FLORA.

№ 32.

Regensburg. Ausgegeben den 22. November. **1867.**

Inhalt. Dr. G. Holzner: Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsaueren Kalkes. — Anzeigen.

Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsaueren Kalkes

von Dr. Gg. Holzner aus Freising in Oberbayern.

Einleitung.

Bei meiner Promotion, welche am 27. Juli 1864 stattfand, lautete die zwölfte zu vertheidigende Thesis: „Phytocrystalla sejungendo acidum phosphoricum e calcaria phosphorica nasci existimo.“ Unter den Phytocrystallen wollte ich jene verstanden wissen, welche einerseits C. Schmidt als quadratischen oxalsaueren Kalk beschrieben hat, anderseits von mir untersucht wurden. Die Belege, welche ich damals anführen konnte, reichten zum Beweise meiner Ansicht nicht hin. Seitdem sind aber einige Entdeckungen gemacht worden, welche sehr wichtige Beiträge zur Kenntniss der physiologischen Bedeutung der in Essigsäure unlöslichen Pflanzenkrystalle mit anorganischer Basis, das ist der Krystalle aus oxalsauerem Kalke bilden.

Bei der Schwierigkeit, mir die nöthige Literatur zu verschaffen, sind mir wahrscheinlich mehrere hieher bezügliche wichtige Entdeckungen entgangen, und ich bin desshalb allen Freunden der physiologischen Botanik zu grösstem Danke verpflichtet, welche

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0499-4

mir hierüber Mittheilungen machen. Nur bitte ich, dass solche entweder direkt an mich, oder durch die „Flora“ oder durch die „Botanische Zeitung“ geschehen, da mir eine andere botanische Zeitschrift nicht, oder erst spät in die Hände kommt. — Auf denselben Wegen mögen Einwürfe gegen meine Ansicht mitgetheilt werden; denn ich bin nicht so befangen, mir glauben zu machen, dass mir die Lösung einer so wichtigen Frage, welche bisher meines Wissens selbst von den berühmtesten Gelehrten nicht versucht wurde, vollständig gelungen ist. Ich bin zufrieden, wenn durch meine Arbeit der Anstoss zur Lösung gegeben wird, auch wenn meine Ansicht sich als vollständig falsch herausstellt.

Die von mir angestellten Versuche sind sehr mangelhaft. Um quantitative Analysen zu machen, fehlt mir — bisher — ein geeignetes Laboratorium. Hr. Prof. Dr. Lintner in Weihenstephan wird künftig einige hieher gehörige genaue Versuche anstellen, deren Ergebniss ich aber nicht abwarten kann.

Eine kurze Besprechung mit Hrn. Direktor und Prof. Dr. Naegeli und Hrn. Prof. Dr. Radlkofer, welcher mir eine von ihm gemachte noch nicht veröffentlichte Entdeckung bekannt gab, war mir bei der vorliegenden Bearbeitung von grossem Vortheile. Indem ich dieses erwähne, will ich einzig nur meinen Dank ausdrücken, aber nicht andeuten, dass meine früheren hochgeehrten Lehrer meine Ansicht geprüft und als richtig befunden haben.

Dem eigentlichen Thema glaube ich Einiges über die Gestalt, das chemische Verhalten nnd die Verbreitung des oxalsaueren Kalkes vorausschicken zu müssen, da hiedurch die physiologische Bedeutung um so deutlicher hervortreten dürfte.

Krystallform des oxalsaueren Kalkes.

Der oxalsauere Kalk, welcher sechs Aequivalente Krystallwasser enthält $\left(\begin{matrix}CaO\\CaO\end{matrix}\right\} C_4 O_6 + 6aq\right)$, krystallisirt im quadratischen Systeme. [1]) Die Stammform desselben ist nach C. Schmidt [2]) ein stumpfes Quadrat-Oktaeder (in Brief-Couvertform), dessen Neigungswinkel in den Polflächen 119° 34′ beträgt. Ausserdem kommen spitzere Quadratoktaeder mit dem Neigungswinkel von 46° 28′ vor. Häufig findet man Combinationen des quadratischen

1) Souchay und Lenssen (Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 100. pag. 311.

2) Carl Schmidt, Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode 1846. pag. 64.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0500-9

Prisma's mit dem stumpfen Oktaeder. Die Raphiden, welche Schmidt ebenfalls zum quadratischen Systeme zählte, gehören ihrem Verhalten im polarisirten Lichte gemäss in das klinorhombische System, in welchem der oxalsauere Kalk mit zwei Aequivalenten Krystallwasser $\left(\begin{matrix}Ca\,O\\Ca\,O\end{matrix}\right\} C_4O_6 + 2aq\right)$ krystallisirt. Die Stammform der zahlreichen hieher gehörigen Combinationen ist ein Hendyoeder, dessen prismatische Flächen den Winkel von 74° 50′ einschliessen und dessen Endfläche zur Seitenfläche 101° 41′ geneigt ist. [1]) Hieher gehören die Formen, welche dem Kalkspath und jene, welche dem schwefelsaueren Kalke sehr ähnlich sind. [2]) Die Krystalle dieses Systemes zeichnen sich durch sehr starke, das Licht doppelt brechende Wirkung aus, wodurch sie sich sehr leicht von ähnlichen Formen anderer Salze unterscheiden lassen.

