II. Botanik und Pharmacognosie.

Ueber die physiologische Bedeutung des in den Pflanzen vorkommenden oxalsauren Kalks;

von Dr. phil. Arno Aë.

Alle bis jetzt darüber vorhandenen Ansichten lassen sich dahin zusammenfassen, dass die in den Pflanzen vorkommenden krystallinischen Niederschläge von oxalsaurem Kalk als todtte Auswurfsproducte und die sie enthaltenden Zellen als absolut todt zu betrachten seien.

Wie nun die Oxalsäure überhaupt eine merkwürdige Stellung einnimmt, so auch im Leben der Pflanze; welche Rolle ihr dabei jedoch zu Theil wird, dürfte mit Bestimmtheit jetzt noch nicht zu entscheiden sein. Dass sie aber auch in ihrer am häufigsten vorkommenden Verbindung mit Kalk kein todttes Auswurfs- oder Absonderungsproduct im Stoffwechsel der Pflanze ist, werde ich durch einige, längere Zeit von mir fortgesetzte Beobachtungen an perennirenden und einjährigen Pflanzen zeigen.

Wegen der kritischen Beleuchtung der dieses Thema bisher behandelnden Arbeiten, der Entstehung der Oxalsäure in den Pflanzen, sowie meiner eigenen Ansichten dazu, verweise ich auf meine ausführlichere Arbeit in der Regensb. Flora 1869. Nr. 12.

Ich erlaube mir nur, noch eine sehr hübsche Reaction der Krystalldrusen zu erwähnen. — Lässt man nemlich auf dieselben einige Zeit eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol einwirken, wäscht denselben wieder aus und fügt alsbald etwas concentrirte Kalilösung hinzu, so zeigen dieselben,

besonders von ihrer Mitte ausgehend, eine schöne blaugrüne Färbung, vermuthlich in Folge des in ihnen enthaltenen organischen Kerns, welche jedoch mit der bald stattfindenden Lösung verschwindet. Ausserdem zeichnen sich alle Krystalle oxalsauren Kalks von den etwa mit ihnen zu verwechselnden Eiweisskrystallen dadurch aus, dass sie durch das Millon'sche Reagens schwarz (durch stattfindende Zersetzung des Quecksilberoxydulsalzes), letztere aber schmutzig roth werden.

Im Nachfolgenden will ich nun die Versuche anführen, welche mich zu der entgegengesetzten Behauptung brachten, dass die Oxalsäure, und speciell der oxalsaurer Kalk, keine Auswurfsproducte sind, sondern dass denselben eine nicht unbedeutende Rolle im Leben der Pflanzen zugesprochen werden muss.

Ich fand nemlich durch mikroskopische Beobachtungen, dass:

1) beim Uebergange der Pflanzen in die Winterruhe, ein Theil der im Herbste in mehrjährigen Pflanzen vorhandenen krystallinischen Niederschläge von oxalsau-rem Kalk aus den Blättern in die perennirenden Theile zurückgeführt wird.

Deutlich lässt sich die starke Anhäufung derselben in dem leitenden Gewebe, den Blattnerven und dem Blattstiele, bis in die perennirenden Theile herab, von Zelle zu Zelle verfolgen.

Weiter fand ich dann im darauf folgenden Frühjahr, dass:

2) beim Austreiben der Knospen die in den perennirenden Theilen liegenden krystallinischen Niederschläge wieder Aufnahme durch die Knospen finden.

Ich konnte mich deutlich davon überzeugen, dass die aus den perennirenden Theilen bis in die Knospen führenden Wege in grosser Menge davon enthielten. In ganz auffallender Menge fand eine Ansammlung solcher krystallinischen Niederschläge unmittelbar unter der Anheftungsstelle der Knospen statt; mit Beginn einer lebhafteren Vegetation wurden dieselben jedoch in die Knospen übergeführt und dort

verwerthet. Ich konnte deutlich sehen, dass in den perennirenden Theilen in ganzen Zelllagen, die früher krystallinische Niederschläge enthalten hatten, jetzt, nach deren Wiederlösung und Ueberführung in die Knospen, grosse leere Räume entstanden waren.

In der Originalarbeit folgen nun eine grössere Anzahl systematisch aufgeführter, hauptsächlich den Ampelideen, Cuculiferen, Juglandeem, Pomaceen, Rosaceen und Salicineen entnommener Pflanzen, woraus deutlich zu ersehen ist, was für Krystallformen und in welch' annähernder Menge dieselben im Herbste in die perennirenden Theile niedergelegt und im Frühjahr von den Knospen wieder aufgenommen wurden.

