

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XI. Band.

15. November 1891.

Nr. 21.

Inhalt: Keller, Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie. — v. Wagner, Der Organismus der acoelen Turbellarien. — W. Braune und O. Fischer, Ueber die Bewegungen des Kniegelenks, nach einer neuen Methode am lebenden Menschen gemessen; Dieselben, Nachträgliche Notiz über das Kniegelenk. — **Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften:** Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg i. B. — Physikalisch-medizinische Societät zu Erlangen.

Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.

Von Dr. Robert Keller in Winterthur.

Ueber das Schicksal der Mineralsalze in der Pflanze gibt uns eine einlässliche Untersuchung von A. F. W. Schimper „Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze“¹⁾ mancherlei wertvolle Aufschlüsse.

Verf. stellt sich die Aufgabe „mit Hilfe mikrochemischer Methoden, die einzelnen Nährsalze von dem Momente des Eindringens in die Pflanze bis zu den Stätten ihres Verbrauches zu verfolgen, die Bedingungen der Assimilation der Mineralsäuren, die Bedeutung der mit ihnen verbundenen Basen für den Stoffwechsel festzustellen“.

Nach einer einlässlichen methodischen Auseinandersetzung über den mikrochemischen Nachweis der Mineralsäuren und Mineralbasen in der Pflanze, ferner der zu Wasserkulturen benutzten Lösungen, bespricht Verf. die Verteilung und Leitung der Aschenbestandteile in der Pflanze.

Die Nährsalze, welche die Pflanze dem Boden entnimmt, werden gewöhnlich nicht direkt nach ihren Verbrauchsorten geführt. Gewöhnlich werden sie während kürzerer oder längerer Zeit in bestimmten Geweben gespeichert, denen zugleich auch teilweise die Leitung zukommen pflegt.

Von einer Speicherung unorganischer Salze im Samen kann kaum die Rede sein. Die in demselben vorhandenen bedeutenden

1) Flora, 73. Jahrgang, III. Heft, S. 207—261.

Mengen von Kali-, Kalk- oder Magnesiaphosphaten stehen mit organischen Bestandteilen in lockerer Verbindung. Anders verhalten sich die Rhizome. In ihnen sind die Mineralstoffe in anorganischen Verbindungen aufgespeichert (Phosphate, Nitrate, Chloride). Sulfate wurden nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Den Rhizomen ähnlich verhalten sich die oberirdischen Reservestoffbehälter, das Holz der Bäume und Sträucher.

Mit dem Beginn der Keimung fällt der Unterschied zwischen Rhizom und Samen in Bezug auf die Phosphate dahin. Sie werden in diesen aus den organischen Verbindungen abgespalten. Von Anfang an vollzieht sich in erheblichem Maße die Auswanderung der Phosphate, zu deren Leitung das chlorophyllarme Rinden- und Markparenchym des Stengels und der Wurzeln, sowie das Nervenparenchym der Blätter dient. Phosphorhaltige organische Stoffe wandern im Siebteil der Gefäßbündel. Die Phosphorsäure ist vorwiegend an Kali, daneben an Kalk und Magnesia gebunden. Als Endziel der Wanderung wurden die Vegetationspunkte und in geringerem Grade das Mesophyll erkannt. Sie sind die Bildungsstätten phosphorsäurehaltiger organischer Verbindungen.

Das gleiche gilt für die Nitrate und Chloride der Knollen.

Auch in der erwachsenen Pflanze pflegt die Speicherung der Mineralsalze durchaus keine gleichmäßige zu sein. Vielmehr sind auch in dieser Zeit das saftreiche und chlorophyllarme Parenchym von Mark und primärer Rinde der Wurzeln und Kaulome (Stengel), sowie das sehr ähnliche Parenchym der Blattnerven und in vielen Fällen die Epidermis mit ihren Anhängen deren Behälter. Mesophyll und Holzteil der Gefäßbündel enthalten für gewöhnlich nur Chloride.

Es sind jedoch sowohl bezüglich des Vorkommens als auch der Verteilung der Mineralsalze in der Pflanze bedeutende Unterschiede zu konstatieren. Bei vielen Arten entspricht die Salzaufnahme ungefähr dem augenblicklichen Bedarf, so namentlich bei Holzpflanzen. Andere, vor allem Kräuter speichern von sämtlichen Nährsalzen des Bodens bedeutende Mengen auf (z. B. *Chenopodiaceae*). Zeigt sich bei den einen die Neigung zur Aufspeicherung sämtlicher Nährsalze, so ist sie bei andern Pflanzen auf bestimmte Mineralsäuren beschränkt. Im Parenchym der Stiele und Blätter der Rosskastanie sind z. B. lösliche Phosphate in sehr erheblichen Mengen aufgespeichert (24% der Asche), während Nitrate, Sulfate und Chloride nicht nachweisbar sind. Die Neigung zur Speicherung der Chloride bei Ausschluss anderer Mineralsalze kommt namentlich Holzgewächsen zu, welche unter natürlichen Bedingungen am Strande wachsen, also Halophyten sind und Arten aus der Verwandtschaft dieser.

