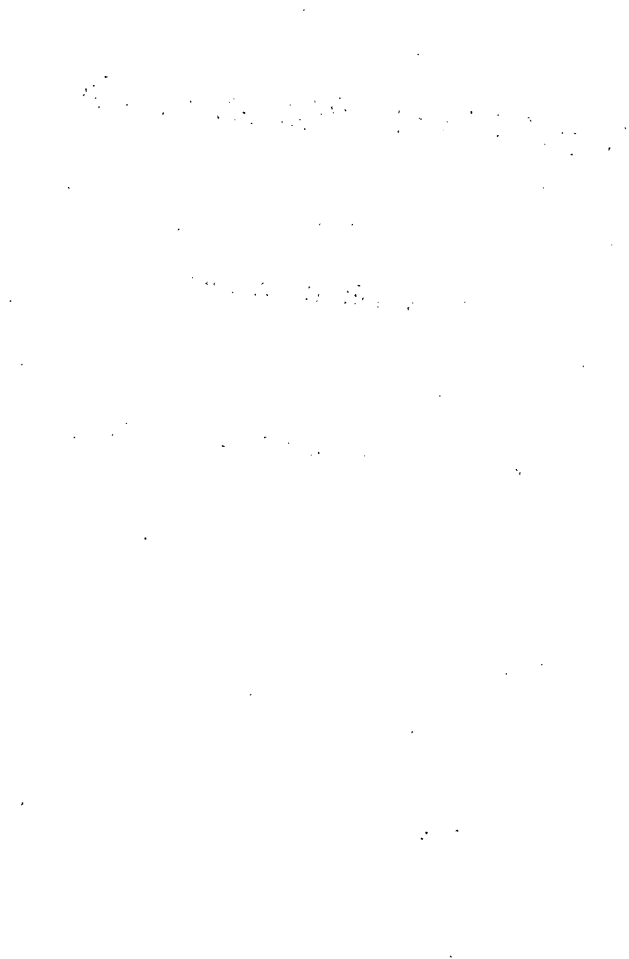


Vergleichende Pflanzenchemie.

Von

Prof. Dr. Julius Zellner.

Vortrag, gehalten den 12. März 1919.



Die Chemie der Pflanzen läßt sich in Form einzelner Beobachtungen und Untersuchungen geschichtlich ziemlich weit zurückverfolgen. Ursprünglich handelte es sich zumeist um pharmazeutische Fragen, und es mag gleich hier bemerkt sein, daß sich die Pharmazie seit Jahrhunderten bis auf den heutigen Tag um diesen Zweig der Chemie sehr verdient gemacht hat. In diesem Sinne kann Nicolas Lemery (17. Jahrhundert) als einer der Begründer der Pflanzenchemie betrachtet werden, während die botanisch-physiologische Chemie auf seine Zeitgenossen Mariotte, van Helmont u. a. zurückgeht. Auch das 18. Jahrhundert entbehrte nicht pflanzenchemischer Entdeckungen, wie die Arbeiten von Hales, Boerhave, Scheele, Priestley u. a. bezeugen. Aber ein gründliches Studium griff doch erst nach Lavoisiers Auftreten Platz, freilich zunächst ohne weitreichenden Erfolg, da die unentbehrliche Voraussetzung derartiger Forschungen: eine ausreichende Entwicklung der allgemeinen Chemie, damals noch nicht in genügendem Maße gegeben war. Immerhin sind aber Männer wie Braconnot, Fremy, John und Buchner bedeutungsvoll, weil sie zuerst von rein wissenschaftlichem Standpunkt aus die Pflanzenchemie zu fördern suchten. Ziemlich gleichzeitig setzte eine Reihe agri-

kulturchemischer Studien ein, die, abgesehen von ihrer praktischen Bedeutung, auch für die physiologische Chemie der Pflanzen von größter Wichtigkeit geworden sind. Diese Richtung ist durch eine Reihe glänzender Namen vertreten (Ingen-Houss, Saussure, Senebier, Mulder, Liebig, Boussingault). Eine andere Richtung pflanzenchemischer Forschung betrifft die Aufsuchung und Isolierung einzelner charakteristischer Stoffgruppen (z. B. Farbstoffe, Alkaloide, Glucoside, Terpene etc.); teils bot sich dadurch die Möglichkeit, eine Menge neuer Stoffe kennen zu lernen, ihre Konstitution zu erschließen und dadurch die allgemeine Chemie zu bereichern, teils lag auch das Bestreben vor, pharmazeutisch oder technisch wichtige Stoffe in reinem Zustand zu isolieren und auf Grund der Konstitutionsforschung deren künstliche Darstellung zu verwirklichen. Auf diesem Gebiet war seit Liebigs Zeit eine so große Zahl von Forschern tätig, daß selbst eine Aufzählung der bedeutendsten Namen zu weitläufig wäre. Bemerket sei nur, daß sich Österreich auf diesem Gebiete hervorragend betätigte und noch betätigt.

