FLORA.

№ 33.

Regensburg. Ausgegeben den 3. December. **1867.**
Mit Halbbogen 1 des Repertoriums für 1867.

Inhalt. Dr. G. Holzner: Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsaueren Kalkes. — Dr. P. G. Lorentz: Studien zur vergleichenden Anatomie der Laubmoose.

Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsaueren Kalkes

von Dr. Gg. Holzner aus Freising in Oberbayern.

(Schluss.)

„Schon geraume Zeit vor dem Abfallen der Blätter tritt eine beträchtliche Abnahme ihrer Saftfülle ein, während die Rinde der Zweige um diese Zeit oft auffallend von Saft strotzt. In Uebereinstimmung hiemit zeigt die Analyse der Asche der Blätter, dass der Alkali- und Phosphorsäuregehalt unmittelbar vor dem Abfallen abnimmt; die abgefallenen Blätter enthalten, auf die Blättermasse berechnet, so geringe Mengen davon, dass sich die Schädlichkeit des Waldstreurechens durch ihre Hinwegnahme kaum erklären lässt.“ [1]). Hundert Theile Blätterasche von *Fagus sylvatica*, welche Dr. Zöller [2]) in verschiedenen Pe-

1) Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1862. II. Theil pag. 19.

2) Liebig l. c. pag. 367.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0515-4

rioden analysirte, enthielten am 16. Mai 1861 (I. Periode) 29,95 Gewichtstheile Kali, 9,83 Gewichtstheile Kalk und 24,21 Gewichtstheile Phosphorsäure — 15,90 Gewichtstheile mehr, als durch Kalk in Form von phosphorsauerem Kalk zugeführt sein konnten. In der IV. Periode (Ende November) enthielt die Asche 0,99 Prozent Kali, 1,95 Prozent Phosphorsäure, dagegen 34,13 Prozent Kalk. Die Blätterasche der Rosskastanie enthält nach der Analyse von E. Staffel [1]) im Frühjahre auf 100 Gewichtstheile berechnet 46,38 Kali, 13,17 Kalk und 24,40 Phosphorsäure; dagegen im Herbste 14,17 Kali, 40,48 Kalk und 8,22 Phosphorsäure. Aehnliche Verhältnisse lieferte die Analyse der Asche der Blätter des Nussbaumes. Man sieht hier überall eine Abnahme von Kali und Phosphorsäure im Herbste, dagegen eine Zunahme von Kalk. Untersucht man die Blätter der Buche im Herbste, so sind sie mit einer verhältnissmässig enormen Menge von oxalsauerem Kalke angefüllt. Ich glaube daher nicht, dass diese Anhäufung keine Schlüsse gestatten dürfte (Schumacher), sondern ich folgere hieraus, dass der Kalk, wenn er einmal seine Funktion verrichtet hat, für die Pflanze unnütz ist und daher in eine unlösliche Form übergeführt wird, während Kali und Phosphorsäure als eigentliche Nährstoffe in den Reserveorganen der Pflanzen für die kommende Vegetationsperiode aufgespeichert werden. — Um aber keine unnützen Discussionen zu veranlassen, dehne ich meine Behauptung nur auf den innerhalb der Zellen in Krystallen abgelagerten oxalsaueren Kalk aus.

Entstehung und physiologische Bedeutung des oxalsaueren Kalkes.

Meyen [2]) betrachtete das Auftreten der Krystalle in den Pflanzenzellen als etwas Zufälliges. C. Schmidt [3]) hielt die Krystalle für Deposita im Innern der Zelle. „Der oxalsauere Kalk gelangt offenbar in gelöster Form, durch Endosmose in die Zelle; es kann dieses nur durch Vermittlung einer freien Säure geschehen, die wir in jeder Pflanze finden." Ob die Krystalle eine weitere Verwendung finden sollen, darüber äussert sich Schmidt nicht.

---

1) Liebig l. c. pag. 368.
2) A. a. O.
3) A. a. O. pag. 66.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0516-0

Schleiden [1]) schreibt den Krystallen eine ähnliche Bedeutung zu, wie Schumacher der Kalkerde. „Ein grosses Uebermass freier Oxalsäure würde wahrscheinlich für die meisten Pflanzen störend auf den chemischen Prozess wirken. Dass die Cacteen viel freie Oxalsäure erzeugen, ist leicht zu beobachten; dass sie eine grosse Menge Kalk aufnehmen müssen, um gut zu gedeihen, ist ebenfalls bekannt; beide Stoffe zusammen lagern sich aber als fernerhin ganz indifferente Krystalle in den Zellen ab."