Die Art der Verteilung der anorganischen Salze ist von ihrer Qualität abhängig. In dem bereits erwähnten Speichergewebe, dem plasmaarmen Rindenparenchym, sind die Nitrate stets an bestimmte

Zellen gebunden, also nicht gleich den Phosphaten und Chloriden auf die Gesamtheit dieser Zellen verteilt. Auch sind sie viel strenger als diese auf das eigentliche Speichergewebe beschränkt.

Frei von anorganischen Salzen sind stets die Urmeristeme, die Siebteile der Gefäßbündel, die Milchrohren und Sekretbehälter, die Pollenkörner und Ovula; arm das Wassergewebe und das Mesophyll. In ihnen sind die Mineralbasen in organischen Verbindungen, also assimiliert.

In den Meristemen und den Mesophyllzellen sind Kali und Magnesia meist reichlich vorhanden, ebenso in den Siebröhren, während Kalk fehlt oder doch nur in ganz untergeordneten Mengen sich findet.

Ein dritter Abschnitt behandelt „die organischen Kalksalze der Pflanze“.

In wachsenden Pflanzenteilen bildet sich unabhängig von Licht, Chlorophyll und Transpiration das primäre Kalkoxalat. In ausgewachsenen Blättern sind es höchstens noch chlorophyllhaltige transpirierende Zellen, welche unter dem Lichteinflusse Kalkoxalat bilden, das sekundäre. Tertiäres Kalkoxalat endlich entsteht in vergilbten Blättern unter der Einwirkung von Kalksalzen auf Kalioxalat.

Das Kalkoxalat tritt in der Pflanze in Form von Krystallen auf. Wahrscheinlich befindet sich in den Cytoplasten des grünen Blattgewebes während der sekundären Kalkoxalatbildung eine Lösung des Salzes, die dem Sättigungspunkt nahe bleibt. Dem entsprechend ist die Zahl der Krystalle eine geringe. Sie werden die Mittelpunkte der Anziehungssphäre, die sich weit über die Zelle hinaus erstrecken kann. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass einander benachbarte Zellen bald mit bald ohne Krystalle sind. Aus dem Umstande, dass das Salz nicht als amorpher Staub, sondern als Krystalle auftritt, schließt Schimper darauf, dass das Kalkoxalat im Blatte wandert.

Die Entstehung des sekundären Kalkoxalates ist, wie bemerkt, an die Thätigkeit des Plasmas, bzw. der Chlorophyllkörner gebunden, während die die Krystalle enthaltenden Zellen und die Raphidenzellen arm an Plasma und Chlorophyll sind. Dieser Umstand spricht dafür, dass diese Zellen Speicherorgane für das in grünen Zellen gebildete Salz darstellen. Die Anhäufung in ihnen kann darin beruhen, dass das Salz in diesen Zellen noch weniger löslich ist als in den Blattparenchymzellen.

Die Bildung des Kalkoxalates ist nicht ausschließlich an die Blätter gebunden. Bei Kräutern kann sie im Stengel und in den Wurzeln unter ähnlichen Bedingungen vor sich gehn wie in den Blättern. Die Entstehung des primären Kalkoxalates ist hierbei auf die wachsende Region unterhalb der Urmeristeme beschränkt. Ist die Streckung vollendet, dann hört in nicht grünen Zellen die Kalkoxalatbildung auf.

Wie mit dem Längenwachstum der Kräuter so ist auch mit dem Dickenwachstum der Holzgewächse die Kalkoxalatbildung verknüpft und zwar wird sie durch die Thätigkeit des Cambiums bedingt. Schimper stellt fest: 1) dass in Organen ohne sekundäres Dickenwachstum Kalkoxalatbildung im Siebteil der Gefäßbündel nicht stattfindet, auch da wo solches in andern Geweben reichlich auftritt; 2) dass auch in sekundärem Baste, dem die Siebröhren fehlen, Kalkoxalat gebildet wird. Nicht mit der Bildung organischer Stoffe durch die Siebröhren, sondern mit den Vorgängen des Wachstums hängt die Kalkoxalatbildung im Baste bzw. in außerhalb des Bastes liegenden Siebröhren zusammen; wie denn thatsächlich in den die Siebröhren führenden Strängen eine Zunahme der Krystalle nicht mehr stattfindet, sobald jene fertig sind. Das weist wohl darauf hin, dass die Elemente des Bastes den wachsenden Teilen Stoffe zuführen, deren Verarbeitung mit der Ausscheidung von Kalkoxalat verbunden ist. 3) Die Kalkoxalatbildung ist vielfach auch mit der Bildung des Periderms verknüpft und zwar hauptsächlich da, wo neben dem Kork auch Phellogen erzeugt wird, in dessen Zellen alsdann das Kalkoxalat liegt.