Während diese Chemie der Pflanzenstoffe die Konstitutionserschließung und Synthese einzelner chemischer Individuen anstrebt, hat die eigentliche Pflanzenchemie die Resultate der ersteren zur Voraussetzung und sucht die Zusammensetzung der Pflanzen in qualitativer und quantitativer Hinsicht festzustellen. Insofern es sich dabei um die chemische Aufklärung der Lebensprozesse in den Gewächsen handelt, spricht

man von physiologischer oder Biochemie der Pflanzen. Dieser Zweig konnte sich erst relativ spät entwickeln; denn erst mußte naturgemäß eine genauere Kenntnis und ein Überblick über das Heer der Pflanzenstoffe gewonnen werden — eine Arbeit, die durch Jahrzehnte die Kraft zahlreicher Forscher in Anspruch nahm — ehe man daran denken könnte, erfolgreich an die Aufklärung der chemischen Lebensprozesse heranzutreten. Einige der hierher gehörigen Fragen sind aber schon vor mehr denn hundert Jahren aufgerollt und erfolgreich bearbeitet worden, wozu Physiologen und Pharmakologen dem jeweiligen Zustand des chemischen Wissens entsprechend viele wichtige Beiträge geliefert haben. Auch fernerhin werden nur Physiologie und Chemie vereint wesentliche Fortschritte auf diesem Gebiet erzielen können.

Noch eine wichtige Quelle, aus der die Pflanzenchemie im weiteren Sinne reiches Material geschöpft hat, muß ich erwähnen, nämlich die Chemie der Nahrungs-, Genuß- und Futtermittel. Dadurch ist einerseits eine detaillierte Kenntnis einzelner Pflanzen und Pflanzenteile gewonnen, andererseits die Methodik der chemischen Pflanzenanalyse wesentlich entwickelt worden.

Aus so zahlreichen Fundstätten wurde im Laufe der Zeit ein mächtiges Tatsachenmaterial gefördert. Wenn es gleichwohl im Hinblick auf die unten zu besprechenden Aufgaben dürftig genannt werden muß, so liegt dies in der historischen Entwicklung begründet:

während einerseits einzelne ökonomisch, technisch oder pharmazeutisch wichtige Pflanzenarten sehr genau untersucht wurden, sind andererseits ganze Familien und Ordnungen von Pflanzen chemisch nahezu oder völlig unbekannt, wenn sie keine Arten von praktischer Verwendbarkeit oder sonstwie auffallenden Eigenschaften enthalten; dies gilt ganz besonders für Pflanzen außereuropäischer Länder, da in solchen Fällen die Materialbeschaffung schwierig ist.

Für eine vergleichende Pflanzenchemie, von der ich nun des näheren sprechen will, ist aber eine möglichst gleichmäßige Kenntnis der verschiedenen Pflanzenordnungen und Arten wünschenswert, eine Forderung, von deren Erfüllung wir gegenwärtig noch weit entfernt sind.

Der Grundgedanke, der zur Aufstellung der im folgenden zu behandelnden Fragen geführt hat, ist naheliegend und ist eigentlich nur der Ausdruck unseres allgemeinen Kausalitätsbedürfnisses in einem speziellen Falle, dahin lautend, daß zwischen der äußeren Gestalt, den morphologischen, dem natürlichen System zugrunde liegenden Eigenschaften einerseits und der chemischen Zusammensetzung andererseits kausale Beziehungen vorhanden sein müssen. Die Aufgabe der vergleichenden Pflanzenchemie besteht nun darin, diese Beziehungen zwischen der systematischen Stellung und der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen klarzustellen. Als ich vor Jahren diesen mir damals neu erscheinenden Gedanken faßte, stieß ich beim Studium

der einschlägigen Literatur bald auf Autoren, die ihn bereits früher ausgesprochen. Der erste derselben scheint Fr. Runge gewesen zu sein, der in seiner Schrift: *Neueste phytochemische Entdeckungen*, Berlin 1821, die Ansicht vertrat, daß eine natürliche Klassifikation der Pflanzen auch in chemischer Hinsicht möglich sei. Später hat dann Fr. Rochleder in seiner *Phytochemie* (1854) diese Anschauung auf Grund des damaligen freilich noch dürftigen Tatsachenmaterials ausführlicher dargestellt. Dieser Autor sagt unter anderem folgendes:

„Aus den Untersuchungen, die in der Absicht ausgeführt wurden, die Frage zu beantworten, ob eine bestimmte Beziehung zwischen Zusammensetzung und Form oder, was dasselbe ist, Stellung im natürlichen System nachweisbar sei oder nicht, und worin diese Beziehung bestehe, haben sich Resultate ergeben, die, wie ich glaube, auf eine unzweideutige Art diese Fragen zu beantworten gestatten, die beweisen, daß dieser Zusammenhang wirklich chemisch nachgewiesen werden könne, und zeigen, in welcher Weise er statt habe.“

„Die Familienähnlichkeit der Pflanzen ist bedingt durch das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer Stoffreihen.“

„Der Homöomorphismus der Pflanzen ist, wie der Isomorphismus der Mineralien, durch die chemische Zusammensetzung bedingt.“

Zwanzig Jahre später hat sich Albert Lange (*Geschichte des Materialismus*, 2. Buch IV, 1875)

in sehr ähnlicher Weise über den Gegenstand geäußert:

„Wir wollen . . . an den Zusammenhang zwischen Kristallen und Zusammensetzung des kristallisierten Stoffes erinnern. Daß ein ähnlicher Zusammenhang zwischen Stoff und Form auch bei den Organismen bestehe, ist kein neuer Gedanke. Die Analogie liegt sehr nahe und ist schon oft zu Betrachtungen aller Art benutzt worden. Daß man dabei schließlich auch auf Eigentümlichkeiten der Moleküle zurückkommt, ist sehr natürlich. Für unseren Zweck kann es gleichgültig sein, ob man die Form mit einem bestimmten, für das Tier (die Pflanze) charakteristischen Stoff in Verbindung bringen will, der im Stammbaum der Stoffe eine bestimmte Stellung einnimmt, oder ob man sie als Resultat einer Zusammenwirkung aller in einem Tier- (einem Pflanzen-)körper vorhandenen Stoffe ansieht. Auch dürfte beides im Grunde auf dasselbe hinauskommen.“

Diese Gedanken sind seither nicht weiter verfolgt worden und ich will auf Grund des heute verfügbaren Tatsachenmaterials und auf Grund eigener Erfahrungen versuchen, sie etwas näher auszuführen.

