

III.

Krystalloide in Zellkernen.

Von

H. Leitgeb.



Es sind bis jetzt nur wenige Pflanzen bekannt geworden, in deren Zellkernen — sei es in allen oder nur in bestimmten Geweben — Krystalloide als constante nie fehlende Einschlüsse gefunden werden.

Es gehört hierher vor allem *Lathraea Squamaria*. Nach RADLKOFER<sup>1)</sup> finden sich hier die Krystalloide in allen, auch den unterirdischen Theilen der Pflanze, insoweit sie einer zur Blütenbildung gelangenden Axe angehören. Es werden auch die Zellkerne um so reicher an Krystalloiden, je näher die betreffenden Zellen den Samenpolstern liegen (l. c. pg. 40). In der Samenknospe kommen sie nur in den Oberflächenzellen vor, erreichen hier aber die bedeutendste Grösse und die vollkommenste Ausbildung.

Allgemein bekannt ist ferner das von KLEIN<sup>2)</sup> und RUSLOW<sup>3)</sup> entdeckte Vorkommen bei *Pinguicula* und *Utricularia*. Nach KLEIN finden sich die Krystalloide, wie es scheint, in allen Geweben der oberirdischen Pflanzentheile; am grössten und ausgebildetsten aber in den Oberhautzellen der Blätter, den Basalzellen der Trichome (*Pinguicula*) und den Zellen der Blasenwand und Borstenhaare (*Utricularia*).

Bei allen diesen Pflanzen erscheinen die Krystalloide in Form rechteckiger Plättchen, häufig in geldrollenartigen Paketen zusammengelegt, und oft den Kern, der dann ungemein vergrössert ist, so vollkommen ausfüllend, dass er nur als eine die Krystallgruppen umschliessende membranartige Hülle erkennbar ist.

Ich hatte Gelegenheit, diese Gebilde bei *Pinguicula alpina* zu untersuchen: die Form derselben, ihre gegenseitige Lagerung und Anordnung im Kern stimmen vollkommen mit den von RADLKOFER für

1) Ueber Krystalle proteinhaltiger Körper. Leipzig 1859.

2) Bot. Centralblatt No. 44, 1880.

3) Dorpater Nat. Gesellsch. October 1880.

*Lathraea* gegebenen Beschreibungen und Abbildungen (l. c. Fig. 2) überein. Auch gleichen sie jenen in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften so vollkommen<sup>1)</sup>, dass es wohl gerechtfertigt er-

1) Nach RADLKOFER (l. c. pg. 15) lösen sich die Krystalloide von *Lathraea* in Wasser sehr leicht auf. Es wurde aber schon wiederholt hervorgehoben, dass bei dem Umstande, als dieselben nicht isolirt, sondern immer umgeben von dem stark sauren Zellsaft der Prüfung unterworfen werden konnten, die lösende Wirkung wahrscheinlich auf Rechnung der Säure zu setzen sei. Auch für die Krystalloide von *Pinguicula* gibt KLEIN an, dass in verletzten Zellen, wo die Zellkerne der Einwirkung des Zellsaftes ausgesetzt sind, jene sofort verschwinden. Dass wenigstens hier die Lösung als Wirkung des sauren Zellsaftes angesehen werden muss, dafür möchte ich ein wiederholt angestelltes Experiment anführen:

