L. Diels, Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich (1906).

1. A. Ginzberger, *Centaurea lungensis* nov. spec. (Nebst Bemerkungen über *Centaurea ragusina* L.) — Verhandl. d. zool.-bot. Ges., LXVI (1916), S. 463.

2. A. Ginzberger, Vorlage von *Centaurea lungensis* subspec. *Baumgartneri* und *Padelini* (mit vorläufigen Diagnosen). — Verhandl. d. zool.-bot. Ges., LXIX (1919), S. (194).

A. Hayek, Die *Centaurea*-Arten Österreich-Ungarns. — Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., 72. Bd. (1901), S. 585.

H. Lindberg, Iter Austro-Hungaricum. — Öfvers. Finsca Vetensk-Soc. Förhandl., XLVIII (1905—1906), Nr. 13.

P. Porta, Stirpium in insulis Balearium anno 1885 collectarum enumeratio. — Nuovo giorn. bot. ital., antica serie, XIX (1887), S. 276.

C. Raunkiaer, Über den Begriff der Elementarart im Lichte der modernen Erblichkeitsforschung. — Zeitschr. f. indukt. Abstamm.- u. Vererbungslehre, XIX (1918), S. 225.

E. Sagorski, Neue Beiträge zur illyrischen Flora. — Allg. bot. Zeitschr., 18. (1912), S. 10.

G. C. Spreitzenhofer, Botanische Reise nach Dalmatien. — Verhandl. d. zool.-bot Ges., XXVI (1876), Sitz.-Ber. S. 92.

G. Zanoni, Istoria botanica (1675).

Über Eiweißkristalloide in den Zellkernen von *Albuca*.

Von Dr. **R. F. Solla** (Pola).

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der Universität Graz.)

(Mit 6 Textabbildungen.)

Schon im Jahre 1897 machte Raciborski auf das Vorkommen von Eiweißkristalloiden bei *Albuca* (*Liliaceae*) aufmerksam[1]). Seine Angaben beschränken sich auf eine kurze Notiz: „Ein günstiges Demonstrationsobjekt für Zellkernkristalloide und ihre Entstehung in den Eiweißvakuolen des Zellkerns liefern die Epidermiszellen der Perigonblätter der kultivierten *Albuca*-Arten. Man braucht keine Fixation oder Färbung der Objekte und kann in denselben Zellen noch die Elaioplasten demonstrieren.“ Diese Mitteilung fand wohl wegen ihrer fragmentarischen Kürze keine weitere Beachtung in der Literatur, verdient solche aber um so mehr, als derartige Kerneinschlüsse bei Monokotylen nicht gerade häufig beobachtet wurden. In der neuesten Zusammenstellung des Vorkommens von Eiweißkristalloiden in Zellkernen[2]) werden nur genannt: *Galtonia* (Leitgeb), *Scilla* (Huie), *Musa* und *Nerine curvifolia* (Molisch);

[1]) Flora, 83. Bd. (Marburg 1897), S. 75.

[2]) Molisch H., Mikrochemie der Pflanzen (Jena 1913), S. 329.

terner *Hyacinthus* [1]) und Fruchtknotenwand von *Ornithogalum caudatum* [2]).

Ich vermag, nach einer Untersuchung mehrerer Monokotylen, obige Reihe noch durch folgende Arten zu ergänzen: *Chlorophytum comosum*; in den Epidermiszellen alter und junger Laubblätter führen die großen kugeligen Zellkerne, selbst jene der Spaltöffnungs-Schließzellen, ein prismatisches oder zuweilen viereckiges Kristalloid. Die Kristalloide messen $10 \times 5\,\mu$, die Kerne $35 \times 28\,\mu$ (Abb. 1 *a*) [3]).

Agapanthus umbellatus. In den kleinen Kernen der Oberhautzellen junger Laubblätter treten streifen- bis bandförmige, selten tafelartig aussehende Einschlüsse auf, welche sich den Reaktionen gegenüber wie Eiweißkristalloide verhielten; sie maßen durchschnittlich $5 \times 2\,\mu$, bei einer Kerngröße von $11\,\mu$ Durchmesser.

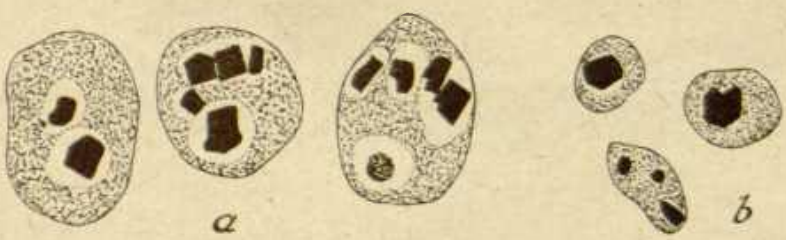


Abb. 1.
a) Kerne aus den Oberhautzellen der Laubblätter von *Chlorophytum comosum*.
b) Desgleichen von *Allium Porrum* mit deutlichen Kristalleinschlüssen.

Allium Porrum. In den Kernen der Oberhautzellen des Blattes, die eine längliche Gestalt angenommen haben, bemerkt man Einschlüsse, welche mitunter die typische Gestalt stabförmiger Kristalloide aufweisen und die Eiweißreaktion geben (Abb. 1 *b*). Die Einschlüsse messen durchschnittlich $7 \times 4\,\mu$, die Kerne $16 \times 14\,\mu$. In kugeligen Zellkernen beobachtete ich ähnliche Körper nicht.

Eine eingehende Untersuchung dieser Vorkommnisse lag nicht im Plane dieser Arbeit, hingegen schien eine genauere Untersuchung der Form und Verteilung der Kernkristalloide von *Albuca* wünschenswert, welche sich wegen ihrer auffallenden Größe als Demonstrationsmaterial besonders eignen und sich als solches am hiesigen Institute seit Jahren bewährten.

