

## 56. Arthur Meyer: Das während des Assimilationsprozesses in den Chloroplasten entstehende Sekret.

(Eingegangen am 7. September 1917.)

In einer früheren Arbeit (Das Chlorophyllkorn; Leipzig, 1883) habe ich mich mit dem Baue der Chloroplasten eingehend beschäftigt und will an die dort gemachten Mitteilungen anschließen. BRIOSI meinte, die Chloroplasten beständen im intakten Zustande aus einer homogenen Masse, die nur, wenn sie mit Reagentien in Berührung käme, schwächer grün als das Chlorophyllkorn gefärbte Fetttröpfchen ausschieden, PRINGSHEIM glaubte (1882), das Chlorophyllkorn bestände aus einem unlöslichen Gerüste von schwammförmiger Struktur, durchtränkt von Farbstoff, dem fettartigen „Lipochlor“, und einem flüssigen ölartigen Stoff, „dem Hypochlorin“. Mit Bezug auf PRINGSHEIMs Vorstellung vom Bau des Gerüstes sagte ich S. 23: „— so ist er vielleicht deshalb nicht auf den Gedanken gekommen, diesen Bau des Chlorophyllkorns auch an dem intakten Autoplasten aufzusuchen, weil ihm ein mit undurchsichtiger grüner Substanz getränkter farbloser Schwamm als Bild vorschwebte, an dem allerdings wegen der Kommunikation der Hohlräume eine regelmäßige Struktur schwer zu erkennen sein würde. In der Tat läßt sich aber an den lebenden Autoplasten, wenn er völlig unverletzt ist, eine eigentümliche Struktur erkennen, die den Eindruck macht, als seien in eine mehr oder weniger farblose Grundmasse und von dieser überall umschlossen dunkelgrüne Körner oder Kugeln eingelagert.“

CZAPEK (Biochemie der Pflanzen, 2. Aufl., 1. Bd., 1913 S. 550) referiert daher unrichtig, wenn er sagt: „In der Folge spielte die Auffassung der Chloroplasten als lakunär gebaute Gebilde, welche aus einem schwammförmigen porösen Gerüst von farbloser Beschaffenheit und grünen ölartigen Grana, diesem Gerüst eingelagert, bestehen, eine große Rolle. Diese besondere von A. MEYER ausgebaute Ansicht stützt sich besonders auf das öfters deutlich granulirte Aussehen der Chloroplasten von Orchideen (Scheinknollen von *Acanthephippium silhetense*), dürfte aber für viele andere Fälle kaum durch Tatsachen hinreichend belegt werden.“ Ich habe also stets angenommen, die Grundmasse der Chloroplasten

sei homogen, und es seien „Körner oder Kugeln“ in sie eingelagert, die von der Grundmasse völlig umhüllt seien. Weitere Aufklärung suchte ich durch Untersuchung der relativ großen Autoplasten jüngerer Knollen von *Acanthephippium* zu gewinnen. Auch die Grana dieser Chloroplasten schienen mir dunkelgrüne Kugeln zu sein, und über die Färbung ihrer Grundsubstanz wagte ich keine endgültige Entscheidung zu treffen. Ich sagte über letzteren Punkt S. 24: „Es war mir nicht möglich mit aller Schärfe die Frage zu entscheiden, ob die Masse, in welche die Kugeln eingelagert sind, völlig farblos oder nur sehr hellgrün ist.“ Die Erscheinungen, welche bei Einwirkung der Reagentien auf die Kugeln der Chloroplasten von *Acanthephippium* zu beobachten waren, bestärkten mich in der Meinung, sie seien dunkler grün gefärbt als die Grundmasse. Ich habe die Erscheinungen, welche die Reagentien hervorriefen, ganz richtig geschildert und in den Figuren 11a, b, c, 12a und b abgebildet, nur meine Auffassung der Vorgänge war, wie wir sehen werden, nicht dem Sachverhalt entsprechend. Da ich selbst der Richtigkeit meiner Auffassung nicht sicher genug war, sagte ich S. 27: „Selbstverständlich sind diese Erklärungsversuche (der Reaktionserscheinungen) nur von sehr bedingtem Wert.“ — SCHIMPER schloß sich in seiner Arbeit über die Chloroplasten (PRINGSHEIMS Jahrb. f. wissensch. Botan. 1885, Bd. 16, S. 1) in allen wesentlichen Punkten an meine Auffassung an und schien meine Zweifel zu zerstreuen. Er sagt z. B. S. 152: „Die Chloroplasten bestehen demnach aus einem farblosen Stroma mit zahlreichen, von einer grünen zähflüssigen Substanz erfüllten Vakuolen“, S. 155: „Meine Untersuchungen haben mir gezeigt, daß sehr deutliche Grana in den Chloroplasten sämtlicher Pteridophyten und Phanerogamen vorhanden sind.“ Er unterschied, wie ich, die Grana scharf von den Öltröpfchen und warnt z. B. vor Verwechselung der Grana mit den Öltröpfchen bei *Sempervivum*-Arten (S. 155). Die Öltröpfchen, welche ich also als selbständig neben den Grana vorkommende Gebilde betrachtet hatte, waren lange bekannt und beschrieben. NÄGELI sah sie; SACHS (1862) hielt sie für fettes Öl, auch BRIOSI (1873) nannte sie „fettartige Substanz“. Dagegen betrachtete GODLEWSKI (1877) die Öltröpfchen als einen Auswurfstoff und HOLLE zeigte, daß sie nicht verschwinden, wenn man die Pflanzen verdunkelt. Ich selbst glaubte die Öltröpfchen nach ihrem Verhalten zu Reagentien nicht als fettes Öl ansprechen zu dürfen, fand aber, daß sie bei allen untersuchten Pflanzen die gleichen Reaktionen gaben. Sie fehlten in jungen Blättern, welche Grana enthielten, stets und stellten sich erst in älteren Chloro-