Die beiden Hauptfragen, die sich uns darbieten, sind folgende:

1. In welcher Weise und nach welchen Gesetzen sind die einzelnen chemischen Stoffe über das Pflanzensystem hin verteilt?

2. In welcher Weise und bis zu welchem Grade lassen sich die systematischen Gruppen (Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten) chemisch charakterisieren?

Was nun die erste Frage betrifft, so wäre zunächst festzustellen, ob es allgemein verbreitete, d. h. in allen Pflanzenarten vorkommende Pflanzenstoffe gibt. Eine derartige Feststellung ist vorläufig nicht mit Sicherheit möglich. Wenn es solche Stoffe gibt, so ist ihre Zahl sehr gering. Nicht ohne Vorbehalt nenne ich Traubenzucker, saures Kaliumphosphat, Ölsäureglyzerid, Äpfelsäure. Diese Erscheinung weist darauf hin, daß das Leben nicht an das Vorhandensein bestimmter chemischer Individuen gebunden ist, sondern bloß an die Existenz bestimmter Stoffgruppen oder vielleicht besser gesagt Gruppen funktionell gleichwertiger oder analoger Stoffe. Wir wissen sehr bestimmt, daß Fette, organische Säuren, Zucker, kohlenhydratartige Membranstoffe, Proteine, Mineralsubstanzen in allen Pflanzen als lebenswichtige Körper gefunden werden. Aber dieselbe Aufgabe, die z. B. im Olivenkernöl durch das Glyzerid der Ölsäure erfüllt wird, kann im Leinöl durch das Glyzerid der Linolensäure, im Rüböl durch jenes der Rapinsäure gelöst werden. In ähnlicher Weise sind Trauben-, Frucht- und Rohrzucker; Äpfel-, Wein- und Fumarsäure; Stärke, Inulin und Glykogen; Zellulose und Chitin solche funktionell analoge Stoffe. Ganz besonders dürften aber bei den Eiweißkörpern, die man als die eigentlichen Träger

der spezifischen Eigenschaften betrachtet, große Reihen solcher ähnlicher, vikariierender Substanzen gefunden werden. Auf der untenstehenden Tabelle 1 ist der Versuch dargestellt, die bisher beobachteten Stoffgruppen der Pflanzen übersichtlich zusammenzufassen.

Tabelle 1.

Übersicht der in den Pflanzen vorkommenden Stoffgruppen.

1. Gruppe, unorganische, von außen aufgenommene Stoffe (A).
Wasser, Mineralsalze, Kohlendioxyd, Ammoniak, Luftstickstoff.
2. Gruppe, die ersten Produkte der Synthese, meist nicht sicher nachgewiesen (A).
Formaldehyd, Glyzerose?, Dioxyazeton?, Alanin?
3. Gruppe, Kohlehydrate (1, 2, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 18, 19, 20, A).
Zucker und Zuckeralkohole; Gummi, Dextrine, Pflanzenschleime, Pektine; Stärke, Inulin, Glykogengruppe; Hemizellulosen; Zellulosen, Lignine (10), Korke (9), Chitine (19 a); Phytomelane, Huminstoffe (12).
4. Gruppe, Zyklosen (alicyklische Zuckeralkohole) (2, 3, 10).
5. Gruppe, aliphatische Kohlenwasserstoffe (9).
6. Gruppe, aliphatische Alkohole, Ketone und ähnliche Körper (2, 3, A).
Ein-, zwei- und dreiwertige Alkohole (2), Ketone, Aldehyde und deren Abkömmlinge, olefinische Kampfer etc.
7. Gruppe, aliphatische Säuren (3, A).
Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, einbasische

Oxysäuren (Ketonsäuren und ähnliche Stoffe);
zwei- und mehrbasische Säuren und Oxysäuren,
(sog. Pflanzensäuren).

8. Gruppe, Fruchtäther; Ester der Fettsäuren (6, 7).

9. Gruppe, Fette (3, 5, 6, 19 g, h, A).

Trocknende, halbtrocknende, nichttrocknende Öle,
feste Pflanzenfette, Wachse (E).

10. Gruppe, aromatische Oxyverbindungen und
verwandte Stoffe (3, 4, E).

Alkohole, Phenole, Phenolalkohole, Phenoläther,
Chinone, Ketone, Aldehyde und Abkömmlinge
derselben.

11. Gruppe, aromatische Säuren (10).

Gesättigte und ungesättigte einbasische Säuren,
zwei- und mehrwertige einbasische Phenol-, Al-
kohol-, Keton- und Aldehydsäuren, zwei- und
mehrbasische Säuren; Ester der aromatischen
Säuren.

12. Gruppe, Tannoide (3, 10, 11, E).

Gerbstoffe, Phlobaphene, Farnstoffe, Flechtenstoffe,
Anthokyane.

