chemisches Thema, sondern zur Botanik. Ich war damals Schüler der 9. Klasse im Gymnasium. Der Titel lautete: *Verwehte Blätter. . . So legt man ein Herbarium an*. Das Interesse an der Botanik hat bis heute angehalten, auch wenn ich Chemiker geworden bin. Im Nebenfach habe ich an der damaligen TH Braunschweig aber auch Botanik studiert. Mein Lehrer (und Prüfer im Vordiplom für Botanik als Nebenfach) war *Joachim Bogen*, der die ersten populärwissenschaftlichen Bücher zur molekularen Biologie („Exakte Geheimnisse: Knaurs Buch der modernen Biologie“, München 1967) und Biotechnologie in den 1960er Jahren geschrieben hat.

Mein Manuskript aus dem Jahr 1958 war damals offensichtlich von der Redaktion bearbeitet worden. Der gedruckte Text lautete:

„. . . Jetzt, wo draußen die Blätter fallen, ist es gerade Zeit, um es auch einmal zu versuchen [eine Blattsammlung anzulegen]. Eurer Phantasie sind dabei keine Grenzen gesetzt. Vielleicht bekommt ihr dabei auch Lust, euch ein richtiges Herbarium anzulegen. *Jungreporter Georg Schwedt* besitzt ein solches Herbarium. Lest einmal was er schreibt.

Immer wieder erfreut man sich an den schönen Pflanzen im Wald, auf der Wiese oder im Garten. Manche kennt man auch mit Namen, aber – wir wollen ganz ehrlich sein – viele auch nicht. Die Blütenpracht dauert leider nicht das ganze Jahr an, doch wir können uns in einem Herbarium zu jeder Jahreszeit die schönsten Pflanzen betrachten. (Übrigens, Herbarium heißt Pflanzensammlung.)

Was gehört zum Pflanzensammeln? Zunächst ein Bestimmungsbuch, in dem alle Pflanzen beschrieben und abgebildet sind. In einigen Buchhandlungen kann man es vielleicht antiquarisch, also gebraucht, ganz billig bekommen. Weiter benötigen wir eine Lupe und eine Pinzette. Wer noch Geld übrig hat, kann sich auch eine Presse kaufen. Sie besteht aus zwei Metallgittern, die durch Federn zusammengezogen werden. Zwischen die beiden Gitter kommt ein Packen Zeitungspapier und in Löschpapier gebettet die zu pressende Pflanze. (...) Habt ihr keine Pflanzenpresse, so braucht ihr das Herbarium nicht aufzugeben. Wer die Pflanzen unter ein recht dickes Buch (Lexikon) legt, kann sie ebensogut ‚bügeln‘.

Wie ein richtiger Pflanzensammler seine Bogen anlegt, seht ihr auf den Fotos. Dazu noch einige Tips: Sammelt nie alles durcheinander, sondern sucht euch ein Pflanzengebiet aus. Ich sammle zum Beispiel nur die Pflanzen meiner engeren Heimat. [Mein Herbarium aus dieser Zeit existiert noch. G.S.] Aber es lassen sich auch nur Moose, Gräser, Farne, Kräuter, Gartenblumen usw. zusammenstellen. Achtet jedoch immer darauf, daß ihr keine geschützten Pflanzen abpflückt, wie beispielsweise die Orchideenarten oder in den Alpen das Edelweiß. Zum Pflanzenschänder will doch niemand von uns werden!

LIEGENDES HARTHEU
(*Hypericum humifusum*)
beim H.-O. Wasserwerk
am: 19. August 1957
Blütezeit: Juni-September
Familie: Hartheugew.



LERCHENSPORN (*Corydalis*
cava)
am Münchhausenteich bei
Hess.-Oldendorf
am: 14. April 1957
Blütezeit: April-Mai
Familie: Mohngewächs

HUFLÄTTICH (*Tussilago*
farfara)
am Weg nach Barksen
am: 14. April 1957
Blütezeit: März-April
Familie: Korbblütler