[1]) Tunmann O., Pflanzenmikrochemie (Berlin 1913), S. 478. — Andere Autoren, namentlich A. Zimmermann (Über die Proteinkristalloide, in Beitr. z. Morphol. u. Physiol. der Pflanzenzelle, I., pag. 122), schließen *Hyacinthus orientalis* aus, mit besonderem Nachdruck gegenüber der nahe verwandten *Galtonia candicans*.

[2]) Straßburger E., Botan. Praktikum (1897), Pens. IV.

[3]) Alle Figuren sind mit dem Zeichenapparate unter Benützung von Reicherts Obj. 8 *a* und Ok. IV entworfen.

In den grünen Teilen alter Blätter von *A. fastigiata* sind die Zellkerne groß, 11—15 μ, kugelig oder auch länglich (Abb. 2, I). Die Kernmasse ist hyalin, zuweilen aber feinkörnig. In jedem Kerne befinden sich zwei bis drei unter einem Winkel zusammenschließende breite Stäbchen, von der Länge des Kerndurchmessers und zwischen 10—12 μ schwankend. Sie sind stets scharf gerandet und homogen. Ganz ähnliche Gebilde kommen auch in den Kernen der Trichome an den Blatträndern vor. Nicht selten sind die stabförmigen Kristalloide an einem Ende breiter und scheinbar gespalten. In den grünen, an die verwesende Spitze unmittelbar angrenzenden Partien des Laubblattes ist die Kernform limonenähnlich, die stäbchenförmigen Kristalloide darin sehr lang, gewißermaßen über die Kernmasse

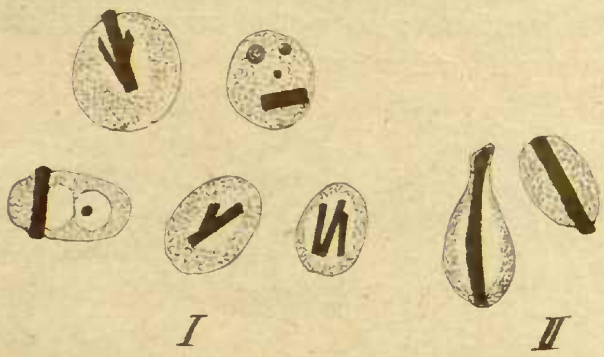


Abb. 2.
I Zellkerne aus der Epidermis grüner Blätter von *Albuca fastigiata*.
II Dasselbe an Stellen, die an verwesende Blattpartien angrenzen.

beiderseits hinausgewachsen[1]) (Abb. 2, II). — In den Kernen der Spaltöffnungs-Schließzellen war ein Kristalloid nur hin und wieder zu bemerken.

In dem Epithel der Perigonblätter liegen die meisten Kristalloide exzentrisch und scheinen dem Kerne seitlich angewachsen, länger als dieser (Abb. 3). In der Kernmasse traten auch noch kleine kugelige Körperchen auf, die sich mit Säure-Fuchsin ebenfalls rot färbten.

Bei *A. Nelsoni* finden sich ganz ähnliche Verhältnisse vor; nur sind die Kerne sowie die Kristalloide viel größer, niemals aber ragen letztere über die Kernmasse hinaus. Die Kristalloide von *A. Nelsoni* sind vorwiegend prismatisch, zuweilen tafelförmig, oder sehen wie Rhombusflächen aus. (Abb. 4, II.)[2]). Durch verschiedene Stellung im

[1]) Vgl. Zimmermann, Über die Proteinkristalloide (Beitr. z. Morphol. u. Phys. d. Pflanzenzelle, Bd. I, 1893), S. 73.

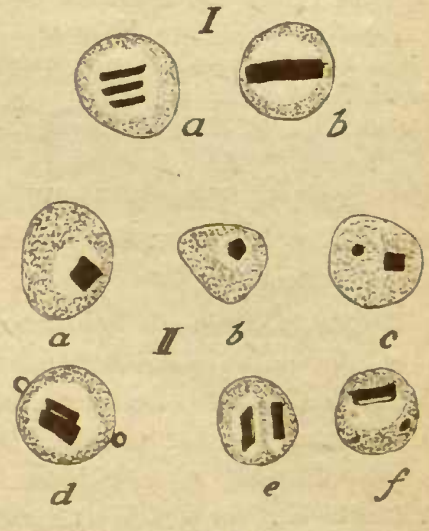
[2]) Welchem kristallographischen Systeme sie angehören mögen, ließ sich ihrer Kleinheit wegen nicht ermitteln, da eine Winkelmessung nicht einwandfrei vorgenommen werden konnte. Eine Prüfung ihres Verhaltens im polarisierten Lichte war auch nicht angänglich, da die Zellhaut selbst auf Polarisation reagierte und freie, außerhalb der Zelle auftretende Kerne mir bei keinem Präparate vorgekommen sind.

Zellkerne gewähren sie mitunter den Eindruck von dünnen oder dickeren Stäbchen, von verzerrten oder verwachsenen Formen. An einem Ende erweiterte, und hier scheinbar gespaltene Formen sind ebenfalls nicht selten beobachtet worden. Die Kristalloide sind stets von einem kleineren oder größeren Hofe (Vakuole) umschlossen, der mehr oder weniger zentral, selten wandständig ist.

Zu jeder Jahreszeit fand ich die Kristalloide in den Zellkernen vor, stets in den typischen Formen. Sie sind in ausgewachsenen Organen den Oberhautzellen ausschließlich eigen; doch fehlen sie hier, mit vereinzelten Ausnahmen (Blütenstiele), den Spaltöffnungs-Schließzellen. Sowie die Oberseite und die Unterseite der Laubblätter anatomisch nahezu identisch gebaut sind, so zeigen auch die Zellkernkristalloide diesbezüglich gar keinen Unterschied.