13. Gruppe, Harze und verwandte Stoffe (12, 14, E).

Harzsäuren, Harzalkohole, Harzphenole und deren
Ester, indifferenten Harzstoffe; Bitterstoffe; Phyto-
sterine; Karotene (vielleicht zu 16 gehörig).

14. Gruppe, ätherische Öle und verwandte Stoffe
(3, 6, 13, E).

Rein aromatische Kohlenwasserstoffe, Indol und
ähnliche Körper, Terpenkohlenwasserstoffe und
von ihnen sich ableitende Sauerstoffverbindungen;
Kampfer, Kautschuk.

15. Gruppe, Farbstoffe (10, 11, 14, E).

Abkömmlinge des Pyrons, Xanthons und Flavons;
des Naphthalins, des Anthrazens und Indols (Indigo).

16. Gruppe, Chromatophorenfarbstoffe (19 d?).
Chlorophyll, Algenfarbstoffe u. a.
17. Gruppe, Alkaloide (19 d, 20, E).
Abkömmlinge des Pyridins, Pyrrolidins, Imidazols;
des Tropans; des Chinolins und Isochinolins; des
Phenanthrens; Alkaloide unbekannter Natur;
Oxyphenylalkylaminbasen.
18. Gruppe, Glukoside (3, 4, 10, 11, 12, 15, 19 c, zum
Teil E).
Glukoside mit einfachem aromatischem Paarling;
Gerbstoffglukoside; Farbstoffglukoside; Saponine;
Nitrilglukoside; Alkaloidglukoside; Glukoside mit
schwefelhaltigem Paarling; Glukoside von Zy-
klosen, Glukoside von Säuren der Zuckergruppe;
Glukoside unbekannter Konstitution.
19. Gruppe, Eiweißabkömmlinge (A).
a) aliphatische (1, 2) und aromatische Amine (17);
Glukosamin (1, 3); Cholingruppe,
b) ein- und zweibasische aliphatische, aromatische
und heterozyklische Aminosäuren (7, 11, 17).
c) Harnstoff und Purinreihe (20 c),
d) Pyrimidinbasen; Indolabkömmlinge (14, 15),
e) Schwefelverbindungen: Cystin, Sulfide; Senföle
(1, 2, 18);
f) Phosphatide (1, 4); Nukleinsäuren (1, 19 c, d, 3),
g) Lezithine (1, 9, 19 a),
h) Cerebrine (3, 9).
20. Gruppe, Eiweißkörper (A).
a) Albumosen und Peptone (19 a, b, d, e),
b) eigentliche Proteine: Albumine, Globuline, Legu-
mine, Gliadine (19 a, b, d, e),
c) Nukleo- und Glukoproteine (1, 3, 19 a, b, c, f).
21. Gruppe, Toxine, Antigene und ähnliche; wenig
bekannte Stoffe.

22. Gruppe, Fermente (A).

Karbohydrasen, Glukosidasen, Proteasen, Lipasen, Oxydasen, Katalasen, synthetisierende Enzyme (?).

Anmerkung. Die eingeklammerten Ziffern deuten die chemischen Beziehungen zu den anderen Stoffgruppen an, E bedeutet Endprodukte des Stoffwechsels, A die allgemeine Verbreitung der betreffenden Stoffgruppe im Pflanzenreich;

Ist also die Gruppe der ganz allgemein verbreiteten Stoffe, falls sie überhaupt existiert, sehr beschränkt, so ist hingegen die zweite Gruppe, nämlich jene der weit verbreiteten Stoffe, sehr umfangreich. Als Beispiele seien Zellulose, Stärke, Chlorophyll Palmitin- und Stearinsäure genannt.

Die dritte und größte Gruppe von Verbindungen ist jene der Körper beschränkten Vorkommens. Die Beschränkung zeigt sich bald in der Art, daß die Stoffe in mehreren verwandten Pflanzenfamilien vorkommen, in anderen Reihen von Pflanzenordnungen dagegen fehlen, bald wieder in einer unregelmäßigen und sprunghaften Verteilung über das ganze System. Als Beispiele der ersten Art könnten Inulin, Mannit und Rohrzucker, als solche der zweiten Art Kumarin, Quercetin, Hypoxanthin angeführt werden. Freilich spielt dabei die Unvollständigkeit unserer Kenntnisse eine unkontrollierbare Rolle.

Endlich existiert noch eine Gruppe von Stoffen singulären Vorkommens. Natürlich ist das, was man singulär nennen will, bis zu einem gewissen Grade Ansichtssache. Das eine steht fest, daß das Vorkommen

solcher Substanzen äußerst selten auf eine einzelne Spezies, hingegen häufig auf eine bestimmte Gattung oder Familie beschränkt ist. Das Nikotin in der Gattung *Nicotiana*, das Chinin in den *Cinchona*-arten, das Anemonin bei den *Ranunculaceen* sind Beispiele dafür. Manchesmal kommt auch der Fall vor, daß ein Körper in einer einzelnen Spezies einer Pflanzenordnung und dann wieder in einer Art oder Gattung einer ganz fernstehenden Ordnung auftritt, wie z. B. der *Volëmit* in dem Pilze *Lactarius volemus* und in einigen *Primel*-arten. Diese singulären Stoffe sind nicht nur dadurch merkwürdig, daß sie durch ihre eigenartige chemische Struktur und ihre besonderen Eigenschaften für Wissenschaft und Praxis bedeutungsvoll sind, sondern auch dadurch, daß sie, obwohl ihre physiologische Bedeutung nach unserem gegenwärtigen Urteil keine hervorragende sein kann, doch mitunter in großen Massen auftreten, während nahverwandte Arten des Stoffes gänzlich ermangeln. So enthält der Lärchenschwamm (*Polyporus officinalis*) bis zu 70^o/_o eines eigenartigen Harzes, das seinem nächsten Verwandten fehlt, die *Balanophoreen* führen reichlich einen wachsartigen Körper, die *Krappwurzel* zeigt einen bedeutenden Gehalt an Farbstoffglukosiden usw.