Sehr verbreitet im Pflanzenreiche sind Krystallgruppen (Drusen, Sphärokrystalle) aus beiden Systemen. „Dieselben sind stets einem organischen Kern aufgelagert; häufig sieht man diesen ohne Weiteres durchscheinen; wo diess nicht der Fall ist, kann man ihn leicht darstellen, wenn man die Umhüllung von oxalsauerem Kalk mit Salzsäure auflöst. Mit Chlorzinkjod färbt er sich gelb.“ [3]) Besonders schön sieht man dieses, wie mir Radlkofer mittheilte, bei den Drusen in den Zellen der Cotyledonen von *Cardiospermum Halicacabum*.

Ferner kommt der oxalsauere Kalk im Pflanzenreiche als crystallinisches Pulver [4]) vor, dessen kleinste Theile unzweifelhaft die klinorhombische Krystallform besitzen.

---

1) Flora 1864 Nr. 18, 19 und 35. — In dieser Abhandlung sind viele wichtige Combinationen beschrieben und abgebildet.

2) Die Ermittlung der physiologischen Bedeutung der Pflanzenkrystalle ist besonders dadurch sehr verzögert worden, dass man die meisten derselben für kohlensaueren oder schwefelsaueren Kalk gehalten hat. Auch Hofmeister (Handbuch der physiologischen Botanik I. Bd. I. Abth. pag. 392) theilt noch die alte Anschauung, obwohl meine Abhandlung vor Herbst 1865 erschienen war. — Hartig (Botanische Zeitung 1865 pag 56) beschrieb die Krystalldildungen des oxalsaueren Kalkes mit gänzlicher Nichtbeachtung der früheren Untersuchungen über dieses Salz. Die natürliche Folge war, dass seine Untersuchung ein Gemisch theils richtiger, theils gänzlich falscher Beobachtungen bietet.

3) Sanio Monatsberichte der kgl. Akademie der Wissenschaften. Berlin. 1857. pag. 258.

4) Sanio a. a. O. pag. 258.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0501-5

Endlich hat De Bary [1]) den oxalsaueren Kalk in strahlig krystallinischem Gefüge beobachtet.

Die chemischen Eigenschaften.

Der oxalsauere Kalk ist unslöslich in concentrirter Essigsäure, welches Verhalten, so viel mir bekannt ist, allein hinreicht, um dieses Salz sogleich von anderen in Pflanzen vorkommenden Salzen mit anorganischer Basis zu unterscheiden. — Bei eintretender Gasentwicklung muss man genau darauf achten, ob die Blasen sich aus den Krystallen und nicht aus anderen kohlensaueren Verbindungen entwickeln. Das gleichzeitige Auftreten von Gasblasen und Verschwinden von Krystallen auf Zusatz von einer Mineralsäure ist noch kein Beweis für die Gegenwart von kohlensauerem Kalk.

Will man ganz geringe Mengen oxalsaueren Kalkes durch Analyse nachweisen, so halte ich Sanio's Verfahren [2]) als das beste. Man digerirt die zu untersuchende Substanz mit Salzsäure, filtrirt und übersättigt die verdünnte salzsauere Lösung mit Ammoniak. Nach längerer Zeit (drei Tage) bildet sich am Boden des Glases ein Niederschlag. Giesst man hierauf die Flüssigkeit vorsichtig ab und bringt den Niederschlag mit einem Pinsel auf das Objektglas, so sieht man unter dem Microscope sehr deutlich ausgebildete Quadratoktaeder.

Verbreitung des oxalsaueren Kalkes im Pflanzenreiche.

Das allgemein verbreitete Vorkommen der Pflanzenkrystalle unter den Phanerogamen war schon Meyen [3]) bekannt. Ebenso behauptet Payen [4]): „Die Gegenwart des oxalsaueren Kalkes in den Nerven und im Parenchyme der Blätter ist eine allgemeine Erscheinung (fait general), von der ich niemals Ausnahmen bei den Phanerogamen gefunden habe." Bereits Schleiden [5]), dem doch die chemische Zusammensetzung der meisten Pflanzenkrystalle unbekannt war, nahm an, dass der oxalsaure Kalk ein

1) De Bary, Handbuch der physikalischen Botanik von Hofmeister II. Bd. I. Abth. pag. 13.

2) A. a. O. pag. 255.

3) Neues System der Pflanzenphysiologie. Berlin 1837 pag. 213 u. ff.

4) Mémoires présentés par divers savants à l'Académie royale des sciences. Tome 9. Paris 1846 pag. 90.

5) Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Leipzig 1861 pag. 117.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0502-1

Produkt aller Pflanzen sei. „Am allgemeinsten verbreitet (scil. unter den in Wasser unlöslichen Erdsalzen) ist der oxalsauere Kalk, der in keiner Pflanze zu fehlen scheint."

