Ueber die Bedeutung der durch Alkohol in Zellen bewirkten Calciumphosphat-Ausscheidungen

von

Dr. A. Hansen.

Bei der Untersuchung der Sphärokrystalle, welche ich vor einigen Jahren veröffentlicht habe [1]), ergab sich die Thatsache, dass in den meisten Fällen die durch Alkohol in lebenden Zellen bewirkten Ausscheidungen aus Calciumphosphat resp. Magnesiumphosphat bestehen. Dies Factum konnte bei zahlreichen gelegentlichen Wiederholungen der Beobachtung bestätigt werden und dasselbe ist auch durch die ausführlichen Beobachtungen von Leitgeb über diesen Gegenstand geschehen [2]).

Leitgeb hat fast alle von mir mitgetheilten Beobachtungen wiederholt und durch Tafeln erläutert. Die Abweichungen, welche in seiner Publication constatirt sind und manche Bedenken, welche Leitgeb gegen die von mir versuchten Deutungen einzelner Beobachtungen ausspricht, glaube ich sind darauf zurückzuführen, dass Leitgeb die Sphärokrystalle zum Theil nicht durch Alkohol, sondern durch Glycerin entstehen liess. Ganz ähnlich wie Alkohol bewirkt das Glycerin in lebenden Geweben eine lebhafte Zersetzung des Zellinhaltes, und es erfolgt die Ausscheidung von Tropfen, welche später zu Sphärokrystallen werden, allein im Glycerin erfolgt die Krystallisation bedeutend langsamer und die Ausbildung der Sphärokrystalle erfolgt in diesem Medium auch sehr häufig anders als bei Anwendung von Alkohol. Es scheint, dass gerade die charakteristische Ausbildung der Sphärokrystalle mit der Schnelligkeit der Ausscheidung durch Alkohol zusammenhängt, während bei der Anwendung von Glycerin oft eine langsame Krystallisation der ausgeschiedenen Tropfen zu gewöhnlichen Drusen erfolgt. Augenblicklich scheinen mir wichtigere Fragen vorzuliegen, als gerade die endgültige Aufklärung der Molekularstructur der Sphärokrystalle, weshalb ich Beobachtungen und zahlreiche Zeichnungen einstweilen zurückgelegt habe. Es scheint mir, dass vielmehr die chemische Seite der genannten Vorgänge wichtiger ist. Die Sphärokrystalle sind sowohl den mikrochemischen Reactionen nach, als auch nach der Analyse des aus grösseren Mengen der Pflanzentheile gewonnenen Salzes in der Regel Calciumphosphat, aber es ist natürlich nicht wahrscheinlich, dass die aus dem Zellsafte sich ausscheidenden Massen aus chemisch reinem Calciumphosphat bestehen. Vielmehr sind, wie dies beim

---

1) Ueber Sphärokrystalle, Arbeiten des botan. Instit. zu Würzburg. III. Band. 1. Heft. 1889.

2) H. Leitgeb, Mittheilungen aus dem botan. Institut zu Graz. 2. Heft. 1888.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0414-8

Ausscheiden aus einem Gemenge, wie dem Zellsafte, gar nicht anders sein kann, dem Salze Verunreinigungen beigemengt. Ich habe in meiner Abhandlung auch darauf hingewiesen, dass reine Salze aus ihren wässerigen Lösungen durch Alkohol nicht in Sphärokrystallen ausgeschieden werden, sondern in ihrer ihnen eigenthümlichen Krystallform auftreten. Dies möge mir erlaubt sein, hervorzuheben, weil Leitgeb, wie es scheint, diesen Punkt in meiner Abhandlung übersehen und ganz besonders betont, die Sphärokrystalle seien kein reines Calciumphosphat. Aus zahlreichen Beobachtungen, welche ich mit andern Substanzen angestellt, hat sich ergeben, dass kleinere Mengen von Verunreinigungen krystallisirbarer Substanzen durch unkrystallisirbare besonders dazu beitragen, die Abscheidung in der Form von Sphärokrystallen zu begünstigen. Ist es also fast selbstverständlich, dass die in Pflanzenzellen entstandenen Sphärokrystalle noch Verunreinigungen organischer Natur beim Auskrystallisiren aus dem Zellinhalte mitreissen, so sind sie doch im wesentlichen Phosphat und keine Verbindung eines solchen mit organischen Substanzen mehr; welche Möglichkeit Leitgeb, freilich nur als Vermuthung, in seiner Untersuchung noch offen lässt.