In den folgenden Tabellen sollen einige Beispiele davon gegeben werden, wie manche Stoffe und Stoffgruppen über das Pflanzensystem verbreitet sind, wobei nur die blühenden Pflanzen (*Phanerogamen*) berücksichtigt wurden.

Zum Verständnis dieser Tabellen sei folgendes bemerkt: Nach dem Englerschen System sind die blühenden Pflanzen in 277 Ordnungen eingeteilt, die in 46 Reihen zusammenfaßt werden; davon entfallen auf die Nacktsamigen 1, auf die Monokotylen 11, auf die Archichlamydeen 26 und auf die Metachlamydeen 8 Reihen. In den Tabellen sind nun die Reihen, in denen sich die betreffenden Stoffe (Stoffgruppen) vorfinden, in vertikaler Anordnung aufgezählt und bei jeder Reihe sind die ihr angehörigen Ordnungen angeführt, in denen die betreffenden Substanzen nachgewiesen wurden. Je näher die aufeinanderfolgenden Reihennummern einander stehen und je zahlreicher die bei einer Reihe angeführten Ordnungen sind, desto weiter sind die in Frage kommenden Stoffe in der betreffenden Region des botanischen Systems verbreitet.

Tabelle 2.

Verbreitung des Rohrzuckers.

I. Gymnospermen		Gingkoaceen, Taxaceen, Pinaceen,
II. Angiospermen		
Monokotyledonen	4. Reihe,	Gramineen, Cyperaceen,
	5. „	Palmen,
	9. „	Liliaceen,
Dikotyledonen		
Archichlamydeen	8. „	Betulaceen,
	11. „	Olacaceen,
	13. „	Polygonaceen,
	14. „	Chenopodiaceen,
	15. „	Nymphaeaceen, Anonaceen, Myristicaceen, Lauraceen,
		9*

- | | | |
|----------------|-----|--|
| | 16. | Reihe, Cruciferen, |
| | 18. | „ Saxifragaceen, Rosa-
ceen, Leguminosen, |
| | 19. | „ Tropaeolaceen, Ruta-
ceen, Meliaceen,
Polygalaceen, Euphorbiaceen. |
| | 20. | „ Aceraceen, |
| | 21. | „ Vitaceen, |
| | 22. | „ Tiliaceen?, Malvaceen?,
Sterculiaceen. |
| | 23. | „ Theaceen, |
| | 26. | „ Araliaceen, |
| Metachlamydeen | 3. | „ Sapotaceen, Ebenaceen, |
| | 4. | „ Oleaceen, Loganiaceen,
Gentianeen, Asclepiadeen, |
| | 5. | „ Convulvulaceen, Solanaceen,
Scrophulariaceen, Bignoniaceen,
Acanthaceen, |
| | 7. | „ Rubiaceen, Caprifoliaceen, |
| | 8. | „ Cucurbitaceen. Compositen. |

Anmerkung. Die Verreitung ist eine gruppenweise: die erste Gruppe bilden die Gymnospermen, eine zweite die Reihen 4 und 5 der Monokotylen, eine dritte die Reihen 13 — 23 der Archichlamydeen mit dem Maximum in den Reihen 18 und 19, die vierte die Reihen 3 — 8 der Metachlamydeen mit dem Maximum in den Reihen 4 und 5.

Tabelle 3.

Verbreitung der ätherischen Öle.

I. Gymnospermen		Taxaceen, Pinaceen
II. Angiospermen		
Monokotyledonen	4. Reihe,	Gramineen,
	9. " "	Liliaceen, Amaryllideen, Iridaceen,
	10. " "	Zingiberaceen,
	11. " "	Orchidaceen.
Dikotyledonen		
Archichlamydeen		
	2. " "	Piperaceen,
	7. " "	Juglandaceen,
	8. " "	Betulaceen,
	12. " "	Aristolochiaceen,
	14. " "	Chenopodiaceen, Caryophyllaceen,
	15. " "	Ranunculaceen, Berberideen, Magnoliaceen, Calycanthaceen, Anonaceen, Myristicaceen, Lauraceen,
	16. " "	Cruciferen, Resedaceen,
	18. " "	Saxifragaceen, Hamamelidaceen, Rosaceen, Leguminosen,
	19. " "	Geraniaceen, Rutaceen, Simerubaceen, Burseraceen, Meliaceen, Euphorbiaceen,
	20. " "	Anacardiaceen,

	22. Reihe,	Tiliaceen, Malvaceen,
	23. „	Theaceen, Guttiferen, Dipterocarpaceen. Cistaceen, Bixaceen, Violaceen, Turnera- ceen,
	25. „	Myrtaceen,
	26. „	Umbelliferen.
Metachlamydeen		
	1. „	Ericaceen,
	4. „	Oleaceen,
	5. „	Convulvulaceen. Ver- benaceen, Labiaten.
	7. „	Rubiaceen, Caprifolia- ceen, Adoxaceen, Valerianaceen.
	8. „	Compositen.

