

Chemische Untersuchungen über Pflanzengallen.

I. Mitteilung.

Von

Dr. Kurt R. von Stockert und Dr. Julius Zellner.

(Der Redaktion zugegangen am 4. April 1914.)

Das physiologisch-chemische Studium der Gallen ist im Gegensatz zu dem morphologisch-systematischen bisher nicht sehr eifrig betrieben worden. Die bisherigen Untersuchungen sind zumeist vom technischen Gesichtspunkt aus unternommen worden, beziehen sich häufig bloß auf einzelne Stoffe (besonders Gerbstoffe) und haben daher für die Lösung physiologischer Fragen nur beschränkten Wert. Die diesbezügliche Literatur findet man in den bekannten Werken Wiesners (die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl.) und Dekkers (die Gerbstoffe 1913) teilweise angeführt und referiert; einiges findet sich auch in Kieffers Monographie des cynipides 1897 bis 1901 und in Küsters Werk: die Gallen der Pflanzen 1911. Die vollständigste Literaturzusammenstellung bietet jedoch die Arbeit Molliards: *Recherches physiologiques des galles.*¹⁾ Dieselbe ist fraglos überhaupt das Bedeutendste, was auf dem Gebiet der Gallenchemie geleistet worden ist, beleuchtet auf Grund eines reichen experimentellen Materials das Problem der Gallenbildung von verschiedenen Seiten und gelangt zu interessanten Resultaten, deren Wiedergabe aber hier zu weit führen würde. Diese wichtige Arbeit erschien, während unsere Untersuchungen in Gang waren, und ist erst nach Abschluß derselben in unsere Hände gelangt. Unsere Untersuchungen sind unabhängig davon und von anderen Gesichtspunkten aus unternommen worden. Wir werden daher zunächst den Gedankengang, der uns geleitet, und die Resultate, die wir erhalten haben, im Zusammenhang darstellen, und erst am Schluß auf die mehrfachen Übereinstimmungen hinweisen, die zwischen Molliards und unseren Resultaten bestehen.

¹⁾ *Revue générale de botanique*, 1913.

Wir sind bei unserer Arbeit von den Resultaten ausgegangen, welche sich bei der chemischen Untersuchung der durch *Exobasidium Vaccinii* Woron. auf den Blättern der Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum* L.) hervorgebrachten Gallen¹⁾ ergeben haben. Die chemische Analyse dieser Pilzgalle, verglichen mit derjenigen der normalen Alpenrosenblätter, hatte gezeigt, daß in den Gallen die Menge der in Wasser unlöslichen Stoffe (des fetten Öles, Harzes und Chlorophylls) beträchtlich herabgesetzt, hingegen der Prozentsatz osmotisch wirksamer Körper (Zucker, Pflanzensäuren, gelöster Mineralstoffe) erheblich gesteigert erscheint. Dies, zusammengehalten mit dem hohen Wassergehalt und der relativ geringeren Menge in indifferenten Lösungsmitteln unlöslicher Stoffe läßt die Galle als ein Gebilde erscheinen, welches ähnlich wie lebhaft wachsende Pflanzensprosse oder wie fleischige Früchte oder Wurzeln zusammengesetzt ist.

Zweck der vorliegenden Arbeit war, zunächst festzustellen, ob ähnliche Verhältnisse auch bei den Insektengallen obwalten. Demgemäß haben wir die Auswahl der zu untersuchenden Arten so getroffen, daß wir Formen von möglichst verschiedener äußerer Beschaffenheit gewählt haben und zwar:

1. Gallen von *Cynips conglomerata* Giraud, etwa erbsen-große, runde, bräunliche, holzige Gallen, aus Knospen hervorgehend, auf *Quercus sessiliflora*;

2. Gallen von *Cynips tinctoria* Oliv., grüne, höchstens haselnußgroße, lederige, mit gelblichen Buckeln versehene Gallen, aus Knospen hervorgehend, auf *Quercus sessiliflora*;