Schacht [2]) spricht sich über die Bedeutung der Pflanzenkrystalle ähnlich aus, wie C. Schmidt. „Die Bastbündel aller von mir untersuchten Pflanzen zeigen in ihrer unmittelbaren Umgebung Längsreihen kurzer Zellen, welche grosse Krystalle enthalten, deren Gestalt verschieden ist." „Das allgemeine und durchaus regelmässige Vorkommen dieser Krystalle in der nächsten Umgebung der Bastzellen und Siebröhren möchte auf die Funktion der letztern einiges Licht verbreiten, indem es wahrscheinlich wird, dass die gelösten Salze von denselben in jene Zellen ausgeschieden werden, hier aber keine weitere Beförderung finden und desshalb bei neuer Zufuhr in der gegebenen Flüssigkeit der Parenchymzellen nicht gelöst werden."

Indem ich noch die Ansichten einiger anderen Autoren anführe, ist es nöthig, noch einmal auf die Bedeutung der Pflanzensäuren zurückzukommen.

Hugo v. Mohl [3]) kann sich nicht dazu verstehen, die Pflanzensäuren als Uebergangsglieder zwischen der Kohlensäure und den Kohlenhydraten zu betrachten. „Wenn die Säuren diese Uebergangsstufe zwischen der Kohlensäure und zwischen den neutralen Verbindungen bilden, so ist auffallend, warum so viele Pflanzen eine Säure und namentlich Kleesäure in einer weit grösseren Menge, als zu diesem Zwecke erforderlich wäre, erzeugen und dieselbe in Verbindung mit Kalk in unauflöslichem Zustande in Krystallform in den Zellen niederlegen, ohne in späterer Zeit diese Krystalle wieder aufzulösen. Nun werden allerdings auch ernährende Stoffe (Amylum, fettes Oel u. s. w.) sehr häufig in den Pflanzen in grösserer Menge erzeugt, als das augenblickliche Bedürfniss erfordert und in den Zellen einzelner Organe niedergelegt, allein diese Ablagerungen sind nur vorübergehende Auf-

1) Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Leipzig 1861 pag. 119.
2) Der Baum. Berlin 1860. pag. 227.
3) Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. Braunschweig 1851 pag. 91.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0517-6

speicherungen, welche in späterer Zeit verwendet werden; jene Ablagerungen von unauflöslichen Salzen scheinen aber weit eher die Bedeutung zu haben, Verbindungen, welche für die Pflanzen überflüssig sind, aus dem Kreise der belebten Säfte zu entfernen."

Zu demselben Resultate gelangt Sanio[1]) welcher „sich mit Entschiedenheit dahin erklärt, dass die Niederschläge todte Auswurfsprodukte sind, welche sich bei den zahlreichen Zersetzungen in der Pflanze bilden und an den beschriebenen Stellen aufgespeichert und schadlos gemacht werden. Die Zellen, in welchen sie vorkommen sind absolut todt; nie wird in ihnen der oxalsauere Kalk in Lösung gebracht. Ob freilich die Bildung der Oxalsäure so einfach vor sich geht, wie dies Mulder annimmt, dürfte nicht so leicht mit Sicherheit zu entscheiden sein." "Diese Annahme von Mulder beruht nicht so wohl auf direkter Beobachtung, als vielmehr auf einem allerdings Vieles für sich habenden Schluss. Indess geräth man dadurch in ein schwieriges Dilemma; nimmt man nämlich an, dass der Anfang des Assimilationsprozesses damit beginnt, dass die Kohlensäure in Oxalsäure verwandelt wird, so muss man zugleich annehmen, dass in den Zellen, welche keine Krystalle führen, Kalksalze fehlen, denn sonst müsste die Oxalsäure, in ihrer Verwandtschaft zu Basen mit der Schwefelsäure wetteifernd, sich sofort damit zu oxalsauerem Kalk verbinden, und welche Affinität könnte ein Salz wieder zersetzen, das sich selbt in so starken Säuren, wie die Salz- oder Salpetersäure, ohne Zersetzung auflöst! Man müsste also annehmen, dass nur in den krystallführenden Zellen Kalksalze vorhanden sind Aber auch diese Annahme ist ebenso unwahrscheinlich, wenn man die Verbreitung der krystallführenden Zellen und die grosse endosmotische Permeabilität der Zellmenbran ins Auge fasst. Da die krystallführenden Zellen häufig ohne Zusammenhang zerstreut liegen, so muss man nothwendiger Weise annehmen, dass die Kalksalze durch die dazwischen gelegenen Zellen sich in dieselben verbreiten, dass sie also das ganze Zellgewebe der Rinde durchdringen. Noch könnte man annehmen, dass nur in den krystallführenden Zellen die Desoxydation der Kohlensäure stattfindet; welchen Werth sollte aber dieser für das Pflanzenleben anerkannt so wichtige Vorgang haben, wenn er sich nur darauf beschränken sollte, jene Zellen mit oxalsaurem Kalk zu füllen? Es ist viel wahrscheinlicher, dass die Oxalsäure ein bei der Assimilation