Abb. 3.
Zellkern mit Kristalloid von dem Epithel eines Perigonblattes von *Albuca fastigiata*.

Im ganzen und großen sind die Oberhautzellen der älteren und ältesten Laubblätter nur im basalen Teile mit kristalloidführenden Kernen versehen, während nach der Mitte zu derartige Kerne seltener werden; nahe der Spitze aber, wo die Zellkerne schon senile Er-



I. Kerne von *Albuca Nelsoni*, Oberhautzellen der äußeren Zwiebelschalen:
- *a*) mit mehreren Kristalloiden (Kantenlage);
- *b*) feinkörniger Kern mit großer Vakuole, Kristalloid den Durchmesser ausfüllend.

II. Kernkristalloide aus Oberhautzellen der jüngsten Blätter von *A. Nelsoni*:
- *a*, *b*, *c*) Pinakoid;
- *d*) Prismenfläche;
- *e*, *f*) Kantenlage.

Abb. 4.

scheinungen erkennen ließen, konnte keine Spur von Kristalloiden mehr wahrgenommen werden. Dagegen führten die Zellen der Gesamtoberhaut der jüngeren Blätter an beliebiger Stelle immer Kerne mit Kristalloiden, sei es in der Ein- oder noch häufiger in der Mehrzahl, in paralleler

Bei diesem Anlasse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Univ.-Prof. Dr. Rud. Scharizer, in dessen Laboratorium die kristallographischen Untersuchungen vorgenommen wurden, für sein liebenswürdiges Entgegenkommen auch hier meinen verbindlichsten Dank zu erneuern.

oder in sich kreuzender Orientierung. Im grünen Schafte besitzen die Epidermiszellen Kerne mit stabförmigen, parallel gelagerten Kristalloiden; bisweilen sind letztere kurz, gedrungen, in Reihen nebeneinander. Nach dem Verblühen der Pflanze fand ich in den Kernen keine Kristalloide mehr vor. Der Blütenstiel zeigte normale Kristalloide und zuweilen Gruppen davon in den Oberhautzellen, selbst in den Schließzellen, manchmal selbst in den Grundgewebszellen. In den Deckblättern zeigen sich Kerne mit zwei bis mehreren stab- bis prismenförmigen Kristalloiden. (Abb. 5.) In den Perigonblättern sind sie oft spindelförmig oder weisen eine andere der schon geschilderten Formen auf. Auch in den Zellkernen der Oberhaut der Filamente und der Nektarien kommen große, nach Form und Lage verschiedene Kristalloide vor, welche in den Oberhaut-Zellkernen von Griffel und Fruchtknoten bald prismatisch, bald spindelförmig erscheinen. Im Grundgewebe des Fruchtknotens fand ich keine Kerne mit Kristalloiden, ebensowenig in den Zellen der Scheidewände, auch nicht in den ausgewachsenen Narbenpapillen, wohl aber im Grundgewebe des Griffels. (Abb. 6 *a*.)

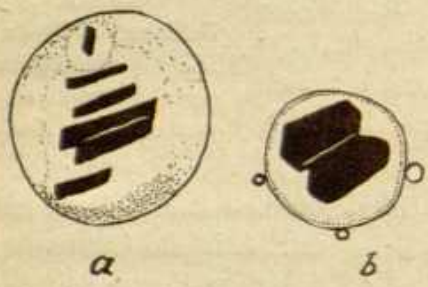


Abb. 5.
Zellkerne aus der Epidermis des Deckblattes von *Albuca Nelsoni*.
a) Kristalloide auch in der Kernmasse außerhalb der Vakuole;
b) der Kern von Elaioplasten umgeben.

Auch im Epiblem der Wurzeln, selbst der oberflächlich kriechenden und chlorophyllführenden Seitenwürzelchen, bleiben die Zellkerne immer kristalloidfrei.

Stets führen die Zellkerne der Oberhaut auf beiden Seiten der die oberirdische Zwiebel bergenden Blattbasen kurze, dicke, balkenförmige Kristalloide im Inhalte, einzeln oder bis zu drei übereinander, seltener stäbchendünn, zuweilen von der Länge des Kerndurchmessers. Selbst bei den in der Zwiebel eingeschlossenen, noch nicht ausgewachsenen Laubblättern sind in den Kernen der Epidermiszellen Kristalloide bemerkbar. Dagegen sind die Kerne in den Grundgewebszellen des Zwiebelkuchens ohne Kristalloide.

Mehrere der äußeren Zwiebelschalen wurden abgeschnitten und zum Treiben gezwungen. Nach einigen Monaten erhielt man aus ihnen etliche adventive Sprossen. Die Zellkerne in der Oberhaut jener behielten die ganze Zeit über und selbst nach dem Sprossen ihre Kristalloide ganz unverändert in Form und Größe; diese sind also trotz der ansehnlichen Neubildung von Organen nicht aufgebraucht worden.

Dagegen waren in den Kernen des Kallusgewebes niemals Kristalloide zu sehen.

Die Untersuchung von Vegetationspunkten lehrte folgendes: In den nächstjährigen, am Zwiebelkuchen angelegten Trieben waren im Dermatogen verhältnismäßig große Kerne mit deutlichen Kristalloiden zu sehen (Abb. 6 *b*); aber auch die inneren Elemente des Vegetationskegels weisen schon knapp unter dem äußersten Scheitel hin und wieder Kristalloide im Kern auf. Gelegentlich dieser Untersuchungen wurden auch Kernteilungsphasen beobachtet. In zwei Fällen der Vorphase wurden dabei noch Kristalloide gesehen, in einem dritten Falle aber keine; in zwei Fällen der Metaphase waren keine Kristalloide zu sehen. Es dürften somit letztere während der Mitose aufgebraucht werden [1]).