Dass die Flechten oxalsaueren Kalk enthalten, ist schon lange bekannt. Die Menge desselben ist so gross, dass er eine cannelirte Säule von Marmor vom Parthenon in Athen mit einer etwa 1 Linie dicken Kruste überzog.[1]) „Der Ursprung dieses oxalsaueren Kalks kann wohl nicht zweifelhaft sein; er stammt offenbar von Flechten her, die auf dem Kalkstein vegetirten, und ist ein Rückstand von einer Reihe von Generationen, welche Jahrhunderte lang auf einander folgten." Bei vielen Flechten aber haben Schwendener und de Bary den oxalsaueren Kalk bis jetzt noch nicht aufgefunden.

Merkwürdiger ist das Vorkommen des oxalsaueren Kalkes bei den Pilzen. „Bei der Untersuchung der Pilzgewebe findet man überaus häufig Krystalle. Die Krystalle, welche ich chemisch untersuchte, sind unlöslich in Essigsäure, lösen sich etc. etc. Sie müssen hiernach aus oxalsauerem Kalk bestehen."[2]) Selbst während der Vegetation der Gährungspilze bildet sich oxalsauerer Kalk. „Der Verfasser (J. C. Lermer) hat diesen schon vor mehreren Jahren in Ausscheidungen sowohl während der Haupt- als Nachgährung gefunden, und sich überzeugt, dass in der Gerste keiner (?), in dem fertigen Malze nur Spuren (!), im gegohrenen Biere aber stets grössere Mengen von ihm auftreten; desshalb wahrscheinlich ein Produkt der Gährung sind."[3]) Eine mir von Hrn. Prof. Lintner überlassene Photographie der Hefe von Lermer zeigt ein sehr schön ausgebildetes Quadratoktaeder.

In Betreff der Verbreitung im Zellgewebe ist vor Allem merkwürdig, dass der oxalsauere Kalk bei den Pilzen und Flechten ausserhalb der Zellen vorkommt.[4]) Nimmt man noch zu Hilfe,

---

1) Just. Freiherr v. Liebig, Annalen der Chemie und Pharmacie 1853. Bd. 86 pag. 113.

2) De Bary l. c. p. 13.

3) Polytechnisches Journal von Dingler 1866. Bd. 131 Heft 3. pag. 227. Anmerk.

4) De Bary l. c. „Im Innern von Zellen fand ich Krystalle bis jetzt nur in zwei Pilzen. Bei *Russula adusta* kommen kleine stabförmige Krystallchen hie und da in den blasigen Zellen des Stieles und Hutes vor. An den schmalen cylindrischen Fäden des Myceliums von *Phallus caninus* finden sich einzelne zu grossen kugeligen oder flaschenförmigen Blasen erweiterte Zellen, welche fast angefüllt sind von einer grossen aus oxalsauerem Kalke bestehenden glänzenden Kugel, die ein strahlig krystallinisches Gefüge besitzt."

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0503-7

dass dieses Salz auch in Pulverform vorkommt, so glaube ich werden alle Pflanzen als krystallbildend sich erweisen, und ich denke nicht, dass es mir zum Vorwurfe gereichen werde, wenn ich Schleidens Ansicht als bewiesen annnehme. — Bei Pflanzen, deren Vegetation weniger auf das Leben der einzelnen Zellen beschränkt ist, findet sich der oxalsauere Kalk innerhalb der Zellen. — Bei den Gefässpflanzen befinden sich die Krystalle enthaltenden Zellen vorzüglich in der Rinde in der Nähe der Gefässbündel oder im Bastparenchym derselben meist reihenweise über einander. Es wurde diese anatomische Verbreitung schon von Meyen (l. c.), Bailey [1]) und Payen (l. c.) beobachtet. Eine sehr ausgedehnte Untersuchung [2]): „Ueber die in der Rinde dicotyler Holzgewächse vorkommenden Niederschläge von oxalsauerem Kalk" hat Sanio angestellt. „Betrachtet man die anatomische Verbreitung des oxalsaueren Kalkes in den verschiedenen Geweben der Baumrinde und die Beschaffenheit der ihn bergenden Zellen, so zeigt sich eine grosse Mannigfaltigkeit. Nichts desto weniger lassen sich gewisse Typen herausfinden, nach welchen sich das Vorkommen der Krystalle richtet. Schon früher habe ich es versucht, die Verbreitung der Krystalle auf gewisse Gesichtspunkte zurückzuführen; es musste mir aber vieles dunkel bleiben, da ich meist nur Querschnitte und dem grössten Theil nach bloss von jährigen Trieben zur Vergleichung besass. Wo sich Krystalle in der primären Rinde finden, und dies ist häufiger der Fall, als es aus meiner früheren Zusammenstellung hervorgeht, lässt sich hinsichtlich der Form der sie enthaltenden Zellen wenig sagen; es sind gewöhnliche parenchymatische Zellen, welche sich sonst durch nichts weiter auszeichnen. Eine gesetzliche Anordnung der krystallführenden Zellen lässt sich meist nicht erkennen; sie liegen zerstreut oder in kleinen Gruppen bei einander, kommen aber häufiger im innern als im äussern Theil vor. Nur bei *Acer saccharinum* liegen die Krystalle, welche in den langgestreckten Collenchymzellen vorkommen, in Längsreihen übereinander."