Wenn man Partien der Blattepidermis durch Flächenschnitte abhebt und zur Beobachtung verwendet, so bleiben die Zellen auch unter dem Deckglase vollkommen lebenskräftig, wovon man sich durch das Erhaltenbleiben der ungemein schönen und lebhaften Protoplasmaströmung leicht überzeugt. Wenn man nun die Zelle durch einen elektrischen Schlag tödtet, so sieht man nun, unmittelbar nachdem an den Protoplasmafäden die tödtliche Wirkung des Eingriffes erkennbar wird, auch am Zellkerne und seinen Einschlüssen alle jene Veränderungen eintreten, welche von RADLKOFER für *Lathraea* als Wirkung verschiedener Agentien so genau und eingehend beschrieben wurden: Im Allgemeinen bestehen diese Veränderungen darin, dass der sich abrundende Kern eine scharfe Contur erhält und sich dann unter gleichzeitiger Lösung der Krystalloide zu einer kugeligen, mit vollkommen homogenem Inhalte erfüllten Blase aufbläht, die endlich berstend ihren Inhalt austreten lässt. Diese Zerstörung der Krystalloide und des Kerns, wie sie durch den elektrischen Strom — und offenbar in Folge des Eindringens des sauren Zellsaftes — bewirkt wird, geht ganz in gleicher Weise vor sich, wenn man auf lebende Zellen Glycerin, Ammoniak etc. einwirken lässt, und es ist wahrscheinlich, dass in allen diesen Fällen zuert immer die Wirkung des sauren Zellsaftes zum Ausdrucke gelangt.

An solchen Schnitten gelingt es nun (in der feuchten Kammer) viele Zellen tagelang lebendig zu erhalten. Hat endlich (oft erst nach 8 Tagen) die Protoplasmaströmung aufgehört, und deutet die allerorts eintretende Molecularbewegung der kleinen Körnchen den Tod der Zelle an, so erscheinen in vielen Zellen die Krystalloide nichts destoweniger vollkommen unverändert, und auch der elektrische Schlag lässt sie nun vollkommen intact. Nun kann man sich aber leicht überzeugen, dass in solchen tagelang in Wasser gelegenen Zellen der früher stark saure Zellsaft seine saure Reaction gänzlich verloren hat. Und in diesem Umstande — darin nämlich, dass die Zellsäfte durch längeres Liegen der Präparate in Wasser ihren Säuregehalt verlieren, und früher verlieren, als in Folge des natürlichen (oder gewaltsamen) Todes der Zelle ihr Eintritt in den Kern und somit ihre Einwirkung auf die Krystalloide ermöglicht ist — liegt,

scheint, diese Uebereinstimmung als den Ausdruck substantieller Gleichheit anzusehen.

Ein anderweitiges constantes Vorkommen von Krystalloiden in Zellkernen — als bei den bis nun genannten Pflanzen — ist bis jetzt meines Wissens nicht bekannt geworden. Wohl findet man, wie ich aus Erfahrung weiss, und wie es auch andere Beobachter gewiss mehrfach gesehen und wohl auch gelegentlich erwähnt haben, bald da bald dort einen krystalloidführenden Zellkern, aber die Seltenheit und Unbeständigkeit ihres Auftretens war selbstverständlich jeder genaueren Untersuchung hinderlich.

So gibt KALLEN<sup>1)</sup> an, dass sich in den Kernen der Borstenhaare von *Urtica urens*, aber allerdings als sehr seltenes Vorkommen, stabförmige Krystalloide finden. Es ist entweder nur ein solches vorhanden, welches balkenartig den ganzen Zellkern durchsetzt (jüngere Haare), oder es steigt deren Zahl bis zu vier, in welchem Falle sie dann ohne bestimmte Anordnung neben oder gekreuzt über einander liegen. Bezüglich ihrer Reactionen sollen sich dieselben wie die der früher genannten Pflanzen verhalten, was darauf schliessen liesse, dass auch sie durch den eindringenden (sauren?) Zellsaft aufgelöst würden<sup>2)</sup>.

Ich bin nun in der Lage, eine weitere Pflanze namhaft zu machen, bei welcher die Zellkerne bestimmter Organe ganz constant Krystalloide führen. Es ist die seit einigen Jahren in unseren Gärten cultivirte *Galtonia* (*Hyacinthus*) *candicans* Decaisne (und wahrscheinlich auch *G. princeps*). Am schönsten und vollkommensten ausgebildet finden sie sich in der Oberhaut der Perigonblätter und Staubgefässe, sie kommen aber auch in Mesophyllzellen, in der Oberhaut des Blütenstiemes, in der Fruchtknotenwandung, gelegentlich wohl auch in anderen Organen und Geweben der Pflanze, aber immer viel kleiner und unausgebildeter vor. Nur in den unterirdischen Theilen der Pflanze (Wurzel und Zwiebel) habe ich sie nie auffinden können.