1) Sanio, a. a. O. pag. 270.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0518-2

nebenher gebildeter Auswurfsstoff, ein Excret ist und dass dieselbe, in ihrer Verbindung mit Kalkerde unlöslich, also auch unschädlich gemacht, in jene oben beschriebenen, gleichsam für ihre Aufnahme vorgebildeten Zellen abgeschieden wird, um dem Pflanzenkörper unschädlich zu werden. Eine sehr in die Augen springende Thatsache ist es, dass der oxalsaure Kalk vorzüglich in der Umgebung stark verdickter Zellen, also in Begleitung einer reichlichen Cellulosebildung vorkommt."

Bevor ich weitere Gründe gegen die Mulder'sche Annahme angebe, führe ich noch Unger's [1]) Ansicht über die Bedeutung des oxalsaueren Kalkes und der Pflanzensäuren an. „Dunkler und unfruchtbarer trotz aller Bemühungen ist bis jetzt die genetische Ableitung der verschiedenen Stoffe geblieben, mit welchen sowohl einzelne Zellen als Gruppen von Zellen versehen sind, und von welchen man nichts mehr weiss, als dass sie Absonderungsprodukte oder Auswurfsprodukte im Stoffwechsel sind."

„Nur für wenige derselben hat man ihre Abkunft und Bedeutung näher zu bezeichnen gesucht; dahin gehören die Pflanzensäuren und die Pflanzenalkaloide. Einige derselben sind sehr verbreitet und scheinen bei dem Vorgange der Assimilation eine Rolle zu spielen, andere gehören zu den seltenen Erscheinungen."

„Man hat die organischen Säuren als Uebergangsglieder der Kohlensäure in Zucker angesehen (Gerbsäure), was sie schwerlich sein können, indem sie sich vielmehr bei dem Uebergange der Kohlensäure in die Kohlenhydrate abscheiden."

„Ebensowenig sind die Basen im Stande, die Entstehung derselben zu vermitteln, da sie vielmehr die Bestimmung haben, die entstandenen Säuren zu neutralisiren, d. i. sie für den Stoffwechsel unschädlich zu machen. Daher die Menge der krystallführenden Zellen in allen Gebilden, wo ein starker Stoffwechsel stattfindet, daher die Gerbsäure nur in den lebenden Geweben."

„Wo die meisten Säuren bei dem Uebergange der Kohlensäure in die Nährstoffe entstehen, dort müssen auch die meisten Basen vorhanden sein (in den Blättern). Nur weil die Säuren unausweichliche Abfälle im Assimilationsprocesse sind, ist ihre Erzeugung auch eine allgemeine, nothwendige und überall gleiche, daher die Sauerstoffmenge sämmtlicher Basen, auf welchem Boden die Pflanze auch wächst, sich immer gleich bleibt."

---

1) Unger, Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1866 pag. 139.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0519-0

Fasst man die Gründe, welche für die Annahme sprechen, dass die Pflanzensäuren die Uebergangsstufe bei der Bildung der Kohlenhydrate aus Kohlensäure bilden, kurz zusammen, so ergibt sich nur der eine, dass in den unreifen Früchten die Säuren vorherrschen, welche mit dem Reifen verschwinden, während an ihrer Stelle Zucker, Pektin und Stärkmehl auftreten. Der weiter angeführte Grund, dass alle Chlorophyllpflanzen am Sonnenlichte Kohlensäure zersetzen, spricht weder für noch gegen eine solche Annahme; im Gegentheil sprechen die Beobachtungon von Sachs [1]) für Davy's Ansicht, dass bei der Assimilation unmittelbar Stärke oder ein anderer die Stärke substituirender Stoff erzeugt wird. Für die Möglichkeit obiger Annahme spricht ferner die leichte Ueberführung der Säuren in einander und die Entdeckung Berthelot's, dass aus Kohlenoxyd und Wasser (also durch Desoxydation der Kohlensäure) Ameisensäure direkt entsteht. Was nun den letzteren Punkt betrifft, so müsste erst nachgewiesen werden, dass bei der Desoxydation zuerst Kohlenoxyd gebildet wird. Anlangend das Verschwinden der Säuren in unreifen, beim Auftreten von Zucker in reifenden Früchten, so ist, meines Wissens, noch niemals die Zuleitung und Wegführung der verschiedenen Stoffe während der Entwicklung der Früchte genau untersucht worden [2]), daher eine solche Ueberführung der Säuren in Zucker mindestens nicht bewiesen. Viele Gründe scheinen mir aber gegen die angeführte Annahme zu sprechen. Der eine ist der von Mohl und Sanio berührte, dass unerklärlich bleibt, warum so viele und, wie man jetzt weiss, alle Pflanzen die eine Säure in so grosser Menge erzeugen sollten, dass überall der als Nährstoff für wichtig gehaltene Kalk nöthig ist, um den Ueberschuss unschädlich zu machen. Es bleibt unerklärlich, warum zwei für das Pflanzenleben wichtige Stoffe sich zu einem Auswurfsstoff verbinden sollen. — Eine andere auffallende Erscheinung ist, dass die Krystalle selten in Zellen gefunden werden, welche Chlorophyll enthalten. Es läge doch diese Annahme so nahe, den Ort der Krystallbildung da zu suchen, wo die Entstehung der Säure stattfindet. Nun findet man aber die Krystalle sehr häufig in unterirdischen Organen (*Rheum* etc.) und die meisten in chloro-