„Da wo die Krystalle in der Umgebung des primären Bastes vorkommen, findet man sie am häufigsten in den Zellen der Interstitien, welche durch Auseinanderweichen der Bastbündel oder auch einzelner Bastzellen entstehen. Ein Theil dieser Zellen verdickt sich häufig bedeutend, ein anderer Theil bleibt dünn-

1) American Journal of science and arts. New Haven 1845. Vol. 48. pag. 17.

2) Monatsberichte der K. Acad. d. Wiss. Berl. April 1857. pag. 259 u. ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0504-3

wandig und führt Krystalle. — Ferner beobachtet man auch Längsreihen von Krystallen, welche die primären Bastbündel begleiten." „In der secundären Rinde kommen die Krystalle auf mehrfache Weise geordnet vor; entweder begleiten sie ausschliesslich die Bastbündel in Längsreihen, oder sie kommen sowohl in der Umgebung des Bastes als auch unabhängig davon in zerstreuten Längsreihen vor, oder sie sind ganz unabhängig vom Baste und kommen dann entweder in Längsreihen oder ungeordnet vor."

„Eine ungleich geringere Mannigfaltigkeit findet sich in der Verbreitung der Krystalldrusen. In der primären Rinde kommen sie gern im innern Theile derselben vor; da wo derselbe aus chlorophyllhaltigen und wasserhellen Zellen zusammengesetzt ist, ziehen sie letztere vor; manchmal sind für sie ganz besondere Gruppen grosser, wasserheller Zellen vorhanden. An den Bast binden sie sich nie; da, wo sie in seiner unmittelbaren Umgebung vorkommen, ist es bloss zufällig."

„In der secundären Rinde kommen sie entweder und zwar gewöhnlich in Längsreihen vor, oder sie finden sich in den Rindenmarkstrahlen."

Sanio's Untersuchung stimmt mit jener Schacht's ganz überein [1]). „Die Bastbündel aller von mir untersuchten Pflanzen zeigen in ihrer unmittelbaren Umgebung Längsreihen kurzer Zellen, welche grosse Krystalle enthalten, deren Gestalt verschieden ist, und die nach Sanio aus oxalsauerem Kalk bestehen." „Uebrigens kommen noch ausserdem bei vielen Bäumen im Parenchym und in den Markstrahlen der Rinde Krystalle oder Krystalldrusen vor."

Eine Untersuchung, welche für die Ermittelung der Bedeutung der Pflanzenkrystalle von grösster Wichtigkeit ist, wurde von Hanstein [2]) gemacht. Er fand in der Nähe der Epidermis der Amaryllideen sowohl in der Zwiebel, als im Stengel und in den Blättern sehr lange, dünnwandige Röhren, von ihm Schlauchgefässe genannt, welche besonders in den Zwiebeln eine sehr grosse Anzahl Raphiden enthalten. „Die Raphiden sind sehr ungleich vertheilt, sehr verschieden an Grösse und Menge. In den Schläuchen erwachsener Blätter sind sie oft so spärlich zerstreut, und so klein, dass man sie kaum oder gar nicht bemerkt. Dagegen sind sie in den Zwiebeln zuweilen in gewaltiger Menge und füllen ihre Schläuche fast ganz aus." „Diess hat nun beson-

1) Der Baum. Berlin 1860 pag. 227.

2) Hanstein, die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864 pag. 37 u. ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0505-9

ders den einfachen Grund, dass die Entstehung dieser Krystalle in die früheste Jugend der sich entwickelnden Organe fällt. Kaum aus dem Urparenchym hervorgegangen, zeigen sich die noch kurzen Gefässglieder der Blätter oft völlig mit Nadeln vollgefüllt. Indem sie sich dann selber strecken, scheinen sich die Raphiden weder zu vermehren noch merklich zu vergrössern; somit zerstreuen sie sich in dem vielmal länger gewordenen Schlauch, oder bleiben an einem Orte desselben angehäuft liegend, das Uebrige leer lassend."

„In den Zwiebeln dagegen strecken sich die Zellen nur wenig, und schon desshalb bleiben die Raphiden in der Zelle, die sie fast füllen, massenhaft angehäuft. Aber dazu kommt noch, dass sie hier selbst sich länger fortentwickeln und zu vergrössern fortfahren." — An einer andern Stelle [1]) betont Hanstein, dass das krystallführende Parenchym, „dessen Zellen meist in senkrechten Reihen geordnet sind" als eigene Form des Rindensystems, die den Uebergang zur Gefässbündelbildung bildet, betrachtet werden müsse.

An diesem Orte will ich noch einer Untersuchung von George Gulliver erwähnen, welche sich über eine grosse Anzahl von Pflanzenarten erstreckt. Die Untersuchung, welche unter dem Titel: „Observations on Raphides and other crystals" in „the annals and magazine of natural history" in vielen Abhandlungen in den Jahrgängen 1859—1865 mitgetheilt ist, stellte sich aber zur Aufgabe, nachzuweisen, dass die anatomische Verbreitung der Krystalle ein bequemes Mittel zur Diagnose bei der Bestimmung von Pflanzen und Pflanzenfragmenten bildet.