3. Gallen von *Cynips folii* Hartig (*Dryophanta scutellaris* Oliv.), bis haselnußgroße, runde, durchscheinend obstartige, grünliche, bisweilen rötlich angelaufene, an der Oberfläche bisweilen warzig rauhe Gallen, aus den Blattnerven hervorgehend, auf *Quercus sessiliflora*;

4. Gallen von *Rhodites rosae* L., die bekannten moos-artig verzweigten Gebilde auf den Stengeln von *Rosa canina*. Gleichzeitig haben wir auch Stengel, beziehungsweise Blätter

¹⁾ Zellner, Monatshefte für Chemie, Bd. 34, S. 311 (1913).

von denselben Pflanzenindividuen, auf welchen die Gallen gesammelt worden waren, untersucht, um zu konstatieren, welche Unterschiede in der Zusammensetzung der normalen Organe und der auf ihnen sitzenden Gallen bestehen. Die Materialien waren im Oktober 1912 in der Umgebung von Wien gesammelt worden.

Von der Wiedergabe sämtlicher Analysendaten glauben wir absehen zu sollen und begnügen uns damit, mit einigen Worten die angewandten Methoden anzugeben.

Der Wassergehalt der frischen Materialien wurde im Wasserbadtrockenschrank im indifferenten Gasstrom ermittelt. Alle weiteren Bestimmungen wurden mit lufttrockener Substanz ausgeführt und zwar wurden zunächst die Mengen des Petroläther-, Äther- und Alkoholauszuges im Soxhletapparat in derselben Portion bestimmt. Der verwendete Alkohol war 95%ig, da bei langdauernden Extraktionen absoluter Alkohol schwer wasserfrei zu erhalten ist; die erhaltenen Zahlen sind aus bekannten Gründen nicht sehr genau. Der Wasserextrakt, die gerbenden und Nichtgerbstoffe, der Zucker und die Extraktasche wurden in aliquoten Teilen eines Auszuges bestimmt, der dadurch erhalten wurde, daß man das lufttrockene Material in der Holdefleissbirne oder im kupfernen Soxhletapparat mit siedendem Wasser erschöpfte, die Auszüge auf ein gemessenes Volumen brachte und filtrierte. Für die Gerbstoffbestimmung haben wir die sogenannte offizielle Methode benützt; der reduzierende Zucker wurde nach der Klärung mit einer gemessenen Menge Bleizuckers und Beseitigung des Bleiüberschusses durch wasserfreie Soda durch Reduktion von Fehlingscher Lösung nach Allihn bestimmt. Die in Wasser löslichen Mineralstoffe wurden in einigen Fällen nach der Extraktaschenmethode ermittelt. Die Asche selbst wurde nach dem Abrauchen mit Ammoncarbonat gewogen, dann mit heißem Wasser behandelt und der in Wasser unlösliche Teil nach dem Veraschen des Filters und neuerlichem Abrauchen mit Ammoncarbonat gewogen. Die Rohfaser haben wir nach dem sogenannten Weenderverfahren ermittelt. Von Stickstoffbestimmungen haben wir vorläufig abgesehen, da der Stickstoffgehalt der Gallen in der Literatur als gering angegeben wird

und wir von derartigen Bestimmungen für den unmittelbar beabsichtigten Zweck nicht viel Aufklärung erwarten konnten.

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Der Wassergehalt ist in Prozenten der möglichst frischen Materialien, alle anderen Werte in Prozenten der Trockensubstanz angegeben, sofern nichts anderes bemerkt ist.