In den in Entwicklung begriffenen Organen einer jungen Blütenknospe (von Hanfgröße) wurden beobachtet: in den Oberhaut- und in

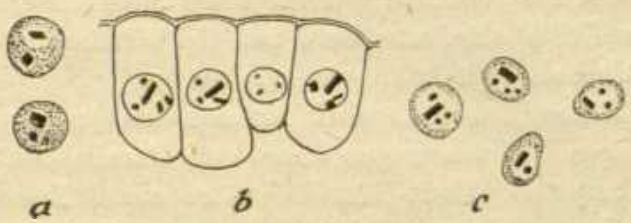


Abb. 6.

a) Zwei Zellkerne aus dem Grundgewebe des Griffels einer sehr jungen Blütenknospe von *Albuca Nelsoni*.
b) Dermatogenzellen der Blattanlage in der Vegetationsspitze von *Albuca Nelsoni*.
c) Zellkerne aus dem jungen Mesophyll.

den Grundgewebszellen der Tepalen des öftern große rundliche Kerne mit je einem stäbchenförmigen Kristalloid; in den Zellen des Konnektivs, in jenen des Epithels und des Grundgewebes des Fruchtknotens sind Kerne mit einem bis mehreren stäbchenförmigen Kristalloiden; ähnliche Zellkerne kommen im Funiculus vor; die Grundgewebszellen des Griffels und die Narbenpapillen besaßen Kerne mit 1—3 tafelförmigen oder prismatischen, selbst zwillingsartig ausgebildeten Kristalloiden. Solche vermißte ich dagegen in den Zellen des Filamentes, der Antherenwände und in den Pollenkörnern. —

[1]) Ad. Sperlich meint für *Alectorolophus*, daß die Kristalloide schon vor Beginn des Teilungsprozesses aus den Kernen herausgelöst werden, denn er beobachtete auch Anfangsstadien der Karyokinese in kristallreichen Geweben dieser Pflanze stets ohne jede Spur von Kristalloiden. (Beihefte zum Botan. Centralblatt, XXI., S. 10, 1907.) Es ist möglich, daß die rascheren Entwicklungsvorgänge bei *Alectorolophus* diesbezüglich ein anderes Verhalten für die Bildung und Auflösung der Kristalloide bedingen als bei der im Glashaus sehr träge wachsenden *Albuca*.

Die Objekte wurden gewöhnlich in destilliertem Wasser untersucht. Für das Studium der Einzelheiten befolgte ich die Untersuchungsmethode von Zimmermann[1]). Die Präparate von jüngeren Pflanzenteilen wurden auch mit Säurefuchsin und Hämatoxylin, bzw. Nilblau doppelt gefärbt. In allen Fällen färbten sich die Kristalloide deutlich und lebhaft rot.

Die Millonsche Reaktion stellte sich nur langsam und erst nach vorsichtiger Behandlung ein. Über das weitere mikrochemische Verhalten sei noch folgendes erwähnt:

In Flemmingscher Lösung bleiben die Kristalloide erhalten. Ebenso unverändert bleiben sie in Wasser (selbst nach längerem Kochen), in Glyzerin (auch nach Wochen), in Äther, in Kaliumazetat (33% ige Lösung).

Jod und Jodpräparate rufen keine Änderung hervor; Jod + Jodkalium nach 24 Std. bedingen eine intensive Goldfärbung der Kristalloide. Eisenchlorid läßt sie unverändert.

Alkohol verändert die Präparate nicht. Objekte, die in 90% igem Alkohol aufbewahrt worden, zeigten nach fünf Monaten eine vollständige Auflösung der Kristalloide, was wohl auf die Wirkung von Verunreinigungen des Alkohols zurückzuführen sein dürfte.

Schwefelsäure ($^1/_1$ norm.) bewirkt anfangs eine Quellung der Kristalloide; nach einigen Stunden zeigen diese eine Parallelstreifung in ihrer Masse. Salz-, Salpeter-, Essig-, Ameisensäure sowie Eisessig lösen die Kristalloide auf; desgleichen Kali-, Natronlauge ($^1/_{10}$ norm.), Kochsalz (10% ige Lösung). Bei Kaliumnitrat (3% ige Lösung) wurde nach einigen Stunden ein Zerfall der Kristalloide verfolgt.

Das Mitgeteilte spricht dafür, daß es sich bei den Kristalloiden um Eiweißkörper aus der Reihe der Pflanzenglobuline[2]) handelt.

Die physiologische Bedeutung der Eiweißkristalloide betreffend, neigen die meisten Autoren zu der Ansicht hin, sie als Reservestoffe aufzufassen. V. Chmielewsky bestreitet allerdings die Ansicht Molisch' und meint[3]), daß die „ganz selbständig aus Cytoplasma, in gar keiner sichtbaren Beziehung zu Chromatophoren und auch Zellkernen" entstehenden Kristalloide von *Epiphyllum truncatum* „als Exkret und nicht als Reservestoff zu erklären" seien. Ferd. Schaar gedenkt der Kristalloide, welche einzeln oder zu zweien in jedem Zellkerne der inneren Knospendecken von *Fraxinus excelsior*[4]) vorkommen und findet, daß nach dem Treiben der Knospen eine Auflösung der Reservezellulose in den Zell-

---

[1]) Proteinkristalloide, S. 56.

[2]) Vgl. O. Cohnheim in Handb. d. Naturwissensch. Bd. III (Jena, 1913), S. 129 f.