Anmerkung. Die Verbreitung ist zum Teil eine sprunghafte, auf einzelne Ordnungen beschränkte, so bei den Gymnospermen und Monokotylen, ferner in den Reihen 2—14, 22, 25, 26 der Archichlamydeen sowie bei den meisten Metachlamydeen, daneben ist aber sehr ausgesprochen ein gruppenweises Vorkommen zu bemerken, besonders in den Reihen 15, 18, 19, 22 und 23 der Archichlamydeen und in der Reihe 7 der Metachlamydeen.

Tabelle 4.

Verbreitung der Alkaloide.

I. Gymnospermen		Taxaceen, Gnetaceen,
II. Angiospermen		
Monokotyledonen	4. Reihe,	Garminen?,
	5. „	Palmen,
	7. „	Araceen,

9. Reihe, Liliaceen, Amaryllideen, Dioscoreaceen?,
 10. „ Zingiberaceen?,
 11. „ Orchidaceen?,

Dikotyledonen

Archichlamydeen

8. „ Piperaceen,
 9. „ Moraceen,
 15. „ Nymphaeaceen, Ranunculaceen, Berberideen, Menispermeeen, Magnoliaceen, Calycanthaceen, Annonaceen, Lauraceen,
 16. „ Papaveraceen, Capparideen, Cruciferen,
 17. „ Sarraceniaceen?,
 18. „ Crassulaceen?, Leguminosen,
 19. „ Erythroxylaceen, Zygophyllaceen, Rutaceen, Simarubaceen, Burseraceen?, Meliaceen, Euphorbiaceen,
 20. „ Buxaceen, Anacardiaceen, Celastraceen, Hippocastaneen?, Sapindaceen?,
 24. „ Cacteen,
 25. „ Punicaceen, Myrtaceen,
 26. „ Umbelliferen, Cornaceen,

Metachlamydeen

4. Reihe; Loganiaceen, Apocynen, Asclepiadeen,
5. „ Borragineen, Labiaten, Solaneen, Acanthaceen;
7. „ Rubiaceen, Caprifoliaceen, Valerianaceen,
8. „ Cucurbitaceen, Campanulaceen, Kompositen.

Anmerkung: Die Verbreitung ist sehr spärlich bei den Gymnospermen und Monokotyledonen, auch in den ersten Reihen der Archichlamydeen sprunghaft; dann tritt eine auffallende Häufung in den Reihen 15 und 16 wie auch 19 und 20 auf, die folgenden Reihen sind, einige vereinzelt stehende Ordnungen ausgenommen, arm an Alkaloiden; bei den Metachlamydeen zeigt sich dann wieder ein gehäuftes Auftreten in den Reihen 4 und 5, 7 und 8.

Solche Zusammenstellungen können, abgesehen davon, daß sie uns ein übersichtliches Bild von der Verbreitung der Stoffe und Stoffgruppen geben, noch in zwei anderen Richtungen nützlich sein. Bezüglich der einen äußerte sich schon Rochleder folgendermaßen:

„Diese Kenntnisse werden den Ausbau eines wahrhaft natürlichen Pflanzensystems unendlich erleichtern. Die verschiedenen Systeme, deren jedes ein natürliches zu sein Anspruch macht, werden einem einzigen, naturgemäßen Platz machen, denn wo das Studium der Form allein dem Botaniker nicht hinreichende Anhaltspunkte gewährt, mit Sicherheit die

Stellung einer Familie neben anderen zu bestimmen, da wird ihm das Verständnis durch die Kenntnis der Stoffreihen geboten werden. Nur durch ein Berücksichtigen aller Momente, deren es kaum ein wichtigeres geben kann als die Zusammensetzung, die Stoffbildung, wird es gelingen, das Gebäude naturgemäß aufzuführen.“

In der Tat herrschen auch heute noch bezüglich der systematischen Stellung einzelner Pflanzenfamilien und Arten abweichende Anschauungen. Die chemische Zusammensetzung solcher Pflanzen im Vergleich zu derjenigen der in Betracht kommenden, vermeintlich verwandten Gewächse bietet ein neues Mittel, um eine Entscheidung hinsichtlich der wahren Verwandtschaft zu treffen.

Zweitens werden derartige Zusammenstellungen das Vorkommen gewisser Stoffe (Stoffgruppen) in bisher noch nicht untersuchten Pflanzen vorauszu- sehen gestatten, sobald in systematisch benachbarten Familien das Vorhandensein dieser Körper nachgewiesen ist. Damit kann in manchen Fällen an die Stelle reiner Empirie ein zielbewußtes Forschen in gegebener Richtung stattfinden, was immerhin einen Fortschritt bedeutet. Ich brauche wohl kaum zu bemerken, daß es sich bei solchen „Prophezeiungen“ immer nur um Wahrscheinlichkeiten handelt, auch wird man in manchen solcher Fälle nicht auf identische, wohl aber auf nahverwandte oder funktionell gleichwertige Stoffe stoßen. So ist es z. B. wahrscheinlich,

daß die Ordnungen der Lardizabalaceen und Lactoridaceen Alkaloide enthalten werden, da sie zwischen alkaloidführenden Pflanzenordnungen stehen; ähnliches gilt für die Gentianeen und Adoxaceen; Bitterstoffe sind bei den Apocyneen, Nolanaceen und Verbenaceen, Rohrzucker bei den Amaranthaceen, Monimiaceen, Connaraceen, Apocyneen, Nolanaceen zu erwarten, Saponine bei den Haemodoraceen, Erythroxyllaceen, Plumbagineen usw.