plasten ein. SCHIMPER (1885) beschäftigte sich auch eingehend mit den Öltröpfchen. Er (S. 178) stellte fest, daß „ölartige Substanzen“, die in Tropfenform innerhalb der Chromatophoren oder aus denselben sich ausscheiden, bei allen untersuchten grünen Algen (welche, sagt er leider nicht) und Phanerogamen vorkommen; bei Farnen und Moosen hat er sie nicht beobachtet. Er sagt ganz richtig, sie seien in persistierenden Blättern am leichtesten zu beobachten und kämen in jugendlichen Organen nur selten vor. Als Beispiel für jugendliche Organe führt er nur *Vaucheria* an. Alle diese Öltröpfchen (er macht leider nur wenige namhaft, die er geprüft hat) verhielten sich nach seinen Beobachtungen gegen Osmiumsäure, Wasser, Essigsäure, Alkohol und Äther so, wie ich (1883, S. 30) für die von mir untersuchten Öltröpfchen angegeben hatte. Meine Angaben waren allerdings insofern nicht ganz richtig, als sie nur für etwas wasserhaltige Essigsäure und etwas mit Wasser verdünnte Chloralhydratlösung gelten; die reinen, wasserarmen Reagentien lösen sowohl die Tröpfchen als auch Rizinusöl. Er möchte die Tröpfchen, die er, wie GODLEWSKI, als ein „Dehydrationsprodukt“ betrachtete, als einen „Auswurfstoff“, doch noch Öltröpfchen nennen, da sie sich von den fetten Ölen kaum weiter als das Rizinusöl unterscheiden. Damit hat er, soweit es die angeführten Reagentien betrifft, ganz recht. Ich kann aber jetzt mittels anderen Reagentien zeigen, daß sich die Substanz der Öltröpfchen von fetten Ölen scharf unterscheiden läßt.

In neuerer Zeit hat sich LIEBALDT (Zeitschr. f. Botan. 1913, S. 71) in einer im Prager pflanzenphysiologischen Institut der Deutschen Universität gefertigten Arbeit gegen das Vorhandensein der Grana erklärt. Sie hat in den meisten Fällen nichts derartiges gesehen, zählt aber einige Pflanzen auf, in denen sie die Chloroplasten schwach gekörnt sah. Sie meint: „Nur da, wo zahlreiche sehr kleine Stärkekörnchen in den Chloroplasten enthalten sind, kann zuweilen das Vorhandensein einer Struktur vorgetäuscht werden, indem die Stärkekörnchen hell durch die grüne Hülle hindurchscheinen.“