Ist die Zahl der Kalkoxalat erzeugenden Pflanzen auch eine sehr große, so gibt es doch auch Arten, denen es fehlt, wie ja denn auch die erstern das Salz zum großen Teil nur als primäres im Zusammenhang mit dem Wachstum zu bilden vermögen und nicht auch in dem grünen Gewebe. Diese Unterschiede beruhen entweder darauf, dass die Bildung des Kalkoxalates eine Eigentümlichkeit gewisser Pflanzen ist ohne Analogie bei andern Arten oder aber darauf, dass bei den analogen Prozessen anderer Arten statt des Kalkoxalates sich andere Kalksalze bilden.

Bei der Weinrebe beobachtet man z. B. fast oder völlig ausschließlich die Bildung von primärem Kalkoxalat. Die Zunahme des Kalkgehaltes der Asche mit dem Alter muss also der Zunahme der im Zellsaft löslichen Kalksalze (z. B. des wein- und apfelsauren Kalkes) zugeschrieben werden. Diese verhalten sich ganz ähnlich dem sekundären Kalkoxalat. Sie nehmen mit dem Alter zu; in beschatteten Blättern sind sie stets in erheblich geringeren Mengen vorhanden als in gut beleuchteten. Dem tertiären Kalkoxalat entspricht in den vergilbten Blättern unserer Weinrebe (und verwandter Arten) ein krystallinisch zur Ausscheidung kommendes tertiäres Kalktartrat.

Die Cystolithenbildung bei den Apocarpeen lehrt, dass auch kohlensaurer Kalk statt des Kalkoxalates gebildet werden kann. Er entsteht hier unter ganz analogen Bedingungen wie sonst der sekundäre oxalsaure Kalk, während z. B. bei den *Acanthaceae* seine Bildung der Bildungsweise des primären Kalkoxalates entspricht, also schon dicht unter dem Vegetationspunkte beginnt.

Ebenso scheinen die Kalküberzüge von verschiedenen Wasserpflanzen eine Analogie zur Bildung des Kalkoxalates darzustellen.

Verfolgen wir nunmehr an Hand der Darlegungen Schimper's „die Rolle des Kalkes und des Kalis im Stoffwechsel“, den Inhalt des IV. Abschnittes.

Die mikrochemische Untersuchung der Verteilung der 3 Basen Kalk, Magnesia und Kali lässt die auffällige Thatsache erkennen, dass die beiden letzten in jeder Zelle namentlich in dem Meristem vorhanden sind, während Kalk den Zellen gewisser Gewebekomplexe vollkommen fehlen kann. Kalkfrei sind namentlich die Meristeme und oft auch die Mesophyllzellen. Für die Vorgänge der Assimilation dürfte also Kalk entbehrlich sein, während diese wichtigsten Vorgänge des pflanzlichen Stoffwechsels, Synthese der Kohlehydrate, der Eiweißkörper und Nukleine und Bildung der organisierten Plasmaegebilde der Gegenwart reicher Mengen von Kali und Magnesia bedürfen.

Führt die Art der Verteilung der drei Basen zu diesem Schlusse, so darf hieraus doch nicht geschlossen werden, dass Kalk ein nebensächlicher unwesentlicher oder gar unnötiger Bestandteil der Pflanzennahrung sei. Schimper's Darlegungen weisen auf seine Bedeutung beim Wachstum hin.

Die Thätigkeit des Meristems ist eng mit der Bildung von Nuklein verknüpft. Dieses ist eine Phosphorverbindung, welcher die Formel $C_{29}H_{49}N_9P_3O_{22}$ zugeschrieben wird. Die Nukleinbildung ist mit einer Trennung der Säure von der Basis verbunden, mit welcher vereint jene im Pflanzenkörper zu wandern vermag. In einigen Fällen ist das weitere Schicksal der Basis deutlich zu erkennen. In ruhendem Zustande enthalten die Rhizome von *Polygonatum multiflorum* reichliche Mengen von saurem phosphorsaurem Kalk, welcher in die wachsenden Triebe wandert ohne aber das Scheitelmeristem zu erreichen. Hier werden vielmehr erhebliche Mengen von phosphorsaurem Kali und Magnesia nachgewiesen. Da wo das Kalkphosphat verschwindet, findet eine lebhaftere Bildung von Kalkoxalat statt. Es ist also kaum daran zu zweifeln, „dass das Scheitelmeristem aus dem zugeführten Kalksalze die zur Bildung des Nukleins nötige Phosphorsäure entnimmt, während der Kalk an die bei der Synthese des Nukleins entstehende Oxalsäure als Nebenprodukt verbunden bleibt“.

Ähnliche Beobachtungen sind auch an Keimpflanzen, so wie an oberirdischen wachsenden Organen zu machen. So sind z. B. die Luftwurzeln von *Philodendron canifolium* in ihren langgestreckten Rindenzellen reich an gelöstem phosphorsaurem Kalk, und zugleich treten in ihnen erhebliche Mengen von Krystallkörnern von Kalkoxalat auf, die den Meristemzellen vollständig fehlen. „Das Verschwinden des phosphorsauren Kalkes in der Nähe des Vegetationspunktes ist ein rasches und koinzidiert mit dem Auftreten der Raphiden“. Auch diese zu der vorangehend skizzierten völlig stimmende Erscheinung deutet Schimper dahin, dass das Kalkoxalat als ein Nebenprodukt der Assimilation des phosphorsauren Kalkes bei der Synthese des Nukleins gebildet werde.