1) Sachs. Botanische Zeitung 1862 pag. 365. Der berühmte Forscher getraut sich nicht, die unmittelbare Entstehung der Stärke zu behaupten.

2) „Mit dem Verschwinden der Säuren bei dem Reifen der Früchte, der Weintrauben z. B. nimmt der Kaligehalt des Saftes ab." Liebig l. c. I. Th. pag. 92.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0520-1

phyllosen Basttheilen. Zur Erklärung dieser Thatsache lässt sich anführen, dass die Oxalsäure translocirt werde, ja translocirt werden müsse, weil die Gegenwart des oxalsaueren Kalkes das Leben der Zelle beeinträchtigen würde. — Aber sogleich drängt sich ein anderer Einwurf auf, dass nämlich die Krystalle in Proteinstoffen eingebettet sind, oder wie Radlkofer beobachtete, sich innerhalb eines Proteinkornes entwickeln. Auch dieser Einwurf lässt sich durch Translocation der Oxalsäure beseitigen. — Nun kommt aber die Beobachtung dazu, dass auch chlorophyllose Pflanzen Oxalsäure bilden. Diese Thatsache liesse sich auf zweierlei Weise erklären; es können diese Pflanzen die Oxalsäure aus den verwesenden Substanzen (oder bei Schmarotzern von den Wirthen) aufnehmen: oder es entsteht bei ihnen die Oxalsäure auf eine andere Art (Rochleder). Die letztere Erklärungsweise ist aber allein zulässig, wenn man nicht ausser Acht lässt, dass Pasteur [1]) Pilze in künstlichen Nährstofflösungen vegetiren liess, ferner dass bei der Keimung Oxalsäure auftritt [2]). — Es wären somit alle Einwürfe beseitigt, wenn nicht Hanstein's [3]) Beobachtung noch einer Erklärung bedürfte. „Natürlich werden auch die Zellen des Cambiums und selbst die jüngsten noch wachsenden Spiralgefässe an der Leitung des platischen Stoffes in soweit Antheil nehmen müssen, als sie selbst davon verbrauchen, und also enthalten müssen. Jedoch denselbeu auf längere Strecken zu leiten, sind sie wenigstens sicher nicht nothwendig, und auch nicht ausreichend. — Allein die Siebröhren erscheinen erst im secundären System des Pflanzenstengels, während die Milchsaftgefässe und Schlauchgefässe schon viel früher im primären Parenchym auftreten. In dieser ersten Zeit führen die Milchsaftgefässe noch keinen Milchsaft, die Schlauchgefässe aber zeigen eine lebbafte Thätigkeit in Abscheidung zahlreicher Raphiden, die wir als Sekrete, die beim Assimilationsprocess ausgeschieden werden, betrachten." Zur Erklärung dieser Erscheinung muss man entweder wieder annehmen, dass die Oxalsäure auf andere Art als durch Desoxydation entstehe, oder dass sie translocirt

1) De Bary. Die neuesten Arbeiten über Entstehung und Vegetation der niederen Pilze. Flora 1863 pag. 9.

2) Obwohl ich in der Lage bin, Lermer's Beobachtung bei der Keimung von Weizen bestätigen zu können, behalte ich mir doch eine bestimmte Behauptung hierüber vor.