Ich wende mich nun zu der zweiten Hauptaufgabe der vergleichenden Pflanzenchemie, die Rochleder seinerzeit hauptsächlich im Auge gehabt hat, nämlich zur chemischen Charakterisierung der einzelnen Pflanzengruppen. Ich wähle absichtlich den wissenschaftlich unbestimmten Ausdruck Gruppe, weil es von vornherein fraglich sein kann, ob man dem Verfahren die Spezies, Gattung oder Familie unterwerfen will; das Ideal wäre dieses, auf Grund einer genügenden Zahl von Analysen verschiedener Arten die chemische Charakterisierung der Gattung, dann jene der Familie abzuleiten, also mit einem Worte so zu verfahren, wie die botanische Systematik verfährt. Leider ist noch auf längere Zeit hinaus dieser Weg für den Pflanzenchemiker nicht gangbar. Dem Botaniker liegen nämlich die einzelnen Bausteine seiner Arbeit, die Diagnosen der einzelnen Spezies, fertig vor; bei kritischen Revisionen ist allerdings die Beschaffung des Vergleichsmaterials oft eine mühsame Sache; immerhin kann aber, sobald das Material zur

Stelle ist, die wissenschaftliche Untersuchung in kurzer Zeit und mit relativ geringen Mengen durchgeführt werden. Eine einigermaßen gründliche chemische Untersuchung einer Pflanzenart beansprucht hingegen monatelange Arbeit und beträchtliche Quantitäten des betreffenden Pflanzenmaterials. Aus dem ersten Grunde kann die chemische Kenntnis des Pflanzenreiches auch bei dem Zusammenwirken vieler nur langsam fortschreiten, aus dem zweiten Grunde ist die Untersuchung sehr kleiner Pflanzenarten, wenn sie nicht massenhaft auftreten oder eigens gezüchtet werden, überhaupt nicht ausführbar; ebensowenig diejenige sehr seltener Arten. Daher mußte das chemische Studium der Pflanzen — abgesehen davon, daß es viel später einsetzte — weit hinter dem systematischen zurückbleiben, und man muß, will man überhaupt allgemeinere Gesichtspunkte gewinnen, bei der Pflanzenfamilie oder noch höheren Gruppen stehen bleiben.

Auf der folgenden Tabelle 5 sind zwei der größten Pflanzenordnungen chemisch charakterisiert (nach Wehmer), wobei von Details abgesehen wurde. Dazu ist noch folgendes zu bemerken: Den Gräsern (Gramineen), die aus praktischen Gründen genauer chemisch studiert sind, steht die große Ordnung der Scheingräser (mit etwa 2200 Arten) systematisch nahe; diese Ordnung ist chemisch so gut wie gar nicht bekannt; es darf aber mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Zusammensetzung dieser Pflanzen sehr

weitgehend mit derjenigen der Gräser übereinstimmen wird. Ebenso ist zu vermuten, daß die chemisch nahezu oder völlig unbekanntes Campanulaceen (1000 Arten), Stylidiaceen (100 Arten) und Goodeniaceen (200 Arten) den systematisch verwandten Compositen in chemischer Beziehung ähnlich sind.

Tabelle 5.

Gramineen (ca. 3500 Arten)	Kompositen (ca. 12.000 Arten)
Fette: spärlich; nur in den Samenkeimlingen mitunter in größerer Menge; Lezithine und Phytin in den Samen; auch Phytostérine; Wachse als Blattüberzüge.	Fette: in vielen Samen reichlich; daneben auch Kohlenwasserstoffe, Fettalkohole; Lezithine in Samen; Phytostérine.
Kohlehydrate: sehr reichlich und in vielen chemischen Individuen auftretend; teils als mannigfache Gerüstsubstanzen in Stengeln und Samenschalen auftretend, teils als Zucker (Rohrzucker, Malzzucker, Traubenzucker) bes. in Stengeln, teils als Stärke und ähnliche Reservestoffe der Samen und Wurzelstöcke vorkommend. Holzstoff selten.	Kohlehydrate: charakteristisch das Inulin und dessen Abkömmlinge bes. in Wurzeln und Knollen, aber auch in vegetativen Teilen; auch verschiedene Membranstoffe, Holzstoff selten.
Eiweißkörper: eigenartige Proteide der Samen (Kleber, Zein u. a.); auch häufig Abbauprodukte	Eiweißkörper: in den Samen mehrerer Arten Nukleine, Edestin, Konglutin; sonst nicht näher