Analoge Beobachtungen an vielen andern Sprossen führen Schimper zu der Anschauung, dass stets das primäre Kali- und Kalkoxalat als ein Nebenprodukt der Nukleinbildung aufzufassen sei, eventuell der Bildung anderer organischer Phosphate, bei der sich eine Trennung der Säure von der Basis vollzieht.

Die Bedeutung des Kalkes ist darin zu sehen, dass er die Zufuhr der Phosphorsäure nach der Bildungsstätte der Nukleine ermöglicht. Dabei kann allerdings eine andere Basis in nicht seltenen Fällen stellvertretend für den Kalk eintreten z. B. Kali in den Samen. Es kann demnach in dieser Leistung des Kalkes noch nicht die Ursache seiner Unentbehrlichkeit für die Pflanze gesehen werden.

Um diese Frage zu lösen, werden Pflanzen in kalkfreien Nährlösungen gezogen. Anfänglich entwickeln sie sich in diesen durchaus normal. Nach einigen Wochen jedoch werden zunächst die jungen Blätter braunfleckig und sterben ab. Das gleiche zeigen successive auch die ältern Blätter, während der Stengel von der Spitze abgesehen länger gesund bleibt, Seitensprosse zu erzeugen vermag, denen allerdings keine längere Lebensdauer zukommt.

Die zuerst entstehenden Blätter enthalten noch unbedeutende Mengen von Kalk, die spätern sind völlig kalkfrei, im übrigen, von größerem Stärkereichtum abgesehen, durchaus normal. „Kalkverbindungen sind also weder notwendige Bestandteile des Plasmas, noch sind sie bei der Anlage neuer Organe, noch bei der Assimilation nötig. Die Ursache der Unentbehrlichkeit des Kalkes ist in seiner Beteiligung an Vorgängen zu suchen, die sich in der wachsenden Region, aber außerhalb des Urmeristems, sowie in den grünen Zellen, aber unabhängig von der Assimilation abspielen“. Es tritt dadurch Kalk in einen entschiedenen Gegensatz zu Kali und Magnesia.

Das Schwarzwerden, Absterben der Endknospe in den kalkfreien Kulturen wird nach dem Vorgange Böhm's darauf zurückgeführt, dass bei Kalkmangel der Zucker nicht im Stande ist sich in der Pflanze zu bewegen. Die Folge hiervon wäre, dass in den Blättern eine Anhäufung von Stärke sich vollzöge, dass also die Endknospe aus Mangel an Nährstoffen ihr Wachstum einstellte und abstürbe. Schimper weist nach, dass auch die stärkeführenden jüngern Internodien und Blätter schwarz werden, wenn wenigstens die Pflanze gut beleuchtet ist, und dass unter der gleichen Voraussetzung auch die ältern, von Stärke strotzenden Blättern schließlich schwarz werden und zu Grunde gehen, während, wie oben bereits erwähnt wurde, die entsprechenden Stengelteile gesund bleiben. Dehérain stellte ferner fest, dass bei höherer Temperatur das Absterben infolge des Kalkmangels ausbleibt. Blätter von *Tradescantia*, die die krankhafte Stärkeanhäufung infolge von Kalkmangel in hervorragendem Grade zeigen, vermögen aus einer Zuckerlösung in gleichem Grade Zucker

in ihre Gewebe aufzunehmen und in Glykose zu verwandeln wie normale Blätter. Dass in der That nicht die Unfähigkeit der Pflanze bei mangelndem Kalk hinlängliche Mengen von Kohlehydrate den wachsenden Teilen zuzuführen die Ursache des Absterbens der Endknospe sein kann, geht auch daraus zur Genüge hervor, dass sich immer wieder neue Knospen entwickeln.

„Die Folgen der Kalkentziehung zeigen vielmehr alle Symptome einer Vergiftung und zwar durch einen Stoff, der vornehmlich in den wachsenden Spitzen und den Laubblättern erzeugt wird“. Der Zellinhalt der kalkfrei gezogenen Pflanze unterscheidet sich von dem der normalen Pflanzen dadurch, dass sie einen enormen Gehalt von meist saurem Kalioxalat führen. Schon der Umstand, dass die Bildungsstätten des Kalioxalates zuerst zu Grunde gehen, macht es wahrscheinlich, dass die Anhäufung dieses Stoffes die Ursache ihres Absterbens ist. Das Experiment lehrt, dass *Tradescantia* Zweige in einer 1—3prozentigen Lösung von neutralem oder saurem oxal aurem Kali unter Bildung ähnlicher brauner Flecken an den Blättern zu Grunde gingen, wie sie an den absterbenden Blättern der kalkfreien Pflanze erschienen. Die Blätter enthielten in reicheren Mengen das Salz. Werden diese Pflanzen in eine kalkhaltige Lösung gebracht, dann tritt nach einigen Tagen der normale Zustand ein. Es ist alsdann das Kalioxalat fast völlig durch Kalkoxalat ersetzt. Dehérain's oben erwähnte Beobachtung ist leicht verständlich. Die Wärme wirkt auf die Säure zersetzend. Es ist also nach dieser Darlegung bei der *Tradescantia* die Ursache der Unentbehrlichkeit des Kalkes darin zu sehen, dass bei dessen Fehlen die im Stoffwechsel entstehende Oxalsäure nur an das Kali gebunden wird und dass die Anhäufung dieses Salzes giftig wirkt. Die Stärkeanhäufung ist als eine sekundäre Erscheinung aufzufassen. Da auch für einige andere Arten dasselbe nachgewiesen wurde, dürfte dieses für *Tradescantia* angegebene Verhalten das allgemeine sein.