3) Hanstein, a. a. O. pag. 59.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0521-7

werde. Behält man letztere Annahme, so drängt sich die Frage auf, welches der Zweck dieser Translocation ist. Etwa, damit auch die entstehenden Zellen diese wichtige Substanz erhalten, oder damit die Oxalsäure die Neubildung fördere, oder damit diese den Kalk binde? — Wenn das Letztere der Fall sein soll, so sind wir zu dem anderen Extreme gekommen, dass der Kalk oder ein Ueberschuss desselben für die Pflanze schädlich ist, dass also die Oxalsäure den schädlichen Kalk in unlösliche Form zu bringen habe.

Alle Erscheinungen lassen sich viel einfacher erklären, wenn man die Hypothese annimmt, dass die Oxalsäure ein Produkt der Proteinstoffe ist. Bevor ich jedoch auf die Entwicklung dieser Hypothese eingehe, muss ich noch einen andern Punkt berühren.

Es ist bekannt, dass die Pflanzen die Phosphorsäure in Form von phosphorsauerem Kalk aufnehmen. Alle bisherigen Erfahrungen bestätigen aber, dass in der Pflanze die Phosphorsäure nicht an Kalk gebunden ist. „Es ist auffallend, dass die Phosphorsäure (im Cambialsaft der Eiche) so weit die eigenen Untersuchungen reichen, stets an Bittererde gebunden war. Herr Dr. Kubel hat die Güte gehabt, in einigen Fällen zu prüfen, ob neben der phosphorsaueren Bittererde auch noch phosphorsauerer Kalk vorhanden sei, aber nur negative Resultate erhalten“ [1]). Ich erinnere mich nicht, jemals eine Erklärung dieses Verhältnisses gelesen zu haben. Es sind viele Zersetzungen denkbar, aber die grosse Menge des oxalsaueren Kalkes gestattet den Schluss, dass die Zersetzung des phosphorsaueren Kalkes durch Kleesäure (wahrscheinlich kleesaueres Ammoniak oder kleesauere Magnesia) geschieht.

Hierdurch erhalten die Pflanzenkrystalle eine eigentliche Bedeutung. *Die Oxalsäure ist ein Product der Proteinstoffe, bestimmt den phosphorsaueren (und schwefelsaueren) Kalk zu zersetzen, während der Kalk die Bestimmung hat, der Pflanze Phosphorsäure (und Schwefelsäure) zuzuführen. Nach Erfüllung dieser Bestimmung sind beide für die Pflanze werthlos oder schädlich. Daher ist von der Natur dafür gesorgt, dass sie vereint ein in organischen Säueren (und Phosphorsäure) unlösliches Salz bilden, oder auch: die Pflanze erzeugt desshalb Oxalsäure, weil deren Kalksalz in organischen Säuren (und Phosphorsäure) unlöslich ist, und somit durch jene die Phosphorsäure (und Schwefelsäure) frei wird.*

1) Hartig. Botanische Zeitung 1861 pag. 19.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0522-2

Hierdurch erklärt sich die Bedeutung des oxalsaueren Kalkes für das Pflanzenleben, dessen allgemeine Verbreitung im Pflanzenreich, seine Entstehung in Proteinkörnern, sein Auftreten bei der Keimung, die Anheftung der Krystalldrusen an die Zellwände mittelst Cellulose, welche aus dem Protoplasma [1]), das auch die Oxalsäure ausscheidet, sich differenzirt und die Krystalle überzieht, statt zur Vergrösserung der Zellwände zu dienen, das Auftreten der Krystalle an Orten der Neubildung und die Trennung der Phosphorsäure vom Kalke innerhalb der Pflanze.

Gleichwohl bleibt diese Erklärung so lange hypothetisch, bis nicht nachgewiesen ist, ob die Oxalsäure aus den Proteinstoffen bei Neubildungen (Hanstein, Lermer bei der Keimung) entsteht, oder ob bei höheren Pflanzen gewisse Gewebe (Parenchym? [2]) zur Absonderung derselben bestimmt sind; ferner so lange, bis wir über die Säftebewegung genauere Kenntniss besitzen [3]).

Dennoch möchte ich noch einige Punkte berühren. Es ist bekannt, dass der keimende Same ziemlich frühe eine bleibend sauere Reaktion annimmt. Hofmann [4]) gibt darüber folgende Erklärung: „Erinnert man sich, dass Stärkmehl und Milchsäure polymer sind, so dürfte man annehmen, dass sich beim Beginn der Keimung ein Theil desselben unter Einwirkung der stickstoffhaltigen Bestandtheile in Milchsäure umändert, diese sich aber durch Aufnahme von Sauerstoff unter Abscheidung von Wasserstoff in Kohlensäure zersetzt." Diese Annahme halte ich nicht für gerechtfertigt, weil ich nicht einsehe, in welcher Beziehung die Milchsäure zur Entwicklung des Keimes stehen soll. Möglichkeiten lassen sich gar viele ausdenken; die Elemente zu verschiedenen Combinationen auf dem Papier zusammenrechnen, ist gar so schwer nicht, aber für die Kenntniss des in der Natur Wirklichen bleibt das Alles zur Zeit noch völlig bedeutungslos (Schleiden). Ein hierüber angestellter Versuch führte mich zu keinem entscheidenden Resultate,

---

1) „Die Krystalldrusen, welche sich sehr früh bilden, wenn die Zellen noch klein sind &c." (Rosanoff).