[3]) Botan. Zentralbl., Bd. 31 (1887), S. 117.

[4]) Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch. Wien, XCIX. Bd., Abt. 1 (1890), S. 291 ff.

wänden vor sich gehe, der Zellinhalt ebenfalls große Veränderungen durchmache, der Substanzreichtum des Plasmas gewaltig abnehme, die Kristalloide in den Zellkernen dagegen verbleiben und durch die charakteristischen Reaktionen jetzt ersichtlicher gemacht werden können, somit bei der Knospenentfaltung nicht verbraucht werden, was offenbar der Fall sein müßte, wenn sie als Reservestoffe funktionierten. Wakker sieht sie als eine eigentümliche Desorganisation des Zellkerns an und spricht ihnen physiologisch geringe Wichtigkeit zu[1]).

Aber Molisch, Stock, Zimmermann, Sperlich, Tunmann u. A. geben einstimmig an, daß die Eiweißkristalloide tatsächlich Ablagerungen seien, die später wieder im Stoffwechsel verbraucht werden können[2]). Arth. Meyer[3]) vermutet, daß das Nucleolen-Eiweiß ebenso wie die Kristalloide das Reservematerial bei der Kernteilung abgeben und daß sie vor der Degeneration des Zellkerns aufgelöst werden.

Experimentelle Untersuchungen über die Bildungsbedingungen der Kernkristalloide verdanken wir insbesonders Stock[4]) und Sperlich. Ersterer stellte namentlich fest, daß ihre Bildung unabhängig vom Lichte vor sich geht und untersuchte ihre Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt der Nährlösung: in N-freien Nährlösungen verschwinden die Kristalloide, während sie bei erneuter Stickstoffzufuhr regeneriert werden. In kalkfreier Nährstofflösung wurde ein gehäuftes Auftreten von Kernkristalloiden beobachtet.

Auch Sperlich hat eine auffallende Abhängigkeit in der Ausbildung von Kristalloiden von der gebotenen Nahrung beobachtet. Ein in normaler Lösung gezogenes Exemplar von *Alectorolophus subalpinus* begann nach 40 Tagen, infolge einer Störung in seinen Wurzelorganen, die normale Lebenstätigkeit einzustellen, nützte die Baustoffe im Pflanzenkörper nicht aus, „darum war in diesem Individuum ein wahrer Reichtum an Kristallen". Bei autotrophen Individuen der genannten Art bleibt der Kristallgehalt unvergleichlich hinter dem Reichtume an Kristallen zurück, welchen eine normal ernährte Pflanze in denselben Entwicklungsstufen aufweist. Individuen von *A. subalpinus*, auf Kosten anderer derselben Art aufgewachsen, haben eine Kristallverteilung, welche jener in einer normal

[1]) Pringsheims (Jahrbücher, Bd. XIX., S. 467 ff., nach Anführung von A. Zimmermann (l. c., S. 75).

[2]) Wie es H. Leitgeb für die Kristalloide von *Pinguicula* und *Galtonia* nachwies (Mitt. d. Botan. Instit. in Graz, Bd. I, [1888] S. 120) und nach Zimmermanns Beobachtungen auch bei *Asplenium celtidifolium* und *Polypodium vacillans* der Fall ist. Eine zwangsweise Ablagerung nennt Heinricher das Vorkommen von Eiweißkristalloiden in den Laubtrieben von Kartoffelpflanzen, deren Wurzeln gefault waren Ber. d. deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. IX [1891], S. 287.)

[3]) Ber. d. deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XXXV, (1917), S. 334 f.

[4]) Cohns Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. VI (1892), S. 213 ff.

gewachsenen Pflanze entspricht, aber die Kristallmasse ist kleiner. In dem Verhalten der aus Samen gezogenen *Alectorolophus*-Pflanzen entwickelt sich jedoch nach seinen Angaben folgendes Bild: Der ruhende Embryo besitzt keine Kernkristalloide. In den Samen sind Kristalloide aufgespeichert, welche die Zeit der Ruhe überdauern, mit beginnender Keimung jedoch allmählich aufgelöst und dem wachsenden Pflänzchen zugeführt werden. In der entwickelten Pflanze finden sie sich nur als transitorische Bildungen im Innern der Zellkerne der in Entwicklung begriffenen Organe, wo sie „einem momentanen Überschusse der zugeleiteten Baumaterialien ihre Entstehung verdanken". Sie verschwinden aber in den vegetativen Organen zur Zeit der Blütenentfaltung und Fruchtbildung, um in den Zellkernen der Plazenten und Nabelstränge desto reichlicher aufzutreten. Nach erfolgter Befruchtung erfolgt die Auflösung auch dieser Kristalloide, dafür aber deren Ablagerung in den Zellkernen der Nuzellen und der Integumente.

Ich habe gleichfalls eine Reihe von Versuchen angestellt, um das Verhalten der Kernkristalloide bei *Albuca Nelsoni* unter verschiedenen Kulturbedingungen zu verfolgen.

Gelegentliche anatomische Befunde führten mich zunächst zur Vermutung, daß eine bevorzugte Bildung von Kernkristalloiden in den Epidermiszellen der Laubblätter auf dem dem Lichte abgewandten Blatteile von statten gehe. Es wurden daher zunächst einige Blätter so gedreht, daß die früher beschatteten Teile dem Lichte ausgesetzt wurden. Ferner wurden ganze Blätter, bzw. einzelne Blatteile mit schwarzem Dütenpapier in mehreren Lagen umwickelt. Nach entsprechender Zeit wieder untersucht, zeigten die Objekte, daß die Lichtverhältnisse — wie Stock (loc. cit., S. 224) angibt — von keinem Einflusse auf die Ausbildung von Kristalloiden in den Kernen gewesen waren. In einigen Fällen zeigte sich an den verdunkelten Stellen zwar eine Abnahme der Kernmasse und eine Vergrößerung der Vakuole, aber die Kristalloide sahen unverändert aus. Es ergaben sich keine Anzeichen, daß sie bei Lichtentzug zu den Stoffwechselvorgängen im Blatte herangezogen würden.