Es lassen sich diese Krystalloide am besten beobachten, wenn

so glaube ich, der Grund für das Erhaltenbleiben der Krystalloide. Es spricht dafür auch der Umstand, dass, wenn man auf derartige Präparate, wo der elektrische Schlag an den Krystalloiden keinerlei Veränderungen mehr zu bewirken vermag, wenn auch sehr verdünnte Säuren (Essigsäure) einwirken lässt, die Lösung der Krystalloide sofort eintritt.

1) Verhalten des Protoplasma in den Geweben von *Urtica urens* in Flora 1882, No. 5.

2) Aehnlich geformte Krystalloide kommen nach H. SCHENK (Ueber centrifugale Wandverdickungen, Bonn 1884) auch in den Zellkernen der Haare von *Campanula Trachelium* vor.

man die sehr leicht abziehbare Epidermis der Perigonblätter <sup>1)</sup> zur Untersuchung wählt: die durch die Präparation nicht verletzten Zellen führen einen wasserhellen Inhalt und einen dünnen protoplasmatischen Wandbeleg, in welchem, und ungefähr in der Mitte der langgestreckten Zelle und ihrer Innenwand anliegend, der grosse Zellkern eingebettet liegt. Seine Substanz erscheint bei schwächeren Vergrößerungen homogen und ohne scharfe Abgrenzung gegen das übrige Zellplasma, und er wäre überhaupt schwer aufzufinden, wenn nicht die ausnahmslos vorhandenen Krystalloide als glänzende das Licht brechende Stäbchen so scharf hervortreten würden. Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man aber das feine Netzgerüste, die (1 oder 2) Kernkörperchen, und ebenso die Mikrosomen der Kerntasche, des plasmatischen Wandbelages, und der durch das Zelllumen gespannten Stränge. Allerorts ist eine lebhaft Circulationsströmung zu beobachten, die in besonders günstigen Fällen tagelang anhalten kann.

Die Krystalloide erscheinen, wie schon erwähnt, in der Form von Stäbchen, die, soweit der Augenschein lehrt, als tetragonale Prismen aufgefasst werden müssen, wenn auch eine Doppelbrechung nicht constatirt werden konnte. Sie sind dort, wo sie — was aber allerdings selten ist — in der Einzahl in einem Kerne vorkommen, am vollkommensten ausgebildet und werden in besonders grossen Kernen selbst bis 25 Mik. lang (bei höchstens 3 Mik. Dicke). In der Regel aber sind sie in (1 oder 2) Gruppen vorhanden und dann viel kleiner und weniger schön entwickelt. Häufig findet man paarweise, unter spitzem und annähernd gleich grossem Winkel mit einander verwachsene Individuen (Zwillinge?); auch kann es vorkommen, dass an den freien Enden solcher Doppelindividuen abermals Krystallstäbchen und unter gleichen Winkeln ansetzen, so dass auf diese Weise M-förmige Aggre-

1) An längere Zeit in Alkohol gelegenen Objecten finden sich sehr häufig krystallinische Ausscheidungen des Calciumphosphates, theils in Form von schön ausgebildeten Sphärokrystallen theils als Krystalldrusen, die aus strahlig angeordneten Nadeln bestehen. Auch finden sich zwischen beiderlei Art von Bildungen alle Uebergänge. An ältern befruchteten Blüthen sind sie besonders zahlreich in den Zellen des die Gefässbündel umgebenden Parenchymgewebes und zwar in den basalen Theilen der Perigonblätter; aber sie finden sich auch in den Gefässen und namentlich in den Athemhöhlen, wo diese Gebilde fast immer im Hinterhof der Spaltöffnungen ansetzen. In jenen Organen bleiben sie immer ziemlich klein, erreichen aber in den Athemhöhlen der Spaltöffnungen am Blatte und namentlich am Blüthen (Frucht)-stiel eine ansehnliche Grösse. Auch in der Wand halbreifer Früchte finden sie sich häufig. Ich werde gelegentlich an einem andern Orte über diese Bildungen berichten.

gate entstehen. Sind neben solchen Gruppen — was häufig ist — auch einzelne isolirte Individuen vorhanden, so erscheinen sie theils zwischen die freien Schenkel der Doppelindividuen eingeschoben, theils kreuzen sie diese in den verschiedensten Richtungen.