	Junge Zweige von Quercus sessili- flora	Gallen von Cynips congloma- merata	Gallen von Cynips tincto- ria	Blätter von Quercus sessili- flora	Gallen von Cynips folii ¹⁾	Zweige von Rosa canina	Gallen von Rhodites rosae
Wassergehalt der frischen Teile	41,25	54,84	68,49	50,0	87,55	43,50	34,15
Petrolätherauszug	1,98	2,92	2,54	4,25	1,06	1,83	1,78
Ätherauszug	0,98	1,22	3,62	1,23	2,66	1,34	1,88
Alkoholauszug	16,56	17,56	21,27	16,33	71,61	20,37	43,30
Wasserauszug	21,81	43,68	57,33	31,05	77,68	24,09	51,60
Gerbende Stoffe	9,00	29,20	39,98	4,13	19,72	5,15	17,20
In Wasser lösliche Nicht- gerbstoffe	12,81	14,48	17,35	26,92	57,96	18,93	34,40
Reduzierender Zucker	3,68	1,38	1,49	1,45	32,50	3,12	2,09
Rohfaser	46,94	25,66	13,06	32,36	9,77	37,42	32,10
Asche	2,24	3,02	2,72	6,06	1,48	2,98	2,50
In Wasser unlösl. Teil in Proz. der Gesamtasche	59,03	35,50	23,98	79,59	12,75	68,63	32,51
Mn ₂ O ₄ in Prozenten der Asche	3,98	1,61	1,25	0,31	3,98	0	0
Extraktasche	1,49	2,85	2,69	3,24	1,33	1,73	1,37

¹⁾ Koch, Phytochemische Studien, Dissertation Lausanne 1895, scheint dieselbe Galle (jedoch aus Wallis stammendes Material) untersucht zu haben. Leider hat er die Gallenspezies nicht bestimmt, doch stimmt die Beschreibung am besten auf Cynips folii. Er fand: Wasser in der frischen Galle 85,71%, Gerbstoff 16,87, Zucker 21,81, Rohfaser 11,39, Asche 1,38 (alles in Prozenten der Trockensubstanz). Die Zahlen stimmen mit den unseren ziemlich überein bis auf den Zuckergehalt, was sich daraus erklärt, daß Koch die Gallen im September, wir erst Ende Oktober gesammelt haben und der Zuckergehalt in dieser Zeit rasch zunimmt (s. unten).

Aus den ermittelten Zahlen geht hervor, daß sich unsere Voraussetzungen nicht in vollem Umfang bestätigt haben. Dies gilt zunächst von den in Petroläther und Äther löslichen Stoffen; namentlich das letztere Lösungsmittel nimmt aus den Gallen mehr Substanz auf als aus den betreffenden normalen Pflanzenteilen, was besonders auf die Anwesenheit von Gallussäure und ähnlichen Stoffen zurückzuführen ist. Auch der meist erniedrigte Zuckergehalt entspricht nicht unseren Erwartungen. Wir kommen auf diesen Punkt noch weiter unten zu sprechen. Hingegen stehen folgende Beobachtungen mit den bei den Exobasidiumgallen gemachten in Einklang:

1. Daß der Wassergehalt der Gallen größer ist als derjenige der betreffenden Pflanzenteile. Die Ausnahme bei *Rhodites* ist nur eine scheinbare, da unser Material zur Zeit des Einsammelns schon etwas trocken war; die durch die moosartig verzweigte Beschaffenheit bedingte große Oberfläche bewirkt offenbar nach Beendigung des Entwicklungsprozesses ein rascheres Austrocknen, wenigstens in den äußeren Partien. Völlig frische *Rhodites*gallen zeigten einen Wassergehalt von 84,8% gegen 61,7% Wasser im normalen Organ.¹⁾ Die Erscheinung, daß die Gallen wasserreicher sind als die Pflanzenteile, aus denen sie hervorgehen, dürfte allgemein sein. Moliard (l. c.) hat dieselbe Beobachtung bei *Schizoneura lanuginosa* und *Tetraneura Ulmi* gemacht, welche auf Blättern von *Ulmus campestris* leben, und Küster (l. c.) gibt eine Reihe von Gallen an, welche mit einer einzigen (fraglichen) Ausnahme sämtlich wasserreicher sind wie die betreffenden Pflanzenteile.