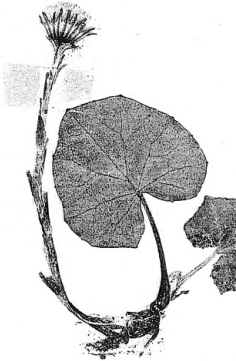


Abbildung 1. Blatt aus dem Herbarium des Autors Georg Schwedt

Lauft auch nicht den ganzen Tag mit den ausgegrabenen Pflanzen im Kasten umher. Alle Pflanzen sollen so frisch wie möglich zwischen Löschpapier und Zeitungen gepreßt werden. Aber nie zu stark „plätten“. Wir wollen die Pflanzen ja nicht zerquetschen! Sehr saftreiche Gewächse lassen sich durch kurzes Eintauchen in heißes Wasser abtöten. Zum Schutz gegen Insektenfraß werden die Pflanzen in großen Herbarien vor dem Pressen in einer alkoholischen Quecksilberchloridlösung (sic!) vergiftet. Doch für uns genügt es, wenn wir das Herbarium regelmäßig durchsehen und lüften. Wessen Pflanzensammlung besonders schön aussehen soll, der kann die Sammelbogen noch mit Zellophan oder einer durchsichtigen Kunststoffolie staubdicht überziehen [so wie vom Autor selbst durchgeführt, wodurch das Herbarium bis heute gut erhaltene Pflanzen aufweist. G.S.].

Solange der Winter noch keinen Einzug gehalten hat, ist es nie zu spät, sich ein Herbarium anzulegen.“

Das Anlegen eines Herbariums ist aus „der Mode gekommen“. Die beschriebene Arbeitsweise, die vor allem noch detaillierter durch die folgenden Bildunterschriften vermittelt wurde, gilt jedoch bis heute.

Die Texte der Bildunterschriften lauteten:

„Arbeitsgeräte der Pflanzensammler sind Bestimmungsbuch, Lupe und Pinzette. Die gepreßten Pflanzen werden auf einheitlich große Zeichenkartons gelegt und mit Papier-

streifen und Klebstoff befestigt. Auf jeden Bogen gehört ein Zettel mit Namen der Pflanze, Fundort, Datum, Namen des Sammlers und möglichem Verwendungszweck der Pflanze. In einer Mappe oder einem Aktendeckel werden die fertigen Bogen aufbewahrt.

Manche Pflanzensammler nehmen auf ihren Wanderungen eine Presse mit, um die Pflanzen sofort „trocken zu plätten“. Als „Bügel Tuch“ eignet sich jedes Papier, das Feuchtigkeit aufsaugt.“

1 Pflanzenchemie – Biochemie der Pflanzen

Als *Naturstoffe* bezeichnet man alle in der Natur vorkommenden, im Allgemeinen organischen Verbindungen. Sie können aus Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren isoliert werden. In der Wissenschaftsgeschichte wird der Beginn der *Naturstoffchemie* häufig auf das Jahr 1785 datiert, als Carl Wilhelm Scheele (1742–1786) mehrere Pflanzensäuren, Oxal-, Citronen- und Weinsäure durch Fällung als schwer lösliche Calcium- bzw. Bleisalze in reiner Form gewann. Erste klassische Ansätze zu einer Pflanzenphysiologie – heute als Biochemie der Pflanzen – sind schon im 18. Jahrhundert zu verzeichnen. Da sich die dafür notwendigen Hilfswissenschaften aber erst im 19. Jahrhundert entwickelten, begann eine systematische Wissenschaft auch erst parallel zu deren Fortschritten.

Die Naturstoffchemie wird auch als spezielle organische Chemie, als deskriptive Biochemie bezeichnet, die sich mit der Isolierung, Strukturaufklärung, der Synthese und mit den chemischen Eigenschaften der in Organismen vorkommenden Stoffe beschäftigt. Die dynamische Biochemie widmet sich dem Studium der Stoffwechselprozesse und deren Regulationsmechanismen. Als Wurzel der Naturstoffchemie gilt der Pharmakognosie, die Drogenkunde. Inhaltsstoffe pflanzlicher Drogen wurden schon im Altertum zu Heilungszwecken verwendet. Klostergärten mit ihren Heil- und Gewürzpflanzen waren die Zentren des Mittelalters, in denen das Wissen über die Wirkung von Naturstoffen gesammelt wurde.