Dass die krystallinischen Ablagerungen des oxalsauren Kalkes mit einer sehr zarten organischen Schichte umgeben sind, wurde schon von Payen [2]) beobachtet. Hofmeister [3]) hält dieselbe für eine „dünne Lage, dichteren, beinahe festen Protoplasma's." Weitere Untersuchungen werden feststellen, ob dieses zarte, hautähnliche Gebilde von den von Rosanoff [4]) entdeckten Zellstoffbalken, mit denen die Drusen in *Kerria japonica*, *Ricinus communis*, *Anthurium* etc. an die Wände der Krystallzellen befestigt sind, genetisch sich unterscheidet.

---

1) l. c. pag. 48.
2) Payen a. a. O. pag. 92.
3) Handbuch der physiologischen Bot. I. Bd. I. Abth. pag. 393.
4) Botanische Zeitung 1867 Nr. 6.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0506-4

Dass die Wände derjenigen Zellen, welche oxalsaueren Kalk als Krystalle enthalten, dünner sind, hat bereits Meyen (l. c. pag. 223) beobachtet. Hanstein [1]) vermuthet, dass der Grund hievon in der Neigung der senkrechten krystallführenden Zellreihen, die trennenden Querwände zu erweichen und aufzulösen, liegen könnte. Rosanoff [2]) hingegen erklärt die Zartheit der drusenführenden Zellen daraus, dass sie weniger Material zu Verfügung haben, als die übrigen Zellen. „Alle meine bisherigen Beobachtungen haben mich zur folgenden Erklärung der Entwicklungsgeschichte dieser Bildungen geführt: Die Krystalldrusen, welche sich sehr früh bilden, wenn die Zellen noch klein sind, berühren mit den Spitzen ihrer Krystalle an mehreren Punkten die Innenseite der noch in die Dicke wachsenden Zellwände. Auf der Oberfläche der Druse bildet sich eine in die Zellwand continuirlich übergehende Schicht von Zellstoff. Wenn alsdann das ganze Gewebe in Folge des Wachsthums der einzelnen Zellen sein Volumen vergrössert, können die drusenführenden Zellen mit diesem Wachsthum nicht gleichen Schritt halten, weil die starren, festen Krystalle die gegenüberliegenden Wände zusammenhalten. Damit stimmt überein, dass die von uns beschriebenen krystallführenden Zellen immer kleiner als die umgebenden Zellen sind. Ausserdem aber haben die Bildung der Krystalle, ihr weiteres Wachsthum und besonders die Anwesenheit eines Cellulosehäutchens um dieselbe zur unumgänglichen Folge, dass die äusseren Wände dieser Zellen weniger Material zur Verfügung haben, um durch Intussusception zu wachsen. . . . . Es stimmt auch vollkommen mit einer solchen Erklärung der Erscheinung, dass je grösser die krystallführende Zelle ist, um desto feiner die Drusen haltenden Stränge sich erweisen. Ich schliesse meine kurze Mittheilung, indem ich bemerke, dass ich in Zellen mit sehr entwickeltem Zellstoffnetze den noch unveränderten Nucleus mit dem Nucleolus beobachtet habe."

Diese Bemerkung stimmt mit einer von Radlkofer [3]) am 2. Januar dieses Jahres gemachten Beobachtung vollkommen überein: „In den Cotyledonen (von *Cardiospermum Halicacabum*) enthalten die Zellen neben Fett und kleinern Proteinkörnern ein grösseres, *in dessen Innerem eine Druse von oxalsauerem Kalk der klinorhombischen Form eingeschlossen ist.*"

1) Die Milchsaftgefässe pag. 43.
2) l. c.
3) Noch nicht veröffentlicht.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0507-0

Noch verdient erwähnt zu werden, dass oxalsauerer Kalk auch innerhalb der Zellwände gefunden wurde. „Grössere einzelne Krystalle liegen innerhalb der Substanz der verdickten Wand in den Bastzellen der Stammrinde von *Acer Pseudoplatanus*, der Zellen der Samenschale von *Magnolia obovata* u. A.; — besonders reichlich sind sie bei den in allen Geweben der *Welwitschia mirabilis* verstreuten grossen dickwandigen Bastzellen zwischen den beiden äussersten Lamellen der Wand angehäuft. Bei Acer und *Magnolia* sind diese Krystalle oxalsauerer Kalk; bei *Welwitschia* dürfte es sich ebenso verhalten, wenn auch die macrochemische Analyse ein anderes Resultat zu liefern schien." [1]) Weitere Untersuchungen werden vielleicht zeigen, dass in allen Membranen, welche Kalk enthalten, diesen in Form von oxalsauerem Kalk einschliessen. Ich erinnere mich nicht, dass im Holze von *Pinus sylvestris* jemals Krystalle bemerkt wurden; dennoch gelang es mir, mittelst der oben angeführten Analyse aus einer grösseren Quantität Sägespähne deutlich ausgebildete Oktaeder von oxalsauerem Kalk zu erhalten. Sollte aber kohlensauerer Kalk (ausgenommen Incrustationen) mit Bestimmtheit innerhalb der Pflanze nachgewiesen werden, so kann ich ihn nicht anders entstanden denken, als durch Zersetzung des oxalsaueren Kalkes durch kohlensaueres Kali oder Natron.

Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure.

Wie bekannt, entsteht die Oxalsäure durch Oxydation der meisten organischen Verbindungen, welche sämmtlich aufzuzählen hier nicht der Ort ist. Ich erwähne nur, dass in jüngster Zeit Berthelot [2]) dieselbe durch Oxydation von Kohlen-Wasserstoff-Verbindungen mittelst übermangansauerem Kali dargestellt hat.

In der physiologischen Chemie nimmt man als unumstössliche Thatsache an, dass die Oxalsäure so wie alle Pflanzensäuren durch Desoxydation der Kohlensäure entstehen zum Zwecke der Bildung von Kohlenhydraten durch weitere Desoxydation. „Auf jeden Fall", sagt Mulder [3]), „ist die Kleesäure viel allgemeiner verbreitet, als irgend eine andere Pflanzensäure; während die meisten Säuren überdiess nur in den Früchten gefunden wer-

1) Hofmeister, Handauch d. phys. Bot. I. Bd. I. Abth. pag. 246.

2) Chemisches Centralblatt von Dr. Rud. Arndt. 1867 Nr. 46 pag. 727.

3) Mulder, Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie, übersetzt von Moleschott. Heidelberg 1844 pag. 853.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0508-6

den, kommt die Kleesäure nicht nur als doppeltkleesaueres Kali in den Rumex-Arten, sondern auch als kohlensauerer (kleesauerer?) Kalk in den verschiedensten Pflanzen ausserhalb der Früchte vor."

„Diese allgemeine Verbreitung der Kleesäure ist doppelt merkwürdig, weil die Säure an der Grenze der organischen Körper steht, eine anomale Pflanzensäure ist, die in der Fähigkeit sich mit Basen zu verbinden, mit der Schwefelsäure wetteifert; weil sie ferner ein Zersetzungsprodukt der Einwirkung von Salpetersäure auf viele indifferente Körper der Natur ist, wobei sie neben Kohlensäure gebildet wird, z. B. bei der Zersetzung von Zucker durch Salpetersäure, und weil sie endlich, wie die Kohlensäure, wasserstofffrei und von derselben nur um ein halbes Aequivalent Sauerstoff verschieden ist."

„Wenn wir zu alledem hinzufügen, dass unwidersprechliche Thatsachen lehren, dass die Pflanzen Kohlensäure aufnehmen und zersetzen, und Sauerstoff ausstossen, so werden wir gleichsam mit dem Finger auf die Wahrheit geführt, dass wirklich bei den Pflanzen, welche Kleesäure enthalten — und deren gibt es sehr viele — Kleesäure aus Kohlensäure gebildet wird."

„Nur dann, wenn eine Basis wie Kalk vorhanden ist, bleibt diese Kleesäure unverändert; wenn jene Basis fehlt, so fährt diese fort, Sauerstoff zu verlieren, und dann kann sie andere Säuren, andere Stoffe liefern."

„Dass die Kleesäure in den Pflanzen wirklich aus Kohlensäure gebildet wird und kein Oxydationsprozess von Zucker oder einer ähnlichen Substanz ist, lässt sich leicht beweisen. In Körpern, in welchen Kupferoxydsalze zu Oxydulsalzen reducirt, in welchen Kohlensäure unter Sauerstoffentwickelung zersetzt, in welchen überall Desoxydationserscheinungen gesehen werden, wäre die Bildung des höchsten aller organischen Oxydationsprodukte ein grosser Widerspruch. Jene Kleesäure wird neben sauerstoffarmen Körpern gebildet; während sie ausserhalb des Pflanzenreichs nur unter solchen Verhältnissen gebildet werden kann, unter welchen sich der Sauerstoff im Ueberfluss und leicht mit organischen Körpern verbinden kann."

„Wenn also von irgend einer organischen Substanz etwas erwiesen ist, so ist es, dass die Kleesäure aus Kohlensäure unter Sauerstoffverlust gebildet wird."

Der Zusammenhang stickstofffreier Pflanzensubstanzen bezüglich ihres theoretisch möglichen Ueberganges in einander in Folge

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0509-4

der Desoxydation der Kohlensäure unter Aufnahme von Wasser ist von C. Schmidt [1]) in einer ausführlichen Tabelle anschaulich gemacht worden. Der anschaulichen Uebersicht dieses Verhältnisses ist Nachstehendes vorausgehend: „Der oxalsauere Kalk gelangt, offenbar in gelöster Form, durch Endosmose in die Zelle; es kann dies nur durch Vermittlung einer freien Säure geschehen, die wir auch in gewissen Vegetationsperioden in jeder Pflanze finden; Aepfelsäure, Citronensäure, Weinsteinsäure oder Oxalsäure sind die gewöhnlichsten. Letztere bildet wahrscheinlich das erste Glied des stufenweisen Reduktionsprozesses der von der Pflanze aufgenommenen Kohlensäure, ein Prozess, der wie Saussure's, Ingenhouss's u. A. namentlich Boussingault's Versuche lehren, in den grünen Theilen der Pflanze durch das Sonnenlicht bewirkt wird. Als spätere Stadien dieses Prozesses hätten wir, der Reihe nach von den sauerstofffreisten angefangen: Oxalsäure, Mekonsäure etc."