Es wird auffallen, dass bei einigen dieser aufgeführten Pflanzen nicht alle Krystallformen in den Knospen wiedergefunden wurden; welche im Stamme vorhanden waren, und zwar war dies immer so, dass wohl Drusen, aber nicht Raphiden und andre Krystalle (dem quadratischen und klinorhombischen Systeme angehörend) sichtbar waren. Diese Erscheinung lässt sich recht gut aus dem Grunde erklären, weil den Raphiden und andern Krystallen in Folge ihrer intensiver ausgeprägten Krystallform und deshalb grösseren Cohäsion ihrer einzelnen Theilchen, eine schwerere Löslichkeit als den Drusen zugesprochen werden muss, welche Erklärung mit der zur Zeit der Beobachtung eben erst kurz wieder erwachten, an den verschiedenen Pflanzen sich auch in verschiedener Intensität zeigenden, Vegetation durchaus nicht in Widerspruch steht. Auch ist gewiss die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass nach dem Wiederauflösen krystallinischer Niederschläge von der einen Form dieselben bei einer erneuten Krystallisation in einer andern Form erscheinen können, nachdem von Souhay und Lenssen (Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 100. p. 311.) nachgewiesen worden ist, dass auf die Krystallformen des oxalsauren Kalks die Zeitdauer der Krystallisation von entscheidendem Einflusse ist.

Dass bei einigen von den angeführten Pflanzen erst eine verhältnissmässig geringe Menge von Krystallen in den Knospen zu der in dem Stamme liegenden sichtbar war, dass

ich bei einigen Pflanzen wohl Krystalle im Stamme, deren aber noch nicht in den kaum entwickelten Knospen fand, sondern der oxalsaurer Kalk in den letzteren nur in Lösung durch das als dafür am besten von mir erkannte, in einer anderen Arbeit ausführlich beschriebene, Reagens, durch Kali, nachweisbar war, zeigt eben nur die verschiedene Intensität des in diesen Pflanzen neuerwachten Lebens.

So habe ich auch bei vielen anderen perennirenden und einjährigen Pflanzen den oxalsaurer Kalk nie als krystallinischen Niederschlag, aber stets dessen Vorhandensein in Lösung nachweisen können; selbst in den Knollen der Kartoffel, in vielen Samen, z. B. von *Pisum*, *Phaseolus*, *Brassica*, *Nigella*, *Papaver*, *Cucumis*, *Cucurbita*, *Avena*, *Hordeum*, *Triticum* etc., gelang es mir, Spuren davon aufzufinden. Auch bei *Pinus sylvestris*, von dem Holzner sagt, nie oxalsaurer Kalk krystallinisch darin gesehen, wohl aber aus Sägespänen mittelst der von Sanio (A. a. 6. p. 253.) angegebenen Analyse deutliche Oktaëder von oxalsaurer Kalk erhalten zu haben, habe ich im vorigen Herbste sehr schön ausgebildete Krystalle mittelst des Mikroskops gefunden.

Wenn diese Versuche schon zu der Annahme berechtigen, dass Kalk und Oxalsäure nicht, wie bisher meist angenommen wurde, nur werthlose Producte sind, so geschieht dasselbe auch durch meine Beobachtungen über

3) die Wanderung des oxalsaurer Kalk's beim Keimen und

4) das Verschwinden desselben bei den im Dunkeln wachsenden Pflanzen.

Ich liess nemlich Samen von *Pisum sativum* und *Phaseolus vulgaris* keimen, von jedem die eine Hälfte unter normalen Verhältnissen, die andere in einem völlig dunklen Raum wachsen und beobachtete in den daraus gezogenen Pflanzen das Auftreten der krystallinischen Gebilde, welche ich mittelst der bekannten Reagentien für oxalsaurer Kalk erkannte.

Die am 10. Juni 1868 gesteckten Samen keimten in Folge der günstigen Witterung binnen wenig Tagen. — Bei

den am Lichte wachsenden Pflänzchen von *Phaseolus*, in dessen Samen ich schon früher Spuren von oxalsaurem Kalk nachgewiesen hatte, zeigte sich alsbald nach stattgefundener Keimung in allen Theilen eine beträchtliche Menge davon in Lösung und auch schon 4—5 Tage darnach die ersten Krystalle und zwar zuerst an der Stelle, wo sich Stengel und Wurzel trennen. — Von dieser Stelle ausgehend nahmen nach und nach, sowohl nach oben, als nach unten, die Krystalle immer mehr zu, bis dieselben auch den 1. Juli in den Blättern sichtbar wurden. — Den 6. Juli zeigten sich, ebenfalls an jener vorhin bezeichneten Stelle, einzelne Drusen, die den 15. Juli, ebenfalls sehr vereinzelt, in den Blättern bemerkt wurden. — Trotz sorgfältigen Suchens konnte ich von den letzteren bei späteren Beobachtungen nie wieder bemerken, dieselben waren also wieder in Lösung gegangen; dagegen waren die ersteren in ziemlicher Menge bis zum Absterben und nach demselben erkennbar. Da jedoch bei diesem Absterben die Pflanzen noch ziemlich viel Stärke, Eiweisskörper, Chlorophyll etc. enthielten, so konnte ich aus der Beobachtung der am Lichte wachsenden Pflanzen nur theilweise Nutzen ziehen.