Die ganz allgemeine Verbreitung namhafter Quantitäten des Calciumphosphates in den Zellen muss die Frage nach der Bedeutung desselben und diejenige nach der Bedeutung der Erscheinungen, welche sich in den Zellen bei deren Behandlung mit Alkohol und andern Reagentien abspielen, aufdrängen. Der ganze Vorgang der Bildung von Sphärokrystallen auf dem angegebenen Wege ist offenbar nicht ein einfaches Ausfällen der Salze aus ihrer Lösung im Zellsaft. Die ganze Morphologie der Erscheinung weicht durchaus von diesem einfachen physikalischen Process ab.

Es handelt sich vielmehr meiner Ansicht nach um eine Zersetzungserscheinung des Protoplasmas beim Behandeln mit Alkohol, um einen Gerinnungsprocess, der dadurch verursacht wird, dass der Alkohol eine Trennung der für den lebenden Zustand nöthigen Phosphate aus dem Protoplasma herbeiführt, das Protoplasma chemisch zerlegt und damit tödtet.

Behandelt man Schnitte von Euphorbien mit Alkohol, so geräth der Zellinhalt in heftige Bewegung; es scheiden sich grosse Tropfen aus, die Vacuolen im Protoplasma bilden. Dieselben vergrössern sich, indem sie Anziehungscentren für das Calciumphosphat bilden und dehnen die umschliessende Protoplasmahaut immer mehr aus, so dass der Tropfen endlich nur von einem ausserordentlich dünnen Plasmahäutchen umschlossen ist. Nach dem Festwerden contrahiren sich die Sphärokrystalle zuweilen, so dass man deutlich sieht, dass sie innerhalb der ursprünglichen Vacuole liegen; das Häutchen lässt sich, wie ich mitgetheilt, auch durch Färbung nachweisen. Der ganze Vorgang der Vacuolenbildung macht schon den

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0415-4

Eindruck einer chemischen Zersetzung, nicht nur den einer Ausfällung der Calciumphosphates aus einer Lösung, welche das Protoplasma durchtränken könnte.

Der Alkohol bewirkt in allen Fällen eine Trennung der Phosphate vom Protoplasma, aber es scheint mir, dass man diese Trennung nicht nur als eine Abscheidung aus einem Gemenge, sondern als Spaltung einer Verbindung der Phosphate mit den Eiweisskörpern des Protoplasmas anzusehen hat. Diese Spaltung ist die Ursache des Todes der Zellen, indem die Eiweissstoffe des Protoplasmas aus dem lebenden, beweglichen Zustand in den inactiven, geronnenen Zustand übergehen. Wird in einer bis dahin lebenden Zelle durch Alkohol das Calciumphosphat zur Ausscheidung gebracht, so ergibt sich, dass die Menge desselben im Vergleich zur Masse des Zellinhalts bedeutend ist, es entstehen in der Zelle Sphärokrystalle, welche den Raum derselben oft fast ausfüllen. Wollte man annehmen, dass das Calciumphosphat nur in der wässerigen Lösung des Zellsaftes enthalten sei, so enthielte die Zelle eine concentrirte Lösung des Calciumphosphates und man müsste sich wundern, dass nicht schon so lange die Zelle lebt, ein Auskrystallisiren des Phosphates eintrete. Das Unterbleiben einer Ausscheidung deutet darauf, dass das Calciumphosphat sich in der lebenden Zelle nicht als Lösung, sondern in chemischer Verbindung mit andern Substanzen des Zellinhaltes befindet, wodurch ein Auskrystallisiren so lange unmöglich gemacht ist, als die Verbindung besteht. Schon aus rein chemischen Thatsachen ergibt sich die Unhaltbarkeit der Annahme, das Calciumphosphat sei in der Zelle nur in Wasser gelöst. Von den Orthophosphaten ist nur das Monocalciumphosphat in Wasser löslich, aber dies geht, wie man leicht experimentell feststellen kann, durch geringe Mengen Wasser in unlösliches Bicalciumphosphat über, es wäre also im Zellsafte gar nicht existenzfähig.

Wenn auch heute wohl kein Physiologe das Protoplasma als blosses Eiweiss bezeichnet, so ist man doch von der massgebenden Bedeutung der Eiweissstoffe bei der Constitution des Protoplasmas überzeugt. Es muss aber der Zustand dieser Substanzen im Protoplasma nothwendig ein solcher sein, der sowohl vom festen Zustande als von einer Lösung verschieden ist, da das Protoplasma thatsächlich weder mit festen Eiweissstoffen noch mit gelösten Aehnlichkeit besitzt. Das Charakteristische des Protoplasmas ist, dass es keine Lösung ist. Thatsächlich ist es aber doch einer Lösung ähnlich; eine solche Aehnlichkeit muss ja schon nach allgemeinen chemischen Grundsätzen angenommen werden, da wegen der chemischen Wirkungen des Protoplasmas seine Constituenten sich in einem Aggregatzustande befinden müssen, welcher ihnen eine leichte Beweglichkeit gestattet.