Grana und Öltröpfchen sind also bisher von allen, die sich damit beschäftigt haben, für ganz verschiedene Gebilde gehalten worden. Wie mich aber eine eingehende Untersuchung über die Chloroplasten von *Tropaeolum majus*, die ich an anderer Stelle veröffentlichten werde, gelehrt hat, ist diese Meinung unrichtig. Die Grana sind kleine „Öltröpfchen“, die in den ausgewachsenen Chloroplasten stets zu finden sind und durch die kräftige Lichtbrechung

der homogenen grünen Masse der Chloroplasten, sowie dadurch, daß sie, als ganz leicht flüssige Substanz, leicht breit gedrückt werden, oft schwer sichtbar werden. Sie nehmen, wenn die Chloroplasten assimilieren, durch Zufuhr von Substanz an Größe zu, zuletzt wohl auch durch Zusammenfließen, und imponieren dann als Öltröpfchen. Es steht jetzt völlig fest, daß diese völlig flüssigen, farblosen Gebilde nicht aus fettem Öl bestehen. Schon die Tatsache, daß ihre Substanz beim Verdunkeln der Blätter nicht abnimmt, machten es unwahrscheinlich, daß sie aus Fett beständen, aber ich konnte es jetzt auch, wie gesagt, durch mikrochemische Reaktionen sicher beweisen, daß sie kein Fett sind. Stirbt der Chloroplast ab, so fließen die farblosen Tröpfchen zusammen und lösen sofort das Karotin und das Xanthophyll, welches in dem toten Chloroplasten liegt, und diese Mischung der Tröpfchensubstanz mit den gelben Farbstoffen liegt dann z. B. bei *Tropaeolum*, wie ich jetzt sicher nachweisen konnte, in den Zellen der verwelkten Blätter. Die Öltröpfchen sind also bestimmt ein Sekret. Sonach findet sich also in den erwachsenen Chloroplasten schon im jüngsten Zustande derselben ein Sekret, dessen Menge mit dem Alter der Chloroplasten zunimmt. Dieses kommt anscheinend allen Chloroplasten zu, seine Entstehung findet in allen unter normalen Verhältnissen lebenden Chloroplasten statt. Die Rhodoplasten und Phaeoplasten sind noch nicht genau auf das Vorkommen des Sekrets hin untersucht worden. Ich hoffe, diese Untersuchung noch nachholen zu können. Bei Vergleichung des Auftretens des Sekretes und seiner Menge mit der Zeitdauer der Assimilationsarbeit der Chloroplasten läßt sich eine Abhängigkeit der Sekretrezeugung von der Kohlenstoffassimilation nicht verkennen. In den Trophoplasten etiolierter Blätter, z. B. der etiolierten Blätter von *Tropaeolum majus*, lassen sich bei stärkster Vergrößerung keine Sekreteinschlüsse erkennen, und es treten auch bei Zusatz von Essigsäure (Eisessig + 15% Wasser) keine Sekrettröpfchen aus ihnen hervor. Mit der Dauer ihrer Assimilationsarbeit nimmt bei den daraufhin geprüften Chloroplasten die Menge des Sekretes in den Chloroplasten zu. Die Abhängigkeit der Sekretbildung von der Assimilationsarbeit der Chloroplasten zeigte sich auch klar bei folgenden Versuchen: In einem Blatte, welches nur wenige Tage im erwachsenen Zustande assimiliert hatte, dessen eine Spreitenhälfte dann mit Stanniol bedeckt worden war, zeigten sich in den Chloroplasten der unbedeckten Hälfte, nachdem dieselbe 6 Tage assimilieren konnte, mehr Sekrettröpfchen als in den Chloroplasten der bedeckten Hälfte, auch trat bei Zusatz von Essigsäure mehr Sekret aus.

Als ein Blatt von *Tropaeolum*, welches ungefähr 39 Tage im ausgewachsenen Zustande assimiliert hatte und gelb geworden war, mit einem gelb gewordenen Blatte derselben Pflanze verglichen wurde, welches nur ein paar Tage im ausgewachsenen Zustande assimiliert hatte, so waren in den Palisadenzellen des ersteren große Tropfen von gelb gefärbtem Sekret vorhanden, während in dem zweiten nur relativ sehr kleine Klumpen der gelben Trophoplasten-Farbstoffe lagen. So werden wir wohl aussprechen dürfen: Während des Assimilationsprozesses, während der Chloroplast aus Kohlensäureanhydrit und Wasser Kohlehydrate bereitet, entsteht in ihm ein Sekret, welches sich in Tropfenform ausscheidet. Dieses Sekret scheint bei allen Chloroplasten gleichartig zu sein. Wir wollen es „das Assimilationssekret“ nennen.