Als ein erster Meilenstein in der Entwicklung der Naturstoffchemie kann die Isolierung des Alkaloids Morphin aus dem Opium durch Friedrich Wilhelm Sertürner (1783–1841) im Jahre 1805 bezeichnet werden. Zu dieser Zeit war man allgemein noch der Meinung, dass Naturstoffe (d. h. organische Stoffe) nur mit Hilfe einer *Lebenskraft* gebildet werden können (Vitalismus). Diese Lehre wurde noch 1827 von dem schwedischen Chemiker Jöns Jacob Berzelius (1779–1848) vertreten. Im selben Jahr synthetisierte Friedrich Wöhler (1800–1882) Harnstoff und bewies, dass sich Stoffe organischen Ursprungs aus anorganischen Stoffen darstellen lassen. Weitere ausgewählte Meilensteine in der Entwicklung der Naturstoffchemie sind in der folgenden Tabelle (Tabelle 1.1) aufgeführt.

Tabelle 1. Ausgewählte Meilensteine aus der Geschichte der Naturstoffchemie bis zur Entdeckung der DNA-Struktur.

Jahr	Entdeckung
1831	Isolierung von <i>Caroten</i> aus der Mohrrübe durch H. W. F. Wackenroder (1798–1854)
1887	Beginn von <i>Zucker-Synthesen</i> durch E. Fischer (1852–1919)
1901	Beginn von <i>Peptid-Synthese</i> durch E. Fischer (Nobelpreis 1903)
1905	Trennung der <i>Blattfarbstoffe</i> durch M. Tswett (1872–1919) mittels Säulen-chromatographie
1906	Beginn der Untersuchungen über <i>Chlorophyll</i> durch R. Willstätter (1872–1942; Nobelpreis 1915) – 1911 Isolierung von Chlorophyll a und b, ab 1928 Konstitutionsermittlung durch H. Fischer und seine Schule
1929	<i>Häminsynthese</i> durch H. Fischer (1881–1945; Nobelpreis 1930)
1933	Strukturermittlung des <i>Cholesterols</i> durch A. Windaus (1876–1959; Nobel-preis 1928) und H. Wieland (1877–1957; Nobelpreis 1927)
1944	Totalsynthese von <i>Chinin</i> durch R. B. Woodward (1917–1979; Nobelpreis 1965)
1951	Totalsynthese des <i>Cholesterols</i> und <i>Cortisons</i> durch R. B. Woodward
1953	Erste Sequenzanalyse eines Proteins, des <i>Insulins</i> , durch F. Sanger (geb. 1918; Nobelpreise 1958 und 1980) – Konstitutionsformel
1953	Entdeckung der <i>DNA-Doppelhelixstruktur</i> durch J. D. Watson (geb. 1928; Nobelpreis 1962) und F. Crick (geb. 1916; Nobelpreis 1962)

1.1 Naturstoffe aus Pflanzen

Sekundäre Pflanzenstoffe

Zu den *Naturstoffen im engeren Sinne*, die dem sogenannten *Sekundärstoffwechsel* von Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren entstammen, zählen Farbstoffe (Pigmente), Wuchs- und Reservestoffe, Riechstoffe, Pheromone, Toxine, Antibiotika, Alkaloide, Enzyme, Hormone, Vitamine u. a. (Neumüller 2003). Sie weisen Eigenschaften als Abwehr-, Farb-, Duft- und Aromastoffe sowie Wachstumsregulatoren auf. Ihre Anzahl wird auf 60 000–100 000 geschätzt.

In Büchern über Heilpflanzen werden als wesentliche Inhaltsstoffe sowohl Mineralstoffe und Vitamine als insbesondere die Sekundärstoffe genannt. Als wichtige Gruppen gelten:

Ätherische Öle (Gemische aus Terpenen und Phenylpropanen)

Sie weisen einen mehr oder weniger aromatischen Geruch auf und verflüchtigen sich schon bei Raumtemperatur. Pflanzen enthalten diese Stoffgruppe meist in besonderen Ölzellen, Drüsen oder Kanälen. Sie stellen eigentlich ein Abfallprodukt der Stoffwechselprozesse dar. Zu den Heilpflanzen mit besonders hohen Gehalten an ätherischen Ölen zählen u. a. die Echte Kamille, der Echte Lavendel, die Zitronenmelisse und der Echte Thymian. Wegen der hohen Flüchtigkeit ätherischer Öle werden Melissenblätter beispielsweise in spanischen Anbaugebieten in Hallen bei einer Temperatur von 30 °C getrocknet – auch wenn die Außentemperatur höher ist.