Eine der Topfpflanzen wurde durch 12 Tage unter einem Zinkkasten gehalten. Die Blätter haben während dieser Zeit keinen nennenswerten Zuwachs erfahren; neue Blätter wurden nicht gebildet. Aber die Verhältnisse betreffs der Kristalloide in den Zellkernen der Blätter und der äußeren Zwiebelschalen waren unverändert geblieben.

Ein zweiblättriger junger Seitensproß eines anderen Exemplares wurde lichtdicht in eine geräumige Metallhülse eingeführt. Nach 67 Tagen wurde die Hülse abgenommen. Das ältere Blatt hatte die ursprüngliche Größe beibehalten, war aber ganz vergilbt; das jüngere,

bedeutend herangewachsen, mußte seine Spitze unterhalb der Metalldecke einbiegen. Dieser Spreitenteil war vertrocknet, der untere etioliert und saftig, mit übereinander geschlagenen Rändern. Ein mittlerweile herangewachsenes drittes Blatt, von 12 cm Länge, war dagegen lebhaft grün. In den Oberhautzellen des etiolierten Blattes füllten mehrere stabförmige, parallel oder auch anders gestellte Kristalloide nahezu den ganzen Innenraum der kugeligen Kerne aus. Die Kernsubstanz einzelner Zellkerne war auf eine dünne periphere Schichte reduziert, während die Mitte von einer großen Vakuole eingenommen wurde, welche die Kristalloide umschloß. Das grüne Blatt zeigte normale Kerne mit verschieden orientierten Kristalloiden. Die Kernkristalloide wurden somit in den Epidermiszellen der Blattorgane selbst nach lange andauernder Dunkelheit nicht aufgebraucht, sofern diese nicht pathologisch verändert oder abgestorben waren, und wurden anderseits trotz Lichtmangels in heranwachsenden Organen abgelagert.

Wiederholt wurden zur Sommer- und Herbstzeit vergleichende Untersuchungen an den Blättern in den Morgen- und Abendstunden an ganz entsprechenden Stellen angestellt. In allen Fällen ergab sich, daß die Tageszeit auf die Erzeugung, bezw. Verteilung der Kristalloide keinen Einfluß ausübt, und daß diese durch die Assimilationstätigkeit während 7—9 Tagesstunden in den Kernen weder verbraucht noch neu erzeugt wurden.

Mechanische Störungen der Lebenstätigkeit in den Blättern, durch seitliche Einschnitte in die Spreite, Perforierung der Fläche u. ä. hervorgerufen, zogen bezüglich des Verhaltens der Kristalloide im allgemeinen keine Folgen nach sich. Nur zuweilen traten in der Nähe der Wundstellen die gleichen Erscheinungen auf, welche beim Absterben der Blattspitze in den angrenzenden grün erhaltenen Spreitenteilen gelegentlich beobachtet worden waren. Die sonst hyalinen oder feinkörnigen Kerne erschienen grobkörnig bis schaumig, mit einer großen zentralen Vakuole, aber ohne Kristalloide [1]). Dagegen ließen sich rundliche, vollkommen durchsichtige Kerne mit den typischen stäbchenförmigen Kristalloiden beobachten, ohne daß man eine Vakuole erkennen konnte.

Bei abgeschnittenen und mit der Schnittfläche für einige Tage in Brunnenwasser eingetaucht gehaltenen oder durch mehrere Wochen in den feuchten Sand eines Wärmekastens teilweise eingescharrten Blättern konnte man, bei beginnender Zersetzung derselben, desorganisierte Kerne beobachten, bei welchen die Gestalt mitunter erhalten geblieben, deren Masse aber in mehreren Tröpfchen, selten zu einem einzigen großen

[1]) Das Verschwinden der Kristalloide ist offenbar nicht die Folge eines durch die Verletzung induzierten gesteigerten Stoffwechsels, vielmehr ein Ausdruck der allgemeinen Degeneration in absterbenden Zellen.

Tropfen aufgelöst war. Hin und wieder war der Kern von einem Kranze solcher Tröpfchen von außen umgeben. In den Anfangsstadien waren die Kristalloide, von der Vakuole umschlossen, noch vollkommen erhalten; später war von ihnen keine Spur mehr zu erkennen.