Die Aibumine und Globuline sind in reinem Zustande in Wasser unlöslich. Eine Löslichkeit in Wasser war, wo sie beobachtet wurde, darauf

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0416-0

zurückzuführen, dass die Eiweissstoffe nicht salzfrei waren und aus der Zusammenfassung der zahlreichen Beobachtungen über Eiweisskörper ist, wie ich glaube, wohl schon jetzt der Schluss zu ziehen, dass die Eiweissstoffe des Protoplasmas nur durch Zusammentreten mit Salzen in einen activen Zustand versetzt werden. Eine ganz nahe Beziehung der Salze zum Verhalten der Eiweisskörper ist also unter allen Umständen durch die vorliegenden Beobachtungen gegeben. Von diesem allgemeinen Gesichtspunkt ausgehend ist aber hervorgehoben, dass die Eiweissstoffe des Protoplasmas offenbar nicht eine wahre Lösung, etwa in neutralen Alkalisalzen, darstellen, sondern es kann sich, wie aus der hier gegebenen Erörterung erhellt, nur um eine wahre Verbindung mit anorganischen Salzen handeln.

Das stete Wiederfinden des Calciumphosphates im Protoplasma legt den Gedanken nahe, diesem Salze eine solche Rolle zuzutheilen. Die Eiweissstoffe werden durch das Calciumphosphat, ohne in Lösung zu gehen, in einem gequollenen Zustande erhalten, indem sie mit diesem eine labile quellungsfähige Verbindung eingehen. Dadurch erhalten die Moleküle denjenigen Bewegungszustand, der für die Lebensvorgänge erforderlich ist.

Durch die Wirkung des Alkohols bei der Hervorrufung der Sphärokrystalle wird dieser Zustand aufgehoben, das Phosphat wird ausgefällt und in Folge dessen gehen auch die Eiweissstoffe nach Trennung von den Kalksalzen in den unlöslichen, geronnenen Zustand über.

Ganz dasselbe ist auch durch andere Reagentien möglich, welche wenn auch in etwas anderer Weise die Spaltung des Eiweiss-Calciumphosphates bewirken müssen. Durch Säuren wird das Calciumphosphat gelöst, die Eiweissstoffe werden unlöslich und gerinnen durch die Trennung vom Phosphat. Zu einer Auscheidung des Phosphates kann es natürlich in diesem Falle nicht kommen, weil die Säure dieses zerlegt, wenn auch der Process im Wesentlichen derselbe ist.

Die Richtigkeit dieser Ansichten vorausgesetzt, würde auch die Tödtung der Zellen bei anderen Eingriffen sich vielleicht durch dieselben erklären lassen, nämlich beim Erfrieren. Es ist trotz der eingehenden Untersuchungen über dieses Phänomen nicht entschieden, wodurch der Tod beim Erfrieren der Pflanzen herbeigeführt wird.

Sachs, welcher über die Erscheinungen des Erfrierens die bekannten epochemachenden Untersuchungen veröffentlichte,[1]) giebt an »dass es ungewiss sei, ob ein Pflanzengewebe durch die blosse Thatsache, dass sein Zellsaftwasser zu Eiskrystallen erstarrt, schon getödtet werden könne, sicher dagegen ist es, dass bei sehr vielen Pflanzen die Tödtung erst durch die Art des Aufthauens bewirkt wird; dasselbe Gewebe,

1) Sachs, Lehrbuch der Botanik 4. Aufl. p. 702.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0417-5

welches nach dem Gefrieren des Saftwassers bei langsamem Aufthauen lebensfrisch bleibt, wird desorganisirt, wenn es bei gleicher Kälte gefroren, rasch aufthaut, demnach erfolgt bei solchen Pflanzen die Tödtung nicht beim Gefrieren, sondern erst beim Aufthauen«.