In Zellen, welche durch die Präparation nicht beschädigt wurden, und in welchen, wie oben erwähnt, die Protoplasmaströmung tagelang anhält, bleiben auch die Krystalloide durch längere Zeit vollkommen unverändert, und können somit auf ihr Verhalten gegenüber verschiedenen dem Präparate zugesetzten Reagentien geprüft werden. Es wird dabei aber die genaue Beobachtung in Folge der Trübung des Kerns und der Gerinnung des Zellinhaltes sehr erschwert, anderseits aber auch die Beurtheilung der Wirkung des Reagens dadurch unsicher, dass zugleich mit demselben sich auch die Wirkung des Zellsaftes geltend machen kann.



*a* Unveränderter Kern mit Krystalloiden. *b* Kern verändert; die Krystalgruppen liegen in Vacuolen. *c* Aehnlicher Zustand (2 Kernkörperchen). *d* die Vacuole stark vergrößert. *e* Vacuole geöffnet; Austreten der Krystalloide. Vergr. 800.

Es gelingt aber häufig genug, die Krystalloide ausserhalb des Kernes entweder im Zellinhalte oder selbst ausserhalb der Zellen zur Beobachtung zu erhalten: In Zellen nämlich, welche durch die Präparation Schaden gelitten oder welche durch elektrische Schläge getödtet wurden, macht sich häufig der störende Eingriff zuerst nur an dem Zellkern bemerkbar, während der Zellinhalt noch längere Zeit sein hyalines Aussehen beibehält. Der Kern rundet sich ab, erhält eine scharfe Contur und wird zugleich grobkörnig. Bald bildet sich um jede Krystalgruppe eine Vacuole, die, sich rasch vergrößernd, den einzelnen Krystalstäbchen genügend Raum zu lebhafter Molecularbewegung gestattet. Häufig geschieht es nun, dass in Folge der raschen Volumzunahme der Vacuole die Kernsubstanz einseitig zu einem dünnen Häutchen ausgedehnt wird, nach dessen Sprengung die Krystalstäbchen in das Zellumen austreten, und aus geöffneten Zellen selbst in die Präparationsflüssigkeit gelangen können. Die Krystalle bleiben dabei vollkommen intact und es ergibt sich somit, dass sie

zur  
Zel-  
sma-  
lang-  
kern  
grös-  
brige  
t die  
bre-  
Ver-  
er 2)  
plas-  
nten  
bach-

von  
smen  
nicht  
lings  
som-  
elbst  
aber  
und  
tzm  
Indi-  
reien  
unter  
gre-  
sehr  
Form  
die  
chen  
eten  
ndel  
der  
tlich  
palt-  
alich  
latte  
Auch  
ge-

(für längere Zeit) weder durch Wasser noch durch den sauren Zellsaft angegriffen werden. An solchen frei gewordenen Krystallen lassen sich nun alle Reactionen leicht ausführen. Sie zeigen nach Behandlung mit Jod oder mit dem Millon'schen Reagens deutlich Proteinreaction, und werden durch Tinctionsflüssigkeiten (Hämatoxylin, Boraxcarmin, Picrocarmin) entsprechend gefärbt. Auch in Bezug auf ihr Verhalten gegenüber anderen Reagentien und der nach dem angewandten Concentrationsgrade verschiedenen Einwirkung: wie Herauslösung einer Innenmasse und Erhaltenbleiben des Hüllhäutchens, Quellung (welche in der Querrichtung etwas bedeutender ist) und endlicher Lösung, zeigen sie gegenüber den anderen ausserhalb der Zellkerne vorkommenden Krystalloiden keine wesentlichen Unterschiede, und ich verzichte daher auf die specielle Anführung der Beobachtungen.