Der Vorgang der Zersetzung des Kalioxalates durch ein Kalksalz, wie er in der kalkfrei gezogenen Pflanze beobachtet wird, ist ein auch unter normalen Verhältnissen sich vollziehender. Bei der Assimilation der Mineralsalze in grünen Zellen entsteht zunächst Kalioxalat und es ist das sekundäre Kalkoxalat nur ein Produkt der Wechselersetzung des Kalioxalates mit anorganischen Kalksalzen. Der Ursprung des tertiären Oxalates entspricht nach Schimper völlig dem des sekundären und das gleiche gilt für das primäre.

Ein letzter Abschnitt der Abhandlung, den wir kurz referieren wollen, ist der Untersuchung der „Rolle des Mesophylls bei der Assimilation der Mineralsalze“ gewidmet. Es stehen sich diesbezüglich zwei Anschauungen gegenüber. In seiner frühern Arbeit über Kalkoxalatbildung betonte Schimper, dass Nitrate in grünen Zellen, speziell in dem Mesophyll, in größerer Menge ver-

arbeitet werden. Frank dagegen verlegt den Sitz der Assimilation der Salpetersäure in Stengel und Wurzel. Das Mesophyll hat nach ihm keinen Anteil daran. Nach Schimper führte Frank die unrichtige Interpretation einer wichtigen Reaktion zu Täuschungen. Denn wenn auch „das Eintreten von Blaufärbung bei Behandlung pflanzlicher Objekte mit Diphenylamin Schwefelsäure für ein untrügliches Zeichen des Vorhandenseins von Nitraten“ gelten darf, so ist es falsch aus dem Nichteintreten der Färbung auf das Fehlen des Nitrates zu schließen.

Thatsächlich führt er im weitern unter anderem an, dass z. B. *Tradescantia* in einer Nährlösung, die die Salpetersäure an den Kalk gebunden enthielt, diese in ihre Blätter in reichem Maße aufnahm und im Mesophyll enorme Menge von Kalkoxalat erzeugte. In kalkfreier Lösung dagegen bildete sich in den Blättern in reichen Mengen Kalioxalat aber kein Kalkoxalat, in destilliertem Wasser weder das eine noch das andere.

Verrichten auch andere Gewebe die gleiche Funktion? Mit der Verarbeitung der Mineralsalze ist eine Auscheidung von Aschenbestandteilen verbunden, da nur ein kleiner Teil der an die Säure gebundenen Basen im Stoffwechsel verbleibt. Vergleichen wir den Aschengehalt der verschiedenen Organe der Pflanzen unter sich, so finden wir bei

1- und 2jährigen Pflanzen		bei perennierenden Gewächsen	
Samen	3%	Samen	3%
Wurzeln	5 „	Holz	1 „
Stengel	4 „	Rinde	7 „
Blätter	15 „	Blätter	10 „

Die Blätter enthalten also sehr viel mehr Aschenbestandteile als die übrigen Pflanzenteile. Vorab aber sind sie kalkreicher. Doch stellen selbst diese bedeutenden Mengen von Aschenbestandteilen des Laubes nur einen Bruchteil derjenigen dar, die der Transpirationsstrom denselben zugeführt hat. Ein Teil derselben, vorab Phosphorsäure und Kali, wandern fortwährend aus dem Blatte in den Stengel.

Bei der Assimilation der Salpetersäure wirkt nach Schimper das Chlorophyllkorn in ähnlicher Weise als reduzierendes Organ wie bei der Assimilation der Kohlensäure. Es wird also aus den Blättern ein Strom von Assimilationsprodukten abgeleitet, der nicht bloß aus Kohlehydraten, sondern auch aus organischen Stickstoff, Schwefel-, Phosphor-, Kali- und wahrscheinlich auch Magnesiaverbindungen besteht. Die Wanderform der Stickstoffverbindungen sind Amide und Amidosäuren, die im leitenden Blattparenchym nachweisbar sind.

Der Einwand, dass gewisse Pilze unabhängig von Licht und Chlorophyll die Salpetersäure und Schwefelsäure zu assimilieren ver-

mögen, wird deshalb nicht als stichhaltiger anerkannt, da bei diesen, wie Nägeli gezeigt hat, die Reduktionsvorgänge ganz anderer Art sind.