Ein kräftig entwickeltes Exemplar von *A. Nelsoni* wurde anfangs August aus dem Glashause in das Laboratorium gebracht und auf einem Tisch gegen die Mauer gestellt. Hier verblieb es durch 33 Tage in einer nicht mehr dunstreichen Atmosphäre mit wechselnder Temperatur, nur während einiger Vormittagsstunden seitlich von schrägen Sonnenstrahlen gestreift. Die Erde wurde zeitüber gar nicht begossen. Im September war das Aussehen der Pflanze stark leidend. Die ältesten acht Blätter waren vollständig schlaff und gerötet, die nächsten drei, im unteren Teile grün und saftig, darum noch aufgerichtet, aber von der Mitte aufwärts gerötet, in schlaffen Ringelchen herabfallend. Nur die innersten drei Blätter waren vollkommen grün, aufgerichtet und anscheinend ganz normal. Die Untersuchung nach dem Verhalten der Kristalloide in den Kernen der Oberhautzellen nach der angegebenen Zeit ergab: in den äußeren Zwiebelschalen, sowohl auf der Außen- wie auch auf der Innenseite, ein typisches Vorkommen von einem stäbchenförmigen Kristalloide, von einer Vakuole umschlossen, in jedem der kugeligen Zellkerne. In den erschlafften Blättern waren höchstens ganz vereinzelte Kerne hie und da zu finden, die das Aussehen jener in den Zwiebelschalen hatten. In dem elften Blatte waren in den äußersten, an die welke Partie angrenzenden Spreitenteile, sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite, die Kerne bald kugelig, feinkörnig, bald verzerrt, schaumig, ohne Vakuolen und ohne Kristalloide. Im 12. und 14. Blatte beobachtete ich im allgemeinen noch ganz regelmäßige Verhältnisse. Am Blattgrunde, auf der Innen- und Außenseite, rundliche Kerne mit mehreren Kristalloiden in einer Vakuole, in der Spreitenmitte sowohl Kerne mit als auch solche ohne Kristalloide; gegen die Spitze zu nahm die Zahl der kristalloidführenden Zellkerne wie gewöhnlich ab. Die in den oberen Blatteilen vorkommenden Kristalloide waren dünn, stäbchenförmig.

Soweit war, trotz der für die Pflanze geänderten Lebensbedingungen und trotz des Ausbleibens einer Wasserzufuhr, das Verhalten der Kristalloide in den Zellkernen nicht verschieden von den sonst beobachteten.

Die Pflanze, ihrer schlaffen Blätter befreit, wurde nach den 33 Tagen reichlich begossen und in das Glashaus zurückgestellt, wo sie sich rasch erholte und im nächsten März sogar vor den anderen Exemplaren, die immer im Glashause verblieben waren, zur Blüte gelangte.

Acht von der Mutterpflanze getrennte grüne Zwiebelschalen wurden anfangs Jänner in den feuchten Sand eines Treibkastens des Glashauses gesteckt. Im März begannen bei den meisten sich Kallusbildungen an der Schnittfläche zu zeigen, aus welchen allmählich neue Sprossen hervorgingen, die im Laufe des Mai normale Blätter entwickelten. Wiederholte Untersuchungen der Zwiebelschalen, zur Zeit der Kallusbildungen und auch später, nachdem die Sprosse beblättert waren, führten alle zu dem gleichen Ergebnisse, daß in den Kernen ihrer beiderseitigen Oberhautzellen stets auch stäbchenförmige Kristalloide eingeschlossen waren, in derselben Form und Größe wie in den normalen Zwiebelschalen (Blattbasen). In den Zellen des Wucherungsgewebes (Kallus) habe ich keine Kerne mit Kristalloideinschlüssen gefunden.

Versuche, die Einwirkung einer gesteigerten Transpirationstätigkeit von Blatteilen in bezug auf das Verhalten der Kristalloide in den Zellkernen zu ermitteln, führten zu keinem sonderlichen Resultate. Blattstücke wurden auf feuchtem Saugpapier in einer zugedeckten Kristallisierschale in einen Thermostaten gegeben und bei 40° C belassen; täglich wurden kleine Oberhautstückchen davon untersucht. Ein Blatt wurde drei Tage, ein anderes zehn Tage hindurch so behandelt. Zu gleicher Zeit wurde ein größeres Blattstück auf dem feuchten Sande des Treibkastens im Glashause ausgestreckt und verblieb dort durch 19 Tage. Zur Kontrolle wurden Blattstücke in zugedeckten Kristallisierschalen auf feuchtem Fließpapier auf dem Arbeitstische, so weit wie möglich an sonniger Stelle, bei Lufttemperatur (die Versuche fanden in der ersten Hälfte des Mai statt) gehalten und regelmäßig nachuntersucht. Aus allen diesen Versuchen erhellte übereinstimmend, daß die Kristalloide in ihrer Zahl, Form und Größe unverändert im Innern der Kerne verbleiben. Eine, allerdings nicht streng, nachweisbare geringe Volumabnahme derselben dürfte sich allenfalls in jenen Zellkernen eingestellt haben, welche den Blattpartien zunächst lagen, die allmählich der natürlichen Zersetzung anheimfielen und die von Tag zu Tag gleich weggeschnitten wurden.

Zusammenfassend ergibt sich somit: 1. Die im Grundgewebe zu Beginn der Organentwicklung auftretenden Kernkristalloide schwinden sehr frühzeitig im Laufe der normalen Entwicklung. 2. In den Epidermiszellen der oberirdischen Vegetationsorgane erfolgt eine Lösung der Kristalloide nur in alternden Zellen, deren Kerne Merkmale der Seneszenz zeigen (Laubblattspitzen), und in absterbenden Blättern in den degenerierenden Teilen oder deren unmittelbaren Nähe. Langandauernde Verdunkelung und Hungern sowie andere tiefeingreifende Änderungen in den Lebensbedingungen beeinflussen hingegen die Kristalloide sowenig wie mecha-

nische Verletzungen der Organe oder die Einleitung formativer Prozesse (Adventivbildungen). 3. Einem Verbrauche im normalen Entwicklungsverlaufe unterliegen auch die Kernkristalloide in den Blütenorganen.

Auf Grund der gemachten Beobachtungen kann ich nur zu folgenden Schlußbetrachtungen gelangen.

Da kristalloidführende Kerne in jungen Blattorganen in den Epidermiszellen auftreten, muß offenbar eine reichliche Neubildung des in Betracht kommenden Eiweißkörpers vor sich gegangen sein. Diese Neubildung kann nicht auf Kosten der Kristalloide älterer Blätter gesetzt werden, deren Lösung nur sehr langsam zu erfolgen scheint und offenbar in keinem ersichtlichen Zusammenhange mit der Photosynthese steht. Die Bildung der Kristalloide muß daher auf Rechnung anderer Eiweißreserven oder deren Bausteine erfolgen.