Müller-Thurgau bestreitet auf Grund seiner Untersuchungen die Berechtigung dieser Ansicht [1]). Er hebt die Schwierigkeiten hervor, welche sich der experimentellen Entscheidung dieser Frage entgegenstellen, da man dasselbe Object nicht langsam und schnell aufthauen lassen kann und bei Anwendung zweier Pflanzentheile derselben Art, individuelle Verschiedenheiten einen Vergleich unmöglich machen, da beide, bezüglich des Ueberkältungspunktes, von einander abweichen können und das eine Object bei derselben niedrigen Temperatur gefroren sein kann, das andere nicht. Mit zahlreichen Pflanzen angestellte vergleichende Versuche von Müller ergaben, dass schnell und langsam aufgethaute Blätter sich ganz gleich verhalten und es unmöglich ist, durch schnelles Aufthauen gefrorene Pflanzentheile zu retten. Er führt die gegentheiligen Angaben auf den Mangel einer Controlle, dass die Pflanzentheile auch wirklich gefroren waren, zurück [2]). Müller selbst erblickt die Ursache des Gefrierens, indem er die Eisbildung und nicht das Aufthauen für das tödtende Moment ansieht, in einer Wasserentziehung, welche durch das Gefrieren zu Stande kommt (l. c. p. 534). Doch ist es noch fraglich, ob dies Moment hinreicht, um die Zellen zu tödten. Pfeffer hat dem schon entgegengehalten, dass die Wasserentziehung bei der Transpiration und Plasmolyse ohne Schaden ertragen werde und dieser Einwand wird auch durch die Bestimmungen der Eismengen nicht beseitigt. Auch wenn die Wasserentziehung bedeutend ist, so liefert sie doch keine Erklärung des Erfrierens, denn es handelt sich doch bei saftigen Pflanzentheilen nicht um ein einfaches Vertrocknen.

Ich glaube, dass es bei dieser Sachlage gestattet ist, den Gedanken zu äussern, dass man an die Erklärung des Vorganges des Erfrierens vom chemischen Gesichtspunkte wird herangehen müssen. Die Annahme eines blossen Austretens des Imbibitionswassers oder Zellsaftwassers reicht nicht aus, um die Tödtung verständlich zu machen. Nur bei den Holzpflanzen, wo durch das Gefrieren des Imbibitionswassers und die Verdunstung des Eises ein Vertrocknen des Holzes und dadurch die Unfähigkeit Wasser zu leiten herbeigeführt wird, lässt sich die Wirkung des Erfrierens so auffassen. Bei den saftigen Pflanzentheilen dagegen, wo das Zellwasser in die Intercellularräume austritt, würde, wenn es sich blos um diesen Vorgang und die damit verbundene Concentration des Zellinhaltes handelte,

---

1) Müller-Thurgau, Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Landwirthschaftliche Jahrbücher 1886, p. 454.

2) l. c. p. 523 ff. u. p. 509.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0418-1

beim Aufthauen die Zellen nichts hindern, das Wasser wieder aufzunehmen, es müsste gerade der durch Gefrieren concentrirter gewordene Zellsaft osmotisch um so kräftiger wirken und das Wasser mit Begierde wieder an sich reissen. Es scheint mir deshalb wahrscheinlicher, dass es sich beim Erfrieren um eine ähnliche chemische Zersetzung des Protoplasmas handelt, wie diese durch Reagentien, durch Alkohol, Säuren, vielleicht auch durch destillirtes Wasser, hervorgerufen werden kann. Durch das Gefrieren, d. h. durch Eisbildung, wird die labile Verbindung der Eiweissstoffe mit dem Calciumphosphat zerlegt, dies tritt mit dem Wasser aus und das Protoplasma gerinnt. Ist die Verbindung einmal zerlegt, so regenerirt sich dieselbe nicht wieder, wenn die geronnenen Eiweissstoffe auch mit der wässerigen Phosphatlösung wieder in Berührung treten. Daher kommt es, wenn ein Gewebe thatsächlich gefriert, dass die Zellen nicht wieder aufleben, ebenso wenig, als wenn man die mit Regentien getödteten Zellen wieder durch Wasser vom Reagens befreit, weil die Verbindung dauernd gelöst ist. Wenn scheinbar der Tod gefrorerner Pflanzentheile erst durch das Aufthauen eintritt, so erklärt sich das daraus, dass eben erst durch das Collabiren der erfrorenen Gewebe das Erfrorensein sichtbar werden kann, so lange die Gewebe gefroren sind, kann ein Collabiren nicht stattfinden, obwohl die Gewebe schon todt sind. Es scheint mir nicht überflüssig, den Vorgang des Erfrierens auch von dieser chemischen Seite zu beleuchten, um so weniger, da ja für chemische Veränderungen durch Gefrieren im Allgemeinen Beispiele bekannt sind.