Wir schließen hier die Darstellung der Ergebnisse einer Reihe von Abhandlungen an, welche sich mit der physiologischen Bedeutung etc. des oxalsauren Kalkes und der Oxalsäure befassen, die ja auch in der vorangehend skizzierten Abhandlung Schimper's eine nicht unwesentliche Würdigung fand.

Es sind dies:

Dr. F. P. Kohl, Zur physiologischen Bedeutung des oxalsauren Kalkes in der Pflanze¹⁾.

C. Wehmer, Die Oxalatabscheidung im Verlauf der Sprossentwicklung von *Symphoricarpus racemosa* L.²⁾.

Derselbe, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Entstehung freier Oxalsäure in Kulturen von *Aspergillus niger* van Tiegh³⁾.

Derselbe, Die Zersetzung der Oxalsäure durch Licht und Stoffwechselwirkung⁴⁾.

Derselbe, Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze⁵⁾.

In der zitierten kleineren Abhandlung Kohl's wird untersucht, ob die Oxalsäure eine allgemeine Verbreitung besitzt, ob sie namentlich auch bei den Thallophyten so allgemein nachzuweisen sei wie bei den Cormophyten.

Von der Voraussetzung ausgehend, dass die Eiweißregeneration mit der Bildung organischer Säuren, speziell der Oxalsäure, Hand in Hand gehe, muss man weiter schließen, dass nicht nur einzelne Pflanzenarten, sondern alle die Fähigkeit besitzen Oxalsäure oder eine sie substituierte Säure zu erzeugen. Für viele Cormophyten wurde thatsächlich ihr Vorhandensein in Form von oxalsaurem Kalk nachgewiesen. Von Verf. und Schimper wurde ferner gezeigt, dass in vielen Fällen, wo Kalkoxalat nicht zu beobachten war, lösliche Oxalate (oder sie ersetzende Tartrate) sich fanden. Auffällig war aber das so überaus spärliche Vorkommen von Kalkoxalat bei den Thallophyten. Nur bei wenigen Algen und Pilzen könnte bislang Kalkoxalat, in fester Form in den Zellen ausgeschieden beobachtet werden.

Wie ist diese Erscheinung zu erklären? Bilden wirklich die Thallophyten, von jenen wenigen Arten abgesehen, keine Oxalsäure, oder bilden sie dieselbe nur in Form löslicher, Salze oder geben sie

1) Botanisches Centralblatt, XLIV. Band, Nr. 11, 1890.

2) Botanische Zeitung, 49. Jahrgang, Nr. 10—12, 1891.

3) Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, IX. Bd., Heft 6, 1891.

4) Ebenda, IX. Bd., Heft 7, 1891.

5) Botanische Zeitung, 49. Jahrgang, Nr. 15 bis 38, 1891.

vielleicht dieselbe sofort nach außen ab? Für viele Fälle wurde nun thatsächlich die Produktion von Oxalsäure erwiesen. Dieselbe wird an Kali gebunden und kann in dieser löslichen Form nach außen diffundieren, bevor eine Ueberführung des Kali in Kalkoxalat in der Zelle sich vollzieht. Diese Wechselwirkung aber wird deshalb ausbleiben, weil die Pilzzellen Kalksalze nur in untergeordneten Mengen aufnehmen, wenn sie sich ihrer Aufnahme überhaupt nicht völlig begeben. Das Fehlen von Kalkoxalat in Pilzzellen darf also nicht als Beweis dafür beansprucht werden, dass die betreffenden Pilze keine Oxalsäure erzeugen. Ließ in solchen Fällen auch eine reichere Kalksalzzufuhr das Kalkoxalat in der Zelle nicht entstehen, so ist anzunehmen, dass die Oxalsäure rasch nach außen diffundiert. Sie musste alsdann außerhalb der Zellen nachweisbar sein. In der That beobachtet man bei der Zufuhr kalkhaltiger Lösungen stets Kalkoxalatbildung in der Umgebung der Zelle. Verf. rief für so viele Arten diese Bildung der Krystalle in der Umgebung der Pilzzelle hervor, dass wir nicht anstehen mit dem Verf. die Oxalsäurebildung auch für die Thallophyten als eine ebenso allgemeine Erscheinung zu erklären wie für die Cormophyten.

Die Stärke der Oxalsäurebildung ist allerdings bei den verschiedenen Species sehr bedeutenden Verschiedenheiten unterworfen. Bei einzelnen Arten z. B. *Saccharomyces Hansenii* Zopf ist sie außerordentlich bedeutend, so dass sie, wie der genannte Pilz, geradezu als spezifische Oxalsäureproduzenten erscheinen. Sie rufen die Oxalsäuregärung, eine Form der Oxydationsgärung hervor.