Fette Öle

Im Unterschied zu den ätherischen Ölen bestehen sie aus Glyceriden verschiedener Fettsäuren – am häufigsten sind Palmitin- und Stearin- (gesättigt) sowie Öl- und Linol-säure (ungesättigt). Begleitstoffe sind Phosphatide, Phytosterine und fettlösliche Vitamine. Sie befinden sich vorwiegend in den Samen und Früchten der Pflanzen. Vergleicht man das Verhalten von ätherischen und fetten Ölen auf Filterpapier, so hinterlassen fette Öle einen sichtbaren Fleck, ätherische Öle wegen ihrer Flüchtigkeit (infolge des Verdunstens) jedoch nicht.

Alkaloide (stickstoffhaltige, meist basische Naturstoffe)

Auch Alkaloide sind Abfallprodukte des Pflanzenstoffwechsels. Sie befinden sich, an organische Säuren gebunden, meist in den äußeren Geweben. Chemische Grundbausteine einer Reihe von Alkaloiden sind spezielle Aminosäuren wie Lysin, Ornithin, Histidin, Phenylalanin oder Tryptophan. In einer Pflanzenart treten meist mehrere strukturell verwandte Alkaloide auf. Der Name des Hauptalkaloids ist meistens vom Gattungs- oder Artnamen der Pflanzen abgeleitet – so z. B. Nicotin von *Nicotiana* oder Atropin von *Atropa*. Zu den alkaloidreichen Pflanzen gehören Hahnenfußgewächse wie Eisenhut und Rittersporn, Liliengewächse wie Herbstzeitlose und Nieswurz, Mohngewächse wie Schöllkraut und der Schlafmohn und Nachtschattengewächse wie Tollkirsche, Bilsenkraut und Stechapfel. Alkaloide zählen zu den stärksten Wirkstoffen, die je nach Dosis (Paracelsus) sowohl heilen und als Gift schaden können.

Xanthophylle und Flavonoide (gelbe Blütenfarbstoffe einschließlich der Anthocyanidine)

Carotinoide und Xanthophylle (s. Abschnitt 1.11) gehören zu den Begleitstoffen der Chlorophylle (Bildung in den linsenförmigen Chloroplasten) in den grünen Blättern. Sie bestimmen auch die gelbe bis orangerote Farbe von Hagebutten, Paprika und Kür-

bis. Sie gehören zur Gruppe der Lipochrome und werden in den Plasmaorganen (in speziellen Plastiden, den Chromoplasten) der Pflanzenzellen gebildet.

Die heilkräftige Wirkung des Weißdorns wird beispielsweise auf die Gehalte an Flavonoiden (s. Abschnitt 1.11) zurückgeführt, die hier auf das Herz wirken sollen. Die Anthocyanidine dagegen sind Hydrochrome, sie befinden sich im Zellsaft gelöst in den Vakuolen. Je nach pH-Wert sind sie rot bis blau gefärbt und kommen verbreitet z. B. in den Blüten von Rosen, Kornblumen, Rittersporn, in den Früchten von Kirschen, Heidelbeeren und in roten Blättern vor.

Anthocyan wird als Sammelbezeichnung für diese Farbstoffgruppe (Glykoside) verwendet, die durch Hydrolyse in Zucker und *Anthocyanidine* gespalten werden. Die einzelnen Glykoside werden als *Anthocyanine* mit Namen, die sich auf ihre Pflanze beziehen, bezeichnet (Neumüller 2003). Charakteristisch für das Vorkommen eines speziellen Anthocyan(in)s, des *Rubrobrassins*, ist der Rotkohl.

Gerbstoffe (Catechin-Gerbstoffe und Tannine)

Ihnen gemeinsam ist die Eigenschaft, Eiweißstoffe (wie das Kollagen der Haut) durch Komplexbildung zu vernetzen (auszufällen, zu koagulieren). So entsteht auf den obersten Hautschichten eine Schutzschicht, die nicht nur kleinste Blutgefäße verschließt, sondern auch Bakterienwachstum verhindern kann. Gerbstoffe kommen in Pflanzen gelöst entweder im Zellsaft oder in speziellen Gerbstoffvakuolen vor. In besonders hoher Konzentration treten sie im Zellsaft von Parasiten befallender Zellen, z. B. in den sogenannten *Galläpfeln* auf. Sie sind vor allem in der Baumrinde verbreitet. Zu den Gerbstoffdrogen zählen neben der Eichenrinde (und den Galläpfeln) aber auch Heidelbeeren, der Wurzelstock der Blutwurz, des Schlangenknöterichs und des Großen Wiesenkopfs sowie das Kraut des Andorns und des Vogelknöterichs.