In grösster Klarheit ist der Zusammenhang der Pflanzensäuren und der Kohlenhydrate von Liebig [2]) dargestellt worden.

Davy [3]) hingegen nahm an, dass die Kohlensäure, welche von den Pflanzen aufgenommen wird, unter Ausscheidung von Sauerstoff sogleich mit den Bestandtheilen des Wassers neutrale, allgemein verbreitete Bestandtheile der Pflanzen bilde, wie Dextrin, Zucker u. s. w.

Auf die Ansichten einiger der berühmtesten Botaniker, welche die Entstehung der Kohlenhydrate aus Pflanzensäuren als Zwischenglieder des Desoxydationsprozesses der Kohlensäure als nicht bewiesen annehmen oder ganz in Abrede stellen, werde ich weiter unten zurückkommen.

Noch einer Thatsache glaube ich hier erwähnen zu müssen. Berthelot [4]) hat gezeigt, dass sich Kohlenoxyd und Wasser direkt zu einer organischen Säure, nämlich Ameisensäure, vereinigen $C_2 O_2 + 2HO = C_2 H_2 O_4$.

---

1) C. Schmidt a. a. O. pag. 68.

2) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. I. Theil. pag. 46 u. ff.

3) Rochleder Chemie und Physiologie der Pflanzen. Heidelberg 1858 pag. 108.

4) Rochleder a. a. O. pag. 109.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0510-5

Physiologische Bedeutung der Kalkerde.

Schon die Beobachtung, dass in der Asche keiner Pflanze der Kalk fehlt, führte zu dem Schlusse, dass derselbe für die Vegetation überaus wichtig, oder vielmehr nothwendig ist. Die zahlreichen von Sachs, Knop, Stohmann und Anderen angestellten Vegetationsversuche in künstlich zusammengesetzten Nährstofflösungen haben dieses direkt bewiesen. Ueber die dem Kalke bei der Vegetation zufallende Funktion sind aber bisher nur Vermuthungen angestellt worden.

Schumacher [1]) schreibt dem Kalke eine antidotische Wirkung zu. Da er in der Einleitung die Benützung von Irrthümern zu Angriffen als Einseitigkeit und Beschränktheit bezeichnet, so erlaube ich mir nur, seine Ansicht über die physiologische Bedeutung des Kalkes wörtlich mitzutheilen: „Ueber die Beziehungen des Kalkes zur Bildung der organischen Stoffe lässt sich nichts Zuverlässiges sagen; die Anhäufung des Kalkes in den Blättern dürfte keine Schlüsse gestatten; jedenfalls dürfen wir nicht annehmen, dass er ein Aequivalent Kohlensäure verliere und dadurch unlöslich werde; dass in den Blättern kohlensaurer Kalk zugegen sei, dürfen wir nicht annehmen, vielmehr ist er hier wie überhaupt in der Pflanze, an organische Säuren gebunden, womit er meistens in unlösliche Form ausgeschieden ist. In dieser Beziehung scheint er von grosser Bedeutung zu sein, indem durch ihn den Lebensprozessen vielleicht feindliche organische Säuren in unlösliche und dadurch in unwirksame Form übergeführt werden. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass die Unentbehrlichkeit des Kalkes gerade in der letzteren Funktion, als Säurebinder also, ihren Grund hat. Bei Wasserpflanzen mag jedoch auch Kalk in der Form des kohlensaueren abgeschieden werden und ohne dass er irgend eine Funktion bei den Lebensprozessen verrichtet hat, als einen Theil seiner Kohlensäure zur Assimilation abzugeben. Bei den Characeen findet dergleichen gewiss statt."

Eine wichtigere Bestimmung wurde der Kalkerde von einem ungenannten Agricultur-Chemiker zugetheilt [2]). „Den Kalk bedürfen die Pflanzen schon in ihrer ersten Wachsthumszeit; er scheint in Beziehung zu stehen mit der Bildung des Zellstoffes (der Cellulose). Bei seinen Vegetationsversuchen mit der Maispflanze in wässerigen Nährstofflösungen fand Stoh-

1) Die Ernährung der Pflanze. Berlin 1864. pag. 361.
2) Oekonomische Fortschritte von Zöller. 1867. Nr. 39. 40. pag. 309.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0511-1

mann, dass die Entziehung des Kalkes, wenn auch alle übrigen Nährstoffe in ausreichendster Menge vorhanden waren, doch die junge Pflanze kein Wachsthum zeigte. Wurde hingegen einer solchen Vegetation Kalk zugeführt, so zeigte sich die auffallendste Erscheinung."