Es ist eine wohl ziemlich allgemeine Annahme, dass auch den in Zellkernen vorkommenden Krystalloiden, entsprechend den in Proteinkörner eingeschlossenen, die Bedeutung eines Reservestoffes zukomme, wenn auch meines Wissens Beobachtungen darüber noch nicht angestellt wurden. Im Gegentheil glaubt RADLKOFER (l. c. pg. 147), dass, da die betreffenden Zellen unter den Erscheinungen der Verwesung frühzeitig absterben, die Substanz der Krystalle, gleichwie der übrige Theil des Kernes und die sonstigen Proteinstoffe der Zellen an der Samenknospenoberfläche und in den blühenden Pflanzentheilen überhaupt keinem anderen Pflanzentheile weder in einer folgenden noch in derselben Vegetationsperiode zu gute zu kommen scheinen. Auch aus den Angaben von KLEIN scheint hervorzugehen, dass, da die Krystalle in den Zellkernen von *Pinguicula* erst mit dem Absterben der Zelle verschwinden, die in Krystallform ausgeschiedene Proteinsubstanz in der lebenden Zelle nicht mehr zur Verwendung komme. — Es lässt sich aber leicht zeigen, dass bei *Pinguicula* unter gewissen Umständen die krystallisirte Proteinsubstanz der Zellkerne in der That verbraucht wird: Wenn man isolirte Winterknospen unter Zuführung von genügender Feuchtigkeit cultivirt, so entwickeln sich die Blätter auf Kosten der angesammelten Reservestoffe bis zu ihrer normalen Grösse. Untersucht man nun die Blätter solcher, längere Zeit noch weiter unter Lichtabschluss gehaltener Pflanzen, so erscheinen die nun vollkommen ent stärkten Oberhautzellen hyalin, und das Protoplasma zeigt lebhaftere Circulationsströmung. In einzelnen Zellen sind die Krystalloide noch vollkommen erhalten, in anderen fehlen sie; in den meisten aber zeigen sie sich augenschein-

lich in Auflösung begriffen: Die quadratischen Plättchen erscheinen von den Seiten parallelen Liniensystemen (Spaltungsflächen) durchzogen, oder nach diesen Richtungen zerklüftet und in Bruchstücke zerfallen. Bei anderen erscheint nur das Hüllhäutchen in der Form des ursprünglichen Krystalls erhalten, die Innenmasse aber bis auf einzelne isolirte Bruchstücke herausgelöst.

Es ist diese Zerklüftung der Krystalloide auch schon von HARTIG und RADLKOEFER — als Folge längerer Einwirkung von Wasser — gesehen und beschrieben worden, und es scheint, dass auch beim Keimen der Samen von *Ricinus* die Lösung der Substanz des Krystalloides von einem Zerfall desselben in Bruchstücke begleitet sein kann<sup>1)</sup>.

Auch in den Perigonblättern von *Galtonia* werden die Krystalloide und zwar längere Zeit vor dem Absterben der Zellen aufgelöst: Wenn nämlich die Perigonzipfel nach dem Verblühen zu welken beginnen, verschwinden jene aus den Kernen schon zu einer Zeit, wo die betreffenden Zellen noch eine äusserst lebhafte Protoplasmaströmung zeigen und keine Spur eines beginnenden Absterbens erkennen lassen. Ich glaube aber nicht, dass ihre Substanz anderen Geweben zugeführt wird und etwa bei der Fruchtbildung Verwendung findet, sondern meine, dass sie in der Zelle selbst zum Verbrauch gelange. Es erfolgt nämlich die Lösung auch an unbefruchtet gebliebenen Blüthen, und findet auch statt, wenn abgeschnittene Blüthen längere Zeit in feuchter Luft gehalten werden. Untersucht man an solchen Blüthen, die eben die ersten Anzeichen des Welkens erkennen lassen, die Oberhaut der Perigonblätter, so zeigen die Zellen ihr vollkommen normales Aussehen und lebhafte Protoplasmaströmung. Aber die Krystalloide erscheinen auffallend verändert. Einzelne, namentlich die grösseren, allein oder zu wenigen in einem Kerne vorhandenen zeigen ihre Form noch erhalten, aber es ist die Innenmasse herausgelöst, so dass sie im optischen Durchschnitte wie rechteckige Rahmen erscheinen, welche öfters an einer oder beiden kürzeren (den Endflächen der prismatischen Krystalle entsprechenden) Seiten unterbrochen sind. Oft liegen neben solchen offenbar in Lösung begriffenen Krystallen ungewein dünne, öfters verbogene Stäbchen mit rauher Oberfläche, in anderen Kernen ist an Stelle der Krystallgruppe ein ganzer Haufen solcher dünner Stäbchen vorhanden, während in wieder anderen keine Spur der Krystalloide mehr erkennbar ist. Es scheint also auch hier