2. Die Rohfaser ist durchgehends in den Gallen vermindert und zwar selbstverständlich umso mehr, je saftiger die Galle ist.

3. Die Menge der in Wasser löslichen Stoffe ist durchgehends vermehrt. Dies beruht zunächst auf der Anreicherung an Gerbstoff, welche bisher bei allen Insektengallen beobachtet wurde und eine altbekannte Tatsache ist. Trotzdem scheint die Gerbstoffanhäufung kein essentielles Moment der Gallen-

¹⁾ Küster, Die Gallen der Pflanzen, 1911, S. 243.

bildung zu sein. Wenigstens zeigt die oben erwähnte Pilzgalle eine starke Verminderung des Gerbstoffes. Die Nichtgerbstoffe zeigen auch durchgängig eine Vermehrung, wenn auch in bedeutend geringerem Grade; hingegen ist der Gehalt an reduzierendem Zucker in der Mehrzahl der Fälle herabgesetzt. Aus den Zahlen, welche Molliard bei Schizoneura fand, geht hervor, daß Zucker und Polysaccharide (im Vergleich zu den in Ulmenblättern vorhandenen Mengen) vermindert sind. Hier liegen gewiß noch unaufgeklärte Verhältnisse vor. Denn wir finden in den Gallen von *Cynips folii* den sehr großen Wert von 32,50% reduzierenden Zuckers und Koch¹⁾ gibt für mitteleuropäische Galläpfel auf *Quercus pubescens* und *Q. sessiliflora* (wahrscheinlich von *Cynips folii* herrührend) je nach der Jahreszeit 21,5% (September) bis 51,8% (Januar) Zucker und zwar Dextrose an. Das sind Werte von der gleichen Größenordnung wie der bei der Pilzgalle gefundene Wert; es ist sehr wahrscheinlich, daß nur die besonders wasserreichen, obstartigen Gallen viel Zucker enthalten, während die lederigen und holzigen Gallen arm daran sind. Stärke konnte mit Sicherheit in keiner der Gallen nachgewiesen werden.

4. Was die Aschengehalte betrifft, so erscheinen in unseren Analysen die absoluten Werte derselben im Vergleich mit denen der normalen Pflanzenorgane bald vermehrt, bald vermindert. In allen Fällen ist aber der in Wasser lösliche Teil der Asche bei den Gallen vermehrt, was auf eine Speicherung von Alkalien hinweist, und dasselbe geht aus den vollständigen Aschenanalysen Molliards von *Schizoneura* einerseits und Ulmenblättern andererseits hervor. Ebenso ist bei den meisten der untersuchten Gallen (Ausnahme: *Rhodites*) das Verhältnis der Extraktasche zur ursprünglichen Asche ein viel höheres wie bei den betreffenden Pflanzenteilen. Das deutet darauf hin, daß sich in den Gallen eine relativ größere Menge gelöster und also osmotisch wirksamer Salze vorfindet.

Die Manganbestimmungen in den Aschen haben wir durchgeführt, weil wir anfangs der Meinung waren, daß vielleicht

¹⁾ Referat im chem. Zentralbl., 1895, I., S. 853. — Dissertation der Universität Lausanne 1895, S. 13.

die Manganverbindungen irgend eine wesentliche (etwa katalytische) Rolle bei der Gallenbildung spielen. Doch zeigen die von uns gefundenen Zahlen keine Regelmäßigkeit. Immerhin ist zu bemerken, daß auch Molliard in der öfter erwähnten Galle und in den Ulmenblättern Mangan gefunden hat. In den Rhoditesgallen und Rosenblättern war dieses Element nicht nachweisbar.

Wir gedenken unsere Studien, sobald wieder frisches Material erhältlich ist, fortzusetzen.