2) Vergl. Sachs über sauere &c. Reaktion der Säfte lebender Pflanzenzellen. Botanische Zeitung 1862 pag. 257.

3) Hallier's angekündigtes Werk (Landwirthschaftliche Versuchsstationen Bd. IX. Nr. 1. pag. 1) habe ich noch nicht erhalten.

4) Die chemischen Vorgänge bei der Keimung. Jahresbericht der Gewerbsschule Freising. 1864 pag. 16. Die Keimungsgeschichten von Sachs waren Hofmann nicht zugänglich! — Beyer (Landw. Versuchsstationen von Nobbe IX. Band 1867 pag. 176) vermuthet, dass bei der Keimung der gelben Lupine freie Aepfelsäure sich bilde.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0523-8

und den Versuch zu wiederholen ist mir jetzt nicht möglich. Ich theile daher hierüber mehr Vermuthungen als wirklich Beobachtetes mit. Untersucht man grössere Mengen von Weizenkeimen, so findet man keine freie Oxalsäure, eine geringe Menge eines löslichen oxalsaueren Salzes (wahrscheinlich oxalsaueres Ammoniak) dagegen freie Phosphorsäuere [1]). Um dieses Auftreten freier Phosphorsäure zu erklären, ist es nöthig, erst andere Beobachtungen anzuführen.

Ueber die Rolle des Protoplasma's bei den chemischen Vorgängen in der Zelle, wissen wir so viel, wie nichts. Auf die Wichtigkeit derselben hat vor Allem Sachs [2]) aufmerksam gemacht. „Die in der lebenden Zelle stattfindenden Vorgänge stehen unter dem Einfluss eigenthümlicher Kräfte, welche aus der chemischen Zusammensetzung und molecularen Struktur des Protoplasma's hervorgehen, und es ist wahrscheinlich, dass auch die Athmung und die dadurch angeregten chemischen Prozesse durch das Protoplasma vermittelt werden." „Dass auch die eiweissartigen Substanzen selbst — bei der Athmung tief greifende Zersetzungen erleiden, ist wenigstens wahrscheinlich. Das Auftreten des Asparagin's [3]) bei der Keimung kann kaum anders, als aus einer ziemlich weitgehenden Zersetzung desselben hergeleitet werden, und nach einer neuern Arbeit von Dr. A. Hosaeus [4]) sollen bei der Keimung Ammoniak und Salpetersäure im Gewebe entstehen, deren Stickstoffgehalt sich auf die Eiweissstoffe des Keims zurückführen lässt, woraus also eine tiefgreifende Zersetzung eines Theiles dieser Stoffe zu folgern wäre."

Hiernach würde sich erklären, warum keine freie Oxalsäure im Keime vorkommt. Die entstehende Säure zersetzt entweder unmittelbar den phosphorsaueren Kalk, wodurch Phosphorsäure [5])

---

1) Um dieselbe nachzuweisen, ist die Ueberführung in phosphorsaueres Bittererde-Ammoniak am geeignetsten. Die entstandenen Krystalle lassen sich sehr leicht nach den Abbildungen von Harting (Das Microscop, übersetzt von Theile. Braunschweig 1859 pag. 461) erkennen.

2) Handbuch der phys. Bot. von Hofmeister. IV. Bd. pag. 286.

3) Das *Asparagin* ist der chemischen Zusammensetzung nach äpfelsaueres Ammoniak $2\,N\,H_4\,O + C_8\,H_4\,O_8$, $2\,HO = C_8\,H_8\,N_2\,O_6 + 6\,HO$.

4) Hosäus, Landwirthschaftliches Centralblatt. 15. Jahrg. 8. Heft pag. 97 haf das Auftreten dieser Stoffe auch jüngst wieder behauptet. — Auffallend ist aber, dass auf das Auftreten von Oxalsäure noch Niemand (ausser Lermer) Rücksicht genommen hat.