Versuche an Algen ergaben, dass hier die Oxalsäure wohl gewöhnlich als oxalsaures Kali vorhanden ist, das z. B. in dem kalkhaltigen Leitungswasser als Calciumoxalatkrystalle erhalten wird. Im Wasser, das während längerer Zeit Algen enthielt, war Oxalsäure stets nachweisbar. —

Fassen wir mit Kohl die Gärung „als den Ernährungsprozess des die Gärung einleitenden und unterhaltenden Organismus mit seinen Folgen auf“, dann müssen wir alle Pflanzen als Gärungserreger bezeichnen und wir können sie nach den Hauptprodukten der Gärung in zwei Reihen ordnen: sie sind Erreger von Oxydationsgärungen oder von Spaltungsgärungen.

	Oxydationsgärung.	Spaltungsgärung.
Spaltpilze	Essigsäure.	Alkohol; Milchsäure; Buttersäure.
Zahlreiche andere Pilze .	Oxalsäure, Kohlensäure.	Alkohol.
Algen	Oxalsäure, Kohlensäure.	—
Bryophyten; Pteridophy- ten; Phanerogamen . .	Kohlensäure; Oxalsäure; Weinsäure; Aepfelsäure.	—

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass die Oxalsäurebildung ein allen Pflanzen — die Spaltpilze ausgenommen — zukommender Prozess ist. —

Der zweite Teil der Abhandlung beschreibt den experimentellen Beweis dafür, dass Kalkoxalat entsprechend der Annahme Schimper's ohne vorangehende Zersetzung zu wandern vermag.

Von mannigfaltigen Gesichtspunkten ausgehend hat C. Wehmer die Oxalsäure zum Gegenstande seiner einlässlichen Untersuchungen gemacht.

Ueber die Oxalsäureabscheidung im Verlaufe der Sprossentwicklung äußert sich Wehmer in folgendem Sinne.

Die Winterknospen zahlreicher Laubbäume sind sowohl durch ihren Reichtum an oxalsaurem Kalk als auch durch eine eigenartige Verteilung desselben in den einzelnen Organen ausgezeichnet. Fast jede Zelle des bereits differenzierten Markparenchyms enthält Drusen oder Einzelkrystalle des Salzes, ebenso die umschließenden Schuppen. Dem Vegetationskegel aber und den umschließenden jüngsten Laubblattanlagen fehlen sie. Vereinzelt treten sie in den größern Laubblättern auf, in den äußern je in reicheren Mengen als in den innern. Diese Verhältnisse wiederholen sich bei *Symphoricarpus*.

Die Zellen der größern Schuppen enthalten meist eine Druse. Die äußern Laubblattwirtel zeigen dieselben auf die Spitze lokalisiert. Rasch nimmt nach Innen ihre Zahl ab, so dass die jüngsten Wirtel völlig frei von oxalsaurem Kalke sind. Im Marke, das schon zu zerreißen beginnt, findet man eine weiße Masse, tote Zellreste und ein Aggregat von Kalkoxalat.

Bei der Streckung der Knospen im März sind die Verhältnisse der Verteilung und Anhäufung von oxalsaurem Kalk wie an der großen Winterknospe. Das Ausschlagen der Knospe führt zunächst ebenfalls zu keiner Veränderung dieser Verhältnisse. Die jungen Sprosse wachsen bedeutend heran, ohne dass in den innern Laubblattwirteln eine Spur von Krystallen sichtbar wird. Auch im Rindengewebe der jungen Axe ist eine Neuabscheidung von Krystallen nicht zu beobachten, während im Markparenchym vereinzelte Drusen in den innern Zellen wahrzunehmen sind. Obschon das Wachstum des jungen Sprosses für die 3 untern Internodien mit ihren Blattwirteln um diese Zeit bereits abgeschlossen ist, so beobachtet man doch „weder innerhalb der Rinde, noch im Siebteil der sich ausbildenden Gefäßbündel der Blätter Oxalat auftreten und dasselbe fehlt also sowohl in Begleitung des ersten Blattwachstums wie der ersten Wachstumsprozesse innerhalb der Axe“.

Von nun an treten auch an solchen Stellen, die bisher frei von oxalsaurem Kalke waren Krystalle auf und zwar stets in der Spitzenregion. Dabei stellen die jüngsten noch wachsenden Blätter mit ihren Achselknospen und den benachbarten Teilen der Internodien einen

ersten Ort der Neubildung bzw. Ausscheidung dar, während die nahezu ausgewachsenen mittleren und unteren Wirtel, von den vorjährigen Spitzenansammlungen abgesehen, keine Krystalle aufweisen.

Die Mitte Mai untersuchten Triebe zeigen in den genannten Teilen nicht nur eine entschiedene Größenzunahme der Krystalle, auch ihre Zahl ist vermehrt. Es ist also da jenige Stadium, in welchem eine allgemeinere Oxalatabscheidung wenigstens in den oberen Sprossen begonnen hat. Rasch schreitet diese fort, so dass zu Beginn des letzten Drittels des Mai der Zuwachs außerordentlich augenfällig ist. Von oben nach unten nimmt aber die Oxalatmenge ab, so dass die untern Wirtel fast völlig frei sind. Das Maximum der Anhäufung findet sich nicht in den höchsten großen Laubblättern sondern im darauffolgenden Deckblattpaar.