Die nahe Beziehung des Calciumphosphates zu den Eiweisskörpern des Protoplasmas scheint mir auch aus dem steten Zusammenvorkommen der Krystalloide mit Globoiden, welche aus Phosphaten bestehen, in den Aleurenkörnern hervorzugehen. In diesen Fällen ist die Trennung der Phosphate von den Eiweisskörpern durch den Lebensprocess, welcher beide Substanzen zur Krystallisation veranlasste, herbeigeführt und in Folge dessen sind die Eiweiskörper ebenfalls in den inactiven ruhenden Zustand übergegangen. Bei der Reactivirung bei der Keimung findet eine Wiedervereinigung statt, indem die Proteinkörner durch das Calciumphosphat wieder aus dem krystallinischen in den quellungsfähigen Zustand übergehen. Es spräche aber auch nicht gegen diese Theorie, wenn in manchen Fällen die Globoide bei der Keimung im Samen zurückbleiben, denn es findet eine Zufuhr von Phosphat durch die Wurzeln ohnehin statt. Offenbar sind aber in allen Fällen die Eiweisskrystalle durch Trennung vom Phosphat erst unlöslich und krystallisationsfähig geworden.

Die Ansicht, welche hier über die Bedeutung des Calciumphosphates resp. Magnesiumphosphates für die Activirung der Eiweissstoffe des Protoplasmas geäussert wird, stimmt nicht überein mit einer jüngst von Kohl vertretenen Meinung, dass die Kohlehydrate als Calciumverbindungen wanderten. Ich habe mich seit einigen Jahren mit dieser Frage be-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0419-0

schäftigt und glaube der Ansicht Kohls aus mehrfachen Gründen nicht beitreten zu können. Geführt wurde ich auf diese Frage durch das Studium von Pfeffers für die Physiologie so bedeutsamen osmotischen Untersuchungen, aus denen sich meines Erachtens ergiebt, dass die Kohlehydrate des Pflanzenkörpers im reinen Zustande nicht wandern können. Diffusionsversuche, welche ich mit künstlichen Zellen angestellt habe und Versuche mit Pflanzen scheinen mir aber dafür zu sprechen, dass die Kohlehydrate nicht als Calciumverbindungen wandern, sondern in Verbindung mit Kalisalzen treten und dadurch erst in den wanderungsfähigen Zustand gebracht werden. Die Bedeutung der beiden wichtigsten Mineralbestandtheile, des Calciums und des Kaliums, wird in der Nothwendigkeit ihrer Salze für die Herstellung des bei den Lebensprocessen erforderlichen Aggregatzustandes der Eiweissstoffe und Kohlehydrate zu suchen sein. Ich hoffe über diese Fragen später Weiteres berichten zu können.

Freie Gefässbündel in den Halmen von Olyra.

Von

Fritz Müller.

In unserem Walde wächst sehr häufig eine grosse Olyra. Am Rande des Waldes bildet sie oft geschlossene Bestände, die keine andere Pflanze zwischen sich aufkommen lassen und den Wald als breiter Gürtel umsäumen. Sie wird hier Taguarí genannt, d. h. kleine Taguara, wird also vom Volke zu den Bambusen gerechnet, die bekanntlich letzteren Namen führen. In der That erinnert sie durch ihren hohen Wuchs (die Glieder des Halmes können bis über 0,6 m lang, 18 mm dick werden), durch ihre Verästelung, durch die bis über spannenlangen, breiten, kurzgestielten Blätter lebhaft an unsere grossen Taguara-Arten [1]), mit denen sie auch darin übereinstimmt, dass sie oberirdisch ausdauernde holzige Halme besitzt, sowie auch darin, dass sich in ihren Halmgliedern oft Wasser ansammelt und bisweilen, wenn auch selten, jene Kieselgallerte sich bildet, die eintrocknend zu Tabaschir [2]) wird.

---

1) Von Bambusa (Guadua) kommen hier drei Arten vor: die dornige Taguarassú, d. h. grosse Taguara, die rauhhalmige Taguara lixa (spr.: lischa) und die glatte, dornenlose Taguara mansa. Aus Taguarassú werden die bei der Mandiocmehlbereitung benutzten Presskörbe (Tipitis) gemacht; Taguara lixa dient zum Flechten von allerlei Körben.

2) Nicht »Tabaxir«, wie der Titel einer kürzlich über diesen Stoff erschienenen Schrift lautet, deren Verfasser die arabischen Buchstaben und die Aussprache der portugiesischen nicht zu kennen scheint.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0420-1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 72

Autor(en)/Author(s): Hansen A.

Artikel/Article: Ueber die Bedeutung der durch Alkohol in Zellen bewirkten Calciumphosphat-Ausscheidungen. 408-414