Anders bei den im Finstern wachsenden. Ausser dem bei etiolirten Pflanzen immer sehr intensiven Längenwachthume war auch in Bezug auf die Entstehung und fortschreitende Vermehrung der Krystalle zu Anfange der Vegetation kein Unterschied von den am Lichte wachsenden Pflanzen bemerkbar. — Wie bei jenen, so traten auch bei diesen in späterer Zeit vereinzelte Drusen auf, welche ebenfalls in einiger Zeit wieder verschwanden. Als jedoch die Vegetation bei diesen Pflanzen ihrem Ende entgegen ging, als Stärke, Chlorophyll, Eiweissstoffe etc. immer mehr schwanden, da zeigte sich auch, dass eine Verminderung der in ziemlicher Menge vorhandenen Krystalle stattfand und zwar geschah dies in der Richtung von oben nach unten, d. h. die Abnahme der Krystalle geschah zuerst in den Blättern und schritt nach abwärts immer weiter fort, also in entgegengesetzter Richtung ihrer

Z u n a h m e. — Bei diesen bis zum 28. Juli völlig abgestorbenen Pflanzen blieben jedoch immer zuletzt in den niederen Stengeltheilen, also denjenigen Stellen, welche am längsten dem Absterben widerstanden und deren unterste weiter oben von mir zugleich als die Bildungs- und erste Ablagerungsstätte der Krystalle bezeichnet wurden, selbst nach dem Absterben derselben eine beträchtliche Menge der Krystalle sichtbar, da natürlich mit dem immer näher heranrückenden Ende jeder Vegetation die zu ihrer Auflösung und Umsetzung nöthige Saftbewegung immer mehr fehlte und die zu ihrer weiteren Verwerthung nöthigen Organe bereits abgestorben waren. — Hier und da waren wohl auch noch einzelne Krystalle in den Blättern und oberen Stengeltheilen zu finden, welche so zu sagen vergessen worden waren, denn bei den unter so abnormen Verhältnissen vegetirenden Pflanzen ist es leicht denkbar, dass einzelne Zellschichten von der allgemeinen Saftbewegung vollständig abgeschnitten werden und in solchen Zellschichten auch noch Stärkekügelchen etc. nachgewiesen werden konnten. — Immer jedoch war bei den so cultivirten Pflanzen die nach dem Absterben zuletzt in den Blättern und obern Stengeltheilen etwa noch sichtbare Menge von krystallinischen Niederschlägen eine verhältnissmässig geringe gegen die bei noch lebhafter Vegetation vorhandene.

Die mit *Pisum sativum* und auch mit *Solanum tuberosum* in gleicher Weise angestellten Versuche führten zu demselben Resultate.

Aus diesen letzteren Versuchen lernte ich neben der Bestätigung der schon früher nachgewiesenen Behauptung über die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes überdies zweierlei, dass nemlich die Entstehung der Krystalle nicht in den Blättern, wohl aber deren weitere Verwerthung dort stattfindet.

Trotz aufmerksamer Beobachtung konnte ich übrigens bei den Versuchen mit *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum* und *Solanum tuberosum* nichts von einer gesetzmässigen Anordnung der Krystalle in den Zellen bemerken; nicht allein,

dass ich Krystalle verschiedener Systeme und verschiedener Formen, sondern auch deren Hauptaxen in regelloser Ordnung in unmittelbarer Nähe bei einander fand.

Schliesslich erwähne ich noch eine Arbeit von Dr. Hartig (bot. Zeitg. 1865.). — Derselbe hat eine grössere Zahl von ausdauernden Pflanzen, als Cupuliferen, Pomaceen etc. untersucht und darinnen Krystalle beobachtet, welche er für gerbsauren Kalk erklärt. — Neben mehren, auch dem oxalsauren Kalke eigenen Reactionen kommt er desshalb zu dem Resultate, die Krystalle für gerbsauren Kalk zu erklären, weil denselben die oktaëdrische Form des oxalsauren Kalks fehle. — Auch ich hatte bei meinen Versuchen grösstentheils Gelegenheit, die chemische Natur der Krystalle in den von Dr. Hartig untersuchten Pflanzen näher zu bestimmen, doch überall musste ich sie für oxalsauren und nicht für gerbsauren Kalk halten, wie es denn ja längst von Sanio, Holzner u. A. nachgewiesen ist, dass der oxalsaure Kalk auch in anderen, als oktaëdrischen Formen krystallisirt.