Harze (Gemenge meist terpenoider Exsudate)

Zu den Hartharzen zählen Mastix, Kolophonium und Kopal, zu den Weichharzen (Balsamen) Terpentin, Peru- und Kanadabalsam und zu den Schleimharzen (Gummen) Gummi arabicum und Tragant sowie andere Verdickungsmittel. Harze werden von Pflanzen entweder ausgeschieden (Baumharz) oder auch nach Verletzung des Gewebes gewonnen.

Saponine (Triterpen- und Steroid-Saponine)

Sie besitzen die Fähigkeit, wie Seife mit Wasser einen Schaum zu erzeugen; sie sind oberflächenaktiv. Sie liegen als Glykoside vor. Steroid-Saponine kommen u. a. als Begleitstoffe in Fingerhutblättern und in Maiglöckchen vor. Hohe Saponingehalte weisen das Seifenkraut und Efeu auf. Bei Einwirkungen auf das Auge lösen Saponine Tränen-

fluss aus, in der Nase verursachen sie eine vermehrte Sekretion und Niesreiz (Verwendung in Schnupfpulvern). Triterpen-Saponine sind in Pflanzen wichtige konstitutive (den Bestand erhaltende) Abwehrstoffe gegen Pilze. In Plasmamembranen bilden sie Komplexe mit Sterolen, ebenso in den Hyphen von pathogenen Pilzen, wodurch diese „leck“ werden und absterben. Saponine sind z. B. auch in Schlüsselblumen, Birkenblättern und der Rosskastanie vorhanden. Im Körper wirken sie harntreibend, abführend oder wie im Fall der Rosskastanie auch auf Venen.

Bitterstoffe

Diese Stoffe sehr unterschiedlicher Struktur werden nach ihrem Geschmackseindruck bezeichnet. Sie liegen als Glykoside im Zellsaft (und als Hauptwirkstoff) z. B. der Enzianwurzel, des Tausendgüldenkrauts und des Fiebertreues vor. Auch Humulone und Lupulone im Hopfen zählen zu den Bitterstoffen. Allgemein weisen Bitterstoffe häufig eine Terpenstruktur bzw. als Strukturelemente Lactonringe auf. Als physiologische Wirkungen zeigen sie eine Steigerung der Magensaftsekretion und einen günstigen Einfluss auf die Speichel- und Gallensaftsekretion; sie regen Appetit und Verdauung an. Typische Pflanzen mit relativ hohen Bitterstoffgehalten sind Beifuß, Raute und Tausendgüldenkraut. Allgemein verhindern sie auch Fäulnis- und Gärungsvorgänge.

Erweitert man diese Gruppen an pflanzlichen Inhaltsstoffen um weitere, die aus dem primären Stoffwechsel stammen, so sind zu nennen:

Primäre Pflanzenstoffe

Kohlenhydrate (von den „Einfachzuckern“: Monosacchariden bis zu Polysacchariden wie Stärke, Inulin und Cellulose)

Sie sind Energieträger oder auch Bausteine der Pflanzen. *Glucose* und *Fructose* sind die häufigsten Monosaccharide in reifem Obst. Ein Teil der infolge der Photosynthese gebildeten Glucose wird in *Stärke* umgewandelt und als Reservekohlenhydrat in den Amyloplasten gespeichert. Stärkereiche Organe sind die Sprossknollen der Kartoffel und die Früchte der Getreidearten, allgemein Samen, Knollen und Wurzeln. Das Polysaccharid *Inulin* kommt in größeren Mengen in den Wurzeln der Wegwarte (Zichorie), des Echten Alant und anderer Korbblütler vor. *Cellulose* ist die wichtigste Gerüstsubstanz aller Pflanzen; sie bildet die Zellwände und ist Bestandteil der Holzgewebe. Baumwolle ist fast reine Cellulose. Zu den Derivaten von Kohlenhydraten zählen auch die *Schleimstoffe*, die im Wasser quellen und zähflüssig werden. Sie wirken bei Husten reizmildernd.

Der niederländische Arzt Jan Ingen-Houze (1730–1799) erkannte bei Experimenten in der Nähe von London 1779, dass der grüne Teil der Pflanzen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes Kohlendioxid aufnimmt und Sauerstoff abgibt. Der englische Theo-