5) Dass in der Bierwürze freie Phosphorsäure vorhanden ist, ist bekannt (Balling, die Bierbrauerei II. Bd. Prag 1865. pag. 34).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0524-4

frei wird, oder sie verbindet sich erst mit dem gleichzeitig entstehenden Ammoniak, und dieses Salz zersetzt hierauf Gyps und phosphorsaueren Kalk. — Dass der Gyps nicht durch Oxalsäure, sondern durch deren Salze zersetzt wird, folgt aus dem chemischen Verhalten dieser Stoffe. Es deutet aber noch eine andere Erscheinung darauf hin. „Die Analysen Boussingault's zeigen bei den im Finstern gekeimten Pflanzen gegenüber den Samen, aus denen sie sich entwickelten, einen Verlust an organischer Substanz und dieser Verlust vertheilt sich der Art, dass der aus der organischen Substanz ausgetretene Sauerstoff gerade hinreicht, mit dem ebenfalls ausgetretenen Wasserstoff Wasser zu bilden; der Kohlenstoff (im Verlust), der zweifellos als Kohlensäure austrat, musste demnach durch den eingeathmeten Sauerstoff verbrannt sein. Oudemans und Rauwenhoff haben die Wasserbildung bei der Keimung schon 1859 beobachtet, und nach ihnen wird der dazu nöthige Sauerstoff zum Theil von der Pflanzensubstanz selbst, zum Theil aber auch von der Atmosphäre geliefert" [1]). Man kann desshalb annehmen, dass N,S aus NH_4O, SO_3 unter Abscheidung von 4HO entsteht; jedenfalls aber sind wir nicht zu der von Liebig [2]) als nothwendig bezeichneten Voraussetzung gezwungen, „dass die Schwefelsäure durch die nämlichen Ursachen, welche die Assimilation des Kohlenstoffs der Kohlensäure in der Pflanze bewirken, zerlegt wird in Sauerstoff, der sich abscheidet, und in Schwefel, der in Verbindung tritt." — Dass aber auch die Phosphorsäure vor der Assimilation mit Ammoniak verbunden ist, scheint mir daraus hervorzugehen, dass „die Untersuchungen von Mayer, Fehling und Faisst mit Bestimmtheit dargethan haben, dass zwischen diesen beiden Samenbestandtheilen, dem stickstoffhaltigen oder blutbildenden Stoffe und der Phosphorsäure ein Verhältniss der Abhängigkeit besteht; mit der Zunahme oder Abnahme an dem einen wächst oder vermindert sich die Menge des anderen Bestandtheiles, so dass wir uns die Bildung des stickstoffhaltigen Stoffes ohne die Gegenwart und Mitwirkung der Phosphorsäure nicht denken können." (Liebig [3]).

Nach dem Ueberblicke über das Ganze läge es nahe, die meines Wissens durch keine Beobachtung bereits angedeutete, geschweige denn gerechtfertigte Annahme zu machen,

1) Sachs. Handb. d. phys. Bot. IV. Bd. pag. 285. — Die Originalabhandlungen habe ich nicht zur Hand.

2) Die Chemie in ihrer Anwendung &c. I. Theil pag. 88.

3) Liebig a. a. O. I. Th. pag. 92.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0525-0

dass die Oxalsäure bei der Assimilation der Proteinstoffe entsteht, sich mit Ammoniak verbindet und so durch Umsetzung mit phosphorsauerem Kalk und schwefelsaueren Salzen neue Nährstoffe zur Assimilation geeignet macht. Allein die Entwicklung von Prozessen im Gehirne stimmen meist nicht mit den wirklichen Prozessen im Organismus der Pflanze.

Im Widerspruche mit der physiologischen Bedeutung, welche ich dem Kalke beigelegt habe, scheint die Thatsache zu stehen, dass Pflanzen ohne Zufuhr von Kalk sich nur bis zu einem gewissen Grade entwickeln, dann wochenlang stationär bleiben und hierauf zu Grunde gehen, oder bei Zusatz von (salpetersauerem) Kalk eine üppige Vegetation beginnen [1]). Allein die Pflanzen erhalten bei natürlicher Ernährung im Boden die Phosphorsäure nicht direkt, sondern als Kalksalz; sie erzeugen Oxalsäure, um dieses Kalksalz zu zersetzen. Kein Mensch wird nun annehmen wollen, dass sich mit der Nahrung auch die Funktionen der Pflanzenorgane ändern sollen. Fehlt der Kalk, so verbindet sich die Oxalsäure, in ihrer Verwandtschaft zu Basen mit der Schwefelsäure wetteifernd (Mulder), mit andern Basen, der Zellinhalt wird (um Schumacher gerecht zu werden) vergiftet, und Niemand weiss, wie weit die Pflanze im Stande ist, die für sie unnatürlichen Verbindungen aufzuheben oder zu secerniren.