„Die ohne Kalkzusatz in ihrem Wachsthum stationär gebliebene junge Maispflanze fing schon fünf Stunden nach Zufuhr des Kalkes an, lebendig zu werden, und entwickelte sich dann unter Kalkaufnahme bis zu Ende des Versuches auf das Ueppigste. — Wenn selbst der Kalk sonst keine Funktion im pflanzlichen Organismus zu erfüllen hätte, als bei der Bildung des Zellstoffes betheiligt zu sein, so ist seine soeben beschriebene Wirkung auf eine Vegetation, welche in kalkfreien Lösungen wächst, dennoch leicht erklärlich. Ohne die Möglichkeit der Zellbildung ist kein Wachsthum denkbar; zur Zellbildung gehört aber nothwendig die Zellhaut, und diese findet nur bei Gegenwart von Kalk statt."

„Dass wirklich Kalk und Zellbildung in innigem Zusammenhange stehen, ergibt sich auch daraus, dass mit dem vermehrten Uebergange der löslichen Kohlenhydrate in Zellstoff oder in Holzsubstanz sich immer grössere Mengen von Kalk in den Pflanzen ansammeln. Die Kalkmenge ist dann oft in den alten verholzten Pflanzenorganen auf die drei- bis sechsfache Menge ihres anfänglichen Vorkommens gestiegen. Aber nicht allein die soeben erwähnte Funktion des Kalkes, bei der Erzeugung des Zellstoffes betheiligt zu sein, sondern auch die, als Ablagerungssubstanz zu dienen, um dem Gerüste der Pflanzen, vorzüglich dem Stengel etc. der Diotyledonen, die gehörige Stärke und Festigkeit zu geben, kommt unzweifelhaft dem Kalk zu. Der Kalk spielt hier dieselbe Rolle, wie die Kieselsäure bei den Monocotyledonen."

Sachs [1]) schreibt dem Kalke ähnliche Funktionen zu, lässt aber die Frage über die unmittelbare Beziehung zur Assimilation und zum Stoffumsatz offen. Auch die Betheiligung an der Zellhautbildung ist von ihm nicht so direkt behauptet. „Ganz abgesehen von der Beziehung zum Stoffumsatz können Kali, Kalk, Magnesia, verbunden mit mineralischen oder vegetabilischen Säuren, vielleicht auch unmittelbar als Bildungsmaterial für den molecularen Bau der organisirten Zellenbestandtheile benutzt werden; jede Zellhaut, so jung oder so alt sie sein mag, hinterlässt

1) Sachs, Handbuch der physiolog. Botanik von Hofmeister. 4. Bd. pag. 142.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0512-7

ein Aschenskelet, welches oft vorzugsweise aus kohlensauerem Kalk besteht, und diese Aschenbestandtheile sind so fest an den Zellstoff gebunden, dass es unmöglich ist, diesen ohne Zerstörung seiner Organisation davon zu befreien. Man kommt daher auf die Vermuthung, dass bei dem Vorgang des Wachsthums durch Intussusception nicht nur die Molecüle des Zellstoffs und Wassers, oder des Protoplasma's und Wassers sich nach ganz bestimmten räumlichen Verhältnissen zusammenlagern, sondern dass auch eine bestimmte Anzahl von Salzmolekülen, deren Basis Kali, Kalk, Magnesia ist, in bestimmten Lagerungsverhältnissen mit eintritt in den so complicirten molecularen Bau."

Was die Rolle des Kalkes betrifft, den dicotylen Pflanzen ebenso Stärke und Festigkeit zu geben, wie die Kieselsäure den monocotylen, so hat Sachs [1]) nachgewiesen, dass der Kieselsäure eine solche Funktion nicht zukommt. — Die Ansicht, dass der Kalk zum Bildungsmaterial der Zellhaut gehöre, kann ich weder widersprechen noch vertheidigen. Aber das glaube ich aus der Oekonomie der Pflanze folgern zu dürfen, dass, wenn der Kalk zum molekularen Bau der Zellhaut wesentlich nothwendig ist, die (unter gewöhnlichen Verhältnissen wachsenden) Pflanzen denselben immer leicht erhalten, wenn die übrigen Bedingungen zur Vegetation eintreten. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme ergibt sich daraus, dass zweijährige und perennirende Pflanzen aus den absterbenden Vegetationsorganen den Kalk nicht als Reservenahrung zurückführen, wie das Kali, die Phosphorsäure und die organischen Nährstoffe. (Schluss folgt.)

1) Flora 1862 pag. 33 u. ff.

Berichtigung.

In dem Referate über de Notaris' Cronaca della Briologia Italiana haben sich folgende Versehen eingeschlichen: S. 452 gehören die Worte „etiam in jugo Bormiensi, ubi jam Schimper detexit, pulchre Ltz.", welche bei *Weisia serrulata* stehen, zur vorigen Art. Nicht *Weisia serrulata*, sondern *Weisia Wimmeriana* wurde von Schimper und seitdem mehrfach an der Wormser-Joch-Strasse gesammelt. — S. 453 haben am Anfange die Worte „*Leptotrichum Molendianum* Ltz. 1866" wegzufallen; das Moos

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05982-0513-3

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 497-511