- derselben; in den vegetativen Teilen spärlich.
- Enzyme: häufig und zahlreich, bes. bei der Keimung auftretend.
- Organische Säuren: spärlich, hie und da in vegetativen Teilen.
- Ätherische Öle: nur selten (Andropogon), Kumin häufiger.
- Glukoside: selten, bloß einige Blausäure liefernde bekannt.
- Bitterstoffe: fehlen.
- Alkaloide: fraglich, jedenfalls selten.
- Gerbstoffe: selten.
- Harze: fehlen.
- Farbstoffe: keine bekannt.
- Sonstiges: Kieselsäure in Stengeln und Blättern häufig.
- bekannt. Zahlreiche Abkömmlinge derselben, Purinkörper, Cholin u. a.
- Enzyme: mehrfach nachgewiesen.
- Organische Säuren: in größerer Zahl, auch einige spezifische, der Fettreihe wie der aromatischen Reihe angehörig; jedoch viele nur auf einzelne Gattungen beschränkt.
- Ätherische Öle: sehr zahlreich, häufig auch in größerer Menge vorkommend.
- Glukoside: dem Anschein nach recht verbreitet, aber meist wenig untersucht.
- Bitterstoffe: verbreitet.
- Alkaloide: spärlich, noch nicht genügend erforscht.
- Gerbstoffe: spärlich.
- Harze: spärlich.
- Farbstoffe: häufig, anscheinend der Flavongruppe und ähnlichen Gruppen angehörig.
- Sonstiges: Milchsäfte mit Kautschuk und anderen spezifischen Stoffen.

Die bisherigen Darlegungen haben sich bloß auf die qualitativen Verhältnisse bezogen, d. h. auf die

Art, nicht auf die Menge der in den Vegetabilien vorkommenden Stoffe. Was die quantitativen Verhältnisse betrifft, so kommt denselben vorläufig nur eine sekundäre Bedeutung zu, wie es bei einer im Anfangsstadium befindlichen Disziplin kaum anders zu erwarten ist.

Man hat schon seit langem bei der wiederholten Untersuchung von Kulturpflanzen die Beobachtung gemacht, daß die Menge verschiedener in ihnen enthaltener Stoffe je nach dem Boden, dem Klima, der Höhenlage, den Düngungsverhältnissen und anderen Umständen bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Am genauesten ist man bezüglich der Mineralstoffe unterrichtet und weiß, daß die Aschenanalysen derselben Spezies, je nachdem dieselbe unter anderen äußeren Bedingungen gewachsen ist, größere Differenzen in der Menge einzelner Bestandteile aufweisen können als die Analysen ganz verschiedener, aber auf demselben Boden gewachsener Pflanzenarten und Gattungen. Diese Tatsache hat seinerzeit Rochleder veranlaßt, die Mineralstoffe ganz von seinen vergleichend-pflanzenchemischen Studien auszuschließen. Nach dem oben erwähnten Phänomen der vikariierenden Stoffe ist es nun begreiflich, daß eine Pflanze, der z. B. nicht genug Kalium zur Verfügung steht, ihr Basenbedürfnis bis zu einem gewissen Grade durch Aufnahme von Natrium oder durch Bildung organischer Basen decken kann, wodurch sich natürlich die Prozentsätze der Mineralstoffe verschieben müssen.

Auch die organischen Stoffe erscheinen in wechselnden Mengen. Es ist allgemein bekannt, wie sehr der Gehalt an gewissen Stoffen durch Züchtung und Kultur gesteigert werden kann. So hatte die Runkelrübe zu Achards Zeit (im 18. Jahrh.) etwa 5⁰/₀, die heutige Zuckerrübe hat 17—20⁰/₀ Rohzucker; ähnlich verhält sich die wilde Möhre zur kultivierten, die Holzbirne zu edlen Birnensorten. Welchen großen Einfluß Boden und Klima auf die Quantität gewisser Stoffe ausüben, dafür sind der orientalische Mohn und die sibirische Rhabarber sehr bekannte Beispiele, da diese Gewächse in ihrer Heimat ungleich reicher sind an ihren spezifischen Stoffen wie in Europa.

Die Pflanze vermag eben infolge ihrer Anpassungsfähigkeit ihr Stoffgleichgewicht den gegebenen Bedingungen entsprechend einzustellen, genau so wie sie in morphologischer Beziehung auf äußere Einflüsse reagiert. Übrigens sind diesen Stoffmengenänderungen doch ihre gewissen Grenzen gesetzt. Man kann den Stärkegehalt der Kartoffel oder den Eiweißgehalt der Bohne nicht über ein gewisses Maß hinaus steigern und Versuche, diese Grenze zu überschreiten, müssen negativ oder mit der Schädigung des betreffenden Organismus enden.

Aus diesen Erwägungen geht für die vergleichende Pflanzenchemie hervor, daß quantitative Bestimmungen nur dann ihren vollen Wert erlangen können, wenn ausreichende Angaben über das Vorkommen (ob wild oder kultiviert), den Fundort, den Boden (eventuell

Düngung), das Entwicklungsstadium und die Entwicklungsart (ob normal, Kümmer- oder Mastform) vorliegen. Dazu kommt noch bei Gattungen, die viele, nicht leicht unterscheidbare Arten umfassen, eine genaue Festlegung der Spezies, ein Umstand, der von Pflanzenchemikern nicht immer genügend beachtet wird.

Unter diesen Kautelen und in Berücksichtigung der oben erwähnten Tatsache, daß in allen Fällen quantitative Daten nur einzelne Punkte einer mehr oder weniger ausgedehnten Strecke möglicher Werte darstellen, sind Zahlenangaben für die vergleichende Pflanzenchemie schon heute wertvoll und werden es in dem Maße, als sie fortschreitet, in noch höherem Grade werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Zellner Julius

Artikel/Article: [Vergleichende Pflanzenchemie. 117-144](#)