Die nicht von der Hand zu weisende Tatsache, daß während des Assimilationsprozesses in den Chloroplasten ein Sekret entsteht, ist von großem Interesse. Sie stellt der Forschung ganz neue Aufgaben. Zu allererst ist es nötig, daß das Sekret makrochemisch dargestellt wird. Es wird das nicht so einfach sein, da es in der Pflanzenzelle meist da, wo man es erreichen könnte, mit den Chloroplastenfarbstoffen verunreinigt ist, die wohl oft in größerer Menge vorhanden sein werden als das Sekret.

Vorläufig können wir die heuristische Hypothese machen, daß das Sekret wie die Kohlehydrate ein direktes Produkt des Assimilationsvorganges ist, so daß die bisher zur Versinnbildlichung des Assimilationsprozesses gebrauchte Formel durch eine andere ersetzt werden könnte, welche auch der Tatsache Rechnung trägt, daß anscheinend bei dem Assimilationsprozesse etwas mehr O entsteht, als es der alten Formel entspricht, die ja lautete: „ $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} = 6 \text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ “. Diese wäre also vorläufig zu ersetzen durch:  $m\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} = p\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + x \text{ Assimilationssekret} + (m + y) \text{O}_2$ .

Es liegt nahe, die in den immergrünen Blättern in jeder Mesophyllzelle vorkommenden großen Tropfen als Assimilationssekret anzusehen, welches während der langdauernden Assimilationstätigkeit der Chloroplasten dieser Blätter gebildet und im Zytoplasma niedergelagert wurde. Derartige Tropfen sind vielfach gesehen und untersucht (so z. B. von RADLKOFER, SCHULZE, MONTEVERDE, SOLEREDER, SERTORIUS, LIDFORSS, RYWOSCH) und meist für fettes Öl gehalten worden, so z. B. von HABERLANDT, SCHULZ, STRASBURGER. Ich habe schon 1885 (Botan. Zeitung, 43. Jahrg., S. 433) eine Reihe solcher Tropfen angesehen und gesagt, daß sie eher Sekret als

Reservestoff sein dürften. Die Untersuchung der Tropfen der immergrünen Blätter, die ich unter dem neuen Gesichtspunkte vorgenommen habe, ist noch nicht zum Abschluß gebracht. Die Tropfen sind sicher kein fettes Öl, wie schon ihr Verhalten gegen Kalilauge, Alkohol und rauchende Salpetersäure zeigt.

---

## 57. Christian Wimmer: Ein neuer kristallisierter Inhaltsstoff in den unterirdischen Organen von *Geranium pratense* L. und seine Verbreitung innerhalb der Familie der Geraniaceae.

Aus dem Pharmakognostischen Universitätsinstitut in Wien.

(Eingegangen am 18. September 1917.)

---

Gelegentlich einer umfassenden anatomischen und mikrochemischen vergleichenden Bearbeitung der unterirdischen Organe der Geraniaceen (1), über welche anderweitig berichtet werden wird, fand sich bei einigen *Geranium*-Arten ein gelber, schon in den lebenden Zellen auskristallisierter Körper, der nach seinem charakteristischen mikrochemischen Verhalten mit keinem der in der Literatur beschriebenen Pflanzeninhaltsstoffe identisch zu sein scheint. Die diesen Körper betreffenden Untersuchungsergebnisse bilden den Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Eine eingehendere Bearbeitung in der genannten Richtung wurde dem Wiesenstorchnabel (*Geranium pratense* L.) gewidmet.

Frische Schnitte aus den unterirdischen Organen von *Geranium pratense* L., unter dem Mikroskop beobachtet, zeigen mehr oder weniger zahlreich in den Parenchymzellen, besonders der primären Rinde und des Markes, die zitronengelben Kristalle dieses Körpers. Seine Erscheinungsformen sind folgende: Rhomboeder und dessen Prismenkombinationen — einzeln oder sternförmig, drusig oder unregelmäßig gruppiert; Nadelbüschel: auch Sphärite — einzeln oder zu knolligen Gruppen verwachsen. Auffallend sind Konglomerate verschiedenster Kristallformen, z. B.: ein Rhomboeder verwachsen mit einem Sphärokrystall oder einer Gruppe solcher, ein

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Arthur

Artikel/Article: [Das während des Assimilationsprozesses in den Chloroplasten entstehende Sekret. 586-591](#)