1) PFEFFER, Untersuchungen über die Proteinkörner, in Pringsheim's Jahrbüchern, Bd. VIII, pg. 529.

die Lösung in verschiedener Weise vor sich zu gehen, und es dürfte jene oben erwähnte Zerspaltung grösserer Krystalle und das Auftreten der die normale Zahl der Krystalle häufig so weit überschreitenden Zahl der dünnen Stäbchen dafür sprechen, dass die Lösung der Krystalloide auch hier mit einer Zerklüftung derselben (in der Richtung der Längsaxe) Hand in Hand gehen kann<sup>1)</sup>.

Wenn somit der Wiederverbrauch der krystallisirten Kerneinschlüsse keinem Zweifel unterliegen kann, aber anderseits eine Einwanderung ihrer Substanz in die Fruchtheile wenig wahrscheinlich ist, so scheint denn doch ihr Auftreten zur Blüten- (und Frucht-) bildung in irgend welcher Beziehung zu stehen. So führt RADLKOFER schon für *Lathraea* an, dass sich die Krystalloide nur in den zur Blütenbildung gelangenden Axen finden, und dass Zahl und Grösse der Krystalloide um so mehr zunehmen, je näher die betreffenden Zellen den Samenknospen liegen. Auch bei *Galtonia* greift das regelmässige Vorkommen nicht über den Blütenstiel hinaus, und ihr sporadisches Auftreten wird um so seltener, je weiter von der Blütenregion entfernte Gewebe man untersucht. Es gilt dies allerdings nicht für *Pinguicula* und *Utricularia*, aber auch bei ersterer Pflanze reicht ihr Vorkommen, wie ich mich überzeugte, bis in die Blüthe, und es ist wahrscheinlich, dass dies auch bei *Utricularia* der Fall ist.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des Vorkommens krystalloidführender Zellkerne ist es ferner, dass sich dasselbe entweder nur auf oberflächlich liegende Zellen beschränkt, oder dass dort, wo sie auch im Binnengewebe auftreten, zum mindesten die Oberhäute und deren Anhangsgebilde auffallend bevorzugt erscheinen. So ist es bei *Lathraea*, *Galtonia*, bei *Pinguicula* und *Utricularia* und ebenso bei *Urtica* und *Campanula*, bei welcher letzteren Pflanzen sie überhaupt nur in den Zellen der Trichome gefunden wurden. Es ist dieses peripherische Vorkommen um so auffallender, als sonst in oberflächlich gelegenen Zellen eine Anhäufung von Eiweisssubstanzen ja nicht zu beobachten ist.

1) So wie bei *Pinguicula* gelingt es auch hier, die Auflösung der Krystalloide an Präparaten unmittelbar unter dem Mikroskope zu verfolgen, da einzelne Zellen tagelang lebendig erhalten werden können. Häufig geht dabei endlich die Circulationsströmung des Protoplasmas in Rotation über (wie es FRANK für die Oberhautzellen von *Elodea* nachgewiesen), und grosse aus dem Protoplasma ausgeschiedene Oeltropfen werden in dem Strome herumgeführt. Diese Ausscheidung des früher allerdings auch, aber in ungemein feiner Vertheilung vorhandenen Fettes ist übrigens immer der Vorbote des beginnenden Absterbens der Zelle.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem Botanischen Institute zu Graz](#)

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Leitgeb Hubert

Artikel/Article: [Krystalloide in Zellkernen 113-122](#)