In keinem Falle möchte ich sie als ein Produkt der „Degeneration" des Zellkernes auffassen, was schon Zimmermann[1]) und Sperlich[2]) für sehr unwahrscheinlich bezeichnen.

Für ihre Reservestoffnatur spricht in erster Linie ein ökologischer Grund; es scheint von vornherein unwahrscheinlich, daß das so wertvolle Eiweißmaterial als Exkret ausgeschieden werden sollte. Tatsächlich fungieren auch die Kristalloide der Aleuronkörner zweifellos als Eiweißreserven.

Damit in Einklang steht die Beobachtung, daß die Kernkristalloide von *Albuca* in den Oberhautzellen der Reservestoffbehälter (Zwiebelschuppen) am massigsten auftreten und — wenigstens unter bestimmten Umständen — nach und nach wieder verschwinden können, wobei sie offenbar wieder im Stoffwechsel Verwendung finden, wie es auch für andere Fälle mehrfach beschrieben wurde. Gegen ihre ausschließliche Natur als Reservestoffe spricht jedoch der Umstand, daß sie in den Epidermiszellen während langdauernder Hungerzustände oder bei Neubildungsprozessen sowie überhaupt bei zunehmender Bautätigkeit nicht zum Verschwinden zu bringen sind[3]). Es ist auch zu berücksichtigen, daß unter Umständen Stoffe resorbiert werden können, die nicht den Charakter von Reservestoffen tragen.

Wenn Sperlich fand, daß die Kernkristalloide von *Alectorolophus* transitorisch auftreten, und die Anschauung vertritt, daß sie ihre Entstehung einem momentanen Überschusse an zugeleitetem Baumateriale verdanken[4]), so steht diese Auffassung im Einklange mit der schon von Leitgeb u. A. geäußerten Ansicht; die in diesem Falle beobachtete Kristalloidarmut von Hungerpflanzen spricht entschieden zu ihren Gunsten.

---

[1]) L. c., S. 75.

[2]) L. c., S 7.

[3]) Vgl. dagegen Sperlich, l. c., S. 7 und später.

[4]) L. c., S. 27.

Allein das Verhalten der Kernkristalloide von *Albuca* ist, speziell in den Epidermiszellen, in mancher Hinsicht ein wesentlich anderes. Die Kristalloide werden hier nur sehr langsam und in alten Blättern gelöst, nachdem die Neubildung schon längst vorüber ist; die Kerne nehmen nach der Lösung nicht ihre normale Gestalt an[1]), gehen vielmehr bald in Fragmentation über, und der Versuch mit wochenlanger Entziehung der Wasserzufuhr brachte keine Veränderung an den Kristalloiden hervor. Allerdings muß ich zugeben, daß die Wachstumsvorgänge von *Albuca* sich stets, selbst in den Sommermonaten, im allgemeinen als sehr träge erwiesen haben, was vielleicht nicht ganz zu übersehen wäre.

Jedenfalls können die Kernkristalloide als Produkte des Kernstoffwechsels aufgefaßt werden, die in der Kernvakuole in kristallinischer Form gefällt und nur dann wieder in Lösung übergeführt werden können, wenn die chemisch-physikalischen Bedingungen der Lösung gegeben sind, wenn also vor allem entsprechende Fermente auftreten und ihre Wirksamkeit entfalten können. In dieser Hinsicht scheint aber nun in den einzelnen Fällen ein verschiedenes Verhalten vorzuliegen. Vielleicht kommt man der Wirklichkeit am nächsten, wenn man drei Fälle unterscheidet: 1. Die Kristalloide spielen die Rolle von transitorischen Übergangsprodukten des Kernstoffwechsels, indem sie sofort oder doch in der normalen Entwicklung wieder im Stoffwechsel Verwendung finden (*Alectorolophus*, Grundgewebe von *Albuca*); in diesem Falle stellen sie typische Reservestoffe dar. 2. Die ausgeschiedenen Kristalloide bleiben bis zur Ablösung der Organe unverändert erhalten, finden also im Stoffwechsel keine Verwendung mehr (Knospenschuppen von *Fraxinus*), sie fungieren als Exkrete. 3. Erst in alternden oder degenerierenden Zellen ändern sich die chemisch-physikalischen Bedingungen im Kerne in einer Weise, daß eine Lösung der Kristalloide vor sich gehen kann (Epidermis von *Albuca* und wohl auch in anderen Epidermen[2]) und ihr Material noch im Stoffwechsel Verwendung findet. Funktionell stehen diese Kristalloide somit zwischen Exkreten und Reservestoffen.

Zum Schlusse erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. Karl Linsbauer für die gastliche Aufnahme in sein Laboratorium und für seine warme, beratende Teilnahme an der Durchführung der Untersuchungen den verbindlichsten Dank auch an dieser Stelle auszusprechen. Einen herzlichen Dank wiederhole ich hier auch Herrn Dr. F. Weber für sein freundliches, liebenswürdiges Entgegenkommen.

Graz, im August 1918.

---

[1]) Entgegen den Beobachtungen von Sperlich, l. c., S. 7.

[2]) Das Vorkommen von Kernkristalloiden ausschließlich in Oberhautzellen wird häufig angegeben; z. B. für *Pinguicula* (Klein), *Utricularia* (Russow), *Galtonia* (Leitgeb), *Campanula* (Dufour) usw. Vgl. die Zusammenfassung bei Molisch., l. c., S. 328.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: 069

Autor(en)/Author(s): Solla Rüdiger Felix

Artikel/Article: Über Eiweißkristalloide in den Zellkernen von Albuca. 110-123