Hiemit hängt auch die Erklärung zusammen, „warum so grosse Mengen phosphorsauerer Salze neben den phosphorhaltigen Eiweisskörpern vorhanden sein müssen, wie wir sie in den Samen auffinden" [2]). Die im wachsenden Keimlinge zuerst neu angelegten Zellen verrichten ihre Funktion wie in der fertigen Pflanze, und in sich trägt der Same für sie die Bestandtheile des Bodens, auf dem die Mutterpflanze ihre gedeihliche Entwickelung fand. In wunderbarer Weise hat die Natur dafür gesorgt, dass nicht bloss eine Bildung von Organen stattfindet, sondern dass diese auch sofort ihre Thätigkeit beginnen können.

---

1) Maispflanzen, die ich ohne Kalk vegetiren liess, bildeten vier kleine Blätter und verblieben acht Wochen ohne weitere Entwickelung und starben hierauf auch nach Zusatz von salpetersauerem Kalk. Bei der Untersuchung fand ich ein lösliches oxalsaueres Salz; anatomische Unterschiede fand ich nicht, natürlich mit Ausnahme, dass die Pflanzen keine Krystalle enthielten. Es beweist dieses aber nicht, dass überhaupt keine Unterschiede vorhanden sind; denn mich eingehend mit der anatomischen Untersuchung der Maispflanze zu beschäftigen, hatte ich keine Zeit.

2) Rochleder, Chemie und Physiologie der Pflanzen, Heidelberg. 1858 pag. 129.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0526-6

Ich habe meine Hypothese nur auf den oxalsaueren Kalk ausgedehnt. Es ist aber möglich, dass auch jener Kalk, welcher nach der Vermuthung von Sachs mit eintritt in den so complicirten Bau der Zellmembranen, an Oxalsäure gebunden ist. Sachs selbst nimmt entweder Kalkerde oder Kalksalze als einen solchen Baustoff an. Ich habe nun bereits oben angeführt, dass oxalsauerer Kalk innerhalb der Zellmembranen vorkommt und glaube, dass er noch viel häufiger eingelagert ist, als man bisher gefunden hat. — Hiebei mache ich noch auf einige gleichzeitig auftretende Erscheinungen [1]) aufmerksam, auch auf die Gefahr hin, den Vorwurf zu erhalten: si tacuisses, philosophus mansisses!

„Sehr jugendliche Zellwände hinterlassen bei Verbrennung keine Asche. Werden zarte Durchschnitte — am zweckmässigsten solche, deren Dicke weniger als den Durchmesser einer Zelle beträgt — von Vegetationspunkten nach sorgfältiger Auswaschung mit verdünnter Essigsäure und mit reinem Wasser — an einer dünnen Glasplatte und einem Platinblech geglüht, so verbrennen die Zellwände der im raschesten Wachsthum und intensivster Zellvermehrung begriffenen Stellen, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Aber schon die etwas gestreckten, indess bei weitem noch nicht ausgewachsenen Zellen in der Nähe des Vegetationspunktes lassen nach dem Glühen unverbrennliche Substanz zurück." [2])

„Ganz junge Zellmembranen enthalten keine unverbrennlichen Bestandtheile" [3]) „ganz junge, eben neu gebildete Zellmembranen sind isotrop" [4]).

„Schon die etwas gestreckten Zellmembranen enthalten unverbrennliche Bestandtheile" [5]) — „die pflanzlichen Zellmembranen erhalten die doppeltbrechende Eigenschaft erst einige Zeit nach ihrer Anlegung" [6]).

Hiemit will ich natürlich nicht ausdrücken, dass sich die doppeltbrechende Eigenschaft der Zellmembran aus der Einlagerung der unverbrennlichen Bestandtheile erklärt; aber diese können jedenfalls die Wirkung erhöhen (oder vermindern) besonders wenn der Kalk als klinorhombischer oxalsauerer Kalk eingelagert ist [7]).

Freising in Oberbayern den 1. Nov. 1867.

---

1) Sämmtliche Citate sind dem Handbuch der physiol. Botanik von Hofmeister, Leipzig 1867 I. Bd. I. Abth. entnommen.
2) l. c. pag. 241. — 3) l. c. pag. 241. — 4) l. c. pag. 344. — 5) l. c. p. 241. — 6) l. c. pag. 444. — 7) Vergl. Flora 1864 pag. 300.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0527-2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1867

Band/Volume: 50

Autor(en)/Author(s): Holzner Georg

Artikel/Article: Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsaueren Kalkes 513-525