Vergleicht man hiermit nun den Oxalatgehalt im Zweige unmittelbar vor dem Laubfall, dann findet man wohl eine Zunahme gegenüber dem Oxalatgehalte im Mai; aber sie steht in keinem Verhältnisse zu der Bildung desselben während der Sprossentwicklung. Es scheint also, dass wie die Oxalatausscheidung allmählich beginnt und stärker wird, dieselbe auch wieder allmählich zurückgeht, um schließlich völlig zu erlöschen.

Vergleichen wir die anatomische Ausbildung der einzelnen Spross-teile mit der Oxalatan Sammlung, dann finden wir, dass verschiedene anatomische Differenzierungen zu einer Zeit bereits weiter fortgeschritten sind, wo die Absonderung der Druse beginnt, dass in den untern Axenteilen insbesondere die Ausbildung des Faserringes der Krystallanhäufung vorangeht, während in den Blättern die Drusenansammlung in der Nähe des Hartbastes vor dessen Sklerose beginnt. „Es geht aus alledem hervor, dass die Krystallablagerung keinesfalls notwendig Folge von Wachstumsvorgängen ist, sondern die That-sachen weisen darauf hin, dass die das spätere Wachstum begleitenden Stoffumsatzprozesse aus irgend einem Grunde von jener begleitet sind“.

Verf. weist auf Grund dieser kurz dargelegten Beobachtungen auf eine gewisse Periodizität der Salzausscheidung hin. Dabei unterscheidet er folgende 4 Perioden:

„1. Periode: Ausgestaltung der Achselknospe von Mai an, begleitet von reichlicher Drusenbildung.

2. Periode: Austreiben derselben im nächsten Frühjahr, von April bis Anfang Mai, ohne Drusenbildung (sehr spärlich zunächst im Mark).

3. Periode: Auswachsen des jungen Zweiges zur definitiven Größe, Mitte bis Ende Mai; massenhafte Oxalatabscheidung (wie in Periode 1) in den wachsenden Teilen und Fortgang im Gefolge der innern Ausbildung (bis Juli).

4. Periode: Ausgewachsenes Stadium, Juli bis Oktober. Offenbar reduzierte Krystallabscheidung“.

Warum gerade im ersten und letzten Entwicklungsstadium des Zweiges die Oxalatabscheidung besonders stark ist, kann zur Zeit nicht beantwortet werden. Die Thatsachen weisen mit einiger Sicherheit darauf hin, dass wenigstens bei der Versuchspflanze „die größere Menge des im Spross abgelagerten Exkretes während seiner Entwicklung abgeschieden und vielleicht auch gebildet wird und wir dafür demnach den Gesamtstoffumsatz und nicht vereinzelt konkrete Vorgänge wie Assimilation u. s. f. verantwortlich machen können“. Da nach Verf. Beobachtungen für die Abscheidung des Oxalates während des Wachstums weder das Wachstum als solches bei jungen Organen, noch nachträgliche Sklerose etc. allgemein entscheidend sind, so hält er auch Schimper's Einteilung in primäres, sekundäres etc. Oxalat „als nicht den Kern der Sache treffend“ für unzweckmäßig.

Die Frage, ob die gleichzeitige Berücksichtigung des Erscheinens und Verschwindens anderer Stoffe einen Einblick in die Bedingungen der Oxalatausscheidung gestatten möchte, beantwortet Verfasser in folgender Weise.

Nitrate sind zwar in Blättern nachweisbar, treten aber erst verhältnismäßig spät auf und fehlen während der ersten Entwicklungsperiode des Sprosses meistens.

Für Stärke gilt das umgekehrte. Im Mesophyll ist sie im ausgewachsenen Zustande der Untersuchungsobjekte makroskopisch nachweisbar. Eine gleichartige Beziehung zur Oxalatabscheidung ist aber weder bei dem einen noch bei dem andern Körpern zu konstatieren. Gleichartige Vorgänge wie z. B. Stärkekonzum und Faserausbildung zeigen in dem einen Falle örtliches Zusammenfallen mit Oxalatausscheidung, in vielen andern Fällen wieder nicht.

Verfasser hält zum Schlusse dafür, dass vielleicht überall weniger die Vorgänge als vielmehr die Umstände, unter denen sie sich abspielen, von Einfluss auf die Oxalatbildung und -ausscheidung sind. Dafür sprechen die Beobachtungen, „dass im Laufe des Sommers sich gelegentlich aus den obern Achselknospen bereits entwickelnde Triebe schon im jungen Zustande Oxalat abscheiden und nicht jene charakteristische Verteilung desselben in den verschiedenen Blättern aufweisen. Dasselbe war bei solchen Sprossen nachweisbar, welche sich mitte Juni aus den untern Achselknospen entwickelten, nachdem der Zweig einige Zentimeter über seiner Basis abgeschnitten war“. Solche Beobachtungen weisen darauf hin, dass alle später sich entwickelnden Organe schon in ihren jugendlichen Stadien Oxalat führen, während es den im ersten Frühjahr entstehenden aus irgend einem Grunde fehlt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: [Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.
641-653](#)